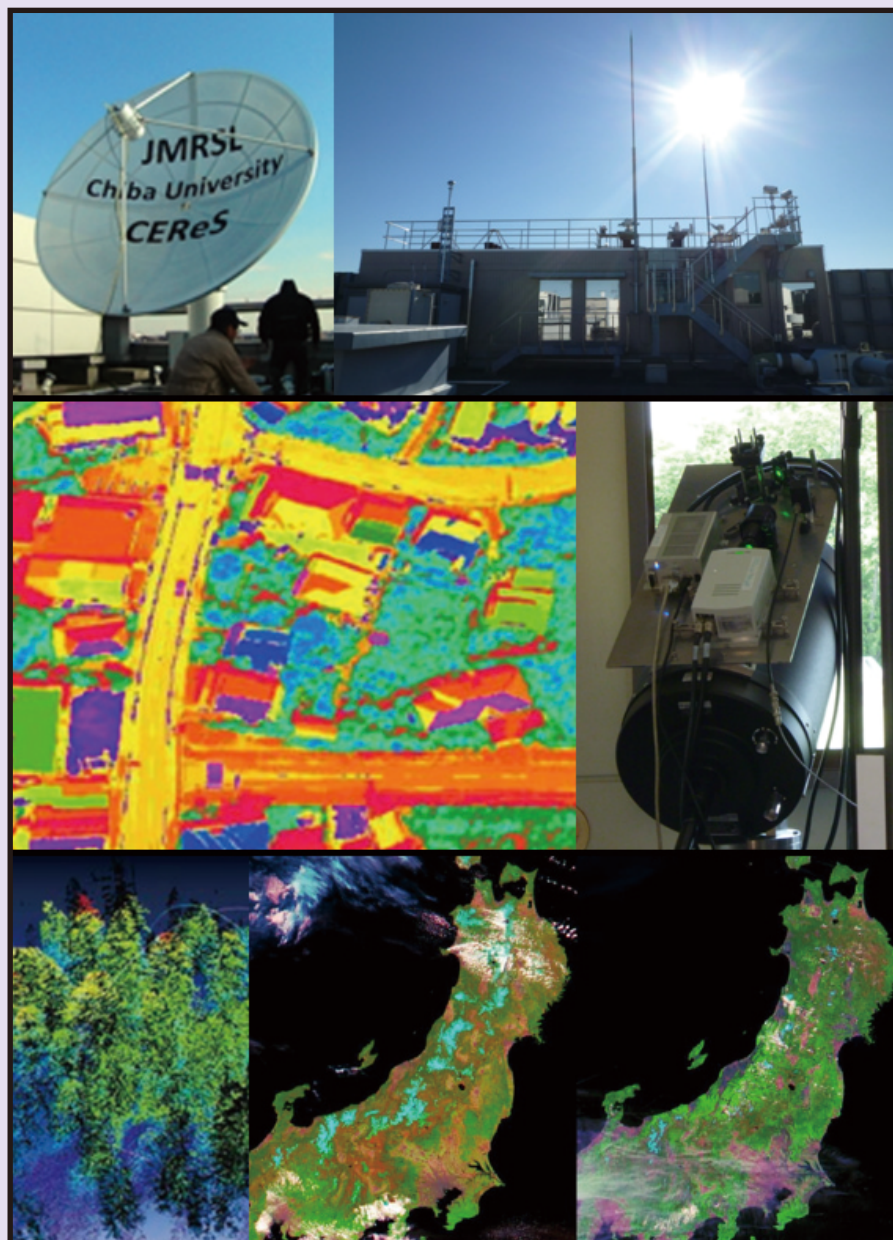


千葉大学
環境リモートセンシング研究センター
Annual Report 2022, Volume 28



環境リモートセンシング研究拠点／共同利用・共同研究拠点



CHIBA UNIVERSITY

令和4年度
千葉大学
環境リモートセンシング研究センター
年報(第28号)



はじめに

令和4年度もCOVID-19感染症の影響を強く受けた1年となり、withコロナも3年となりました。国際会議や国内学会等も対面形式で実施されるようになり、また海外との交流の大きな障害となっていた水際措置も大きく緩和され、学術研究活動も徐々にではありますが、normalな状態に戻りつつあります。2023年2月には本センターの主催するリモートセンシングシンポジウムにおいても、台湾やイタリアなどからの国際共同研究の研究者がin personで講演し、懇親会も含めて久しぶりのリアルの交流を楽しむことができました。さらに本年5月には感染症分類の2類から5類に引き下げられる見込みで、コロナ前のnormalな状況に戻り、face to faceの学術研究交流が活発に実施されることを期待したいと思います。

さて、千葉大学環境リモートセンシング研究センター（CEReS）は、全国共同利用の研究センターとして1995年4月に発足し、リモートセンシング技術の確立と環境への応用に関する研究を担ってきました。2010年には文部科学省から全国共同利用・共同研究拠点として認可され、国内外の大学や機関と共同研究を実施しています。CEReSでは、発足以来一貫して、衛星データやそれに関連する環境情報データを蓄積・公開し、リモートセンシング研究と、それを利用した地球環境研究の発展をめざした活動を行ってきました。様々な分野の研究者との共同研究を通じて気候変動や、それに付随して生じる極端気象災害、水資源や食料の問題、様々な原因による環境汚染への対策、持続可能な社会システムの構築のために“診断型の地球環境研究”を実施してきました。第4期からの公募型共同研究の枠組みとも対応していますが、CEReS研究の進展をふまえて昨年10月に、①先端センシング部門、②環境診断部門、③環境予測部門、④統合解析部門、⑤社会実装部門の5研究部門体制に発展的に改組しました。従来の情報統合関連研究領域をより強化したことになります。衛星リモートセンシングデータ（地球観測ビッグデータ）×情報科学による地球環境診断および地球環境予測学の創生を力強く牽引していくことが今期の1つの目標でもあります。これに関連するプロジェクトが千葉大学国際高等研究基幹の学際的先端研究支援プログラムのトップリーダー型にも選定され、CEReSの存在感は増しているといえます。また、リモートセンシング分野は学際的かつ社会実装に近い分野で、Society5.0や総合知関連研究の新展開など、異分野との協働研究のさらなる活発化も推進していきたいと考えています。

本年報はCEReSが令和4年度の一年間に行った活動（共同利用研究、研究成果、国際交流、教育活動、社会貢献、予算等）を記録し、自己評価のための資料として編纂したものです。関係する皆様にご高覧いただき、今後のセンターの活動の改善・進化につなげていければと考えています。今後ともご指導ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

令和5年3月

千葉大学環境リモートセンシング研究センター
センター長 服部克巳

目次

はじめに

[1] プログラム研究活動	1
1.1. プログラム 1	
1.2. プログラム 2	
1.3. プログラム 3	
1.4. プログラム 4	
1.5. プログラム 5	
1.6. 重点横断プロジェクト	
[2] 共同利用研究	89
2.1. 共同利用研究概要	
2.2. 共同利用研究の詳細	
[3] 研究成果の公表	154
[4] 受賞・開発実績等	173
[5] 国際交流	175
5.1. 外国人受け入れ	
5.2. 教員の海外渡航	
[6] 教育活動	179
[7] 社会教育活動・社会貢献	183
[8] センターの行事	187
8.1. センター主催のシンポジウム	
[9] 主要研究設備	188
9.1. 衛星データ受信システム	
9.2. 電波無響室	
9.3. 大気データ取得ライダー装置	
9.4. 放射観測ネットワーク施設 (SKYNET)	
9.5. タイルドディスプレイ	
9.6. その他計測装置、ソフトウェア	
[10] 令和4年度計算機データベース主要業務	193
10.1. 概要	
10.2. 令和4（2022）年度計算機データベースおよびデータ管理支援室主要業務	
10.3. 令和4（2022）年度データダウンロード実績	
[11] 令和4年度CEReSニューズレターヘッドラインおよびニュースリリース	195
[12] 組織・運営・人事・予算	198
12.1. センターの構成	
12.2. 職員名簿	
12.3. 拠点運営委員会	
12.4. 学内各種委員会委員およびセンター内委員会	
12.5. 予算	
12.6. 外部資金一覧	

千葉大学環境リモートセンシング研究センター
Center for Environmental Remote Sensing,
Chiba University

(概要)

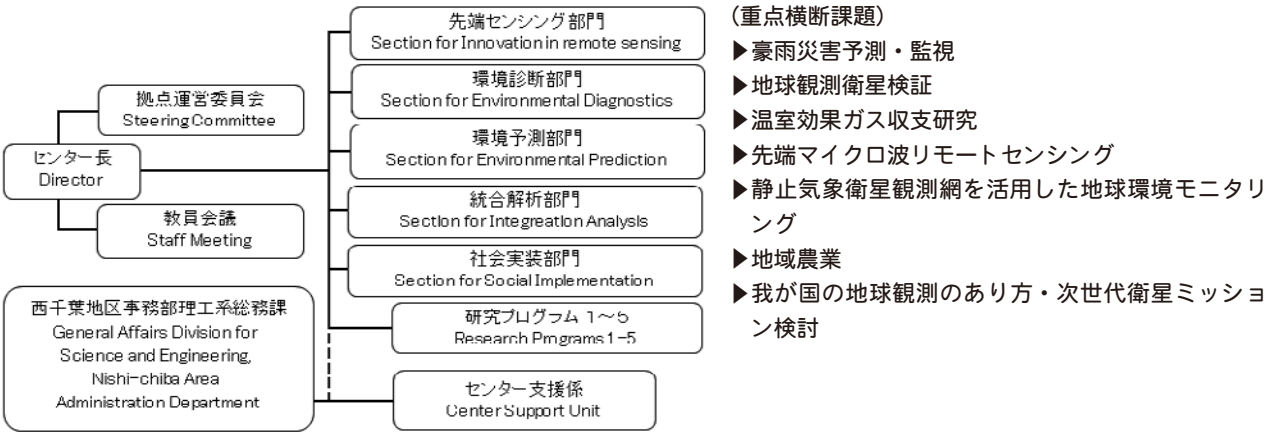
国立大学法人千葉大学環境リモートセンシング研究センター（CEReS）は、2022年4月からの第四期における目標・計画では拠点再認定を受け、また同年10月より研究領域制から改め5つの研究部門を置き、活動を始めました。CEReSは、全国共同利用の研究センターとして1995年（平成7年）4月に発足し、リモートセンシング技術の確立と環境への応用に関する研究を担って現在に至っています。そのルーツは、写真・印刷・画像工学の分野での千葉大学工学部の伝統を引き継いで1986年（昭和61年）に開設された学内共同研究施設「映像隔測研究センター」であり、このセンターが廃止・転換されてCEReSが誕生しました。2004年4月の国立大学独立法人化後は、第一期・第二期・第三期各6年間の中期目標・計画において具体的目標を定め、センターとして統合化された成果が生まれるよう全国共同利用施設の機能を充実させ、その方向を明確にしました。

また、2017年4月には理工系大学院教育組織の統合のもと「融合理工学府」が新設され、リモートセンシングコースが誕生しました。

(組織図)

CEReSの組織は下記の図の通りです。

教員は研究部門に籍を置くと共に、それぞれ策定された7つの重点横断課題含む5研究プログラムに従って研究を進めています。



[1] プログラム研究活動

近年の気候変動・災害などのニーズの高まりを踏まえて、第4期中期目標・中期計画期間においては5プログラム・7重点課題（重点横断プロジェクト）に増強した。

プログラムの構成としては、「先端センシング」「環境診断」「環境予測」「統合解析」「社会実装」の5プログラムに再編。また、研究の進展を基盤研究→応用研究→課題解決と複数の分野を横断する流れ（横断型研究）として捉えて、センターの強みを活かした推進課題を「重点横断プロジェクト」として具体的に設定し、共同利用・共同研究を通じて、リモートセンシング分野における基礎科学的な研究成果と社会的な研究成果の達成の両面を目指す。各概要および目標は以下の通りである。

◆プログラム研究1～5

●プログラム1：先端センシング

センサ開発、観測システム開発、観測データからの情報抽出法の開発など、計測技術に関する先端的な研究を行う。成果は衛星観測、地上観測ネットワークといった汎用性の高い観測への基盤となる。

- マイクロ波センサ、円偏波合成開口レーダに関しては、「重点横断プロジェクト4：先端マイクロ波リモートセンシング」を参照。
- 大気環境の基盤研究として、新たな観測装置開発・アルゴリズム開発を進め、フィールド実験・集中観測を通じて評価を実施する。
- 国際地上リモートセンシング観測網（SKYNET、A-SKY）を発展させる。
- 国際地上リモートセンシング観測網（SKYNET、A-SKY）のデータのQA/QC研究を国際共同研究の枠組みの下で実施し、データ品質に関する新しい知見を得る。
- 地表に近い大気環境におけるエアロゾルや微量気体計測を目的としたLEDライダーなど光波センシング手法を開発、応用する。
- 光学センサを用いた多角観測によるバイオマス推定アルゴリズム高度化に対して寄与する地上検証データ収集手法のうち、植生LIDARを用いた地上・空中からの森林樹冠構造計測手法を確立する。
- 日本の温室効果ガス観測技術衛星GOSATシリーズ（GOSAT、GOSAT2）の温室効果ガス観測センサ（TANSO-FTS、TANSO-FTS-2）等の衛星搭載センサの熱赤外スペクトルから、二酸化炭素、メタンに加えて新たに気温やその他の長寿命気体（水蒸気、オゾン、一酸化二窒素など）の高度プロファイルを導出するアルゴリズムを開発する。
- 衛星データの地上検証用として3次元データを活用する研究、地上レーザー等により取得される3次元データを用いた研究開発、森林分野への応用研究。

●プログラム2：環境診断

衛星観測・地上観測データベースを活用した地球表層環境の診断型研究。膨大なりモートセンシングデータから環境情報を抽出し、蓄積・統合することにより、陸域環境、大気環境に主眼を置いた地球表層環境の診断型観測研究を行う。

- TROPOMI等の低軌道衛星、ひまわり8/9号等の静止衛星、SKYNETやA-SKY等の国際地上リモートセンシング観測網を活用して、アジア域の各種大気成分（光吸収性エアロゾル、ブラックカーボン、PM2.5、H₂O、相対湿度、CO₂、CH₄、NO_x、VOCsなど）の時空間分布とその変動要因（COVID-19の影響を含む）を明らかにする。
- 迅速な大気境界層オゾン生成領域の診断を実施する。
- バイオマスバーニング（森林火災を含む）プルームのキャラクタリゼーションを行う。
- 雷や火山といった予測困難現象の大気（NO_x濃度やSO₂濃度など）への影響評価・診断を行う。
- 衛星観測による二酸化炭素およびメタン等の温室効果ガスの全球高度プロファイルの長期間データのデータ品質を検証し、衛星観測による全球温室効果ガス濃度の長期傾向・季節変動を明らかにする。
- 各種の衛星観測データを活用し、対流圏・成層圏の大気輸送・大気化学研究を遂行する。
- 様々な地球観測衛星データを統合的に解析することにより、主に陸域に関しての時間的・空間的な変動を抽出する。機械学習などのビッグデータ解析手法を用いた解析や数値モデルを利用した解析、地上観測データと衛星観測データの様々な統合解析を含む。
- 衛星観測・現地観測を併用し、陸域水循環に関連する現象（河川流出、干ばつ、農業活動、森林火災）の理解を深める。
- フィールドワーク・リモートセンシング・モデリングを通じて生物圏機能情報（フェロノジー、色素濃度、

一次生産量など)を高精度計測し、生態系生態学における理論・応用研究を行う。

●プログラム3：環境予測

様々なリモートセンシングデータによる地球観測ビッグデータに基づく数値シミュレーションなどを活用した地球環境の将来研究を行う。

- 衛星観測データに基づく地球環境診断を、環境予測に発展させる。具体的には、土壌水分や積雪水当量などの診断量を数値モデルの初期とした水文現象予測や、森林火災によるバイオマス損失量を入力としたエアロゾル・環境放射性物質拡散の予測など。
- 世界の水文・水資源リアルタイム・モニタリングシステムを運用・高度化する。特に、衛星データを活用した気象強制力の高度化や、データ同化によるシステムの高精度化を図る。発展的に、干ばつ・洪水などに代表される陸域災害の予測・初期検知を目指す。
- 将来の未曾有災害を予見するための長期地球環境解析研究。具体的には、CMIP6や20世紀再解析などの気象強制力データに基づき、長期の数値モデル計算による災害リスク変動の実態把握や、災害伝承碑などの人文・社会系の知見を活かして過去の災害リスク変動を理解するための文理横断型研究もふくむ。
- 大気-陸域間における様々な温室効果ガス収支に関連する現状把握と将来予測を行う。特に、衛星データを活用した陸域炭素循環のプロセス研究や、大気-陸域のフィードバックの理解を衛星観測データと数値モデルの統合解析により目指す。
- 大気リモートセンシングと数値シミュレーション（気候モデルやデータ同化システムなど）との融合を図る。具体的には、確度の高い地上および衛星からの大気リモートセンシングを用いて数値モデルを検証し、あるいは、データ同化システムに導入させることで不確実性を減少させ、大気汚染・気象・気候予測の高精度化に資する。
- 地球大気環境変動研究を推進し、気候変動の緩和策・適応策の合理化に資する科学的知見を獲得する。
- 地震現象を地殻内の応力集中による破壊現象として捉え、その準備過程において地圏、大気圏、電離圏で発生する電磁気現象を正確に把握し、その物理機構を解明し、地上・衛星観測データを用いた地殻活動の監視、いわば「地象天気予報」を実現し減災に役立てることを究極の目的とする。

●プログラム4：統合解析・データベース

地球観測衛星ビッグデータの処理・データベース化への促進に関する研究。ひまわり8/9号をはじめとする世界の静止気象衛星観測網データに関して、本センター独自の精密幾何補正処理、大気補正処理など前処理を行ったデータセットの構築にあたり、手法の改良や高速処理化と効率的にデータベース化を可能にする研究を実施する。他、国際地上リモートセンシング観測網（SKYNET, A-SKY）など本センターのデータアーカイブに関する研究。これらは、PG-2などの環境診断でも活用される。

- 静止衛星に関しては「重点横断プロジェクト5」を参照。
- 国際地上リモートセンシング観測網（SKYNET, A-SKY）を基盤として、気候や大気環境に関連する各種大気成分の長期観測データセットを構築する。また、その利用促進に関わる研究を進める。

●プログラム5：社会実装

食料・災害などの地域環境に関わる研究において、被害の予測と迅速な把握、食料生産を最適化するためのモニタリング技術の実用化（社会実装）を目指した研究を推進する。また、リモートセンシングによる地球環境・地域環境研究の成果は、パリ協定（気候変動）やポスト愛知目標（生物多様性）、仙台防災枠組（災害）、SDGsなどの国際目標への科学的エビデンスを提供する役割として貢献できる。また温室効果ガスのゼロエミッション目標に向けた取り組みに向けても科学的知見による貢献を行う。本プログラム課題においては、具体的な環境問題の発見、理解、解決、そして施策への反映を目指し、多くの関連分野との協同体制の中でリモートセンシング技術の高度活用の実現に向けた活動を推進する。Future Earthへのリモートセンシングからの貢献も視野に入れる。他プログラム課題の成果を社会実装する研究テーマについても積極的に推進する。

- 農業分野に関しては「重点横断プロジェクト6」を参照。
- 迅速なSLCFs（短寿命気候強制因子）に関わるエミッションの評価を行うとともに、その手法の社会実装を目指す。
- フィールドワーク、リモートセンシング、モデリングを通じて森林生態系や湖沼・河川の水質モニタリングを行う。
- 国際研究プログラムFuture Earthに関わる研究課題について、リモートセンシングデータを応用する。

- リモートセンシングとGISを用いた都市環境の把握、およびリモートセンシング手法による都市スケールの災害把握の研究。

◆重点横断プロジェクト 1～7

●重点横断プロジェクト 1：豪雨災害予測・監視プロジェクト

- 低コストの受動型可視分光法（MAX-DOAS法）による大気下層水蒸気観測技術の線状降水帯研究への新展開を図る。
- 気象・水文などプロセスに基づく数値モデルに、衛星観測データをデータ同化することにより、災害をもたらす気象・水文現象予測の高度化に資する研究。モデル力学に基づく初期値推定に加え、モデルパラメータ最適化や、観測インパクト推定などのデータ同化技術・数理の発展に資する研究。
- 畳込み深層学習（CNN）、敵対的生成ネットワーク（GAN）、再帰型時系列予測ネットワーク（Convolutional LSTM）などの深層学習・AI技術を用いた、人工衛星ビッグデータに基づく災害予測研究。深層学習による地球環境のスパース特徴量の抽出、強化学習による貯水池操作最適化、観測データマイニングによる数値予報モデル開発への貢献、数値モデルエミュレータによる気候変動影響予測や迅速な災害被害額推定、ベイジアン最適化やスパースセンサ最適化による最適な観測ネットワーク設計など、豪雨災害予測に貢献しうる機械学習・AI研究。
- ひまわり8号と他の衛星データ、および地上観測網を複合的に用いた浸水域モニタリング（重点横断プロジェクト5と連動した研究課題）。

●重点横断プロジェクト 2：地球観測衛星検証プロジェクト

- GCOMシリーズでの検証データシェアリングを行う。
- 国際的な地球観測衛星ミッション（GCOM-C/SGLI, EarthCARE, GOSAT-1/2/GW, TROPOMI, OMI, GOME-2, ひまわり8/9号, GEMSなど）の大気中の短寿命微量ガス（NO₂, HCHO, CHOCHO, SO₂, O₃）・エアロゾル・雲のプロダクトの検証・アルゴリズム開発・改良を行うとともに、国際貢献を果たす。
- 全球降水観測計画（GPM）衛星群を用いた全球降水分布推定の高度化に資する研究。具体的には、GPM主衛星のレーダー観測を用いたマイクロ波放射計・降水量推定の改善や、地上降水観測網との融合研究など。

●重点横断プロジェクト 3：温室効果ガス収支研究プロジェクト

- 様々なトップダウン手法・ボトムアップ手法の統合的な解析により、世界の様々な地域の温室効果ガス収支を推定する。
- 地上観測・衛星観測・モデリングといった種々のボトムアップ手法を統合し、陸域炭素循環モデルを改善する。
- 国際地上リモートセンシング観測網（SKYNET, A-SKY）を基盤として、温暖化に影響を及ぼすSLCFsやCO₂の長期観測データセットを構築する。

●重点横断プロジェクト 4：先端マイクロ波リモートセンシング

- 教育・環境・災害監視用の無人航空機・成層圏プラットフォーム・飛行機搭載のマルチバンド、小型・軽量の合成開口レーダシステムを開発する。
- グローバル地殻変動観測用の小型衛星搭載用合成開口レーダシステムの研究モデルを開発する。
- 航空機搭載円偏波合成開口レーダ（SAR）の画像信号処理とその応用手法を開発する。
- ALOS-2やTerraSAR-X等の各種SAR画像による地震、津波、火山、風水害などの災害把握に関する研究を推進し、災害把握手法の標準化を目指す。

●重点横断プロジェクト 5：静止気象衛星観測網を活用した地球環境モニタリング

- ひまわり8号のマルチチャンネルを活用した雲・降水システムモニタリングの高度化に関する研究。
- ひまわり8/9号と地上観測網（降水量、大気汚染モニタリング等）を組み合わせた効果的な可視化により環境モニタリングに資する研究、あるいは活動。
- 検証研究に立脚した形でひまわり8/9号を含む静止衛星観測網のエアロゾル・雲・微量ガスのプロダクトを活用した応用研究を推進する。
- ひまわり8/9号データを陸域モニタリングに利用するためのデータ処理手法を構築し、植生、湖沼、都市

を主な研究対象として陸域モニタリングへ応用する。

- ひまわり8/9号データを含む各国静止衛星データ観測網を統合したグローバルスケールでの高頻度陸域観測データを構築し、陸域モニタリングへ応用する。
- ひまわり8/9号データから得られるビッグデータを、数値シミュレーションに高度利用する方法を開拓する。具体的には、機械学習による気象・水象現象の情報特徴量抽出（例えば、台風前駆体の比定）や、抽出した乗法特徴量をデータ同化により数値シミュレーションへの融合する手法を切り拓く。

●重点横断プロジェクト6：地域農業プロジェクト

- マルチコプターや固定翼機を使った低高度の近接リモートセンシング技術を確立し、リモートセンシングを様々な課題に対応させるプロトコルを作成して社会実装する。
- 穀物の食料生産の増大と向上を目的とし、水稻の生産量を推定・予測手法を確立する。
- 水稻の生産基盤である水・土壌・気候の環境をリモートセンシング・GISの技術で把握し、その生産基盤を改良・向上させる方法を確立する。
- 日本と東南アジアを対象とし、農業保険の中核である損害査定プロセスにリモートセンシングデータ、GIS、気象データ等の空間情報を適用することにより損害査定を効率化する方法を確立する。
- UAV (Unmanned Aerial Vehicle) としてマルチコプターや固定翼機を使った低高度の近接リモートセンシング技術を確立させ、リモートセンシングを様々な課題に対応させる手順を確立させ、社会実装する。
- 高時間・空間分解能衛星データ（例えば、Sentinel-2、PlanetScopeなど）を用いて、農作物生育状況の広域モニタリング手法を開発する。

●重点横断プロジェクト7：我が国の地球観測のあり方・次世代衛星ミッション検討プロジェクト

- 次世代の大気・陸域・海洋・雪氷など地球観測衛星ミッションに関わる研究を推進する。

1.1. プログラム 1：先端センシングプログラム

センサ開発、観測システム開発、観測データからの情報抽出法の開発など、計測技術に関する先端的な研究を行う。

Program 1: Innovation in remote sensing

Conducting advanced research on measurement technology, including sensor development, observation system development, and development of methods for extracting information from observation data.

[研究内容と令和4年度の成果・進捗状況]

- ◆1.1.1. 先端マイクロ波リモートセンシングプロジェクト【重点横断プロジェクト4】(ヨサファット研究室)
- ◆◆1.1.1.1. Small Baselines Techniques of Time Series InSAR to Monitor and Predict Land Subsidence Causing Flood Vulnerability in Sidoarjo, Indonesia

【重点1：豪雨災害予測・監視】【重点4：先端マイクロ波リモートセンシング】

Floods and puddles are common occurrences in Indonesia, especially in Kedungbanteng and Banjarasri village in Sidoarjo, East Java and usually last for months. The primary causes are high rainfall intensity, inadequate drainage systems, and improper water management. Cracks found on the interior and exterior brick walls and in-house extensions of joints were the physical conditions that indicated the occurrence of land subsidence in both study areas. The villages were situated in Kendeng basin (Clements et al. 2009) and mostly covered by alluvial deposits as shown in the Figure 1.1.1.1-1. from the quaternary period formed between the late Miocene and middle Pleistocene (Moscarello et al. 2018).

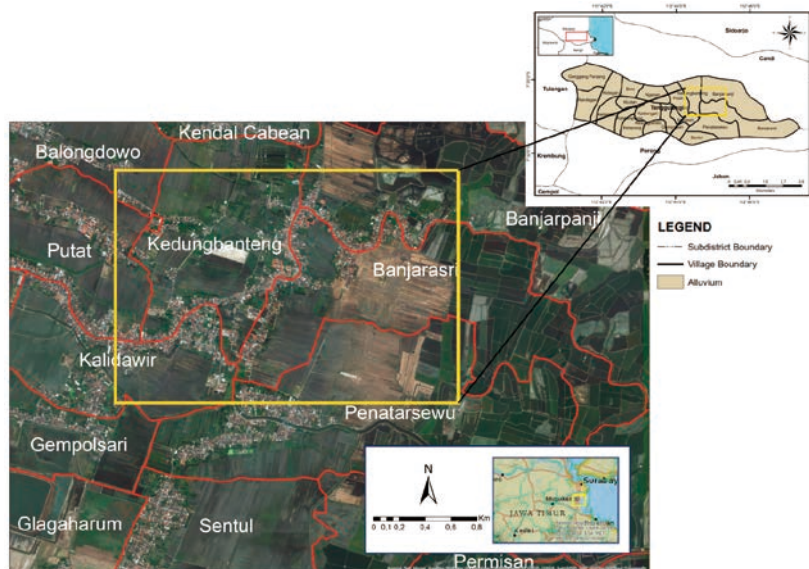


Figure 1.1.1.1-1. The study area of land subsidence with the overlay Google Earth image. The yellow rectangle shows the location of land Subsidence in Kedungbanteng and Banjarasri Villages, Sidoarjo, Indonesia. Generally, the geological characteristic of Sidoarjo is alluvium from the quaternary period.

Land subsidence, a phenomenon of gradual land surface settling, is a geological hazard caused mainly by anthropogenic activities such as subsurface fluid extraction, underground mining, and engineering construction. One of countries that land subsidence often occurred is China which has approximately more than thirty cities has faced land subsidence issues and has been among the most seriously affected country since the 1950's (Yang et al. 2018).

In Sidoarjo, land subsidence is in consequence of various factors: geological events (volcanic and tectonic activities, mining, building structures, and groundwater or crude oil extraction (Abidin et al. 2011) and (Chaussard et al. 2012). Land subsidence then causes several problems such as floods, water system issues (drainage), and groundwater pollution. The previous studies (Fikri et al. 2021; Sidiq et al. 2021; Sumantyo et al. 2021) showed significant surface subsidence in Porong village, Porong sub-district

observed by a time series InSAR technique (Xue et al. 2020). Therefore, a long-term geodetic measurement needs to be carried out in this area since floods occur yearly.

The study aims to assess land subsidence in the Kedungbanteng and Banjarasri village, Sidoarjo using two different orbit SAR data and to predict its trend in the upcoming year. We conducted the study in the two villages to examine the most affected reason for land subsidence and its impact to the environment. The results can serve as a basis for coping with the occurrence of floods in the two villages and recommendation for similar cases both in Sidoarjo and other areas.

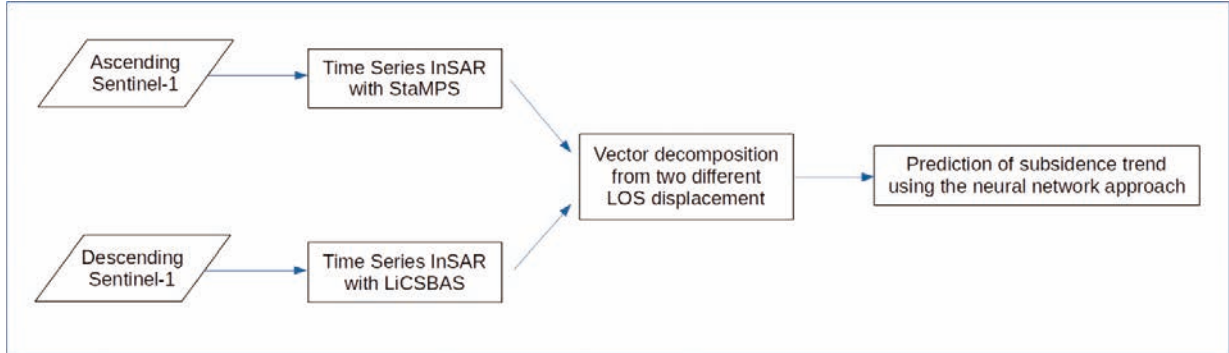


Figure 1.1.1.1.-2. Method used for this research. Decomposition of vector displacement from ascending and descending Sentinel-1 data to provide time series subsidence in Kedungbanteng and Banjarasri villages.

This research used an integration of ascending and descending data from the Alaska Satellite Facility (ASF) downloaded through <https://asf.alaska.edu> websites and COMET-LiCS portal. We used Sentinel-1 SAR data with 118 ascending images from 20170315 to 20210222. We also processed 132 descending images from 20141204 to 20210101. The diagrams in Figure 1.1.1.1.-2. were processed with StaMPS and LiCSBAS. Subsequently, all ascending and descending images were adjusted in order to carry out further analysis. The vertical displacement was generated based on several steps. According to Hansen (2001), the LOS Projections (D_{LOS}) to d_U for vertical, and d_E for west-east and d_N for the north-south component is described as follows in equation (1).

$$D_{LOS} = d_U \cos\theta_{inc} - \sin\theta_{inc} [d_N \cos(\alpha_h - 3\pi/2) + d_E \sin(\alpha_h - 3\pi/2)] \quad (1)$$

θ_{inc} and $(\alpha_h - 3\pi/2)$ is the incidence angle and the angle to the azimuth look direction that is perpendicular to the satellite platform heading angles (α_h) respectively. In this research, the incidence angle was used instead of the look angle since the study area was flat terrain. The vertical component was decomposed since the study area was mainly affected by land subsidence. Equation (2) was used to generate the vertical and west-east vector while north-south, zero (0), was neglected. An automated script by Isya et al. (2019) was used to compute the geometric model of SAR in different look angles.

$$\begin{bmatrix} \cos\theta_{Incasc} & -\sin\theta_{Incasc} \cdot \sin(\alpha_{hasc} - 3\pi/2) \\ \cos\theta_{Incdsc} & -\sin\theta_{Incdsc} \cdot \sin(\alpha_{hdsc} - 3\pi/2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_U \\ d_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{losasc} \\ d_{losdsc} \end{bmatrix} \quad (2)$$

We used the artificial neural network (ANN) approach to determine the continuous impact in the future if there was no interruption to stop the phenomenon of subsidence. Learning the nonlinear and linear relationship between sequence time and the subsidence rate was performed with a network implementing multiple layers of neurons with nonlinear transfer functions. The input vectors were obtained from time-series vertical displacements decomposed by two orbits SAR data. The network could learn the behavior of either linear or non-linear movement between InSAR result and predicted displacement exploiting multiple layers of neurons with nonlinear transfer functions.

The training was performed by Bayesian Regularization (Burden et al. 2008; Mackay, 1992) with 100 multiple layers and 1000 iterations. It minimized and modified the linear combination of squared errors and weights as we assumed to be random variables with specified spatiotemporal distributions. Since the algorithm would be optimal when the network input and output were in the range of -1 and 1, we did normalization of displacement values during ANN processing and denormalization after the targets of predicted deformation had been completed. Using the neural network model in simulation, the cyclic prediction process of the InSAR time series data added x_{p+1} forecast (i.e., 12 days) of every 1-year back propagation measured deformation (Chen et al. 2021) like in Equation (3) below.

$$\begin{aligned}
 & \gamma_{i,j,t} \{ \dots \} \\
 & 1st \text{ loop} \rightarrow \gamma_{i,j,1}, \gamma_{i,j,2}, \dots, \theta_{i,j,t+1} \\
 & 2nd \text{ loop} \rightarrow \gamma_{i,j,2}, \gamma_{i,j,3}, \dots, \theta_{i,j,t+2} \\
 & \vdots \\
 & end \ (n) \ th \ loop \rightarrow \gamma_{i,j,(n-t+1)}, \gamma_{i,j,(n-t+2)}, \dots, \theta_{i,j,(n)} \\
 & Prediction \ Sequence \rightarrow \theta_{i,j,t+1}, \theta_{i,j,t+2}, \dots, \theta_{i,j,(n)} \quad (3)
 \end{aligned}$$

i is the number of rows in PS pixel. j is the number of columns in PS pixel. t is the number of time sequences in 1-year looping, and n is the total number of time sequences. γ denotes the measured deformation by InSAR while θ indicates the forecast or predicted deformation.

The Figure 1.1.1.1-3.b shows that land subsidence in both Kedungbanteng and Banjarasri villages was approximately 60 cm in early 2021 from vertical (d_U) direction. The vertical mean velocity is from 0 to -15.4 cm/year while the 1D horizontal mean velocity, east-west (d_E) direction, is from -5.47 mm/year (towards west) to 8.14 mm/year (towards east). The rate of LOS time series from both orbits is unlike due to different look angles along with their obliques, and the researchers adjusted the vertical displacement and the value of the horizontal vector (east-west) based on the SAR geometric model using the least square method. We omitted the vector of north-south (d_N) because the detected displacement along the polar direction is insensitive for space-borne SAR geometry. In accordance with the STAMPS picture, as shown in the Figure 1.1.1.1-3.c, the vertical displacement was relatively 55 cm. the subsidence had a significant impact in the central area of Kedungbanteng, Tanggulang in which has the highest flood inundation value. A similar result was obtained during the LiCSBAS processing (Figure 1.1.1.1-3.d); however, a high subsidence rate was discovered by the slightly corner of the center area. The integration of both processes resulted in a maximum of 65 cm vertical deformation in both villages (Figure 1.1.1.1-3.a).

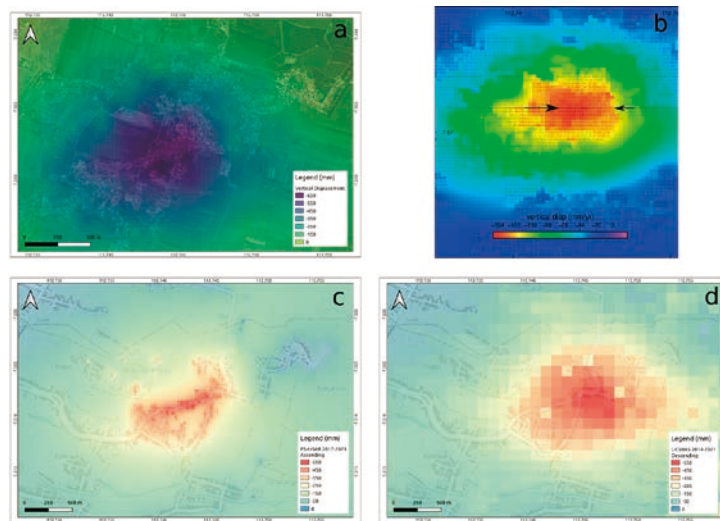


Figure 1.1.1.1-3. (a) Vertical displacement adopted from combinations StaMPS and LiCSBAS (b) Vector Displacement (d_U or vertical) and (d_E or west-east direction) in two villages, Kedungbanteng and Banjarasri, Sidoarjo, (c) LOS Displacement adopted from STAMPS (ascending orbit), and (d) LOS displacement adopted from LiCSBAS (descending orbit).

[Analysis of Land Subsidence]

Considering the history of land subsidence occurring in the neighborhood, Fukushima et al. (2009) explains that SAR interferograms covering LUSI mud eruption for 1 year showed persistent subsidence over an ellipsoidal area of approximately 4 km x 3 km centered on the main eruptive vent in May 2006. Abidin (2009) states that the eruption of the LUSI mud volcano triggered vertical and horizontal ground displacement. This led to the occurrence of subsidence at steady rates of 0.1 and 4 cm/day, leading to the development of avoid-shaped sag. However, supposing this continues for 3 to 10 years, it is expected that the central part of some edifice are bound to subside between 44 m and 16 m. Since this environmental issue also appeared in other neighboring areas, we discussed the causes of land subsidence perceived by the InSAR technique in Kedungbanteng and Banjarasri, two villages located in the north-east of LUSI.

[The suspected causes of land subsidence]

Subsidence, also known as the sequence of production-related subsurface events, tends to induce reactive faults. The prolonged or rapid production of oil, gas, and water formation causes a decline in subsurface pressures. Lowered pressures increase the effective stress of the overburden, which leads to the compaction of the reservoir rocks and causes formerly active faults to be reactivated. Land-surface subsidence is either caused by the compaction of strata or downward displacement along the fault. Furthermore, subsidence and fault reactivation usually occurs in wetland areas, typically submerged in open water. This is experienced in some villages in Sidoarjo, Indonesia.

Sumantyo et al. (2021) stated that the land subsidence in the Tanggulangin area was influenced by the current of mudflow (LUSI) in Porong. However, regarding the fluid extraction due to gas withdrawal in the study area, the previous research conducted by Chaussard et al. (2012) claimed the subsidence occurring around LUSI mud volcano and west of LUSI was likely due to the extraction of Wunut gas field from a Pleistocene volcanislastic reservoirs in the depth of 100 - 900 m (Kusumastuti et al. 2000). Moreover, Arifianto et al. (2020) stated that the increase of gas production surrounding the region was directly connected to this geohazard. The total gas production from 2018 to 2019 was relatively 1.1 million m³ gas/day. However, in subsequent years, it increased to 2.2 million m³ gas/day from 2 gas fields located in Kedungbanteng and Banjarasri villages.

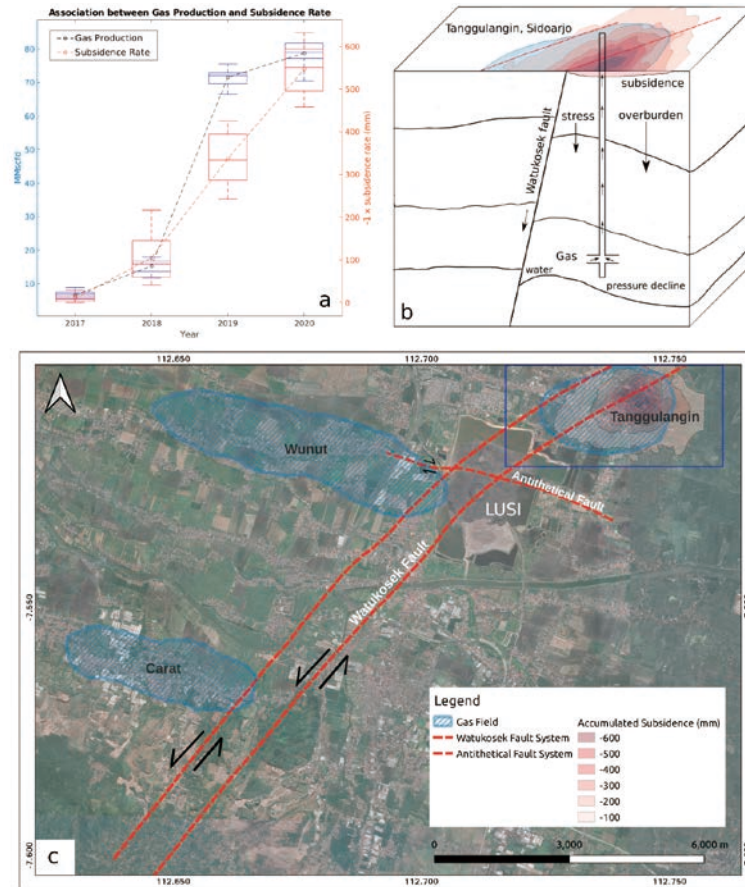


Figure 1.1.1.1-4. (a) The connection between the accumulated of gas production per month (Source: Indonesia Oil and Gas Statistics, Ministry of Energy and Mineral Resources) located in the surrounding of observed area and subsidence rate located in the center of Kedungbanteng, Tanggulangin - Sidoarjo (Ring A) for four years. (b) An illustration of production-related subsurface phenomenon that might cause land subsidence and reactive faults (Modification from Morton et al. (2001)). (c) The position of the Watakosek fault system and the antithetical fault system interpreted by Mazzini et al. (2007), Abidin et al. (2009), Istadi et al. (2009), and Mauri et al. (2018) with the segmentation of Tanggulangin, Wunut, and Carat gas fields (Zaputlyaeva et al. 2019) and superimposed with the accumulated subsidence in Kedungbanteng and Banjarasri villages, Tanggulangin and the Google Earth image.

According to Indonesia oil and gas statistics published by the Directorate General of Oil and Gas - Ministry of Energy and Mineral Resources, the average gas production in Sidoarjo for the years 2017, 2018, 2019 and 2020 was 6.62, 8.675, 56.32 and 7.19 Million Standard Cubic Feet per Day (MMcsfd) respectively. The Figure 1.1.1.1-4.(a) shows that the production from 2018 to 2019 was 6.5 higher than the previous year (2017). It agrees with the trend of subsidence revealed by InSAR which increased exponentially in the second quartile of 2018. The accumulated gas production for four years was 79.4, 183.5, 859.3 and 945.61 MMcsfd respectively. Associated with subsidence in the center of the highest rate displacement (Kedungbanteng), the researcher found the cumulative vertical deformation was -28.63, -216.40, -425.82 and -632.17 mm respectively. Some news published by local media also confirmed that the operation was reallocated to exploit gas in Sidoarjo and increased its production multiple times starting from 2018.

Even though there is no evidence for a direct link between subsidence and the production since there may be a potential delay between compaction and reservoir depletion (Pijenburg et al. 2018), they can be convincing indicators of causality for multiple interconnected physical processes as follows (Morton et al. 2001). Hence, two villages placed on the surface derive land subsidence from either compaction of the strata or downward movement along faults as illustrated in the Figure 1.1.1.1-4.(b) with the conceptual geological model of the petroleum system in Sidoarjo can be read in Zaputlyaeva et al. (2020). The existence of Watakosek and antithetical faults explained by Riffo et al. (2021) and Mazzini et al. (2021)

confirms a concept of reactivation faults in the location of land subsidence (Figure 1.1.1.1-4.(c)). Kedungbanteng and Banjarasri villages as well as LUSI were located along the NE-SW Watukosek strike-slip fault system (Istadi et al. 2009; Mauri et al. 2018). This fault had a high inclination at depth linking the western border of Madura Island and the Penanggungan Volcano placed in the southwest of LUSI creating the Watukosek escarpment which indicated the upthrown fault block (Mazzini et al. 2007; 2009; Istadi et al. 2009; Riffo et al. 2021). Moreover, three gas fields: Tanggulangin, Wunut, and Carat were placed along the Watukosek escarpment (Zaputlyeva et al. 2019). Especially for the Tanggulangin gas field, a spatial distribution associated between gas extraction and accumulated subsidence detected by InSAR is unbearable.

[A Prediction of Subsidence Trend Using the Neural Network Approach]

Based on InSAR observation from 2017 to 2020, we predicted the trend of displacement in one year ahead. The learning period had been from 2017 to 2019, the testing was in 2020, and the prediction was in 2021. The predicted displacement showed that all of the samples measured points in a, b, and c were still suffered if no precaution undertook to stop causes of land subsidence. According to one year forecast from January to December 2021 (Figure 1.1.1.1-5.), we expected that the center of the main area (ring A) had cumulatively subsided to -810 mm. Ring b and c as the outers of Kedungbanteng and Banjarasri village consecutively deformed to -393 and -350 mm respectively. Although the velocity rate of the ring a and b was lower than the inner ring, the affected area was constantly spreading to other places. As we can see in the displacement rate of InSAR samples in ring C, the subsidence prognosis was slightly close to the trend of ring B.

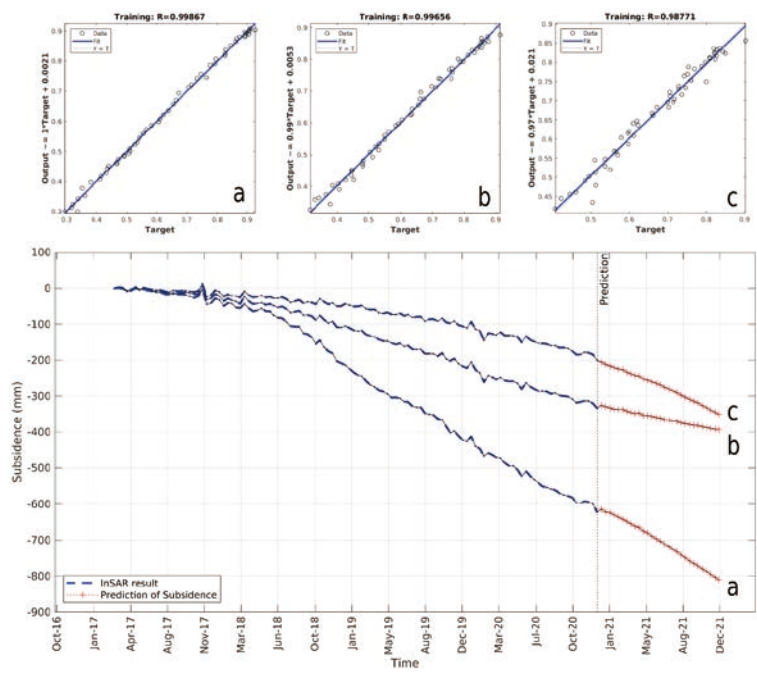


Figure 1.1.1.1-5. InSAR prediction for short-term period of 1 year (red lines) in the locations of ring a, b, and c. The learning period is for 3 years of InSAR time series result with the testing period of 1 year to evaluate the performance of forecasting.

According to InSAR time series analysis with Sentinel - 1 data used for 4 years in both orbits, it was concluded that Kedungbanteng and Banjarasri Villages significantly indicated the occurrence of subsidence. The mean deformation velocity in both areas was approximately -134.5 mm/year although some regions had a significant value of -600 mm in the south and west part of Kedungbanteng and Banjarasri respectively. According to field documentation, land subsidence had a significant impact on the villagers' houses, pipelines, roads, and the walls' cracks in March 2021. Furthermore, based on monitoring using the InSAR technique and its prediction, the land subsidence is still going and can continually cause

flooding in those two villages.

Source: Noorlaila Hayati, Amien Widodo, Akbar Kurniawan, I Dewa Made Amertha Sanjiwani, Mohammad Rohmaneo Darminto, Imam Satria Yudha and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, "Small baselines techniques of time series InSAR to monitor and predict land subsidence causing flood vulnerability in Sidoarjo, Indonesia," Geomatics, Natural Hazards and Risk, Volume 13, Issue 1, pp.2124-2150, 9 August 2022 <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2109518>.

◆◆1.1.1.2. 合成開口レーダ (SAR) の開発

【重点2：地球観測衛星検証】【重点4：先端マイクロ波リモートセンシング】

合成開口レーダ (SAR) は多目的センサで、全天候型、昼夜でも観測できるものである。従来のSARセンサは直線偏波 (HH、VV、HV、VH) で、特に低周波であるLバンドは電離層におけるファラデー回転の現象で大きく影響されている。本研究ではグローバル環境・地殻変動の観測のために、図1.1.1.2-1.に示す円偏波合成開口レーダ (CP-SAR) 搭載小型衛星を開発している。この小型衛星が質量150kgで、全円偏波のCP-SARセンサを搭載して、左旋円偏波 (LHCP) と右旋円偏波 (RHCP) の送信機と受信機から構成されている。図1.1.1.2-2.に示すように、例えばRHCPを送信して、RHCPとLHCPで同時に受信する。同様にして、LHCPを送信する際に、RHCPとLHCPも同時に受信する。両方の組合せによって、全円偏波のCP-SARセンサを実現した。

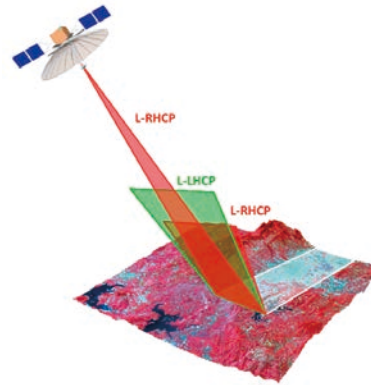
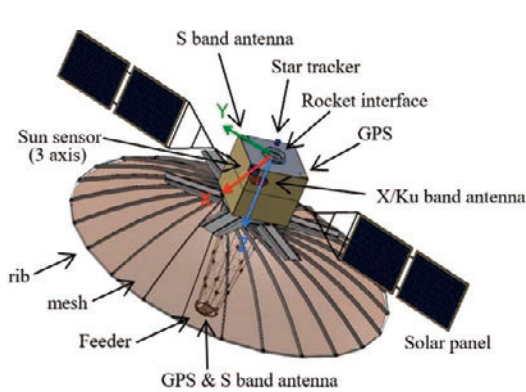


図 1.1.1.2-1. 円偏波合成開口レーダ搭載小型衛星 図 1.1.1.2-2. 小型衛星搭載のCP-SARのアンテナ

今年度に、全円偏波の給電アンテナを実現するため、図1.1.1.2-3.に示す広帯域円偏波ホーンアンテナを開発した。このアンテナは多周波多偏波共用が可能になり、L・Cバンド、C・Xバンド、X・Kuバンド、Ku・KバンドのRHCP・LHCP円偏波を可能にした。将来、多周波・多偏波のSARセンサを実現でき、小型化と軽量化にも貢献できると期待している。図1.1.1.2-4.に試作したX・Kuバンドのホーンアンテナと測定結果 (S11) を示す。今後、このアンテナは小型衛星、航空機、成層圏プラットフォーム、無人航空機搭載用の合成開口レーダ (SAR) のために使用する予定である。

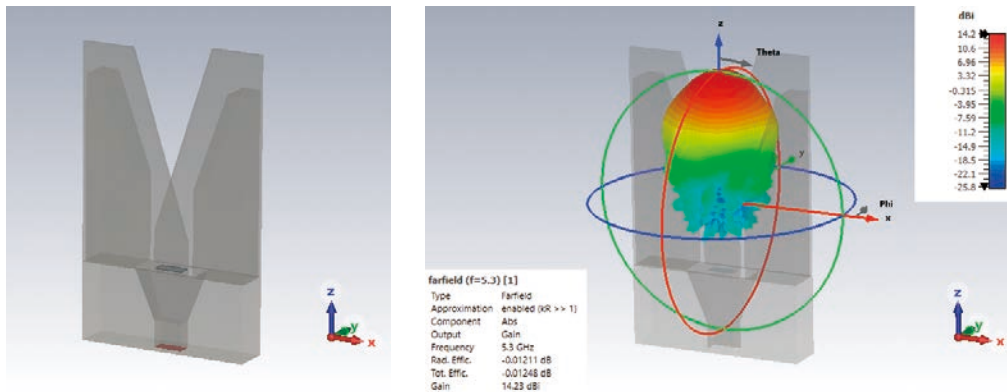


図 1.1.1.2-3. 多周波・多偏波ホーンアンテナの構造と放射パターン

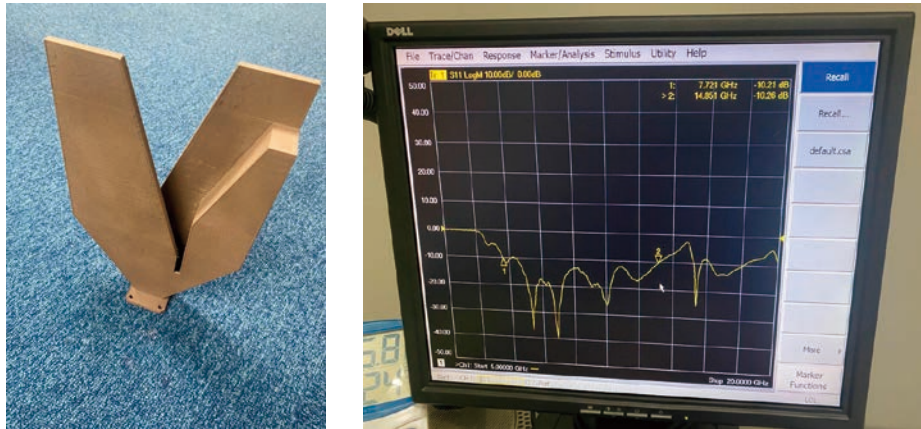


図1.1.1.2-4. 多周波・多偏波ホーンアンテナの試作物と測定結果

これら円編波合成開口レーダ（CP-SAR）に関してまとめた著書を刊行予定である。

Source: Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Ming Yam Chua, Cahya Edi Santosa, and Yuta Izumi, Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar, CRC Publisher.

◆◆1.1.1.3. X-band マイクロストリップアレイアンテナの開発

【重点4：先端マイクロ波リモートセンシング】

Recently, unmanned aerial vehicles onboard synthetic aperture radar (UAV-SAR) have been developed by many institutions to provide high-resolution, real-time data acquisition and local emergency observation. The SAR system remains the issue to realize the system with the high resolution, lightweight, minimalized payload, power efficiency, high altitude operation, extreme environment, long-duration flight, and full polarimetric mode. For this purpose, our research group plans to develop the X-band circularly polarized UAV-SAR for disaster and environmental monitoring using the 25 kg payload of the UAV. The SAR system requires a broadband antenna and full circular polarization for precise observations. The antenna for the SAR systems requires a small size, lightweight, high gain, broadband for chirp pulse, and good antenna isolation and axial ratio (AR). For this purpose, we proposed the 4×4 ax-shaped radiator array antenna. The proposed antenna was simulated, fabricated, and measured in an anechoic chamber. Furthermore, the indoor polarimetric scattering SAR experiment was conducted using canonical targets to investigate the polarimetric SAR capability of the system with the proposed antenna. The result proves the performance of circularly polarized SAR.

この詳細は、以下に掲載された。参照されたい。

Source: Hisato Kashihara, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Yuta Izumi, Koichi Ito, Steven Gao, and Kazuteru Namba, "X-Band Microstrip Array Antenna for UAV onboard Full Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.71, No.2, pp.1943-1948, 4 January 2023. DOI: 10.1109/TAP.2022.3232745

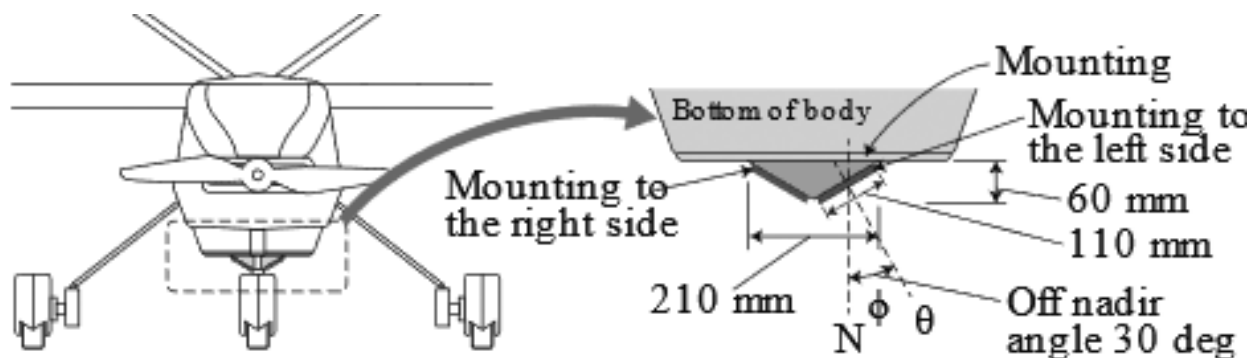


図1.1.1.3-1. Antenna mounting on the UAV

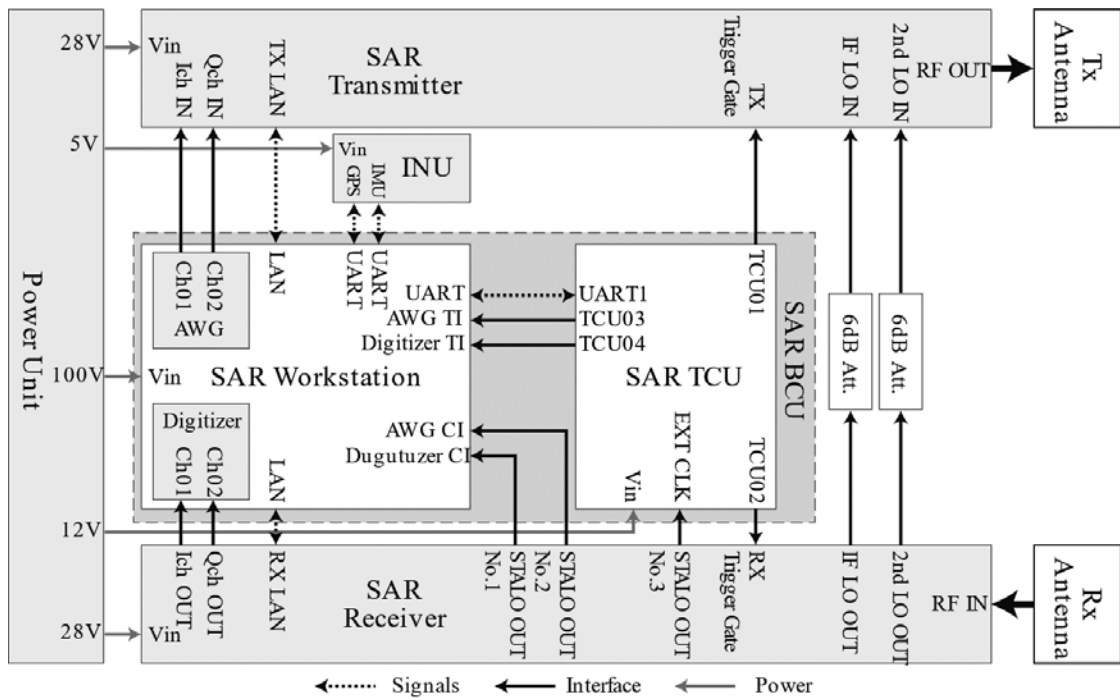


図 1.1.1.3.-2. A block diagram of the SAR system



図 1.1.1.3.-3. Fabricated array antenna (Left: LHCP, Right: RHCP)

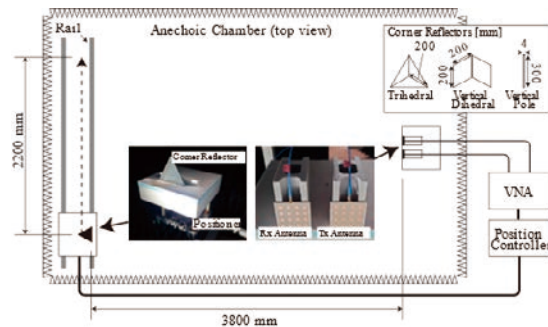


図 1.1.1.3.-4. Experiment environment

◆◆ 1.1.1.4. CP-SAR 画像処理システムとチャージジェネレータの FPGA への実装
(難波一輝 [工学研究院] / ヨサファット 研究室共同利用研究者)

【重点 4 : 先端マイクロ波リモートセンシング】

合成開口レーダ (SAR : Synthetic Aperture Radar) はマイクロ波を利用した能動型のレーダであり、照射されたマイクロ波の散乱波を受信することで画像データを得ることができる。SAR から得られる情報データは膨大で不鮮明なものであるため、レーダを搭載した衛星や UAV などのプラットフォームから地上へ向けてデータを送信すると、多くの通信時間を要してしまう。しかし、森林火災の被害状況を観測する際など、リアルタイムでの観測が求められる。そのため、レーダを搭載したプラットフォーム上で高速なデータ処理を行い、処理された結果のみを地上に送信することで、この問題を解決しようとする研究が行われている。しかし、SAR から得られた膨大なサイズの画像データを処理するためには、高速な演算処理が必要となる。そのため近年では、FPGA (Field-Programmable Gate Array) がアクセラレータとして使用されることが多くなっている。

当センターでは、円偏波を利用した SAR である円偏波合成開口レーダ (CP-SAR : Circularly Polarized - SAR) を搭載した無人航空機 (UAV : Unmanned Aerial Vehicle) の開発を進めている。CP-SAR は、従来の水平・垂直偏波を利用したものに比べ、地球の電離層からの影響を受けにくいと、より高精度の画像を得ることができる。この開発プロジェクトは世界で初めての円偏波を用いた SAR の実装、そして森林モニタリングや災害管理のための運用を目的としている。また、準備実験では UAV 上で画像処理を行い、地上との通信は行わずに、内蔵された SSD にデータを保存し、着陸後に解析を行う。60 秒間に 1 枚の CP-SAR 画像を生成する準リアルタイムでの観測を目標としている。2021 年度までに Kintex-7 FPGA (xc7k325t-2ffg900c) 上に画像処理

システムを作成していた。

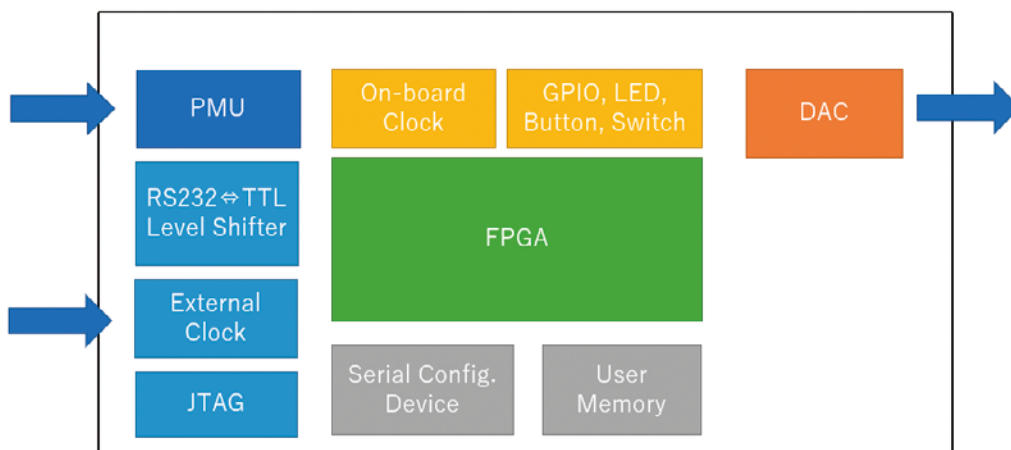
SARの画像処理システムにおいてレンジ方向、つまり進行方向と直行する方向の分解能を向上させる技術として、パルス圧縮技術が用いられている。パルス圧縮技術は、チャープ信号と呼ばれる周波数変調をかけた信号を放射し、反射してきた受信信号と送信信号の相関関係により画像を生成する。様々な周波数帯域のチャープ信号を生成するチャープジェネレータをFPGAに搭載することで、高速なデータ取得や高精度な同調分解能、PSK/FSK変調などの利点を提供することができる。しかし、前エンドまでのシステムではチャープジェネレータについては十分な検討を行っていなかった。

そこで2022年度は、提案システムに用いるチャープジェネレータをIntel社のFPGA開発ツールQuartus Primeを用いて設計した。チャープ信号の生成は、直接デジタル合成（DDS：Direct Digital Synthesis）技術を用いて行う。また、動作シミュレーションを行なった。また、Kicadを用いた基板設計についても検討した。

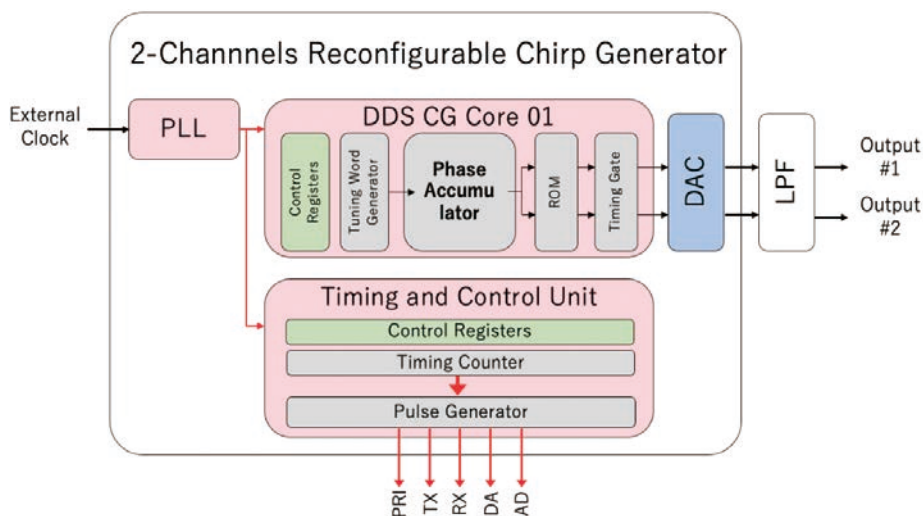
【作成した回路】

チャープジェネレータは、SARのベースバンド制御ユニット（BCU：Baseband and Control Unit）と呼ばれる部分に属している。BCUには、他にはデジタイザやタイミング制御ユニット、プロセッサなどが含まれている。

チャープジェネレータの基板概略図およびシステム図を図1.1.1.4.-1.に示す。作成している回路は、チャープジェネレータ本体の他、タイミング制御ユニットを含む。チャープジェネレータ（本体）は、パルス圧縮技術で用いられるチャープ信号をデジタル信号で合成する回路である。生成されたチャープ信号は、デジタルアナログ変換（DAC：digital to analog converter）を通してアナログ信号に変換し、アンテナから放射される。



(a) 基板の概略図



(b) デジタルシステムアーキテクチャ

図1.1.1.4.-1. 2チャンネル再構成可能チャープジェネレータ

[直接デジタル合成]

直接デジタル合成 (DDS : Direct Digital Synthesizer) 技術は、チャープ波形の合成手法の1種である。時間的に変化する信号をデジタル的に生成し、DA変換を行うことで、アナログ周期波形を生成する。図1.1.1.4.-2.にDDSのシステムブロック図を示す。基本的なDDSは、ROM、加算回路、およびDACで構成される。また、DDSはフェーズアキュムレータと呼ばれるカウンタを持つ。

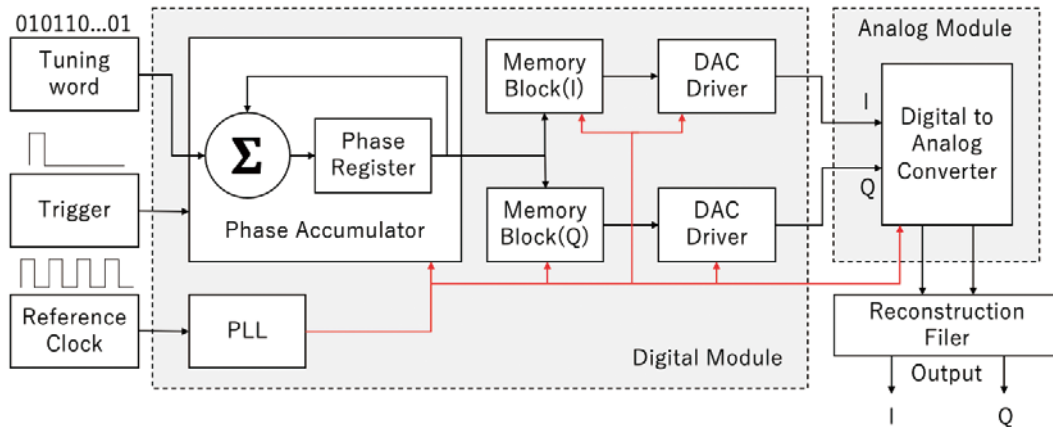


図1.1.1.4.-2. DDS技術のシステムブロック図

DDSの動作原理は、正弦波信号の位相と周波数の関係を利用したものである。以下の図1.1.1.4.-3.のように、正弦波の信号を位相の円周を回転するベクトルとしてみる。0° から360° までの位相が一定の回転速度で回転しているとき、フェーズアキュムレータは直線的に増加し、周期的な波形の線形位相情報を生成する。フェーズアキュムレータは、図1.1.1.4.-2.に示すように加算器とレジスタにより構成されている。フェーズアキュムレータはカウンタと同じ役割をしていて、クロックサイクルごとに現在値をインクリメントさせる。調整ワード (Tuning Word) と呼ばれるフェーズアキュムレータへの追加のデジタル入力は、インクリメントサイズを決定し、クロックサイクルごとにカウンタの現在値と算術的に合計する。調整ワードは、クロックサイクルの更新によりフェーズステップサイズも生成する。ステップサイズが大きいほど、フェーズアキュムレータは高速でオーバーフローし、等価な周期波形サイクルを生成することができる。

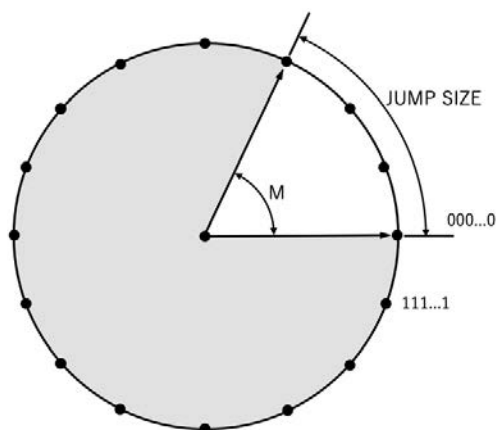


図1.1.1.4.-3. デジタルフェーズホイール

フェーズアキュムレータと調整ワードの関係から、DDSの基本的な調整式を得られる。調整ワードを変更すると出力周波数がすぐに、かつ位相的に連続に変化する。したがって、DDSの出力周波数は次式で表すことができる。

$$f_{out} = \frac{M \times f_s}{n_{PA}}$$

f_{out} = DDSの出力周波数

f_s = DDSのクロック周波数

M = バイナリ調節ワード
 n_{PA} = アキュムレータの長さ

ナイキスト・サンプリング定理より、正弦波波形を再構成するためには1周期あたり2サンプル以上が必要である。したがって、調整ワードをフェーズアキュムレータの長さの半分の値に設定すると、DDSで生成できる最大周波数を得られ、それは次式のようにになる。

$$f_{MAX} = \frac{f_s}{2}$$

フェーズアキュムレータの出力は直線傾斜の位相情報データであり、それだけでは正弦波などに合成することができない。そのため、フェーズアキュムレータの瞬時出力値を周期波形の振幅情報に変換し、DACが利用できるように位相-振幅メモリが必要である。この原理により、周期的な波形を合成する。以下の図1.1.1.4-4.に正弦波形の合成過程を示す。

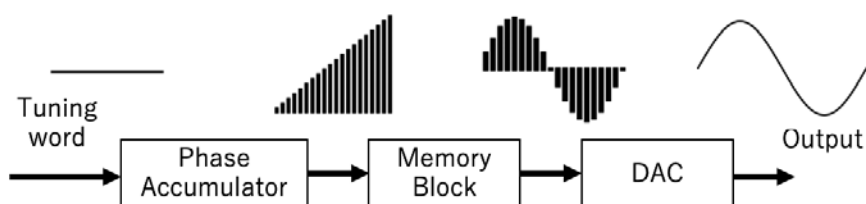


図1.1.1.4-4. 正弦波信号の合成過程

市販のDDS用半導体集積回路は、DDSの動作に不可欠な位相積分器、波形メモリ、DACなどのハードウェアだけでなく、PLL、ミキサ、コンパレータなども組み込まれている。これらのDDSは、高速なデータ取得や高精度の同調分解能などの利点がある。しかし、SAR用のチャージジェネレータとしては不向きな場合があるため、本研究ではカスタムDDSを搭載したチャージジェネレータを作成した。

[タイミング制御]

タイミング制御ユニット (TUC : Timing and Control Unit) は、SARシステムの必須要素のひとつである。フライトミッションのSARジオメトリにより、タイミングの情報を導き出し、SARシステム内の他の構成要素の動作シーケンスを制御するための正確で精密な信号を生成するために使用することが可能である。さらに、TUCはこれらの構成要素のタイミングを同期させ、SARシステムの各クロックの一貫性を維持し、画像生成時に信号処理装置がアジマス領域で受信信号を適切に収集できるようにする。

TUCは通常、SARシステム内の独立した構成要素である。しかし、制御信号には正確さと精密さが求められるため、FPGAを使用したカスタム設計のデジタルシステムの方がより現実的なソリューションとなる。TCUは通常、他のユニットから10MHzのクロックを受け取り、それを利用して必要なタイミング信号や制御信号を導出する。

TUCシステムには、UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 制御、タイミングジェネレータ、PLL、クロックインジゲータなどの構成要素が含まれている。タイミングジェネレータ (TG : Timing generator) は、制御信号を生成する機能を持ち、生成された制御信号は、制御レジスタ (CR : Control Register) によってタイミングを決定する。TUCのデジタルシステム図を図1.1.1.4-5.に示す。

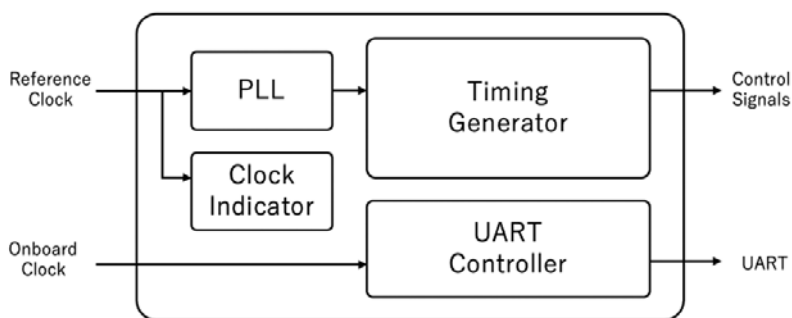


図1.1.1.4-5. タイミング制御ユニットのデジタルシステム図

[回路設計とシミュレーション結果]

FPGA 開発ツール Quartus Prime を使用して、作成したチャープジェネレータの一部の論理回路を作成し、FPGA (Cyclone IV E EP4CE22E22C6) を用いてシミュレーションにより動作検証を行なった。

本シミュレーション実験で用いた各入出力値を表 1.1.1.4-6. に示す。

表 1.1.1.4-6. シミュレーションの各入力値

モジュール	パラメータ	値
PLL	CLK_in	10 MHz
	CLK_out	250 MHz
フェーズアキュムレータ	Trigger	0.0ns – 850.0ns
	Tuning_word	60 (符号なし 10進数)

シミュレーションした結果の一部を図 1.1.1.4-7. に示す。PLL がクロックロックするまで 450ns かかっている、Trigger の値が 0 になると位相情報、つまり Phase_out の値も 0 となっている。また、位相情報が直線的ではなく段々と周期が短くなっており、直接デジタル合成が正しく行われていることが確認できる。Tuning_word によって位相の大きさが決定するため、Tuning_word を変更するとチャープ信号の周波数も変化する。また、Tuning_word を変更することで出力の位相情報の周期が長くなることも確認している。周波数の切り替えが素早くできる。これは、DDS 技術を用いたチャープジェネレータの特徴のひとつであるといえる。

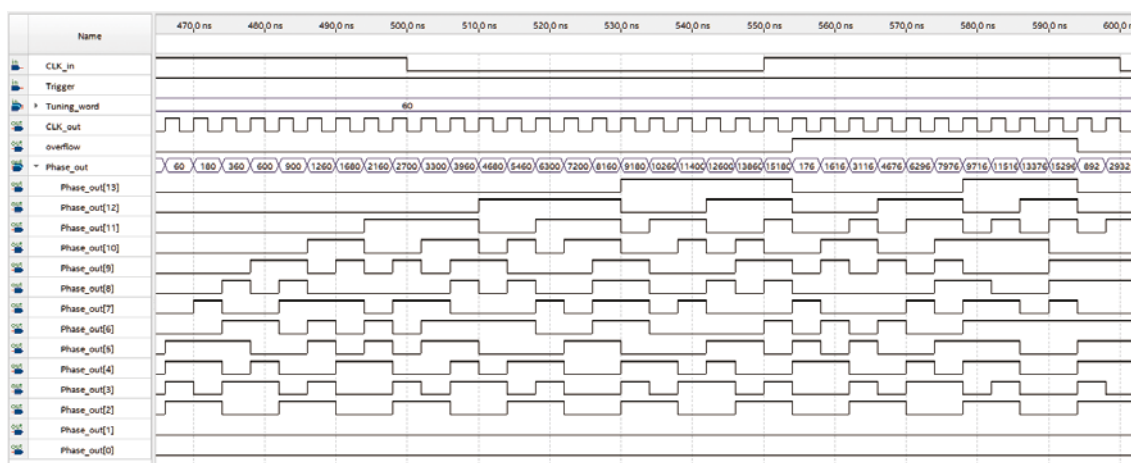


図 1.1.1.4-7. シミュレーション結果

◆ 1.1.2. 高精度観測技術を用いた先端センシング研究の新展開 (入江仁士)

最大の地球環境問題のひとつとして人類の持続可能性を脅かしている気候変動の影響が世界各地で顕在化してきている。気候変動の原因は人間活動にあることは明白だが、気候変動を駆動しているさまざまな大気環境 (各種微量気体、エアロゾル、雲) の変動プロセスの理解は不十分である。気候変動の緩和策・適応策の合理化につながる数値シミュレーションの検証と不確実性の減少のために、地球規模で長期にわたって均質なデータをもたらす唯一の方法であるリモートセンシング技術による大気環境変動研究は不可欠である。当研究室は、独自の世界最先端の高精度観測技術 (リモートセンシングを含む)・データ・科学的知見を基盤に、先端センシング研究の新展開を図っている。以下に 2022 年度の研究から 3 件の成果を報告する。

◆◆ 1.1.2.1. 地上リモートセンシング観測機器を複合利用して得られたエアロゾル光学特性と PM_{2.5} およびブラックカーボンの質量濃度との関係

エアロゾルが与える健康被害や気候変動への影響を定量的に評価するべく、PM_{2.5} やブラックカーボン (BC) の質量濃度について地上観測が行われているが、空間的に不均一であり、ローカルサイトにおける観測が不足している。地上リモートセンシングは継続的に高い空間代表性のあるエアロゾル光学特性を提供可能であり、衛星やモデルなどの異なる空間解像度のデータセットとの橋渡しをする重要な役割を担っている。地上リモートセンシングの発展は、各観測手法の相補的な利用を促進し、広域のエアロゾル情報に対して定量的な評価を可能にす

ることが期待される。このような枠組みで、我々は2019年から2021年の期間に日本の千葉（35.63° N, 140.10° E）と福江（32.75° N, 128.68° E）で、2つの地上リモートセンシング機器を用いて同時連続観測を行った。そこで、高度0–1 kmの微小なエアロゾル光学的厚さ（fAOD）と高度0–1 kmの光吸収性の微小なエアロゾル光学的厚さ（fAAOD）という、新たな光学特性パラメータを導出した。本研究は、2地点においてPM_{2.5}質量濃度（ $M_{PM2.5}$ ）とfAODの関係、および、BC質量濃度（ M_{BC} ）とfAAODの関係を検証し、2つのパラメータ特性を評価した。結果、千葉と福江においてPM_{2.5}質量濃度とfAODの相関係数はそれぞれ0.80と0.79と高かった（図1.1.2.1.左）。またBC質量濃度とfAAODの相関係数はそれぞれ0.76と0.66と中程度の正の相関関係であった（図1.1.2.1.右）。そしてPM_{2.5}質量濃度とfAOD、および、BC質量濃度とfAAODのどちらの関係においても、千葉と福江の傾き（fAOD / PM_{2.5}質量濃度、fAAOD / BC質量濃度）の対応関係は、1）物理特性と光学特性と2）地表面濃度と0–1 kmの部分カラム平均濃度の2つの関係を考慮して、説明されうるものであった。したがって、fAODとfAAODは共に地表付近の質量濃度に対して高い再現性を有していることと、正確度を有する可能性が明らかにされた。またfAAODと回帰直線を用いて推定した千葉のBC質量濃度は東京で観測されたBC質量濃度と整合的であった。よって、fAAODのモニタリング指標としての有効性も示された。今回の結果は地上リモートセンシング観測を用いた複合利用の有効性を強調するものであり、今後の更なる応用研究が期待される。

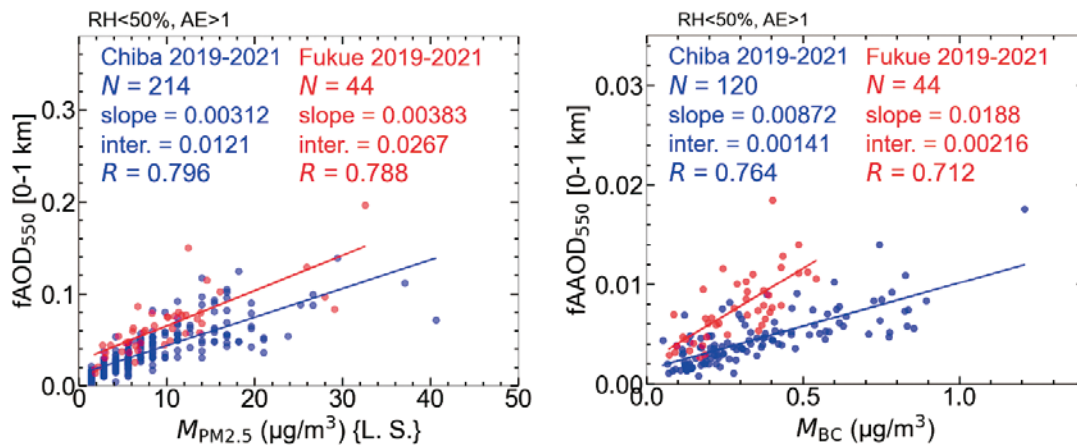


図1.1.2.1. (左) 2019年から2021年の千葉（青）と福江（赤）における日中央値のPM_{2.5}質量濃度（ $M_{PM2.5}$ ）とfAODの関係、(右) 2019年から2021年の千葉（青）と福江（赤）における日中央値のBC質量濃度（ M_{BC} ）とfAAODの関係。

◆◆1.1.2.2. SKYNET・A-SKY国際地上リモートセンシング観測網の観測技術の高度化

スカイラジオメーターの解析アルゴリズムパッケージSR-CEReS-1 (e.g., Mok et al., 2018; Irie et al., 2019; Ohno et al., 2022) の改良版としてSR-CEReS-2の開発を進めた。開発要素の一つとして、太陽直達光測定からAOD（あるいはAOT）を定常的に求めることができるようになった。SR-CEReS-2を用いてデータの再処理を行い、従来の天空輝度分布からリトリバルされたAODと比較したところ、ほぼ同じ値を示したことが確認された。図1.1.2.2.には、この太陽直達光測定を利用して求めたAODデータを利用可能としたことに加えて、スカイラジオメータの天頂測定（図1.1.2.2.の右上の写真を参照）からカラーインデックス（Color Index ; CI）を計算して、従来よりも厳密に雲判定できるよう改良を施した。ここで、CIは以下のように計算した。

$$CI = \tau_{400} / \tau_{500} \quad (1)$$

$$\tau = \ln (F_0 / Vr^2) \quad (2)$$

τ は光学的厚さで、SR-CEReSのCross Improved Langley法 (Nakajima et al., 2020) によって高精度に決定された検定定数（ F_0 ）、太陽直達光強度（ V ）、太陽地球間距離（ r ）から計算された。雲粒子のように粒径の比較的大きい粒子によってミー散乱が強くなると、短波長側の τ が長波長のそれよりも大きくなり、ゆえに、CIは大きくなる。別の言い方をすると、天頂方向の空の色が白っぽくなるにつれてCIは大きくなる。千葉キャンペーン2021の経験から、CIが1を越え、かつ、前後の時刻のCIを含めて計算されたCIの標準偏差が0.004を越えたら、雲があると判定した。この判定に基づいて雲スクリーニングされたデータもA-SKY国際観測網は提供している。

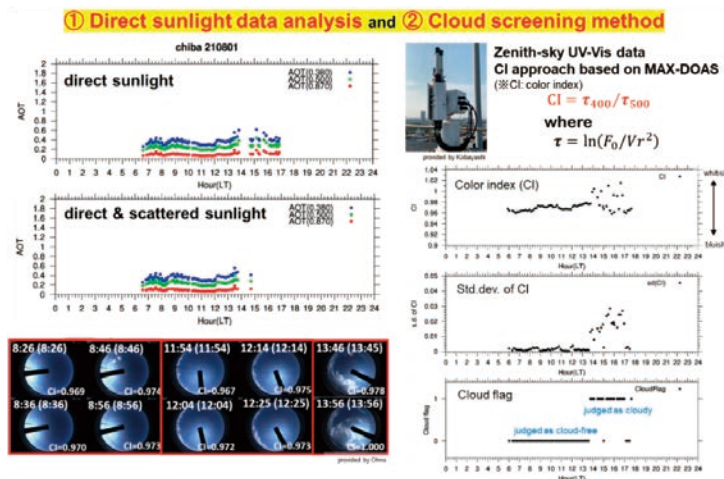


図 1.1.2.2. SR-CEReS-2の開発要素。千葉キャンペーンの機会に開発を進め、直達光測定からエアロゾル光学的厚さを定常的に導出するとともに、天頂測定からカラーインデックス (Color Index) を求めて従来よりもさらに厳密に雲判定できるよう改良を施した。

◆◆ 1.1.2.3. 地上と衛星リモートセンシングを複合利用した雷起源窒素酸化物の検出方法の検討

近年、気候変動や大気汚染への懸念が高まっている。短寿命気候強制因子のひとつである窒素酸化物 (Nitrogen Oxide ; NO_x) は、そのものが大気汚染物質であるとともに、オゾンなどの光化学オキシダントの前駆体となり、地球温暖化や人体・農作物などにも影響を及ぼす。このような重要性を持つ NO_x の中上部対流圏における支配的な放出源は雷由来の NO_x (Lightning NO_x ; LNO_x) である。LNO_x の大気への放出量は全 NO_x 放出量のおよそ 10% にも及び、自然起源の NO_x の中でも最大の放出源である。しかしながら、LNO_x の評価のための観測データは限られている。この問題を克服するために、本研究では地上リモートセンシング観測 MAX-DOAS (Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy) と衛星観測 TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument) を複合利用した LNO_x の検出方法を検討した。2021年夏季に千葉、福江サイトで得られたデータに着目した。千葉サイトは下部対流圏における人為起源による NO_x の放出が多い地域であり、福江サイトは人為起源による NO_x の放出が少ない地域である。

両観測の対流圏 NO₂ カラム濃度データの相関解析の結果、千葉サイトでは 7 月 31 日と 8 月 7 日において TROPOMI の対流圏 NO₂ カラム濃度が MAX-DOAS よりも大きく、およそ 2 倍の値を取っていることが分かった。MAX-DOAS による観測は中上部対流圏への感度が低いため、この 2 日における TROPOMI の NO₂ 濃度の増大は、中上部対流圏で NO₂ の増大が起きたことを反映していると考えられた。このことを確かめるために雷監視システム (Lightning DETection Network system ; LIDEN) のデータと後方流跡線解析を用いて検証を行ったところ、それぞれ 1 日以内に雷が発生した場所を通過していることが分かった。したがって、同定された NO₂ 濃度の増大が LNO_x の影響を受けていることが分かった。福江サイトでは全ての日において TROPOMI の NO₂ 濃度が MAX-DOAS よりも大きい値となり、LNO_x の影響を受けている日とその他の日を区別することが困難だった。その原因を調べるために、LIDEN と後方流跡線解析を用いて LNO_x の影響を受ける可能性のある日を抽出した。しかしながら、抽出された日と他の日では、NO₂ 濃度に有意な差が認められなかった。福江サイトの NO₂ 濃度は千葉サイトよりも小さく、LNO_x の影響を受けていたとしても千葉サイトほど強い影響ではなかったことが示唆された。

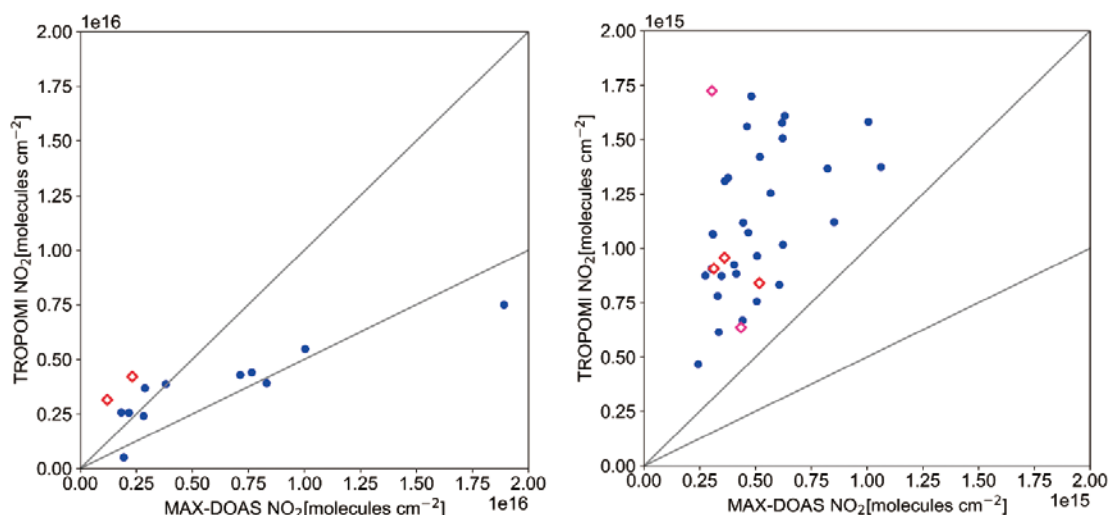


図1.1.2.3. (左) 千葉サイトと(右) 福江サイトにおけるMAX-DOASとTROPOMIの相関解析。LNO_xの影響を受けている日を赤で示す。

◆◆1.1.2.4. 3次元放射伝達モデルと3次元観測を用いたエアロゾルと水蒸気が全天日射量に及ぼす3次元効果の評価(入江研究室)

太陽放射は地球環境にとって最も重要なエネルギー源であり、気候変動やエネルギー・食糧問題など、さまざまな深刻な問題と密接に関係している。これらの問題に適切に対処するための共通基盤として、全天日射量の定量的な理解が求められている。全天日射量は、雲、エアロゾル、水蒸気などの大気成分の3次元(3D)分布と相互作用して地表に到達する。本研究では、モンテカルロ法を用いた光線追跡法を採用した3次元放射伝達ソルバーMCstarを用いて、エアロゾルと水蒸気の全天日射量への3次元効果の評価を試みた。広帯域フラックスに最適化されたガス吸収ルックアップテーブルと3D-Improved Multiple and Single scattering (IMS) 法により、計算効率を向上させた。まず、よく検証されているRstarモデルと比較し、MCstarによる短波放射照度(308-2200nm)(光子数 10^6 個)の精度を検証した。この検証結果に基づき、千葉大学で稼働している4方位多軸差分吸収分光観測システム(4AZ-MAXDOAS)による対流圏下部のエアロゾルと水蒸気の3次元観測に着目した(図1.1.2.4.-1.)。また、全天日射計(CM21)を併設し、実大気の3次元効果の定量的な評価を試みた。典型的なエアロゾル条件(AOD0.5以下)でのMCstarとRstarによる全球短波放射照度計算を比較したところ、その差は0.5%以下と小さく、MCstarの計算精度を支持する結果を得ることができた。図1.1.2.4.-2.は、2つのシナリオでMCstarがシミュレーションした全球日射量とCM21が観測した日射量の相対誤差を示したものである。エアロゾルと水蒸気の3次元分布を考慮することで、全天日射量がより適切にシミュレーションされることが分かりました。この研究は、エアロゾルと水蒸気の3次元的影響が全天日射量に及ぼす影響を初めて評価した研究である。

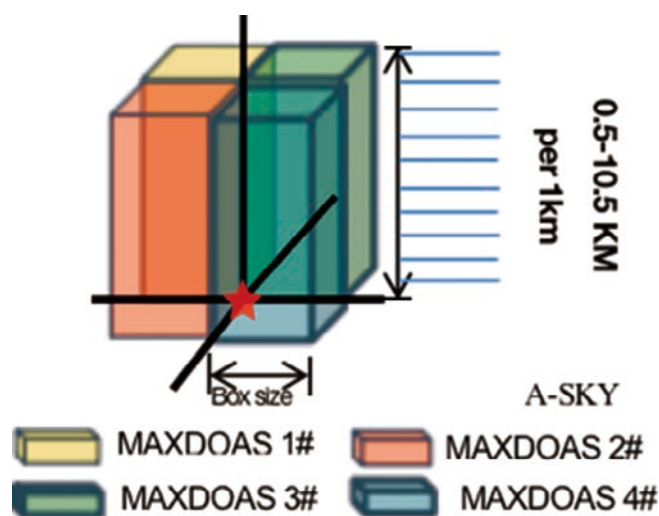


図1.1.2.4.-1. 4方位多軸差分吸収分光法(4AZ-MAXDOAS)による観測のイメージ。

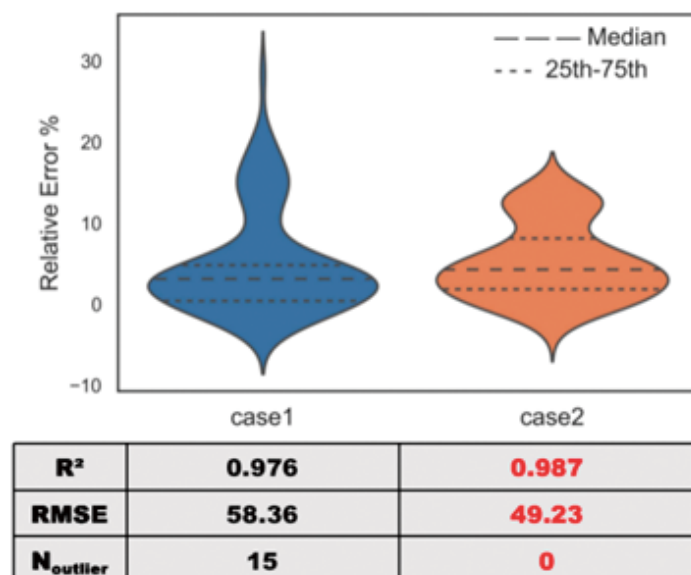


図1.1.2.4.-2. 相対誤差とフィッティング結果のバイオリンプロット。

◆1.1.3. 受動型光学センサと宇宙LiDARデータを融合した全球陸域地上バイオマス推定（本多嘉明）

◆◆1.1.3.1. 宇宙LiDARデータを融合した新たな全球バイオマス推定手法開発

高頻度全球観測を可能とする中程度解像度（地上解像度250m～数km）の受動型光学センサデータを利用した全球バイオマス推定においては、全球の土地被覆分類データを利用し、各々の土地被覆に適したバイオマス推定モデルを適用する手法がとられる。しかしながら、これまでの一般的な全球土地被覆分類においては、バイオマス推定を目的とした分類カテゴリの設定はなされていない。例えば、同じ常緑広葉樹という分類カテゴリであっても、気候帯が異なればバイオマスも大きく異なるが、既存の分類手法ではバイオマスに関連して分類カテゴリを分けることはなされない。したがって、既存の土地被覆分類データをそのまま利用した場合、すべてのカテゴリに対して適切なモデルを構築するのは困難となる。もっとも、これまでの光学センサによる時系列観測データのみを用いた土地被覆分類では、そもそもバイオマス情報に緊密に関連する情報を用いるわけではないので、そのような分類自体が困難と言える。したがって、全球バイオマス推定に利用するための土地被覆分類は、バイオマスに密接に関連する情報を併用する必要があり、そのひとつとして後述する宇宙LiDARの観測データを利用する手法が考えられる。

また、全球バイオマス推定手法の開発において、もっとも困難とされる検証データ（あるいはモデル構築用データ）の収集手法については、最新かつ全球を網羅したデータ収集を可能とする手法が存在するわけではない。現時点においても、限定された数の現地観測データを、文献を中心に収集するなどの方法が採られている。高解像度リモートセンシング観測データと樹冠率などのパラメータを用いて、現地観測データを空間的に拡張する手法開発は数多く試みられているが、最終的には現地観測データによる検証が必要となる。比較的狭い範囲におけるバイオマス推定手法の開発を目的としてリモートセンシングと現地観測を同期取得した例は多いものの、それでも数は限定的と言わざるを得ず、研究実施後のデータ収集は継続が困難である場合が多い。したがって、文献データが示す値は、その計測が実施された過去のものであり、場合によっては10年以上が経過しているものも珍しくない。

近年、宇宙LiDARによる樹高計測が可能となり、最新の樹高の観測データが取得できるようになった。宇宙LiDAR観測は光学センサによる面的な観測ではないが、全球にわたる、既存文献データとは比較にならない大量の樹高データ取得の可能性を有している。分類された植生タイプごとに樹高と地上バイオマスを対応付けるモデルを、宇宙LiDAR観測データを用いて構築することが可能であり、同時にそれは最新の検証用地上バイオマスデータとして利用することもできる。

上記の様な背景から本研究では、JAXAが運用する地球観測衛星GCOM-CのSGLIセンサに観測データと宇宙LiDARデータ（現時点ではNASAによって取得されたGEDI観測データ）を併用することで、以下の研究を行っている。

- (1) 既存の土地被覆分類手法に加え、バイオマスに基づいた分類工程を導入する手法。
- (2) 上記(1)で生成された分類項目（カテゴリ）に対するバイオマス推定モデルの構築。

本年度は、(1)に関し、準備段階としてSGLI時系列データを用いた既存分類手法選定に関する検討、多角観

測データを導入した分類結果手法の検討、(2)に関してはSGLI多方向観測データの併用について、使用可能なデータ数の確認を行った。

◆◆1.1.3.2. バイオマス推定に利用可能な分類手法の検討

一般に、植生分布をカテゴリとする全球分類手法では、教師あり分類および教師なし分類の両者が用いられるが、現地データ不足の状況における教師あり分類は、教師データの収集が困難であり、教師データの取得時の年代を比較的新しいものに揃えることが困難である。近年、機械学習による分類手法の開発も意欲的に行われているが、この場合は古典的手法に比べて圧倒的な数の教師データの数を必要とするため、全球でそれを準備することはさらに困難となる。本研究では、その点を踏まえ、古典的な教師なし分類による全球分類を一旦行い、その後バイオマスに関連する情報(宇宙LiDARデータを併用することにより得られる情報)を用いて細分化する手法をとる。

そのために使用する教師なし分類手法と分類に用いるパラメータを検討した結果、1)月間のNDVI最大値の時系列データを用いたK-meansおよびその派生分類手法と2)NDVI最大値、NDVI最小値、NDVI積算値およびPlant Volume Index (PVI)の最大値、を用いたGaussian Mixture Model (GMM)による教師なし分類を検討することとした。第1段階として、上記1)、2)両者によってLiDARデータを用いないSGLIセンサーデータのみを用いた分類を行い、その後第2段階としてLiDARデータから取得されるバイオマス推定値による分類細分化をおこなう方針とした。

まず、2018年から2022年の5年間の各年における教師なし分類結果を比較して分類カテゴリ間の遷移数を検討し、適切な分類カテゴリ数をもとめた。以下にその結果を示す。

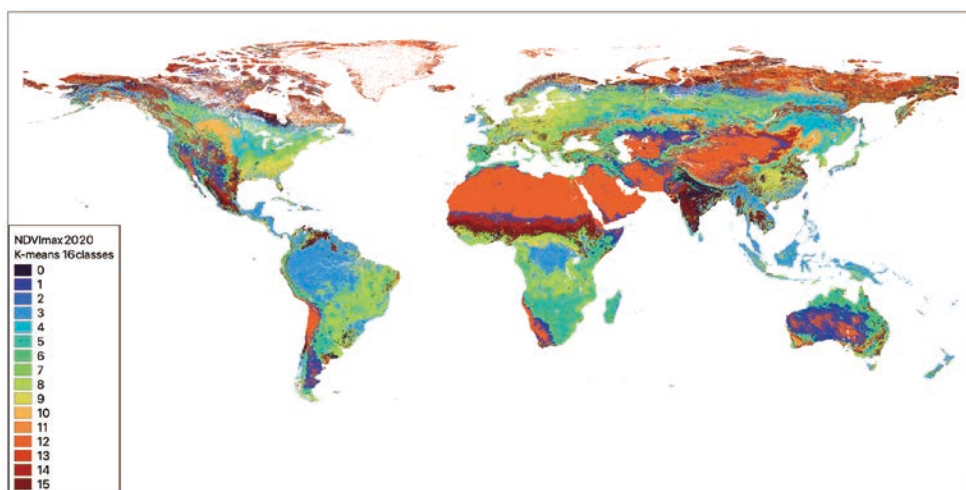


図1.1.3.2.-1. 16カテゴリを想定したK-means分類による分類結果(2020年)

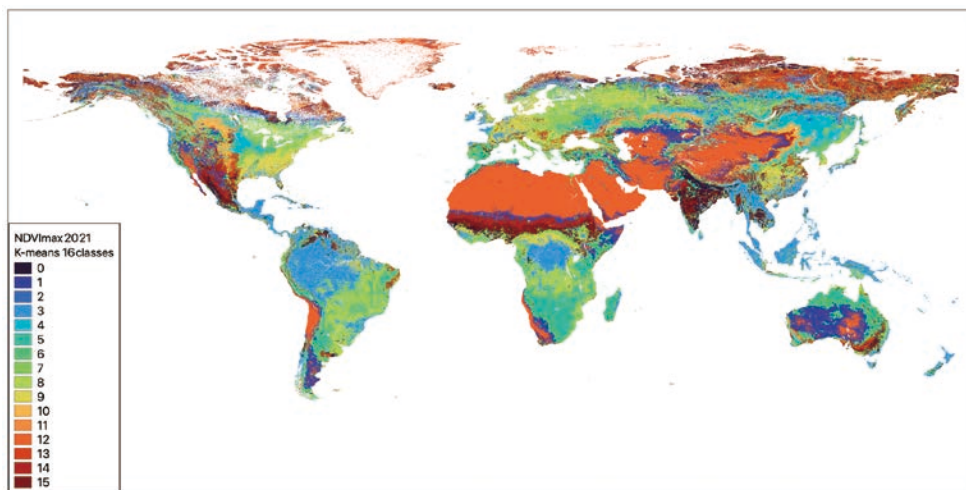


図1.1.3.2.-2. 16カテゴリを想定したK-means分類による分類結果(2021年)

1) NDVI月間最大値時系列データを用いたK-meansによる分類

教師なし分類手法として、データに対する閾値処理などを必要としない分類手法であるK-means分類を行った。入力には月間最大NDVIの年間時系列データ（12次元）である。

一般的な全球土地被覆分類（植生タイプの分類を主眼とするもの）のカテゴリ数は概ね20程度であることから、まずカテゴリ数をMODISプロダクトにおけるIGBPカテゴリにならって16カテゴリ（水域除く）として分類を行った（2020年の分類結果を図1.1.3.2.-1.に、2021年の分類結果を図1.1.3.2.-2.に示す）。分類に際しては、等面積投影データを用いている。

図1.1.3.2.-3.に、それぞれの年の分類結果における月ごとのNDVI重心をカテゴリ別にプロットした結果を示す。いくつかのカテゴリにおいて類似したNDVI重心の月変動を示すカテゴリが存在する。これらは人為的に決定したカテゴリ数が、特徴空間における重心間距離の近すぎるカテゴリを生じさせた結果である。表1.1.3.2.-4.に、2020年における分類クラスが2021年の分類においてどのクラスに遷移したかの割合を第3位まで示した（投影法による緯度ごとの面積補正を施した結果）。これらの結果から、本データにおいては、K-means法によって16クラスというカテゴリ数を設けることが適切でないことを示している。

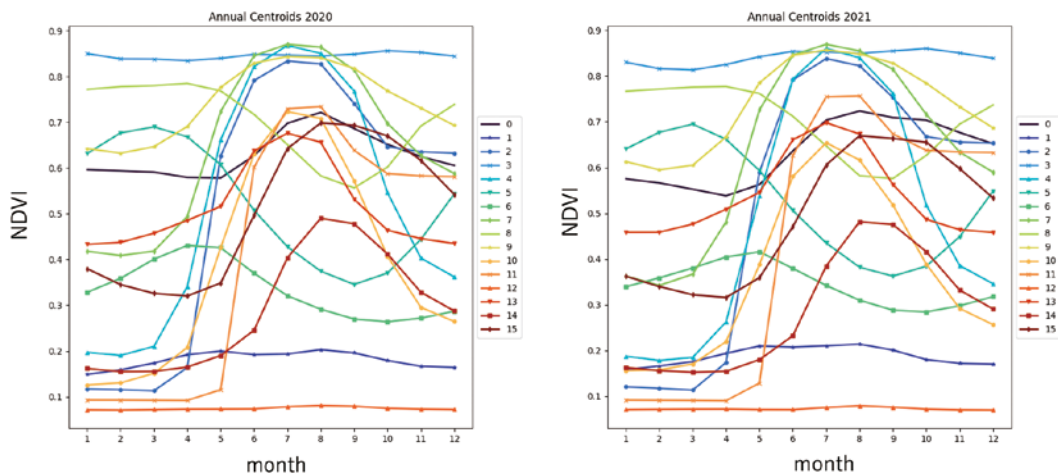


図1.1.3.2.-3. 2020年と2021年の分類結果における各カテゴリ重心

表1.1.3.2.-4.

2020 class No.	Percentage of areas in the class to which the category transitions in 2021					
	1st	(%)	2nd	(%)	3rd	(%)
0	0	42.04	13	11.32	15	8.54
1	1	68.19	12	17.82	6	6.38
2	2	35.72	7	19.21	4	13.57
3	3	85.81	9	7.29	8	5.18
4	4	57.05	7	19.05	2	13.72
5	5	72.58	8	11.17	6	7.77
6	6	51.88	1	18.90	5	10.15
7	7	53.69	9	21.17	2	10.36
8	8	72.49	3	8.78	5	8.52
9	9	60.30	3	13.11	7	10.79
10	10	44.72	4	25.29	13	7.43
11	11	25.11	0	15.83	15	15.42
12	12	91.72	1	4.63	14	0.14
13	13	40.78	15	12.19	0	8.56
14	14	48.78	1	13.23	10	12.98
15	15	46.51	0	13.47	13	7.70

SGLI観測データから得られる月間最大NDVIを用いた全球土地被覆分類において、最適なクラス数を求めるため上記の16クラスの重心間の距離に関して樹状図を作成し検討した結果、最大7クラス程度が適当であることがわかった（図1.1.3.2.-5.参照）。

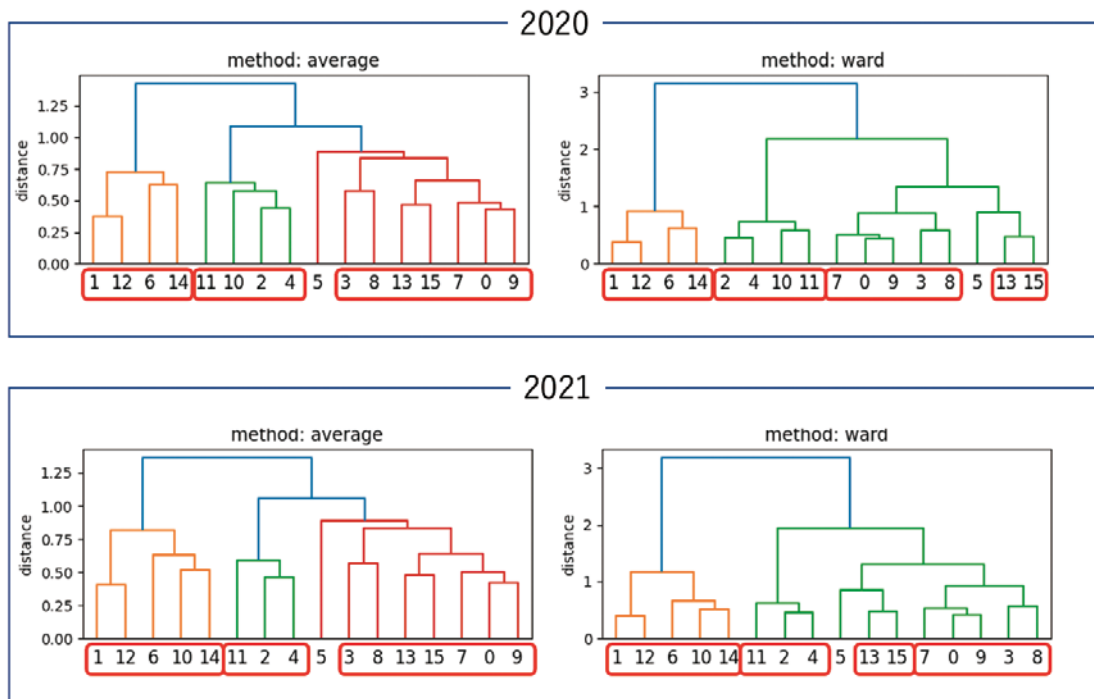


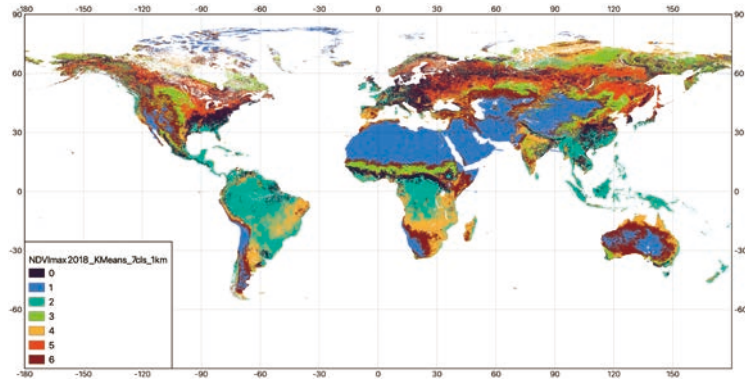
図1.1.3.2-5. 2020年と2021年の分類カテゴリの樹状図（左カラムは群平均法、右カラムはward方による）

7クラスに統合し、2020年と2021年それぞれの分類によるクラス遷移の面積割合は表に示したような結果となった。

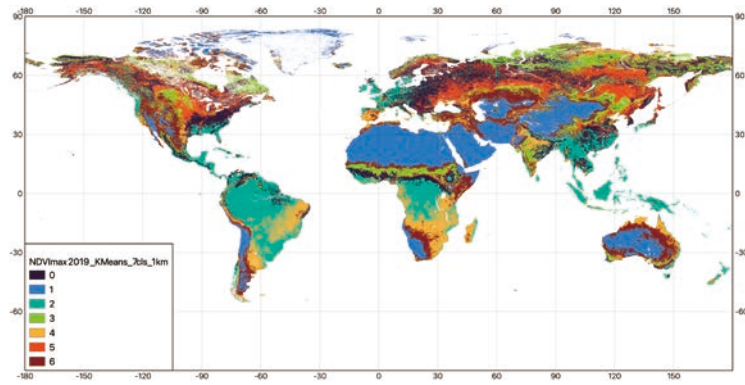
表1.1.3.2-6. クラス数7の場合のカテゴリ遷移の面積割合

2020年 Class No.	Percentage of areas in the class to which the category transitions in 2021					
	1st	(%)	2nd	(%)	3rd	(%)
0	0	67.14	5	11.95	2	8.56
1	1	87.68	6	10.97	3	0.11
2	2	87.11	0	7.40	4	4.60
3	3	61.65	5	14.93	0	8.34
4	4	76.48	2	7.60	0	5.36
5	5	67.70	0	21.31	3	8.90
6	6	71.19	3	11.33	4	7.98

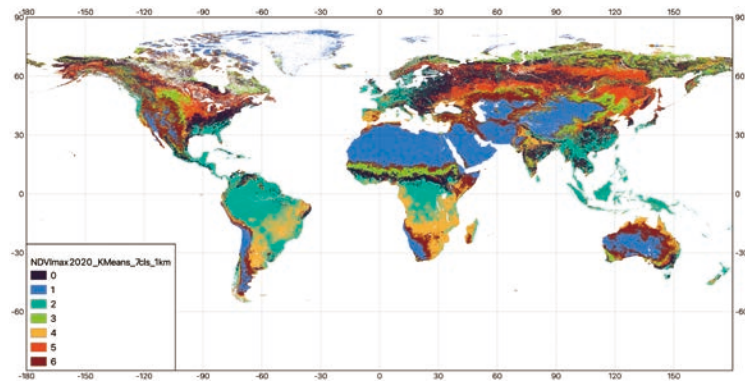
分類カテゴリ数を7クラスにした場合の2018年から2021年までの分類結果を図1.1.3.2-7.に示す。また、分類手法をK-meansからBisecting K-meansにした場合の分類結果も図1.1.3.2-8.に示しておく。また、Bisecting K-meansによる分類結果に対し、各カテゴリ別のNDVI重心の年間変動を図1.1.3.2-9.に示す。図1.1.3.2-7.をみると、2018、2021、2022各年の変動は極めて類似しているものの、2019年と2022年は一部のクラスにおいて大きく異なる変動を示すものがあり、現在その原因を調査中である。



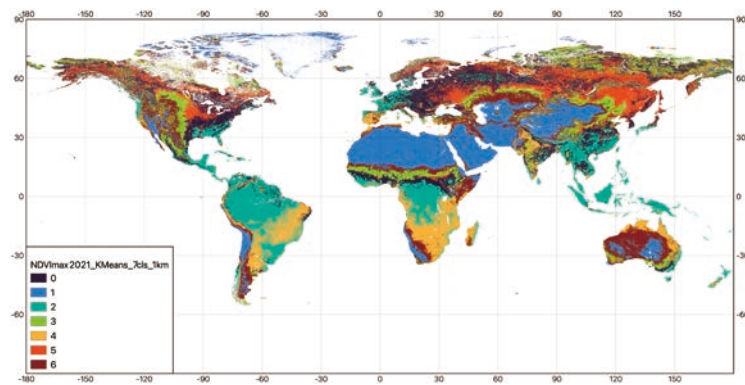
(a) 2018



(b) 2019

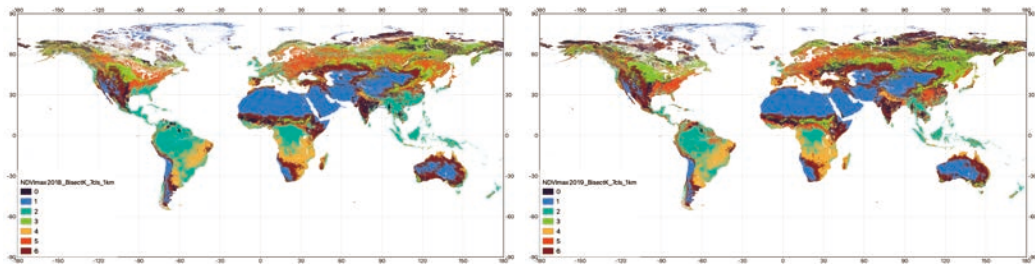


(c) 2020



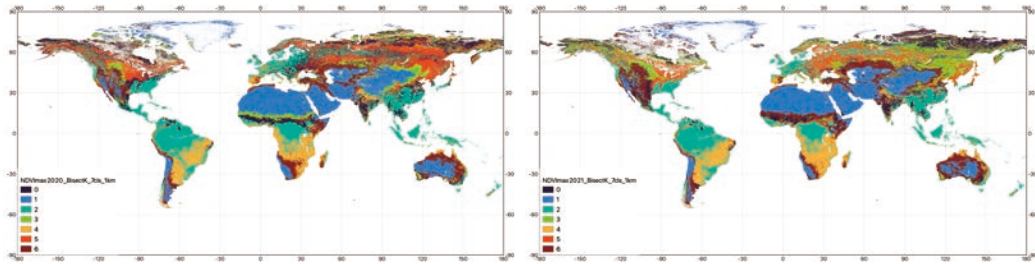
(d) 2021

図1.1.3.2.-7. K-meansによる7クラス分類結果（2018年から2021年まで）



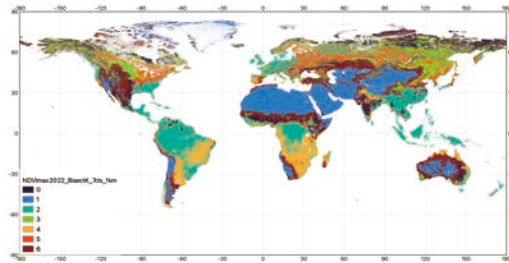
(a) 2018

(b) 2019



(c) 2020

(d) 2021



(e) 2022

図1.1.3.2-8. Bisecting K-meansによる分類結果（2018から2022年まで）

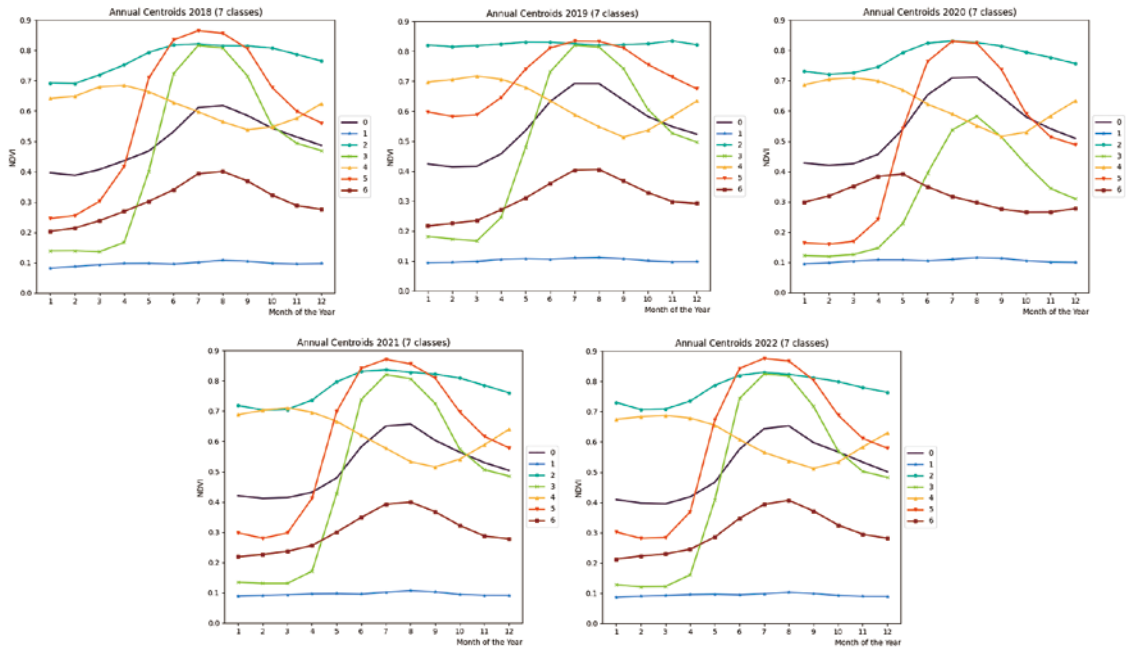


図1.1.3.2-9. Bisecting K-means分類における各年の重心

月間最大NDVI値を用いた教師なし分類（K-meansおよびBisecting K-means）を検討した結果、7クラスによる分類が最適であることが上記のように判明した。今後、この7クラスに対して宇宙LiDARによるバイオマス推定値を利用して細分化を行い、細分化された各クラスにバイオマス推定モデルを構築することで、バイオマスを考慮しない既存の土地被覆分類をもとにした手法に対して推定精度の向上をはかる。

また、同時に月間最大NDVI値のみを用いた分類のみではなく、SGLIセンサの特徴である斜め観測データを利用したPVI指標および、NDVI最大値、NDVI最小値、積算NDVIを用いた教師なし分類についても検討中である。以下に、同手法を用い、7クラスに分類した結果について示す。

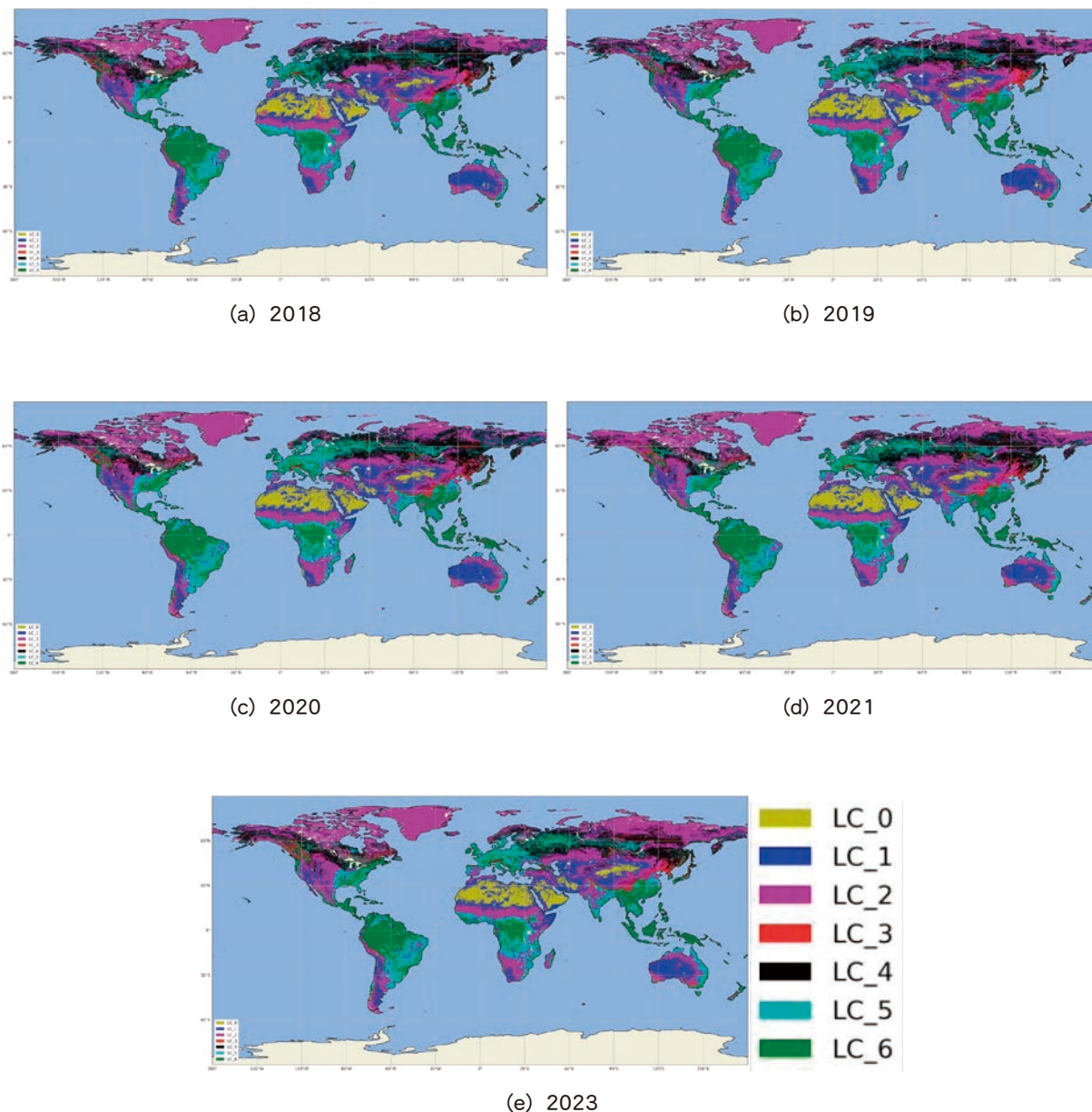


図1.1.3.2.-10. PVI指標および、NDVI最大値、NDVI最小値、積算NDVIを用い、GMMによって分類した2018年から2022年までの全球土地被覆分類図

◆1.1.4. 欠測を含む時系列データを用いた土地被覆分類（梶原康司）

◆◆1.1.4.1. 欠測を含む時系列データを用いた土地被覆分類の検討

全球土地被覆分類をNDVI等の植生指標の時系列データを用いて分類する場合、被雲や高緯度地域の日照のない期間などによる欠測データの扱いが問題になる。これまで、欠測部分を推定するなどして時系列データを補完する手法は数十年にわたって様々なものが提案されてきた。しかしながら、欠測期間が長期に渡る場合においては、ほとんどのアルゴリズムは適用範囲外となり、そのため、特に高緯度地域や、被雲率の高い熱帯域における分類に支障をきたすことは周知の事実である。熱帯であって、年間のNDVI等の変動が元々小さいような値域で

は、それらの指標がほぼ一定である仮定が成り立つケースも少なくないが、長期間日照のない高緯度値域では、対象期間（多くの場合は年）の半分以上が欠測となることも多い。

そのような場合、例えば年間最大NDVI、年間最小NDVIやNDVI平均値等を用いて分類を行うことが多い。比較的ローカルな領域を対象とする場合においては、日照期間のみを解析対象とすることで、上記のような問題は避けやすい。しかし全球土地被覆分類を目的とする場合は、「時系列変動」と最大、最小といったピーク値の両者の情報を利用することはかなり難しい。

また、今後発展が期待されている機械学習においては、欠測値の存在は問題となりうる。欠測を含む時系列データの学習アルゴリズムの開発も今後期待されるが、機械学習がノンパラメトリックな統計解析として位置づけられている間は、解決はかなり難しいと考えられる。

ここでは、JAXAの運用する地球観測衛星GCOM-Cに搭載されたSGLIセンサの時系列データを用いて、長期間日照のない期間を含む時系列データを用いた土地被覆分類を古典的な教師なし分類手法で可能とするための検討を行った。

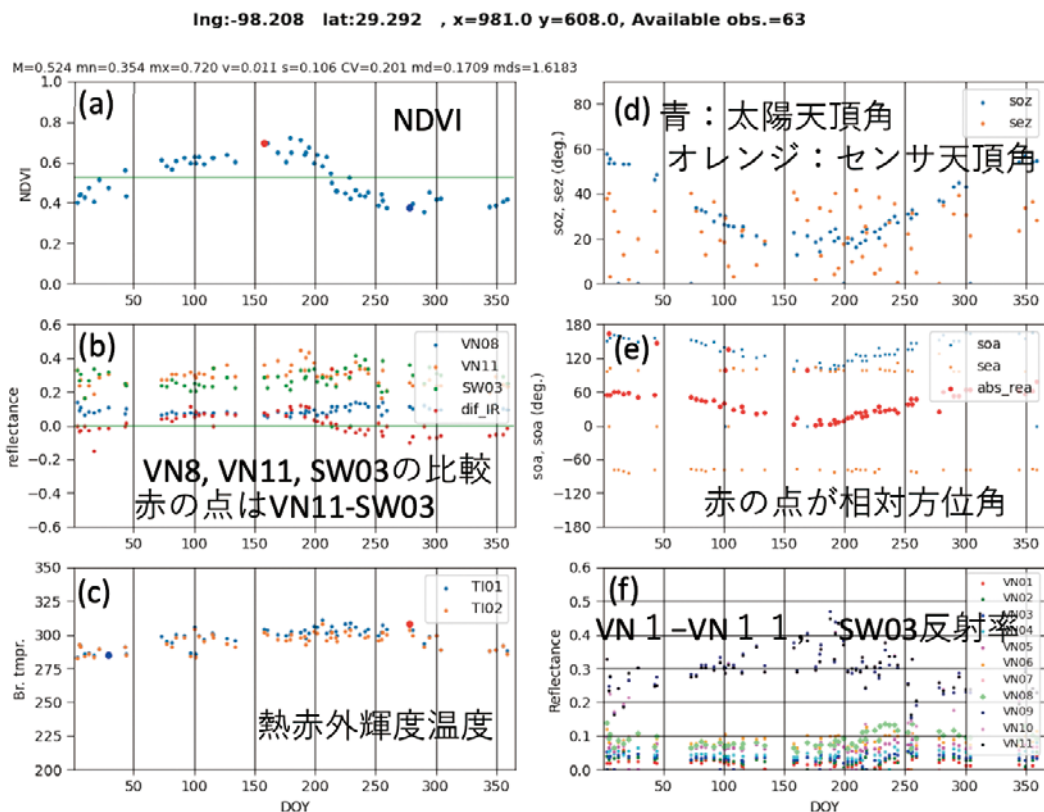


図1.1.4.1-1. 落葉広葉樹を観測したSGLIデータ(a)～(f)の詳細は本文参照

図1.1.4.1-1は2019年に北米の落葉広葉樹（位置：N29.292, W98.208）を観測したSGLIセンサの各チャネルおよび観測ジオメトリの年間時系列プロットである。各プロットは以下を示している。

- (a) はVN8（赤）とVN11（近赤外）から求めたNDVI値
- (b) はVN8、VN11、SW03（短波長赤外）チャネルの観測反射率とVN11-SW03の値
- (c) はTI01、TI02（熱赤外）
- (d) は観測時の太陽天頂角とセンサ天頂角
- (e) は観測時の太陽方位角とセンサ方位角および相対方位角
- (f) はVN1からVN11の観測反射率

※横軸はDOYで共通

※ (a) および (c) の赤点と青点はそれぞれ最大値と最小値を示す（ただし、値域の2%～98%の範囲内における最大値、最小値）

この観測点においては、年間63回の有効観測データが取得できており、NDVIの時系列変化もあまり切れ目なく取得できていることがわかる。

lng:177.96 lat:65.625 , x=4295.0 y=172.0, Available obs.=42

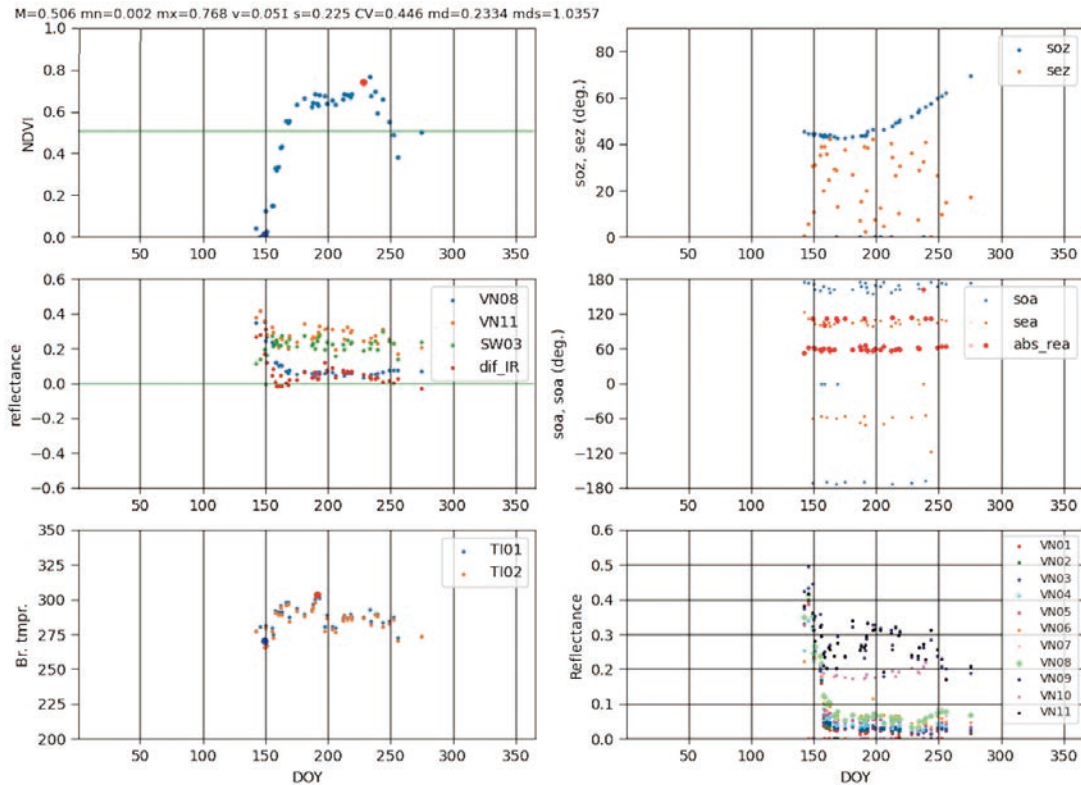


図1.1.4.1-2. 高緯度の北方林における時系列データ

図1.1.4.1-2.に示した落葉針葉樹を観測したデータでは、年間42回の有効観測データが存在するものの、それらは夏場の125日程度の期間のみであり、1年を通しての変動は取得不能であることがわかる。したがって年間を通しての統計解析は、この場合データ不補完無しでは不可能である。そこで、用いるパラメータを以下のように設定して教師なし分類 (K-means) を行った。

表1.1.4.1-3.

P_max_ndvi	年間最大NDVI
P_mean_ndvi	NDVI平均
P_mdifff_ndvi	NDVI最大最小の差
P_DOY_range	NDVIが平均値を超える期間の1年内での割合
P_difIR_maxndvi	MaxNDVIのときのVN11-SW03
P_difIR_mean	(VN11-SW03) の全平均値
P_max_T01	最大輝度温度
P_T01_range	T01輝度温度の最大値-最小値

「NDVIが平均値を超える期間 (日数) の1年内での割合」をパラメータに導入することにより、これらを用いて一旦40クラスのカテゴリ分けを行った。分類に際しては、すべてのパラメータを [0,1] のレンジに企画化して用いた。40クラスの出力を、既存植生分類図および、Google Earthを参照することにより、9クラスに統合した。その結果、年間にわたってデータ取得が可能な日本国内の八ヶ岳の高標高エリアにある疎な落葉針葉樹と、日照期間が限られるシベリアの北方林においても同一のカテゴリ分け手法で分類が可能であることが示された。

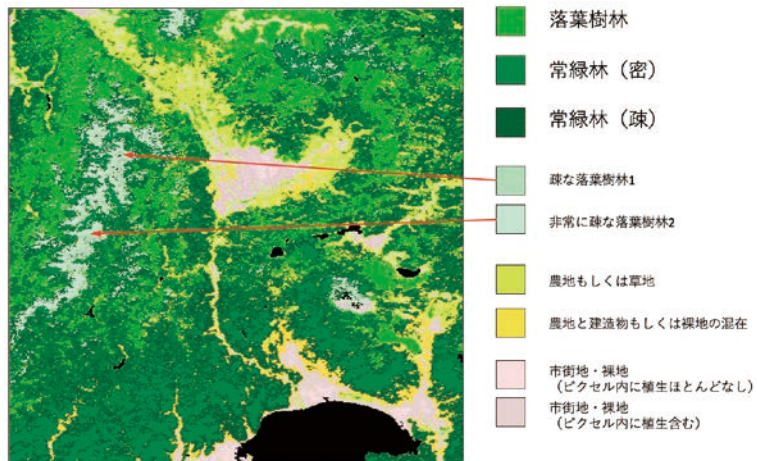


図1.1.4.1-4. 八ヶ岳エリアにおける分類結果

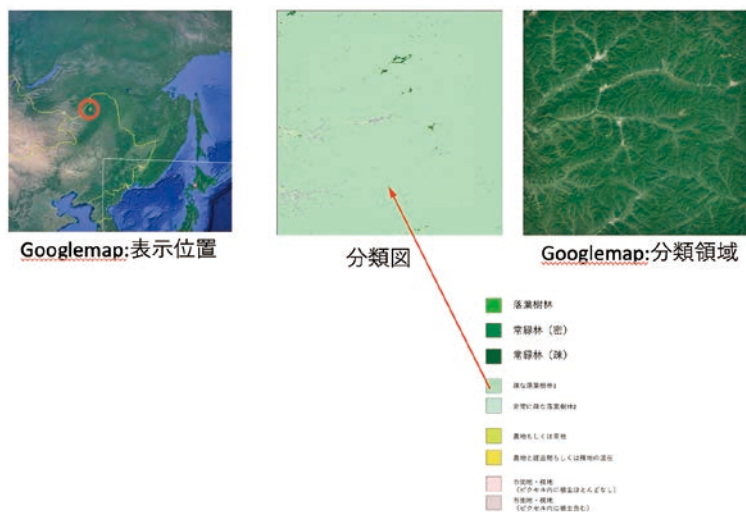


図1.1.4.1-5. 北方林における分類結果

1.2. プログラム 2：環境診断プログラム

衛星観測・地上観測データベースを活用し、地球環境の変動とその要因を解明する研究を行う。

Program 2: Environmental Diagnostics

Conducting research to elucidate global environmental changes and their factors by utilizing satellite observations and ground observation databases.

[研究内容と令和4年度の成果]

◆1.2.1. 様々な推定手法を統合した陸域温室効果ガス収支の推定

(市井和仁)

◆◆1.2.1.1. シベリア全域で発生した2020年の異常高温が陸域炭素循環に及ぼした影響

(田口琢斗、市井和仁、山本雄平、Dmitry Belikov、小槻峻司、Prabir K. Patra)

【重点3：温室効果ガス収支研究】

北半球中高緯度の広大な植生分布に対する気候変動の影響把握は全球規模の炭素循環を考える上で重要である。本研究では2020年上半期にシベリアで発生した記録的な異常高温がもたらした炭素循環への影響について解析した。特に、春の異常高温に伴う植生生育時期の早期到来、温暖化が及ぼす総一次生産と生態系呼吸への影響、さらに年間炭素収支の変化に着目した。

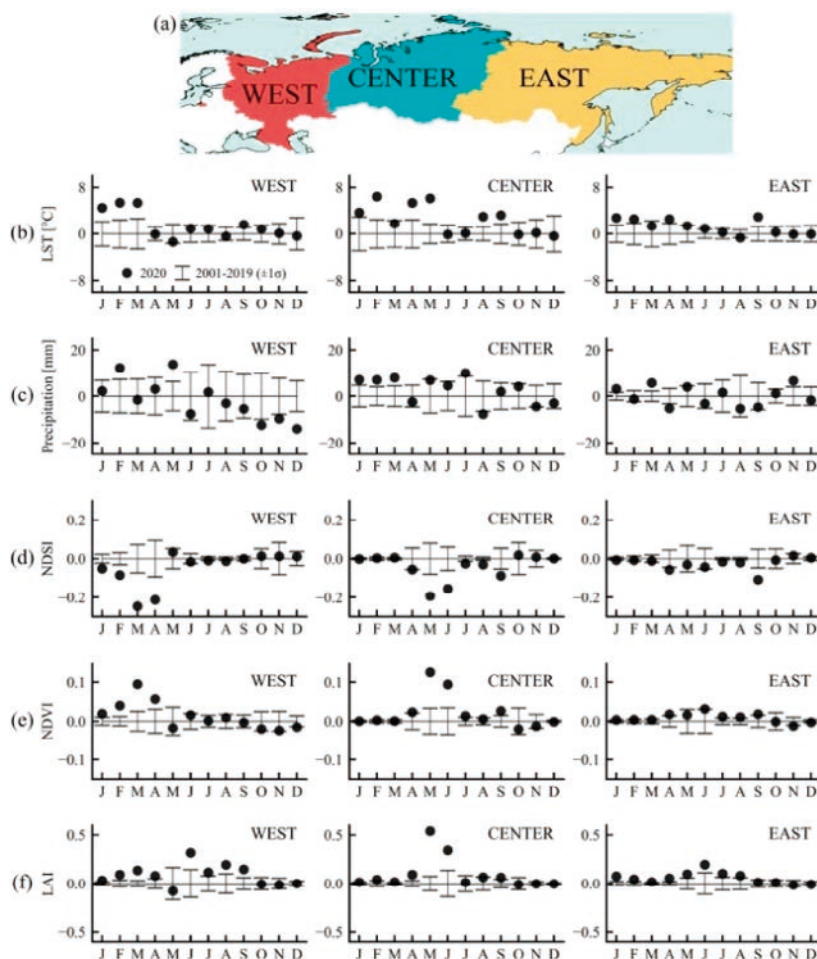


図1.2.1.1-1. 2020年シベリア域の各パラメータ変化。2001-2019年の平均値を基準に、標準偏差1σで図示。

シベリア全土を3地域に分割、2001-2020年を対象期間とした。CRU TS Version 4.05から降水量、MODISから得られるLST（地表面温度）とNDSI（正規化積雪指数）を用いて地表面温度上昇と積雪変化を評価した。植生変動評価はMODISから得たNDVI（正規化植生指数）、LAI（葉面積指数）を使用した。炭素循環評価はタワー観測値と衛星観測データを用いたSupport Vector Regression（SVR）モデルにCO₂ Inverseモデルの結果を加え、純生態系CO₂交換の季節変動を示した。

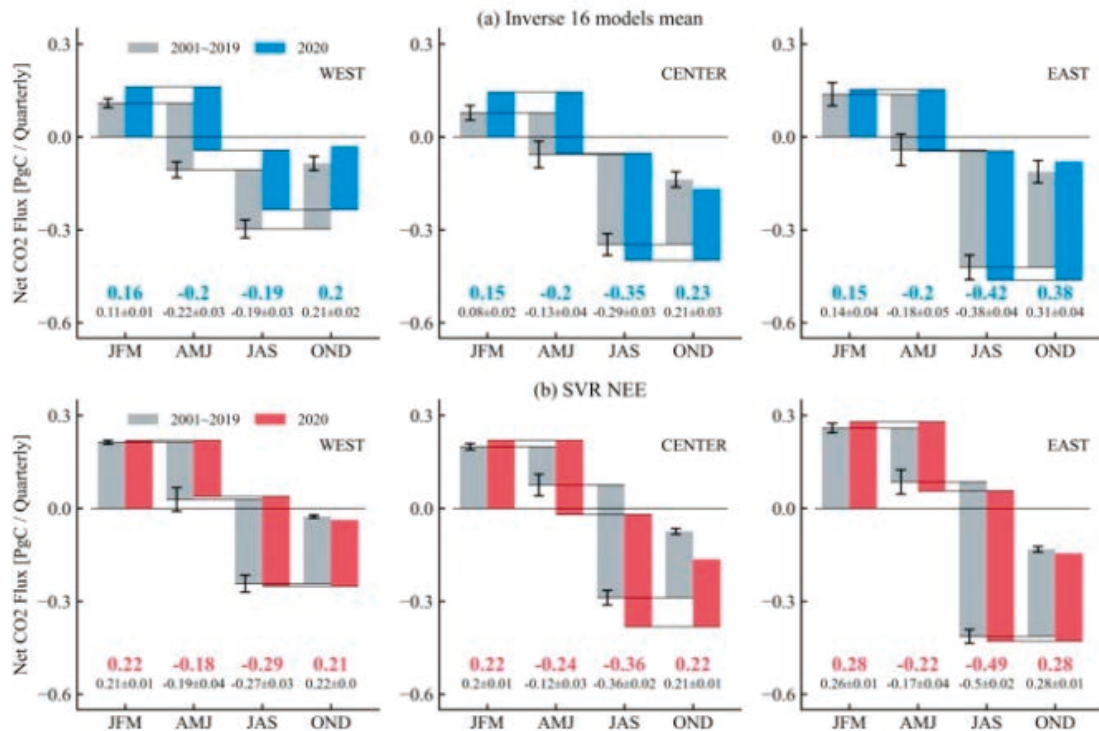


図1.2.1.1-2. 16 Inverseモデル平均値（上）とSVRモデル（下）から算出した累積純生態系CO₂交換。灰色は2001-2019年の平均値とその標準偏差1σ。

その結果、シベリア西および中央地域で、2020年にLST上昇とNDSI減少が春から夏にかけて発生した（図1.2.1.1-1）。植生変動については、西で2-4月、中央で4-6月にNDVIの上昇を示すものの6月以降に偏差は確認されない。シベリアー帯の植生は通常4月頃に生育を始め6-7月に活動のピークを迎えるが、2020年には異常高温による生育時期早期化が示唆された。

2020年の純生態系CO₂交換は、西と中央地域で1-3月の放出量に関して16 InverseとSVRで推定値に差が認められるものの、年間を通じて季節変動は両者でおおよそ一致した（図1.2.1.1-2）。特に中央地域では4-6月にInverseで0.2 [PgC]、SVRで0.24 [PgC]の顕著な吸収増加が発生した。これは植生生育時期早期化による総一次生産増加が寄与していると考えられる。しかしながら、温暖化に伴う生態系呼吸量上昇によって放出が卓越し吸収量増加が相殺された結果、年間炭素収支に関しては3地域とも大きな変化には至らなかった。

◆◆1.2.1.2. 陸域生態系モデルVISITを用いた陸域炭素循環の解析
 (栗原茜、Ruci Wang、市井和仁)

【重点3：温室効果ガス収支研究】

人為的な温室効果ガス排出に起因する気候変動の問題において、大気CO₂濃度とその地球規模の循環は将来の大気中CO₂濃度や気候変動を予測する上で重要な役割を果たす。特に陸域は現代において人為的なCO₂の排出の30%を吸収しているが、将来の気候変動により吸収能力が増大するか否か、そして、どこでどの程度CO₂吸収量が増大するか減少するかの不確実性が大きいとされている。陸域CO₂の吸収・排出量を推定し予測する手法の一つとしては、陸域炭素循環モデルが広く用いられている。一方で、そのモデルの再現性や予測不確実性が高いとされており、モデルの改善が急務となっている。

本研究では、陸域生態系モデルVISITを用いて、1900年～2015年までの月別の陸域炭素循環のシミュレーションを行い、炭素循環の中でも特に重要なGPP（Gross Primary Production；総一次生産）と大気-陸域の正味のCO₂収支であるNBP（Net Biome Production；純生物相生産量）に関して、年間値・季節変動・経年変動の再現性を評価した。GPPについてはFLUXCOMのデータセット、NBPについてはGlobal Carbon Projectのデータと大気逆解析モデルのデータを用いた。

その結果、VISITモデルはGPP、NBPいずれも年間値、経年変動ともに概ね再現できていた（図1.2.1.2-1-1.2.1.2-3）が火山噴火時に発生するエアロゾルによる日射の減少など攪乱の影響が小さく再現できていない可能性があった。より長期的かつ不確実性の小さいデータと比較、評価することでモデルの精度向上に繋がるだろう。

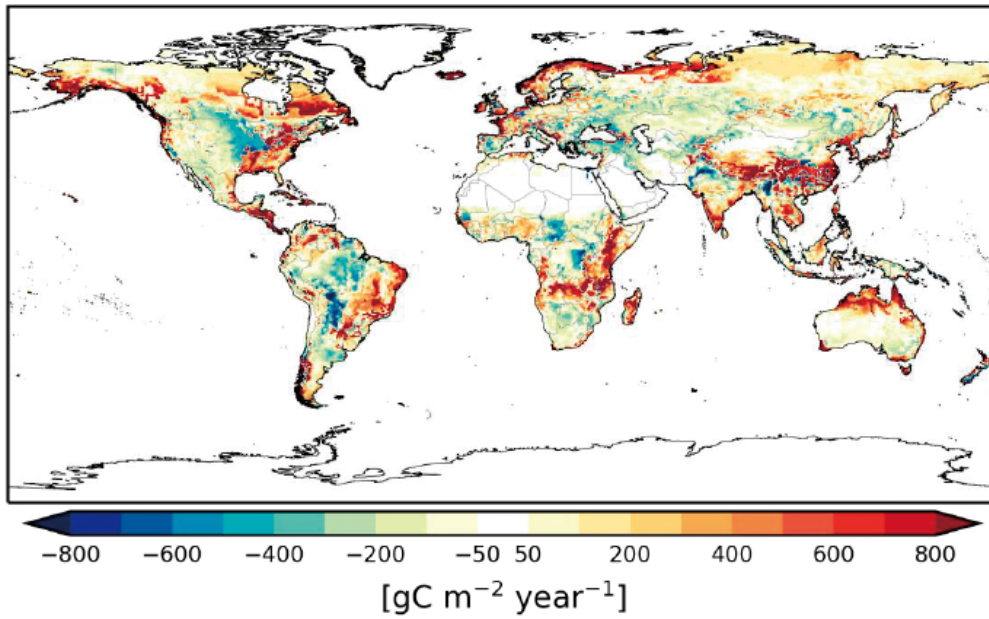


図1.2.1.2.-1. VISITモデルと参照データ (FLUXCOM) の年間GPP値の差の空間分布 (2001-2015年平均) (VISIT-参照データ)。

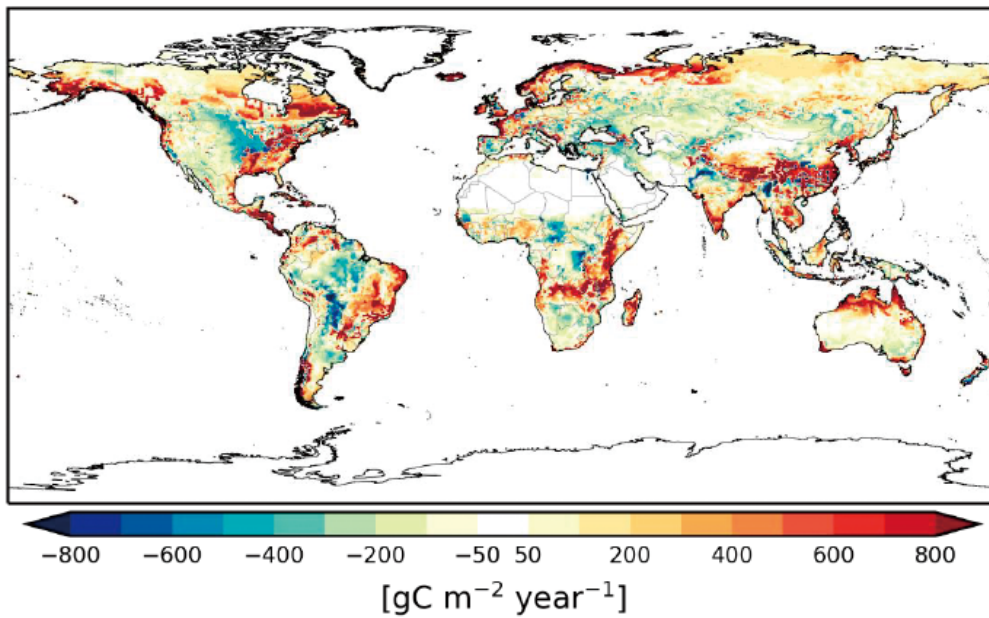


図1.2.1.2.-2. VISITモデルにより推定された年間NBPの空間分布 (2001-2015年平均値)。正の値は大気から陸域への炭素吸収を示す。

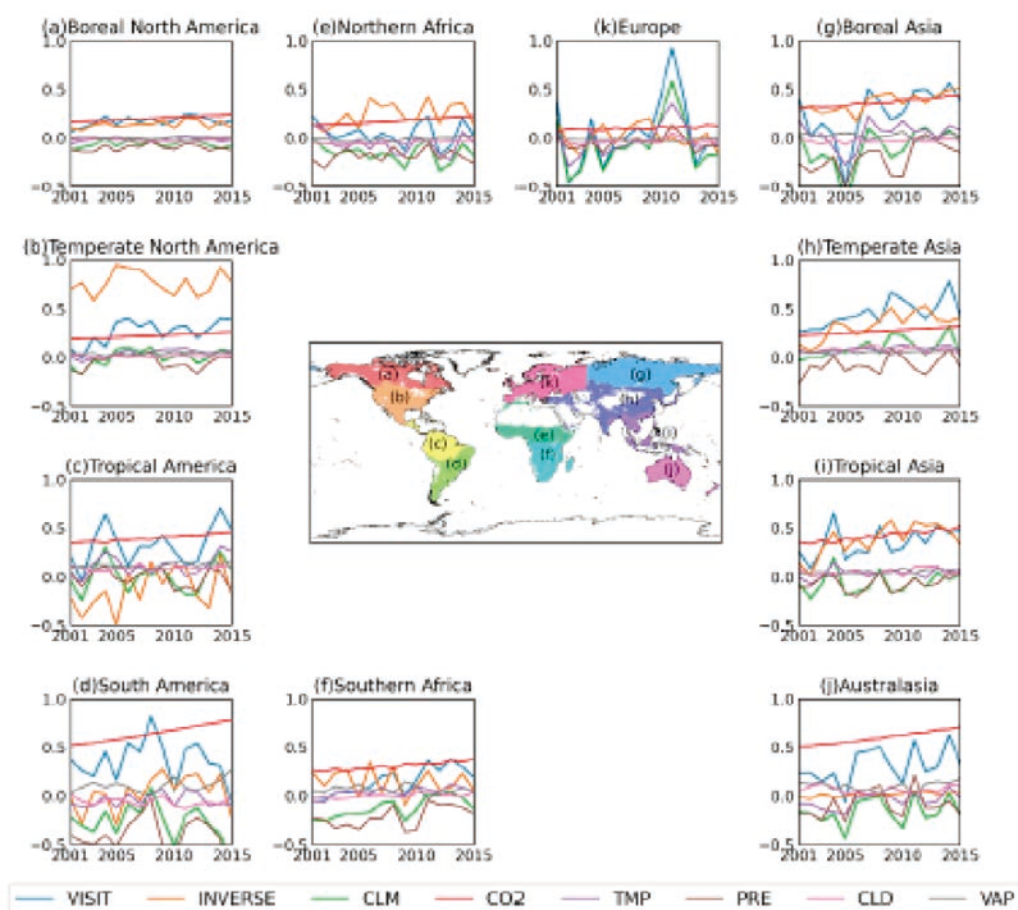


図1.2.1.2.-3. 様々な実験条件下におけるVISITモデルと参照データ (INVERSE) の地域別の年間NBPの経年変動の比較。各領域は中心の図で示し、それぞれの地域毎の値を(a)-(k)で示した。

◆1.2.2. 衛星による温室効果ガス濃度の推定とその応用研究 (齋藤尚子)

二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスによる地球温暖化の進行は世界共通の極めて深刻な環境問題であり、温室効果ガス濃度の継続的かつ広域にわたるモニタリングは益々重要になっている。当研究室では、日本の温室効果ガス観測技術衛星GOSAT (Greenhouse Gases Observing Satellite) (2009年1月打ち上げ)、および後継機GOSAT-2 (2018年10月打ち上げ) から温室効果ガスやその他のトレーサガスの鉛直濃度分布を導出するアルゴリズムの開発を行っており、大気微量成分の濃度の3次元 (緯度・経度・高度) 時系列データを利用した大気科学研究を行っている。

ここでは、今年度の研究成果である、他衛星データとの比較に基づくGOSATの観測視野内雲検出の検証、GOSATとモデルのメタンデータ利用した物質の半球輸送経路の解明、GOSAT-2の二酸化炭素鉛直濃度プロファイルの検証解析の3件について報告する。

◆◆1.2.2.1. 他衛星データとの比較に基づくGOSATの観測視野内雲検出の検証

【重点2：地球観測衛星検証】

GOSAT/TANSO-FTS (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation - Fourier Transform Spectrometer) およびTANSO-FTS-2の観測スペクトルから温室効果ガスを導出する際、FTS観測視野内に雲が存在すると、雲による太陽放射および地球放射の反射・散乱や吸収の効果により観測されるスペクトルが影響を受けてしまうため正確な濃度導出が困難になる。そのため、GOSATおよびGOSAT-2のデータ処理では、FTSの観測視野ごとに雲の有無を確認し、雲がない晴天域の場合のみ温室効果ガスの導出処理を行っている。そこで、齋藤・北村 [RSSJ, 2021] では、ひまわり8号/AHI (Advanced Himawari Imager) の反射率および輝度温度のデータを利用してTANSO-FTSの観測視野内の雲判定を行う手法を開発し、ひまわり8号/AHIによるTANSO-FTS観測視野内の雲判定に基づいて、昼夜別+にGOSATの雲判定の検証を行った。その結果、TANSO-FTSのTIR (thermal infrared) バンドを利用した雲判定とひまわり8号/AHIの雲判定の一致率に昼

間と夜間でおよそ2-7%の差が生じていること、TIRバンドの雲判定ではサブピクセルサイズの雲の見逃しがあることが示された。そこで今年度は、ひまわり8号/AHIによる雲判定に加えて、CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations)/CALIOP (Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization) の雲データを用いて、FTSの観測視野内および周辺部の雲判定の比較・検証をより詳細に行い、GOSATの雲判定が雲を見逃した場合に観測スペクトルに与える影響を評価した。

図1.2.2.1.-1.に、GOSAT/TANSO-FTSのTIRバンドの雲判定が曇天かつ近傍観測(100km以内)のCALIPSO/CALIOPの「5 km Cloud Layer Product」(V4.2)の雲データが「巻雲」の場合(雲見逃しがないシーン)、GOSAT/TANSO-FTSのTIRバンドの雲判定が晴天かつ近傍観測のCALIPSO/CALIOPの「5 km Cloud Layer Product」(V4.2)の雲データが「巻雲」の場合(雲見逃しがあるシーン)の、CALIOPの雲データの光学的厚さのヒストグラムを示す(夜間のケース)。TIRバンドの雲判定で雲が見逃されたシーンについては、明らかに光学的に薄い雲の割合が多いことがわかる。夜間についてはTIRバンドによる雲判定しか実施できないため、夜間は光学的に薄い雲がFTS視野内に存在しているシーンが「晴天」と判定され、リトリーバル処理に投入されている可能性が高い。

次に、CALIOPの雲データとの比較に基づき、夜間のTANSO-FTSとCALIOPの同視野観測シーンを「雲見逃しがないシーン」と「雲見逃しがあるシーン」に分けて、観測輝度スペクトルを比較した。図1.2.2.1.-2.に、両者の観測スペクトルの月ごとの平均値の差分を取った(「雲見逃しがないシーン」の平均値から「雲見逃しがあるシーン」の平均値を差し引く)図を示す。簡易的な評価ながら、TIRバンドの雲判定が雲を見逃したシーンでは有意に観測輝度が下がっていることが分かる。これは、対流圏の二酸化炭素の濃度の過大評価につながる問題であり、さらなる定量的評価が必要である。

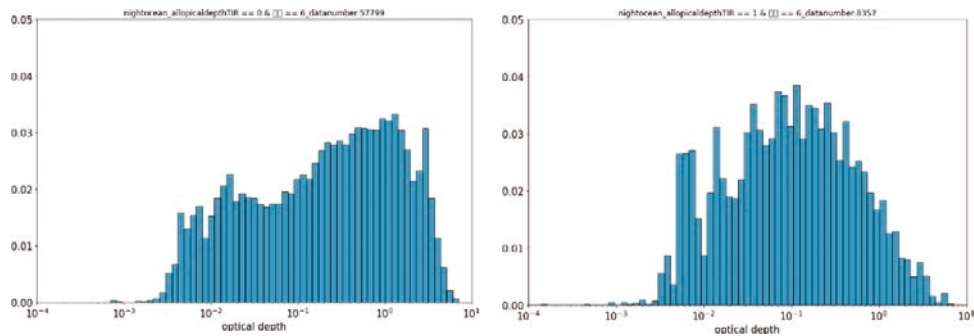


図1.2.2.1.-1. 2010年1-12月の夜間・海上におけるTANSO-FTSのTIRバンドの雲判定が「曇天」、CALIOPの雲データが「巻雲」の場合(左図)、TANSO-FTSのTIRバンドの雲判定が「晴天」、CALIOPの雲データが「巻雲」の場合(右図)の、CALIOPの雲データの巻雲の光学的厚さの相対度数のヒストグラム。

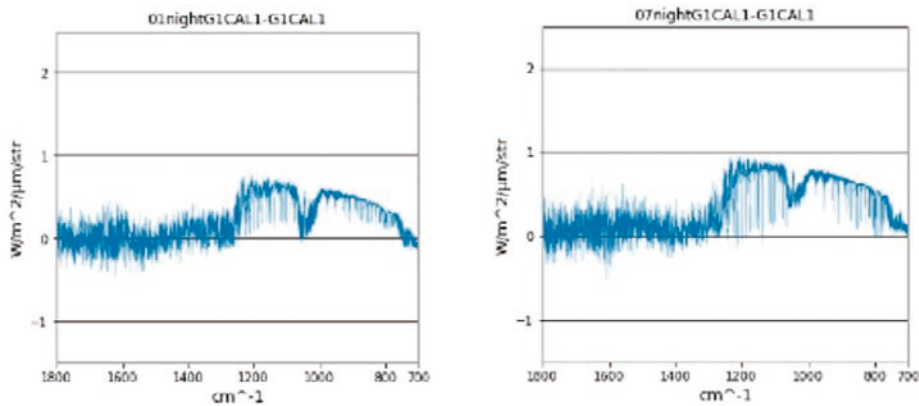


図1.2.2.1.-2. 各月のTANSO-FTSのTIRバンドの雲判定とCALIOPの雲データがともに「晴天」の場合の観測スペクトルの平均値から、TIRバンドの雲判定が「晴天」、CALIOPの雲データが「曇天」の場合の平均値を差し引いた差分。左図は2010年1月、右図は2010年7月。

なお、本研究は重点プロジェクト2(地球観測衛星検証プロジェクト)の研究成果であり、大気微量成分の濃度導出において、それに先立つ観測視野内雲検出の精度が衛星プロダクトのデータ質に影響を与えることを示すものである。

◆◆1.2.2.2. GOSATとモデルのメタンデータ利用した物質の半球輸送経路の解明

【重点3：温室効果ガス収支研究】

メタンは、大気中の寿命が全球平均で9年程度であり、発生源の多くが熱帯および北半球の陸域にある。地表から放出された物質の半球輸送のタイムスケールは約1.4年と見積もられており、メタンは半球輸送の解析に利用するのに適した物質である。本研究では、GOSAT/TANSO-FTSのTIRバンドで観測されたメタンの鉛直濃度分布データと、大気化学輸送モデルMIROC4-ACTM (MIROC4.0 based atmospheric chemistry-transport model) のメタンのシミュレーションデータを利用して、物質の半球輸送の経路に関する解析研究を行った。

物質の半球輸送は主にハドレー循環と季節によって位置が遷移する熱帯収束帯 (Intertropical Convergence Zone : ITCZ) によって支配されている。図1.2.2.2.-1.に示す通り、上部対流圏ではGOSATとMIROC4-ACTMのメタンの濃度分布が互いによい一致を示しており、上部対流圏のメタンの高濃度域は1-3月は熱帯の南半球側にあるが、7-9月にはITCZが北方に遷移するに伴って北西側に移動していることがわかる。また、7-9月の特徴として、チベット高原~インド上空にインドーガンジス平原で放出され上空に輸送されたメタンの高濃度域があり、夏モンスーン性高気圧の南端の東風によって高濃度メタンが大西洋および南半球に輸送されている。一方、インド洋や太平洋では夏モンスーンによってメタンの輸送が阻害されていることがわかった。

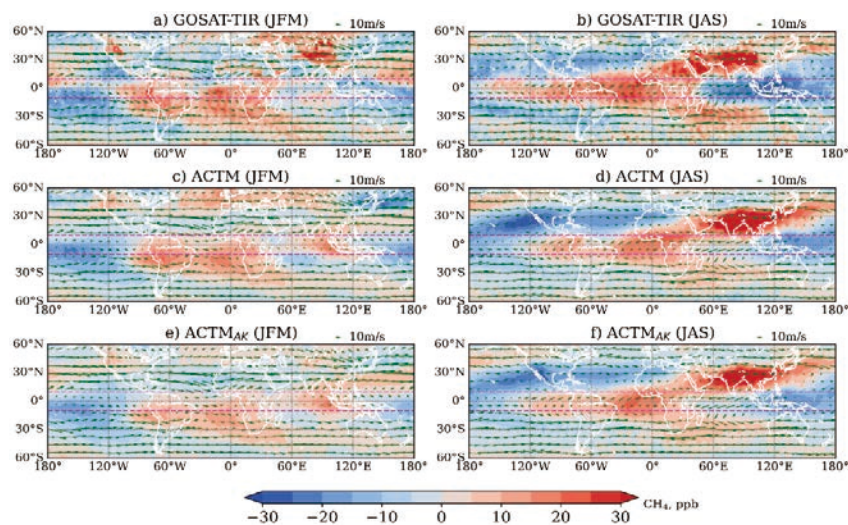


図1.2.2.2.-1. 上部対流圏のメタン濃度の差分の緯度・経度断面図。メタン濃度の差分は各グリッドの濃度から同緯度帯の全経度帯の平均値を引いた値。(上) GOSAT/TANSO-FTS TIRバンドのリトリーバルデータ、(中) MIROC4-ACTMデータ、(下) MIROC4-ACTMデータに観測のアレーシングカーネルを適用したデータ。

さらに、半球輸送が活発な領域を調べるために、上部対流圏の低緯度 (10° S-10° N) においてメタンの移流傾向を計算したところ、以下のことが明らかとなった (図1.2.2.2.-2.)。

- 1) 熱帯南アメリカ (青紫)、熱帯アフリカ (緑と黄)、東南アジア (赤紫) において年間を通して最も活発に半球輸送が起きている。
- 2) これらの領域では移流傾向がどの季節も負 (北半球から南半球へ輸送される) になっており、北半球で放出された物質が南半球へ輸送され、効率的に全球に「分配」される。一方、熱帯インド洋 (橙) では夏モンスーンの影響で半球輸送に大きな季節性があること、熱帯アフリカも東西 (緑と黄) で夏モンスーンの影響が異なっている。
- 3) 北半球の夏季はITCZの位置が北方に遷移しているため多くの領域で移流傾向が正 (南半球から北半球への輸送) となっているが、熱帯アフリカ東部 (黄) では8月から9月にかけて南半球への輸送が強化される。

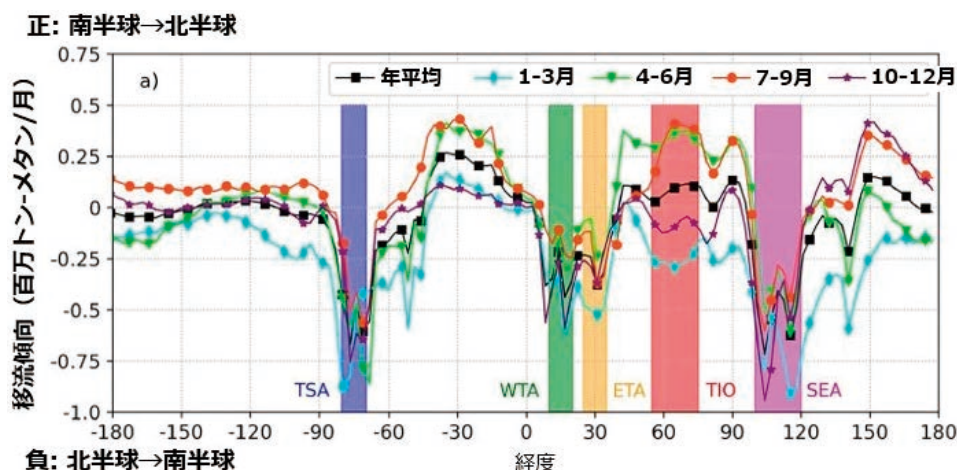


図1.2.2.2-2. MIROC4-ACTMにより季節毎に計算した熱帯（10° S-10° N）の上部対流圏における移流傾向（百万トン・メタン/月）。正、負はそれぞれ北半球向き、南半球向きの輸送を表す。黒線は年平均値。

本研究の成果は、JGR Atmosphere誌にて公表済（D. Belikov, N. Saitoh, and P. K. Patra, An analysis of interhemispheric transport pathways based on three-dimensional methane data by GOSAT observations and model simulations, 2022, <https://doi.org/10.1029/2021JD035688>）であり、2022年9月30日に千葉大学・海洋研究開発機構の連名でプレスリリースを行った。本研究は重点プロジェクト3（温室効果ガス収支研究プロジェクト）の研究成果であり、衛星データとモデルデータの比較からメタンの大気中の輸送プロセスを解明することで、モデルによるインバース計算に基づくメタンの収支研究に貢献するものである。

◆◆1.2.2.3. GOSAT-2の二酸化炭素鉛直濃度プロファイルの検証解析

【重点2：地球観測衛星検証】【重点3：温室効果ガス収支研究】

GOSAT-2/TANSO-FTS-2のTIRバンドから二酸化炭素の濃度を導出するアルゴリズムを開発し、開発したコードを用いて国立環境研究所で処理されたプロダクトの初期検証解析を実施した。ここでは、CONTRAIL (Comprehensive Observation Network for Trace gases by Airliner) プロジェクト [Machida et al., 2008] でCME (Continuous CO₂ Measuring Equipment) により空港上空で航空機の上昇下降時に得られた二酸化炭素の鉛直濃度プロファイル [doi:10.17595/20180208.001] との比較を行った。CONTRAIL/CMEの空港観測位置に対して300km以内、CME観測に対して72時間以内の条件を満たす昼夜のTANSO-FTS-2の近傍観測ペアを比較対象とした。まず、CMEの空港観測位置を含むCarbonTracker CT2022データ (CT-NRT.v2022-1) (<https://gml.noaa.gov/ccgg/carbontracker/>) の緯度・経度グリッドの二酸化炭素の鉛直濃度プロファイルを抽出し（以下、CT-NRTプロファイル）、航空機の上昇下降時に得られたCMEの二酸化炭素の鉛直濃度プロファイル（以下、CMEプロファイル）の最上端高度の濃度に合うようにCT-NRTプロファイルをシフトさせ、CMEプロファイルが存在しない上空の濃度をCT-NRTプロファイルで補間した。その上で、以下の式でTANSO-FTS-2のTIRバンドのアベレーシングカーネルを適用した [Rodgers and Connor, 2003]。ここで、Aはアベレーシングカーネル行列、 X_{a_priori} 、 X_{CME_obs} はそれぞれアプリオリプロファイル、補間したCMEプロファイル、 X_{CME_AK} はアベレーシングカーネルを適用したCMEプロファイルである。

$$X_{CME_AK} = X_{a_priori} + A(X_{CME_obs} - X_{a_priori})$$

図1.2.2.3.(a).に、昼間の晴天時に羽田空港および成田空港上空でTANSO-FTS-2のTIRバンドのL2プロダクトの二酸化炭素の鉛直濃度プロファイルとアベレーシングカーネルを適用したCMEプロファイル (X_{CME_AK}) を比較した結果を示す。なお、ここでは、空港別に2019-2020年のすべての月の差分（TANSO-FTS-2からCMEを差し引く）を平均した結果を示している。図1.2.2.3.(b).は夜間の晴天時の比較結果である。図1.2.2.3.から、対流圏全層で概ね0.5-1%以内の確度でCMEプロファイルと一致していることがわかる。平均値の1σも考慮すると、これらの空港ではリトリバル値にほぼバイアスはないと判断できる。また、北半球中高緯度にある他の空港についてもほぼ同様の傾向であることもわかった。さらに、図1.2.2.3.(b).に示すように、都市部（発生源）にある空港では、対流圏下層で灰線で示す先験値の確度がやや悪くなっており（バイアスがある）、TIRバンドのリトリバル値の方が先験値よりCMEプロファイルとよい一致を示しているケースが見られた。

なお、本研究は重点プロジェクト2（地球観測衛星検証プロジェクト）および重点プロジェクト3（温室効果ガス収支研究プロジェクト）の研究成果であり、より観測精度の高い航空機データとの詳細な比較を通して衛星の鉛直濃度プロファイルのデータ質を検証し、検証済の温室効果ガス濃度の3次元の時系列データを用いて、炭素循環および温室効果ガスの収支推定の研究を深化できると期待される。

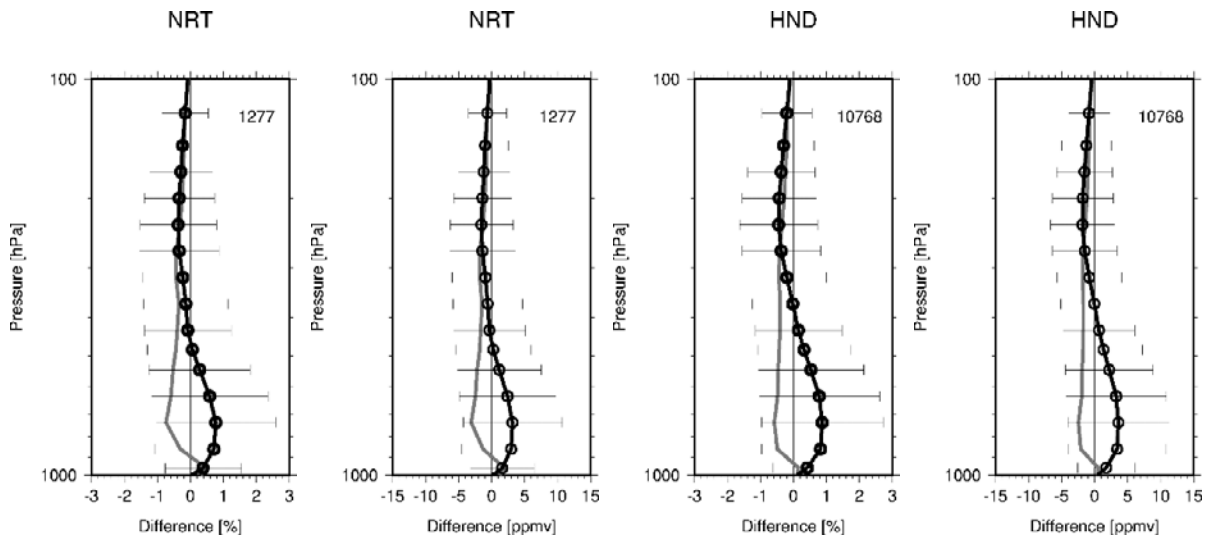


図1.2.2.3.(a). 300km、72時間以内の昼間の晴天時の成田（NRT）および羽田（HND）空港上空におけるGOSAT-2/TANSO-FTS-2のTIRバンドのリトリバル値とCMEAKプロファイルの近傍観測シーンの二酸化炭素の鉛直濃度プロファイルの差分（TANSO-FTS-2からCMEを差し引く）の平均値（黒線）と標準偏差（横バー）。灰線は先験値プロファイルとCT-CMEプロファイルとの同様の差分。図タイトルは各空港の空港コード、図中の数字は比較対象の近傍観測ペア数である。

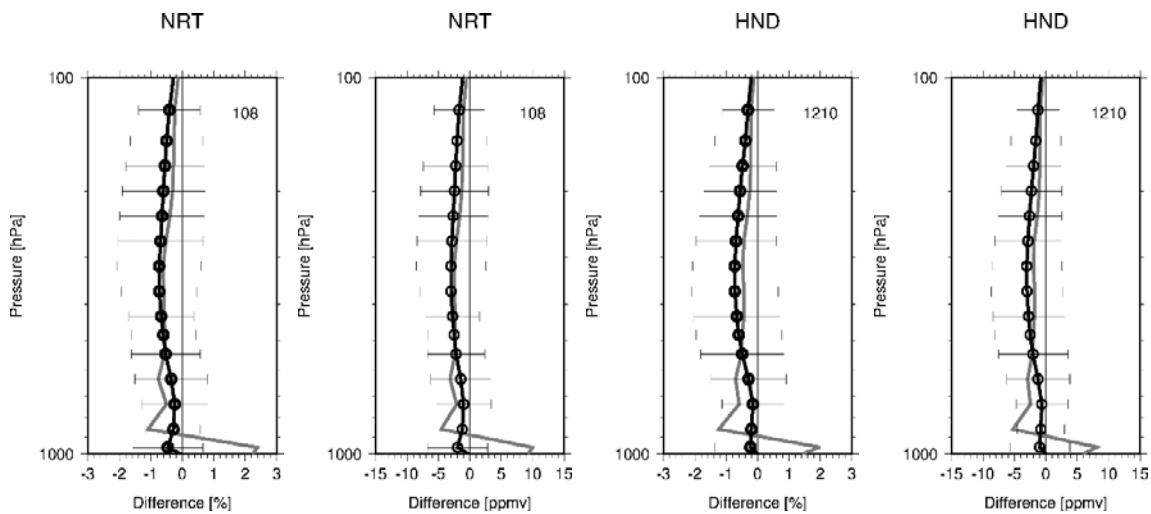


図1.2.2.3.(b). 図1.2.2.3.(a.)と同様、ただし夜間の晴天時の比較結果。

◆1.2.3. 地球生物圏における環境診断
(楊 偉)

◆◆1.2.3.1. 陸域植生フェノロジーの衛星モニタリング

植生フェノロジーは、季節の移り変わりに伴う植物の発芽、開芽、開花、紅葉、落葉など状態の変化を研究する学問のことである。フェノロジーは成長期における周期的な植物のライフサイクルイベントを記述するだけでなく、気候変動に対する生物学的応答の指標として機能する。植生フェノロジーの衛星モニタリングは、地球規模で植生ダイナミクスの空間パターンを捉えることができる。しかし、全球植生フェノロジーの既存の衛星プロダクトは、Dormancyなどフェノロジー・メトリックスの推定にまだ不確実性を示している。令和4年度には、JAXA GCOM-C/SGLIの地表反射率衛星データを用いて、正規化差緑度指数（NDGI、Normalized Difference Greenness Index）が採用された相対閾値法に基づいて植生のGreen up、Dormancyなどフェノロジー・メト

リックスを推定した (Li et al. 2022)。検証の結果、植生タイプの異なる PhenoCam サイトにおいて、SGLI に基づく NDGI の時系列データは現地観測の間に有意な一致が見られることが示された。そして、SGLI に基づく Green up の推定は、既存の MODIS および VIIRS フェノロジープロダクトの推定をわずかに上回り、RMSE と R2 はそれぞれ 13.9 日および 0.78 であることが示された。一方、SGLI データによる Dormancy の推定は、MODIS と VIIRS のプロダクトよりもはるかに高い精度を示し、RMSE は 23.8 日以上から 17.2 日へと減少し、R2 は 0.51 以下から 0.68 へと増加した (図 1.2.3.1.-1.)。さらに、GCOM-C SGLI の daily, 250m の地表面反射率プロダクトを利用し、2018 年～2020 年の NDGI 時系列を計算し、上述の相対閾値法により、全球植生域における Green up 及び Dormancy の推定を行った (図 1.2.3.1.-2.)。

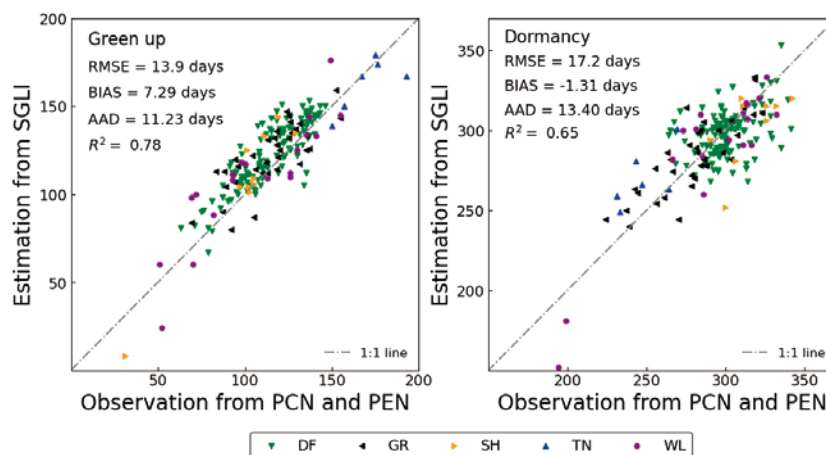


図 1.2.3.1.-1. GCOM 観測および地上カメラの観測による Green up・Dormancy の土地被覆タイプ別の比較

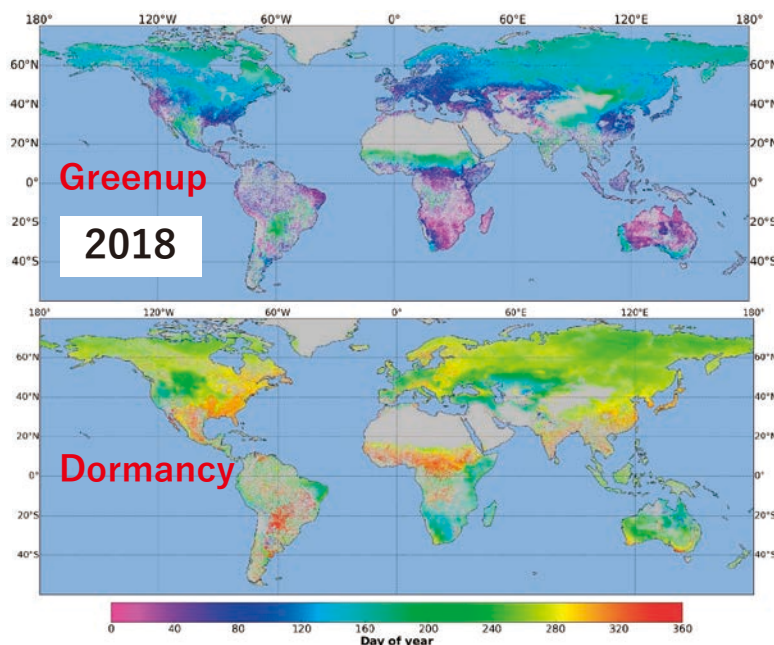


図 1.2.3.1.-2. 2018 年における GCOM-C LSP プロダクトの全球分布図

Mengyu Li, Wei Yang, Akihiko Kondoh, “Improving Remote Estimation of Vegetation Phenology Using GCOM-C/SGLI Land Surface Reflectance Data”, Remote Sensing, 14, 4027, <https://doi.org/10.3390/rs14164027>, 2022.

◆◆1.2.3.2. 衛星観測による植物プランクトン光合成のモデル化

植物プランクトンによる光合成は、地球の炭素循環の重要な素過程の 1 つである。全球規模の植物プランクトン一次生産量（光合成量）の時空間変化推定は衛星リモートセンシングの課題として従来から取り組まれているが、既存の一次生産量衛星プロダクトには高い不確実性があり、特に沿岸域や陸水域で一般的に過大評価することが指摘されている。令和 4 年度には、機械学習アルゴリズムと植物プランクトンの光生理学的モデルを統合

し、衛星観測による植物プランクトンの一次生産量の新しい推定モデルを開発した (Li et al. 2022)。現地観測データに基づいてこのモデルの出力を検証した結果、外洋での推定精度は既存モデルと同等であるが、沿岸・湖沼での推定精度は大幅に向上した (平均二乗誤差が $0.62\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ から $0.24\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ に減少)。このモデルを用いて、1998年から2021年までの各月について、全球海洋の一次生産量衛星プロダクトを4 kmの空間分解能で作成した (図1.2.3.2.-1.)。このプロダクトに基づいた全球海洋一次生産量の年平均推定値は $43.71 (\pm 1.11) \text{Pg C yr}^{-1}$ となり、従来の年平均推定値より低かった。さらに、今回作成した海洋一次生産量の衛星プロダクトは、これまでの多くの衛星プロダクトと同様の経年変化を示しているが (図1.2.3.2.-2.)、気温や日照などの気候要因との相関が高いことがわかった。また、海域ごとに生産量の経年変化および環境要因との関係を検討した。北極海と南極海では、過去24年間で生産量が上昇したが、これは地球温暖化による海水面積の減少が原因であると考えられる。太平洋とインド洋では、ラニーニャ・エルニーニョ現象に対応して、生産量が上昇・下降する傾向がある。

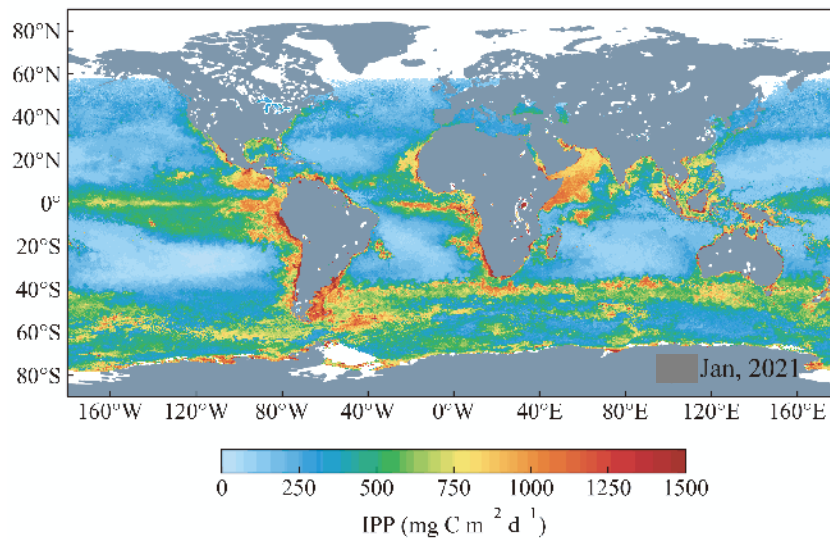


図1.2.3.2.-1. 新モデルを用いて作成した2021年1月の全球海洋一次生産量の空間分布図

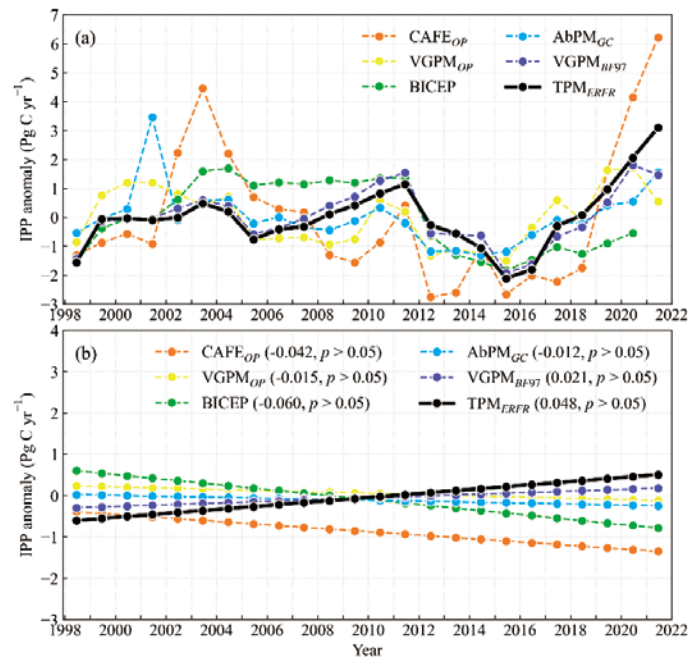


図1.2.3.2.-2. 各種衛星プロダクトに基づいたの海洋一次生産量の経年変化 (TPM_{ERFR} は本研究で開発した新モデル)

Zhaoxin Li, Wei Yang, Buneki Matsushita, Akihiko Kondoh, "Remote estimation of phytoplankton primary production in clear to turbid waters by integrating a semi-analytical model with a machine learning algorithm", Remote Sensing of Environment, 275, 113027, 2022.

◆1.2.4. 高精度観測技術を用いた環境診断研究の新展開
(入江仁士)

最大の地球環境問題のひとつとして人類の持続可能性を脅かしている気候変動の影響が世界各地で顕在化してきている。気候変動の原因は人間活動にあることは明白だが、気候変動を駆動しているさまざまな大気環境（各種微量気体、エアロゾル、雲）の変動プロセスの理解は不十分である。気候変動の緩和策・適応策の合理化につながる数値シミュレーションの検証と不確実性の減少のために、地球規模で長期にわたって均質なデータをもたらす唯一の方法であるリモートセンシング技術による大気環境変動研究は不可欠である。当研究室は、独自の最先端の高精度観測技術（リモートセンシングを含む）・データ・科学的知見を基盤に、環境診断研究の新展開を図っている。以下に2022年度の研究から5件の成果を報告する。

◆◆1.2.4.1. 再解析エアロゾルデータMERRA-2の精度検証に基づくインドシナ半島の光散乱/吸収AODの時空間変動

エアロゾルは直接光を吸収または散乱することによる直接効果や雲特性を変化させる間接効果によって地球の気候変動に影響を与える。バイオマスバーニング（BB）はエアロゾルの重要な発生源の一つだが、その光学特性の理解は未だ不十分である。インドシナ半島（ICP）はBBと人為起源エアロゾルの両方の影響を受ける世界有数の地域である。本研究では、再解析エアロゾルデータModern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, version 2（MERRA-2）を用いてICPにおけるエアロゾルの光学特性の定量評価を実施した。はじめに、MERRA-2のデータをSKYNETピマイサイト（15.18° N、102.56° E）におけるスカイラジオメーターのエアロゾル光学的深さ（AOD）と光吸収AOD（AAOD）、MAX-DOAS（Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy）のエアロゾルの消散係数（AEC）で精度検証を行った。MERRA-2のAOD、AAOD、AEC（0－1 km）は乾季に過小評価されていた（図1.2.4.1-1.）。さらに、スカイラジオメーターの観測データから独自に導出したAAODBCとAAODOCを使用した検証で、MERRA-2が過小評価していた。これらのことから、MERRA-2の地表付近の光吸収エアロゾルエミッションが不十分であることが示唆された。次に、2009年から2020年のICPにおける光散乱と吸収AODの変動要因について解析を行った。光吸収性を持つ有機炭素AODはBBが最も活発となる3月に50%以上を占めたが、光散乱性を持つ硫酸塩AODの割合は一年を通して全体の25%以上を占めていた。特に北東ICPの硫酸塩AODは10月に全AODの約74%を占め、中国南部からの硫酸塩エアロゾルの輸送の影響が顕著であることがわかった。さらにAODは減少トレンドを示しており、中国南部の二酸化硫黄エミッションの減少が起因していることが示唆された（図1.2.4.1-2.）。明らかとなったインドシナ半島における大気イメージを図1.2.4.1-2.に示す。この研究は成果は令和5年1月23日にプレスリリースされた。

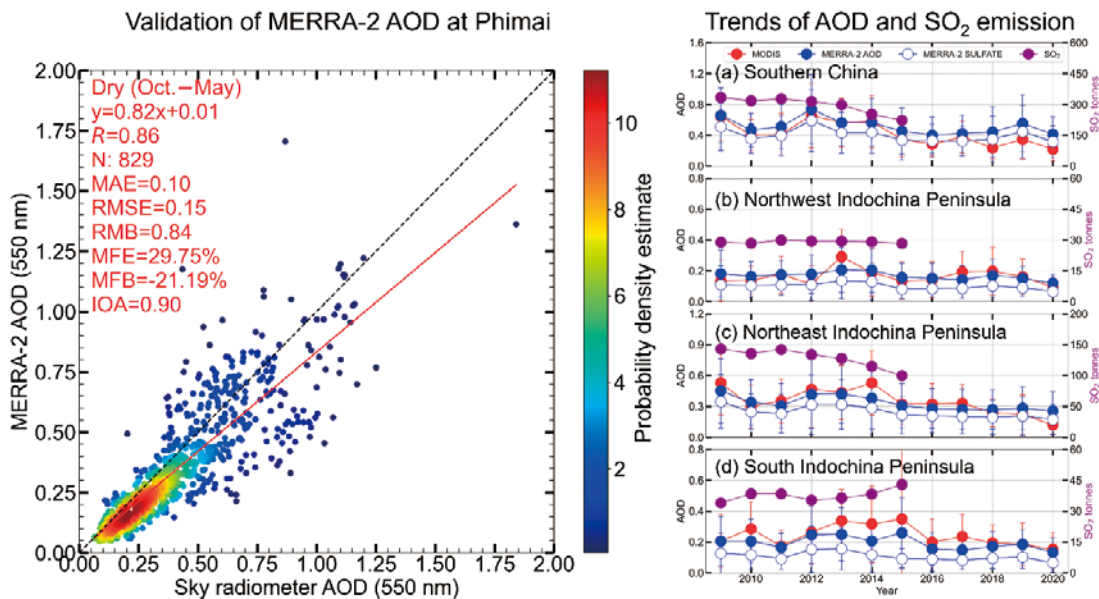


図1.2.4.1-1. MERRA-2とスカイラジオメーターAODの比較（左図）とインドシナ半島と中国南部のAODとSO₂のトレンド（右図）。

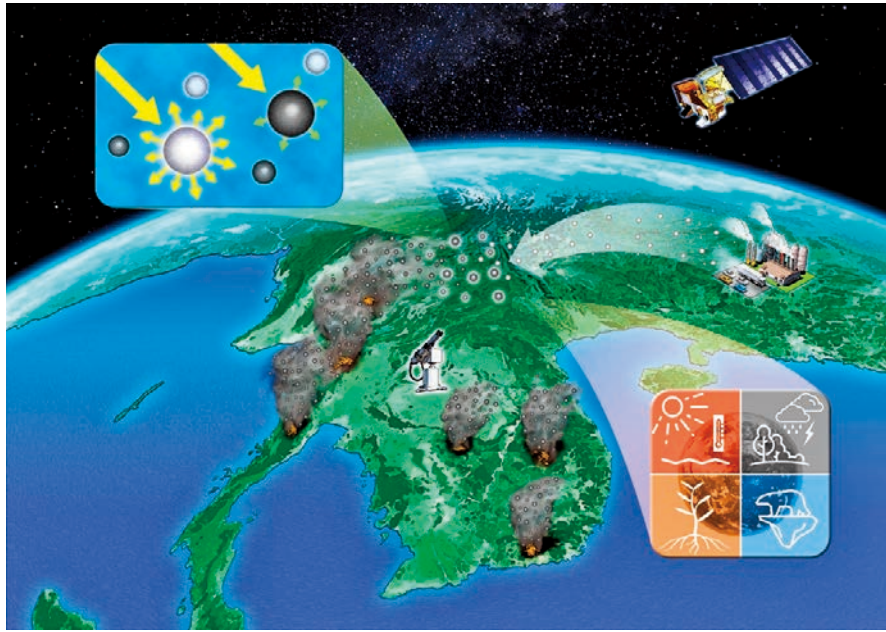


図1.2.4.1-2. インドシナ半島における大気イメージ。中央の観測機器は、精度検証を実施したSKYNETタイ・ピマイサイトに設置されている地上観測装置を示す。左上の吹き出しの白と黒の粒子は、それぞれ光を散乱するエアロゾルと吸収するエアロゾルを示し、右下の吹き出しはエアロゾルがもたらす気候変動への影響を示す。

◆◆1.2.4.2. 東アジアの越境大気汚染エアロゾルに及ぼす気候変動の影響に関する観測的研究

気候変動は世界各地でその影響が顕在化してきており、社会の最大の関心事のひとつとなっている。気候変動は東アジア域の気象場の変化を介してエアロゾル等の越境大気汚染の分布等に顕著な影響を及ぼすことが予想される。このようにエアロゾルの越境汚染の変化は気候変動によって応答すると考えられるが、その実態を示す観測データは限られている。

本研究では、2003年から2021年までの長期の観測データとしてMODIS AODデータを用いた。また、雲などによるデータ欠損の影響を抑えるために、MERRA-2のAODデータも解析した。モデルSPRINTARSのデータを同様な解析を行い、比較を行った。全てのデータについて、グリッド（MERRA-2の解像度 $0.625^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ に変換済み）ごとのトレンド解析、ホフメラーダイアグラム解析およびR（AOD）解析（中国の海岸 $125-130^{\circ} E$ のAODに対する経度 5° 毎の海洋上のAODの比率）を行った。R（AOD）を使用することで、年々の中国のエミッションの変動を除外できるほか、エミッションの変化ではなく、越境汚染輸送場の影響を検出できると期待した。

$25-35^{\circ} N$ の緯度帯のMERRA-2 R（AOD）の経度分布を解析したところ、MODIS、MERRA-2とSPRINTARSは同様に中国の海岸線から離れるにつれて、R（AOD）の値が指数関数的に減少する傾向が見られた（図1.2.4.2-1.）。このことから、気候変動の影響を検出するにはR（AOD）が妥当な手法だと考えられる。また、中国の下流域に着目したところ、中国沿岸から北東方向に延びるAODの高い領域が海洋上で顕在化していたことが分かった。SPRINTARSは他に比べて、R（AOD）の傾きの減り度合いが小さいことから、エアロゾルが遠くまで輸送されていないことが分かった（図1.2.4.2-2.）。今後、MERRA-2とSPRINTARSを用いて、硫酸エアロゾルなど成分ごとのR（AOD）の傾きの季節変動を調べる予定である。MODIS、MERRA-2、SPRINTARSの全てにおいて、R（AOD）の減少の度合いや経度依存性の年ごとの変動をアジアモンスーンの年々変動の観点から議論する。

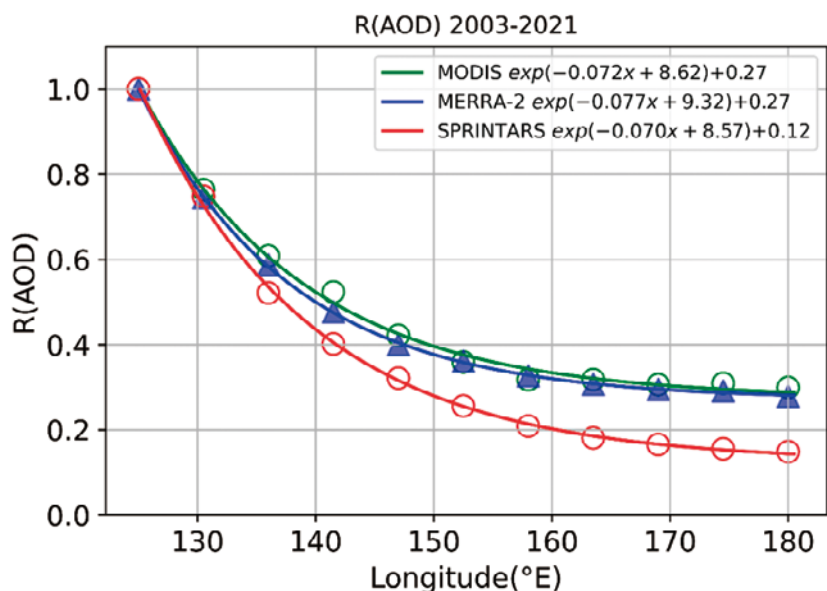


図1.2.4.2.-1. MODIS (緑)、MERRA-2 (青) とSPRINTARS (赤) を用いて、指数関数でR (AOD) をフィッティングした結果。

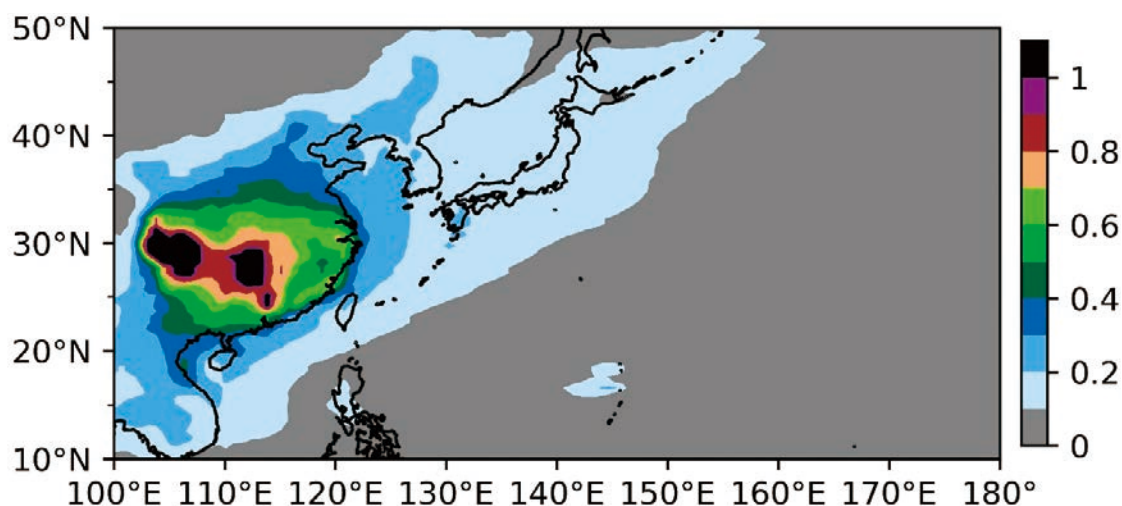


図1.2.4.2.-2. SPRINTARSを用いてシミュレートされた2003～2021年のAODの分布。

◆◆1.2.4.3. MAX-DOAS法を用いた日本の大気境界層中の二酸化硫黄濃度変動の要因解明

近年、世界中で気候変動が問題となっており、今世紀までに4,000万人が死亡するという予測もたっている(国連開発計画)。実効放射強制力の最大の不確実性は大気中で二酸化硫黄(SO₂)から生成される硫酸塩を代表とするエアロゾルによってもたらされている(IPCC AR6)。また、SO₂は気候変動に寄与するだけでなく大気汚染や健康被害を引き起こす。こういった重要性を持つSO₂は、地表での観測はなされてきたが、空間代表性がより高い形で高濃度が顕在化する大気境界層中においては長期観測データが不足しており濃度変動要因の系統的理解には至っていない。本研究では、地上リモートセンシング手法のひとつである多軸差分吸収分光法(Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy; MAX-DOAS)を用いて長期連続観測を行った。観測サイトは日本の異なる地理的特徴を持つ仙台・つくば・千葉・春日・福江の5サイトである。観測期間は各サイトで異なり、千葉サイトで2012-2022年の最長11年間の連続観測を行った。紫外域310-320nmの測定スペクトルをDOAS法で解析し、高度0-1km層内のSO₂平均濃度を水平スケール10km程度で導出した。バックトラジェクトリー解析を行ったところ、春日・福江サイトではSO₂濃度が最も高い日にサイトの中央値の10倍以上のSO₂濃度が観測され、火山噴火の影響が強く示唆された。春日サイトではMAX-DOASのΔSCD(低仰角とリファレンス仰角方向のスラントカラム濃度の差)やLiDARのデータを用いてバックトラジェクトリー解析の結果を裏付けることができた。一方で、千葉・つくば・仙台サイトでは高濃度日に港や沿岸部周辺の発電所や工場の影響が強く示唆された。千葉サイトでは4台のMAX-DOASを東西南北の4つの異なる方向に向けて

観測している。本研究では、方向ごとの特性が分かりやすくなるよう ΔSO_2 という指標を用いた。 ΔSO_2 は各方向の月中央値から千葉サイトの全方向の月中央値を引いたものである。 ΔSO_2 は南方向で最も高い値を示したが、2019年9月以降に急激に減少していることも分かった(図1.2.4.3.)。この要因は千葉サイト南方向に位置している姉崎火力発電所の老朽化による休止やコロナ禍における鉄の需要減少による君津の製鉄所の縮小運転が関係していることが推察された。人為起源の影響が示唆されたこれらのサイトでは SO_2 濃度が最も高かった日でも観測期間中の中央値の10倍未満であった。このことから、人為起源よりも火山噴火が SO_2 の日平均濃度により大きな影響を与えることが分かった。

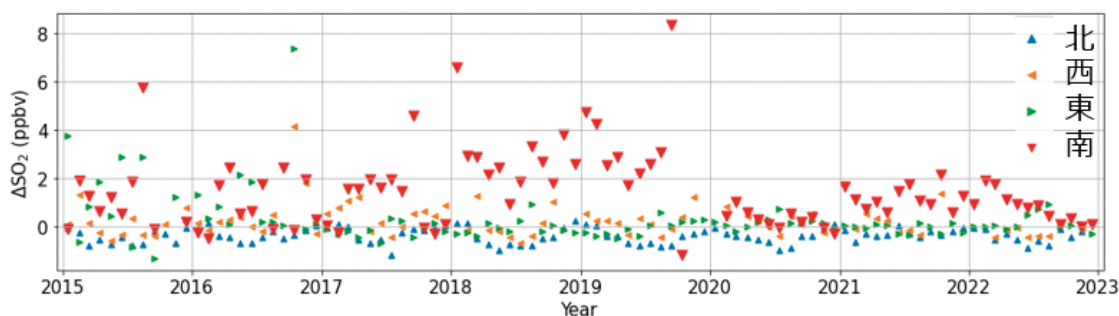


図1.2.4.3. 千葉サイトの2015年–2022年の ΔSO_2 の推移。

◆◆1.2.4.4. トレースガスアナライザーを用いた千葉における二酸化炭素濃度の連続観測とその濃度変動の特徴

近年、異常気象災害などを引き起こして人類の生命を脅かしている地球温暖化は、化石燃料の燃焼などによる人為的な二酸化炭素(CO_2)の排出が最大の要因である。効果的な CO_2 の排出対策を講じるには、 CO_2 濃度変動の要因をより詳細に理解することが不可欠であり、そのためには、人工衛星観測に加えて、精度が高い地上観測による CO_2 濃度変動の連続観測が重要である。しかし人為起源排出が多い大都市での CO_2 濃度連続観測を行っている地上観測のサイト数は世界でも極めて限られている。このような背景の下、本研究では千葉において CO_2 濃度の連続観測を行い、その濃度変動の特徴を明らかにすることを目的とした。そこで、我々は首都圏に位置する千葉大学でトレースガスアナライザー(LI-COR社製LI-7810)を用いて大気中 CO_2 濃度の連続地上観測を行った。また、千葉大学ではブラックカーボンモニターによりブラックカーボン(BC)質量濃度、MAX-DOAS法により二酸化窒素(NO_2)濃度が連続で観測されている。この同時観測を活用し、本研究では $\text{CO}_2 \cdot \text{BC} \cdot \text{NO}_2$ の1時間当たりの平均濃度を解析し、それぞれの相関を調べた。その結果、初期解析として実施した2022年1月1日~3月21日の期間では、濃度変動に一定の相関を得ることにできた。この結果と、ブラックカーボンと二酸化窒素は人為起源排出の割合が高いということを併せると、化石燃料起源の割合が多い物質ほど CO_2 とよく相関することが分かった。このように千葉周辺で排出される CO_2 は化石燃料起源の割合が高いことが確認された。

また、これらの回帰直線の式から、千葉周辺における CO_2 濃度はおよそ422–425ppmをバックグラウンド値(但し、測定ドリフトの影響を受ける可能性があるため参照値)とし、そこからBCの $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の増加が CO_2 のおよそ40ppmの増加に相当すること、 NO_2 の1ppbの増加が CO_2 のおよそ2ppmの増加に相当すること(図1.2.4.4.)も分かった。

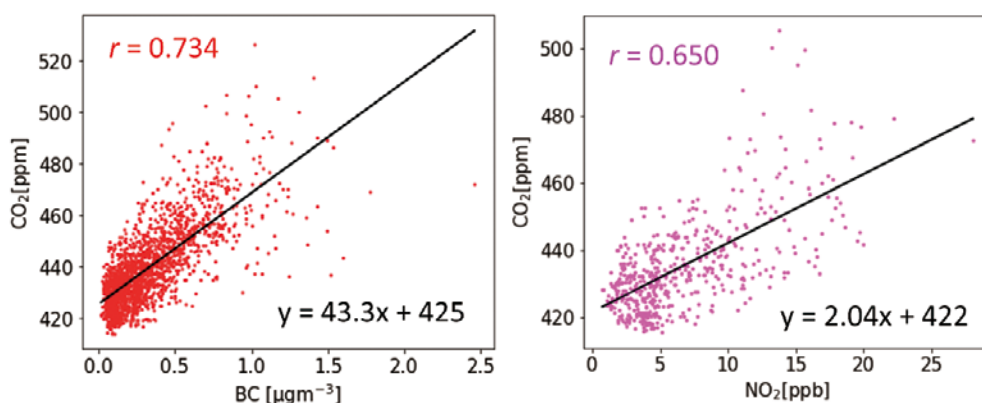


図1.2.4.4. (左) CO_2 とBC濃度の相関プロットと(右) CO_2 と NO_2 濃度の相関プロット。

◆◆1.2.4.5. 地上観測リモートセンシングデータに基づくk-means法による日本のエアロゾルタイプ分類とその利用

大気中のエアロゾルは多岐にわたる発生源・複雑な形成過程・化学組成を持つため、その光学的・微物理特性は時空間変動が大きく、要因ごとの放射強制力の見積りに最大の不確実性をもたらしている。とりわけ日本は、世界有数の深刻な大気汚染発生源である中国の風下に位置するなど、エアロゾル特性が複雑であるが、その観測的知見は限定的である。そこで本研究では、日本の14地点に設置されているスカイラジオメータによる観測データに初めてk-means法を適用して、エアロゾル特性に応じてクラスタリングを行うことにより4種の代表的なエアロゾル特性を求め、観測サイトごとのエアロゾルタイプの季節変動を分析した(図1.2.4.5-1)。パラメータに10%のランダム誤差を加え、前後でのクラスタリング結果の一致率は約82%と分類結果に一定の堅牢性があることを検証した。さらなる検証を行うために、今回得られた分類結果を利用して、クラスタリングに未使用のデータに対するタイプ分類を実施したところ、分類結果はサンプリング機器や気象データによる結果と整合的であることが分かった。また、この手法を利用して、観測データから逐次的にエアロゾルタイプを求められる可能性が示唆された。これらの検証結果に基づいて、千葉におけるエアロゾルタイプの経年変化の解析を実施したところ、微小粒子の割合が高く光吸収性の少ないクラスタの影響が2010年から2019年の間で減少傾向にあることが分かり、近年の人為起源エアロゾルの減少を裏付けることができた(図1.2.4.5-2)。

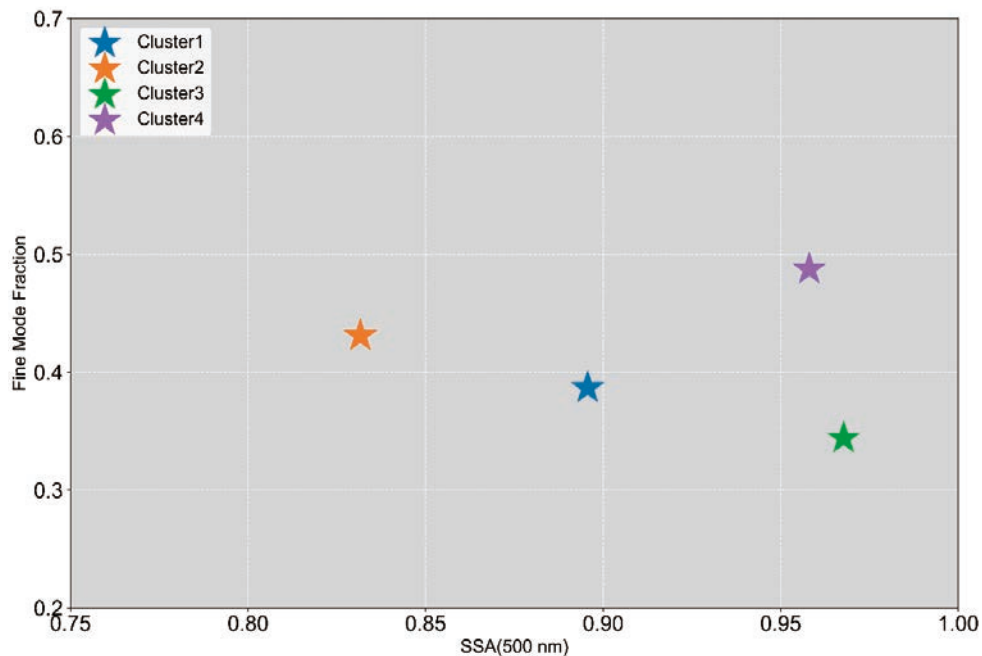


図1.2.4.5-1. エアロゾルタイプごとの微小粒子の割合と波長500nmにおける単一散乱アルベド。

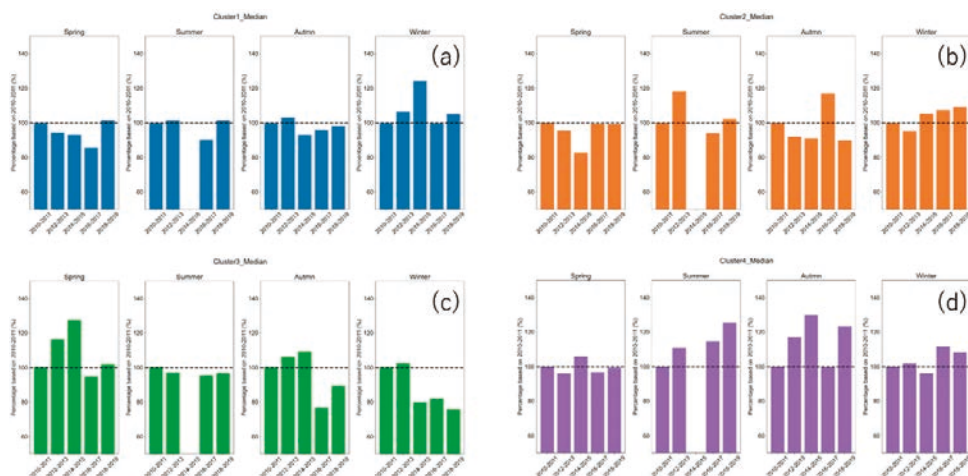


図1.2.4.5-2. 各クラスターのエアロゾル特性と期間ごとのエアロゾルデータ間のユークリッド距離の経年変化。2010-2011年を基準とした相対的な変動を示している。

1.3. プログラム3：環境予測プログラム

様々なリモートセンシングデータに基づき数値シミュレーションやビッグデータ解析活用した環境予測研究を行う。

Program 3: Environmental Prediction

Conducting environmental forecasting research using numerical simulation and big data analysis based on various remote sensing data.

[研究内容と令和4年度の成果]

◆1.3.1. 大規模数値計算とデータ駆動科学による災害・環境予測

(小槻峻司)

気候変動が大きな問題となる中、地球の大気・海洋・陸水循環システムを理解する事は科学の大きな使命である。そして経験科学における理解とは、その予測可能性を拓ける事に他ならない。本研究グループでは、気象・水文現象などの地球環境を対象とし、地球観測衛星と各種予測手法を融合する、環境予測研究を推進している。具体的には、数週間スケールの天気予報や、100年スケールの気候変動影響による水資源環境の変動を対象とし、その予測を改善・高度化する手法を探求している。予測には、スーパーコンピュータを駆使した数値シミュレーションや機械学習を用い、予測と観測の融合にはデータ同化に代表される統計数学を駆使する。地球科学・計算科学・統計数学に跨る分野横断研究により、新しい環境予測科学を切り拓くことを標榜している。ここでは2022年度の研究から、主要な研究成果を報告する。

◆◆1.3.1.1. アンサンブルデータ同化手法の改善

【重点1：豪雨災害予測・監視】

局所粒子フィルタに関する研究に取り組んだ。気象における数理構造・情報特徴量は、主流なデータ同化手法であるカルマンフィルタや変分法の仮定する誤差の正規分布性を満たさない可能性がある。より仮定の少ないデータ同化手法である粒子フィルタの開発を進め、SPEEDYに実装して実験を行ってきた。予報粒子を用いたデルタ関数の集合で事前分布を表現するのではなく、予報粒子を中心としたガウス分布・カーネルの集合として事前分布を表現する混合ガウス分布・局所粒子フィルタ (LPFGM) への研究を深め、LETKFを上回る予測精度を実現した (図1.3.1.1.)。以上の成果を欧州地球物理学会のGeoscientific Model Development誌に論文として発表した [Kotsuki et al. 2022]。また、局所粒子フィルタのリサンプリングについても検討を行い、既往研究で用いられてきた最適輸送問題ではなく、エントロピー正則・最適輸送問題を解くことで、計算高速化と力学的にバランスした事後粒子の生成を可能とした。

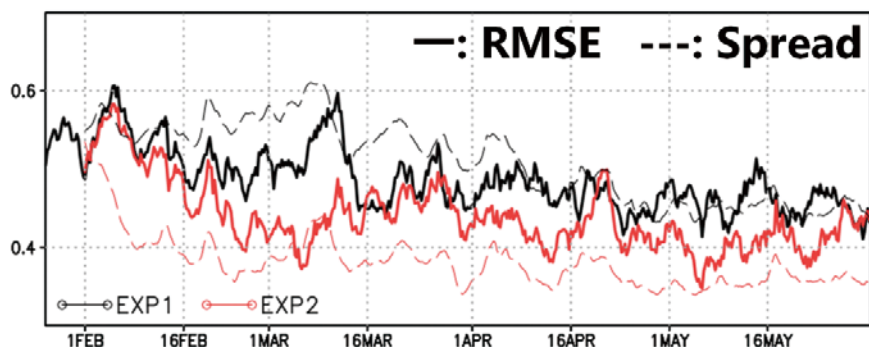


図1.3.1.1. SPEEDYを用いて行ったモデル第4層の気温予測RMSE (実線) とアンサンブルスプレッド (点線)。アンサンブル40の実験であり、黒線・赤線はそれぞれLETKF・LPFGMの結果を示す。Kotsuki et al. (2022) のFigure 11を改変。

◆◆1.3.1.2. 観測の価値を高めるセンサ位置最適化

【重点1：豪雨災害予測・監視】

「観測の価値」を高める手法として、流体解析分野で発展してきたセンサ位置最適化手法のスパースセンサ位置最適化の高度化に取り組んだ。スパースセンサ位置最適化 (SSP) は、より少ない観測点で全体の場を推定することに着目し、過去のデータから最適なセンサ位置を決定し、場の再構成を実現可能にする (Manohar et al. 2018)。これまで気象分野での前例はなく、センサ位置最適化を大気などの高次元系に適用するための手法を開発し、北海道の雨量計を対象とした実験でSSPの有効性を示した (図1.3.1.2.)。更に、このスパースセンサ位置最適化をアンサンブル予測に適用する手法についても取り組み、SPEEDYを用いた実験で機動的観測についても既存のアンサンブルスプレッドを用いた方法を上回ることが可能である事を示した。研究成果を踏まえ、2023年度から鉄道総研との実証実験を含む共同研究を開始する予定である。

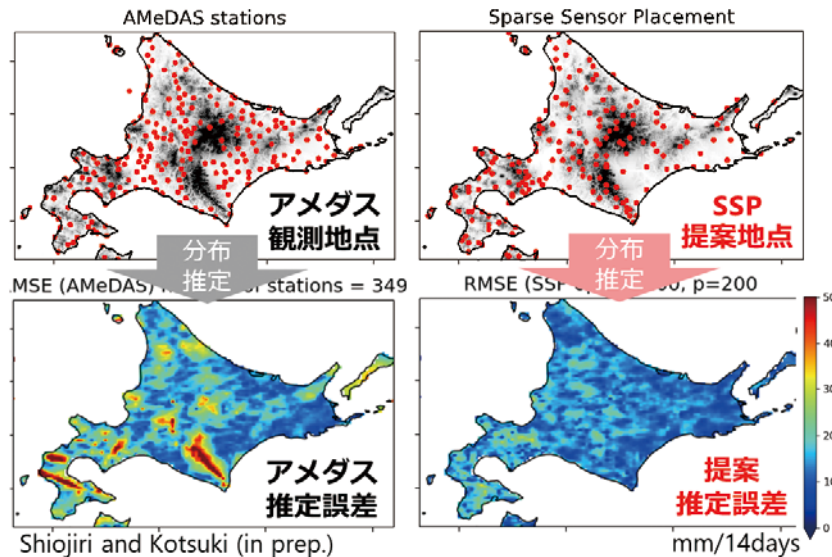


図1.3.1.2. 北海道の14日積算降水量 (mm) を対象としたスパースセンサ位置最適化 (SSP) 実験。既存のアメダス観測地点と (左上)、SSPの提案する観測地点 (右上) の双方からLETKFを用いて降水量を推定し、レーダー解析雨量と比較した場合の誤差を示す (左下・右下)。SSPの提案する雨量地点配置により高精度な降水分布推定が可能であることを示している。

◆◆1.3.1.3. 観測ビッグデータを情報圧縮して利用する手法開発

【重点1：豪雨災害予測・監視】

地球環境ビッグデータから数理構造や情報特徴量を抽出して活用するデータ同化・予測技術開拓のため、機械学習を用いた情報特徴量の抽出研究を進めた。まず人工衛星ひまわり8号の提供する時空間的に密な輝度温度からの情報特徴量抽出研究を行った。深層畳み込みニューラル・ネットワーク (DCNN) を用いて、衛星画像からの台風・非台風診断器作成を行い、良好な結果を得ると共に、Grad CAMによるDCNNの判断根拠の可視化技術を開発した。この技術を基盤に、気象庁・気象研究所と共同研究契約の元でひまわり画像の情報圧縮研究を進め、畳み込み変分オートエンコーダを用いて固有直交分解よりも高精度な情報圧縮技術を開発した。深層学習を用いた洪水氾濫モデルのエミュレータ (代理モデル) 開発も進めた。入力となる降水予測情報や、出力となる浸水深を事前にオートエンコーダで情報圧縮して重要な情報を抽出し、抽出した情報特徴量の間を全結合NNで学習することで、少ない訓練データで効率的なエミュレータ開発を可能にし、米国気象学会誌のAIジャーナルで論文を発表した [Momoi, Kotsuki et al. 2023]。また、気象衛星情報を集約して全球気象予測システムNEXRAのパラメータ推定に活用する研究を進め、米国地球化学学会誌に論文を発表した [Kotsuki et al. 2023]。

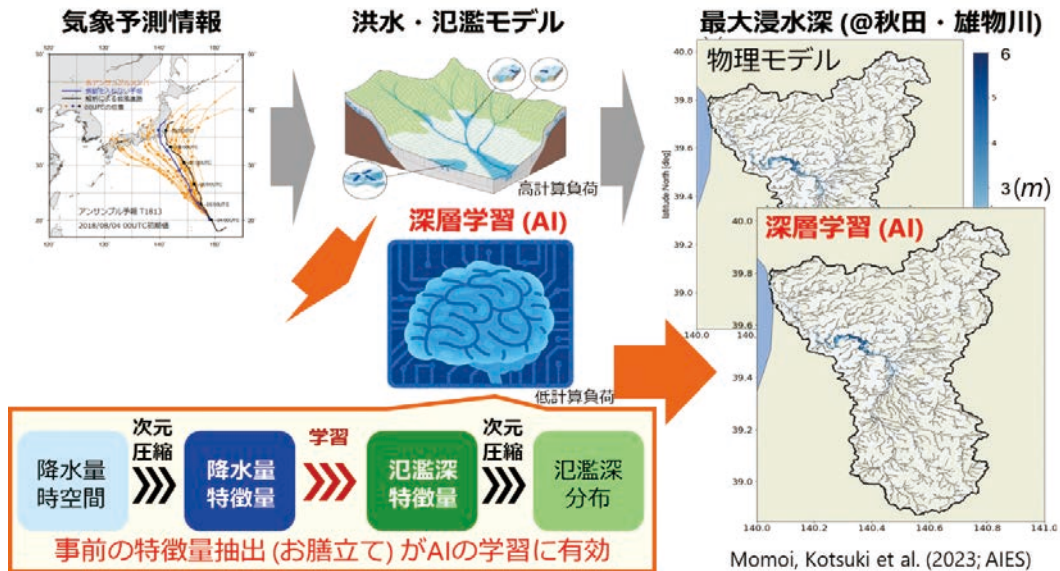


図1.3.1.3. 深層学習による情報特徴量抽出を活用した洪水氾濫モデル・エミュレータの模式図。

◆◆ 1.3.1.4. 全球降水マップGSMaPの高度化研究

【重点1：豪雨災害予測・監視】 【重点2：地球観測衛星検証】

衛星搭載レーダーから得られる信頼性の高い降水日周期情報を利用したGSMaP_MWR降水量の更なる改善に取り組んだ。まず過去のGPM/DPRデータとGSMaP_MWRに対し、季節ごとに各格子±5度の領域における地表面降水量CDFを作成した。GPM/DPRの空間解像度は約5kmであり、0.10度格子のGSMaPより空間的に詳細なデータとなるため、事前にPR観測は集約化しGSMaPと空間スケールを一致させる。ここで領域・季節の区分は複数の選択肢を試した上で、特にGPM/DPRのサンプリングを一定数確保し、降水CDFが安定するように考慮して設定した。

解析雨量に対する補正前後のGSMaP_MWRの月ごとの平均絶対誤差 (MAE) の値を示す (図1.3.1.4.)。この図から、JJA以外の月では補正後の方が補正前よりもMAEの値が小さくなっており、これらの月ではCDFマッチングによって、GSMaP_MWRの月単位の降水量のバイアスが補正されたことがわかった。つまり、CDFマッチングにより、MWRに基づく降水推定・精度改善の有用性を示すものである。

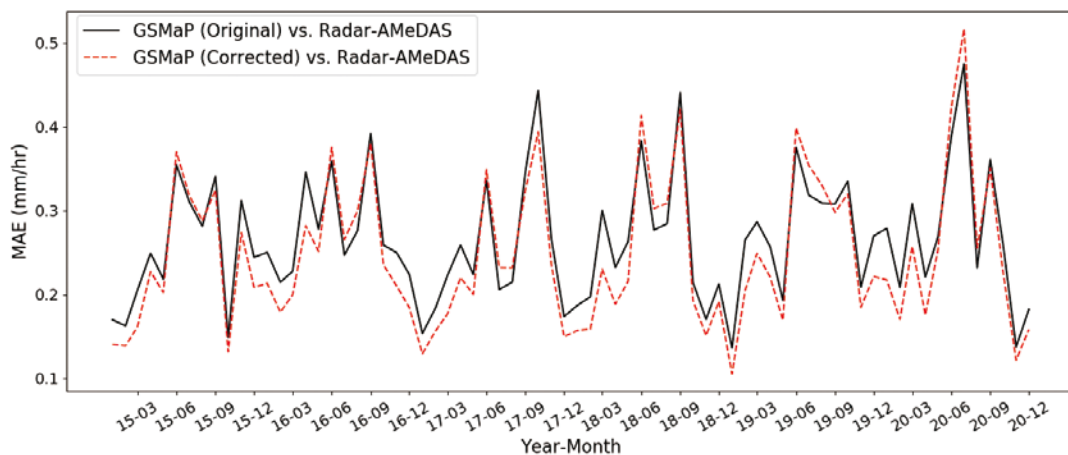


図1.3.1.4. 解析雨量に対する補正前後のGSMaP_MWRの月ごとのMAE (mm/hr)。黒線と赤点線はそれぞれ、元GSMaPデータと、CDFマッチングによる補正後のGSMaP。

◆◆1.3.1.5. 気象制御実現に向けたアンサンブル気象予測の低次元化技術の開発

【重点1：豪雨災害予測・監視】

2022年度から開始したムーンショット目標8・要素研究において、数値シミュレーションに基づいて技術的・経済的に実現可能な操作を前提とした気象制御の可能性を示すと共に、気象に対して効果的な介入を与える制御手法の特定・開発を行う研究を進めた。特に、数理研究推進により、「対象現象に災害・非災害を分離する分水嶺が存在するかを判断する」技術開発に向けて大きな進展を得た。平成30年7月豪雨イベントにおける気象庁の現業メソアンサンブル予測データを活用し、低次元化したアンサンブル気象予測の特徴量から有向グラフを作成し、アンサンブル気象予測が2つのシナリオに分岐する事を示した。

イベントとして、記録的豪雨災害をもたらした平成30年7月豪雨から、初期の台風7号に焦点を当てた。この台風は対馬海峡を抜けて日本海に至ったが、MEPSの予測では台風の北進を過大に評価していた(図1.3.1.5-1.)。また、台風を中心気圧のアンサンブルスプレッドでは、予測時間後期(2018年7月2日以降)に2つのクラスターが出来ていることが示されている。このことから、対象とする台風の軌道には大きく2つのシナリオがあると考えられ、開発する手法を評価しやすいと考えてイベントを選択した。

初期調査として、固有直交分解で実施した500hPaの気温場の低次元特徴量に対してクラスタリングを行った。アンサンブル予測の変化を特徴量空間でみたものが図1.3.1.5-2.である。ここでは、モード数1と2、モード数2と3の2次元空間で見たアンサンブルメンバーの推移を例示している。図1.3.1.5-2.(左)の例では、各アンサンブルは大きく右から左へ推移しているが、最終的な到着地点(■)からは2つのクラスターは見られない。その一方、図1.3.1.5-2.(右)の例では、最終的な到達地点(■)では橙色のクラスターと赤色のクラスターに分かれていることが分かる。つまり、2つのクラスターの差に対応するモードの1つは、3番目の特異ベクトルであることが分かる。

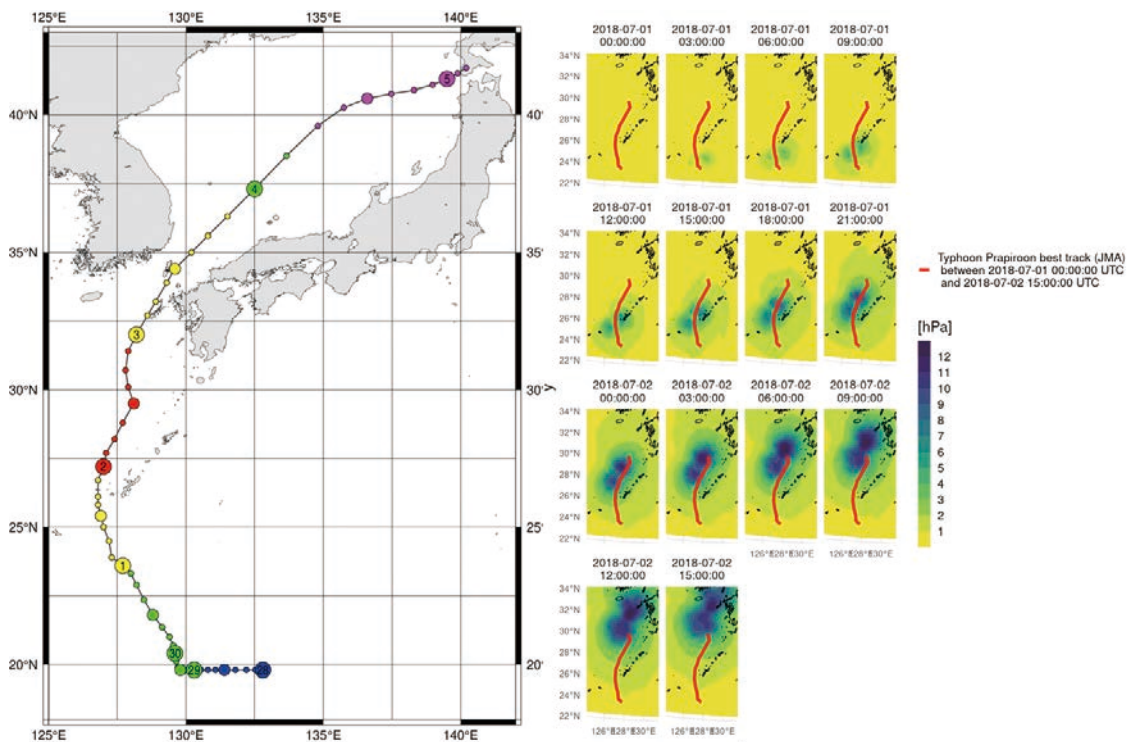


図1.3.1.5-1. (左) 対象としたイベント期間中の台風(2018年台風7号、Prapiroon)のベストトラック。デジタル台風からの引用。(右)2018年7月1日00UTCを初期値とするMEPSの台風中心付近気圧のアンサンブルスプレッド。39時間予測を示しており、2018年7月2日15UTCまでの結果が3時間ごとに示されている。赤線は、MEPSの予測期間に相当するベストトラックデータ。

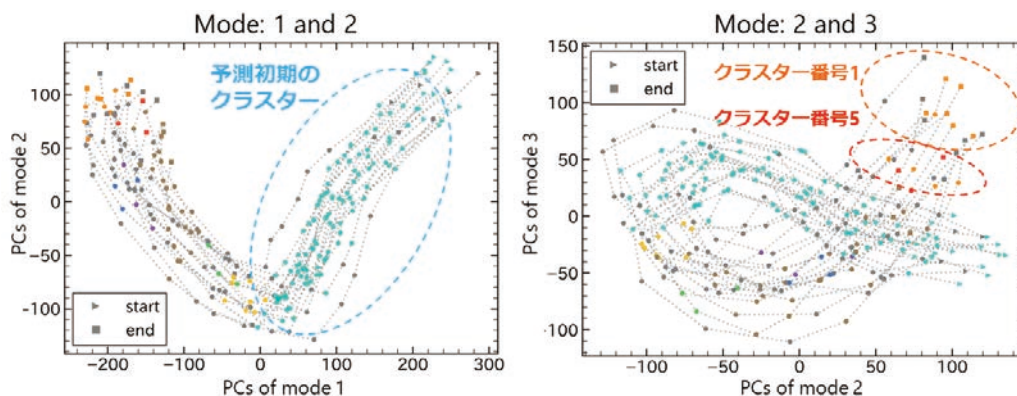


図 1.3.1.5-2. 特徴量の数を 5 としたときの、特徴量空間でみたアンサンブル予測の推移。図中の上で示される特徴量による 2 次元空間をプロットしている。全 10 パターンの 2 次元特徴量空間のうち、ここでは 2 つを例示している。同じ色は、同じクラスターに属していることを示し、三角の初期状態から四角の予測最終時刻まで、各アンサンブル予測が推移していく。点線は、各メンバーの時間変化を示す。

◆ 1.3.2. 高精度観測技術を用いた環境予測研究の新展開 (入江仁士)

最大の地球環境問題のひとつとして人類の持続可能性を脅かしている気候変動の影響が世界各地で顕在化してきている。気候変動の原因は人間活動にあることは明白だが、気候変動を駆動しているさまざまな大気環境（各種微量気体、エアロゾル、雲）の変動プロセスの理解は不十分である。気候変動の緩和策・適応策の合理化につながる数値シミュレーションの検証と不確実性の減少のために、地球規模で長期にわたって均質なデータをもたらす唯一の方法であるリモートセンシング技術による大気環境変動研究は不可欠である。当研究室は、独自の世界最先端の高精度観測技術（リモートセンシングを含む）・データ・科学的知見を基盤に、環境予測研究の新展開を図っている。以下に 2022 年度の研究から 3 件の成果を報告する。

◆◆ 1.3.2.1. リモートセンシングを用いた WRF モデルによる台風シミュレーションの評価

【重点 1：豪雨災害予測・監視】【重点 5：静止気象衛星観測網を活用した地球観測】

雲は天気予報や気候予測などにおいて最も不確実な要素として知られている。WRF（The Weather Research and Forecasting model）に代表される数値予報モデルは、雲の巨視的・微視的な物理過程とそれらの相互作用メカニズムを取り扱うことができるため、重要なツールとなっている。しかしながら、雲の光学的厚さや雲頂高度といった雲を特徴づける基本的な物理量でさえ、その正確な推定は困難である。このような中、モデルの信頼性を把握するために観測データを用いた評価・検証が強く望まれている。本研究では、衛星リモートセンシングに基づいて WRF モデルの評価を実施した。不確実性を軽減させるために放射伝達モデル（ERTM）を適用し、シミュレートされた輝度温度をひまわり 8 号の観測値と比較した。その結果、WRF は台風 Hato の地理的位置および雲特性を正確にシミュレートできることが分かった。しかしながら、WRF は台風域内の雲の光学的厚さや雲頂高度を過大評価することも分かった。また、その一方で、台風域外では過小評価することも分かった（図 1.3.2.1.-1.）。加えて、機械学習（ML）を用いた雲頂高度の判定方法を新たに開発した。その結果、WRF は台風 Hato の全予測範囲において、低・中層の雲量を過小評価し、それ以降の時間帯では高層雲の範囲を過大評価する傾向があることが分かった（図 1.3.2.1.-2.）。

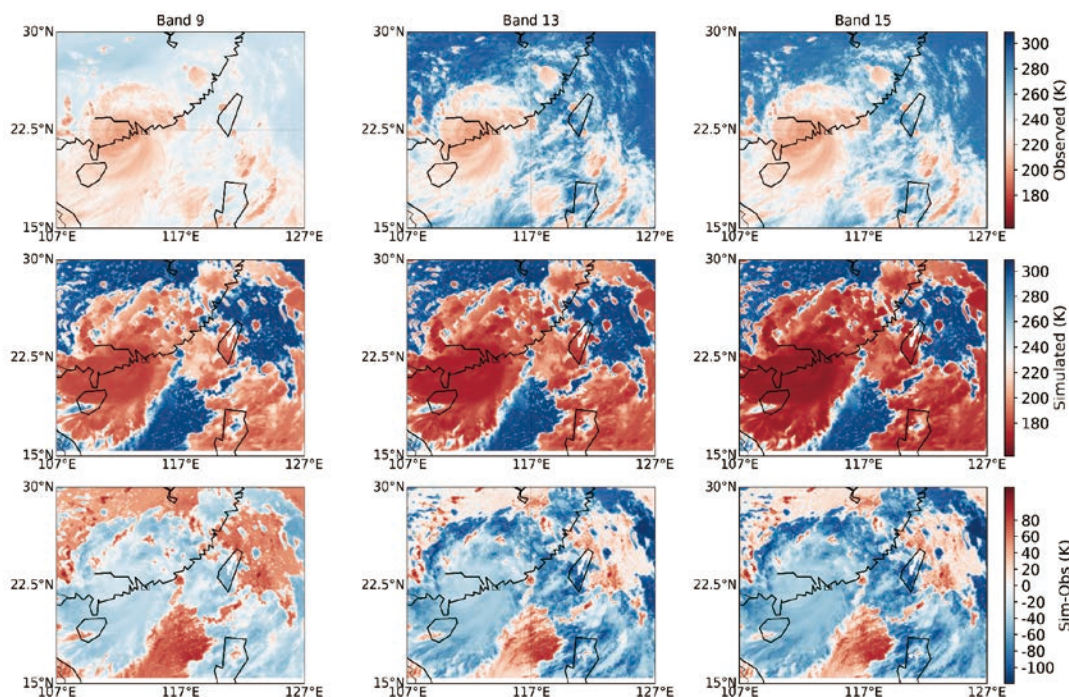


図1.3.2.1-1. ひまわり8号のバンドB09、B13、B15で観測された輝度温度（1段目）、WRFモデルに基づいて放射伝達モデル（ERTM）を用いてシミュレートされた輝度温度（2段目）、両者の差（3段目）。2017年8月23日6時00分のデータが示されている。

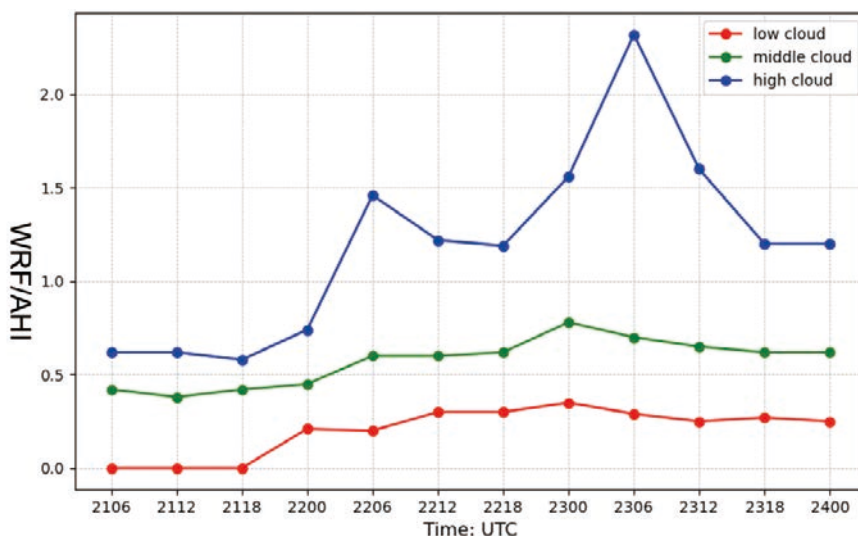


図1.3.2.1-2. 機械学習とWRFモデルを組み合わせ判定された低層雲（赤）、中層雲（緑）、高層雲（青）の割合。AHIのデータに対する比率の時系列が示されている。

◆◆1.3.2.2. 低コストの受動型可視分光法による大気下層水蒸気観測技術の線状降水帯研究への新展開

【重点1：豪雨災害予測・監視】

近年、気候変動の影響によって多くの人命に関わる極端降水現象が多発している。その代表と言っても過言ではない線状降水帯は、数日間持続する台風とは異なり、数時間程度と短寿命であるため、予測が難しく、線状降水帯に伴う大規模水害からの避難が難しいという問題があり、毎年のように大きな被害が発生している。このように、線状降水帯の発生予測の精度向上は喫緊の社会的課題である。線状降水帯の発生予測の鍵は、風上側の積乱雲の継続的発生と強雨域の停滞を予測できるかどうかにかかっている。過去の統計調査によると、積乱雲の継続的な発生や強雨域の停滞が発生するためには、積乱雲発生エネルギー源となる水蒸気が大気下層に十分に存在する必要がある。これまで、大気中の水蒸気の定常的な観測は、1日2回、全国16か所で気象庁のラジオゾンデにより実施されている。しかしながら、この気象庁による水蒸気観測の時空間スケールは線状降水帯にとっ

てあまりにも粗すぎるという問題がある。線状降水帯の予測精度向上のために、新たな水蒸気観測、とりわけ低コストで無人自動連続観測可能な方法が強く望まれる。

このような背景の下、当研究室独自の多軸差分吸収分光法（MAX-DOAS法）システム（図1.3.2.2-1.）を用いて、2011–2021年の長期にわたってつくば市で大気境界層中の水蒸気濃度の連続観測を実施した。本手法は低コストで無人自動連続観測可能である。MAX-DOAS法の大気境界層の水蒸気データの観測誤差は、理論的に18%と見積もられた。この見積もりを評価するために、ラジオゾンデ観測データとの比較を実施したところ、両者の相関係数は0.96と高く、両者の観測値の差は平均で12%と理論誤差よりも小さいことが分かった（図1.3.2.2-2.）。また、水蒸気濃度が比較的高い夏季に相関が低下する傾向もみられた。さらに、単位気柱に含まれる水蒸気の総量であるGPS可降水量データや、気象庁の地域気象観測システム（アメダス）で観測された地表付近の相対湿度データも用いた比較解析も実施した。これらの比較から、MAX-DOASの水蒸気観測データは大気境界層では高い相関関係を示すが、高高度では過小評価する傾向がみられた。その要因解明のため、MAX-DOASの濃度導出に用いる先見情報をつくばのラジオゾンデデータで見直したところ、大気境界層より高い高度において、相関関係の改善が認められた。こういった精度検証研究を踏まえ、千葉大学大気環境観測サイトでは大気境界層中の水蒸気濃度データのリアルタイム配信を開始した（図1.3.2.2-3.）。

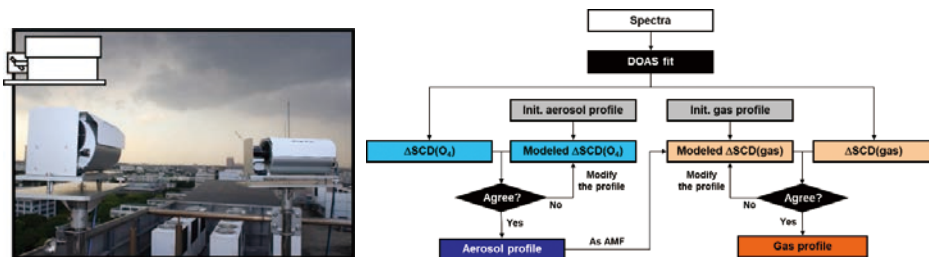


図1.3.2.2-1. (左) MAX-DOAS装置のテレスコープ部の外観。(右) 入江研究室で独自に開発されたJM2 (Japanese MAX-DOAS profile retrieval algorithm version2) アルゴリズムの解析フロー。誤差に細心の注意を払いながら、4回の実線形問題をそれぞれLevenberg-Marquardt法 (LM法) をベースにした手法で解き、最終プロダクトとして8成分 (2波長のエアロゾル消散係数、二酸化窒素NO₂、ホルムアルデヒドHCHO、グリオキサールCHOCHO、二酸化硫黄SO₂、水蒸気H₂O、オゾンO₃濃度) の高度分布およびその対流圏カラムを同時にリトリバルできる。

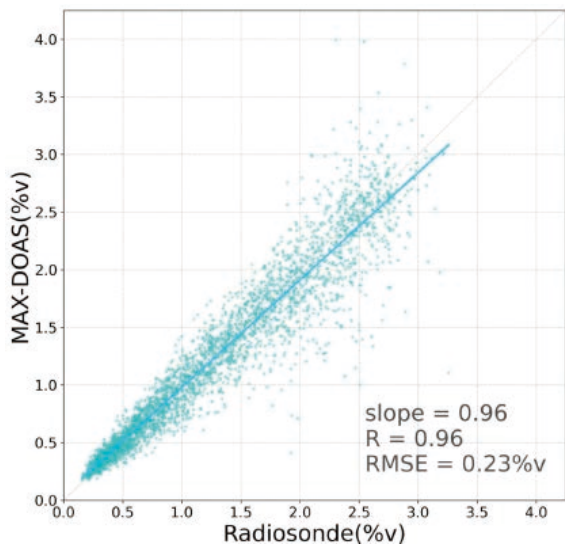


図1.3.2.2-2. 2011年から2021年のつくばにおける、MAX-DOASとラジオゾンデが観測した高度0–1 kmにおける水蒸気の体積混合比の散布図。



図 1.3.2.2.-3. 千葉大学大気環境観測サイトにおける大気境界層中の水蒸気濃度データ。過去の長期間観測の平均値（青）とその年（ここでは2023年）のデータ（赤）をリアルタイムで比較したプロットの配信を入江研究室ホームページで開始した。

◆◆1.3.2.3. POTEKAを通じたリアルタイム気象・防災情報提供への貢献

【重点1：豪雨災害予測・監視】

2023年2月に千葉大学大気環境観測サイト（千葉大学西千葉キャンパス内）にPOTEKA（ポテカ）小型気象計を設置し、常時観測を開始した。POTEKAとは、アメダスの明星電気株式会社が提供する超高密度気象観測・情報提供サービス、あるいは、そのために使われる小型気象計を指す。IoT技術をベースに、気象を把握したいエリアに小型気象計を空間的に密に設置することで、正確な気象情報をピンポイントで手に入れることが可能になる。情報はWebを通じていつでもどこでも取得できる。POTEKAが提供する「リアルタイム気象・防災情報」は実測値によるピンポイント気象情報だけでなく、公的機関からの観測情報や予測情報も提供するため、ゲリラ豪雨のように局所的な気象の急変や熱中症の危険度など、気象災害につながる恐れのある現象の予測情報をリアルタイムで提供できる。このような形を通じて、入江研究室は産学連携のもとで地域貢献も果たしている。



図 1.3.2.3. （左）千葉大学大気環境観測サイトに設置したPOTEKA小型気象計の外観。（右）各種気象データはWebにてリアルタイム配信されている。なお、入江研究室が管理している福江島大気環境観測施設においても本年度、防災科学技術研究所においてPOTEKAが新設された。

1.4. プログラム4：統合解析・データベースプログラム

リモートセンシングデータを中心とした地球環境情報を統合的に解析し、地球環境理解のさらなる進化に資する。

Program 4: Integration, Database

Contributing to a deeper understanding of the global environment through integrated analysis of global environmental information centered on remote sensing data.

[研究内容と令和4年度の成果]

◆1.4.1. 地球水循環研究に資する統合解析
(樋口研究室)

◆◆1.4.1.1. 我が国における降水量標高依存性とその地域性
(大槻真由 [元融合理工学府修士学生]、樋口篤志、広瀬民志 [JAXA/EORC])

【重点1：豪雨災害予測・監視】

我が国は中緯度帯に位置し急峻な山々が多く起伏に富んだ地形を持つ。加えてアジアモンスーン域に属するため、気候を特徴づける複数の降水システムの影響を受ける。地形による強制上昇等に起因するいわゆる地形性降水により、降水量に標高依存性があることが先行研究より広く知られる。降水量の標高依存性の地域性がなぜもたらされるのか明らかにするため、2016年から2018年の全国合成レーダGPVを用いて解析を行なった。地域毎の標高依存性を比較するため、一部地域で標高依存性が明瞭ではないとされる梅雨、類似の降水システムである秋雨、降水域の局所性が高い台風と冬季降水の抽出を行った(図1.4.1.1.-1.)。これらの降水システムを抽出することで降水量の空間分布はより均質になった(図1.4.1.1.-2.)。抽出後の降水データを用いて標高依存性に関する解析を地域毎に実施した。特に県境に明瞭な分水嶺が南北に連なる熊本と宮崎、東北地方の日本海側・太平洋側の4地域に着目した。九州・東北の両地域で山岳西側が東側より標高依存性が大きかった。宮崎は標高依存性が最も小さく、東北地方日本海側で最も大きかった。降水強度別に降水頻度と降水量の割合を調べても地域性が明瞭に現れたことから、我が国の降水の標高依存性は特徴的な降水システムを分離しても地域性が未だに大きいことがわかった。

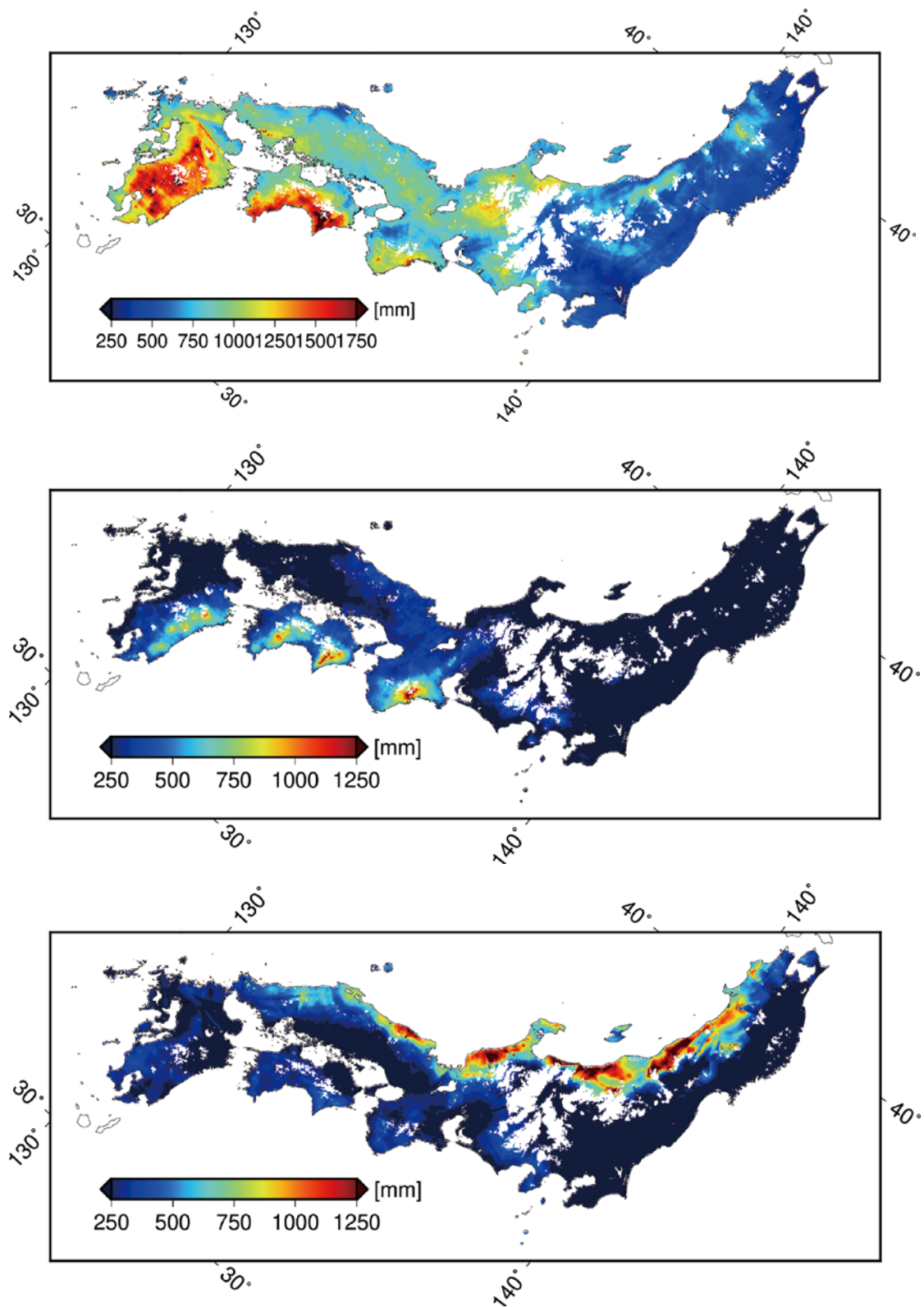


図1.4.1.1.-1. 抽出した降水システムの降水量分布。梅雨・秋雨（上）、台風（中）、冬季降水（下）。

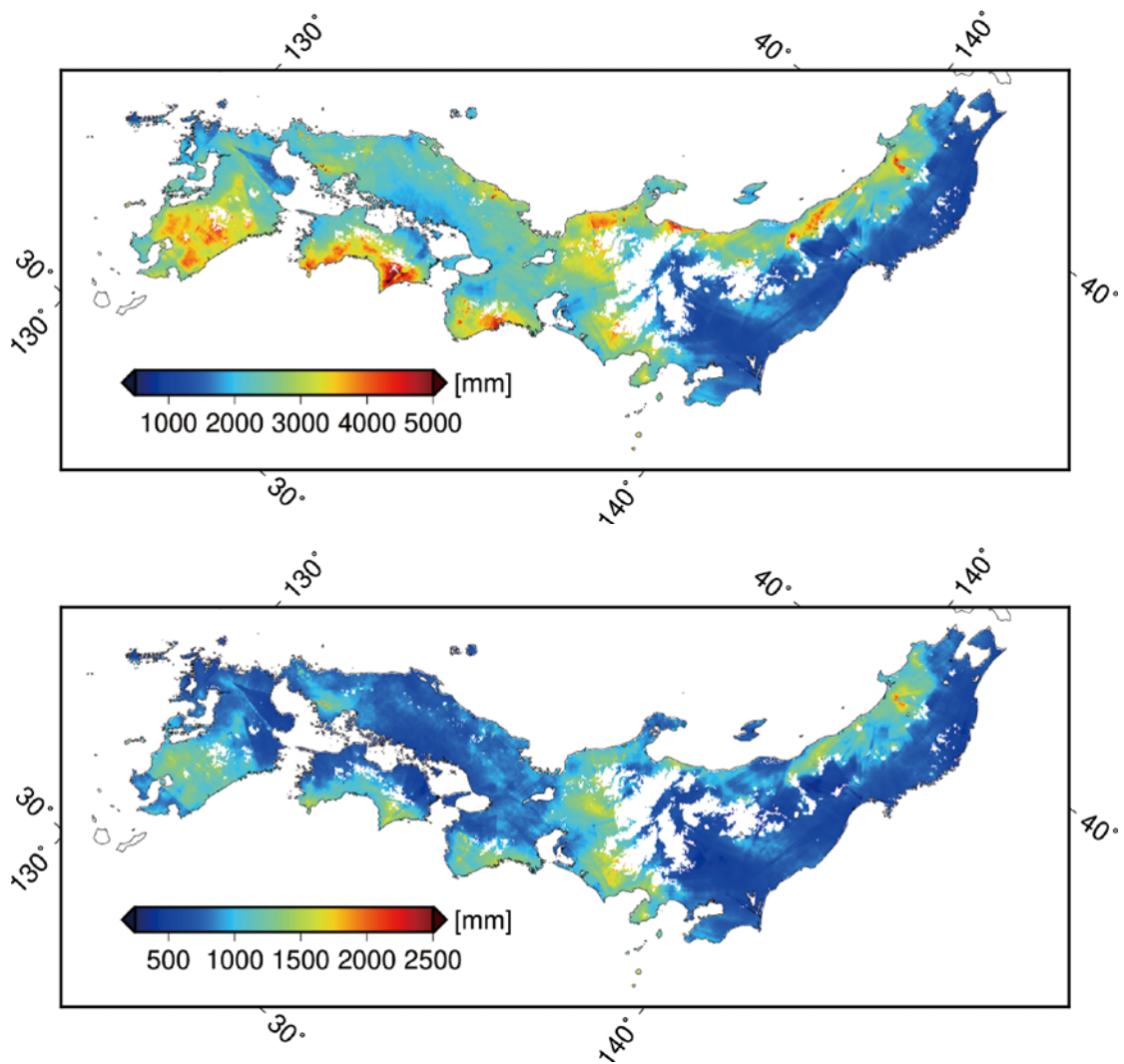


図1.4.1.1.-2. 降水システム抽出前後の降水量分布。降水システム抽出前（上）、降水システム抽出後（下）。

◆◆1.4.1.2. X帯フェーズドレイ气象レーダとW帯雲レーダを用いた、夏季に発生した雲内部におけるレーダエコーの時間変化

(本橋優登、[元融合理工学府修士学生]、樋口篤志、鷹野敏明 [千葉大学名誉教授])

【重点2：地球観測衛星検証】

降水システムは対流性と層状性に分類される。対流性降水はしばしば局地的降水が発生し災害を引き起こす。降水レーダは雨粒子が生成される前の雲粒子は観測できないが、波長の短いW帯雲レーダ（FALCON-I）は雲粒子が検知できることから、2つの波長の異なるレーダを組み合わせることで雲内部の構造を発生初期段階から発達～衰退期まで系統的に観測することが原理上可能となった。X帯フェーズドレイ气象レーダ（PAWR）とFALCON-Iより得られたレーダ反射因子（レーダエコー）を用いて積乱雲をはじめとした夏季に発生した雲群を解析し、雲内部の構造の時間変化に着目した考察を行った。FALCON-Iにおけるドップラー速度スペクトルデータを用いて、雲発生段階での雲粒子の挙動に関する考察を行った。また、2重周波数比DFRmを計算し粒径情報を得ること試みた。DFRmはFALCON-Iの降雨減衰が大きいことため先行研究より上回る結果となった。2周波レーダによる事例解析は今回は芳しい成果が出なかったが、ライダー、マイクロ放射計等原理の異なる観測情報も用いて総合的に考察する際のノウハウの蓄積がなされた（図1.4.1.2.）。一方、ほとんどの計測機から得られる情報が鉛直1次元であり、PAWRによる3次元エコー情報に基づいたセルの立体構造、およびその時間変化に基づいたフェーズ解釈を加味しないと解釈を間違える可能性が高いことを再認識した。今後も観測を継続することで、より当初の目的に沿った事例を捉えることを期待したい。

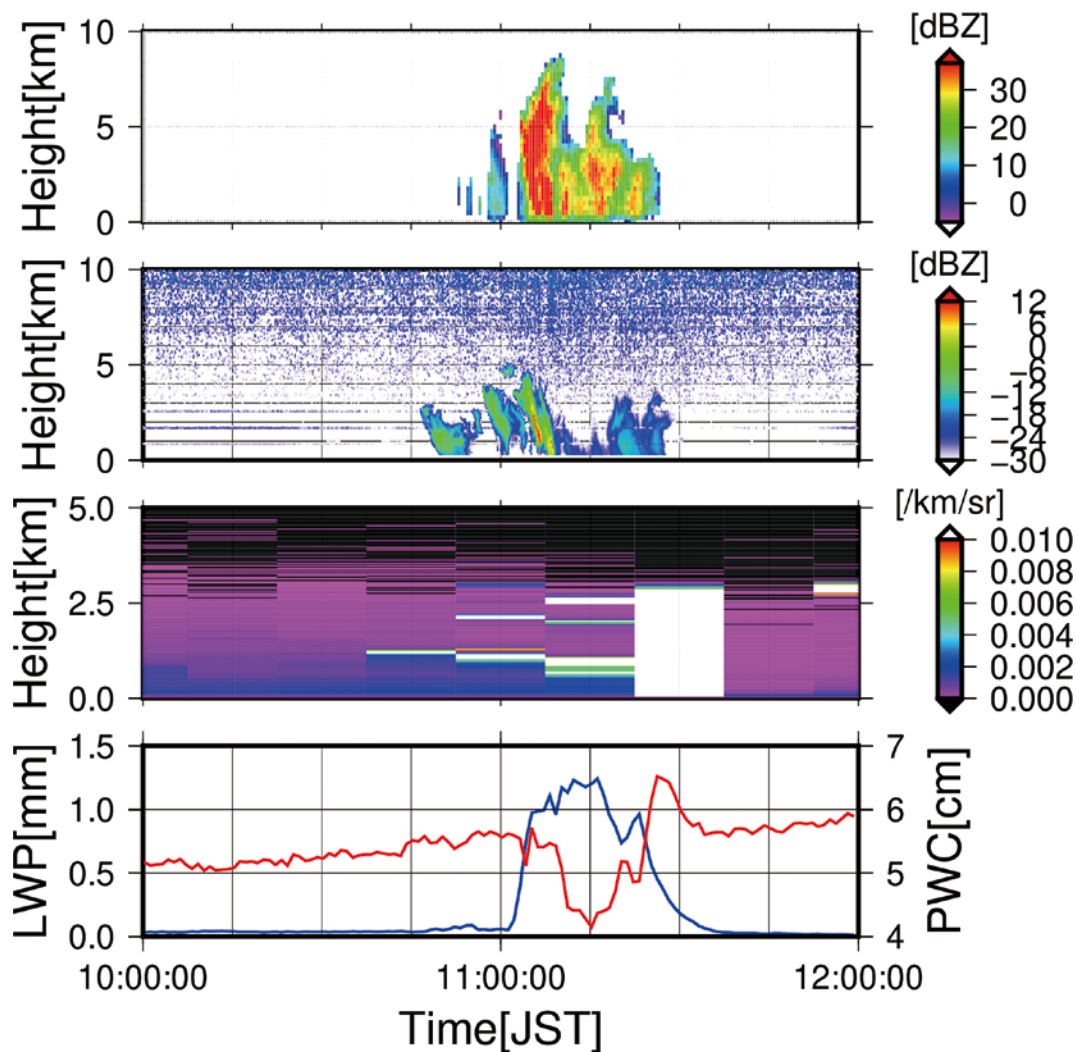


図1.4.1.2. 2020年9月11日10時～11時59分の時系列図。上からPAWRの反射強度、FALCON-Iの反射強度、LiDARの1064nm減衰付き後方散乱係数、マイクロ波放射計により推定された可降水量（赤線）、および雲水量（青線）。

◆1.4.2. 気候診断系に関わるバーチャルラボラトリ（VL）の形成

（市井和仁、入江仁士、小槻峻司、樋口篤志、齋藤尚子、楊偉、竹中栄晶、山本雄平）

昨今の異常気象・温暖化現象、雲解像モデルの全球での稼働等の新しい状況下において、現在気候診断の基盤データとなる人工衛星データの収集・解析および提供は、研究コミュニティへの貢献のみならず社会への情報還元観点からも意義が高い。このような背景から、地球気候系の診断を行うために我が国で気候・環境研究を推進する4研究所・研究センター（東京大学大気海洋研究所 [AORI]、名古屋大学宇宙地球環境研究所 [ISEE]、東北大学大気海洋変動研究センター [CAOS]、および千葉大学環境リモートセンシング研究センター [CEReS]）が協働して仮想研究室（バーチャルラボラトリ；以下VL）を形成し、各拠点の特色と研究資産を活かした研究と教育を2007年度より継続的に分担・連携し実施している。この枠組みの中、CEReSは静止気象衛星データの収集・処理および公開、静止気象衛星データの高度化、国際地上リモートセンシング観測網（A-SKY）の構築・維持、および現象理解のための各種解析を継続的に行っている。

[令和4年度活動概略]

CEReSではVL支援室を設けVL推進・連携機関との調整の役割を担っている。活動としては中核的事業である静止気象衛星データ群の処理・公開の継続に加え、新たな連携模索を継続して行っている。静止気象衛星データ処理もウェイトを占めるため、データベース委員会（データ支援室）とも連動し、効率の良い運営を行う努力を継続している。令和4年度も前年度同様人の異動も無く継続的な活動を推進した。より効率の良い共同研究のあり方、競争的資金による研究とVL支援とのバランス、等を引き続き検討を行った。

令和5年3月1～2日に東北大CAOSで実施されたVL講習会の千葉大からの参加者の支援を行った。また、同3月1日に開催されたVL協議会にて他の連携機関と情報共有を行った。

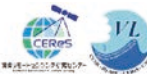
◆◆1.4.2.1. 静止気象衛星データおよび他の衛星データ収集・処理・公開
(樋口、青木・諸岡 [データ支援室]、竹中)

【重点2：地球観測衛星検証】【重点3：温室効果ガス収支研究】
【重点5：静止気象衛星観測網を活用した地球観測】

VL開始から一貫して日本のMTSAT・GMS・ひまわり8/9号、米国GOESシリーズ、欧州METEOSATシリーズ、中国FY2シリーズに対し、緯度経度直行座標系へ変換、または精密幾何補正を施したグリッドデータ (gridded product) のftp公開を継続している。また、ひまわり8号およびFY2受信・配信データの準リアルタイムグリッド計算・画像作成・ftp公開作業を自動化している。準リアルタイム処理をしていないMETEOSAT衛星群は2018年度より同公開ポータルを通じ直接データ取得に切り替えている。GOES第3世代 (GOES-R, GOES-S) も2018年度よりデータアーカイブに着手し、データ取得およびアーカイブ処理の自動化等基本的な部分は完了している。表1.4.2.1.にVL活動で収集した静止気象衛星データ一覧を示す。全球カバーは1998年4月から (MFG5がインド洋領域 [IODC] に移動してから)、それ以前ではGOESは1995年、Meteosat 0 Degreeは1989年、ひまわり域はGMS1 (1981年) から現在までの長期観測データを網羅する。ひまわり8/9号精密幾何補正griddedプロダクトは過去分及び準リアルタイム処理両方について両Version (V01: V20151105, V02: 20190123) で処理し公開している。

2022年度は定常的な活動に加え、1) ひまわり8号から9号の切り替わりへの対応：正式な切り替えの前のひまわり9号データ提供を気象庁より受け、ユーザへの提供のため、一時的なサーバを立ち上げ対応した。2) GOES-WEST切り替え対応：2023年初頭にこれまでのGOES-17からGOES-18に切り替わった。この対応を行った。3) ストレージRAIDのHDD入替・サーバOS刷新作業の開始：現行第3世代静止気象衛星データ群をアーカイブするRAID内のHDDは導入初期 (2014年度から開始) に登場した8TB HDDがメインであり、効率的な運用の観点から同型のHDDで構成されたRAIDを多く導入・運用してきた。同型HDDは入手不可であり、電力消費を上げずにストレージ総量を増やすためには、データの損出を避ける処置をしながら既存のRAIDに搭載されたHDDの入れ替えを順次行う必要がある。この作業を行うため、VLの支援を受け新規HDDを数多く購入した。GOES-WESTサーバから入替作業は順次実施中である。

表1.4.2.1. VL活動により収集、処理、公開がなされている静止気象衛星データ一覧 (令和5年3月末現在)

Current GEO archive in CEReS 

	*1: 3hourly data only			ftp://hmwr127.cr.chiba-u.ac.jp/						
Asia 1 (HIMAWARI)	GMS1*1 198103-198406	GMS2*1 198112-198409	GMS3*1 198409-198912	GMS4 198912-199506	GMS5 199506-200305	GOES9 200305-200507	MTSAT1R 200506-201007	MTSAT2 201006-201507	H-08 201507-202212	H-09 202212-NOW
Asia 2 (FY2 Series)	ftp://fy.cr.chiba-u.ac.jp/					FY2-C 200605-200809	FY2-D 200809-201512	FY2-E 201512-201901	FY2-G 201902-NOW	
Asia 3 (Meteosat-IODC)	ftp://meteosat.cr.chiba-u.ac.jp/ , but IP restricted server access due to EUMETSAT data policy.				MFG5 199804-200702			MFG7 200607-201703	MSG1 201702-202206	MSG2 202206-NOW
EU-Africa (0Deg)		MFG4 198912-199402	MFG5 199402-199707	MFG6 199610-200212	MFG7 199806-200607	MSG1 200401-200612	MSG2 200609-NOW	MSG3 201212-201802	MSG4 201802-NOW	
America (GOES-EAST)	ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/			GOES08 199409-200303		GOES12 200304-201004		GOES13 201004-201801	GOES-R 201712-NOW	
Pacific (GOES-WEST)	ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/		GOES07 -199509	GOES09 199507-199807	GOES10 199807-200606		GOES11 200606-201112	GOES15 201112-201811	GOES-S 201812-202301	GOES-T 202210-NOW

◆◆1.4.2.2. 国際地上リモートセンシング観測網
(入江)

【重点2：地球観測衛星検証】

最大の地球環境問題のひとつとして人類の持続可能性を脅かしている気候変動の影響が世界各地で顕在化してきている。気候変動の原因は人間活動にあることは明白だが、気候変動を駆動しているさまざまな大気環境 (各種微量気体、エアロゾル、雲) の変動プロセスの理解は不十分である。気候変動の緩和策・適応策の合理化につながる数値シミュレーションの検証と不確実性の減少のために、地球規模で長期にわたって均質なデータをもた

らず唯一の方法であるリモートセンシング技術による大気環境変動研究は不可欠である。当研究室は、独自の世界最先端のリモートセンシング技術・データ・科学的知見を基盤に、2つの国際地上リモートセンシング観測網を主導して広く国内外の研究機関と国際共同研究を進めている。ひとつは、気候変動予測に最大の不確実性をもたらす雲やエアロゾルを観測するスカイラジオメーターの国際地上リモートセンシング観測網であるSKYNET（スカイネット）である。もうひとつは、気候変動や大気環境において重要な役割を果たしている大気境界層（PBL）における様々な大気組成を観測できる点に大きな特徴を持つスカイラジオメーターと多軸差分吸収分光法（MAX-DOAS法）の同時観測を行う国際地上リモートセンシング観測網であるA-SKY（エースカイ）である。

図1.4.2.2.-1.にA-SKY観測網サイト5地点とSKYNET甲府・高山サイトのAOD（波長380nm）データの日平均値の時系列プロットを示す。これらのサイトでは、スカイラジオメーターのモデルとしてPOM-02が採用されており、また、紫外可視光の天頂観測も行われているため、最新の開発中のアルゴリズムパッケージSRCeReS-2での解析が可能であった。2022年のデータがピンクで示されている。また、これまで実施してきた長期観測を活用して例年の値と比較できるように、過去の年の日平均値を複数年平均した値が紺色で、日平均値の最大値と最小値の幅が灰色で示されている。図1.4.2.2.-1.から、日本の各サイトにおいては例年、春季から夏季にかけてAODが高いことが確認された。他方、ピマイサイトでは、乾季である1-5月にAODがピークを示した。ピマイサイトでは2019年11月にスカイラジオメーターが故障したが、2021年12月に新しいスカイラジオメーターを設置し、観測を再開することができた。その後、2022年において通年データが得られたことが図1.4.2.2.-1.から分かる。なお、ハルドワニサイトでは、本年度、装置が故障し、復旧には至っていない状況である。しかしながら、GCOM-C等の観測期間中を含めた過去データの処理は進めた（図1.4.2.2.-1.）。図1.4.2.2.-2.には、図1.4.2.2.-1.と同様にSKYNET観測網サイトのAODデータを示す。雲による干渉の影響を抑えるために、fine mode fractionを乗じたfAODも示す。図1.4.2.2.-1.と共通しているサイトのデータと比べると、季節変化の傾向に顕著な違いは無いことが分かった。これらの観測網データはRoyal Belgian Institute for Space Aeronomy（BIRA-IASB）やJAXA/EORCをはじめとした国際・国内共同研究機関に準リアルタイムで提供するなどして地球観測衛星検証プロジェクトに欠かせない貢献を果たすなど、基礎から応用までをカバーする共同研究を進めている。特筆すべき検証研究として、未公開の最新のTROPOMI/S5pの対流圏NO₂カラム濃度プロダクトの検証研究に利用され、依然として顕著な過小傾向の問題が残っていることが分かったことがあげられる。

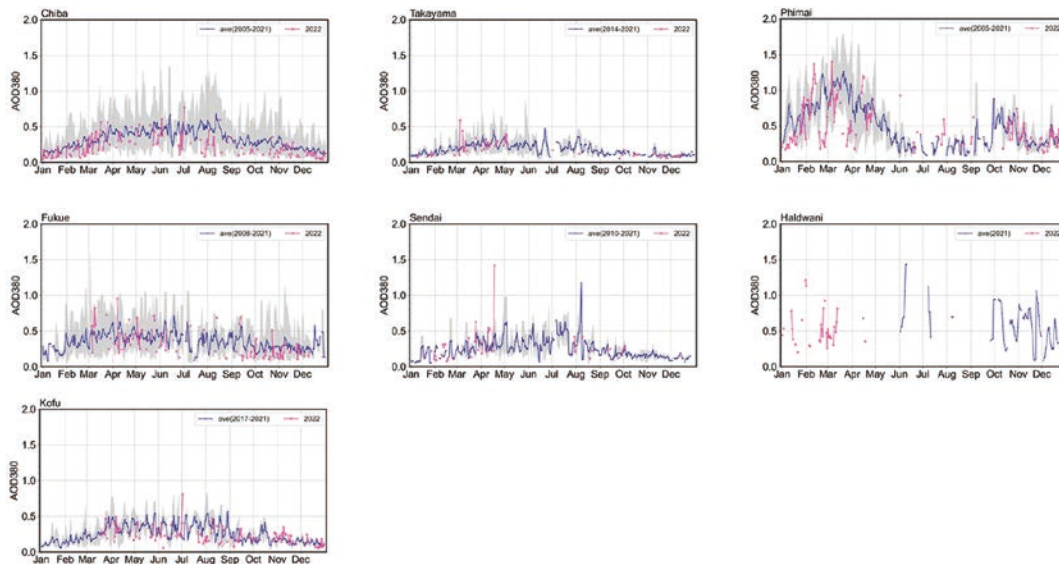


図1.4.2.2.-1. A-SKY観測網サイトとSKYNET甲府・高山サイトのAOD（波長380nm）データの日平均値の時系列プロット。2022年のデータがピンクで示されている。また、過去の年の日平均値を複数年平均した値が紺色で、日平均値の最大値と最小値の幅が灰色で示されている。

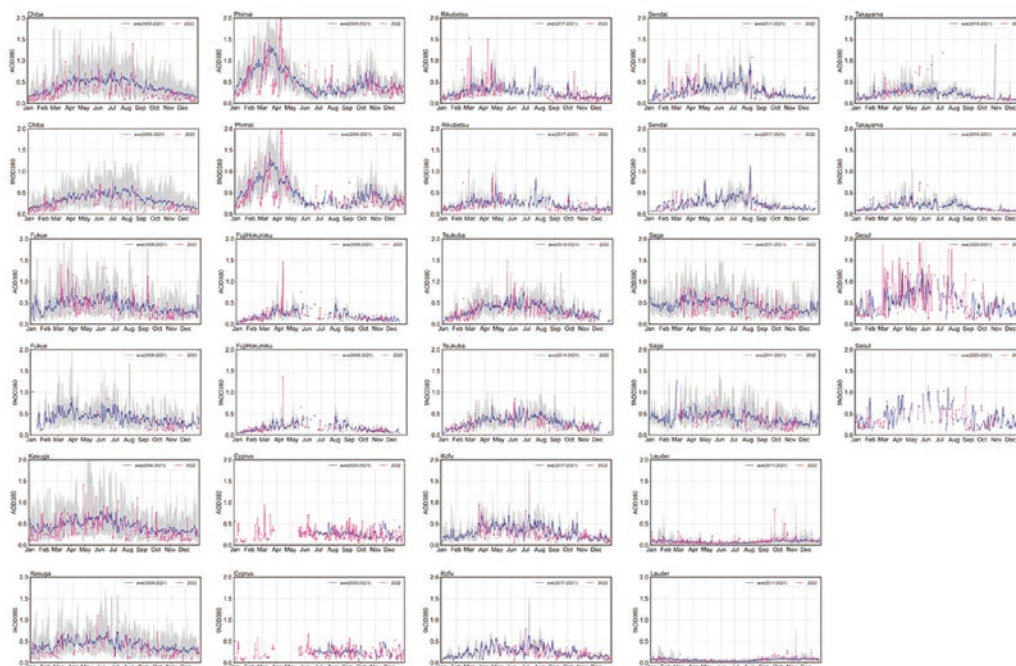


図1.4.2.2-2. SKYNETサイトのAOD（波長380nm）データの日平均値の時系列プロット。2022年のデータがピンクで示されている。また、過去の年の日平均値を複数年平均した値が紺色で、日平均値の最大値と最小値の幅が灰色で示されている。

◆◆1.4.2.3. 静止気象衛星を用いた陸域モニタリング (市井研究室)

◆◆◆1.4.2.3.1. ひまわり8号/AHIの地表反射率の推定と評価 (Li Wei、市井、Zhang Beichen、山本、楊偉)

【重点5：静止気象衛星観測網を活用した地球観測】

地表面反射率は、土地被覆や地表環境を把握するうえで重要なパラメータである。地表反射率は地表で反射された太陽光の割合を表し、地表の性質や観測幾何条件に依存する。近年、ひまわり8号などの次世代静止軌道衛星は、より高い観測頻度で観測を行うことが可能である。この観測データにより陸域生態系を10分毎に観測できるので、地上モニタリングの新たな観測データセットとして期待されている。

ひまわり8号に搭載されたAHIセンサデータからの地表面反射率を推定するために、6SV放射伝達モデルとAHI観測地域の気象・幾何学的条件に基づいて、大気補正ルックアップテーブルを設計した。地表面反射率を推定するための補助データとして、大気・エアロゾルデータとしてCAMSデータを、標高データとしてMERIT DEMを別途モデルに入力した。さらに、AERONETの地上観測データ（AOT、水蒸気、オゾン）とCAMSと比較し、入力データの誤差が結果に及ぼす影響の評価を行った。さらに、AHIとMODISの太陽・センサの観測条件が一致する地域を選択し、AHI地表面反射率推定値とMODIS地表面反射率プロダクトを相互比較した。

推定されたAHIとMODIS Terra/Aquaの地表面反射率の間には、全バンドで高い相関係数 ($r > 0.75$) を示し、本研究で推定された地表面反射率が妥当であることを示した (図1.4.2.3.1.)。一方厳密な雲や水のフィルタリングを実施したにもかかわらず、多数の外れ値が残っている。他のバンドに比較してAHI Band 6とMODIS Band 7の線形回帰の傾きが大きくなっているが、観測波長の応答関数の相互の調整が十分でないことを示唆している。

本研究では、大気補正処理を行うコードを公開し、同様に地表面反射率プロダクトの公開も予定しており、次年度にはユーザが利用できるプロダクトとして公開したい。

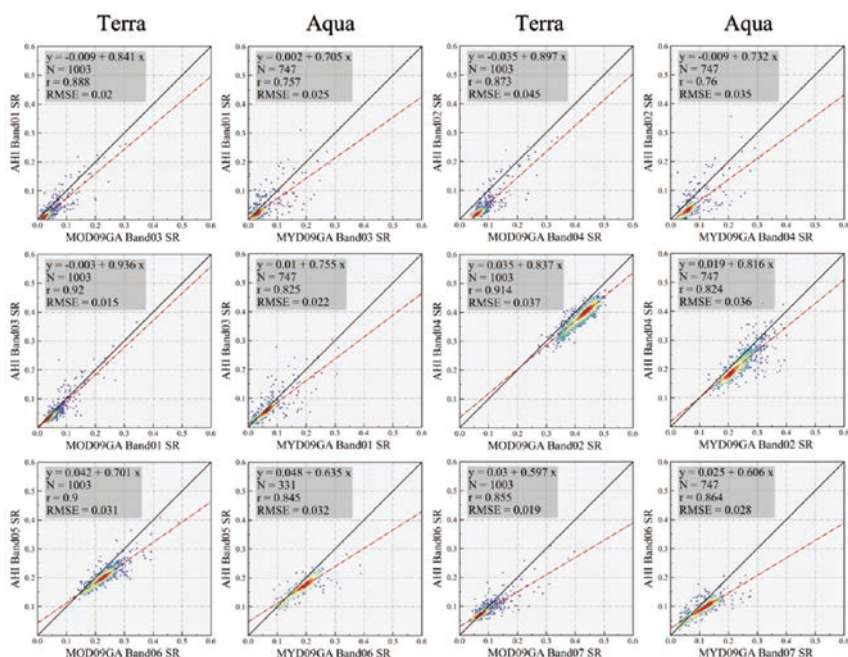


図1.4.2.3.1. Terra, Aqua MODISからの地表面反射率とHimawari-8/AHIからの地表面反射率の比較結果

◆◆◆1.4.2.3.2. ひまわり8号を用いたオーストラリア域の光合成量推定
(住井章吾、山本、市井)

【重点5：静止気象衛星観測網を活用した地球観測】

GPP (Gross Primary Production；総一次生産量)とは植生が光合成によって大気中から吸収した二酸化炭素の総量である。GPPの詳細な推定はグローバルな炭素循環のみならず、森林や農地の環境応答の理解・把握にも重要である。静止軌道衛星は高い時間分解能の日射量データを推定でき、これをGPP推定の入力情報として用いることで1日以下の時間スケールでの光合成モニタリングの実現が期待される。しかし乾燥地域における高温・乾燥環境下のGPPの再現性には課題があった。

本研究では、MODIS-GPPモデルとEC-LUEモデルの2つのGPP推定モデルを用いて、ひまわり8号日射量および数値気候モデルの気温・湿度データを入力として、半乾燥地域であるオーストラリア域のいくつかの観測サイトにおけるGPP推定を試みた。

3つの植生サイト (AliceSpringsMulga, CumberlandPlain, Warra) で観測されたGPPデータを用いて、GPP推定モデルの精度評価とモデルパラメータの最適化による改良を行った。改良前のモデル (図1.4.2.3.2.-1.) では観測値との乖離が見られたが、モデルパラメータの最適化を行うことでRMSEが22%~42%減少し、精度向上が確認された (図1.4.2.3.2.-2.)。またEC-LUEモデルの方がよりサイトの特徴を捉えることができた。しかしながら、半乾燥地域における温度・水ストレスを十分に再現することは難しかった。本研究により、オーストラリア域の半乾燥域におけるGPPの日内変動は概ね推定できることが示された。ただし、環境ストレスの精緻な推定には、気象データの高時間分解能やモデルのストレス項の改善やモデルのストレス項の改善が必要である。

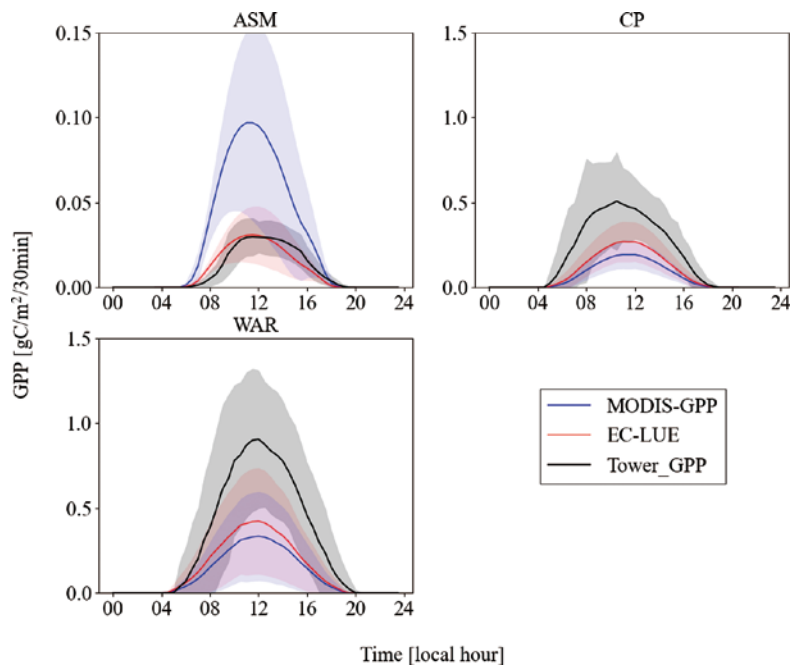


図1.4.2.3.2-1. 2019年1月1日～2019年12月31日における30分毎のGPP推定値および観測値の日内変動。ただしWARについては訓練データとテストデータを合わせて使用した。各実線（青線：MODIS-GPP 赤線：EC-LUE、破線：観測値）は平均値を示し、対応する色の帯は標準偏差（ $\pm\sigma$ ）を示す。

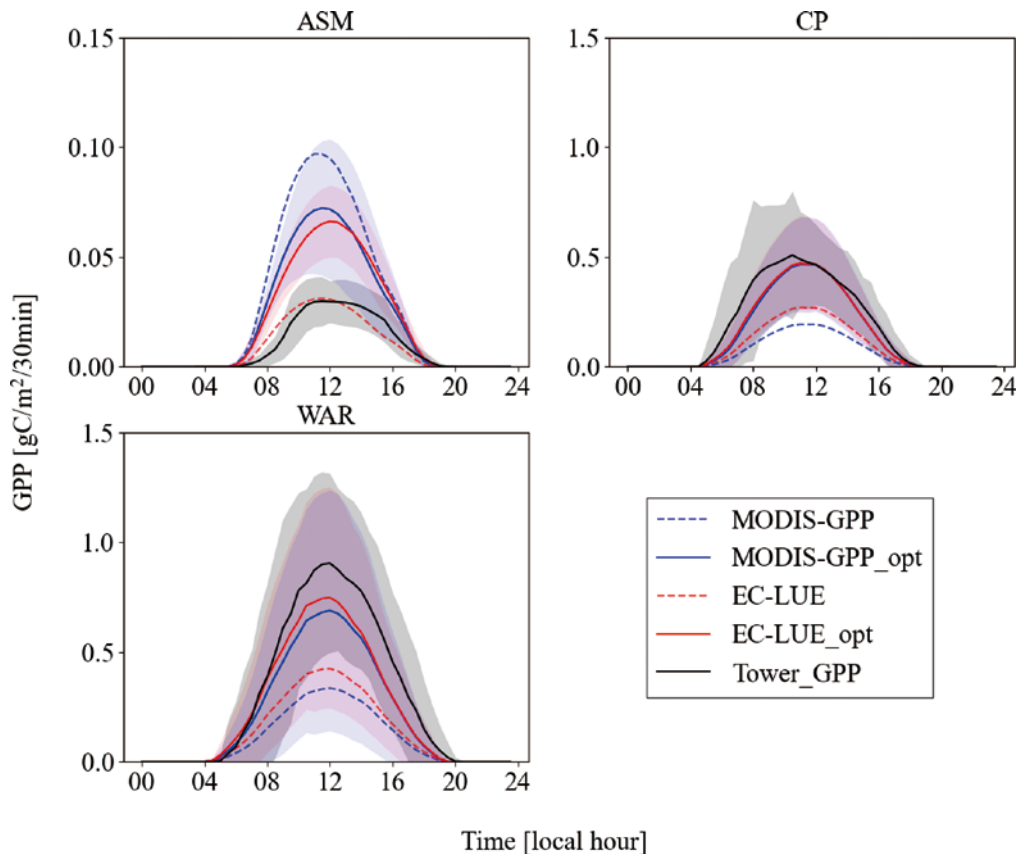


図1.4.2.3.2-2. 3つの観測サイトにおける2019年1月1日～2019年12月31日における30分毎GPPの平均日内変動。ただしWARについては訓練データとテストデータを合わせて使用した。各線（青破線：MODIS-GPP 赤破線：EC-LUE、灰色：観測値、青実線：最適化後MODIS-GPP、赤実線：最適化後EC-LUE）は平均値を示し、対応する色の帯は標準偏差（ $\pm\sigma$ ）を示す。

◆◆◆1.4.2.3.3. ひまわり8号の地表面温度の日変化を用いた植生成長のストレスの検出
(山本、市井)

【重点5：静止気象衛星観測網を活用した地球観測】

地球温暖化の進行に伴い、熱波や干ばつ等の異常気象の激甚化と頻発化が懸念されている。異常気象が植生環境に与える影響は、農作物の品質・収量低下やCO₂吸収量の低下など、社会的にも気候的にも非常に深刻な問題である。現在の植生モニタリング手法の多くは、極軌道衛星が観測する分光植生指標に依存しており、数日単位で植生の量や色付きの度合いを知ることができる。しかしながら、異常気象による急速な環境変動や、変色や枯死に至る前段階の高温・乾燥ストレスを検出することは困難である。

本研究では、日本の静止気象衛星ひまわり8号の高時間分解能を活用して、地表面温度の日変化に基づく新しい植生モニタリング手法を提案した。ひまわり8号は晴天下の地表面温度を約2kmの空間分解能で10分毎に推定でき、雲による遮りの少ない晴天日であれば温度日変化の情報が得られる。日変化の波形にDiurnal Temperature Cycle (DTC) モデルをフィットさせることで、波形を特徴付けるDTCパラメーターを推定した(図1.4.2.3.3.-1)。温暖湿潤気候である日本・朝鮮半島において、どのDTCパラメーターが乾燥化の検出に利用できるかを、土壌水分量や分光植生指標との相関分析によって議論した。その結果、猛暑時において日較差が平年時よりも増大した地域は、土壌水分量の低下に対応し、日較差が乾燥化の検出に有用であることが示された(図1.4.2.3.3.-2)。また、分光植生指標が低下した地域では日最高温度の上昇がみられ、高温による植生のダメージが確認された。日較差と日最高温度を活用することで、高温・乾燥による被害の段階的な評価が期待できる。

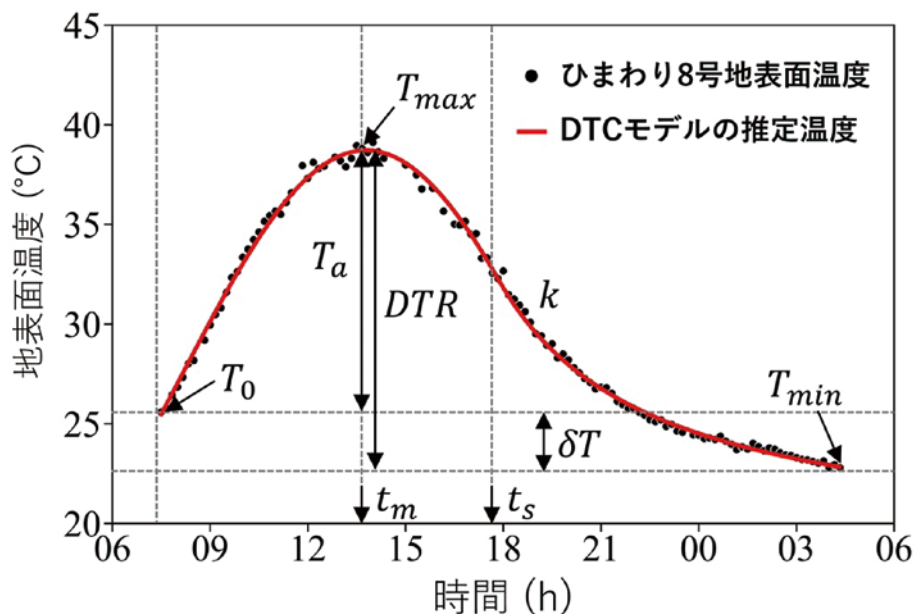


図1.4.2.3.3.-1. DTCパラメーターの推定例。T_{max}：日最高温度、T_{min}：日最低温度、DTR：日較差、T₀：日の出付近の温度、T_a：日中の変化幅、 δT ：夜間の変化幅、t_m：ピーク時刻、t_s：夜間の温度低下の開始時刻、k：冷却時定数。

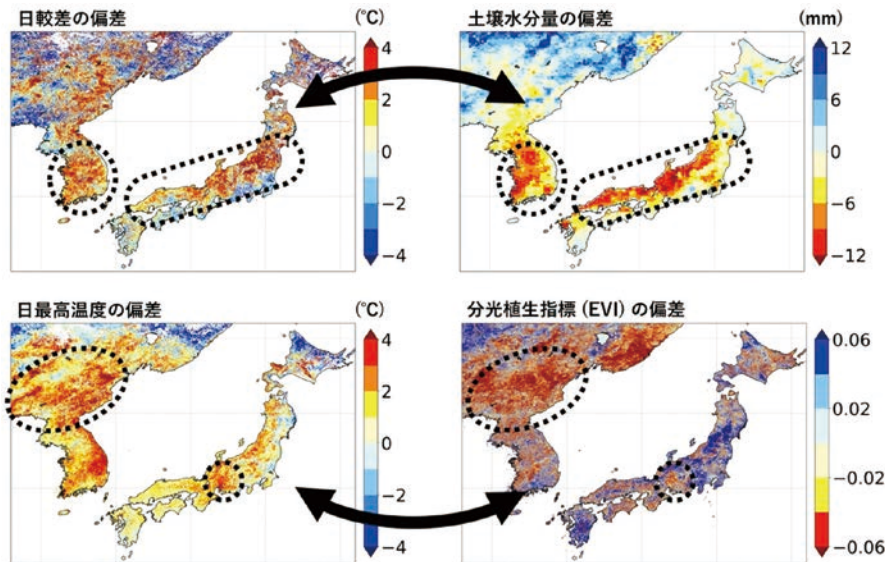


図1.4.2.3.3.-2. 2018年の猛暑時における日較差、日最高温度、土壌水分量、分光植生指標 (EVI) の平年値からの偏差。日較差の増大と土壌水分量の低下の分布に対応がみられる。EVIが低下した地域では日最高温度の大きな上昇がみられる。分光植生指標で判別が困難なレベルの乾燥シグナルを、日較差で検出できた一例である。

◆◆1.4.2.4. 静止衛星による太陽放射量の準リアルタイム解析
(竹中)

【重点5：静止気象衛星観測網を活用した地球観測】

CEReSデータベースにて公開しているAMATERASSデータセットの学外からのダウンロード統計が2022年度末時点で1億5千万回を越えた。図1.4.2.4.-1.に年度毎の統計値と累積値を示す。2020年から始まったコロナウイルスの世界的なパンデミックの影響なのか一時的にダウンロード数は低下したが、2022年度は年間のダウンロード数が3,790万回を越えており、これまでの年間ダウンロード数の中で最も多い。これはパンデミックが収束に向かったことでユーザーの研究活動が戻りつつあると考えられる。統計開始時点2012年度からの累積ダウンロード数は2022年3月末時点で153,563,430回となっている。また、AMATERASSは解析に使用する衛星観測データを「ひまわり」の切り替えに伴って継続的に衛星を切り替えて準リアルタイム解析を実行してきた。2015年7月7日に7号から8号へ切り替えが行われ、今年度は2022年12月13日に9号へ切り替えが行われた。衛星の切り替えに関わりなくAMATERASSデータのダウンロード数は増加傾向であることから特定の衛星ではなくAMATERASSのプロダクトそのものに価値が認められていることが分かる。また、AMATERASSの解析が開始された2007年7月7日から数えると15年が経過したことから、今後はアーカイブされたデータを活用して中長期的な傾向について解析する予定である。

AMATERASS dataset download counts

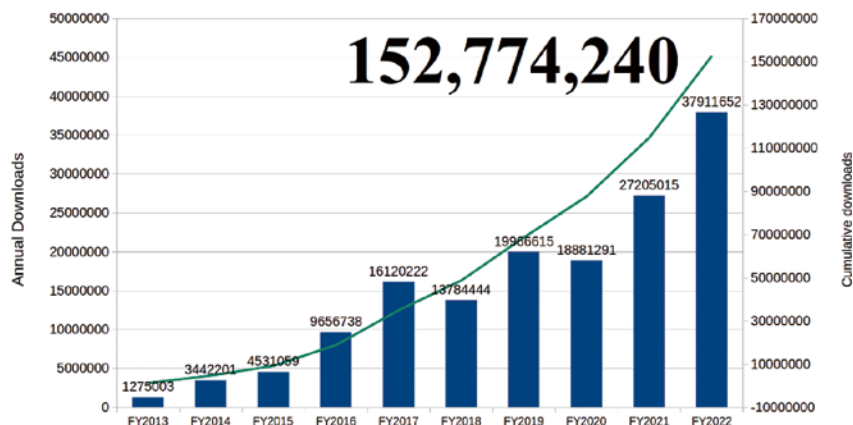


図1.4.2.4.-1. CEReSデータベースにて公開されているAMATERASSデータセットのダウンロード数推移。2020年初頭から始まったコロナウイルスの世界的なパンデミックによってダウンロード数は一時的に落ち込んだが、2022年度は年間で3,790万回を越えており、統計開始2012年度からの累積値は1億5千万回を越えた。

今年度はAMATERASSアルゴリズムのアップデートに関する開発作業が複数並行して行われた。フランスのリール大学と共同で静止衛星によるエアロゾル解析を進めている。GRASPは衛星による観測情報を時空間的な繋がりに基づいて大気と陸面を同時に解析する最も先進的なアルゴリズムの一つである。地表面の時間的な変動が少ない事とエアロゾルの空間的な変動性が相対的に小さいことを利用して複数の観測データをまとめて解析し一度に解を得る。これらの特性を利用することで地表面とエアロゾルの光学特性を求める場合に高精度な解析が可能となる。陸面はRoss-Li BRDFモデル、海面はCox-Munkモデルを適用し、4種類のエアロゾルモデル(Soot, Urban, Oceanic, Dust)を混合して使用する。複数の観測データを用いて一度に解を求めることから、旧来の衛星解析アルゴリズムの10倍以上の衛星観測シミュレーションが必要となる。また、一般的な解析アルゴリズムに比べてパラメータ数が多いためLook-up tableの作成は不可能である。衛星データを使用して広域を網羅する解析を行うためには高速な解析を可能にすることが不可欠である。この問題に対処するため新たに開発した学習アルゴリズムによる放射計算ソルバをGRASPに適用した。過去に開発した歪誤差逆伝播法(Distortion Back-propagating method)は放射フラックスの計算を高精度に学習することで1,000倍程度の高速化を実現しAMATERASSにおける2.5分毎の日射量準リアルタイム解析を実現した。本研究ではニューロンが能動的に学習することをコンセプトに新しい学習アルゴリズムを構築している。Active learningは学習によって計算精度の向上に貢献したニューロンがより良い報酬を得る形で学習が行われる。これにより放射伝達計算によってシミュレートされる衛星搭載センサのシグナルを高精度に学習することでエアロゾルなどの大気要素をリトリブするための高速なソルバーとなる。作成された放射計算ソルバTRANS-AM(Radiative Transfer Acceleration Module)はGRASPの放射伝達計算に比べて150倍以上高速であることが確認されており、正味の解析速度は100倍程度が期待されている。図1.4.2.4-2.にテスト解析の結果を示す。これはAERONET地上観測点付近のみのみまわり観測データをピックアップして解析を実行し、AERONET地上観測データ解析値との比較を行ったものである。AERONETの観測データは43地点が使用されている(‘AOE_Baotou’, ‘Beijing’, ‘Beijing-CAMS’, ‘Beijing_PKU’, ‘Beijing_RADI’, ‘Birdsville’, ‘Bukit_Kototabang’, ‘Chiang_Mai_Met_Sta’, ‘Chiayi’, ‘Dalanzadgad’, ‘Dhaka_University’, ‘EPA-NCU’, ‘Fowlers_Gap’, ‘Fukuoka’, ‘Gandhi_College’, ‘Gangneung_WNU’, ‘Gwangju_GIST’, ‘Hankuk_UFS’, ‘Hokkaido_University’, ‘Irkutsk’, ‘Kanpur’, ‘Kaohsiung’, ‘Luang_Namtha’, ‘Lulin’, ‘Lumbini’, ‘Makassar’, ‘Mandalay_MTU’, ‘Manila_Observatory’, ‘Nong_Khai’, ‘Noto’, ‘Omkoï’, ‘Osaka’, ‘Palangkaraya’, ‘Pokhara’, ‘Seoul_SNU’, ‘Silpakorn_Univ’, ‘Taipei_CWB’, ‘Tomsk_22’, ‘Ussuriysk’, ‘XiangHe’, ‘Xitun’, ‘XuZhou-CUMT’, ‘Yonsei_University’)

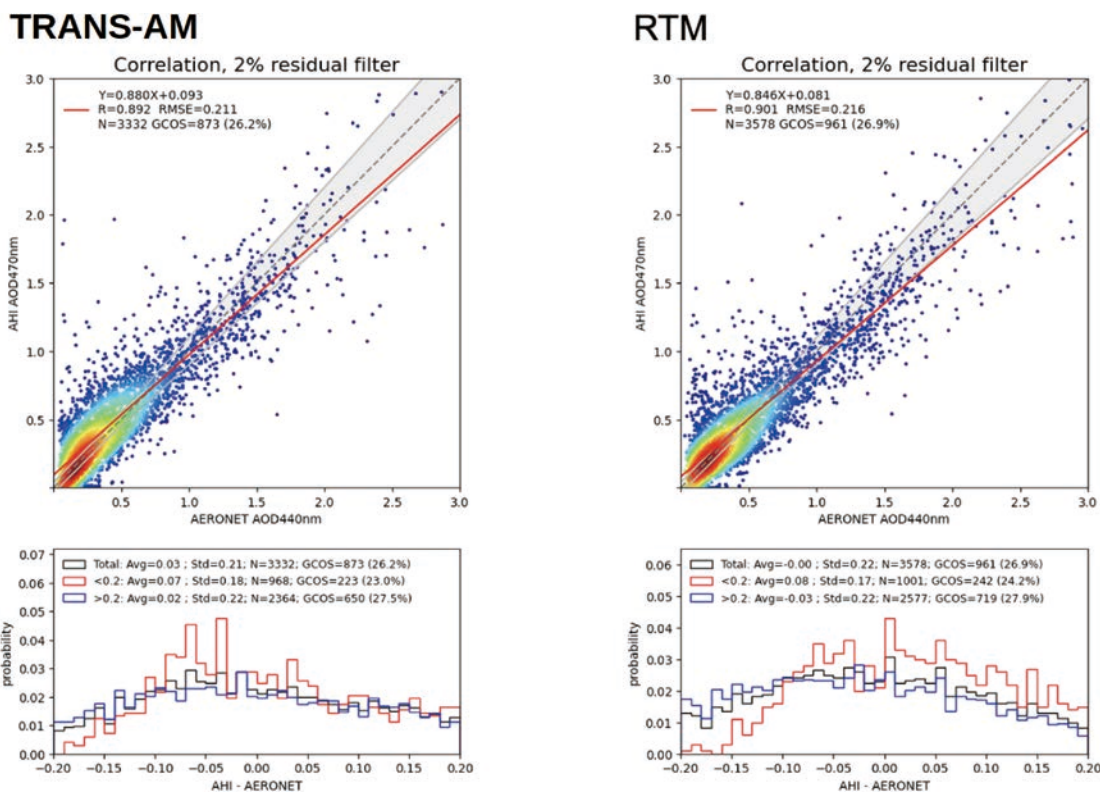


図1.4.2.4-2. GRASP/TRANS-AMによるひまわり8号観測データを用いたエアロゾル解析例。ひまわり8号から解析されたエアロゾルの光学的厚さはAERONET観測地点43箇所の地上観測データによって検証された。

検証結果は地上観測に対して良い相関を示し全体の誤差傾向も放射伝達計算による直接解と比べてほとんど変わらない。これは新しい学習アルゴリズムによって作成された放射計算ソルバが十分な精度を持っていることを示している。この検証結果を受けて現在はひまわりデータ全体を使った広域の解析を行う準備を進めている。さらに、新しい雲解析アルゴリズムの開発を東京大学大気海洋研究所と共同で開始した。従来の雲解析では大気層の取り扱いを簡略化した解析が行われていたが、新しい解析アルゴリズムではより現実に近い大気を仮定することで高精度な解析を実現する。しかしながらそのためには放射伝達計算による衛星観測シミュレーションの計算コストが極端に増加しこれまで解析の実行は現実的では無かった。本研究はこの問題をTRANS-AMによって解決した。図1.4.2.4-3.にテスト解析の一例を示す。水雲の粒子は球形で仮定し、氷雲はボロノイモデルが適用されている。従来の簡略化された手法では特に光学的に厚く発達した雲の光学特性の解析結果に問題があったが、より妥当な解析値となっていることが分かる。今後はさらなる高精度化と高速化を進めていく。

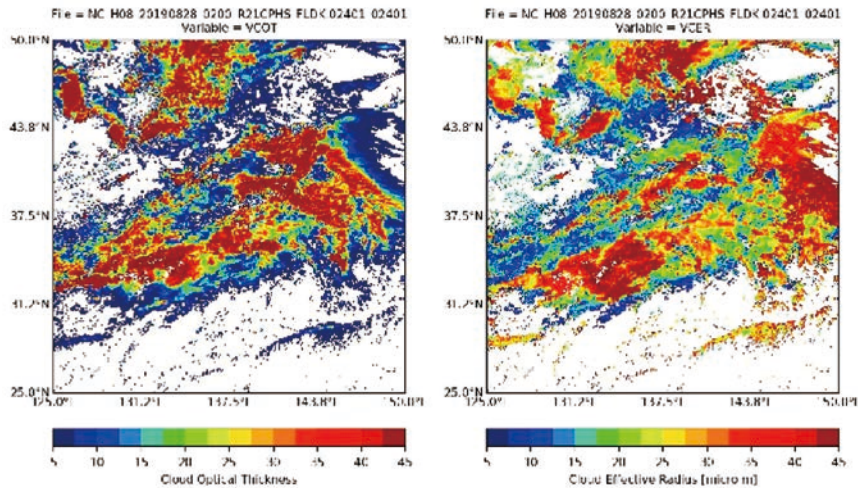


図1.4.2.4-3. TRANS-AMを応用した新しい雲解析の一例。特に発達した雲の光学特性の推定において従来のアルゴリズムよりも妥当な結果が得られることが確認された。

AMATERASSデータはこれまで特に再生可能エネルギーの分野において積極的に活用されてきた。広域高時間分解能の日射量データは太陽光発電と太陽熱利用にとって重要な要素である。今年度はスマート街路灯を活用した日射量の推定に関してウェザーニューズ社と協力し論文を発表した [Iwase and Takenaka, 2022]。スマート街路灯は今後普及が期待されている新しいデバイスであり、街路灯としての機能の他にインターネットを介して様々な情報をやりとりすることが可能であり防犯/セキュリティを含めて様々な活用が考えられている。この研究ではスマート街路灯が太陽光パネルを装備していることを利用してその発電量から設置地点の日射量を推定する手法が構築された。これはAMATERASSで行われている日射量から発電量を求める逆向きの解析を実行していることになるが、最も重要な点が太陽光パネルの温度を正確に推定する点において共通している。この研究ではHeat transfer modelを用いて太陽光パネルの温度を推定し発電量から日射量を得る。図1.4.2.4-4.に解析結果の一例を示す。広域をカバーする衛星による日射量解析では基本的に都市キャノピー上端の日射量を推定するが、このアプローチでは地上付近の実測に近い日射量が得られるため建物などの遮蔽物の影響も得ることができる。今後再生可能エネルギーの普及が進むためには都市部への積極的な適用が不可欠である。そのためには都市部の任意地点における日射量データが重要な要素となる。多数のスマート街路灯の普及によって任意地点の日射量が得られるならば、ビル影などの影響も加味した任意地点の任意時間における太陽光ポテンシャルのデータを得ることができる。将来的な都市設計において具体的なデータが得られるならば有効なデータとなるだろう。

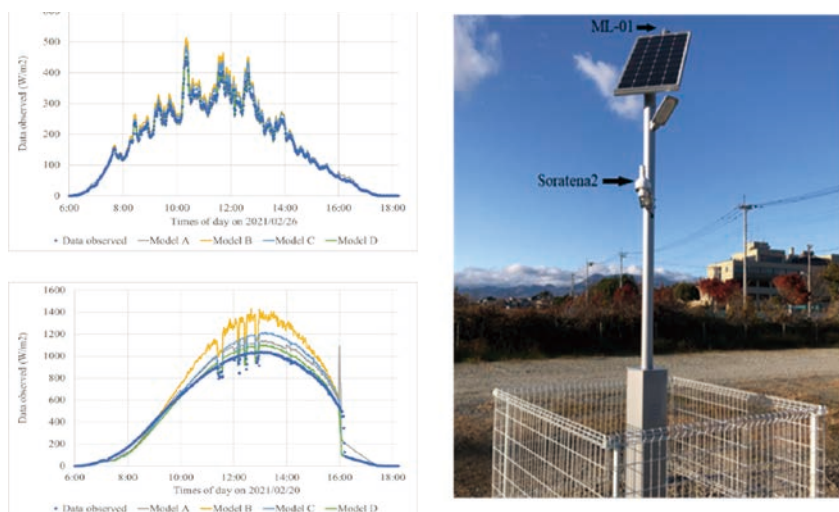


図 1.4.2.4-4. スマート街路灯の太陽光パネルを利用した Heat transfer モデルによる日射量推定例 (Iwase O., Takenaka H. New system designed for monitoring of solar radiation in urban areas. *Energy Sci Eng.* 2022; 10: 3471-3492. doi:10.1002/ese3.1233)。

1.5. プログラム5：社会実装プログラム

様々なステークホルダーとの協働を通してリモートセンシング研究の成果を社会実装し課題解決を行う。

Program 5: Social Implementation

Implementing the results of remote sensing research into society and solving problems through collaboration with various stakeholders.

[研究内容と令和4年度の成果]

◆1.5.1. 気候変動適応策としての農業保険システムへのテクノロジーの統合 (本郷千春)

食料安全保障や気候変動適応策が全世界的に大きな関心を集め、それに関する研究や様々な取り組みが行われている。我々は研究成果の社会実装を基本的スタンスとして、持続的な食料生産を可能にする社会システムの構築に取り組んでいる。ここでは2022年度の研究から、主要な研究成果を報告する。

◆◆1.5.1.1. 食料安全保障を目指した気候変動適応策としての農業保険における損害評価手法の構築と社会実装 (JST/JICA地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム：SATREPS代表 本郷千春)

【重点6：地域農業】

本課題は、気候変動の適応策である農業保険制度の取り組みを開始したインドネシアを対象として、「気候変動の適応策である農業保険のインドネシアにおける普及を通して国際的な規模での食料安全保障に貢献する」ことを上位目標に、「農業保険制度の中核である損害評価を効果的・効率的に遂行可能な新しい損害評価手法を構築し社会実装する」ことを目的に以下の5研究題目で構成されている。

- (1) 損害評価手法の構築・運用のための情報基盤の整備
- (2) 客観的、効率的、広域的な新たな損害評価手法の構築
- (3) 現行の評価手法と新たな損害評価手法の統合及び改良
- (4) 新たな損害評価手法の社会実装
- (5) 評価手法の開発および運用に関するキャパシティ・ディベロップメント

=リモートセンシングで水稻の損害評価の効率化を実現=

▶研究の背景・相手国のニーズ

気候変動の適応策として期待される農業保険は食料安全保障のための重要な社会インフラとして運用されているが、運用後間もないインドネシアでは多くの課題があった。最大の課題は、農業保険の中核である損害評価の迅速化と評価結果の客観性にあった。プロジェクトでは水稻を対象とし、保険の対象である干ばつ害、病虫害、水害について、迅速で客観性の高い損害評価手法の構築と社会実装を西ジャワ州及びバリ州で行うことを目指した。

▶新たな損害評価手法の構築と社会実装

従来の損害評価は評価員が目視で行っていたが、プロジェクトではUAVや衛星データ等の空間情報を駆使した評価プロセスを創り、現場のニーズを直接的に取込みつつ、損害評価員・関係者らと共同で現行手法を統合した新たな損害評価手法を構築した。検証の結果、評価時間の短縮、労力削減、客観性が確認され農業保険における損害評価手法としての有効性が示され、新損害評価プロセスをテクニカルガイドラインとして纏めた。構築した損害評価手法は農作物の生育状況を圃場単位で迅速かつ広範囲に評価することが可能であること、評価に必要な情報をマルチユースできることから、今後は様々な病虫害やイネ以外の作物への適用、更に農業保険だけでなく、農業セクターにおける多様なニーズに対する横断的な活用が期待される。また、若者の農業離れが深刻なインドネシアでは、UAVや衛星画像等のハイテクを扱う本プロジェクトは、農業の近代化への貢献と同時に若者に農業の新たな道を提示した。

一方、農業保険制度は国が制度の維持・改善を管掌し、州政府は損害に係る実務を管掌している。評価手法に関しては農業省作物保護局の認知と承認を得る必要がある。そこで新たな評価手法の実際の運用に向けて中央省庁に働きかけた結果、農業省作物保護局長からプロジェクトで構築した手法の使用を支持する旨の書簡が西ジャワ州農政局長へ出状され、高い評価を得ることができた。今後は西ジャワ州内及び他州に広く展開される見通しである。本成果はJST終了時評価においてA+という高い評価を得ることができた。



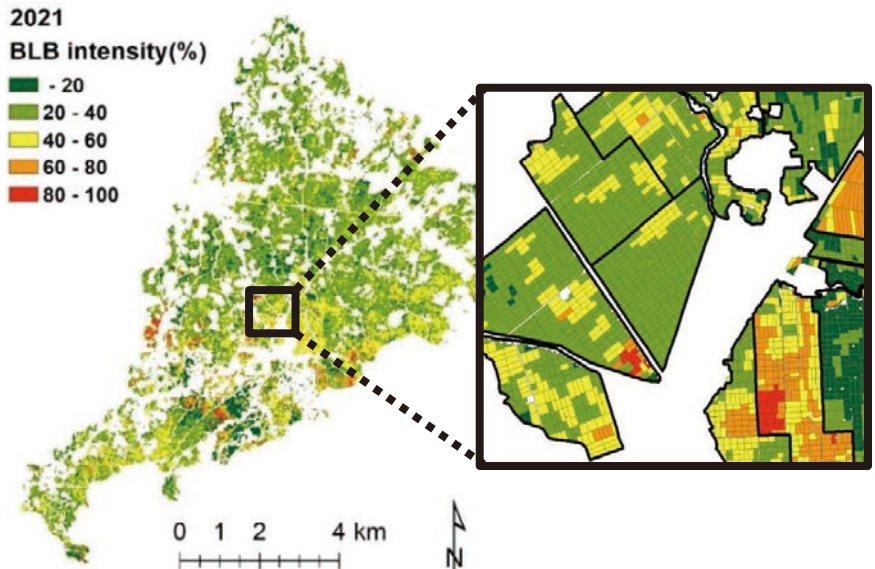


図1.5.1.1-1. 衛星データを用いたイネ白葉枯病の損害評価結果の事例

TEKNOLOGI

Drone Mapping di bidang Pertanian menggunakan DJI Phantom 4 Multispectral

Penggunaan drone di bidang pertanian kini semakin banyak peminatnya, mengingat besarnya kebutuhan masyarakat akan hasil data yang relevan dan akurat maka dengan drone DJI phantom ini pengambilan foto udara akan menjadi lebih mudah. Melalui beberapa proses pemetaan yang menggunakan drone yang biasa terbilang cukup sulit. Proses pemetaan yang dilakukan dengan menggunakan drone DJI phantom sudah dilengkapi dengan GPS. Dengan semakin majunya teknologi drone maka banyak inovasi baru yang dibuat untuk memudahkan setiap pekerjaan manusia termasuk dalam bidang pemetaan (Anonim, 2021)

Pelatihan drone di Balai Pelatihan Pertanian Cianjur merupakan salah satu pelatihan penggunaan drone yang dilaksanakan khusus petugas PPT yang terlibat dalam kegiatan S&E R&ES jejaring Indonesia dalam kegiatan Pemetaan Jarak Jauh untuk pemetaan kerusakan tanaman padi oleh OPT dan DPT.

Penginderaan jauh merupakan sebuah ilmu dan juga seni untuk memperoleh informasi dari sebuah objek yang ada di permukaan bumi, tanpa harus kontak langsung dengan objek tersebut. Biasanya teknologi penginderaan jauh menggunakan prinsip penggunaan sensor yang ditempatkan pada sebuah wahana yang dapat berupa satelit, pesawat, UAV/drone, serta wahana lain, dengan memanfaatkan hasil interaksi gelombang elektromagnetik dari objek di permukaan bumi.

Dari berikut berbagai manfaat yang dapat diperoleh dari data citra satelit di bidang pertanian:

1. Identifikasi areal pertanian seperti misalnya areal persawahan dengan metode interpretasi manual ataupun klasifikasi penggunaan lahan secara otomatis dan semi otomatis menggunakan sebuah software seperti misalnya software ENVI, ArcGIS, dan lain sebagainya.
2. Setelah mengetahui sebuah areal pertanian di sebuah wilayah, kita dapat mengetahui hasan areal tersebut menggunakan software-software geospasial yang tersedia sekarang ini seperti QGIS, ArcGIS, Global Mapper, ENVI, dan lain sebagainya, sehingga nantinya kita dapat melakukan estimasi produksi hasil pertanian.
3. Salah satu keunggulan satelit observasi bumi saat ini yaitu kemampuan kebawah ke sebuah areal lapangan dalam membantu masalah huri dengan cakupan area yang luas dalam satu kali perekaman, sehingga kita dapat memantau fase pertumbuhan suatu tanaman pada areal pertanian.
4. Kita juga dapat memantau apakah di sebuah wilayah terjadi alih fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian, sehingga nantinya instansi instansi terkait seperti instansi areal pertanian yang telah berubah fungsi yang sebelumnya dapat dijadikan salah satu sumber data masukan untuk melakukan berbagai kebijakan untuk memajukan pertanian tersebut.
5. Dengan menggunakan algoritma pada data citra satelit menggunakan sebuah software, dapat diketahui tanaman yang sehat atau tidak pada sebuah lahan pertanian atau mengetahui lahan lahan pertanian mana yang memiliki kekerugia, sehingga nantinya petani area pihak pihak terkait dapat mengambil berbagai langkah untuk menunjang atau memelihara kesehatan tanaman yang terkena penyakit serta lahan-lahan pertanian yang terganggu keberingun, serta banyak hal lain yang dapat dilakukan dengan melakukan pengolahan dan analisis data dari citra satelit (Anonim, 2021).

Kegiatan pelatihan ini menggunakan Drone DJI Phantom 4 Multispectral. Produk modifikasi terbaru telah dirilis oleh DJI yaitu Phantom 4 Multispectral. DJI mengklaim bahwa Phantom 4 Multispectral ini merupakan drone pertama yang mengintegrasikan layanan aerial dengan pemetaan multispectral untuk kepentingan pertanian.

DJI Phantom 4 Multispectral Untuk Agrikultur Presisi dan Manajemen Pengelolaan Lahan

Perbandingan hasil gambar dari kamera RGB dan indeks NDVI dari kamera multispectral

図1.5.1.1-2. 西ジャワDISTANの機関誌に掲載されたプロジェクト活動報告の抜粋

▶ COVID-19パンデミックへの対応—コロナと共に—

約6年間のプロジェクト期間中には極めて多くのことがあったが、やはりCOVID-19パンデミックが一番大きなインパクトをもたらした。2020年春から日本とインドネシア相互の渡航が出来なくなったが、本プロジェクトにおいては構築した手法の社会実装を実践することが重要との認識の下、オンラインを活用した実装を計画し実施した。まず日本側が実装の基本的な計画を策定し、それに基づいてインドネシア側が実装体制を作り、実施の具体的詳細についてはオンラインを活用してインドネシア側に指示・アドバイス・支援する体制を作り上げて

社会実装を行った。これが結果として逆にオンラインによるコミュニケーションの増加をもたらし、インドネシア側の主体性向上の促進に繋がったことからプロジェクトの推進が加速される結果となり、大きな嬉しい誤算となった。

https://www.jst.go.jp/global/hyouka/pdf/h2804_indonesia_terminal-evaluation-report.pdf

https://www.jst.go.jp/global/public/pdf/jstnews_202205.pdf



◆◆1.5.1.2. 多年度UAVデータを用いたイネ白葉枯病の被害把握 (磯野 惇・本郷千春)

【重点6：地域農業】

1. はじめに

イネ白葉枯病 (Bacterial leaf blight of rice, 以降BLB) は細菌 *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* により感染する病気である。インドネシアでは毎作期多くの地域で発生が確認されているため、圃場単位での迅速かつ正確な被害把握が重要となる。そのため、リモートセンシング技術の活用はBLBの被害実態を把握するために有効と考えられる。既往の研究では、衛星データとBLB被害率との間には高い相関関係が確認された例 (高橋ら、2018) や正規化した緑バンドとレッドエッジバンドを組み合わせたNRGIを用いてBLB被害率を推定した例 (渋谷ら、2021) などがある。中でも、UAVは衛星と比較し、機動性に優れ、高解像度での観測が可能といった特徴を兼ね備えているため、より高頻度かつ詳細な被害把握が可能と考えられる。これまでに、UAVデータとBLBとの関係解析を行い、正規化した赤バンドは特に強い相関関係が認められ、BLB被害把握の有効な指標になることが示唆されている (Isono et al, 2022)。一方で、既報では主に乾期作データを対象にしており、雨期作データを含めた解析を行っていない。そこで本研究では、乾期作及び雨期作に取得したデータを用いて汎用性のある推定式を作成し被害把握を行うことを目的とした。

2. 対象地域及び対象時期

本研究では、インドネシア共和国西ジャワ州チアンジュール県北東部チヘア灌漑地区を対象地域とし、対象時期は2021年雨期作、2021年乾期1作目、乾期2作目、2022年雨期作とした。

3. 使用データ

UAVデータとして、可視域及び近赤外域に観測波長帯を有するP4 multispectral (DJI社) で撮影した画像を用いた。また、幾何補正時の参照画像としてWorld View-2のオルソ補正済みパナクロマティック画像を用いた。地上調査データとして、現地の損害評価員が約10日おきに取得した調査地点の位置情報データ、SPAD値、株単位で算出されるBLBスコア (0、1、3、5、7、9)、圃場単位で算出されるBLB被害率を用いた。なお、地上調査は圃場ごとに10株を対象に行い、2021年雨期作は9圃場、2021年乾期1作目は30圃場、乾期2作目は18圃場、2022年雨期作は23圃場の計80圃場分のデータを使用した。

4. 解析手順

はじめに、P4 multispectralで取得した画像を画像処理ソフト「Metashape professional」(Agisoft社) に取り込み、オルソモザイク画像を作成した。その後、WorldView-2画像を参照画像として幾何補正を施した。オルソモザイク画像の幾何補正後、以下の手順で正規化反射率画像を作成した。最初に、式1より4波長の反射率の相加平均値を算出し、次に式2のように各バンドの反射率を相加平均値で正規化する。なお、正規化した反射率は、0から4までの値をとる。

$$r_0 = \frac{\text{Green} + \text{Red} + \text{Red edge} + \text{NIR}}{4} \quad (1)$$

$$\text{NGreen} = \frac{\text{Green}}{r_0} \quad (2)$$

次に、位置情報データを用いて調査地点における正規化反射率を抽出した。加えて、抽出した正規化反射率を基にNDVI、GNDVI、NRGI (Red edge multiplied by Green edge Index) の3つの指数を算出した。NRGIについては以下の式で算出される。

$$\text{NRGI} = \text{NGreen} \times \text{NRed edge} \quad (3)$$

また、各調査圃場において、10地点ずつ抽出した正規化反射率及び算出した指数に対して平均値を求め、圃場全体の代表値とした。その後、各バンドの正規化反射率及び指数を横軸、BLB被害率を縦軸にとり散布図を作成し、相関係数及び有意確率に基づいて両者の関係を考察した。次に、相関関係が確認されたバンドの反射率及び指数とBLB被害率を用いて回帰分析を行い、BLB被害率方程式を作成した。また、10群クロスバリデーションにより推定精度の検証を行った。最後に、推定式をオルソモザイク画像に代入し、BLB被害率推定マップを作成し、BLBの被害状況を可視化した。

5. 結果及び考察

正規化処理済みのUAV反射率及び植生指数とBLB被害率との相関関係を解析した結果、赤バンド及びNDVIで相関係数0.6を上回り、両者の間に中程度の相関関係が確認された。正規化赤反射率とBLB被害率の関係をFig.1、NDVIとBLB被害率の関係をFig.2に示す。赤バンドと正の相関関係が確認された理由としては、被害率が高いほどクロロフィルが減少し、葉色に違いが生じたためと考えられる。BLBに罹病した場合、葉の葉縁部が黄化し、感染が進行していくと灰白色に変化するという病徴が見られる。NDVIと負の相関関係が確認された理由としては、BLBに罹病した場合、赤バンドの反射率が增加、近赤外バンドの反射率が減少したためと考えられる。なお、本研究では、作期の異なるデータを使用しているが、正規化処理を行ったことで、雨期作と乾期作の季節変化による反射率の差が軽減されたと考えられる。続いて、正規化赤反射率を説明変数として回帰分析によりBLB被害率推定式を作成した結果、推定式の決定係数は $R^2=0.37$ となり、1%水準で有意であった。10群クロスバリデーションによる精度検証を行ったところ、 $RMSE=16.7\%$ の誤差でBLB被害率を推定可能なことが確認された (Fig.3)。Isono et al (2022) による乾期作データのみを使用した場合よりもRMSEが約2%小さくなっており、雨期作及び乾期作で利用可能な汎用性のある推定式を作成することが可能であった。一方で、実測被害率が高い場合には過小評価となる傾向があるため、データを蓄積し精度を向上させていくことが必要である。BLB被害率推定式を用いて作成したBLB被害率推定マップをFig.4に示す。現状は末端の灌漑ブロックから3圃場を選定及び評価をしているが、UAVを活用することで被害発生エリアを迅速かつ詳細に被害を把握できると考えられる。

本研究の結果から、多年度のUAVデータを用いて作期に関係なく汎用性のある推定式を作成できる可能性が示唆された。今後は別作期のデータを追加しデータ蓄積を行うとともに、UAVを活用したBLB被害評価手法の構築を進めていく予定である。

本研究は、JST/JICA地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) において実施されたものである。

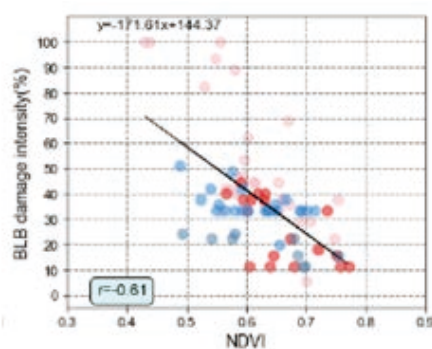
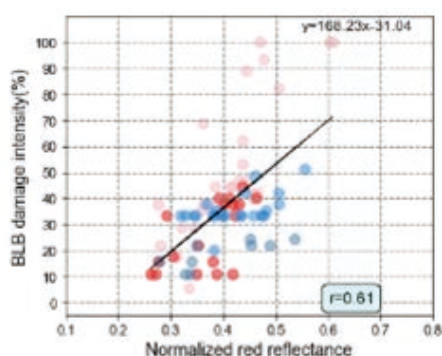


Fig.1. Relationships between NRed and BLB damage ratio Fig.2. Relationship between NDVI and BLB damage ratio

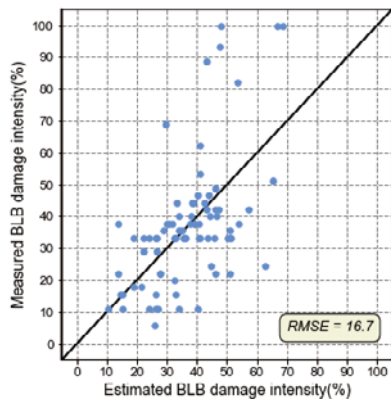


Fig.3. Comparison between estimated BLB damage ratio and measured BLB damage ratio by cross-validation

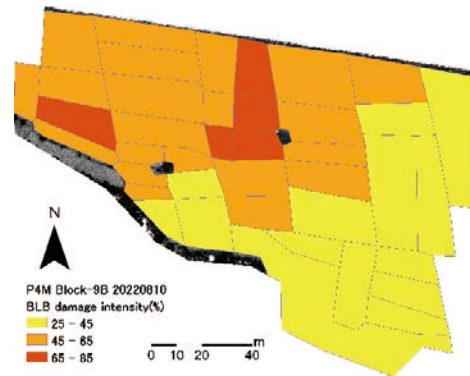


Fig.4. Map of estimated BLB damage intensity

◆1.5.2. Sentinel-2衛星画像を用いた千葉県と北海道における水稲作付面積のモニタリング (楊 偉)

【重点6：地域農業】

水田は食糧自給率や水資源問題、生物多様性保存、気候変動などの環境問題においてとても重要な役割を果たしている。米は世界でも約半分の人々が主食にしており、モンスーンアジアに生産が多く、日本もその一部である。日本は狭い国土面積のためにほとんどの水田が1ヘクタール未満である。したがって、リモートセンシングを用いた水稲や水田の検出にはMODISなどの低空間分解能では難しい。令和4年度では、水田の湛水信号を用いてSentinel-2衛星画像による灌漑されたピクセルを抽出し、水稲の作付面積をマッピングする手法を開発した(図1.5.2-1.)。この手法はGoogle Earth Engine (GEE) というクラウドコンピューティングを用いて膨大な数の衛星データを扱うことができる。農林水産省 (MAFF) 発行の水田ポリゴンデータを用いて千葉県および北海道におけるこの手法の推定精度を検証した。検証結果、2018年から2022年にかけて千葉県で高い推定精度が得られ、R2値は0.92~0.98、RMSEは168~376haに分布していた(図1.5.2-2.)。一方、北海道では、推定精度が低下し、そのR2値は2018年に0.87、2019年に0.94となり、RSMEはそれぞれ491.2ha、511.9haと増加した(図1.5.2-3.)。この低精度の主な理由は、光学衛星データの雲による汚染であると考えられる。Sentinel-2衛星データの雲判別などの前処理作業がさらに強化されれば、稲作面積のモニタリング精度がさらに向上することが期待できる。以上のように、本研究は、Sentinel-2画像の稲作面積の検出という用途への可能性を示すものである。特に、GEEクラウドプラットフォームと組み合わせることで、長期的かつ大規模な低コストでの稲作面積のモニタリングが可能になることが期待されている。

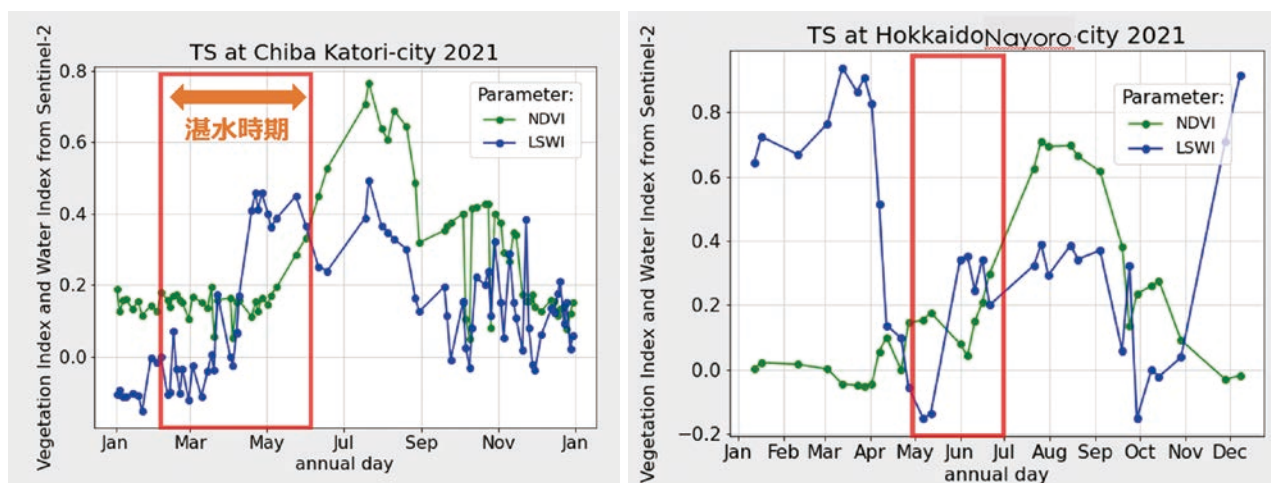


図1.5.2-1. 千葉県香取市、北海道名寄市のある水田のタイムシリーズ(2021年) 赤枠で囲まれたところがそれぞれの湛水時期(千葉県は2/1~5/31、北海道は5/1~6/30)で、緑線はNDVI、青線はLSWI。縦軸はNDVIとLSWIの値、横は一年を表す。

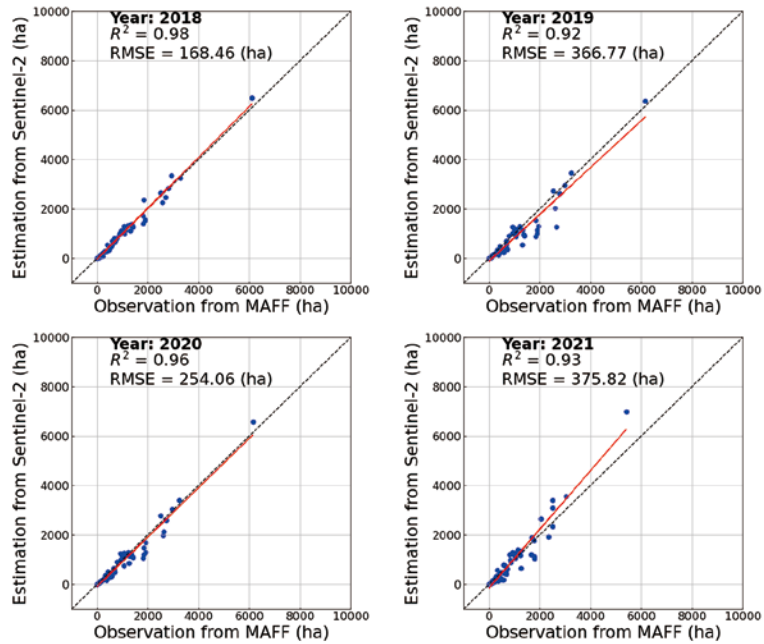


図 1.5.2.-2. 千葉県2018年～2021年の比較グラフ。縦軸は今回の手法による推定値、横軸はMAFFのデータ。青点は市町村1つ、赤線は最小二乗法で作られた1次関数、黒破線は1：1を表す。赤線が黒破線に近ければ近いほど良いといえる。

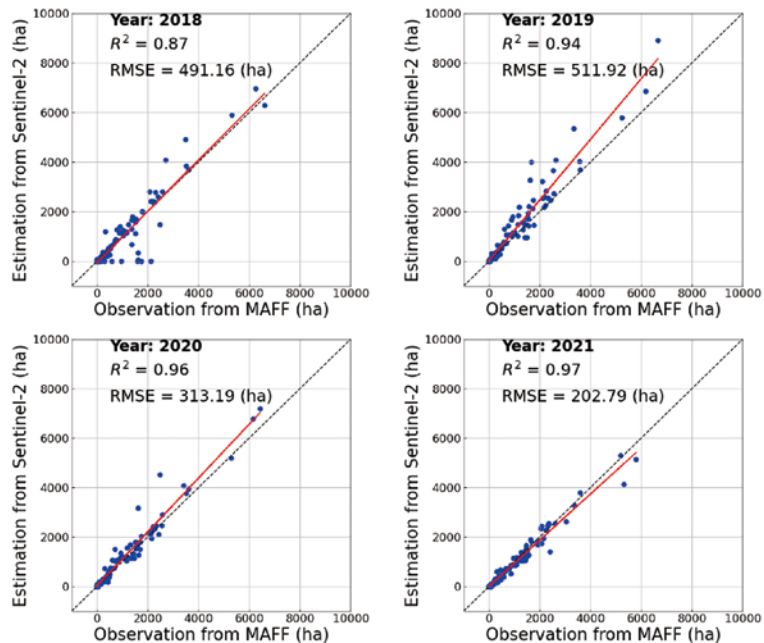


図 1.5.2.-3. 北海道2018年～2021年の比較グラフ。縦軸は今回の手法による推定値、横軸はMAFFのデータ。青点は市町村1つ、赤線は最小二乗法で作られた1次関数、黒破線は1：1を表す。赤線が黒破線に近ければ近いほど良いといえる。

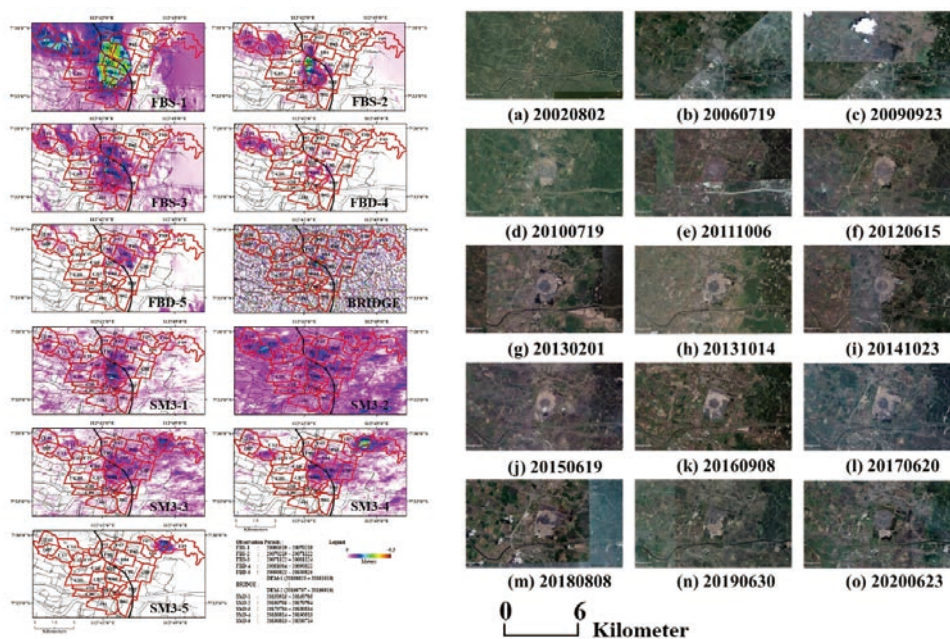
◆ 1.5.3. リモートセンシング手法SARによる災害把握の研究
(ヨサファット研究室)

【重点横断プロジェクト4：先端マイクロ波リモートセンシング】

◆◆ 1.5.3.1. DInSARと連続方程式による泥噴出地域の被害把握

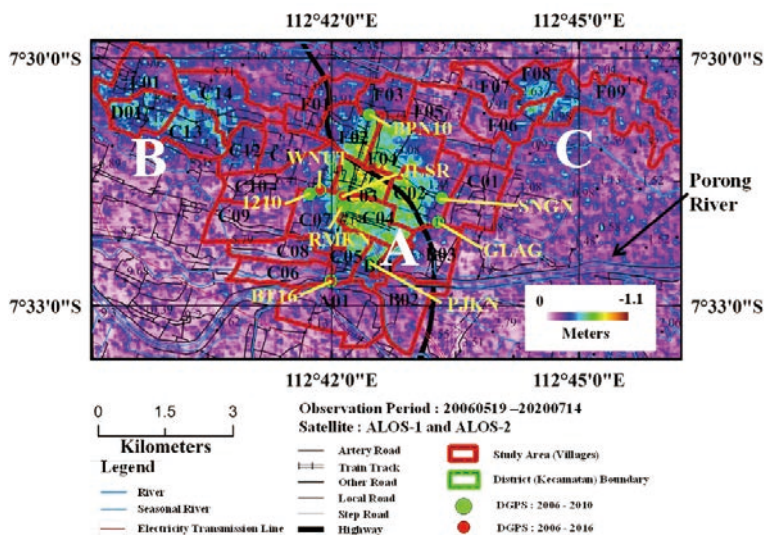
現在に至るまで、合成開口レーダ (SAR) の位相情報を使用して長期的な地表面の変形を観測するために、いくつかの手法が提案された。たとえば、JERS-1、ALOS-1/2、ENVISAT、ERS-1/2、RADARSAT-1/2、TerraSAR-X、SENTINEL-1A/Bなどの画像を使用したInSAR、DInSAR、PS-InSAR、SBASである。これらの方法は、既にインドネシアの東ジャワ州のシダルジョの対象地域での地殻変動や泥流噴出事故による影響調査

にも使用された。この泥噴出事故は2006年5月29日に発生し、現在まで続いている。しかし、これらの方法は地表の変形を導き出すだけであり、地球の地質学的状況、特に地質学的物質の流出の流れを把握しなかった。そのため、本研究では調査地域における地表災害の影響を調査するために、物質流出の流れを推定するための物質保存則の連続方程式を提案した。鉛直変形または沈下の情報は、人工衛星搭載SARを使用した連続DInSARによって導出され、提案された方程式に代入されて、泥噴出量と速度を推定した。2006年以降に収集されたDGPSデータは、地表面変形の解析結果を検証するために使用され、平均誤差は0.46mである。土砂流期の初めに調査地域の中心で得られた結果は6,800m³/日であり、2018年から現在まで減少し、現地の報告とよく一致した。提案された方程式は、リモートセンシング技術を使用して、土地の変形、火山、断層活動、地下水などの観測にも適用できる（図1.5.3.1.）。



(a) DInSARによる地盤沈下の把握

(b) 光学センサによる噴出事故の地域



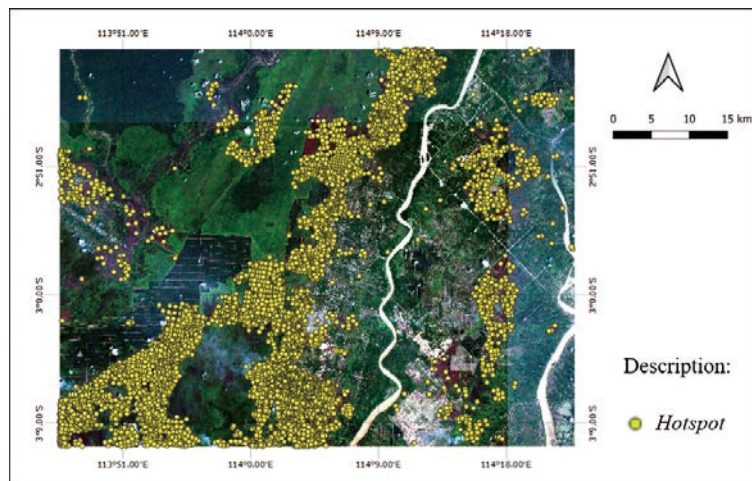
(c) 泥噴出事故に影響された地域

図1.5.3.1. DInSARと連続方程式による泥噴出地域の被害把握

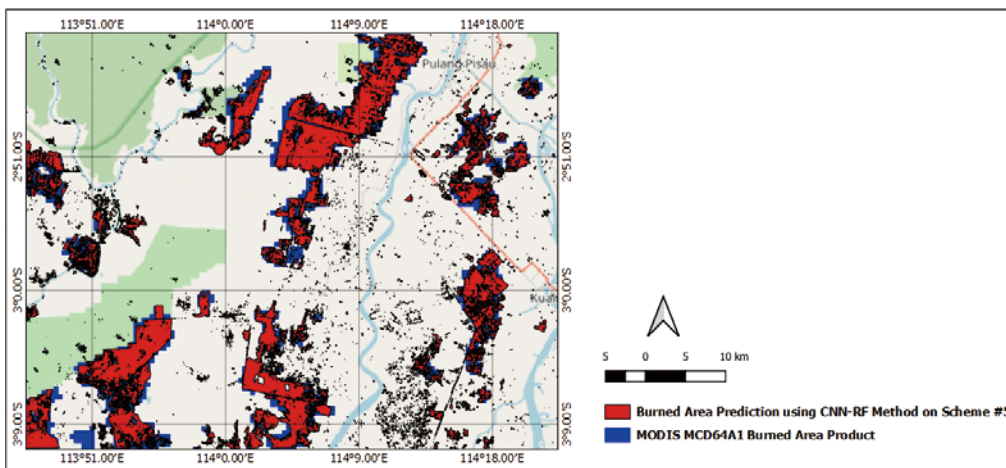
Source: **Josaphat Tetuko Sri Sumantyo**, Daniele Perissin, Joko Widodo, Heri Andreas, Ketut Wikantika, Mohammad Rohmaneo Darminto, Akbar Kurniawan, Mokhamad Nur Cahyadi and Teguh Hariyanto, "Estimation of Spouted Hot Mudflow Current using Continuity Equation and DInSAR," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (TGRS), Vol.60, DOI:10.1109/TGRS.2021.3122812

◆◆ 1.5.3.2. Integration of Convolutional Neural Network and Random Forest for Burned Area Identification with Optical and SAR Data

Forest and land fires are disasters that greatly impact various sectors. Burned area identification is needed to control forest and land fires. Remote sensing is used as common technology for rapid burned area identification. However, not many studies related to the combination of optical and synthetic aperture radar (SAR) remote sensing data for burned area detection. In addition, SAR remote sensing data has the advantage of being a technology that can be used in various weather conditions. This research aims to evaluate burned area model using the integration of a Convolutional Neural Network (CNN) as a feature extractor and Random Forest (CNN-RF) as classifiers on Sentinel-1 and Sentinel-2 data. The experiment uses five test schemes: (1) using optical remote sensing data; (2) using SAR remote sensing data; (3) a combination of optical and SAR data with VH polarization only; (4) a combination of optical and SAR data with VV polarization only; and (5) combination of optical and SAR data with dual VH + VV polarization. The research was also carried out on the CNN classifier, RF classifier, and neural network (NN) classifier. Based on the overall accuracy at the part of the region of Pulang Pisau Regency and Kapuas Regency, Central Kalimantan, Indonesia, the CNN-RF method gave the best results in the tested schemes, with the highest overall accuracy reaching 97% using Satellite pour l'Observation de la Terre (SPOT) images as reference data. This shows the potential of the CNN-RF method to identify burned areas, mainly in increasing precision value. The estimated result of the burned area at the research site using the combined CNN-RF method is 48,824.59 hectares and the accuracy is 88% compared to MCD64A1 Burned Area Product data.



☒ 1.5.3.2.-1. The distribution of hotspots at the research sites throughout 2019.



☒ 1.5.3.2.-2. Comparison of burned area prediction using the CNN-RF method on scheme #5 and MODIS MCD64A1 Burned Area Product in the study area in July-October.

Source: Dodi Sudiana, Anugrah Indah Lestari, Indra Riyanto, Mia Rizkinia, Rahmat Arief, Anton Satria Prabuwo, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, "A Hybrid Convolutional Neural Network and Random Forest for Burned Area Identification with Optical and Synthetic Aperture Radar (SAR) Data," MDPI Remote Sensing, Vol.15, No.3, pp.728; <https://doi.org/10.3390/rs15030728>, 26 January 2023.

◆◆ 1.5.3.3. 地盤沈下観測のための地表気圧と地下水の物質質量保存則に基づく Consecutive DInSAR 及び観測井の研究 (Consecutive DInSAR and well based on the law of material conservation between land surface pressure and ground water to observe land subsidence)

■研究の概要

日本では、都市開発や新たな地下水利用に伴い、地盤沈下の再発が懸念されている。これまで、地盤沈下の監視には地盤沈下観測井が利用されてきたが、近年設備・機器の老朽化により、この代替としてリモートセンシング技術が注目されている。本論文では、神奈川県横浜市、横須賀市、三浦市の地盤沈下を Consecutive DInSAR という手法を用いて、他のモニタリング手法との比較検討を実施した。さらに、地盤沈下を推定するために、物質保存の法則と呼ばれる地表気圧と地下水の新しい計算モデルを評価した。その結果、Consecutive DInSAR の結果は、全地球航法衛星システム (GNSS)、及び地盤沈下観測井のデータと一致し、将来の代替可能性を示した。

■研究の背景

地盤沈下とは、主に地下水を過剰に汲み上げることで土中に含まれる水が絞りだされ、粘土層が収縮することにより地面が沈む現象である。これは、世界人口の19%に影響を与えるほどの世界的な社会問題で、日本でも首都圏の一部がすでに沈み始めていることが明らかとなっている。この地盤沈下により沿岸地域の洪水・浸水が加速され、建物やインフラに損害を与える可能性があるため、地盤沈下をモニタリングし、危険を早期に検知できる技術が必要とされている。

日本も例外ではなく、地盤沈下によって膨大な物理的及び経済的被害を受け、大きな社会問題となってきた。代表的なものとして、日本の有数な工業地帯である横浜市を中心とした京浜工業地帯がある。1950年から1953年にかけて、地盤沈下量は最大約20cmに達し、地盤沈下による不等沈下により、建物や構造物の傾き、線路の勾配、排水不全など生活やインフラに様々な支障をきたした。その後、工業用水法や地下水採取に関する規制により、この問題は沈静化した。近年の地球温暖化に伴う異常少雨の増加と降雨日数の減少により地盤沈下の再発が懸念されている。また、災害時の地下水利用や、省エネルギー・省CO₂技術としての地熱利用など、地下水利用の新たなニーズも出てきている。このため、日本の都市部の人口密集地域では、地盤沈下の再発を防ぐために、地盤変動を継続的かつ精密に監視し、地下水を保全する必要がある。

日本では、一般的に観測井戸を利用して数ヶ月ごとに地表や地下水位の変化を計測している。水準測量やGNSSも使われているが、水準測量は年1回の測量であるため詳細な観測が難しい。またGNSSの観測値は大気の影響を受けることがあるため、観測井戸の方が、信頼性が高いとされている。しかし、観測井戸は設備の老朽化のため定期的な機械のメンテナンスが必要な上に、費用がかかるという問題があり、また少子高齢化が進む日本では、こうした実地測量を担う技術者が今後不足することが予想されている。そのため、それらに換わる新しい地盤沈下のモニタリング技術として、現在「干渉 SAR (InSAR)」が注目を集めている。

InSARは、SAR衛星により観測された2つの時期の画像を用いて地表の標高を測定するリモートセンシング技術である。Consecutive DInSAR法は、地盤沈下率や地表速度として数値化し、時系列で標高のミリ単位の変化を測定することができるため、高精度に地盤沈下を検出することができる。

本研究では、欧州宇宙機関の衛星プログラムであるCバンド合成開口レーダを搭載したSentinel-1により2017年8月から2022年3月にかけて取得した画像を、DInSARを実装したSARPROZのソフトウェアを用いて解析し、GNSS及び観測井戸のデータを用いて検証した。さらに、地表面における気圧の値を用いて、地下水位や地盤沈下の量と原因を計算する新しい計算モデル“Law of Material Conservation”を定式化し、対象地域の地盤沈下が地質構造に応じて変化することを明らかにした。

■研究エリア

本研究は、2つの研究エリアから構成される。一つ目は、横浜市、横須賀市、三浦市のGNSS局のエリアである。ここでは、Consecutive DInSAR法の解析精度を検証するため、Consecutive DInSAR法の解析結果をGNSSデータと比較検討した。これらの都市は、地理的条件がそれぞれ異なるため、本研究で良好な研究結果が

得られれば、当該手法の汎用的利用の可能性が広がる。2つ目は、横浜市内の6つの地盤沈下観測点（横浜（公園）、佐江戸、岡野、新羽、新横浜、市場（秋葉町は除く））のエリアである。ここでは、Consecutive DInSARの解析結果と観測井データを比較検討した。

横浜市を中心とする京浜地域は、古くから日本を代表する工業地帯であり、現在は首都圏の経済活動の中心地として、超高層ビルや商業施設、住宅・マンション等が密集している。本地域の大半は台地、丘陵地であり、これらを開析する多摩川及び鶴見川等に沿って、狭長な沖積平野が分布し、海岸部には古くからの埋立地が広がっている。台地、丘陵地は鮮新世から更新世前期にかけての上総層群と、この上位に更新世中期から更新世後期にかけての堆積物である相模層群を形成している。これらが開析された谷を埋積する沖積層は、下位に薄い砂礫層が分布する他、砂、シルト、粘土の軟弱な堆積物であり、厚さ20~50mである。横浜市の地下水採取量は、令和元年は約9,916m³/日であり、そのうちほとんどは工業用水及びその他（学校等事業用、スプリンクラー、災害時確保）の水道資源として利用されている。横浜市では、多摩川や鶴見川周辺の軟弱地盤地域に、地盤沈下観測井を用いて詳細な地盤収縮データを取っている。佐江戸、新羽観測点は鶴見川沿いに設置され、また岡野観測点は多摩川沿いに設置されている。横浜観測点は、高層ビルの中心街に設置され、都市開発に伴う地盤沈下状況をモニタリングしている。

横須賀市は神奈川県南東部の三浦半島の大部分を占め、多くの山岳地帯、丘陵地帯および少数の平地から構成されている。後期中新世~後期鮮新世に堆積した三浦層群逗子層から成る。逗子層は主に泥岩と砂岩の交互層と凝灰岩の薄層の層間からなり、基底部は凝灰岩質砂岩とれき岩を伴う。地盤は安定している。また、三浦半島の最南端に位置する三浦市は、標高40mから60mの台地に囲まれ、東京湾と相模湾に囲まれている。当該地質は、シルトストーンとスコリアで構成される三浦層群の頂上にある火山灰粘土でできたローム台地である。三浦層群のローム土、シルト岩、スコリアは透水性が低く、地盤が安定している。なお、海岸に近く、SARの測定に水蒸気誤差が入りやすいことには留意が必要である。

■研究の方法

1) Consecutive DInSAR

Consecutive DInSAR法は、小空間ベースラインと短時間ベースラインのペアを連続選択する手法である。時間及び空間のベースラインを短縮化することで、時空干渉の影響を最小限に抑えながら、連続的な土地変位量を適切に抽出することができる。従来の代表的なInSAR手法には、PSInSAR法とSBAS法があるが、これらは時系列で高精度に地盤変動を捉えることができるものの、画像解析プロセスにおいて位相精度の高い画素を選択しコヒーレンスの低い画素を除去するため、地盤変動観測を広範囲で行うことができないという難題があった。これに対し、Consecutive DInSAR法は、小空間及び短時間ベースラインのイメージペアを選択するため、時空干渉の影響を抑えつつ、上記の手法では捨象してきたコヒーレンスの低い画素を利用できるため、高精度の地盤変動観測を広範囲で行うことができる。なお、Consecutive DInSAR法においても、非常に低いコヒーレンスピクセルは除去されるが、PSInSAR法及びSBAS法よりも低い閾値が設定されるため、使用可能なピクセル範囲が広がる。このように、Consecutive DInSAR法は、mmレベルで高精度に広範囲の土地変位を推定することが可能である。

本研究では、SARPROZソフトウェアを用いて、Consecutive DInSAR法で解析した平均速度と時系列変位を求め、GNSSデータや観測井データと比較検討した。SARPROZ処理では、干渉SARの検出能力を向上させるために、SAR画像から大気誤差などのノイズを除去した。ここでは、長空間波長が大気の歪みによって引き起こされると仮定し、得られた干渉画像に25×25ピクセルの多重ルックを採用し、短波長をフィルタリングした。



図1. 研究エリア (神奈川県)

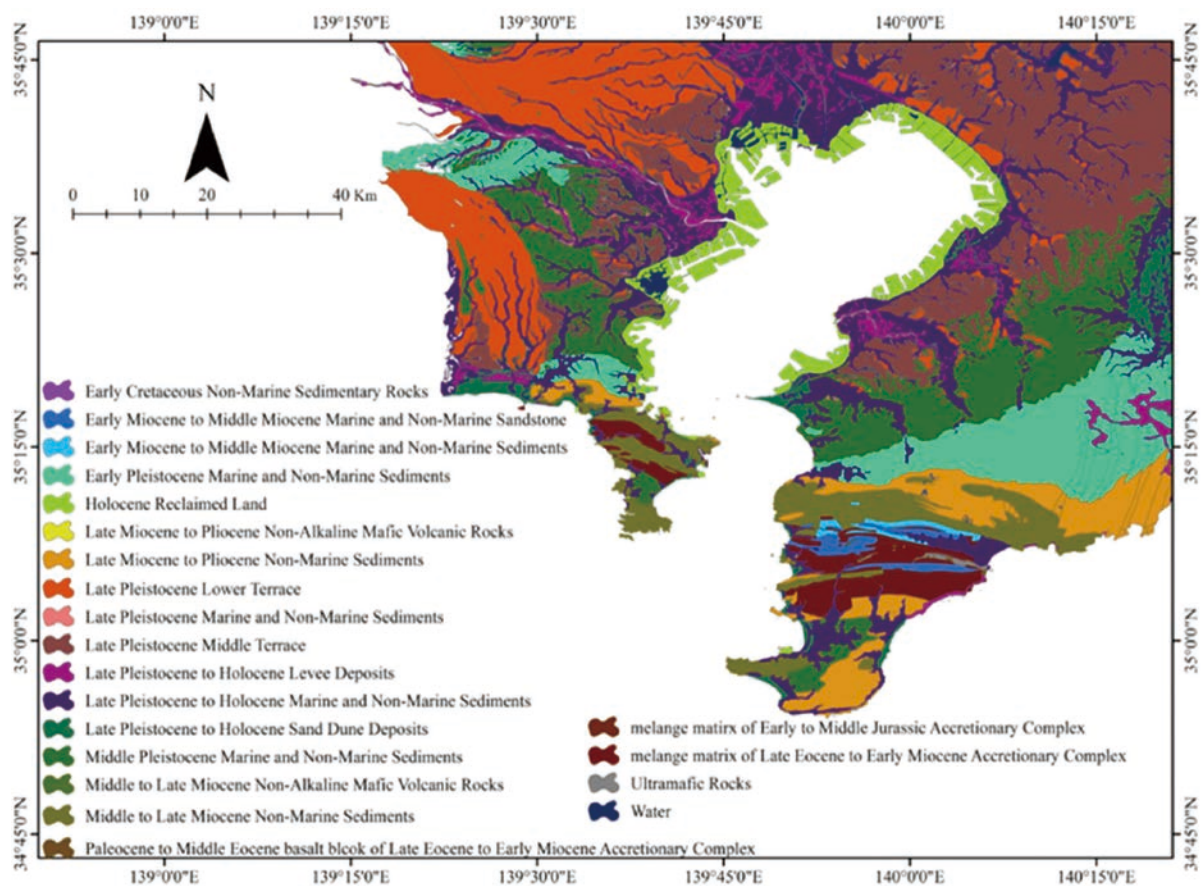


図2. 地質マップ (神奈川県)

2) Laws of material conservation

本研究では、地盤沈下量を推定するために地表圧力と地下水間の物質保存則を提案した。

地下水を揚水すると、効果的なストレス変化をもたらす、しばしば不可逆的な圧密を促進する。これによりシルトと粘土の総量が減少し、地表面が低下する。地盤沈下が発生した場合の地盤への応力は、次の式で表すことができる。

$$\mathbf{P} = (\mathbf{P}_B - \mathbf{P}_S) \quad (1)$$

ここで \mathbf{P}_B は建物から地面への圧力、 \mathbf{P}_S は反対側から建物への圧力である。沈下が発生しない場合、 \mathbf{P} は0である必要がある。建物が建設されると地表圧力は強くなる。ここで \mathbf{P}_B の変化を無視すると次のようになる。

$$\mathbf{P}(\mathbf{r}, t) = -\Delta\mathbf{P}_S(\mathbf{r}, t) \quad (2)$$

ここで $\mathbf{P}(\mathbf{r}, t)$ は表面のある点における圧力である。そして $\Delta\mathbf{P}_S(\mathbf{r}, t)$ はその点での \mathbf{P}_S の変化である。 $\Delta\mathbf{P}_S(\mathbf{r}, t)$ は、沈下による体積変化の有効応力に相当する。したがって、

$$\Delta\mathbf{P}_S(\mathbf{r}, t) = n\Delta V\gamma(\mathbf{r}, t) = n\Delta H\gamma(\mathbf{r}, t) \quad (3)$$

ここで、 $\gamma(\mathbf{r}, t)$ はその点におけるバルク密度である。ある面積を計算できるとき、以下を仮定することができる。

$$\oint_S \mathbf{n} \cdot \mathbf{P}(\mathbf{r}, t) d\mathbf{S} = -\frac{\partial}{\partial t} \oint_S \mathbf{n} \cdot \mathbf{Hr}(\mathbf{r}, t) d\mathbf{S} \quad (4)$$

次に、次のようにガウスの定理を使って、方程式を体積積分に変える。

$$\oint_V \mathbf{n} \cdot \mathbf{P}(\mathbf{r}, t) d\mathbf{V} = -\frac{\partial}{\partial t} \oint_V \gamma(\mathbf{r}, t) d\mathbf{V} \quad (5)$$

この式を用いれば、沈下期間中のある時間における対象領域の表面の圧力を計算することができる。最後に、結果は次のように計算できる。

$$\nabla \cdot \mathbf{P}(\mathbf{r}, t) + \frac{\partial}{\partial t} \gamma(\mathbf{r}, t) = 0 \quad (6)$$

この式は、地表の圧力が体積密度の変化によって決定され、地盤の体積が変化することで沈下を引き起こすことを示している。しかし、密度の変化は体積変化よりもはるかに小さい。大きな面積を計算する場合、バルク密度の変化を無視することができる。この場合、圧力は土体積の重力に相当する。地盤沈下は地下水の喪失によって起こる。このようにして

$$\frac{\partial}{\partial t} \oint_V \gamma_{\text{soil}} dV \approx \frac{\partial}{\partial t} \oint_V \gamma_{\text{water}} dV \quad (7)$$

ここで、 γ_{soil} と γ_{water} は土と水の密度である。したがって、

$$\Delta H_{\text{soil}} \gamma_{\text{soil}} \approx \Delta H_{\text{water}} \gamma_{\text{water}} \quad (8)$$

ΔH_{soil} と ΔH_{water} は土壌と地下水の体積である。この式を用いて地下水位の変化を推定した。本論文では、Consecutive DInSAR法によって生成された変位マップを用いて衛星見通し線 (LOS) 速度の平均と時系列変位の結果を計算し、観測井データ及びGNSSデータと比較検討した。また、このモデルに基づいて地盤変動現象を解析した。

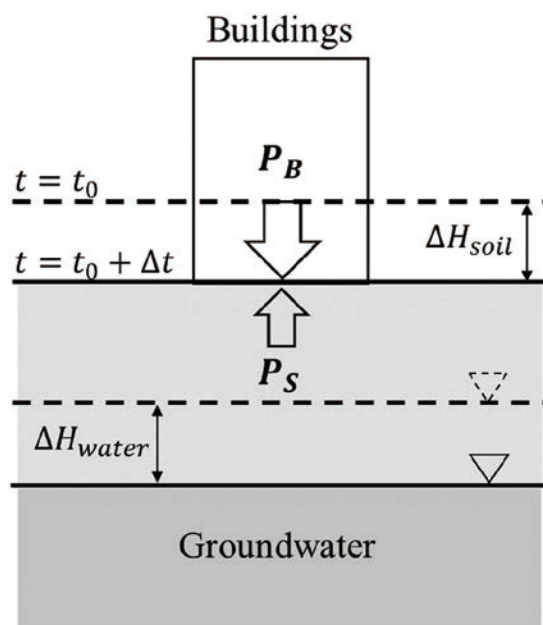


図3. 地表圧力と地下水モデル

■検証の方法

1) 地盤沈下観測井

地盤沈下観測井は、地盤沈下量（観測井の底部から地表への地層の収縮量）を観測するための施設であり、その構造は、二重管型と単一管型に分類される。日本の多くは単一管型が採用されているが、概ね100mを超える大深度の観測井においては、地盤沈下量を正確に測定するために二重管型を採用している。二重管式は、地下に設置された外管に内管を挿入し、下端を砂れき層に固定する構造である。内管底部と地表面の間で地層収縮が発生すると、内管頭部が地表面から脱出する。この変化を地盤沈下計で測定・記録することにより、瞬間的に地盤沈下量を測定することができる。一方、単管式観測井は、外管と内管を一体化した簡易二重管構造で、沈下量を単一鋼管で測定している。これを基準に測定するため、測定値に固定水準点の実際の変動や広域的な深層における変動の影響が含まれてしまう場合がある。一方、地盤沈下観測井による地層変動調査は、この影響を受けることなく、観測所が設置されている土地の地盤地下の要因となる地層変動の状況を把握することが可能である。地表面高を観測する手法には水準測量があるが、日本では関東地方の複数の固定水準点を変動0と仮定し、これを基準に測定するため、測定値に固定水準点の実際の変動や広域的な深層における変動の影響が含まれてしまう場合がある。一方、地盤沈下観測井による地層変動調査は、この影響を受けることなく、観測所が設置されている土地の地盤地下の要因となる地層変動の状況を把握することが可能である。

横浜市は、昭和40年代の工業開発により、地盤沈下が社会問題化した。現在は様々な対策を講じることにより、地盤沈下は沈静化しているが、近年の駅周辺の大規模開発や首都高速道路等の地下掘削工事により、近隣の住宅街で地盤沈下が発生するなど、問題の再発が懸念されている。このため、平成21年以降中止されていた地盤沈下観測井による地盤収縮量の観測が平成30年に再開された。現在は、市内7か所に地盤沈下観測井が設置されており、地下水位や地盤収縮量が毎月ミリ単位で測定され、一般に公表されている。横浜市で使用される地盤沈下観測井の沈下計は、横川電子機器（株）のW-125製である。本研究では、市内7か所の合計10地点の地盤沈下観測点のデータを採用した。観測地点のうち、佐江戸と新横浜は、複数の測定深度がある。観測点における地層収縮の相対量は、市場観測点を基準点として算出した。ここで、地盤沈下井の観測精度は $\pm 0.1\text{mm}$ と高いことに注意しなければならない。地盤沈下観測井では精度より小さい地盤変動は観測できないため、秋葉町は変位が小さいことから本研究から除外した。また、横浜市の地盤沈下データは月ごとに公開されているが、一部データが欠落している。そこで、土地が一律に変更されていることを前提に、前月と翌月の不足分を記入した。

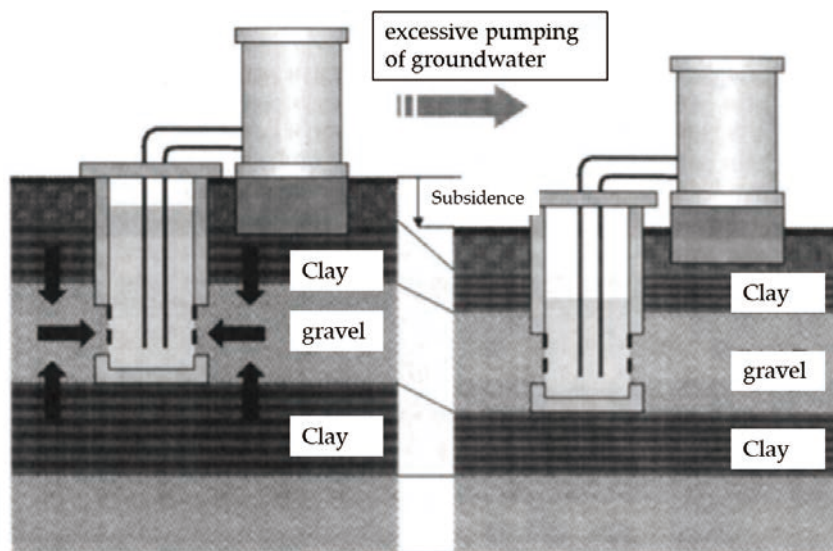


図4. 地盤沈下の図（粘土層が圧縮されている）

2) GNSS

本研究では、地盤沈下観測井が未設置の地域において、Consecutive DInSAR法を用いた高精度観測の妥当性を検証するため、GNSS電子基準点の日々の座標値を採用した。GNSS基準点は、GPS衛星からの測位信号を24時間受信し、地殻変動を調査するための位置座標を送信している。現在、全国に約1,300箇所、約20km間隔のGEONETステーションがある。各地点の観測データは、つくば市を基準点とした変位量である。

測位方式には単独測位と相対測位があり、相対測位はDGPSと干渉測位に分類される。干渉測位は、搬送波位相を用いて2地点間における電波行路差を求める方式であるが、この中でもスタティック測位は、測位衛星からの信号を2点以上で同時に受信し、観測された信号の差を用いて、観測局間の相対的な位置を求める方式である。すべての測位方式の中でも最も高精度な測位方式と言われており、公共測量（地殻変動検出）や学術的な精密観測、また、可降水量の測定といった気象学面にも応用されている。

本研究では、スタティック測位によって変位量を観測するGNSS基準点を用いた。神奈川県横浜市、川崎市、横須賀市、三浦市及び千葉県富津市の5つのGNSS基準点を採用し、基準値は、千葉県富津市に設定した。GNSSデータから変動値を算出する際には、SARデータの観測日前後5日間の計11日間のGNSSデータを用いて、各GNSS地点における11日間の変動の平均値と標準偏差を求めた。

■研究の成果

SARPROZソフトウェアを用いて衛星視線方向（LOS）の地盤変位マップを取得した（図5参照）。ここでは、DInSARで解析された衛星視線方向の相対的な地盤変位が示されており、赤色に近いほど沈下傾向、青色に近いほど隆起傾向を示している。

本研究の結果、Consecutive DInSARで得られたデータは、GNSSや観測井戸のデータと整合していることが明らかとなった。まずGNSSデータとの比較では、図6に示されるとおり、Consecutive DInSAR方の結果とGNSSデータは一致した。GNSSデータの平均沈下率は約0.12cm/年、Consecutive DInSAR法の解析結果の平均沈下率は約1.01cm/年であった。両者の偏差は0.90cm/年程度であり、誤差は小さいと考えられる。また、Consecutive DInSAR法の結果とGNSSデータからRMSEを算出した。横浜市のRMSEは0.33cm/年、横須賀市は0.42cm/年、三浦市は0.42cm/年であり、これらの値はよく一致した。また平均RMSEは0.39cm/年であった。次に、観測井データと比較検討した。図7に示されるとおり、Consecutive DInSAR方の結果と観測井データは一致した。観測井データの平均沈下率は1.56cm/年、Consecutive DInSARの平均沈下率は1.58cm/年であり、両者の偏差は0.02cm/年と非常に小さかった。また、佐江戸観測点（16m、88m）と新横浜観測点（25m、60m、117m）では、井戸の深さごとに沈下率が異なることがわかった。ここで、Consecutive DInSAR法の結果精度を把握するために、線形相関を用いて観測井データと比較検討した。横浜（公園）、佐江戸（16m）、岡野、新横浜（25m）の4地点でこれらの相関が確認でき、特に横浜（公園）と佐江戸（16m）は高い相関を示した。

現在の研究では、Consecutive DInSARとGNSSデータ間の速度誤差は、1センチ未満から数センチであり、また平均二乗平均誤差（RMSE）も1センチ未満から数センチであることが明らかになっている。本研究では、

Consecutive DInSARの平均沈下速度は1.58cm/年であり、観測井戸とGNSSデータの速度誤差はそれぞれ0.02cm/年、0.90cm/年の範囲内であった。また、RMSEはそれぞれ0.39cm/年、0.46cm/年の範囲内であり、誤差が非常に少ないことが示された。さらに、Consecutive DInSARと観測井戸の相関性は観測地点の地質構造に影響される可能性があり、かつ浅い井戸の地層収縮はConsecutive DInSARの地表面変化と一致していることが分かり、地盤沈下のメカニズムも把握できた。

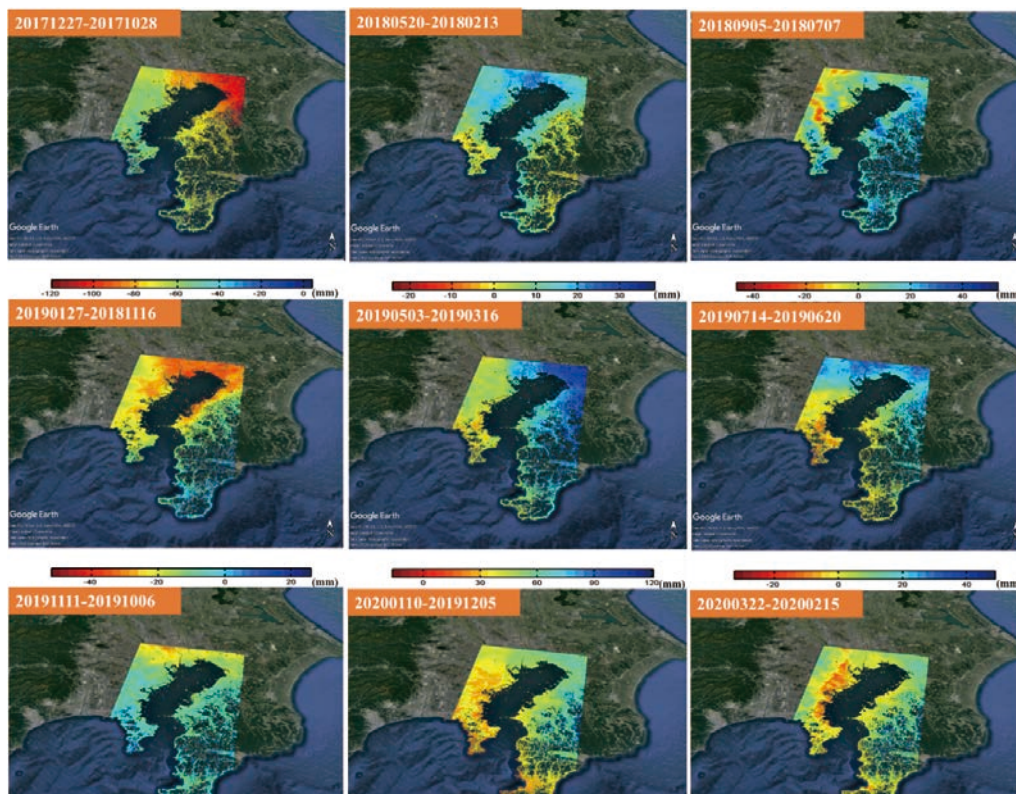


図5. 神奈川県地盤変位を示す衛星の解析画像

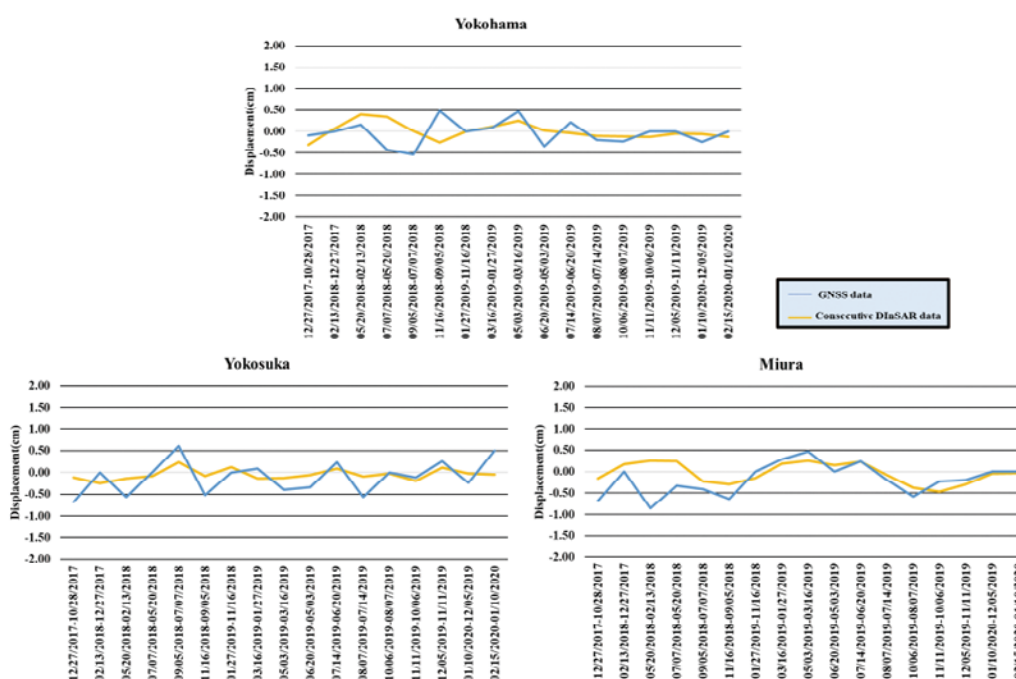


図6. 3都市のConsecutive DInSARの結果とGNSSデータの比較

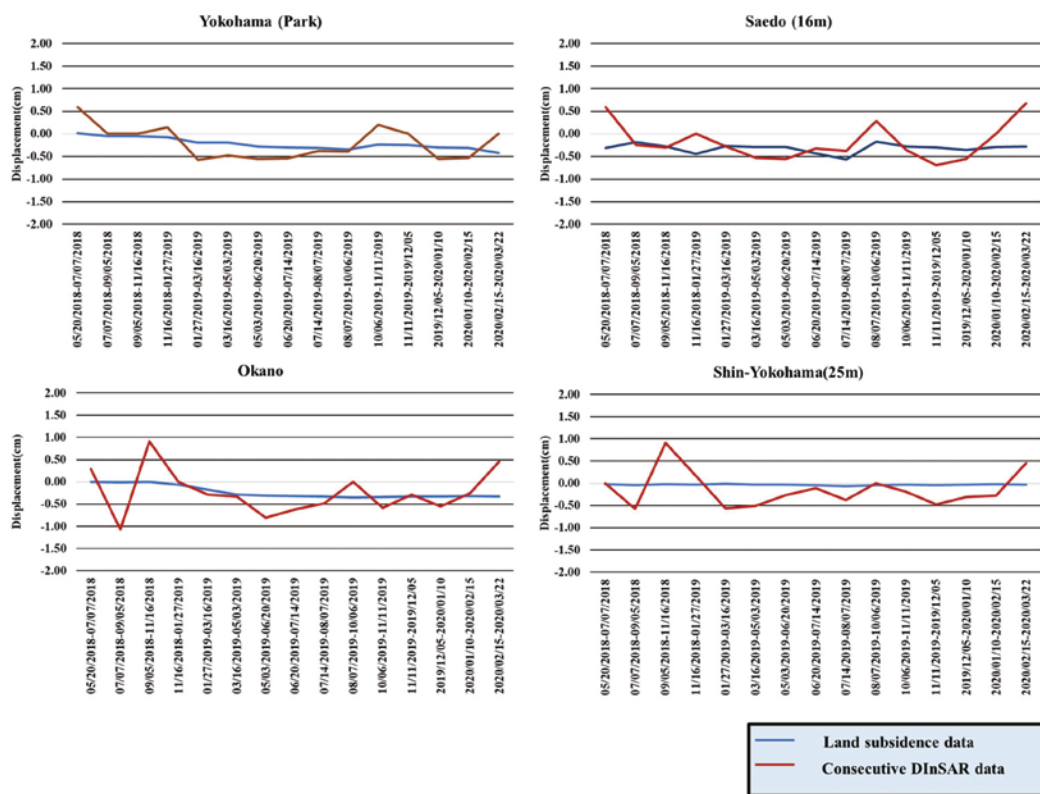


図7. Consecutive DInSARの結果と観測井データの比較

■結論

本研究では、Consecutive DInSAR法の地盤沈下観測井との代替可能性を検討した。また、地盤沈下の原因となる地下水の体積変化を推定するための物質保存則を評価した。初めに、GNSSデータを用いてConsecutive DInSAR手法の解析精度を検証した後、Consecutive DInSAR法と観測井データを比較検討した。その結果、Consecutive DInSAR法の結果はGNSSデータと一致することが明らかになった。両者の速度偏差は約0.90cm/年、平均RMSEは約0.39cm/年であった。同様に、Consecutive DInSARの結果は観測井のデータと一致した。両者の速度偏差は約0.02cm/年、平均RMSEは約0.46cm/年であった。またConsecutive DInSAR法の結果と観測井データは、横浜市内の観測点で相関性を示した。相関性の違いは観測地点の地質構造に影響される可能性があり、浅い井戸の地層収縮は、Consecutive DInSAR法の地表変化と一致することが分かった。

本研究においては、Consecutive DInSARの結果と観測井データが一致していることを確認し、これらの相関性の原因も特定することができた。これらの結果は、Consecutive DInSAR法は地盤沈下観測井が将来的に代替できる可能性を示唆している。

Source: Katsunoshin Nishi, Masaaki Kawai, Bowo Eko Cahyono, Mirza Muhammad Waqar, Kaori Nishi and **Josaphat Tetuko Sri Sumantyo**, "Consecutive DInSAR and well based on the law of material conservation between land surface pressure and ground water to observe land subsidence," Geocarto International, Vol.38, No.1, pp.1-20, 28 December 2022. DOI:10.1080/10106049.2022.2159069

1.6. 重点横断プロジェクト

[概要]

第4期中期目標・中期計画期間では先の5プログラムを軸に、新たに複数の分野を横断する研究進展の流れ(横断型研究)として以下の具体的な推進課題「重点横断プロジェクト」を設定し、リモートセンシング分野における基礎科学的な研究成果と社会的な研究成果の達成の両面を目指す。

重点横断プロジェクト1：豪雨災害予測・監視プロジェクト

重点横断プロジェクト2：地球観測衛星検証プロジェクト

重点横断プロジェクト3：温室効果ガス収支研究プロジェクト

重点横断プロジェクト4：先端マイクロ波リモートセンシング

重点横断プロジェクト5：静止気象衛星観測網を活用した地球環境モニタリング

重点横断プロジェクト6：地域農業プロジェクト

重点横断プロジェクト7：我が国の地球観測のあり方・次世代衛星ミッション検討プロジェクト

▶重点横断プロジェクト1：豪雨災害予測・監視プロジェクト

この重点プロジェクトでは、本センターが保有する設備・技術を活用した共同研究を進め、衛星観測データや地上観測による水蒸気の測定と気象予報モデルを駆使することにより、線状降水帯といった極端な豪雨イベントの予測実現を目的とする。さらに雲に覆われていることが多い豪雨時の地滑りの把握においては、マイクロ波による観測が効果的であり、本センターで開発を進めてきたマイクロ波センサの開発・運用について実証試験・モニタリングを試みる。2022年度は、下記の研究を実施した。

- 最先端のデータ同化手法として注目を集める局所粒子フィルタの研究開発を進めた。予報粒子を用いたデルタ関数の集合で事前分布を表現するのではなく、予報粒子を中心としたガウス分布・カーネルの集合として事前分布を表現する混合ガウス分布・局所粒子フィルタ(LPFGM)への研究を深め、一般的なアンサンブル同化手法であるLETKFを上回る予測精度を実現した。
- 「観測の価値」を高める手法として、流体解析分野で発展してきたセンサ位置最適化手法のスパースセンサ位置最適化(SSP)の高度化に取り組んだ。センサ位置最適化を大気などの高次元系に適用するための手法を開発し、北海道の雨量計を対象とした実験でSSPの有効性を示した。研究成果を踏まえ、2023年度から鉄道総研との実証実験を含む共同研究を開始する予定である。
- 地球環境ビッグデータから数理構造や情報特徴量を抽出して活用するデータ同化・予測技術開拓のため、機械学習を用いた情報特徴量の抽出研究を進めた。入力となる降水予測情報や、出力となる氾濫浸水深を事前にオートエンコーダで情報圧縮して重要な情報を抽出し、抽出した情報特徴量の間を全結合NNで学習することで、少ない訓練データで効率的なエミュレータ開発を可能にし、高速な氾濫浸水深の予測技術を開発した。
- 2022年度から開始したムーンショット目標8・要素研究において、数理研究推進により、「対象現象に災害・非災害を分離する分水嶺が存在するかを判断する」技術開発に向けて大きな進展を得た。平成30年7月豪雨イベントにおける気象庁の現業メソアンサンブル予測データを活用し、低次元化したアンサンブル気象予測の特徴量から有向グラフを作成し、アンサンブル気象予測が2つのシナリオに分岐する事を示した。
- WRFモデルが台風Hatoの地理的位置および雲特性を正確にシミュレートできることが分かった。しかし、WRFは台風域内の雲の光学的厚さや雲頂高度を過大評価することも分かった。また、その一方で、台風域外では過小評価することも分かった。加えて、機械学習を用いた雲頂高度の判定方法を新たに開発し、WRFは台風Hatoの全予測範囲において、低・中層の雲量を過小評価し、高層雲の範囲を過大評価する傾向があることが分かった。
- 国内4サイト(A-SKY;千葉、つくば、春日、福江)で低コストの受動型可視分光法(MAX-DOAS法)による大気境界層中の水蒸気濃度の連続観測を実施した。また、本研究の枠組みとこれまでの知見やデータなどを基に整理し、線状降水帯予測研究に対するMAX-DOAS法による観測のパフォーマンスを最大限に高めるための改良点の検討を進めた。具体的には、a)曇天時の観測データ数の向上と精度評価、b)観測から同化モデル導入までの時間短縮(リアルタイムデータ配信)を検討した。また、低コストで自動連続観測可能なMAX-DOAS法によるリトリバル結果の同化を実現するため、比較的計算コストが低く速報性の高い予測が可能な三次元変分法同化法を採用した同化モデルCReSS-3DVARをベースに、MAX-DOAS法による観測誤差の調査と最適な設定方法を検討した。さらに過去に得られた観測データを用いた導入試験を行い、データ同化手法の実現可能性を検討した。

- MAX-DOAS法を用いて、2011–2021年の長期にわたってつくば市で大気境界層中の水蒸気濃度の連続観測を実施した。ラジオゾンデ観測データとの比較を実施したところ、両者の相関係数は0.96と高く、両者の観測値の差は平均で12%と小さいことが分かった。こういった精度検証研究を踏まえ、千葉大学大気環境観測サイトでは大気境界層中の水蒸気濃度データのリアルタイム配信を開始した。
- 千葉大学大気環境観測サイト（千葉大学西千葉キャンパス内）にPOTEKA（ポテカ）小型気象計を設置し、常時観測を開始した。POTEKAが提供する「リアルタイム気象・防災情報」は実測値によるピンポイント気象情報だけでなく、公的機関からの観測情報や予測情報も提供するため、ゲリラ豪雨のように局所的な気象の急変や熱中症の危険度など、気象災害につながる恐れのある現象の予測情報をリアルタイムで提供できる。このような形を通じた産学連携のもとで地域貢献も果たす取り組みを開始した。

▶重点横断プロジェクト2：地球観測衛星検証プロジェクト

衛星リモートセンシング等の技術の進展に伴い、飛躍的に地球環境に関わるデータが蓄積されてきている。これに伴って利用可能になってきた多種多様なデータを時間的にも空間的にも均質なデータとしてみなせるよう、データの確度や精度のみならず、それらを左右する要因が定量的に理解されていることが望ましい。データの適切な利活用のために、こういった検証研究は不可欠である。本センターが所有する国際地上観測ネットワーク等の研究設備・データ・知見等を生かして、衛星プロダクトの検証やアルゴリズムの改良などを通じて、高度な衛星プロダクトの利活用を推進することが本重点研究プロジェクトの目的である。以下に抜粋した2022年度の研究成果を報告する。

- 大気環境・陸域環境・水環境に関わる気候変動観測衛星「しきさい」等のGCOMシリーズ、および、ひまわり8/9号の衛星プロダクト検証のための地上データ等を研究コミュニティへ提供した。また、EarthCAREの検証計画の中でのSKYNET国際地上観測ネットワークの役割を明確化させた。
- これまでに2018年から運用されている地球環境変動観測衛星「しきさい」の地上部バイオマスプロダクト精度検証を文献情報および地上計測で実施し、その精度が確認できたが、検証情報が数量や分布の点で限定的である。そこで、現在では宇宙LIDARデータの活用に向けて研究を実施している。
- 未だ公開されていない最新のTROPOMI/Sentinel-5P/、GOME-2A/Metop-A、GOME-2B/Metop-B、GOME-2C/Metop-C、GEMS/GEO-KOMPSAT-2Bなどの大気環境衛星データ（NO₂、HCHO、CHOCHO、SO₂など）の検証のために、A-SKYおよびSKYNET国際地上観測ネットワークでの観測を継続し、データを関連の国際プロジェクトに提供した。
- 3次元放射伝達モデルと3次元観測を用いて、エアロゾルと水蒸気の3次元分布を考慮することで、全天日射量がより適切にシミュレーションされることが分かった。この研究は、エアロゾルと水蒸気の3次元的な影響が全天日射量に及ぼす影響を初めて評価した研究である。
- GOSAT/TANSO-FTSの観測視野内雲検出の精度について、ひまわり8号/AHIによる雲判定に加えてCALIPSO/CALIOPの雲データを用いた評価を行ったところ、夜間は光学的に薄い雲がFTS視野内に存在しているシーンが「晴天」と判定され、TIRバンドのリトリバル処理に投入されている可能性が高いこと、雲を見逃したシーンではTIRバンドの観測輝度が有意に下がっていることが分かった。これは、対流圏の二酸化炭素の濃度の過大評価につながりうる問題である。
- GOSAT-2/TANSO-FTS-2のTIRバンドから導出した二酸化炭素の鉛直濃度プロファイルとCONTRAIL/CMEによる空港上空の観測データとの比較を行い、北半球中高緯度ではTANSO-FTS-2の二酸化炭素の鉛直濃度プロファイルの導出精度（確度）は対流圏全層で概ね0.5–1%以内であること、平均値の1σも考慮するとリトリバル値にほぼバイアスはないことを示すことができた。
- 日本最大の湖沼である琵琶湖における水生植物分布に関する現地調査を実施した。観測項目は、水生植物の種類、反射スペクトル特性、水面温度などである。この調査結果は、湖の水生植物の衛星モニタリングのための現地検証データとして活用できる。
- 衛星搭載レーダから得られる信頼性の高い降水日周期情報を利用した全球降水マップGSMaP_MWR降水量の更なる改善に取り組んだ。レーダ統計情報を参照としたCDFマッチングにより、GSMaP_MWRの月単位の降水量のバイアス緩和を実現した。また、アンサンブルデータ同化手法を用いて、GSMaPと地表の雨量計データを融合する手法開発を進めた。
- 西千葉キャンパス、および千葉市に設置された気象レーダ・雲レーダに加え、A-SKYデータを用いた総合的な雲のモニタリング研究を実施している。今年度は観測波長の違いに基づく事例解析を実施したが、顕著な成果には繋がらなかった。ライダー、マイクロ放射計等原理の異なる観測情報も用いて総合的に考察する際のノウハウの蓄積がなされた。

- ・ 大気—陸域間の熱・水・物質フラックス観測ネットワーク AsiaFlux と JapanFlux のデータベースを調査し、グローバルなネットワークである FLUXNET に向けてのデータ提出方法の検討を行った。さらに、観測データの提供が可能な European Database に対して、観測サイトのメタデータを収集し、European Database 形式でデータセットを作成した。今年度は計44サイト分の変換を行い、このうちの8サイトは、AsiaFlux のサイト情報が未登録であり、AsiaFlux データベースの充実にも貢献した。
- ・ ひまわり 8 号の熱赤外バンドデータからリトリーブされた地表面温度の不確実性を調査した。放射伝達モデルを用いて様々な観測環境を想定し、異なるリトリーブアルゴリズム間で精度比較を行った。精度が最も高かったアルゴリズムを実観測に適用して地表面温度データを作成し、地上フラックス観測ネットワーク AsiaFlux と OzFlux の地表面温度データ、および国際宇宙ステーション搭載型のセンサ ECOSTRESS の地表面温度データとの比較による精度検証を行い、土地被覆や観測角度条件による誤差特性を明らかにした。
- ・ ひまわり 8 号地表面温度データの植生モニタリングへの応用可能性を調査した。東アジアの猛暑イベントを対象として、地表面温度の日変化情報を日最高温度・日較差・ピーク時刻などのパラメーターで要約し、どのパラメーターが植生の乾燥状態の検出に適しているかを調べた。その結果、日較差が SMAP の土壌水分量データが示す乾燥化を最もよく再現し、VIIRS の正規化植生指標や拡張植生指標よりも高い感度で乾燥状態を検出できることが示された。

▶重点横断プロジェクト 3：温室効果ガス収支研究プロジェクト

2015年12月に「パリ協定」が採択され、各国が温室効果ガス（GHG）の排出量削減に取り組むことが義務付けられている。2023年にはパリ協定の実施状況を確認し各国が目標を見直すための第1回グローバルストックテイクが実施されることが予定されており、各国は最良の科学的根拠に基づいてGHG排出量と削減目標に向けた進捗状況を報告する義務がある。そのため、我が国もより精緻なGHG排出インベントリの構築が急務となっている。重点プロジェクト③「温室効果ガス収支研究プロジェクト」では、大気と陸域の温室効果ガスの収支や、その時空間分布を地上観測・衛星観測を基に推定し、パリ協定のためのゼロエミッション目標が達成できるかを科学的にモニタリングする。衛星観測による温室効果ガス濃度の把握、大気—地表の温室効果ガス収支の把握、地上観測の広域化、種々のモデリングを統合した解析を実施することを目的としている。以下に抜粋した2022年度の研究成果を報告する。

- ・ GOSAT/TANSO-FTS と MIROC4-ACTM のメタンデータの比較解析から、物質の半球輸送は350—150hPa の上部対流圏で最も活発であること、熱帯南アメリカ、熱帯アフリカ、東南アジアでは北半球から南半球への半球輸送が一年を通して活発である一方、熱帯インド洋では南アジアの夏モンスーンにより半球輸送に大きな季節性があること、ならびに夏モンスーンにより、チベット高原—インド上空の上部対流圏に輸送された高濃度メタンの空気塊が熱帯アフリカ東部を通して南半球に輸送されていることを明らかにした。また、検証解析を通してGOSAT-2/TANSO-FTS-2の二酸化炭素の鉛直濃度プロファイルが北半球中高緯度では対流圏全層で概ね0.5—1%以内の導出精度（確度）であることが確認できたことから、収支推定のインバース解析に利用するモデルのための評価データおよびインプットデータとして利用できる可能性を示すことができた。
- ・ 2022年1—3月に千葉大学大気環境観測サイトにおいて、トレースガスアナライザー（LI-COR社製LI-7810）を用いて大気中CO₂濃度の連続観測を行った。同サイトではブラックカーボン（BC）質量濃度や二酸化窒素（NO₂）濃度の連続観測も実施した。この同時観測を活用したところ、BCやNO₂はCO₂と良く相関することが分かった。また、千葉周辺におけるCO₂濃度はおよそ422—425ppmをバックグラウンド値（但し、測定ドリフトの影響を受ける可能性があるため参照値）とし、そこからBCの1μg/m³の増加がCO₂のおよそ40ppmの増加に相当すること、NO₂の1ppbの増加がCO₂のおよそ2ppmの増加に相当することも分かった。こういった知見を複数年蓄積して推測されるエミッション比の変動を明らかにすることによって、グローバルストックテイク達成に向けた近未来のエミッションシナリオ立案に役立つことが期待される。
- ・ 衛星観測データ、地上観測ネットワークデータ、機械学習を用いた大気—陸域CO₂フラックスの広域推定手法に関して、新規の衛星観測データに更新・期間を延長・新規の地上観測データを取り込むなどの更新を行った。新たなデータセットは、アジア域で2021年までをカバーするデータセットとなり、さらには、地域的には1kmの空間解像度でのCO₂フラックスを推定することができた。この一つの応用として、2020年の春から夏にかけてのシベリアの異常高温に対するCO₂収支の変化を解析し、シベリアでは2020年春から夏の異常高温に対して、植生によるCO₂吸収の開始が早まり、その時期においてCO₂吸収量が増大したことが明らかとなった。この結果はトップダウン手法とも一貫しており、両者の推定の妥当性を示した。
- ・ 静止気象衛星ひまわり8号を用いた光合成量推定に着手した。光利用効率モデルを用い、ひまわり8号から

推定した日射量を用いることで30分単位での光合成量の推定を行った。既存の類似モデルでは、主に日単位のモデルであったところ、朝と夕方の太陽高度が低い時間帯に既存モデルでは再現性が低く、モデルの関数に修正を加えることで改善させた。ひまわり8号は即時性が高いため、異常気象や人為的変化、森林火災などの突発的なイベントがあった際の迅速な陸域炭素収支の変化が推測できるようになる。

▶重点横断プロジェクト4：先端マイクロ波リモートセンシング

本センターは、マイクロ波リモートセンシングに関して、円偏波合成開口レーダの開発、各種観測データの応用による災害モニタリングなど先導的な役割を果たしてきた。これまでの業績をベースに、マイクロ波リモートセンシングに着目したセンサ開発、システム開発、観測データの応用解析を推進する。以下に2022年度の成果・進捗状況の抜粋を報告する。これらの詳細は、第1章1.1.プログラム1および1.5.プログラム5を参照されたい。

- ・ インドネシア・東ジャワ州一部地域では、降雨量の多さ、不適切な排水システムや水管理など様々な要因で洪水が頻発し地盤沈下が起こっている。これは長期の測地測定を実行する必要がある、その実態を監視し、傾向を予測することを目的としている。今回、地盤沈下の最大要因をその環境への影響を調査するため、干渉合成開口レーダ (InSAR) 技術にて2つの村の調査を実施した。
- ・ 合成開口レーダ (SAR) は多目的センサで、天候、昼夜に関わらず観測できる。特に、独自に開発した円偏波合成開口レーダ (CP-SAR) は、小型衛星搭載用として宇宙用アンテナの軽量化、小型化、低コスト化を実現し、グローバル環境・地殻変動の観測のために開発が期待されている。すでに飛行実証実験は成功しており、更なる改良として全円偏波の給電システムの実現のため、広帯域円偏波ホーンアンテナを開発した。
- ・ 災害および環境モニタリングのためには高解像度のリアルタイムデータが必要不可欠である。加えて軽量、最小ペイロード、電力効率、長時間飛行等を備えたUAV搭載SARシステムを実現するため、円偏波合成開口レーダ用のXバンドマイクロストリップアレイ (4×4) アンテナの開発を進めている。
- ・ マイクロ波を利用した能動型のレーダであり、照射されたマイクロ波の散乱波を受信することで画像データを得ることができる合成開口レーダ (SAR) は、災害監視、都市環境把握などに期待される。このSARから得られる情報データは膨大で、送信時多くの通信時間を要す。そこで迅速さを求められる災害被害状況に即応し問題解決するため、プラットフォーム上での高速演算処理、その処理結果のみ地上に送信する研究が進められている。本プロジェクトでも近年使用されることが多くなったFPGAの開発に着手している。
- ・ リモートセンシング手法SARによる災害把握の研究として、DInSARと連続方程式による泥噴出地域の被害把握、光学データとSARデータの組み合わせをもとに畳み込みニューラルネットワークとランダムフォレストの統合手法での焼失地域の特定 (いずれもインドネシアにおいて)。また、神奈川県の一部地域の地盤沈下をConsecutive DInSARという手法を用いて他のモニタリング手法との比較検討を実施、有用な結果が得られ将来の代替可能性を示した。

▶重点横断プロジェクト5：静止気象衛星観測網を活用した地球環境モニタリング

本センターでは、諸国の静止気象衛星データを独自にアーカイブ構築し、コミュニティに公開してきた。2014年に打ち上げられた日本の静止気象衛星ひまわり8号を皮切りに、静止気象衛星は大幅な機能向上を遂げ、従来の気象観測目的のみならず様々な地球環境モニタリングが可能になってきている。本センターでは静止気象衛星のアーカイブの強化と、そのデータ応用を目指した様々な研究・活動を推進している。以下に2022年度の成果の抜粋を報告する。

- ・ 新世代の気象観測衛星である「ひまわり8/9号」を中心とした環境情報を収集・蓄積・公開し、国内外の地球環境・地域環境に関わる研究・教育の基盤として貢献した。衛星データの公開は、令和4年度の総ダウンロード数 (約20,831万ファイル) は過去最高を更新した。そのうち、ひまわり8/9号関連は16,220万ファイルであり、うち4,005万ファイルが学外からダウンロードされており、拠点としての機能を発揮した。
- ・ 日本学術振興会研究拠点形成事業 (a. 先端拠点形成型)「静止気象衛星観測網による超高時間分解能陸域環境変動モニタリング国際研究拠点」に着手し、日・米・中・韓・豪との研究ネットワークの強化を目指した。まずは、各国の研究者との対面での対話を目指して、いくつかの海外拠点に訪問し、強力な拠点形成に着手した。
- ・ ひまわり8号を用いた地表面反射率の推定とその比較検証を実施した。推定した地表面反射率は他の既存の衛星プロダクトと比較し、本センターのプロダクトの妥当性を示すことができた。今後、本センターからのプロダクトとして発信する予定である。
- ・ ひまわり8号を用いた地表面温度については、地上タワー観測、宇宙ステーション搭載型センサ (ECOSTRESS)

などのデータセットと比較をし、本研究で推定された地表面温度の妥当性を示すことができた。また、プロダクトはWebを通じて公開した。

- ・ 日本リモートセンシング学会やアジア・オセアニア地球科学学会（AOGS）などで、静止衛星に関する特別セッションを開催し、本研究の成果の周知とコミュニティ形成に努めた。

▶重点横断プロジェクト6：地域農業プロジェクト

近接リモートセンシング（UAV）や衛星リモートセンシングを用いて、農作物のモニタリング技術を開発しつつ、食料生産基盤を改良・向上させる方法の確立を目指す国内・国際共同研究を実施する。農業セクターにおける社会インフラの改善に関しては、分野を横断した研究の実施及び農業現場への支援を行う。以下に2022年度の成果・進捗状況の抜粋を報告する。これらの詳細は、第1章1.5.プログラム5を参照されたい。

- ・ 国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「食料安全保障を目指した気候変動適応策としての農業保険における損害評価手法の構築と社会実装」の実施を通して、適応策として重要な社会インフラである農業保険の中核をなす干ばつ、病虫害、水害の損害査定プロセスにリモートセンシングデータ、GIS、気象データ等の空間情報を統合して損害査定を効率化する新たな方法を確認し、インドネシア州政府に対する社会実装を行った。
- ・ インドネシアのステークホルダーと共同でイネ白葉枯病の現行評価手法にUAVデータを統合して、作期に影響を受けない汎用性のある新たな損害評価手法を構築した。構築した手法を活用することで50～70%の評価時間を短縮できることを確認した。その後の研修を経て、現地の損害評価員がUAV空撮データの取得から評価結果の導出までを一連の流れで実施できるようになった。
- ・ 千葉県と北海道を対象として水田の湛水信号を用いてSentinel-2衛星画像から灌漑状態の水田ピクセルを抽出し、水稲の作付面積をマッピングする手法を開発した。今後はGEEクラウドプラットフォームと組み合わせることで、長期的かつ大規模な低コストでの稲作面積のモニタリングが可能になることが期待される。

▶重点横断プロジェクト7：我が国の地球観測のあり方・次世代衛星ミッション検討プロジェクト

地球観測衛星によるリモートセンシング研究の方向性は、国家レベルでのプロジェクトに大きく左右される。そのため、科学者コミュニティとして、科学的に最良な提案をすることは、この分野の将来を左右する上で、非常に重要な役割である。本プロジェクトでは、共同研究を通じて、大気・陸域・海洋・雪氷などの分野において次世代センサ・衛星の開発・運用に必要な仕様の提言を行うための研究を推進する。

- ・ 1980年代後半から現在に至る日本の地球観測分野における諸方面の努力の結果、我が国の当該分野の能力は世界有数の実力を維持するに至った。しかし、平成20年に施行された宇宙基本法後、それまでと違った当該分野の意思決定が可能になり、地球観測分野における我が国の優位性維持が危惧され始めた。そこで、「日本学術会議 地球惑星科学委員会地球・惑星圏分科会地球観測将来構想小委員会」、「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TFリモセン分科会）」などの組織が我が国の地球観測のあり方・次世代衛星ミッションを検討し、政府に働きかける動きが誕生した。当センターの研究者が上記の二つの組織に積極的に参加することで貢献するとともに、当センターの共同利用研究の枠組みを利用し「衛星地球観測シナリオ研究会」としてTFリモセン分科会活動地球観測グランドデザイン策定を支援している。また、静止気象衛星「ひまわり」、地球環境変動観測衛星「しきさい」、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」などの衛星計画に当センターの研究者が積極的に貢献している。

[2] 共同利用研究

2.1. 共同利用研究概要

千葉大学環境リモートセンシング研究センター（CEReS）では、地球環境に関するリモートセンシング技術の基礎研究と応用研究を中心に、共同利用・共同研究拠点としてリモートセンシングにより環境研究の発展、CEReSの施設・設備や受信・収集した衛星データ・環境データの有効利用のために、大学、その他の研究機関の所属する研究者と当センターの研究者が協力して共同利用研究を推進している。研究種別は、プログラム研究、萌芽的な内容を含む一般研究、プログラム研究研究会、一般研究研究会、国際共同利用研究に分かれており、大気、水循環、植生、農業、災害などの衛星データの解析や付随する地上観測研究棟の幅広いテーマで研究を実施している。これまで国公私立大学を中心に各種の研究機関から多数の参加を得ており、リモートセンシングを用いた地球環境研究の多様さと広がりを示している。近年の利用件数と共同利用研究者はそれぞれ年平均60件、約130名となっている。

今年度は51件の国内共同利用研究（うち2件研究会）、および10件の国際共同利用研究（インドネシア（インドネシア（5）、アメリカ（2）、中国（1）、イタリア（1）、台湾（1））が実施された。また、共同研究の成果の発表の場である第25回CEReS環境リモートセンシングシンポジウムは令和5年2月16日に対面・オンライン併用で行われ、28件の口頭発表と35件のポスター発表があり、90名の参加者らが熱心に議論を交わした。

以下は、国内および国際共同利用研究の採択内訳（表1）、機関別に分類した表（表2）である。

表1. 令和4年度共同利用研究採択内訳

共同研究種別	国内（51件）		国際（10件）		計
	新規研究	継続研究	新規研究	継続研究	
プログラム研究1（含重点課題）	4	6	0	3	13
プログラム研究2（含重点課題）	0.5	1	0	0	1.5
プログラム研究3（含重点課題）	4	1	2	0.5	7.5
プログラム研究4（含重点課題）	6.5	2	0	3	11.5
プログラム研究5（含重点課題）	0	3	0	1.5	4.5
プログラム研究 研究会	2	3	—	—	5
一般研究	3	14	—	—	17
一般研究 研究会	0	1	—	—	1
計	20	31	2	8	61

※2つのプログラムにまたがる課題（2課題）は、各々のプログラムに0.5課題として記載

表2. 令和4年度参加機関数（代表及び研究分担者の所属機関）

機関区分	参加機関数
国公立大学	24（千葉大学内 他部局6）
私立大学	4
大学共同利用機関法人	1
独立行政法人等公的研究機関	8
民間機関	5
外国機関	15
その他（高等専門学校、高等学校など）	3
計	60

2.2. 共同利用研究の詳細

2.2.1. 国内共同利用研究課題一覧（51件）

研究種別	新規／継続	研究課題	研究代表者及び所属	対応教員	共同利用データ・設備
P2022-1	継続	赤外吸収を用いたガス可視化技術の開発	染川 智弘 公益財団法人レーザー技術総合研究所	椎名 達雄	MODTRANコード、HITRANデータベース、測定に用いる機器
P2022-1	継続	地球惑星大気環境を観測するための衛星リモートセンシングに関する研究	野口 克行 奈良女子大学大学院自然科学系	入江 仁士	計算機
P2022-1	新規	富士山域の大気分子計測用小型レーザーセンサーの開発	小林 喬郎 福井大学	椎名 達雄	
P2022-2	継続	IoT技術を用いた環境モニタリングシステムの開発	小室 信喜 千葉大学統合情報センター	入江 仁士	大気環境リモートセンシング装置、SKYNET国際地上リモートセンシング観測網データ、大気汚染常時監視局データ（速報値）の広域分布図
P2022-1 P2022-3	継続	合成開口レーダによる環境計測に関する研究	若林 裕之 日本大学工学部	ヨサファット 本郷 千春 加藤 顕	
P2022-2	継続	人工衛星データを利用した対流圏・成層圏の物質輸送過程に関する研究	江口 菜穂 九州大学応用力学研究所	齋藤 尚子	静止気象衛星データ、極軌道、周回軌道衛星データ、客観解析データ
P2022-3	新規	エアロゾル多元要素同化システムの開発と検証	弓本 桂也 九州大学応用力学研究所	入江 仁士	MODIS、GCOM-C/SGIL、大気汚染物質広域監視システム、国際地上リモートセンシング観測網（SKYNET、A-SKY）スカイラジオメーター、国際地上リモートセンシング観測網（A-SKY）MAX-DOAS
P2022-3 SP2022-4	新規	3次元電離層トモグラフィーによる地震に関連する電離層電子密度擾乱の解析とその物理機構の解明	宋 鋭 千葉大学大学院理学研究院	服部 克巳	GNSS衛星データ
P2022-5	新規	大学内カーボンニュートラルのためのi-Treeによる効率的データ収集方法の確立	平林 聡 アメリカ農務省	市井 和仁	ArcGISライセンス、Leica Scan Station
SP2022-1	新規	幾何変換場のスパース回帰による降水レーダー画像の時間変化のモデル化	船富 卓哉 奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科	小槻 峻司	気象レーダー画像、静止衛星ひまわりの雲画像
SP2022-1	継続	光学衛星コンステレーションとSAR衛星データを用いたインドネシアセントラルジャワにおける農地のパターン変化検出	市川 ドルジュ 山口大学 大学院創成科学研究科	ヨサファット	高解像度の商用データ、現地調査データ
SP2022-1 SP2022-5	新規	深層学習を用いた衛星画像から降水画像への変換法	境野 英朋 株式会社ウェザーニューズ	樋口 篤志	衛星画像、降水レーダ画像、アメダスデータなど
SP2022-1 SP2022-5	新規	深層学習を用いた衛星画像とSO2センサーからの噴煙（灰雲）認識法	境野 英朋 株式会社ウェザーニューズ	入江 仁士	衛星画像データ、環境化学データ
SP2022-1 SP2022-5	新規	深層学習を用いたカメラ雲・天候画像認識分類法	境野 英朋 株式会社ウェザーニューズ	入江 仁士	衛星画像データ、カメラデータ、サーバ、ネットワーク、データベース
SP2022-1 SP2022-5	新規	衛星画像における気象学と深層学習によるパターン現象への分類認識法	境野 英朋 株式会社ウェザーニューズ	小槻 峻司	衛星画像、降水レーダ画像
P2022-2	新規	SKYNETデータを用いたHimawari-8 AHI エアロゾルプロダクト検証に関する研究	山本 浩万 産業技術総合研究所デジタルアーキテクチャ研究センター	入江 仁士	SKYNETデータ、Himawari-8 AHI フルディスク（FD）gridded data プロダクト
P2022-2	新規	地上リモートセンシング観測データを用いた福岡都市圏における大気汚染物質の拡散過程：人工衛星観測データの検証	高島 久洋 福岡大学 理学部	入江 仁士	国際地上リモートセンシング観測網（SKYNET、A-SKY）観測データ（MAX-DOASおよびSky radiometer）

研究種別	新規／継続	研究課題	研究代表者及び所属	対応教員	共同利用データ・設備
P2022-2	継続	気候モデル数値実験結果による衛星プロダクト導出アルゴリズムの検証	馬淵 和雄	本多 嘉明	千葉大学統合情報センター 高速演算サーバ
P2022-2	新規	SKYNETの観測資料を用いたひまわり8号とGCOM-C観測の雲相および雲特性の精度評価	カトリ プラディーブ 東北大学大気海洋変動観測研究センター	入江 仁士	SKYNETのスカイラジオメーター、マイクロ波放射計、全天日射計観測のデータ
SP2022-4	継続	CP-SAR検証用UAV搭載小型統合センサシステムの開発研究/センサデータ通信方式の開発	大前 宏和 株式会社 センテンシア	ヨサファット	
SP2022-4	継続	重要原発への多重防御としての函体内蔵型津波海岸堤防の適用に関する検討 ー各種海岸地形における既存の原発・臨港施設と緩傾斜堤防の断面形状の選定ー	金子 大二郎 株式会社 遥感環境モニター	ヨサファット	合成開口データ
SP2022-5	新規	静止気象衛星ひまわりを用いた都市域熱収支の広域推定法の開発	植山 雅仁 大阪公立大学大学院農学研究科	市井 和仁	静止気象衛星データ (ひまわり8/9号 H08/09 AHI)
SP2022-5	継続	次世代型静止気象衛星からの地表面温度推定アルゴリズム開発	森山 雅雄 長崎大学大学院工学研究科	樋口 篤志	INSAT、FYデータ
SP2022-5	新規	静止気象衛星を用いた地表面反射率プロダクトの生成手法に関する基礎研究	島崎 彦人 木更津工業高等専門学校	市井 和仁	
SP2022-5	継続	静止気象衛星高頻度観測を用いた雲・降水特性の推定	安永 数明 富山大学 学術研究部	樋口 篤志	ひまわり8/9号を中心とする静止気象観測データ、最新の客観解析データ
SP2022-5	新規	ひまわり8号のマルチチャンネルを活用した雲・降水システムモニタリングの高度化に関する研究	広瀬 民志 宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門地球観測研究センター	樋口 篤志	衛星データ (静止気象衛星データ)、H08/09 AHI ひまわり8/9号データ (gridded data, FD、V2019 (V02))、MSG2データ、MSG3データ、MSG4データ
SP2022-6	継続	ドローン画像を用いた水稲いもち病発生個所の特定と地図化	牧 雅康 福島大学農学群食農学類	本郷 千春	紫外、可視、近赤外分光光度計、反射測定装置
SP2022-6	継続	シミュレーションモデルとリモートセンシングを用いた水稲生産量推定法の検討	本間 香貴 東北大学 大学院農学研究科	本郷 千春	
SP2022-6	継続	作物モデル及びドローンデータを用いた水稲病害による減収リスク評価手法の構築	宮野 法近 宮城県古川農業試験場作物環境部	本郷 千春	
一般研究	新規	次世代気象気候ライブラリへの植生・陸面モデルの実装と検証	佐藤 陽祐 北海道大学理学研究院	小槻 峻司	地理情報データおよび観測データ、解析データとデータストレージ
一般研究	継続	ディープラーニングに基づく自然災害による建築損害の自動検出と区域評価	高橋 徹 千葉大学大学院工学研究院	近藤 昭彦	小型ドローン、衛星データ、ArcGISライセンス
一般研究	継続	SKYNETデータを用いた大気環境の研究	久慈 誠 奈良女子大学大学院自然科学系	入江 仁士	
一般研究	継続	ひまわり8号Dust RGBとシーロメーターを用いたアジアダストの発生と輸送に関する研究 (3)	甲斐 憲次 名古屋大学	椎名 達雄	Himawari-8/9 gridded dataset
一般研究	継続	大気汚染常時監視局測定値の準リアルタイム更新・格子点化データ作成	早崎 将光 一般財団法人日本自動車研究所	樋口 篤志 入江 仁士	MAX-DOAS観測、TROPOMI/S5P NO ₂ データ、計算機 (AEROSデータ取得・格子点化、衛星データ処理用ディスクスペース)
一般研究	継続	連続操作カメラを使用した日本における夜間の雲量の定量化に関する継続研究	Nofel Lagrosas 千葉大学大学院工学研究院	椎名 達雄	ひまわり8号データセット、気象データ
一般研究	新規	大気境界層におけるエアロゾル計測用多波長LEDライターの開発 (その2)	Xiafukaiti Alifu 千葉大学大学院工学研究院	椎名 達雄	

研究種別	新規／継続	研究課題	研究代表者及び所属	対応教員	共同利用データ・設備
一般研究	継続	UAV-Lidarによる点群データを用いた森林景観解析手法の開発	早川 裕弐 北海道大学地球環境科学研究所	加藤 顕	地理情報システム・リモートセンシング画像・点群処理ソフトウェア
一般研究	継続	衛星データを用いたヒマラヤ山脈の高標高域の雲・降水活動の研究	藤波 初木 名古屋大学宇宙地球環境研究所	樋口 篤志	Meteosat-IODC MSGのSEVIRIデータ
一般研究	継続	ロケット打ち上げに伴う電離圏変動とその中性大気による影響の解析	中田 裕之 千葉大学大学院工学研究院	入江 仁士	
一般研究	継続	合成開口レーダ搭載マイクロ衛星用FPGAの開発	難波 一輝 千葉大学大学院工学研究院	ヨサファット	電波無響室・マイクロ波伝搬測定システム・高周波回路・電波シミュレータ
一般研究	新規	衛星データを用いた諏訪湖の浮葉植物および沈水植物分布の推定	岩田 拓記 信州大学理学部	楊 偉	
一般研究	継続	AI技術を用いた観光支援を目的とする観測データの応用について	宮崎 貴大 香川高等専門学校情報工学科	ヨサファット	
一般研究	新規	日本付近で発生するトランスパースバンドと浪雲の特徴について	渡来 靖 立正大学大学院地球環境科学研究科	樋口 篤志	ひまわり8/9号データ(可視、赤外)
一般研究	継続	高性能小型マイクロ波円偏波アレイアンテナの構成と性能評価の研究	瀧澤 由美 統計数理研究所	ヨサファット	電波暗室、アンテナ測定系
一般研究	継続	NPP-VIIRS (DNB) リモートセンシングデータによるバリ島における経済発展とCovid-19流行時の比較	大澤 高浩 ウダヤナ大学(山口大学一国際事務所) YUICO	本郷 千春	
一般研究	継続	火星着陸探査における表層観測のためのLIDAR開発 ～フィールド試験による精度評価～	千秋 博紀 千葉工業大学惑星探査研究センター	椎名 達雄	LIDAR
P2022-1研究会	継続	第22回SAR国際ワークショップ 第5回マイクロリモートセンシング研究会	ヨサファット 千葉大学環境リモートセンシング研究センター		
P2022-2研究会	継続	地上フラックス観測と衛星観測を利用した陸域物質循環に関する研究会	市井 和仁 千葉大学環境リモートセンシング研究センター		
P2022-2研究会	継続	SKYNET-Japan研究会	入江 仁士 千葉大学環境リモートセンシング研究センター		SKYNET各種データ
P2022-1研究会	継続	衛星地球観測シナリオ研究会	高橋 暢宏 名古屋大学宇宙地球環境研究所	本多 嘉明	
一般研究研究会	継続	大気地上検証用機材性能向上研究会	本多 嘉明 千葉大学環境リモートセンシング研究センター		

2.2.2. 国際共同利用研究課題一覧 (10件)

研究種別	新規／継続	研究課題	研究代表者及び所属	対応教員	共同利用データ・設備
P2022-1	継続	Estimation of surface downward radiations from Himawari8 satellite data	Husi Letu Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences	楊 偉	Satellite Data for Environmental Monitoring in Riau Province Indonesia
P2022-1	継続	Assembled Techniques of Time Series InSAR to Monitor Land Subsidence Causing Flood Vulnerabilities in Kedungbanteng and Banjarasri, Sidoarjo	Noorlaila Hayati Institut Teknologi Sepuluh Nopember	ヨサファット	Himawari-8/9 gridded dataset, MODIS land products

研究種別	新規／継続	研究課題	研究代表者及び所属	対応教員	共同利用データ・設備
P2022-3	新規	Analysis and Prediction of Carbon Concentration at Particulate Matter (PM) 2.5 Caused by Forest Fires in Riau Province, Indonesia	Evizal Abdul Kadir Islamic University of Riau	入江 仁士	Spectrophotometer, multi spectral camera
P2022-3	新規	Environmental predictions in urban Indonesia in 2050-2070, case studies in Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, and Bekasi (JABODETABEK)	Syachrul Arief Geospatial Information of Authority Indonesia	服部 克巳	Archived satellite data sets; software like Python, Fortran
P2022-4	新規	Urban Flood Risk Assessment and Loss Analysis based on Integrative aspect of Hazards, Vulnerabilities and Capacities with 3D Geospatial Approach	Hepi Hapsari Handayani Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS)	劉 ウェン	
SP2022-2 P2022-1 P2022-3	継続	Application of space and ground technologies for disaster risk mitigation: Multi-sensor Web for earthquake early detection.	Dimitar Ouzounov Chapman University	服部 克巳	Himawari-8/9 meteorological satellite data
SP2022-2 P2022-3	継続	Atmospheric and Ionospheric Remote Sensing on Volcano Eruption and Tsunami	Jann Yeng Liu National Central University	服部 克巳	Land cover from Satellite data
SP2022-5	継続	Using Himawari Data to Monitor Vegetation Dynamics Over the Tropical Asia Region	Tomoaki Miura University of Hawaii	市井 和仁	
SP2022-5	継続	Development and validation of advanced satellite techniques to HIMAWARI-8/9 radiances for monitor and mitigate geohazards	Nicola Genzano University of Basilicata	樋口 篤志	Himawari-8/9 meteorological satellite data
SP2022-6	継続	Analysis of bacterial leaf blight disease on rice crop utilizing UAV data	Gunardi Sigito Agricultural Training Center, Regional Office of food Crops Service West Java Province, Indonesia	本郷 千春	seismometers, tide gauges, buoys, satellite images, magnetometers, ionosondes, CW HF Doppler sounding systems GNSS receivers

2.3. 共同利用プログラム研究の詳細

CEReS 共同利用研究/研究報告2022

【CJ22-06】P2022-1

赤外吸収を用いたガス可視化技術の開発

Development of a gas visualization system using infrared absorption techniques

(研究代表者名) 柴川 智弘 (公益財団法人レーザー技術総合研究所)

Toshihiro Somekawa (Institute for Laser Technology)

【要旨】人体に影響を及ぼす多種多様なガスの漏えい・発生事故は世界各地で頻発しており、ガス濃度の評価だけでなく、漏えい・発生箇所の同定も必要とされている。こうしたガスは赤外域に固有の吸収ラインを持つことが多く、その波長で発振するレーザーを利用すれば、吸収の有無によって、濃度だけでなく、位置情報も得ることが可能になる。そこで、赤外域で発振する小型の分布帰還型(Distributed Feedback: DFB)レーザーを利用した近距離計測用のガス可視化システムの開発を開始した。本研究では、貯炭場などの石炭の自然発火予測に使用されるCOガスを対象として、波長2334 nmのDFBレーザーを利用して、50 cm遠隔の石炭反射光からCO濃度の測定に成功した。

【Abstract】 Hazardous gas risks are one of the major safety concerns worldwide. The development of a visualization technique is needed for achieving the detection of such gas species from a safe distance. The goal of the present research is to develop a system for detecting CO gas, which is often used as a promising indicator for early fire detection of coal. A narrow-band distributed feedback (DFB) laser emitting around 2334 nm realized the remote gas detection using the light diffusely reflected from a coal lump placed at a 50 cm distance.

1 背景 目的 方法

石炭火力発電所では、石炭輸送船から受け入れた石炭を貯炭場や石炭サイロに一旦貯蔵するが、石炭の自然発火が火災事故につながる危険性があり、発火監視技術が求められている。石炭が低温酸化反応によって発火する際には、COガスが300 ppm程度発生することが知られており、貯炭場や石炭サイロのCOガスの濃度分布を測定することで、石炭の自然発火を事前に検知できる可能性がある。そこで、本研究では、注入電流の変化により波長可変な小型のDFBレーザーを利用した近距離計測用のガス可視化システムの応用に向けて、COの吸収ラインである波長2334 nmのDFBレーザーによる石炭の反射光を利用した遠隔吸収計測を実施した。

2 研究の 成果

貯炭場などでCOガス濃度を測定することを想定し、石炭の反射光を利用してCOガスの赤外吸収計測を実施した。

(1) 50 cm離れた位置に設置した石炭の反射光を利用するCOガスの赤外吸収スペクトル測定光学系を開発した(図1)

図1に50 cm遠隔でのCOガス赤外吸収スペクトル測定光学配置図を示す。本実験で使用したDFBレーザーは、温度や入力電流を変化させることで、波長2331.3~2336.1 nmで連続掃引が可能である。レーザー光はCOガスを0, 74, 148, 296 Torr封入したセルを透過させ、50 cm離れた石炭に照射した。石炭からの反射光は、同軸光学系でInGaAsのフォトダイオード(PD)で記録することが可能である。

(2) COのR6(R枝、J' = 7 ← J = 6)の赤外吸収スペクトルの測定に成功した(図2)。

図2にCOガスの透過率スペクトルを示す。COガス濃度0 Torrとの比を取ることで透過率を算出している。点線はHITRANデータベースを用いて計算した赤外吸収スペクトルであり、実験結果とよく一致していることがわかる。

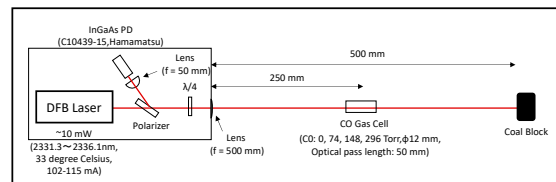


図1 石炭の反射光を利用したCOガス赤外吸収スペクトル計測システムの光学配置図

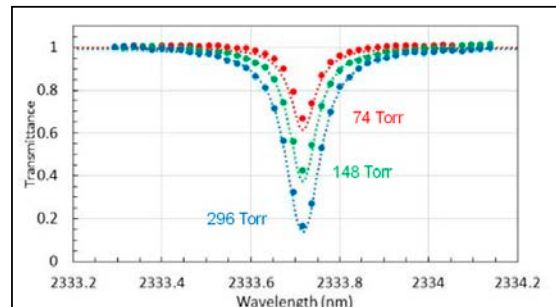


図2 COガス(74, 148, 296 Torr)を光路上に入れた石炭からの反射光の透過率スペクトル

3 成果展開の 状況

開発した赤外吸収計測は、種々のガス計測などに利用され広く普及している。本研究では、近年、赤外領域まで発振波長を広げているDFBレーザーを利用することで、リモートでのガス可視化が可能になるのではないかと、COガスの吸収計測を開始した。HITRANデータベースを利用した計算結果と実験で得られた透過率スペクトルはよく一致し、今後は検出感度の向上を検討するとともに、実際の貯炭場などでCOガス濃度の測定を実施したいと考えている。

【CJ22-13】P2022-1

(研究課題名: 和文) 地球惑星大気環境を観測するための衛星リモートセンシングに関する研究

(研究課題名: 英文) A study on the spaceborne remote sensing for the observations of Earth and planetary atmospheric environments

(研究代表者名) 野口 克行 (奈良女子大学)

Katsuyuki Noguchi (Nara Women's University)

【要旨】地球大気のリモートセンシング観測にて得られた技術的成果は、他の惑星大気にも応用されてきた。他の惑星大気に対しても利用可能な観測技術やデータ解析手法の開発により、地球だけに特化しない普遍的な観測技術の知見が得られる可能性がある。我々は、惑星大気のリモートセンシング観測のデータ解析手法を検討・開発する事で、その惑星の大気環境を明らかにすると共に、将来的には地球観測の先端センシング技術開発にも貢献する事を目的とする。本研究では、研究対象として火星に着目する。火星は地球の中層大気程度の大気を持ち、地球観測で得られたリモートセンシング技術が多く用いられてきた。米国の火星探査機搭載に搭載された熱赤外放射計による観測データを用いて、従来着目されていなかった高高度のエアロゾル(ダスト)極大を検出するアルゴリズムを開発し、その時空間分布を調べた。

【Abstract】We aim to contribute to the development of advanced technologies for Earth observation by studying and developing the data analysis methods utilized in the remote sensing observations not only of Earth but also of planetary atmospheres. This study focuses on Mars, which has an atmosphere similar to our middle atmosphere and was observed with remote sensing technologies that had ever applied to Earth observations. In this report, we show the spatiotemporal distribution of the dust enhancements appeared in the high altitude regions, on which the past observations had not focused, with an infrared sensor on the US Mars spacecraft.

1 背景 目的 方法

火星は、地球よりも外側の軌道を公転する惑星であり、1火星年は約2地球年、直径は地球の半分程度、重力加速度は地球の1/3程度である。地表面気圧も地球の1%以下と希薄だが、地球の中層大気に似た特徴を持つ。火星にも地球と同様にエアロゾルが存在する。その一つに、地表から舞い上がった砂埃(ダスト)が挙げられる。ダストは、太陽光を吸収することで局地的に大気を加熱する。また、凝結核として水氷雲やCO₂氷雲など他のエアロゾルの生成にも関係している。そのため、ダストは直接的・間接的に火星大気の熱収支に影響を与える。米国の火星探査機MRO搭載の熱赤外放射計MCSによる5火星年分のダストの消散係数データを解析したところ、従来知られていたダスト増大現象(HATDM、およそ100-50Pa付近)よりも高い高度域(10Pa以上)において、ダストが増大している現象が見つかった。昨年度までに、我々はこのようなダスト増大の検出アルゴリズムを作成した。センサの検出限界よりも十分大きな極大のみに着目すると共に、他のエアロゾル(水氷雲やCO₂氷雲)との混同を避けるため、水氷雲が同じ高度域で増大しておらず、また気温がCO₂凝結温度を下回っていない事例のみを抽出するようにした。今年度は、このような高高度域でのダスト極大の事例(約800万本の解析対象プロファイルのうち5000例程度)を抽出し、時空間分布を調べた。

2 研究の 成果

(1) MRO探査機は極軌道であり、昼(LT15)と夜(LT03)のデータが取得されているため、分けて解析を行った。検出されたダスト極大の季節変化の例を図1に示す。解析した5火星年全てにおいて、一年の前半(春分から秋分、Ls=0~180°)においては常にダスト極大が観測されており、昼と比べて夜の方が消散係数が大きい傾向が見られた。その差は10倍以上であり、昼と夜とで極端にダスト量が変わることは考えにくいことを考慮すると、雲の事例を除去しきれていない可能性が考えられる。一方、一年の後半(秋分から春分、Ls=180~360°)では、昼と夜共に突発的にダストの消散係数の値が大きくなる事例が見られる。突発的な増加の後、20~30火星日程度をかけてゆっくりと減少している。

(2) 一年の後半に見られた、突発的なダスト増大の水平分布(経度・緯度分布)の例を図2に示す。昼と夜とで検出数に偏りはあるものの、昼と夜共に広い経度・緯度範囲にわたってダスト極大が発生しているように見える。そのため、このような事例が観測されている期間では、全球的にダストが増大している可能性が考えられる。

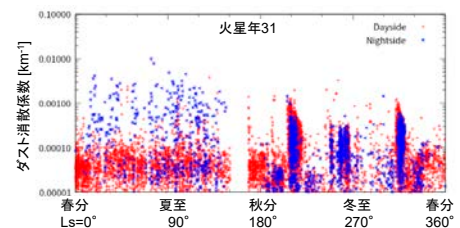


図1 火星年31のダスト極大の季節変化。赤色と青色の点は、それぞれ昼側と夜側の観測を表す。

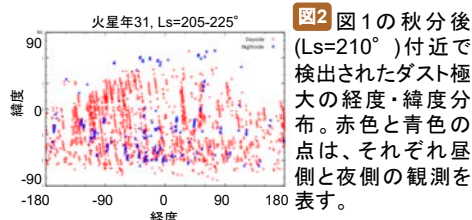


図2 図1の秋分後(Ls=210°)付近で検出されたダスト極大の経度・緯度分布。赤色と青色の点は、それぞれ昼側と夜側の観測を表す。

3

成果展開の 状況

初期成果については、第25回環境リモートセンシングシンポジウムにて口頭発表を行った。今後、国内外における学会での成果発表を視野に入れながら、引き続きダスト極大の検出アルゴリズムの改良を目指すと共に、時空間分布の詳細を調べる。

【CJ22-24】P2022-1

(研究課題名:和文)富士山域の大気分子計測用小型レーザーセンサーの開発

(研究課題名:英文)Development of compact laser sensors for measuring atmospheric molecules over Mt. Fuji area

(研究代表者名) 小林 喬郎(福井大学)

Takao Kobayashi (Fukui University)

【要旨】 富士山の山頂や火山周辺域の温室効果分子の密度変化などを高精度に計測するレーザーセンサーの開発を行い、常時観測を可能とすることを目指している。

当研究グループは、令和1年度に富士山測候所を利用して「富士山域における新しい気象・環境情報のライダー観測システムの調査研究」を実施した。本共同利用は、これを受けて実施するものである。

【Abstract】 We aim to develop a laser sensor to measure density change of greenhouse gas on Mt. Fuji summit and its surroundings and to monitor with that all the time.

We have conducted “research study of new lidar monitoring system for weather / environmental information on Mt. Fuji summit”. This study follows that activity.

1 背景目的方法

我が国の最高峰である富士山周辺に小型のライダー装置を設置して、環境データを測定するセンサーシステムを構築することを目指した調査研究を行う。山頂にある富士山測候所は水平方向の視野が広く、広域の計測が可能となる。また、乱気流や竜巻などの風向風速の立体構造を詳細に捉える研究など、測候所の活用により新たな展開が期待できる。

本研究では令和1年度には、システムの性能や安全性等の設置条件など、システム技術のシーズ(可能性)を調査するとともに、得られる観測情報の利用分野について、基礎的研究分野から気象・環境情報を活用する国や県、研究機関や情報利用企業などのニーズについて調査した。本年はコロナ禍後の体制を確認するとともに研究の方向性を検討した。

2 研究の成果

本研究ではコロナ禍後の活動再開に際し、箱根(金時山)登頂を2022年7月に実施し、装備を想定した登山体力の確認を実施し、同7月3日-6日の予定で富士山頂測候所にて観測を実施した。富士山頂では悪天候下での試験実施となった。

(1)レーザー式H2Sセンサを設置して山頂でのH2S濃度の計測を行なった。悪天候下での計測となり、途中落雷の危険性のため、しばしば計測は中断された。しかし、午前・午後とデータを計測できた。

ターゲットとして土壌状壁面を狙ったが、反射光量が大きかったことから大きくオフセットが出た。それでも時間を追った変化を捉えることができた。

(2)CO2接触式センサを設置し、H2Sレーザーセンサと同期した計測を行なった。計測はH2Sレーザーセンサと同様に、しばしば中断を余儀なくされたが、午前午後を通した観測を実施した。CO2濃度は比較的安定した結果を得られたが、時折数値が大きくなるイベントが発生し、H2Sセンサーとの相関が見られた。その現象の意味を検討しているが、悪天候下であったことと、計測がしばしば中断したこと、落雷が複数回生じていたこと等を勘案し、より継続的な観測結果の蓄積が必要であることを確認した。

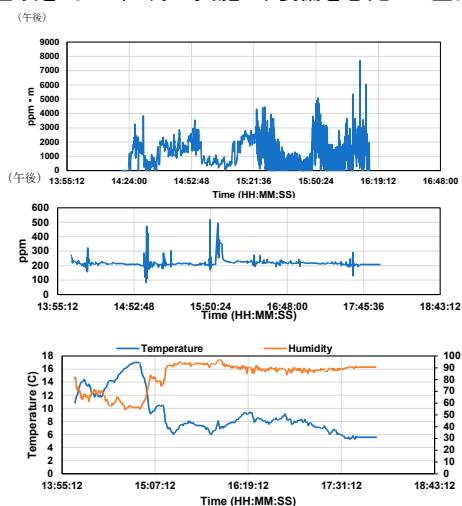


図1 H2Sレーザーセンサ、CO2接触式センサによる富士山頂計測結果の例

3 成果展開の状況

今後、基礎計測の結果を踏まえたライダー装置の構築と設置を検討する。

富士山頂での観測では悪天候下での落雷や強風、停電に対するシステムのバックアップや点検、再起動の実施を踏まえた機器開発を検討する。

今後、研究会へのフィードバックや学会、学術雑誌への投稿を予定している。

【CJ22-39】P2022-1

(研究課題名:和文)IoT技術を用いた環境モニタリングシステムの開発

(研究課題名:英文)Development of Environment Monitoring System through IoT

(研究代表者名)小室 信喜 (千葉大学・統合情報センター)

Nobuyoshi Komuro (Chiba University・Institute of Media and Information Technology)

【要旨】 環境問題の対策として、人工衛星からの情報によって環境状況を把握する、環境リモートセンシングが注目されている。環境リモートセンシングは大域的に俯瞰的に環境状況を把握することが可能であるが、局所的な場所における環境状況を把握するのは困難である。本研究では、IoT(Internet of Things)技術を用いた環境モニタリングシステムの技術基盤を開発することを目的とする。今年度は特に計測センサの省電力化に注力する。IoT技術を用いることにより、時間的・空間的に高い自由度で環境データを収集できる。実機実験により、開発したシステムの有効性を確認する。

【Abstract】 The remote sensing technique is becoming popular for comprehending global environment data through sensing data from satellites. Although the remote sensing technique is suitable for analyzing global environment data, it is difficult to comprehend local environment data. This study develops an environment monitoring system using the IoT technique. The developed system enables us to collect environment data in terms of time and space flexibly. Especially, this study focus on the power savings of the developed sensors. Experimental results show the effectiveness of the developed system.

1 背景 目的 方法

人工衛星を利用した環境リモートセンシングは、大域的に環境状況を把握することが可能であるが、局所的に環境状況を把握することは困難である。一方、IoT (Internet of Things)は無線通信機能を搭載したセンサをさまざまな箇所に配置し、モノとモノの間で情報のやり取りをする技術であり、局所的に環境データを収集できると期待できるが、電源の確保が課題である。

本研究の目的は、IoT技術を用いた環境モニタリングシステムを開発することである。

このため、ソーラーパネルおよび蓄電池の併用により、電源の確保が困難である屋外で稼働できる無線センサノードを開発し、屋外での局所的環境データを取得する。

2 研究の 成果

(1)CO2濃度、温度、湿度、照度、気圧、PM2.5などを計測する無線センサノードを開発した(図1)。無線センサノードにて計測した情報をサーバに送信することにより、屋外環境情報をIoT技術を介して取得可能となった。

(2)ソーラーパネル、モバイルバッテリーを併用、さらにマイクロコンピュータ(Arduino)のスリープ機能を搭載することによって、電力供給と消費電力の削減を行い、電源供給のない屋外にて74時間稼働できる無線センサノードを開発した。

(3)温度、湿度、照度、気圧、CO2濃度、PM2.5を7日間測定し、IoTを介してクラウド上にアップロードし、グラフ化した。

2022年度は特に、圧縮センシング技術による省電力効果について検討し、圧縮率0.2の時0.75以上の相関値・消費電力20%削減を達成できることを確認した。

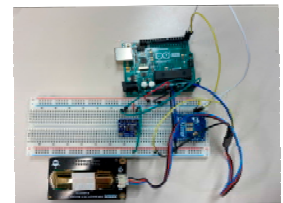


図1 CO2濃度および照度計測センサ

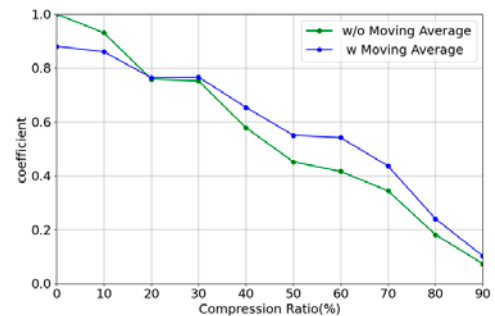


図2 圧縮センシング技術を適用した温度
圧縮率が0.2のとき0.75の相関値が0.75
以上・20%の省電力化を達成

3 成果展開の 状況

本研究の成果を第23回環境リモートセンシングシンポジウムにて発表した。

また、本研究の成果の一部を2023年1月に韓国で開催された開催され日韓合同ワークショップ(apan-Korea Joint Workshop on Complex Communication Sciences)にて発表した。

さらに、英文論文誌(Journal of Communications, Impact factor 1.3)への掲載が決定した。

【CJ22-33】P2022-1, P2022-3

(研究課題名:和文) 合成開口レーダによる環境計測に関する研究

(研究課題名:英文) A study on environmental measurement by synthetic aperture radar

(研究代表者名) 若林 裕之 (日本大学・工学部)

Hiroyuki Wakabayashi (College of Engineering・Nihon University)

【要旨】 本研究では、福島県郡山市内の2019年台風19号による水田や都市域での浸水被害領域について、Sentinel-1のCバンドSARデータを使用した機械学習による浸水被害領域の検出を行うことを目的とする。浸水被害が発生した都市域や水田領域を学習データとして使用し、分類器にSVMを使用して、浸水被害領域の検出を行った結果を示す。

- ・入力データとして後方散乱係数変化とテクスチャー(エントロピー)情報を組み合わせることによって分類精度を向上させることが可能であり、テストエリアのカッパ係数を0.15程度向上させることができた。
- ・都市域の浸水域検出にはVV偏波、水田域の浸水域検出にはVH偏波が有効であった。

【Abstract】 This study aims to detect flood damage areas in Koriyama city caused by Typhoon Hagibis using a learning method with Sentinel-1 SAR data. We used built-up and rice paddy areas as training data and SVM as a classifier to detect flood damage areas.

- ・ Classification accuracy improved by combining the change of backscatter coefficient and texture (entropy) information as input data. As a result, the kappa coefficient in the test area was improved by about 0.15.
- ・ VV polarization was effective for detecting flooded areas in urban areas, and VH polarizationization was effective for detecting flooded areas in paddy fields.

1 背景 目的 方法

本研究は、合成開口レーダ(SAR)データを使用した環境計測の高精度化を目的としている。近年衛星搭載SARの観測パラメータが多様化し、周波数、偏波、入射角が選択できるようになってきた。2022年度は、浸水被害発生前後のSentinel-1SARデータを使用して機械学習手法を適用することによって、浸水被害領域を検出することを試みた。

Sentinel-1が郡山市内の2019年台風19号による水田や都市域での浸水被害領域を観測したデータをトレーニングデータとして使用してSVM分類器を学習させ、浸水被害を受けた領域を検出した。

2 研究の 成果

本研究におけるSentinel-1データ解析の結果、以下の成果を得た。

- (1)入力データとして後方散乱係数変化にテクスチャ情報変化を加えることによって浸水被害領域の検出精度を向上させることができた(図1および表)。
- (2)都市域の浸水域検出にはVV偏波、水田域の浸水域検出にはVH偏波が有効であることがわかった(表および図2)。

表 浸水被害領域検出精度

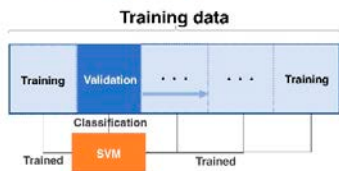
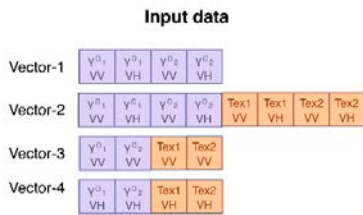


図1 浸水被害領域検出の入力データとSVM学習

Vector		1		2		3		4	
		VF	VH-backscat	VH-backscat	VH-backscat	VH-backscat	VH-backscat	VH-backscat	VH-backscat
Training	F1	Kappa		0.763	0.963	0.914	0.804		
		flooded	partly	0.861	1.000	0.936	0.993		
		built-up	paddy	0.794	0.990	0.998	0.967		
		non-flooded	built-up	0.812	0.969	0.932	0.844		
Kappa		0.791	0.968	0.927	0.884				
Kappa		0.615	0.763	0.657	0.708				
Test	F1	Gray Level		—	8	2	16		
		Window size		—	19	19	19		
		flooded	paddy	0.747	0.894	0.769	0.884		
		built-up	built-up	0.508	0.583	0.531	0.515		
non-flooded	partly	0.755	0.904	0.780	0.845				
non-flooded	built-up	0.784	0.822	0.788	0.787				

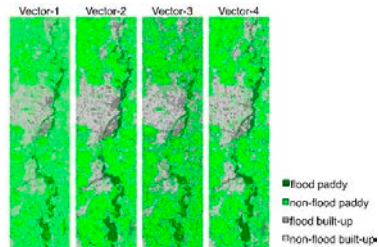


図2 浸水被害領域検出結果

3 成果展開の 状況

H. Wakabayashi, T. Igarashi, and S. Tsukamoto: Flood damage analysis in Koriyama city caused by typhoon Hagibis using Sentinel-1 SAR data. Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp.6021-6024 (2022.7.18)

T. Igarashi and H. Wakabayashi, 2022: Backscattering and interferometric characteristics of flood damage in Koriyama City caused by Typhoon Hagibis. In: Proc. 43 rd. Asian Conference on Remote Sensing (ACRS), Ulaanbaatar (2022.10.5)
第25回環境リモートセンシングシンポジウム (2023.2.16 発表済)

【CJ22-26】P2022-2

(研究課題名: 和文)人工衛星データを利用した対流圏・成層圏の物質輸送過程に関する研究

(研究課題名: 英文)Study for dynamical coupling process in troposphere and stratosphere by satellite data

(研究代表者名) 江口 菜穂 (九州大学 応用力学研究所)

Nawo Eguchi (Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University)

【要旨】 GOSAT温室効果ガス観測技術衛星から得られた二酸化炭素 (CO₂)の鉛直プロファイルデータを用いて、上部対流圏/下部成層圏 (UT/LS) におけるCO₂の季節内、季節、経年変動の解析を実施した。UTとLSでのバイアス補正で得られたCO₂混合比の増加は、2010年から2013年にかけて1.8–2.4 ppmv year⁻¹であり、これは以前の観測研究と一致しており、下部対流圏 (LT) とほぼ同じです。UTとLSの季節変動は、LTのピークから1～2か月後に最大ピークが存在し、振幅は4～5 ppmvとLTよりも小さいことがわかります。アジアの夏季モンスーン地域における季節内変動それぞれ、深い対流とモンスーンの高気圧性循環による垂直方向と水平方向の両方の動きに関連していました。

【Abstract】 The increase of CO₂ mixing ratios obtained with the bias correction in the UT and LS was 1.8–2.4 ppmv year⁻¹ from 2010–2013, which is consistent with a previous observational study and almost the same as for the lower troposphere (LT). The seasonal variations in the UT and LS show that a maximum peak exists one or two months after the peak in the LT, and has an amplitude of 4–5 ppmv, which is less than that in the LT. Intra-seasonal variations over the Asian summer monsoon region were associated with both vertical and horizontal motions owing to deep convection and monsoonal anticyclonic circulation, respectively.

1
背景
目的
方法

上部対流圏と下部成層圏 (Upper Troposphere/ Lower Stratosphere; UTLS)間の物質輸送の理解は、気候変動を深く理解するうえでも重要である。しかし、UTLS領域はその力学的構造がシャープに変化することから時空間分解能よく観測することが求められているが、それを達成しうる観測データが乏しい。本研究では、鉛直分解能はそれほど高くないが、長寿命種として知られる二酸化炭素 (CO₂) の鉛直プロファイルデータを用いて、UTLS領域におけるCO₂の変動を介して、物質輸送の理解を深めることを目的とする。用いたデータはGOSAT温室効果ガス観測技術衛星の熱赤外波長より得られたCO₂の鉛直プロファイルデータ (Ver01, 2010–2013年)である。観測自由度 (DOF)の高いデータを抽出し解析に用いた。

2
研究の
成果

- (1) UTとLSでのバイアス補正で得られたCO₂混合比の増加は、2010年から2013年にかけて1.8–2.4 ppmv year⁻¹であり、これは以前の観測研究と一致しており、下部対流圏 (LT) とほぼ同じです。
- (2) UTとLSの季節変動は、LTのピークから1～2か月後に最大ピークが存在し、振幅は4～5 ppmvとLTよりも小さいことがわかります。
- (3) アジアの夏季モンスーン地域における季節内変動それぞれ、深い対流とモンスーンの高気圧性循環による垂直方向と水平方向の両方の動きに関連していました。



図1 100,150,250,500hPaにおけるCO₂濃度の季節緯度断面。



図2 15日のCO₂のアジアモンスーン域での水平分布。2012年6月25日、7月8日、25日8月8日、7日平均図。

3
成果展開の
状況

特になし

【CJ22-20】P2022-3

(研究課題名:和文)エアロゾル多元要素同化システムの開発と検証

(研究課題名:英文)Development and validation of aerosol multi-element assimilation system

(研究代表者名) 弓本桂也(九州大学)

Keiya Yumimoto(Kyushu University)

【要旨】 世界の現業期間でエアロゾル同化予測システムの開発と運用が行われ、社会のインフラとして認知されるに至っている。これらの殆どのシステムは衛星搭載イメージャーから得られたエアロゾル光学的厚さ(AOT)を同化データとして用いており、エアロゾル全体の鉛直カラム量の分布でしか予測の補正が行われていない。本研究では、AOTに加え単散乱アルベド(SSA)の情報を同化するシステムを開発した。黄砂を対象とした同化実験を行い、SSAの情報を取り込むことで、AOT単独では難しかった鉱物性粒子の割合やSSAの分布を修正することに成功した。

【Abstract】 Aerosol assimilation prediction systems have been developed and operated and have come to be recognized as part of society's infrastructure. Most of these systems use aerosol optical thickness (AOT) data obtained from satellite-borne imagers as assimilation data, and only the distribution of the vertical column amount is used. In this study, we developed a system that assimilates single scattering albedo (SSA) information in addition to AOT. Assimilation experiments were conducted for Asian dust storm, and by incorporating SSA information, the system succeeded in correcting the fraction of mineral dust particles and the distribution of SSA, which was difficult to do using AOT alone.

1 背景目的方法

世界の現業期間でエアロゾル同化予測システムの開発と運用が行われ、社会のインフラとして認知されるに至っている。これらの殆どのシステムは衛星搭載イメージャーから得られたエアロゾル光学的厚さ(AOT)を同化データとして用いており、エアロゾル全体の鉛直カラム量の分布でしか予測の補正が行われていない。本研究では、GCOM-C/SGLIから得られた単散乱アルベド(SSA)やオングストローム指数(AE)を同化する手法を確立し、エアロゾルの光吸収性や粒径分布に関する観測情報を取り込むことで組成や粒径分布の予測精度向上を図るとともに、地上観測ネットワークを用いその効果の検証を行うことを研究目的とする。

2 研究の成果

(1) JAXAひまわりモニタやエアロゾル版再解析プロダクト(JRAero)に用いられているエアロゾル同化システムに、AOTに加えSSAの情報を同化するシステムを開発、2021年3月の黄砂イベントを対象に同化実験を行った(図1)。

(3) AOTのみ同化実験の結果をみると、dust AOTの割合、SSAともに同化なし実験と変わらない結果となった。これは、AOTにはエアロゾル種の割合や光吸収性の情報は含まれていないこと、現在の同化システムでは各エアロゾル種の比を固定して解析しているためである。そのため、たとえ同化によってエアロゾルの混合比を補正したとしてもdust AOTの割合やSSAといった比に関する情報には同化の影響は反映されない。一方、AOT+AAOT同化実験はAOTに加え、AAOTを同化しているため、これらの比に関する情報にも同化の影響が及び、それは図16からも明らかである。各同化実験の結果とGCOM-C/SGLIから得られたSSAの分布を比べてみると、同化なし実験およびAOTのみ同化実験はSSAの分布を過小評価している一方、AOT+AAOT同化実験はその過小評価を大きく修正し、観測結果と良い一致を示していることがわかる(図2)。

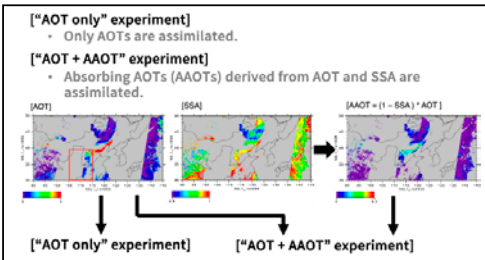


図1 同化実験設定

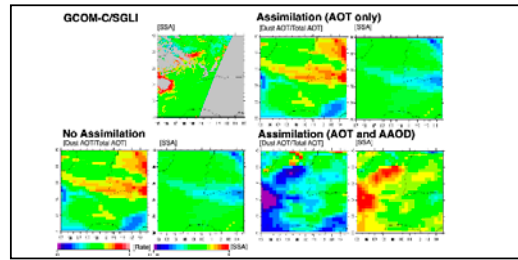


図2 黄砂を対象とした同化結果

3 成果展開の状況

開発した手法は、将来的にJAXAひまわりモニタシステムへの導入と予測結果の配信、エアロゾル版再解析プロダクトJRAeroへの導入が期待されている。

【CJ22-50】P2022-3, SP2022-4

(研究課題名: 和文)3次元電離層トモグラフィーによる地震に関連する電離層電子密度擾乱の解析とその物理機構の解明

(研究課題名: 英文)Reconstruction of the three-dimensional ionospheric disturbances caused by earthquakes in Japan by Ionospheric tomography

(研究代表者名) 宋 銳 (千葉大学・大学院理学研究院)
Song Rui (Chiba University · Institute of Science)

【Abstract】

We studied the three-dimensional (3-D) ionospheric electron density (Ne) disturbances prior to the 2011 M9.0 Tohoku-Oki Earthquake in Japan by the ground-based total electron content data from the global positioning system (GPS) Earth Observation Network (GEONET). We developed an initial input-free algorithm, termed the improved constraint least square fitting (ICLSF) algorithm based on the computerized ionospheric tomography (CIT) technique. Two kinds of ionospheric Ne anomalies were detected in our study. First, we found remarkable negative Ne around the epicenter three days prior to the mainshock on March 8, 2011. Second, prominent downward drift of Ne in the ionospheric F region was recognized immediately before the mainshock from 04:52 UT to 05:30 UT in the west of epicenter. Finally, we discussed the possible triggering mechanism based on the 3-D retrieved results.

1
背景
目的
方法

Research Background: Earthquakes remain difficult to predict. In recent decades, it has been suggested that the ionosphere-based technique could, present a novel approach for earthquake precursor study.

Research purpose: This study could be helpful to understand the earthquake-ionosphere coupling process and has the potential to reduce loss caused by earthquakes.

Method: We developed an initial input-free algorithm, termed the improved constraint least square fitting (ICLSF) algorithm based on 3-D CIT technique. It has an excellent performance in visualizing ionospheric disturbances, owing to its independence of any initial guesses with only vertical direction constraints.

2
研究の
成果

(1) By calculating the percent Ne variations, we found remarkable negative Ne anomalies ranging from -20% to -60% around the epicenter on March 8, 2011. They lasted for more than ~20 hours in the lower altitudes of F2 layer in 190 - 250 km (blue colored region in Fig.1).

(2) Prominent continuous downward drift of Ne in the F2 layer with displacement of ~ 60 km was recognized immediately before the mainshock from 04:52 UT to 05:30 UT in the west of epicenter.

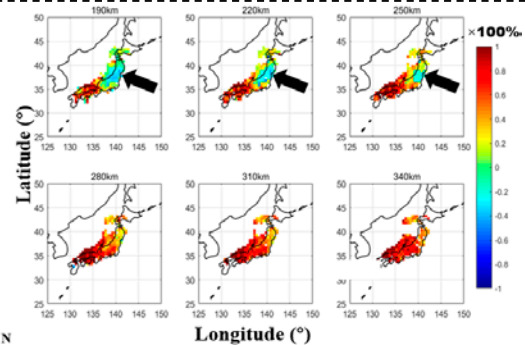


Fig.1 The 3-D distributions of percent Ne variations at 13:00 UT on March 08.

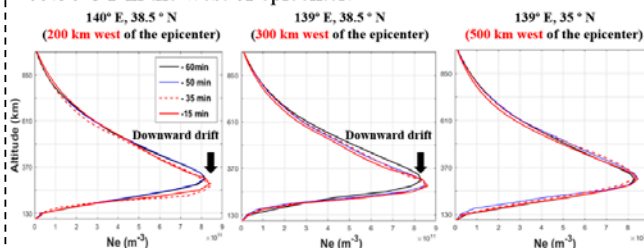


Fig.2 Vertical profiles of the reconstructed Ne with time variations.

(3) The polarized electric fields generated near the earthquake rupture could be response for the negative ionospheric anomalies before the Tohoku-Oki earthquake.

3
成果展開の
状況

Now, we are studying the tsunami-induced 3-D ionospheric disturbances using the same method. Ne evolutions related to the tsunami caused by the Tohoku earthquake will be visualized in our future study. It could be helpful to enhance the existing tsunami warning system.

【CJ22-43】P2022-5

(研究課題名:和文)大学内カーボンニュートラルのためのi-Treeによる効率的データ収集方法の確立
(研究課題名:英文)Efficient data collection using i-Tree for in-campus carbon neutral

(研究代表者名) 平林 聡 (The Davey Tree Expert Company/US Forest Service)
Satoshi Hirabayashi (The Davey Tree Expert Company/US Forest Service)

【要旨】 樹木による炭素の固定および蓄積はカーボンニュートラルな社会を達成するための重要な要素である。i-Tree Ecoは樹木測定データに基づきこれらを算出可能であるが、その精度は樹木インベントリの精度に依存する。本研究では樹木測定の精度向上の為に小型3次元レーザーとSimultaneous Localization and Mapping (SLAM) 技術を用いた手法を開発した。独自に開発したソフトウェアにより樹頂点や幹の位置を3次元データから確定するだけで、正確に樹木の計測が可能となった。本手法により身近な森林のインベントリ蓄積に繋げ、自治体などでのカーボンニュートラルの施策等へと活用していく予定である。

【Abstract】 Carbon sequestration and storage by trees is a key factor in achieving a carbon-neutral society. i-Tree Eco can calculate these based on tree measurement data; however, their accuracy depends on the accuracy of the tree inventory. In this study, we developed a method using a handheld 3-D laser and Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) technology to improve the accuracy of tree measurement. A newly developed software made it possible to accurately measure trees by simply determining the positions of tree apexes and trunks from 3-D data. We plan to use this method to collect inventories of nearby forests and use it for carbon-neutral measures in local governments.

1 背景 目的 方法

カーボンニュートラルを目指す社会で、大学キャンパスや公園など身近な森林による炭素固定・蓄積量を把握する機運が高まっている。これらは i-Tree Eco を利用することで樹木測定データに基づき簡単に算出可能である。しかし、正確な樹木インベントリが作成されていないため、樹木の炭素固定・蓄積能力について正確に把握できていないという状況が本研究の背景としてある。本研究の目的は樹木測定の精度を向上させ、樹木による炭素固定・蓄積量をカーボンニュートラルの算出値に取り込むことを可能とし、森林の存在価値を高めることである。このため、小型3次元レーザーを用いて簡単に正確な樹木データの収集を行える技術の開発を行った。

2 研究の 成果

3点以下にポイントを絞り込んで記載して下さい。

(1) 3次元小型レーザーとSimultaneous Localization and Mapping (SLAM) 技術を併用することで、レーザーを持ち、樹木周囲を歩くだけで単木データを簡単に収集できる(図1)。

(2) 本研究のために独自に開発したソフトウェアにより樹頂点や幹の位置を3次元データから確定するだけで、正確に樹木を計測できる。その結果、ユーザーの経験レベルによらず、正確性の高いデータを常に収集できる様になった。

(3) i-Tree Eco で世界から収集されるデータは正確性に問題があったため活用されていない。本技術によって正確なデータ収集が実現できれば、世界のリモートセンシング研究の地上検証用データとしても活用できる。i-Treeによる正確なデータ収集は、衛星による森林モニタリング技術にも大きく寄与できる。

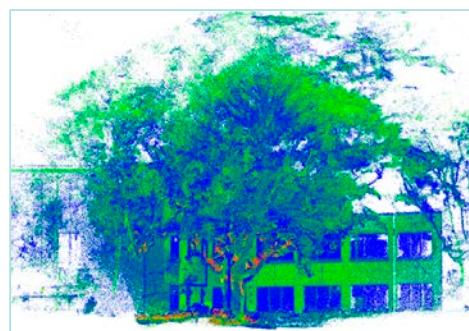


図1 手持ちレーザーで容易に測定できる樹木3次元データ

3 成果展開の 状況

開発した手法は 今後、千葉大学およびその他の大学キャンパスや公園等における樹木測定に利用し、より正確な樹木インベントリの蓄積に繋げる予定である。これらを i-Tree Eco にインポートすることでより精度の高い樹木による炭素固定・蓄積量の推定が可能となり、その結果を自治体によるカーボンニュートラルの為の施策等へと活用する予定である。

【CJ22-22】SP2022-1

幾何変換場のスパース回帰による降水レーダー画像の時間変化のモデル化

Spatiotemporal modeling of precipitation using sparse regression of geometric transform field

(研究代表者名) 船富 卓哉 (奈良先端科学技術大学院大学)

Takuya Funatomi (Nara Institute of Science and Technology)

【要旨】

本課題では、衛星全球降水マップ (GSMaP) におけるマイクロ波放射計による降水の部分的な観測を補完することで、全球での降水の推定を目的とする。従来は赤外で観測した雲の移流を基に推定されていたが、線形な動きを仮定していたため、観測と推定で大きなずれが生じることがあった。そこで、回転による動きを考慮可能な幾何変換場を用い、降水域の時間変化の推定を試みた。

【Abstract】

This project aims to estimate global precipitation from its partial observations by microwave radiometers in the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP). In GSMaP, the estimation is based on the cloud advection observed in the infrared image. The advection is usually assumed to be linear motion, but it can lead to large differences between observations and estimates. Therefore, we attempted to estimate the transition of precipitation using a geometric transformation field that can account for rotation in addition to the translation.

1
背景
目的
方法

GSMaPにおける降水の観測は部分的であり、各場所では数時間おきにしか観測が得られない。降水域の時間変化を赤外観測で得られた雲の動きから推定することで、全球での降水を推定することを目的とする。降水域の時間変化と雲の動きは完全に一致するとは限らないことから、赤外観測から積乱雲に係る領域のみを抽出し、その動きを降水域の推定に用いる。赤外観測の中でも、積乱雲に係る領域は非常に限られているため、動きを密に得ることができない。回転による動きを考慮可能な幾何変換場を用いれば、線形な動きを捉える従来のベクトル場に比べ、少数の動きからより複雑な動きをモデル化することができる(図1)。これを用いて全球での降水量の推定を試みた。

2
研究の
成果

- (1) 各座標で回転や並進を定義した幾何変換の場を考え、これを降水域の時間変化のモデルとして用いた。
- (2) 赤外観測の積乱雲に係る領域の時間変化を局所的な回転・並進として表現し、降水域の変形を推定した(図1)。
- (3) ある時刻における降水レーダーの観測を赤外観測に基づいて変形し、次時刻の降水レーダーの観測でこれを更新することで、降水域の時間変化の推定が可能となった(図2)。

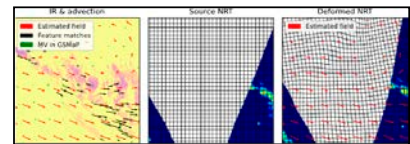


図1 幾何変換の回帰モデルを用いた降水域の変形推定

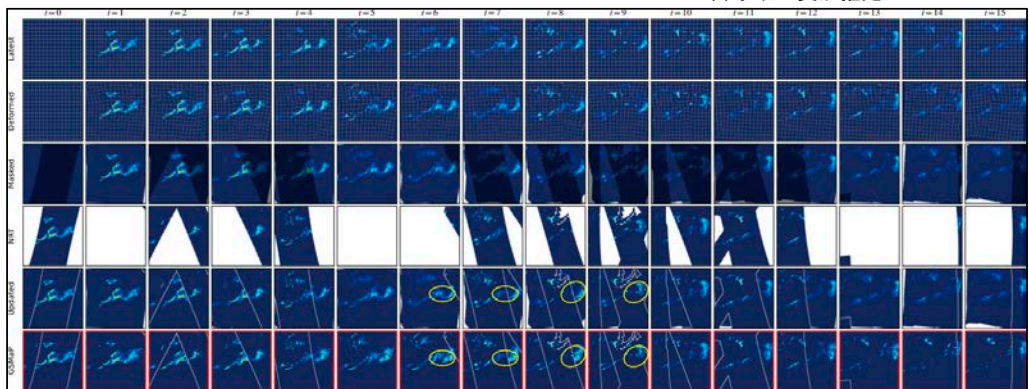


図2 時系列データへの適用

3
成果展開の
状況

- ・ 次年度は、提案手法を全球での降水域推定に拡張し、その性能評価を行う。
- ・ 土木学会 第4回AI・データサイエンスシンポジウム への投稿を予定している。

【CJ22-31】SP2022-1

(研究課題名:和文)光学コンステレーションとSAR衛星データを使用したコショウの生育状況のモニタリング

(研究課題名:英文)Monitoring of pepper plant growth status using optical constellation and SAR satellite data

(研究代表者名)市川 ドルジュ (山口大学・応用衛星リモートセンシング研究センター)

Dorj Ichikawa (Yamaguchi University ·

Center for Research and Application of Satellite Remote Sensing)

【要旨】インドネシアの中央ジャワにおけるコショウ農地エリアを選定し、KMLとSHP形式のフィールドポリゴンを作成した。選定したコショウ農地における、2022年9月から11月までのコショウ生育シーズン中のPlanetコンステレーション光学衛星とSentinel-1 SAR衛星データを収集した。3m空間分解能をもつPlanet衛星データを前処理し、コショウ農地の植生指標を推定した。また、10m空間分解能をもつSentinel-1 SAR衛星データを処理し、2022年の生育シーズン中の後方散乱を算出した。コショウ植物のモニタリングと生育状況管理の可能性について調査するために、光学とSAR衛星データを統合した解析を行った。

【Abstract】 A pepper plant area of Central Java of Indonesia was selected and created field polygons in KML and SHP. In according to the selected pepper fields, the Planet constellation optical satellite and Sentinel-1 SAR data were collected during a pepper-grown season from September to November of 2022. The selected PlanetScope data with 3 m spatial resolution are pre-processed and vegetation indices of the pepper plant area were estimated. Other hand, the Sentinel-1 SAR satellite data having 10m spatial resolution were processed and the backscatters have been produced for the 2022 growing season. The optical and SAR data have been combined and analyzed to investigate the potentiality for pepper plant monitoring and growth status information.

1 背景
目的
方法

•The Objective of the project is to study integration of optical constellation and Synthetic Aperture Radar (SAR) satellite data for monitoring capability of pepper plant in Central Java of Indonesia. This research involves two sub-objectives:

- To collect a ground data and process multi-temporal optical and SAR images during the study period.
- To monitor pepper growth status by optical and SAR the satellite data.

2 研究の
成果

1. The SAR properties (VV,VH and DpRVI) of multi-temporal Sentinel-1 images does not show consistence spectral pattern of the pepper growth stages. One of the possible reason is due to small field size for Sentinel-1 and a mixed coverage of the foliage, that covered by satellite large pixels.

2. Multi-temporal spectral indices derived from PlanetScope for the growth condition of the pepper plant show different spectral pattern and the comparison with ground observation suggests NDVI and MSAVI2 have more multi-temporal consistence characteristics.

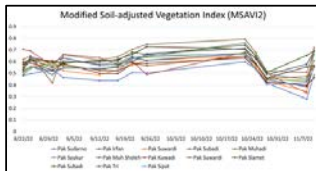


図2 - Data processing flow
- MSAVI monitor for Pepper growth status



図1 The pepper plant field extracted from Planet Scope image

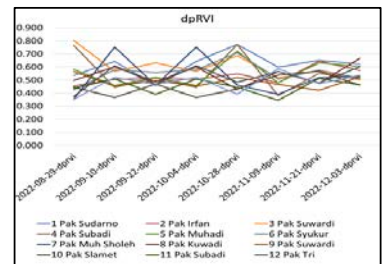


図3 Sentinel-1: VV, VH backscattering and DpRVI.

3 成果展開の
状況

Future direction:

Chosen pepper fields polygons are very small, so higher resolution images would be more useful such as drone images. While satellite images such as Planet Scope can be useful as an aid to zero-in in case of the larger area for providing a hotspot.

【CJ22-15】SP2022-1, SP2022-5

(研究課題名: 和文) 深層学習を用いた衛星画像から降水画像への変換法

(研究課題名: 英文) Deep sat2rain conversion method

(研究代表者名) 境野 英朋(ウェザーニューズ(株)・Advanced Technology Lab., AI-image Group)
Hidetomo Sakaino (Weathernews Inc., ATL AI-image Group)

【要旨】既存の数値予報モデルで捉えきれないような局地的な強雨・域は、降水レーダ画像に基づいたnowcastモデルで対応することができる。しかしながら、レーダ網は陸上か近海に限られ、洋上や大陸から近づいてくる台風、線状降水帯、南岸低気圧に対して全く観測できない。一方で、衛星画像は海陸に関わらず、全球を広くカバーしているが、直接、Himawari-8の16-band画像から降水量は得られない。そこで、双方の利点を活かすべく、本報告では、深層学習を用いた衛星画像から降水画像へ変換する方法(sat2rain)を提案している。千葉大のRandom Forest (RF)法がランダムな画素対応で学習するモデルであるのに対して、sat2rainは領域(面)ごとの学習となっているのが特徴である。過去数年間の事例比較からsat2rainが高精度化を実現していることを示す。

【Abstract】 Nowcasting models using precipitation radar images can capture local strong rainfall amounts and regions, where the current numerical prediction models are weak to such amounts and regions. However, radar coverage is limited to land or near the sea. Therefore, typhoons, squall lines, and south coast low pressure from far oceans and continents are never observed by such radars. On the other hand, satellite images cover globally, but the precipitation amount from Himawari-8 16-band images cannot be directly estimated. This paper presents sat2rain by combining the features of both satellite and radar images. Results demonstrate that sat2rain with regions outperforms Random Forest with randomly selected pixels in terms of accuracy.

1
背景
目的
方法

- ・地球の至る所で、降水レーダ画像のように、降水量が観測できるようになるニーズは高いこと。
- ・Random Forest法は、ランダムに衛星画像と降水レーダ画像の関係性を得ていたため、降水現象の因果性を見逃してしまうために、強雨・域変換が不十分であったこと。
- ・衛星画像と降水レーダ画像の空間的な関係性について深層学習(GAN)で獲得すること。
- ・従来のGANでは、強雨・域変換が依然として課題だったため、新しい拘束条件を目的関数に導入・改善。

- (1) 衛星画像の複数のバンドから降水量に変換するSat2rainを開発した(図1)。
- (2) レーダ観測網外においても、降水量を深層学習により推定できることを明らかにした(図2, 3)。
- (3) 降水レーダ画像nowcastingにおけるレーダ網境界部からの降水パターンの連続的な予測が可能となる。これにより、nowcastingの長時間における精度低下を抑制できる。

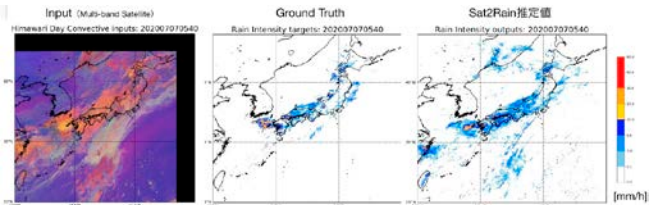


図1 sat2rainによる衛星画像からの瞬間降水量のradar網内外での比較。衛星画像は11, 13, 15 band間の差分。

2
研究の
成果

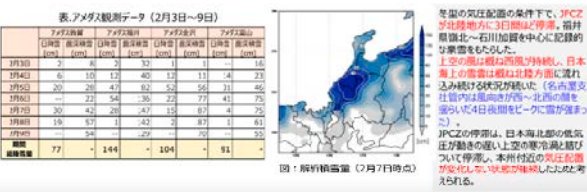
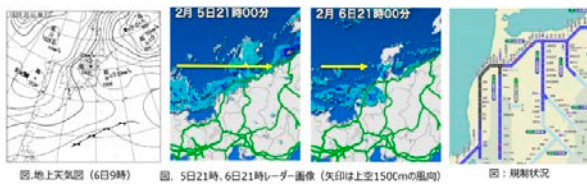


図2 JPCZがもたらした豪雪・通行止めの実況

図3 sat2rainによる瞬間降水量、積算雨量のradar網内外での比較

3
成果展開の
状況

・H. Sakaino and A. Higuchi, IEEE Int. Conf. on Machine Learning and Applications 2022 (発表済)。

【CJ22-16】SP2022-1, SP2022-5

深層学習を用いた衛星画像とSO₂センサーからの噴煙(灰雲)認識法
Deep Learning based ash cloud recognition method by using satellite image and SO₂ sensor

(研究代表者名) 境野 英朋(ウェザーニューズ(株)・Advanced Technology Lab., AI-image Group)
Hidetomo Sakaino (Weathernews Inc., ATL AI-image Group)

【要旨】本報告では、航空機のフライトに重大な影響を及ぼす火山からの噴煙(灰雲)の早期検知を実現するために、10分間隔で更新される衛星画像に着目し、類似性の高い非灰雲(雨雲など)と識別するために深層学習モデルを適用した検知方法、DeepVolを提案している。航空路火山灰情報センター(VAAC)で監視、実況、予測情報が配信されているが、1時間間隔となっていることから、より即時性を指すものである。一方で、経験者であっても噴火直後は、小さく、ぼやけているなど目視でも容易ではなく、画像処理でも難易度が高い対象である。また、深層学習でも工夫が必要であり、目的関数において正則化条件を増強している。実験から従来からの深層学習モデルよりも灰雲検知が安定に得られている。さらに、韓国の静止衛星からSO₂などが観測されるようになったことから灰雲の予測精度の向上が期待できることが確認できている。

【Abstract】 This report proposes a small and blurry foreground object detection method, i.e., DeepVol, based on Deep Learning (DL) from highly similar textured background images. In satellite imagery, volcanic smoke can be observed as ash clouds with highly similar shapes and textures to surrounding normal clouds. DL, i.e., Fully Convolutional Network, generalization performances with blurry object contours has been enhanced by multiple loss functions and re-selection of the pooling layer. Experimental results on worldwide volcanos have demonstrated that the proposed multiple DL models outperform a single DL-based detection method, i.e., edge and contour detection. Moreover, Korean GEO-satellite sensing data, i.e., SO₂, will be integrated with DeepVol for ash cloud prediction.

1 背景 目的 方法

- ・噴火が生じると地域住民のみならず、航空や船舶の運行、地球環境まで悪影響が及ぼされる。そのため、発生した瞬間を観測することが重要であるが、活火山だけでなく、休眠火山、警戒していなかったエリアからの爆発への備えも必要である。
- ・そのため、地球規模で観測できる衛星画像による監視が最有力手段である。しかしながら、目視観測は見逃しが多くなり、画像データ上、わずかに数ピクセルと小さく、色彩も周辺の雲と類似している問題がある。
- ・従来からの深層学習モデルを改善し、認識精度を高めている。

- (1) 衛星画像から自動的に、かつ、効率的に、小さく、ぼやけた灰雲を検知できる深層学習モデルに基づいたDeepVol法を開発した。これにより、実運用で、オペレーション業務の支援に繋げることが可能となった。
- (2) 画像処理ではご検知が多いが、深層学習モデルを改良することで高精度に灰雲検知ができることを明らかにした。
- (3) 韓国の静止衛星画像より、SO₂、エアロゾル光学的深度など、10種類以上の化学成分の応用検討。1時間の観測間隔であることから、今後、10分間の衛星画像との双方の統合方法についても検討予定。

2 研究の 成果

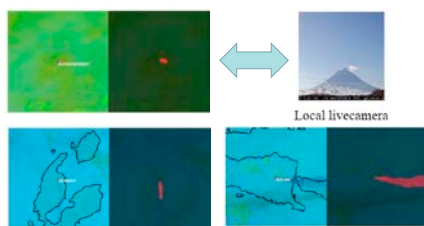


図1 衛星画像からDeepVolで灰雲検知

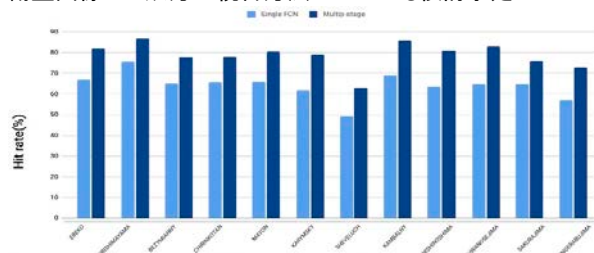
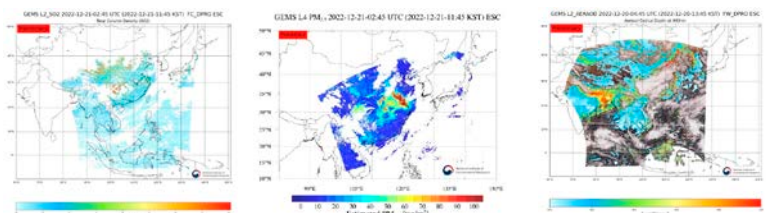


図2 FCNとDeepVolによる世界各地の火山の灰雲検知率比較

図3 韓国静止衛星画像からSO₂



3 成果展開の 状況

- ・H. Sakaino, et. al. "Multiple deep learning methods for small and blurry volcanic ash cloud detection for satellite imagery," IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium 2022.
- ・WNI news release AI画像解析技術を用いて火山噴火をリアルタイムに検知。航空市場向け「AI火山灰検知システム」の本格運用開始～衛星画像から火山の噴火直後の噴煙を認識<https://jp.weathernews.com/news/35678/>

【CJ22-17】SP2022-1, SP2022-5

(研究課題名: 和文) 深層学習を用いたカメラ雲・天候画像認識分類法

(研究課題名: 英文) Deep Learning based camera cloud and climate image recognition and classification

(研究代表者名) 境野 英朋(ウェザーニューズ(株)・Advanced Technology Lab., AI-image Group)
Hidetomo Sakaino (Weathernews Inc., ATL AI-image Group)

【要旨】本報告では、カメラ画像を用いた実環境解析をするために、深層学習を用いたモデリング、実験を行っている。カメラ画像からは、晴、曇、雨、霧などの天候状態、雲の種類、視程などを深層学習モデルで時系列解析をしている。また、多軸差分吸収分光法:MAX-DOAS法により5つの方向のエアロゾル解析結果を用いて、カメラ画像と環境化学センサーによる視程値の時系列データの相関解析を行なっている。その結果、高い相関係数が得られたことから、カメラ画像から深層学習モデルを用いた視程推定が可能であることが示唆されている。また、環境化学センサーの外れ値解析には、今後、カメラ画像認識された天候や雲の状態を活用した補正法が検討されている。

【Abstract】 This report presents a real-world analysis by Deep Learning (DL) using five camera image sequences at Chiba Univ in the summer of 2021. From such images, various climate elements of fine, cloudiness, rain, fog, cloud type, and visibility are trained and predicted by WNI-DL models. Moreover, the fog visibility distance data converted from aerosol sensor data are used to compare with the analyzed image data, where the MAX-DOAS method is applied. Results by correlation have shown a high similarity with over 80%. It is suggested that DL-image-based visibility estimation up to 1400 m in the city scene is useful. DL-image-based climate analysis will be utilized to identify outlier data in the sensor data.

1 背景目的方法

- ・カメラ画像データから天候状況を知ることができれば、より廉価に、かつ、高密度、広範囲に観測点を増やすことができるが、ほとんど研究開発がされていなかった。
- ・カメラ画像から画像処理やコンピュータビジョンにより、晴や雨の識別、雲の種類、視程を解析することが可能であるが、太陽光、雨と霧の混合状態などの影響が大きく、敷居値処理ではうまくいく範囲が非常に狭い。
- ・そこで、深層学習を用いて、様々な天候条件を学習することで複雑な画像パターンを敷居値なしで認識分類できるようになり、視程についても高速道路環境で物理距離を得ている。

2 研究の成果

- (1)5つの方向(東西南北, 1台は別の仰角:2021年東京オリンピック開催期間)を向いたカメラ画像(悪天候時の例)から雨、曇、雲種類、視程などを深層学習により分類認識システムを開発した。(図1)
- (2)環境センサーデータから千葉大独自のアルゴリズムにより視程値が換算されており、これを正解値として、深層学習で推定された視程値と相関解析を実施。その結果、高い相関係数(0.7978)を得た。(図2)
- (3)カメラ画像は、モバイル、ドライブレコーダ、家庭、市街地、空港、道路で監視等に用いられているが、本報告のような天候センシング目的としたシステムは事例はほとんど見当たらない。今後、多地点から得られる天候情報をどのように統合処理するかについての検討及び環境化学センサーの応用範囲の拡大利用についても検討を進める。



図1 千葉大5つのカメラ画像からの深層学習による天候・雲認識

1002	83	3	0
89	13	54	0
18	4	264	0
72	1	0	0
1279	1603		
0.7978789769182782			

図2 環境化学センサーと画像認識による視程値の相関解析



3 成果展開の状況

- ・H. Sakaino et al., 画像からの視程推定法, 国内特許査定1件, 海外特許審査中2件.
- ・H. Sakaino and H. Irie, IEEE International Conference on Image Processing 2023 (投稿準備中)

【CJ22-18】SP2022-1, SP2022-5

(研究課題名: 和文) 衛星画像における気象学と深層学習によるパターン現象への分類認識法

(研究課題名: 英文) Development of classification and recognition of pattern phenomena based on meteorology and deep learning using satellite image

(研究代表者名) 境野 英朋(ウェザーニューズ(株)・Advanced Technology Lab., AI-image Group)
Hidetomo Sakaino (Weathernews Inc., ATL AI-image Group)

【要旨】頻発化、長期化、広域化する極端気象への観測強化とともに、予測精度向上が求められている。その中で、近年、巨大化する台風や日本近海で数日で発生、発達するゲリラ台風への備えも次の大きな研究課題の一つとなっている。降水レーダー画像に基づいたNowcastingの観点から、レーダー観測域外については衛星画像の利活用が不可欠であるが、台風に関する予測方法は限られており、課題も多く残されている。その中で、本研究では、台風画像とその最低中心気圧との関係性について時空間的な関係性について深層学習モデルの適用を提案している。本モデルより、衛星画像から台風の寿命レベル分類実験を行っている。これまで本アプローチは見当たらず、DeepSatLifeモデルを構成する様々な深層学習モデルに応じたレベル分類精度の高度化につながることを示している。

【Abstract】 This report presents a method of Deep Learning (DL)-based classification for satellite typhoon image sequences. Recently, extreme weather events have been increasing, where typhoons become more enormous and guerilla typhoons are born closer to Japan than ever. However, only precipitation radar-based nowcasting shows a limit to capture out of radar coverage. To this end, this report proposes a DL-based analysis method for images and minimum low pressure at the center of typhoons. Results show high accuracy of level classification by various DL models.

1 背景 目的 方法

極端気象現象の一つである台風に対するnowcastから長期予測の高度化に繋げる基盤要素技術を充実させることが背景である。気象庁は34 kt以上、国際分類は64 kt以上をtyphoon、大きさや強さは必ずしも比例していないが、本報告では、見かけの台風画像と5クラスの関係性に着目している。

本研究の目的は、降水レーダーに基づいたnowcast法の予測精度向上である。そのため、衛星画像(赤外)の時系列画像を用いて、台風の生成、発達、衰退までの寿命について、深層学習モデルを用いて、5段階のスケールと画像について学習した。

(1) 衛星画像(band 13)において、任意の1枚の台風画像からの5段階状態(図1)を推定する複数の異なる深層学習モデルを適用したDeepSatLife法を開発した。これにより、衛星画像やレーダー画像の見かけから台風の寿命について、計算機で発達か衰退途中にあるかを分類認識することが可能となった。

(2) 台風の衛星画像では、発生、発達から衰退まで、画像特徴量的には大きく変化するため、単一の深層学習モデルは十分な状態クラスの分類ができず、提案しているように、台風のフェーズごとに、異なる深層学習モデルを適用することで高精度化が達成できることを明らかにした。

(3) 1枚の台風の衛星画像から5つの状態クラスに分類するDeepSatLife技術を確立しました(図2)。これにより、台風の状態に応じて、nowcastアルゴリズムにおける移流性、回転性、発達・衰退に関するモデルパラメータ制御が可能となることが考えられる。

2 研究の 成果

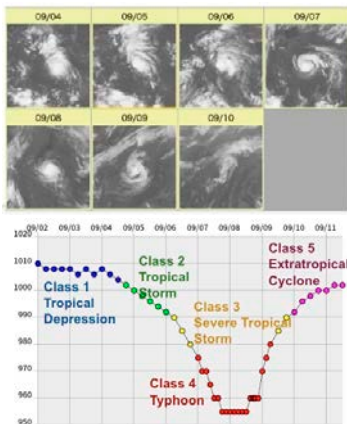


図1 台風の一生涯の5クラス状態

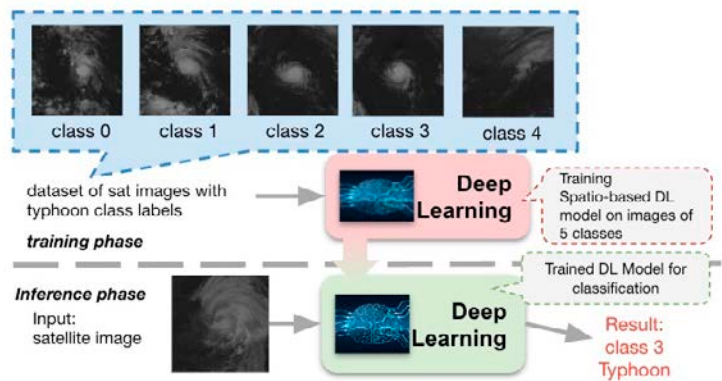


図2 5クラス状態に関する深層学習モデルの学習と予測の事例

3 成果展開の 状況

・H. Sakaino and S. Kotsuki, IEEE International Conference on Image Processing 2023 (投稿準備中)

【CJ22-05】SP2022-2

(研究課題名:和文)SKYNETデータを用いたHimawari-8 AHIエアロゾルプロダクト検証に関する研究
 (研究課題名:英文)Validation of Himawari-8 AHI Aerosol Products using SKYNET data

(研究代表者名) 山本 浩万 (産業技術総合研究所・デジタルアーキテクチャ研究センター)
 Hirokazu Yamamoto (Digital Architecture Research Center, AIST)

【要旨】 ひまわり8号は日本の気象庁が開発し2014年10月7日に打ち上げられ、2015年7月7日より正式運用が開始された。宇宙航空研究開発機構(JAXA)は気象衛星Himawari-8 AHIに搭載されている可視赤外放射計 AHI取得のデータからエアロゾルプロダクトを生成し公開している。地球観測衛星による高頻度エアロゾル観測は、陸域における大気補正処理にも有用である。本研究は、千葉大学環境リモートセンシング研究センター(CEReS)が運用している国際地上大気観測ネットワークSKYNETデータを使用したHimawari-8 AHIエアロゾルプロダクトの評価と検証を行う。

【Abstract】 The AHI (Advanced Himawari Imager) aboard Himawari-8 was developed by the Japan Meteorological Agency (JMA), and the Himawari-8 satellite launched on October 7, 2014, and official operation started on July 7, 2015, JAXA provides Himawari-8 AHI aerosol products processed by the retrieval algorithms, which have characteristics of high frequency, and can be inputs for atmospheric correction algorithm over land. This research shows the evaluation of HIMAWARI-8 AHI L2ARP, L3ARP Hourly, Daily, and L3ARP Monthly products using SKYNET data for all three validation sites.

1 背景 目的 方法

ひまわり8号は日本の気象庁が開発し2014年10月7日に打ち上げられ、2015年7月7日より正式運用が開始された。ひまわり8号に搭載されているAHI(Advanced Himawari Imager)センサーは可視近赤外域、短波長赤外域、熱赤外域を観測できる多バンドセンサであり、空間分解能は0.5km~2kmと粗いが、地球の半球を10分毎の高頻度観測が可能である。

本研究では、3ヶ所の検証サイトに産総研が設置・運用している自動観測測器によって取得されたSKYNET データを使用して、ひまわり8号AHIエアロゾルプロダクトの評価を行い、大気補正済地表面反射率の検証における考察を示す。

2 研究の 成果

快晴下のHimawari-8 AHI L2ARP, L3ARPを地上観測POM02(SKYNET)データを用いて評価した。

(1) これまでのエアロゾル光学的厚さおよびオングストローム指数の傾向から、6sV2.1を用いてエアロゾル特性から導き出される地表面反射率への影響を評価した結果、光学的厚さが比較的低い場合はレイリー散乱とオゾン・水蒸気吸収の補正程度でも精度が保てるが、光学的厚さが大きい場合はエアロゾルタイプおよび光学的厚さを考慮した大気補正処理が望ましいことが明らかとなった。

(2) Himawari-8 AHI L3ARP AOT Daily と Angstrom Exponent Daily は、地上観測POM02(SKYNET)データと最もよく一致しているが、さらに多くの観測期間について評価する必要がある。また、AHI エアロゾルプロダクトの空間分解能は 5[km] であるため、太陽天頂角、土地被覆タイプの均一性、および地形傾斜の影響を考慮する必要がある。

(3) Himawari-8 AHIエアロゾルプロダクトは、現在大気補正アルゴリズムに広く使われているMODISエアロゾルプロダクト(MOD04/MYD04, MOD08D3/MYD08D3)より空間分解能が高く、特にL3ARP Dailyはより良い入力データとなりうる。

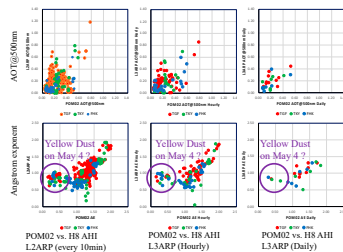


図1 SKYNETデータとHimawari-8 AHI エアロゾルプロダクトとの比較

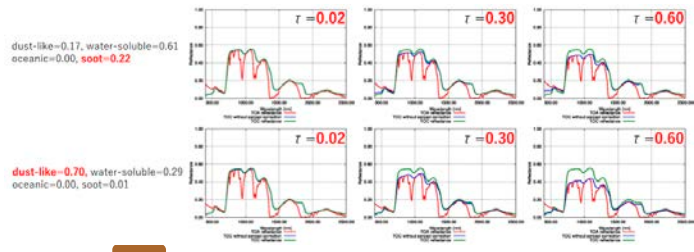


図2 BOA反射率、TOA反射率、レイリー散乱・オゾン・水蒸気吸収補正反射率の比較

3 成果展開の 状況

本研究の成果は、静止気象衛星観測網を用いた超高頻度陸面モニタリング研究の中の大気補正済反射率プロダクト検証の一環として用いられる。

【 CJ22-09 】 SP2022-2

(研究課題名: 和文) 地上リモートセンシング観測データを用いた福岡都市圏における大気汚染物質の拡散過程:
人工衛星観測データの検証

(研究課題名: 英文) Aerosol and pollutant variations over Fukuoka urban area in Japan: validation of satellite data

(研究代表者名) 高島 久洋 (福岡大学・理学部)

Hisahiro Takashima (Fukuoka University・Faculty of Science)

【要旨】 MAX-DOAS*法と呼ばれる地上からのリモートセンシング観測手法について、これまでNO₂導出方法の高度化および人工衛星観測データの検証を実施してきた。福岡都市圏での対流圏NO₂積算量の経年変動について衛星観測の妥当性を評価するため、COVID-19パンデミック前後で地上観測と衛星観測の比較を行った。TROPOMI衛星観測(午後)について釜山~福岡間でパンデミック前後について調べたところ、海域を含めて減少が確認され、福岡近傍でも韓国の排出量減少の影響があることが示唆された。

【Abstract】 To clarify the interannual variation of tropospheric NO₂ column over the Fukuoka urban area, tropospheric NO₂ by ground-based MAX-DOAS* was investigated during 2018-2022. Overall, clear decreases were observed after the COVID-19 pandemic as shown by the TROPOMI satellite observations, but not observed in all months or times. Tropospheric NO₂ (TROPOMI) between Busan and Fukuoka after the COVID-19 pandemic decreased, suggesting that the decrease in emissions in Korea affected NO₂ over Fukuoka area.

*Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy

1 背景 目的 方法

衛星は地上観測と比べて広域の大気微量成分観測ができ、また近年はTROPOMIやGEMSなど、その空間分解能も飛躍的に向上した。しかし衛星は地表から排出される汚染物質をはるか上空から観測しており、大気微量成分濃度の定量化のためには、地上観測による検証が必須である。COVID-19パンデミックにより大気汚染物質の排出の減少が世界中で報告されている。本研究では、これまで高度化を行ってきた地上からのリモートセンシング観測手法について、COVID-19前後の変化を利用し、地上観測を用いた衛星観測の評価を目的としている。

2 研究の 成果

(1) 福岡都市圏にてCOVID-19パンデミック前後の対流圏NO₂の経年変動をMAX-DOAS法により調べたところ、減少傾向を確認した。パンデミック下の2020年4月について、朝(8:00-10:00 モーニングピーク)の時間帯は有意な減少傾向は観測できなかったが、海風が流入する午後に有意な減少を観測した。

(2) TROPOMI衛星観測(午後)について釜山(韓国)~福岡間でパンデミック前後について調べたところ(図1)、海域を含め平均で約30%程度の減少が確認された。日々のTROPOMI NO₂鉛直積算量分布から、発生域の風下で濃度が高く(図2に1例を示す)、短寿命物質についても、福岡近傍で韓国の排出量減少が影響していることが推定された。

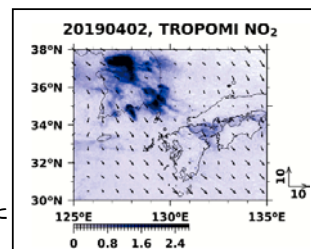
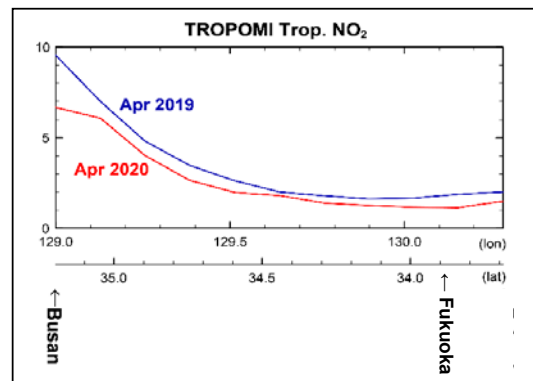


図2 人工衛星(TROPOMI)によって観測された対流圏NO₂(2019年4月2日の観測例)

図1

人工衛星(TROPOMI)により観測した対流圏NO₂積算量。釜山から福岡まで2019年4月および2020年4月の平均値について示す。

3 成果展開の 状況

得られた研究成果は、引き続き福岡都市圏内のMAX-DOAS法によるNO₂濃度鉛直分布の連続観測、他のガス組成観測に適応し研究を進めるとともに、人工衛星観測データ(TROPOMIやGEMS等)との比較・検証に適応する。

【CJ22-10】SP2022-2

(研究課題名:和文) 気候モデル数値実験結果による衛星プロダクト導出アルゴリズムの検証

(研究課題名:英文) Validation of satellite product estimation algorithm using climate model simulation data

(研究代表者名) 馬淵 和雄

Kazuo Mabuchi

【要旨】 全球気候モデル数値実験により行った計算結果を用い、GCOM衛星プロダクトが整備されている2018年から2020年までの4月から8月について、陸域バイオマスと陸域諸要素の時間的・空間的変動の関係に関する解析を行った。バイオマス変動に対する土壌水分量変動の影響が大きいことが確認された。今後さらに、GCOM-C観測データを中心とする衛星観測プロダクトとモデルプロダクト相互利用による、大気中CO₂濃度、地上バイオマス量等の変動と陸域諸要素の変動の関係の解析を行い、それらの変動監視に貢献することを目指す。

【Abstract】 Land surface – atmosphere full couple simulations with the global climate model were performed. Experiment period was 2013-2020. The simulations were sequential 48-hour integrations using the reanalysis data (JRA-55) for each atmospheric initial condition. Second half 24-hour results in each 48-hour calculation were adopted for the analysis. In this fiscal year, we analyzed the relationship between the variations of land biomass and those of land area elements under the almost actual atmospheric condition in the warm season of the Northern Hemisphere. It was confirmed that the influence of the soil wetness change to biomass change is great. We will continue the synthetical use of satellite data (e.g., GCOM-C) and model data for understanding the relationships between the variations of carbon cycle and those of land area elements, and contribute to understanding the global biomass change system.

1 背景 目的 方法

気候数値モデルで再現される各要素は、総合的な検証は必要であるものの、物理的および生物生態学的に矛盾しない相互作用関係を構築している。モデルプロダクトは、リモートセンシングによる間接観測データから個別にそれぞれのアルゴリズムにより抽出される各要素プロダクトの、時間的・広域的相互検証のための相対的基準情報と成り得ると考えられる。衛星観測プロダクトとモデルプロダクトを相互利用することにより、それら相互の検証、および物理的・生物生態学的変動メカニズムの探究が可能となり、物理的—生物生態学的因果関係の理解も進むと考えられる。

2 研究の 成果

2013年から2020年までの8年間の全球気候モデル数値積分を行った。大気側初期値として24時間ごとのO₃客観解析値(JRA-55)を使用した全球気候モデル48時間並行連続数値積分を行った。大気中CO₂濃度および陸域諸要素の値は8年積分期間中、モデル計算結果をそのまま引き継ぐ手法を採用した。SSTおよび海水はHadISST、CO₂人為排出量はCDIAC、海洋一大気CO₂ fluxはTransCom データ(Takahashi et al. 2009)を使用し、解析は各種分後半の24時間の結果を対象とした。本年度は上記の8年間の計算結果を用い、GCOM衛星データプロダクトが整備されている2018年から2020年までの4月から8月の北半球暖候期について、陸域バイオマスと陸域諸要素の時間的・空間的変動に関する解析を行った。特に5月から8月にかけての季節全体において、バイオマス変動に対する土壌水分量変動の影響が大きいことが確認された。

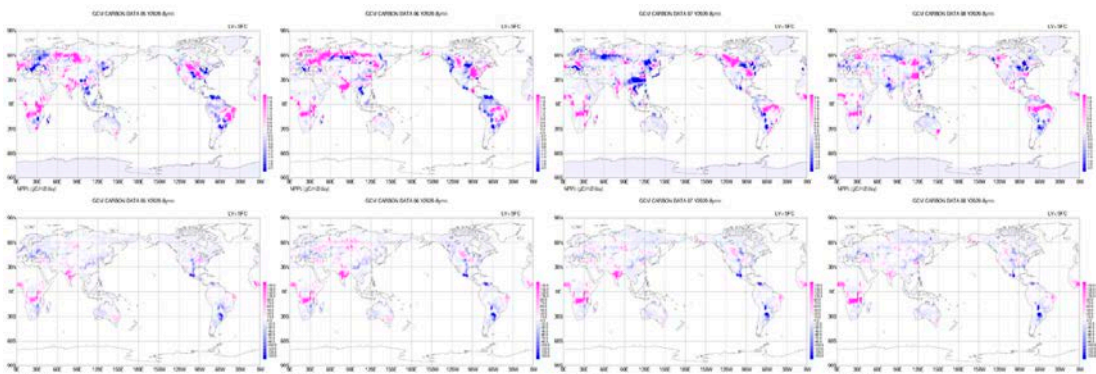


図 気候モデルによる2020年5月から8月のNPPと葉バイオマスの8年平均値との差。
上: NPP (gC/m²/day)、下: 葉バイオマス (gC/m²)。左から5月、6月、7月、および8月の値。

3 成果展開の 状況

今後さらにGCOM-C観測データを中心とする衛星プロダクトとモデルプロダクト相互利用による大気中CO₂濃度、地上バイオマス量等の変動と陸域諸要素の変動の関係の解析を行い、それらの変動監視に貢献することを目指す。衛星観測プロダクトはモデル数値実験の実施およびその結果の解析から物理的・生物生態学的変動メカニズムを解明するうえで有用である。一方モデルで再現される各要素は物理的・生物生態学的に矛盾しない相互作用関係を構築している。衛星観測プロダクトとモデルプロダクトを相互利用することにより各要素の実態把握・変動メカニズムを解明することができると考えられる。また衛星観測プロダクトとモデルプロダクトの独立したプロダクトとしての相互検証は双方のプロダクトの精度向上にとって非常に有効である。

CEReS 共同利用研究/研究報告2022

【CJ22-12】SP2022-2

(研究課題名:和文) SKYNETの観測資料を用いたひまわり8号とGCOM-C観測の雲相および雲特性の精度評価
(研究課題名:英文) Quality assessments of cloud phase and cloud properties observed by Himawari-8 and SGLI using SKYNET observation data

(研究代表者名 KHATRI PRADEEP (東北大学・大気海洋変動観測研究センター)
KHATRI PRADEEP (Tohoku University・Center for Atmospheric and Oceanic Studies)

【要旨】 ひまわり8号、GCOM-C等衛星観測に基づく雲プロダクトの更なる向上に向けて、SKYNETによる地上観測の透過率のスペクトルを用いた雲相判別方法を提案し、さらに、そのSKYNETの複数地点における長期間の雲特性と日射量の観測資料を用いたひまわり8号とGCOM-C観測による雲相別の光学的厚さと有効半径の精度評価の実施を行った。その結果、地上及び衛星観測による水雲に対する特性は、氷雲に対する特性より良い一貫性を持つことが明確になり、太陽と衛星の幾何学的位置が地上及び衛星観測の比較結果に大きな影響を及ぼすことが分かった。

With the aim of further advancement of cloud products from satellite observations, such as those from Himawari-8 and GCOM-C, this study proposed a method to discriminate cloud phase using spectral transmittance observed from surface in SKYNET, and future used long-term observation data of multiple SKYNET sites to evaluate water and ice cloud properties of Himawari-8 and GCOM-C observations. The study revealed better consistency between surface and satellite observations for water cloud properties than for ice cloud properties by indicating important influences of sun and satellite positions in comparison results between surface and space observations.

1 背景目的方法

ひまわり8号、GCOM-C等衛星による高精度の雲観測は、気候変動、水循環変動等の地球規模の環境課題を取り込むため極めて重要である。その衛星雲プロダクトの効果的な活用とともに衛星観測技術の更なる発展に当たって衛星プロダクトの精度評価は不可欠である。その必要性の対応に応じて本研究の目的は、国際地上観測ネットワークSKYNETによる高精度の観測データを用いて、ひまわり8号とGCOM-C衛星観測の雲相及び雲特性の精度評価を行うことである。そのため、SKYNETの複数地点における長期間の透過率、雲特性、日射量等の観測資料を活用し、放射伝達の計算など含めたデータ解析を実施する。

2 研究の成果

以下、本研究の主な成果を述べる。

1) SKYNETスカイラジオメーターの雲チャンネル(1.6と2.2 μm)における透過率(T)を用いた雲相の判別方法を構築した。図1は、有効半径(CER)が8 μm と様々な光学的厚さ(COT)の水雲と氷雲に対する放射伝達計算を用いた $T_{1.6\mu\text{m}}/T_{2.2\mu\text{m}}$ を示す。図1より雲相によって $T_{1.6\mu\text{m}}/T_{2.2\mu\text{m}}$ が顕著な変化することが分かる。SKYNETのスカイラジオメーターの雲チャンネルにおける検定定数と観測の放射輝を用いて $T_{1.6\mu\text{m}}/T_{2.2\mu\text{m}}$ の算出が可能となり、その基に雲相の判別が可能となる。その方法を今後更に展開・検証し、衛星雲特性の検証などに活用できる。

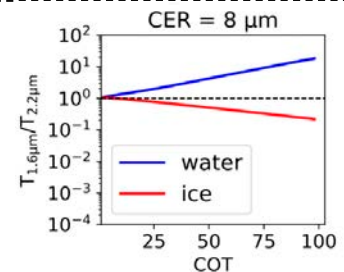


図1 雲相によって異なる1.6と2.2 μm における透過率の比

2) 様々な大気を反映するSKYNETの複数地点におけるスカイラジオメーターのデータより水雲と氷雲に対する2種類の雲解析を行い、その結果とひまわり8号、GCOM-Cによる雲別のプロダクトを比較し、衛星観測雲プロダクトの精度を評価した。図2(a)は、水雲に対するGCOM-CとスカイラジオメーターによるCOTの比較を示す。加えて、放射伝達計算を通して衛星雲プロダクトより推定した日射量をSKYNET観測のデータと比較し、衛星雲プロダクトを更に評価した。図2(b)は、GCOM-Cの水雲プロダクトを用いた推定の日射量とSKYNETの観測値の比較を示す。

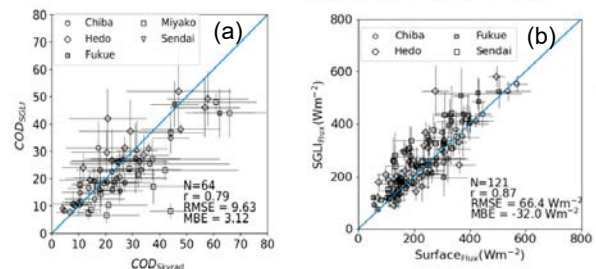


図2 GCOM-CとSKNETのデータを用いた水雲に対する(a)COTと(b)推定日射量の比較

3 成果展開の状況

本研究で提案した透過率を用いた雲相の判別方法を今後さらに展開・強化し、SKYNETのスカイラジオメーターによる雲推定の向上と、並行に星雲プロダクトのより詳細かつ厳密な精度評価に用いることができる。また、本研究課題で実施したひまわり8号とGCOM-Cによる雲プロダクトの精度評価についての結果は、雲推定アルゴリズムと雲プロダクトの高度化のみならず、宇宙による雲のリモートセンシング技術のさらなる発展のためにも役に立つことが期待する。

【CJ22-29】SP2022-4

(研究課題名:和文)CP-SAR検証用UAV搭載小型統合センサシステムの開発研究/センサデータ通信方式の開発
 (研究課題名:英文)Development study of UAV-equipped compact integrated sensor system for CP-SAR - development of communication system/unit -

(研究代表者名) 大前宏和(株式会社センテシア)
 Hirokazu OHMAE (Stentencia Corporation)

【要旨】 今年度は、小型ドローンなどを念頭に対象物の状態把握のための分光システムを搭載することを目標にその要素試作、ブレッドボードモデルの設計検討を行った。小型化とするには近赤外域の使用はカメラの小型化が進んでいないこと、投光波長についても小型化を念頭にLEDとしたことから、可視域を前提にし、白色LEDの光を構成するRGBをカラーカメラで分光することをもくろんだ。検討状況とシステムの内容と考え方を示した。

【Abstract】 We conducted a design study of an elemental prototype and breadboard model with the goal of installing a spectroscopic system to monitor the condition of an object, such as a small drone. Since cameras in the near-infrared region have not yet been miniaturized for use in the compact size range, and since LEDs were used for the wavelength of the light emission with compactness in mind, the imaging was assumed to be in the visible range, and the RGB light from the white LEDs was planned to be spectrally split using a color camera. The status of the study and the contents and concept of the system are presented.

1
背景
目的
方法

画像を送ることなどは既に小型ドローンでも実現できていることから、他の計測データ=アンシラリーデータなどを垂れ流す通信方式としてLPWA(Low Power Wide Area)を選択し小電力通信検討の目的とした。LPWA方式にはLoRa,SIGFOX、NB-IoT、LTE-Mなどの通信規格があるが、そのうちライセンス不要でRaspberry PiやArduino などを用い、低価格でネットワークを構築できるLoRa方式を検討した。これらは伝送速度や距離に制限があり、移動体通信や大容量のデータ通信には向かないので、データ保管の運用方法などは次の検討課題である。

一方、分光システムの使用は。例えば、橋やトンネルの内壁の経年劣化、有機物や化合物による腐食、強度劣化などの損傷度合いを分光データで調べることを目的とし、要素試作とともにブレッドボードモデルの設計検討を行った。

2
研究の
成果

カメラ部検討:
 RaspberryPiシステムを用いたカメラにより装置を構築した。
 観測域を2方向からのカメラによりRGB分解して計測し、腐食、劣化、損傷という観測に対して有効な波長を特定することとした。

カメラBでは表面状況並びに厚さを観測できるように配置している。
 計測画像例を示す。

カメラBでの厚さ、表面状況の計測結果と併せて、観測対象の3次元的な状況を把握できる可能性を見いだせそうである。

これらのデータを多く取得し、最終的には、1つのカメラにより観測対象の3次元的な状況をカメラBの画像データ把握することを検討している。
 これを実現するために、より多くの画像データを取得し、例えば機械学習プログラムにより状況把握することなどを検討している。
 そのための画像データ取得を進めていく予定である。



図1 RGB カメラと光源

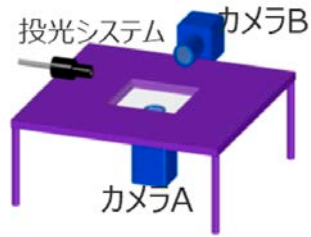
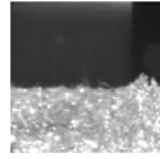


図2 要素試作開発ブレッドボードモデル

3
成果展開の
状況

ハードとしてはシステム構成の検討、集約が終わり、組立段階での簡易計測を行った。
 画像をRGB分解などを行うソフト開発が未完である。
 引き続きデータ収集とソフト開発を行う予定である。
 観測対象についての検討、より適切な観測方式の検討も引き続き行う予定である。

[CJ22-34] SP2022-4

(研究課題名:和文)重要原発への多重防御としての函体内蔵型津波海岸堤防の適用に関する検討
 (研究課題名:英文)Application of Caisson-Embedded Tsunami Coastal Levees as Multi-Defense for Primary Nuclear Generation Plants

(研究代表者名)金子 大二郎 (遥感環境モニター 代表取締役)
 Daijiro KANEKO (President of Remote Sensing Environmental Monitor, Inc.)

【要旨】 日本の産業経済的な特性により、当面に緊急措置を必要とするエネルギー自給と輸入によるエネルギー安全保障上の供給問題がある。対策は次の通りである。(1)自給のための再生エネルギー利用と、現存するが停止中の原子力の活用。(2)重要な社会産業インフラへの破壊攻撃への対処をしないと、自給を完成してもエネルギー施設を破壊されて自給不能となる。人命でなく国力を削ぐ破壊工作を受ける背景がある。(3)そのために、顕著に進歩している再生エネルギーを大規模に取り入れながら、発電規模が他のエネルギーに対して抜きんでた原子力について、脱炭素の視点から当面は補助的に活用する。その後、安全な第四世代原子炉を適用する。

【Abstract】 The national policies that have been investigated and discussed for the economic stability of the electric power supply in the present energy security are the countermeasures along the objectives for the global environment to meet all purposes of the reduction of CO2 emission. The promoter of the nuclear plants must address the need for anti-accident countermeasures from the special views of balanced energy supplies. This strategy is because of the background that the technologies of safe renewable energies are remarkably advancing in this decade.

1
背景
目的
方法

再生可能エネルギーの技術開発が顕著に進んでいる現況下において、脱炭素に極めて貢献する原子力発電所の中で、エネルギー安定供給の背景から、重要な大規模原子力発電所の再稼働が改めて重要となっている状況が本研究の背景としてある。
 本研究の目的は主要な原子力発電所について、東日本太平洋沖地震と同様な規模の大津波に対して、再稼働上の課題となっている津波防災対策を適切に措置することである。このため、重要原発である浜岡、東海、柏崎・刈谷の各原発について、その重要性の特性を示しながら、津波に対して崩壊しない安定な津波防波堤の配置案を提示し、エネルギー安定供給を目指して具体策を提示した。

2
研究の
成果

(1)ウクライナ紛争を受けたエネルギー安全保障の中で、原子力発電所の再稼働の意義を改めて検討し、再生可能エネルギー時代における原子力の果たす重要性をエネルギー安定供給の中で明示した(図1)。これにより、多様で混迷したエネルギー政策方針の中で原発再稼働の推進が可能となった。
 (2)エネルギー自給のために既設の存在意義が高く、かつ、現在において再稼働が可能な大型原発である浜岡、東海、柏崎・刈谷について、新たなエネルギー安定供給のために政府があらゆるエネルギーの確保に努めて苦慮する中で、これらの津波対策の役割を再確認し、その必要性が継続している事実と有効性を明示した。この方針は、次年度に向けてSMiRT27(Japan, Yokohama) にAbstractとして投稿中である。



図1 東海原発への津波対策

(3)原子力規制委員会の新規規制基準適合性審査会合による津波対策に加えて、崩壊しない函体内蔵型津波海岸堤防の技術を提案してきた。従来の海岸堤防は津波によってケーソンが転倒モーメントにより海底に落下することや滑動するが無い。また、盛土構造に代わってコンクリートケーソンが堤体の主たる構造である。よって、津波防御の技術は確立されている(図2)。残る課題は所要の堤体高の設計である。越流した場合の現象と多重防御の設計が必要と考えている。これらは、次の研究課題である。これにより、原子力発電所の安全な津波対策が可能となる。現在、原子力学会に発表してから未だ2年である。原子力発電への適用と稼働は、技術開発と実証試験が必要のために、通常の工学分野の10倍くらいの年月がかかっている。この実証段階において小さな故障により実証試験を停止するため、商業利用までに驚くほどの年数が必要となる。この段階をおろそかにすると、米国、ソ連、日本の様に巨大な事故災害となる。

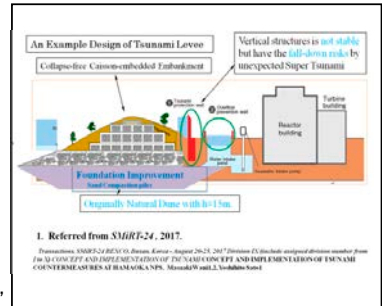


図2 浜岡の函体内蔵型津波海岸堤防

3
成果展開の
状況

開発した技術は、日本原子力学会、土木学会、American Geophysical Union、原子力構造工学のConference(Structural Mechanics in Reactor Technology, SMiRT26th, Berlin)に発表し、実利用に向けて公開に努めている。SMiRT27は、日本が次の議長国であり開催地であって、当報告書は、Abstractを投稿した。なお、この崩壊しない函体内蔵型津波堤防は、巨大水災害対策としての河川氾濫やスーパー台風による高潮災害にも適用が可能であり、別途に実利用化を図っている。

【CJ22-02】SP2022-5

(研究課題名: 和文) 静止気象衛星ひまわりを用いた都市域熱収支の広域推定法の開発

(研究課題名: 英文) Developing model for estimating urban heat budget based on HIMAWARI geostationary satellite data

(研究代表者名) 植山 雅仁 (大阪公立大学)

Masahito Ueyama (Osaka Metropolitan University)

【要旨】 ヒートアイランド現象の要因解明のために広域放射・熱収支の評価が不可欠である。本研究では、静止気象衛星ひまわりによるLSTと日射量を入力とした、衛星ベースの広域放射・熱収支モデルを開発し、近畿圏に対して適用した。顕熱フラックスの推定には、ホット・コールドピクセル法を用いた。渦相関法による現地観測サイトのデータを用いて検証を行った。検証の結果、純放射量に関して、RMSE<100 W m⁻²の精度が得られた一方、午前よりも午後に誤差が大きくなることが分かった。顕熱フラックスに関しては、RMSE<200 W m⁻²の精度と、精度が悪く、これは、純放射量と潜熱フラックスの誤差伝播が原因であると示唆された。得られた広域の顕熱フラックスの分布は、既往の知見と矛盾しない結果となった。

【Abstract】 Estimating the regional radiation and heat budgets is essential to elucidate the causes of the heat island phenomenon. In this study, a satellite-based model was developed using LST and solar radiation from the Advanced Himawari Imager as inputs, and was applied to the Kansai region, Japan. The model was validated using data from eddy covariance towers. An overall accuracy was reasonable for net radiation, but the error was larger in the afternoon than in the morning. For sensible heat fluxes, the accuracy was poor. The estimated spatial distribution of sensible heat flux was consistent with previous knowledge.

1 背景目的方法

都市域においてヒートアイランド現象による気候変化が生じている。本研究の目的は、ヒートアイランド現象の要因解明のために必要な広域熱収支の評価である。これまでのMODIS LSTを用いた研究では、撮像頻度の観点からヒートアイランド現象の把握に限界があった。静止気象衛星ひまわり(AHI)のデータを用いれば、観測頻度を劇的に上昇させることができる。モデルには、顕熱フラックスの推定に群落上の気温が入力不要なホット・コールドピクセル法を採用した。2020-21年の晴天日の10~15時について、近畿圏の標高の低い地域を対象とした。30分毎の広域放射・熱収支を推定し、都市サイト(大阪公立大、堺市役所)と森林サイト(山城水文試験地、桐生水文試験地)の観測データと比較することで日変化の推定精度を検証した。

2 研究の成果

- (1) 4つの観測点で純放射量の精度検証を行った。4つの観測点ともにRMSEが100 W m⁻²以下の精度であった。都市域と森林ともに10~12時でRMSEが50 W m⁻²以下であったのに対し、13~15時でRMSEが80 W m⁻²以上と過大評価であった。この純放射量の推定誤差は入力データとして用いているAMATER ASSプロダクトの日射量の推定誤差によるものと考えられる。
- (2) 4つの観測点で顕熱フラックスの精度検証を行った(図1)。4つの観測点ともにRMSEが100~180 W m⁻²の精度であり、モデルは観測を過大評価する傾向があった。過大評価はホット・コールドピクセル法に関わる2つの問題であると考えられる。1つは純放射量の過大評価である。ホット・コールドピクセル法では顕熱フラックスは純放射量の影響を受けるため(1)で述べた日射量の補正を検討する必要がある。もう1つは潜熱フラックスである。都市域で潜熱フラックスを無視していること、森林で過小評価していることが原因と考えられ今後の検討課題である。森林域で過小評価が見られたのは雲による影響であると考えられる(図1c、図1d)。AHI LSTはMODIS LSTよりも都市域で約2~4℃高い傾向があったが、ホット・コールドピクセル法ではLSTのバイアスの影響を大きく受けなかったことがわかった。
- (3) 推定した顕熱フラックスは春季の正午で、都市域で平均250 W m⁻²となり、森林(450 W m⁻²)や農耕地(400 W m⁻²)よりも小さく推定されており(図2)、観測結果と定性的に整合する。

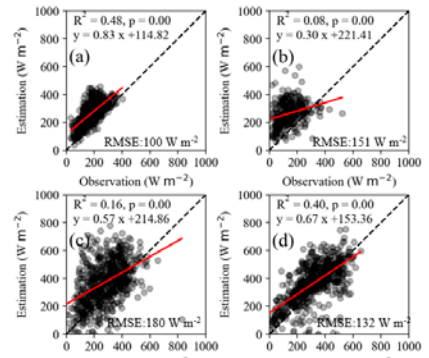


図1 大阪公立大(a)、堺市役所(b)、山城水文試験地(c)、桐生水文試験地(d)での顕熱フラックスの推定値と観測値の比較結果

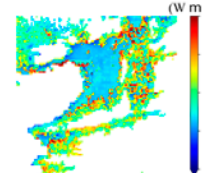


図2 顕熱フラックスの空間分布(2020/04/08)

3

成果展開の状況

以下の二件の学会発表、研究集会で成果を発表した。

1. 南出一樹・植山雅仁・山本雄平・市井和仁・高梨聡・小杉緑子, ホット・コールドピクセル法を用いた近畿圏における広域熱収支の日変化の評価, 日本農業気象学会全国大会, 山口, 2023年3月
2. 南出一樹・植山雅仁・山本雄平・市井和仁, 静止気象衛星ひまわりを用いた近畿圏の広域放射・熱収支の日変化推定モデルの開発, 第25回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム, 千葉, 2023年2月

【CJ22-14】SP2022-5

(研究課題名:和文)次世代型静止気象衛星からの地表面温度推定アルゴリズム開発

(研究課題名:英文)Land surface temperature estimation algorithm, development from the next generation geostationary satellite

(研究代表者名) 森山 雅雄 (長崎大学大学院工学研究科)

Masao Moriyama (Nagasaki University Graduate school of engineering)

【要旨】 日本のひまわり8号, 米国のGOES-E/W, 欧州のMSG04, インドのINSAT3Dの観測データから, 統一的なアルゴリズムで地表面温度を推定する手法を開発し, それらを統合する手法を開発した.

【Abstract】 The unified land surface temperature estimation algorithm for Himawari-8, GOES-E/W, MSG04 and INSAT3D are developed. And more, the integration scheme of the LST products from those satellite are developed.

1 背景目的方法

次世代型静止衛星は, 頻度, 観測帯域, 空間分解能の点で従来型よりも進歩しており, それらを生かす新しい標準プロダクトの一つである地表面温度を, 統一的なアルゴリズムで開発することを目的とし, それらを空間的に統合する手法を確立することを目的とする.

熱赤外二波長の観測輝度を表す放射伝達方程式に, Split window法の地表面温度推定式を拘束条件として付与し, 未知数と式の数を同じにして準解析的に地表面温度推定を行うアルゴリズムを確立する. 複数の衛星から推定された地表面温度を空間的に統合するため, 観測角による衛星選択法と観測地方太陽時と, 衛星観測公称時間の関連を明らかにする.

2 研究の成果

(1)INSAT3D向け地表面温度推定準解析型アルゴリズムを開発した. これにより, 全球的に統一的なアルゴリズムで推定された地表面温度プロダクトが完備された.

(2)複数の衛星の観測角を全球的に計算し, 最小の観測角となる衛星を選択する手法を確立した(図1). 加えて, 各衛星の公称観測時刻(UT)と各画素の地方太陽時刻をマッチングさせる手法を確立し, 観測の地方太陽時が±30分以内となるように衛星の公称観測時刻を選択することができた.

(3)上記の手法を用いて, ひまわり8号, GOES-E/W, MSG04, INSAT3Dから推定された地表面温度を統合し, 次世代静止衛星から推定全球的な地表面温度プロダクトを構築できた. これにより, すでにde-orbitしているTERRA/MODISの地表面温度プロダクトの代替プロダクトを得ることができるようになった.

Combined view of INSAT-3D LST [deg.]

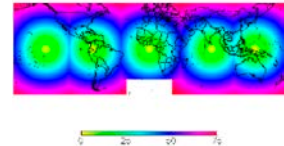
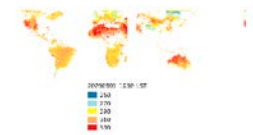


図1 各衛星の観測角



複数衛星からの推定値を統合した
2020年8月1日 10:30(UT)の
地表面温度

図2

3 成果展開の状況

本研究の成果をCEReSのデータ処理システムに実装し, 必要な時に必要な領域の地表面温度プロダクトを作成できるように, データ処理手順などの細部を詰めていく予定である.

【 CJ22-27 】 SP2022-5

(研究課題名:和文) 静止気象衛星を用いた地表面反射率プロダクトの生成手法に関する基礎研究

(研究課題名:英文) Fundamental study on the method of generating land-surface reflectance products using Geostationary Meteorological Satellites.

(研究代表者名) 島崎 彦人 (独立行政法人国立高等専門学校機構木更津工業高等専門学校)
Hiroto Shimazaki (National Institute of Technology, Kisarazu College)

【要旨】

静止気象衛星を用いて陸域モニタリングを行うためには高精度な地表面反射率のプロダクトが不可欠である。本研究の最上位目標は静止気象衛星搭載の可視近赤外放射計によって観測された大気上端放射輝度あるいは大気上端反射率データから地表面反射率を生成するための手法を開発することである。本年度は観測データの信頼性を担保するため観測位置の時間的変動傾向を評価した。SIFTアルゴリズムを用いてひまわり標準データ(Band3)に含まれる位置ずれを評価したところ、東西および南北方向の位置ずれはそれぞれ3km,2km程度であった。全体的に西方向へ大きな位置ずれが生じやすく、特に1月,7月,10月で位置ずれが大きくなる傾向が見られた。

【Abstract】

Highly accurate surface reflectance products are crucial for terrestrial monitoring using geostationary meteorological satellites. The main objective of this research is to develop a method for generating surface reflectance products from Top of Atmosphere (TOA) radiance or TOA reflectance data observed by visible and near-infrared radiometers onboard geostationary meteorological satellites. To ensure data reliability, we evaluated the temporal variation trend of the observed positions using the SIFT algorithm and found that the deviations in the east-west and north-south directions were approximately 3 km and 2 km, respectively. The overall deviation tended to be more significant in the westward direction, especially in January, July, and October.

1
背景
目的
方法

一般に静止気象衛星による観測データは、大気上端放射輝度あるいは大気上端反射率として提供されており、陸域モニタリングのためには地表面反射率の推定が必要である。一方、地表面反射率として提供されるプロダクトは存在しておらず、その構築が必要とされている。

本研究の目的は、静止気象衛星搭載の可視近赤外放射計によって観測された大気上端放射輝度あるいは大気上端反射率データから地表面反射率を生成するための手法を開発することである。より高精度な地表面反射率プロダクトを作成するために、本年度は静止気象衛星による観測データの位置精度評価手法を検討した。具体的には、画像の特徴量マッチング手法であるSIFT(Scale-invariant feature transform)を用いてAHI観測データの位置精度評価を実施した。

2
研究の
成果

- (1) 2021-2022年の1年間のひまわり標準データ(Band3)に含まれる位置ずれの時間的変動傾向を評価した(表1)。対象地域はE115° ~125°, N0° ~10° とした。1月,7月,10月で大きな位置ずれが生じる傾向が見られた。また、全体的に西方向へのシフトが多く生じた。

表1 東西及び南北方向における月ごとの平均的な位置ずれ(km)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
東西	2.87	1.97	2.00	2.15	1.68	1.99	2.59	1.98	2.25	2.69	2.11	2.04
南北	1.93	1.87	1.26	1.33	1.25	1.20	1.96	1.25	1.65	2.10	1.49	1.75

3
成果展開の
状況

成果公開の方法:下記の2件の発表を行った。

- (1) 平間達也・島崎彦人・市井和仁. 静止気象衛星ひまわり8号画像の多時期レジストレーション精度に関する予備的検討. 日本リモートセンシング学会 第73回(令和4年度秋季)学術講演会, 2022年11月, 三重. (口頭発表)
(2) 平間達也・島崎彦人・山本雄平・市井和仁. 静止気象衛星ひまわり8号画像の多時期レジストレーション誤差に関する基礎検討. 第25回「CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム」, 2023年2月, 千葉. (ポスター発表)

【CJ22-35】SP2022-5

(研究課題名: 和文) 静止気象衛星高頻度観測を用いた雲・降水特性の推定

(研究課題名: 英文) Estimation of cloud and precipitation characteristics using geostationary satellite rapid-scan measurements

(研究代表者名) 安永 数明 (富山大学)

Kazuaki Yasunaga (University of Toyama)

【要旨】 温暖化による将来気候の予測において、雲や降水は大きな不確定要素となっている。“Anvil”は熱帯海洋上の主要な上層雲の一種で、積乱雲の雲頂から数十～数千kmにわたって拡がり、数時間～数日間持続する。その広大な水平スケールと長い寿命を持つという特徴から、放射過程を通じて気候システムの変動に大きな影響を及ぼすため、アンビルが拡がるメカニズムを理解することは重要である。本研究では、個々のアンビルが拡がるメカニズムの違いを明らかにすることを目的に、静止衛星観測を用いて同定した雲システムの大きさ別の地理的分布の特徴や、雲システムの面積と大気安定度・湿度・海面温度などの環境場との関係を調べた。

【Abstract】 Clouds and precipitation are major uncertainties in predicting future climate due to global warming. Anvils are a major type of upper-level cloud over tropical oceans, extending tens to thousands of kilometers from the top of cumulonimbus clouds and persisting for hours to days. In this study, we investigate the characteristics of the geographic distribution of cloud systems by size, identified using geostationary satellite observations, and the relationship between cloud system area and environmental fields such as atmospheric stability, humidity, and sea surface temperature, with the aim of clarifying the differences in the spreading mechanisms of individual anvils.

1 背景 目的 方法

先行研究では、アンビルが拡がるメカニズムについて二つの仮説が検証されている。一つは、「積乱雲を構成する下層の空気塊の温度や相当温位が、アンビルの出現高度や拡がりを決めている」という仮説(以下、Push仮説)である。もう一つは、「晴天域での放射冷却に伴い発生する鉛直流の収束や発散が、アンビルの出現高度や拡がりを決めている」という仮説(以下、Pull仮説)である。これらの仮説はいずれも季節ごとに平均したアンビルの雲頂高度と整合性が取れることが示されている。本研究では、こうした先行研究を一歩進め、雲の大きさ別の地理的分布の特徴を明らかにすることで、個々のアンビルが拡がるメカニズムの違いを明らかにすることを目的とする。

2 研究の 成果

(1) 本解析では、ひまわり8号で観測された輝度温度を使用し、輝度温度が240K以下の領域を「雲域(雲システム)」と定義した。また雲域を大きさで便宜的に「メソγスケール」、「メソβスケール」、「メソαスケール」、「総観スケール」と分類し、それぞれの頻度の地理的な分布や季節変動を調べた。解析対象領域は熱帯西太平洋で、解析期間は2016年から2020年である。

(2) 「メソγスケール」と「メソβスケール」の雲の発生頻度は、季節変化が小さく、降水強度の分布と良い一致を示すことが分かった(図1)。降水強度は、対流活動と密接な関係にあることから、「メソγスケール」や「メソβスケール」の雲は対流活動に伴って拡がっていることが示唆される。また「メソαスケール」の雲の発生頻度は陸域で極大となっている(図1)。陸域では顕著な対流の日周期が存在することを考えると、この雲も対流活動に伴って拡がっていることが示唆される。すなわちこれらの雲は、Push仮説で言われるような下層の空気の不安定性を要因として、対流圏上層に拡がっていると考察される。

(3) 「総観スケール」の雲に関しては、海洋上で頻度極大が拡がっていた(図1)。またこの雲は、季節変化が明瞭に見られ(図2)、北半球夏季にはフィリピン東の海上で、北半球冬季には南太平洋収束帯(South Pacific convergence zone; SPCZ)付近で発生頻度が高くなることが分かった。またこの雲システムの発生頻度は、降水域とは必ずしも一致していなかった。

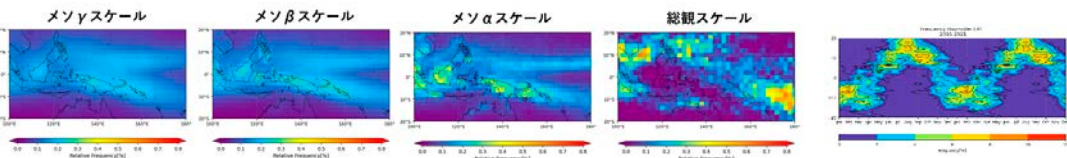


図1 雲システムの大きさ別の頻度分布。

図2 総観スケールの雲の出現頻度の季節変動

3 成果展開の 状況

以下の成果発表を行った。

- 山本俊輔, 安永数明, 濱田篤: 熱帯海洋上における雲域の拡がりの地域特性と季節変化, 日本気象学会秋季大会P134, 2022年10月24-27日
- 二宮秀, 安永数明: JPCZの客観的抽出方法, 中緯度大気海洋相互作用hotspot2研究集会, 九州大学伊都キャンパス, 2023年3月8-10日
- 辻泰成, 安永数明, 濱田篤: 日本海海上におけるディストロメータ及び GPM/DPR 観測に基づく降水粒子微物理特性の統計解析, GPM および衛星シミュレータ合同研究集会, 2023年3月23-24日

【CJ22-42】SP2022-5

ひまわり8号のマルチチャンネルを活用した雲・降水システムモニタリングの高度化に関する研究
 Research on advancement of cloud/precipitation system monitoring using the Himawari-8 multi-channel

(研究代表者名) 広瀬 民志 (宇宙航空研究開発機構・地球観測研究センター)

Hitoshi Hirose (Japan Aerospace Exploration Agency・Earth Observation Research Center)

【要旨】 研究代表者は衛星観測からより高頻度で降水を推定可能にするため、ひまわり8号の赤外 (IR) マルチバンド観測にRandom Forest機械学習法を適用し、ひまわり8号降水推定プロダクト (HPA; Hirose et al. 2019) を作成した。本年度はHPAの極端降水に対する推定精度を向上させるため、学習領域を夏季日本域に限定したHPA Japanを作成し、事例検証によって従来のHPAより線状降水帯に対する推定精度が向上していることを示した。またHPA Japanが光学的に厚い上層雲域で強雨域を過大評価してしまうという課題を発見し、推定結果の信頼度を示す信頼度フラグを計算することによって、強雨の過剰検出域を解析結果から取り除くことに成功した。

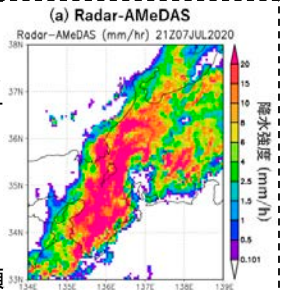
【Abstract】 To estimate precipitation more frequently from satellite observations, we applied the Random Forest machine learning method to the Himawari-8 Infrared (IR) multi-band observations and created Himawari-8 Precipitation Estimation Algorithm (HPA; Hirose et al. 2019). We found that the HPA overestimates heavy rainfall over the optically thick upper clouds, and we succeeded in removing the over-detected area of heavy rain from the analysis results by calculating a confidence flag that indicates the confidence level of the estimation results.

1 背景目的方法

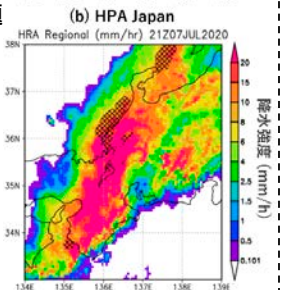
全球衛星降水推定プロダクトの多くは複数の極軌道衛星に搭載されたマイクロ波放射計 (PMW) 観測を結合し、さらにPMW衛星観測網の隙間を静止気象衛星の高頻度観測を用いて降水雲を追跡することで補間しているという状況が本研究の背景としてある。しかし利用した静止気象衛星観測の観測バンド数が限られていたため、PMW観測域と比べ静止気象衛星観測域では推定精度が低下するという課題が存在する。本研究の目的は最新の静止気象衛星ひまわり8号で利用可能になったIRマルチバンド観測を活用することで、静止気象衛星観測域における降水推定精度を向上させることである。このため、本研究ではRandom Forest機械学習法を採用し、ひまわり8号降水推定プロダクトを作成した。

2 研究の成果

(1) Hirose et al. (2019) で開発したひまわり8号降水推定プロダクト (HPA) は帯状積算降水量では高い精度を示したが、一部の極端降水事例では十分な適合率が得られなかった。極端降水の推定精度は高頻度降水推定データとして極めて重要である。そこで本年度は機械学習の訓練データを2016~2020年の6~8月の日本付近に限定したHPA Japanを作成し、radar-AmeDAS観測を真値として事例検証を行うことで、極端降水に対する適合率が従来のHPAより向上することを示した。これにより、特に線状降水帯の対流発生位置で見られたHPAの降水過小評価傾向が改善し、特定地域の期間降水量をより正確に推定することが可能になった。



(2) 夏季日本域における事例検証結果から、一部の前線性降水では学習期間・領域を特化したHPA Japanであっても雨域や強雨域を過大評価してしまうという課題が明らかになった (図1)。検証の結果、光学的に厚い上層雲域ではIRマルチバンド観測の有効性が低下するため、IRバンドの輝度温度差を用いて雲光学的厚さなどの降水関連要素を入手するのが難しいことが過大評価の原因であると判明した。



(3) 本研究ではこのHPAが強雨域に対する過剰推定傾向を改善するため、推定結果の信頼度を判定する信頼度フラグを開発した。Random Forest機械学習法は複数の分類木を用いてある地点の雨が強いかわかを確率的に判定する。例えば100本の分類木の内51本が強いと判定し49本が弱いと判定した場合結果は強い雨となるが、その信頼度が低いことは自明である。図1b内のハッチは分類木の比率が1:1に近い低信頼度域を示しており、この信頼度フラグの作成によって過剰に推定した強雨域を解析から除外することが可能になった。

図1 事例検証図、信頼度フラグによって強雨域の過大評価を検出。

3 成果展開の状況

本研究で開発したHPAは研究代表者が所属するJAXA EORCで開発された全球衛星降水推定プロダクト (GSMaP) の精度向上のため、次期メジャーアップデートに向けてアルゴリズムへの組み込みが進められている。またひまわり8号観測の高度利用による降水推定プロダクトとして、CEReSのひまわりサーバにて公開中のHPAに対しても、本年度の研究成果を取り込むアルゴリズムアップデートを予定している。

【CJ22-47】SP2022-6

(研究課題名:和文)ドローン画像を用いた水稲いもち病発生個所の特定と地図化

(研究課題名:英文)Detection and Mapping of rice blast locations using drone imagery

(研究代表者名) 牧 雅康 (福島大学)

Masayasu Maki (Fukushima University)

【要旨】 水稲の生産性低下の一因となるいもち病は、早期に発見して必要な対策を講じる必要がある。しかし、広大な圃場を対象とした場合、従来の現地での目視による確認は時間と労力を要する。そこで、本研究では低空で撮影したドローン画像を用いたいもち病発生個所の特定の可能性について検討した。その結果、最新の深層学習手法を用いることで、低空空撮画像から罹患箇所の特特定は可能であり、深層学習による罹患箇所の自動抽出の可能性も確認した。

【Abstract】 Rice blast, which contributes to low productivity of paddy rice, requires early detection and necessary countermeasures. However, when large fields are targeted, conventional visual confirmation in the field is time-consuming and labor-intensive. The possibility of usage of drone imagery taken at low altitude to detect rice blast was investigated. As a result, we confirmed that it is possible to identify the diseased area when recent deep learning method was applied, and also confirmed the possibility of automatic extraction of the diseased area by deep learning.

1 背景目的方法

本研究課題は、これまでに開発した作物モデル(SIMRIW-RS)とリモートセンシングデータによる水稲の減収リスク評価手法の開発を最終目標とし、また、大規模圃場での効率的な罹患箇所のモニタリングのため、低空で撮影したドローン画像(RGB画像およびマルチスペクトル画像)を用いた減収の主要因である病害(いもち病)の検出の可能性を検討することを目的とした。

古川農業試験場(宮城県)の協力のもとに、2022年に試験圃場においていもち病のモニタリング試験を行った結果を用いた。具体的には5月に田植えを行い、6月中旬にいもち病菌を植え付け、生育初期の罹患が確認された日に現地調査(病斑数のカウント、超低空(高度5m、解像度0.3 cm)でのドローン画像の取得)を実施した。そして、取得したデータを用いて、深層学習によるいもち病の発生個所の特定の可能性について検討した。

2 研究の成果

(1) 超低空で撮影したドローンRGB画像およびマルチスペクトル画像を用いたいもち病発生個所の特定の可能性について目視で検討した。その結果、図1のようにRGB画像と赤の反射率画像で発病箇所の特定が可能であることを確認した。

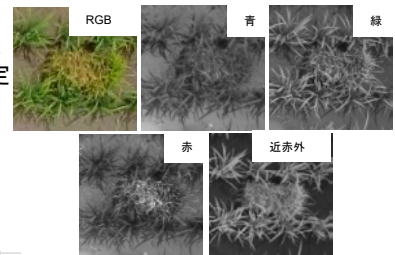


図1 各波長画像で見たいもち病罹患箇所

(2) 本研究課題で取得した低空ドローン画像からいもち病菌所を抽出し、これを教師として深層学習させることで、精度向上のための課題はあるが、図2のように、いもち病の自動抽出は可能であることを確認した。

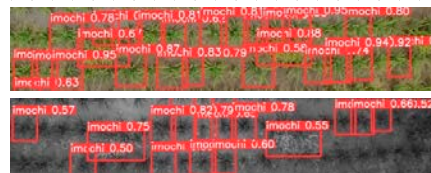
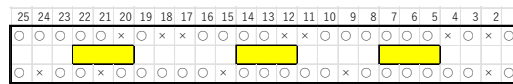


図2 目視で確認した罹患箇所(上段)とRGB画像を用いて抽出した罹患箇所(中段)および赤の反射率画像を用いて抽出した罹患箇所(下段)の比較

(3) 超低空で撮影したドローン画像を用いることで、深層学習によるいもち病罹患箇所の特定の可能性を示すことができたため、今後は更なる学習と罹患箇所の位置情報の自動抽出を検討する必要がある。

3 成果展開の状況

本研究課題で得られた知見は、本郷千春准教授が代表を務める科学研究費補助金基盤研究(B)「作物モデル及びドローンデータを用いた水稲病害による減収リスク評価手法の構築」に活用される予定である。

【CJ22-48】SP2022-6

(研究課題名: 和文) シミュレーションモデルとリモートセンシングを用いた水稲生産量推定法の検討
 (研究課題名: 英文) Developing estimation method of rice yield based on simulation model with remote sensing

(研究代表者名) 本間 香貴 (東北大学・農学研究科)

Koki Homma (Tohoku University・Graduate School of Agricultural Science)

【要旨】 これまでにリモートセンシングによる観測データをシミュレーションモデルに組み込み、主に水稲を対象とした収量推定を行ってきた。これまでは主に土壌肥沃度や施肥などを主因とする生育差に焦点を当ててきたが、本報では昨年度に引き続きいもち病による影響評価について解析を行った。
 昨年度までは葉いもちの影響評価の実を行っていたが、本年度では穂いもちの影響評価も導入した。両者の影響評価からはいもちは主に生育に影響を与え、穂いもちが収量性に影響を与えることが指摘された。穂いもちの病斑面積とNDVIの間に関係性がみられたが、葉いもちと穂いもちの関連性もあり、リモートセンシングによる評価手法については引き続き検討する必要があると考えられた。

【Abstract】 We have developed a simulation model to incorporate remote sensing data and estimated yields mainly for paddy rice. So far, we have focused mainly on growth differences mainly due to soil fertility and fertilization. This report analyzed the effects of blast disease continuing from 2021. We evaluated neck blast in addition to leaf blast in this year. The leaf blast mainly damaged leaves and then biomass production, and the neck blast mainly damaged grain productivity. NDVI had a significant correlation with neck blast, but the relation seems to require further analysis.

1
背景
目的
方法

これまでにリモートセンシングによる観測データをシミュレーションモデルに組み込み、主に水稲を対象とした収量推定を行ってきた。これまでは主に土壌肥沃度や施肥などを主因とする生育差に焦点を当ててきたが、実際の農家圃場では病虫害による減収が問題となる。そこで本報では昨年度に引き続き、古川農業試験場にて行った試験において、いもち病による影響評価について解析を行った。

2
研究の
成果

(1) 画像解析により穂いもち病の病斑面積を評価した(図1)。これにより、葉いもちに加えて穂いもちの影響評価が可能となった。

(2) 穂いもちの病斑面積はドローンで撮影したマルチスペクトル画像から得られたNDVIと有意な関係性を示した(図2)。ただしNDVIは葉いもちの病斑面積と有意な関係があることがわかっており(2021年度報告済み)、葉いもちと穂いもちには関係があることから、リモートセンシングを用いた穂いもちの検出については引き続き検討が必要である。

(3) 穂いもちの感染率と収量の間には有意な負の相関があった(図3)。以上のことにより、いもち病による収量への影響評価が可能であると考えられた。

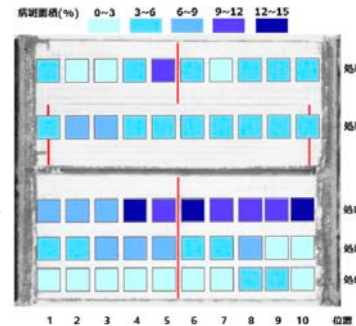


図1 調査圃場における穂いもち病の病斑マップ

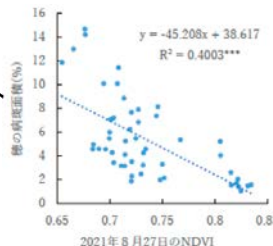


図2 NDVIと穂いもち病斑面積の関係

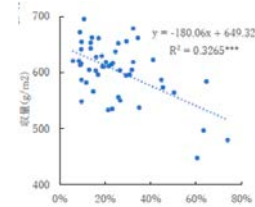


図3 穂いもち感染率と収量の関係

3
成果展開の
状況

開発した手法はスマート農業に資する技術として展開を計画している。

【CJ22-51】SP2022-6

(研究課題名:和文)作物モデル及びドローンデータを用いた水稻病害による減収リスク評価手法の構築
 (研究課題名:英文)Development of risk assessment method for rice yield reduction by disease using crop model and drone data

(研究代表者名)宮野 法近(宮城県古川農業試験場作物環境部)

Miyano Norichika (Miyagi Prefectural Furukawa Agricultural Experiment Station)

【要旨】現行のイネいもち病の防除は、箱施用剤による予防防除が主体である。いもち病の発生は気象条件によっては少ない場合があるにも拘らず、実際の発病程度を考慮せずに同量の薬剤を使用していることから、局所的な防除方法に関心が高まっている。そこで前年度に続き、いもち病伝染源設置の前後から感染源周辺の稲のUAVマルチスペクトル画像を経時的に撮影し、感染状況の把握を試みた。感染源設置直後の7月初旬は反射率と病斑数には関係が見られなかったが、病斑数が増加した7月中旬以降では赤域反射率との正の相関関係が確認された。また、NDSI[緑,赤]を用いた場合に1%水準で有意な関係が得られた。

【Abstract】The current preventive method for rice blast disease mainly applies sporicidal material to a seedling box. Currently, the same amount of sporicidal material is used without considering the actual occurrence conditions of the disease. This draws much interest in a method of precision prevention that applies the material locally according to the local disease situation. UAV multispectral images of rice plants around the infection source were taken over time before and after installing the blast infection source. The infection status was attempted to be understood. No relationship was observed between reflectance and the number of blight spots in early July immediately after the infection source was installed, but a positive correlation with red reflectance was observed after mid-July, when the number of blight spots increased. The relationship was significant at the 1% level when NDSI [green, red] was derived.

1 背景 目的 方法

水稻栽培において、いもち病の防除は箱施用剤による予防防除が基本であるが、気象条件によってはいもち病の発生が少ない場合もあり、実際の発病程度に限らず同一量の薬剤を使用しているのが現状である。圃場単位や圃場内でのいもち病感染状況を把握することができれば、より適切な防除が期待できることから、高頻度・高時間分解能で生育モニタリングが可能なUAVデータの活用に期待が高まっている。そこで本研究では、可視から近赤外の観測バンドを持つマルチスペクトルカメラを搭載したUAVを用いて、移植後から収穫期までのいもち病の感染状況の把握を試みた。

2 研究の 成果

試験圃場に箱剤施用区、薬剤無処理区を設定し、移植約1ヶ月後の6月15日にいもち病伝染源を設置した。DJI Matrice 600にマルチスペクトルカメラMica sense RedEdge-Mを搭載して感染源設置翌日から8月までの晴天時にUAV空撮画像を取得した。また、発病率、病斑個数、分光放射データ等を取得した。いもち病病斑数とUAV画像反射率及びNDSI(Normalized Difference Spectral Index)の関係を調べたところ、病斑数が少なかった7月初旬頃は相関関係が見られなかったが、病斑数が増加した7月中旬以降では赤域反射率と正の相関関係が確認された(図1)。また、各バンドの反射率や及びNDSIを説明変数として病斑数との解析を行った結果、NDSI [緑,赤]で $r=0.68$ (1%水準で有意)な関係が得られた(図2)。

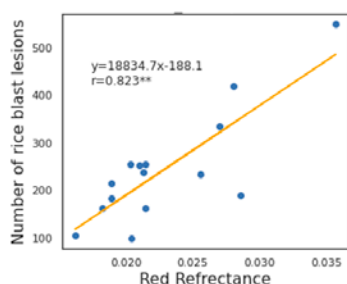


図1 病斑数と赤反射率の関係

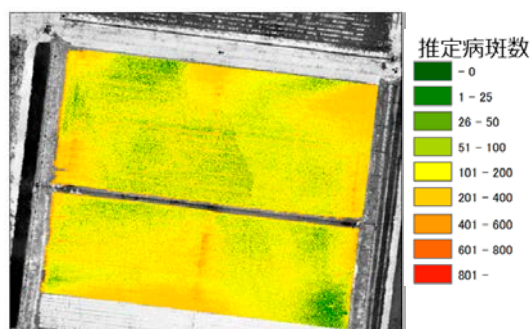


図2 NDSI [緑,赤]から推定した8月の病斑数

3 成果展開の 状況

成果の一部については、日本リモートセンシング学会・第73回(令和4年度秋季)学術講演会において発表しました。今後UAV空撮画像を防除に利用するためには、感染の初期段階に得られた画像から感染状況把握するための手法についても検討を行う必要がある。

【CJ22-21】一般研究

(研究課題名:和文)次世代気象気候ライブラリへの植生・陸面モデルの実装と検証

(研究課題名:英文)Development and validation of a vegetation model for next generation atmospheric model

(研究代表者名)佐藤 陽祐 (北海道大学・理学研究院)

Yousuke Sato (Faculty of Science, Hokkaido University)

【要旨】本研究では次世代気象気候ライブラリSCALEに植生・陸面モデルの実装を行い、観測データの比較を通して検証を実施することを目的とした。また、植生、陸面モデルの計算において重要な入力データとなる、降雪粒子の微物理特性を把握することを目的として、降雪結晶の種類を予測することができるProcess Tracking Model (PTM)を実装したSCALEでの数値実験を行い、令和3年度のCEReS共同研究にて開発したアルゴリズムで解析対象とした雪結晶写真データを用いてPTMの検証を実施した。検証の結果PTMは結晶写真によって観測された降雪粒子の微物理特性をよく再現できていることを確認した。また植生・陸面モデルの実装に着手できた。

【Abstract】 In this study, we aimed to implement land and vegetation model into a meteorological model, SCALE. We also conducted simulation of SCALE coupled with Process Tracking Model(PTM), which explicitly predicts the habit of snowfall particles, with the aim of understanding the properties of snowfall particles, which are key input data of the vegetation and land model. Results of the simulation by PTM elucidated that PTM well reproduces the characteristics of the measured snowfall particles, which were obtained from the previous CEReS Joint Research Program (C21-12). We also started the implementation of the land and vegetation model

1
背景
目的
方法

領域モデルを用いた数値実験は気象現象のみならず、気候変動適応策の検討などに用いられる重要なツールである。気候変動適応策の検討などでは領域気候実験と言われる数か月～数年の積分時間での計算が必要であり、そのような長期の積分では、陸面や土地利用の変化を直接計算する植生、陸面モデルが必須となる。同時に、それらのモデルの重要なインプットデータである降雪の微物理特性の情報も必要である。SCALEは日本で開発されたコミュニティモデルであるが、陸面、植生モデルが非常に簡易的なものしか入っていない。また降雪の微物理特性の情報も十分では無い。そこで本研究ではSCALEへの陸面植生モデルの実装と、降雪粒子の微物理特性を理解することを目指して直接予報する数値モデルでの実験を実施した。

2
研究の
成果

(1) SCALEに陸面・植生モデルSiBUCを実装することに着手した。実装に時間を要しているが、SiBUCを結合したSCALEの計算が可能となりつつある。

(2) SiBUCの重要な入力パラメータである降雪粒子の微物理特性を理解することを目的として、降雪粒子の微物理特性を予報するProcess Tracking Model (PTM, (Hashimoto et al. 2020)を実装したSCALEを用いて、冬季北海道を対象とした数値実験を実施した。これにより数値モデルで降雪粒子の微物理特性(具体的には結晶の形状と雲粒の付着度合)を直接扱った計算が可能になった(図1a)。

(3) 2021年度の共同利用研究(C21-12)で解析対象とした、降雪粒子の結晶写真のデータとPTMを実装したSCALEの計算結果を比較することで、PTMの妥当性を確認することができた(図1b)。

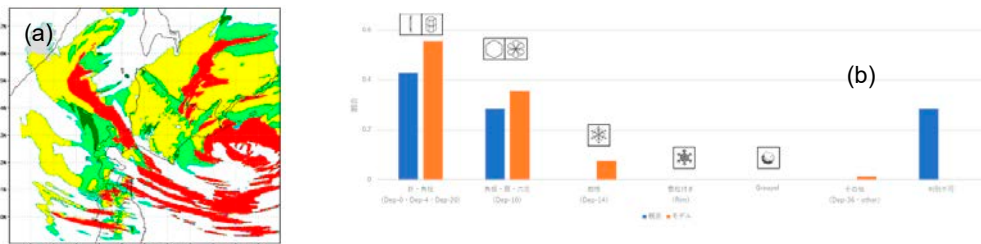


図1 (a) PTMで計算された支配的な結晶種の分布の例(緑:樹枝状結晶、黄緑:扇型結晶、赤:雲粒付結晶、黄色:柱状結晶)と、(b)PTMの結果と結晶写真観測により得られた結晶種類の頻度の検証結果の例(青、橙はそれぞれ観測、モデルの結果を示す)。(鎌田 2022、北海道大学修士論文より引用)

3
成果展開の
状況

検証したPTM北海道を対象とした、降雪粒子の微物理特性の将来変化に関する研究にて用いられており、その研究は北海道大学2022年度修士論文としてまとめられた。この成果は2023年度中に投稿論文として投稿予定である。またSiBUCの実装に関しては現在進行中であるが、実装が完了後、SCALEのホームページから広く公開し国内外の研究機関などで利用される予定である。

【CJ22-23】一般研究

(研究課題名: 和文) ディープラーニングに基づく自然災害による建築損害の自動検出と区域評価
 (研究課題名: 英文) Automatic detection and regional evaluation of building damage caused by disasters based on deep learning

(研究代表者名) 高橋 徹(千葉大学・大学院工学研究院)
 Toru Takahashi (Chiba University · Graduate School of Engineering)

【要旨】 2019年9月に千葉県を襲った台風15号の被害とその後の復興過程に鑑みると、住宅の被災度判定をディープラーニングによって迅速化してデータベース化することによって、行政的にも罹災証明を迅速に発行することが出来るようになり、半年程度を要しているこの過程を短縮することが、復興を後押しすることになる。本研究では、これを実証するための第一段階として、航空写真並びにドローンにより取得した被災地の写真を用いて、深層学習と被災度判定を行い、千葉県の被災地で80%程度の精度で判定出来ることを検証した。

【Abstract】 Considering the damage caused by Typhoon Faxai 2019 and the subsequent reconstruction process, by speeding up the damage assessment of houses by deep learning and creating a database, the damage proof can be made administratively faster. In this study, we performed machine learning and damage degree judgment using aerial photographs, then, showed that it can be judged with an accuracy of about 80%.

1 背景目的方法

大規模な自然災害が発生した場合、住宅の被災度について、各自治体による被災度判定を基に、補助金などの算定が行われ、それを元手に修繕が行われるため、復興を遅滞なく行うためには、このプロセスを迅速化することが肝要だが、大規模災害の場合には遠隔地の自治体からの援助さえ不可能となることも視野に入れ、自動化を考慮しておくことが重要である。ディープラーニングの手法に基づく被災度判定はそのためのツールとして非常に有望だが、まだ確立されているとは言えない。本研究では、2019年台風15号で甚大な被害を受けた千葉県南部を題材とし、科研費で購入済の航空写真を用い、共同研究で使用可能となった Arc GIS の機能も援用して深層学習を行い、その精度を検証した。

2 研究の成果

(1) Mask R-CNNを用いた深層学習
 ArcGISのMask R-CNNを用いて、台風15号襲来直後に撮影された航空写真のデータを用いて深層学習(図1)を行った。学習段階での適合率は屋根輪郭で88%、ブルーシートをかけた屋根で90%程度を得ることができた。

(2) 全壊家屋の判定
 住宅の被災度が甚大で、野地板まで剥がされているような場合は、住宅の修繕を諦め、ブルーシートが展開されない場合もある。そこで、本研究では、そのような168棟を含む地域の航空写真を用いて、深層学習の精度の検証も行った。その結果、156棟が正確に検出され、12棟は未検出だったが他に6ヵ所が全壊と判定された。この6棟は農業用ハウス4棟と廃屋2棟であった。

(3) 深層学習していない地域での検証
 検証対象地域は図1に赤い星印で示す地域で、2019年11月に、科学研究費による悉皆調査が行われている。また、航空写真を目視により8,675戸の家屋について検証し、深層学習による推定結果と比較した結果が表1である。F値でも概ね80%程度の精度で推定できていることを確認できた。

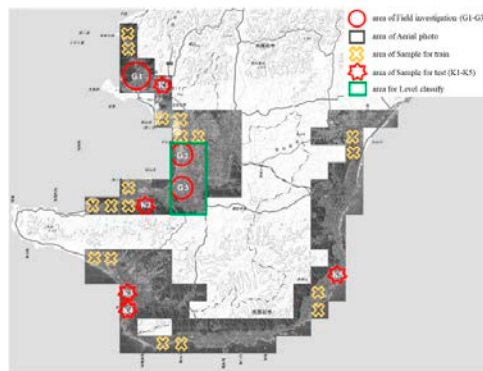


図1 深層学習の地域と検証地域

表1 深層学習による被災度推定の検証

被災度	Accuracy	Precision	Recall	Specificity	F Value
Level 4	0.996	0.820	0.796	0.815	0.808
Level 3	0.996	0.750	0.629	0.994	0.684
Level 2	0.987	0.867	0.777	0.995	0.819
Level 1	0.986	0.864	0.797	0.998	0.829
Level 0	0.916	0.974	0.930	0.998	0.951
平均値	0.976	0.855	0.786	0.960	0.818

3 成果展開の状況

得られた研究成果は、査読論文1報、シンポジウム論文1報として公開し、学生の博士論文としてまとめることができた。また、本手法を用いて、屋根葺き材の種類の推定にも応用できることを検証しつつあり、この手法を自治体に浸透させれば、災害後の被災度判定や屋根の補修需要の的確な把握と修繕の迅速化などに活かすことができると考えている。

【CJ22-28】一般研究

(研究課題名:和文) SKYNETデータを用いた大気環境の研究

(研究課題名:英文) A study of atmospheric environment with the SKYNET data

(研究代表者名) 久慈 誠 (奈良女子大学)

Makoto KUJI (Nara Women's University)

【要旨】 東アジアにおける大気環境の把握のため、エアロゾルの動態を把握することは重要である。本研究では、空気サンプリング、リモートセンシング、並びに目視データを用いて、奈良盆地におけるエアロゾルの特徴を調べた。まず、奈良女子大学で観測している Optical Particle Counter (OPC) と太陽直達光を観測する サンフォトメータとの比較により、大気下層の粒子数濃度と大気全層のエアロゾル量は概ね同様の変動をしていることが分かった。さらに、OPC と西部大気汚染監視局で測定されている PM2.5 を比較したところ、比較的高い相関が得られた。次に、OPC と視程の比較より、視程悪化には小粒子の数濃度の増加が大きく影響していることが分かった。これらの解析結果を踏まえ、今後は、しきさい衛星 GCOM-C や SKYNET 観測データとの比較を行う予定である。

【Abstract】 It is important to monitor aerosol behavior over East Asia. We have performed optical observations in terms of the aerosol properties with air sampling and sun photometry for nine years in Nara Basin. Comparisons of the particle number concentration with aerosol optical thickness, PM2.5 mass concentration, and visibility revealed that these observations were consistent as a whole. We will continue these observations to validate GCOM-C satellite and SKYNET observations.

1 背景
目的
方法

エアロゾルは大気環境に影響を与える要因の一つである。近年、アジア域では急速な経済発展に伴う大気汚染が顕在化しており、エアロゾルによる大気環境への影響が懸念されている。その為、エアロゾルの動態を把握すること、特に人間が生活を営む大気下層のエアロゾルの動態を把握することは重要である。

そこで、本発表では空気サンプリング、リモートセンシング、並びに目視データを用いて奈良盆地におけるエアロゾルの特徴を調べた。具体的には、まず奈良女子大学で OPC とサンフォトメータの観測を行っている。この他に、本学から約 8 km 離れた西部大気汚染測定局で観測された PM2.5 のデータと、約 1.5 km 離れた奈良地方気象台の視程観測データを用いて比較解析を行った。

2 研究の
成果

本研究で得られた成果は以下の通りである。

(1) OPC を用いて観測された粒径 (直径) 0.3 μm 以上の全粒子数濃度と、サンフォトメータによって観測された、波長 440 nm におけるエアロゾルの光学的厚さ AOD の相関を調べた (図1)。その結果、相関係数は 0.69 (データ数 76) と、比較的高い正の相関を示した。これにより、大気全層と下層のエアロゾル量は概ね同様の変動を示していると考えられる。

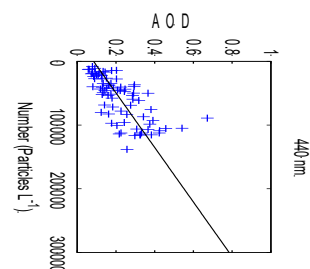


図1 エアロゾルの光学的厚さと粒子数濃度の相関。

(2) 粒径 0.3~2.0 μm の粒子数濃度と、質量濃度である PM2.5 の相関を調べた (図2)。その結果、相関係数は 0.67 (データ数 1218) となり、比較的高い正の相関を示した。このことから、粒子数濃度と質量濃度は概ね同様の変動を示していることが分かった。

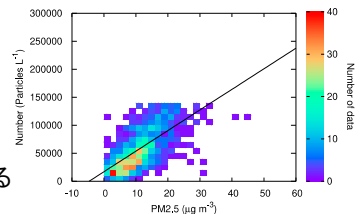


図2 粒子数濃度とPM2.5の相関。

(3) 晴天時における視程は主としてエアロゾルによる太陽放射の散乱で決まるため、エアロゾルの粒子数濃度と視程の相関を調べた。その結果、相関係数は 粒径 0.3~0.5 μm で -0.33、0.5~1.0 μm で -0.34、1.0~2.0 μm で -0.30、2.0~5.0 μm で -0.22、5.0 μm 以上で -0.12 となった (データ数 1285)。ここで、小粒子 (0.3~0.5、0.5~1.0、1.0~2.0 μm) の数濃度は平均的に1 リットルあたり数万から数百個であるのに対し、大粒子 (2.0~5.0 μm、5.0 μm 以上) では数百から数十個であった。このことより、視程は大粒子よりも小粒子の粒子数濃度の影響を受け、小粒子の数濃度が増加すると視程はより悪化すると考えられる。

3 成果展開の
状況

上記の研究の成果は、まず、奈良盆地の大気環境の把握に役立っている。ここで、西部大気汚染監視局で観測されている PM2.5 は地表面付近における1地点の観測であり、また、奈良地方気象台で観測されている視程は奈良盆地の大気下層における大気の見通しを示しているため、どちらかと言えば、地表面付近の局所的な汚染の指標となる。その一方で、サンフォトメータによる大気全層の観測は東アジアの大陸起源の大気汚染の監視に貢献すると考えられる。今後は、しきさい衛星 GCOM-C や SKYNET 観測データとの比較を進める予定である。

【CJ22-30】一般研究

(研究課題名: 和文) ひまわり8号Dust RGBとシーロメーターを用いたアジアダストの発生と輸送に関する研究 (3)
 (研究課題名: 英文) Study on the outbreak and transport of the Asian dust by Himawari-8 Dust RGB and ceilometers (3)

(研究代表者名) 甲斐 憲次(名古屋大学環境学研究所)

Kenji Kai (Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)

【要旨】 発生源地域から舞い上がるダストの質量を遠隔的に見積もることは、気候学的に重要である。我々はゴビ砂漠中央部に位置するモンゴル・ダランザドガド気象台で、ダスト係留気球搭載したOPCとシーロメーター(簡易ライダー)の同時観測を実施した。OPCよりダスト質量濃度を、ライダーから消散係数を求め、ダスト消散係数-質量変換係数MECF (Mass-Extinction Conversion Factor)を推定した。先行研究と比較すると、発生源地域から遠く離れるほど、MECFの値は小さくなる傾向がみられた。この結果から、MECFの値はダストの粒径分布が大きくかかっていること、すなわち粒径分布のモードが大きいほど、MECFは大きいことがわかる。

The mass concentration of the Asian dust in the atmosphere is an important parameter for atmospheric environment in East Asia. We estimated a mass-extinction conversion factor (MECF) from the relationship between the dust extinction coefficient and mass concentration obtained by the simultaneous OPC and lidar observation. The MECF at Dalanzadgad in the Gobi Desert was 2.16 at 910 nm, and 1.91 at 532 nm. The previous study of the Asian dust showed that the value of MECF was 1.78 at Beijing, 1.40 at Seoul, 1.18 at Tsukuba (Japan), and 1.04 at averaged AD-Net stations in Japan. The values of MECF decreases from the source of the Asian dust to the lee-side areas. This result suggests that the MECF depends on the size distribution of the dust.

1 背景目的方法

アジア大陸の発生源から舞い上がるダストの質量を遠隔的に見積もることは、気候学的に重要である。ライダーから得られる消散係数とダスト質量との関係(MECF)が既知であれば、ライダー観測からダスト量の高高度分布を連続的に推定することができる。本研究では、モンゴルのダランザドガド気象台(ゴビ砂漠)で光散乱式粒子計OPCを搭載した係留気球とシーロメーター(簡易ライダー)の同時観測を実施した。OPCからダスト質量濃度M、シーロメーターから消散係数 α を観測して、MECF ($=M/\alpha$)を推定した。先行研究と比較して、MECFの地理的分布や支配要因を議論した。

2 研究の成果

本研究では、ダランザドガド気象台で実施したダスト係留気球とライダーの同時観測から、ダスト消散係数-質量変換係数(MECF)を推定した。OPCを用いて、地表から上空500mまでのダストの粒径別粒子数密度を測定した。ダストの質量濃度Mは、密度 $\rho=2.6 \text{ g cm}^{-3}$ を仮定し、次式で計算した。

$$M = \rho \cdot 4/3 \cdot \pi \sum n(i) r_i^3 \quad (1)$$

ここで、 r_i は幾何平均半径、チャンネル $i = 1$ ($0.3 - 0.5 \mu\text{m}$)から6 ($5.0 \mu\text{m}$ 以上)、 $n(i)$ はチャンネル i の粒子数である。

減数後方散乱係数 β_1 から、ライダー比 $S_1 = 50 \text{ sr}$ を仮定し、Fernald (1984)の方法で消散係数 α (km^{-1})を計算した。MECF (gm^{-2})は、次式で得られる。

$$\text{MECF} = M / S_1 \beta = M / \alpha \quad (2)$$

ダスト質量Mと消散係数 α の相関係数は0.918(有意)であり、この方法の有効性を示唆する(図1)。ダランザドガドのMECFは、波長910nmで2.16、波長532nmに換算すると1.91であった。先行研究と比較して、MECFの地理的分布や支配要因を議論した。図2は、東アジアにおけるMECFの地理的分布を示す。MECFは発生源で大きく、風下側で小さくなっている。この結果から、MECFの値はダストの粒径分布が大きくかかっていること、すなわち粒径分布のモードが大きいほど、MECFは大きいことがわかる。

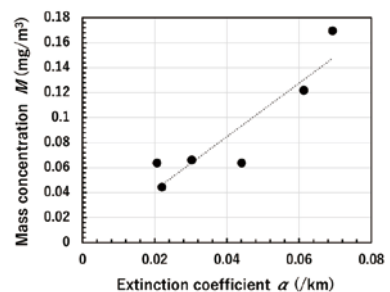


図1 消散係数 α とダスト質量濃度M

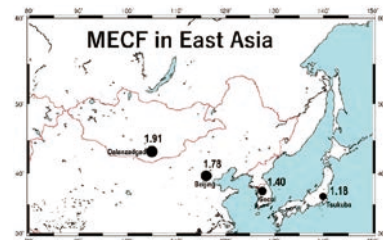


図2 東アジアにおけるMECFの地理的分布

3 成果展開の状況

発生源地域から舞い上がるダストの質量を遠隔的に見積もることは、気候学的に重要である。先行研究ではダスト発生源の風下側での研究が中心であったが、本研究ではダスト発生源地域における消散係数-質量変換係数 MECFをはじめ推定することができた。MECFの地理的分布をみると、粒径分布のモードが大きいほど、MECFは大きいことがわかる。今後は、タクラマカン砂漠の観測データの解析を進めたい。

【CJ22-32】一般研究

(研究課題名:和文) 大気汚染常時監視局測定値の準リアルタイム更新・格子点化データ作成

(研究課題名:英文) Quasi-realtime updating and gridding of air pollutant concentrations in Japan

(研究代表者名) 早崎 将光 (一般財団法人 日本自動車研究所)

Masamitsu Hayasaki (Japan Automobile Research Institute)

【要旨】 日本の大気汚染物質濃度測定値を用いて、広域的な濃度動態把握のための画像作成・公開を実施した。また、局所的な影響を受けていると思われる測定局・測定値を選別し、それらを除外した格子平均濃度データ(PM_{2.5}, NO₂, Ox)を作成した。
格子平均地上NO₂濃度と衛星による大気カラムNO₂濃度と比較したところ、全般的に地上濃度とよく対応している(相関係数 $r = 0.7$)ことが確認できた。

【Abstract】 We created concentration maps of air pollutants in Japan using the Atmospheric Environmental Regional Observation System (AEROS). We also selected a locally affected concentrations of these pollutants, and created grid-averaged concentration datasets (PM_{2.5}, NO₂, and Ox) excluding them.
The grid-averaged ground NO₂ concentrations were compared with the satellite-based atmospheric column NO₂ concentrations, which generally corresponded well to the ground concentrations ($r = 0.7$).

1 背景
目的
方法

環境省大気汚染物質広域監視システム (Atmospheric Environmental Regional Observation System (AEROS), 愛称 そらまめ君)の大気汚染物質濃度の可視化・準リアルタイム更新と、大気化学反応輸送モデルCMAQによる推計値の精度検証を主な目的とする。個々の測定局の一部は、測定場所近傍からの大気汚染物質排出の影響を受けやすいため、格子間隔が数km~数十km程度のモデル推計値との比較に適さない場合がある。モデル推計値との比較に適した空間スケールの地上観測値を作成し、リモートセンシング観測による測定値(大気カラムNO₂濃度, Sentinel 5P/TROPOMI)との比較検証も併用することで、モデル推計が観測と乖離する動態(季節性, 気象条件)などを調査する。

2 研究の
成果

(1) AEROS測定値の品質管理を実施し、測定局近傍影響の大きい測定値を選別し、それら局所影響の大きいデータを含まない格子点データ(0.25°×0.25°, PM_{2.5}, NO₂, Ox)を作成した(図1)。
これら品質管理・格子点化を自動化し、AEROSデータの自動ダウンロードと併用する事で、化学反応輸送モデル推計値との比較に適した格子点観測値を準リアルタイムで作成・公開するシステムが構築できた。

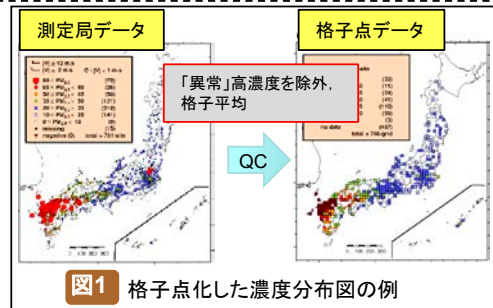


図1 格子点化した濃度分布図の例

(2) 地上の格子平均NO₂濃度と Sentinel 5P/TROPOMI による大気カラムNO₂濃度とを比較した(2018~2021年)。
雲の影響が小さい場合(雲割合 0.2 未満)のみの利用となるため、梅雨期や冬季の日本海側などではサンプル数不足で比較検証困難だが、比較的晴天割合の大きい東京付近の格子点で季節別に比較した。
TROPOMIによる大気カラムNO₂量は、格子平均地上NO₂濃度とよい対応関係がみられた(4季節の相関係数: 0.73~0.76)。季節ごとの回帰直線で見ると、傾きは季節間で差は小さいが、切片は夏が最大となった(図2)、解析前の作業仮説とは異なる結果となったため、今後さらなる検討が必要である。

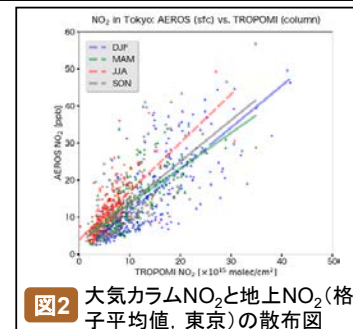


図2 大気カラムNO₂と地上NO₂(格子平均値, 東京)の散布図

3 成果展開の
状況

- (1) 大気汚染物質濃度+地上風の空間分布図の自動作成・公開を継続し、大気環境関連研究者が加工の広域高濃度事例の動態把握するのに利用されている
- (2) 全球大気モデル研究者に格子点化データ(PM_{2.5})を提供し、モデルによる推計値との比較に利用された

【CJ22-37】一般研究

(研究課題名: 和文) 連続操作カメラを使用した日本における夜間の雲量の定量化に関する継続研究
 (研究課題名: 英文) A continuation research on the quantification of nighttime cloud cover over Japan using continuously operated cameras

(研究代表者名) ラゴロサス ノフェル(千葉大学工学研究院)
 Lagrosas, Nofel (Chiba University・Graduate School of Engineering)

【要旨】 カメラシステムを使用して夜間の雲を検出することは、時間の経過に伴う雲量の変化に関する情報を提供することができる。都市部では、カメラシステムによって夜間の雲が簡単に検出される。しかし、農村地帯や海上の夜間の雲を識別するには露光時間を長くする必要がある。数百キロ離れた二つの場所で同時に雲量を測定することで、メソスケール現象における共通点と相違点が示され、異なる雲量の発生を示唆することができる。この情報は、異なる地域の雲量の共通点と特徴を理解する上で有用な示唆を提供することができる。

Using camera systems to detect clouds at night can provide information about changes in cloud cover over time. In urban areas, nighttime clouds are easily detected by camera systems. However, longer exposure times are required to discern nighttime clouds over rural areas and oceans. Simultaneous cloud cover measurements at two locations hundreds of kilometers apart can show similarities and differences in mesoscale phenomena, suggesting the occurrence of different cloud cover. This information can provide useful suggestions for understanding commonalities and characteristics of cloud cover in different regions.

1 背景目的方法

雲は地球の気候・気象システムにおいて重要な役割を担っており、その正確な検出は、天気予報、気候モデル、リモートセンシングなど幅広い用途で重要である。本研究の目的は、
 1) デジタルカメラを用いて異なる場所の夜間雲量を定量化すること、
 2) 地方からのデータに対する雲検出技術を決定し確立すること、
 3) 異なる場所の雲量値を同時に測定することでメソスケール雲の活動の程度を明らかにすることである。
 これらの理由から、カメラシステムは異なる場所に配置され、夜空の画像を定期的かつ同時に撮影することができた。

2 研究の成果

異なる場所にカメラを配備した結果、以下のような結果が得られた。

(1) 数百km離れた地点の雲量は、それぞれメソスケール雲の活動の大小を示す高い値と低い値を示す。図1は、2022年6月に千葉大学と国立高等専門学校(富山高等専門学校)から取得した雲量である。2022年6月14日と15日には、同様の雲量が観測され、より大きなメソスケール雲の活動を示していることがわかる。2022年6月05日と06日には、エリアごとに雲量が異なり、そのエリアでのメソスケール雲の活動が小さいことを示す。

(2) 地方で運用されるカメラは、夜間の雲を検出するために長い露光時間を必要とする。図2a、2bは、近赤外線フィルターのないカメラで撮影した、a) 千葉、b) 国立高等専門学校(富山高等専門学校)の夜空の画像である。つまり、地方で撮影された画像は、雲を検出するための閾値画素値が異なることになる。

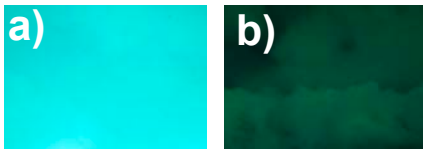


図2 2022年8月30日09時55分(日本時間)に a)千葉大学、b)国立高等専門学校(富山高等専門学校)から取得した空の画像。

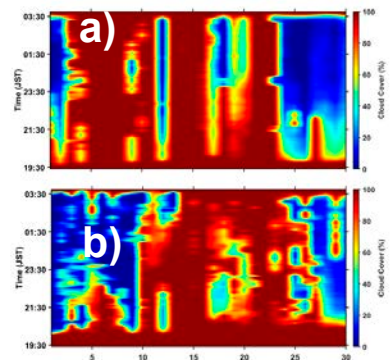


図1 2022年6月に取得した(a)千葉大学、(b)国立高等専門学校(富山高等専門学校)の雲量。

(3) その結果、2地点の雲量の違いを定量的に把握することが可能となった。差が大きければ、それぞれの地点で雲の形が異なることを示し、差が小さければ、メソスケール雲の活動が大きいことを示す。

3 成果展開の状況

この研究の結果は、農村地域の雲量のデータベースを構築するための基礎となる。このデータベースは、夜間の雲の形成に関する洞察を提供し、地方の衛星データから雲量を検証するために使用できる。この研究で得られた雲量は、「pyrgeometer」などの他の機器と比較して、正味の長波放射と雲量の関係を定量化できる。

【CJ22-38】一般研究

大気境界層におけるエアロゾル計測用多波長LEDライダーの開発

Development of multi-wavelength LED lidar for aerosol measurement in atmospheric boundary layer

(研究代表者名) シャフケティ アリフ (千葉大学大学院工学研究院)

ALIFU XIAFUKAITI (Graduate school of Engineering, Chiba University)

【要旨】 千葉のような臨海都市域において都市、内湾工場や海洋表面からのエアロゾルは、人の生活圏に近い大気境界層の環境に影響を与える。ライダーシステムによるリモートセンシングは大気エアロゾルの計測において有用な情報を提供する。本研究では、大気エアロゾルの水平計測を実現するため、多波長LEDライダーの設計と開発を実施した。多波長化(365, 450, 525, and 630 nm)と共にパルス化(> 7 ns)したLED送信光は、500 kHz よりも高い繰り返し周波数を用い、3Wまでの尖頭出力を射出した。このような特性から、多波長LEDライダーによって局所大気の静的インタラクションの可視化が実現でき、夜間計測においても200 mまでの距離範囲で大気エコーを数秒の積算時間で取得することができた。

【Abstract】 A multi-wavelength lidar system with LED light sources is designed and developed to perform the horizontal measurement of aerosols in the atmosphere. The LED wavelengths (365, 450, 525, and 630 nm) are synchronized with pulse width of around 7 ns, repetition frequency of over 500 kHz, and peak power of up to 3 W. With these characteristics, the lidar system can measure near-range rapid activities of the atmosphere. Initial near-surface observation results show that atmospheric echoes can be measured in the range of 0 m to 200 m at an accumulation time of a few tens of seconds in nighttime.

1 背景目的方法

ライダー送信光をLEDとしたことでレーザーよりも紫外から近赤外に渡る広い波長範囲を自由に選択でき、低消費電力で、機器使用の際の安全性も確保できる。先行研究では、独自に開発したLEDライダーによって局所大気の静的インタラクションの可視化が実現できた。本研究では、簡易に移動できる多波長LEDライダーを開発し、地表付近における多目的リモートセンシングを目指す。多波長化かつパルス化したLEDライダーを開発することで、低層大気における大気エアロゾルの粒径分布とオングストローム指数を導出することが可能となる。本報告では、LEDライダーの特性評価について、LEDライダーの重なり関数により受光信号の補正、高い繰り返し周波数により短時間におけるハードターゲット計測と低層大気の計測を報告する。

2 研究の成果

研究成果:

(1) LED光源は、ビーム広がりを受光視野より大きくなるため、LEDビームの一部光量と受光視野が重なり、重なり関数が異なってくる。受光信号を解析するため必ず重なり関数を用いて信号の補正を行う必要がある。今回は、送信受信パラメータを用いてLEDビームの重なり関数を計算し、受光信号の補正を行った(図1)。

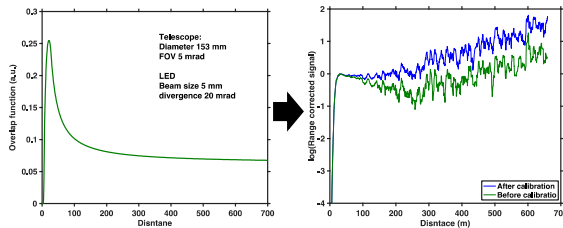


図1 LEDライダーの重なり関数により受光信号の補正過程

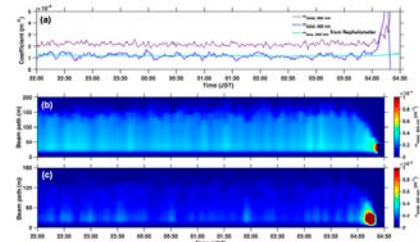


図2 LEDライダー計測における全消散係数の(a) 時間分布 および(b) (c)時空間分布

(2) 四波長での計測によりハードターゲットの検出が実現できた。しかし、大気計測ではにおいて525 nmと630 nmの波長に対して受光器の感度が低いため、356 nmと450 nmの波長だけ大気エコーの信号を取得できた。完全重なり距離における波長365 nmと450 nmの全消散係数の時間分布を図2(a)に示す。短い波長のミー散乱が強いため波長365 nmの全消散係数は450 nmの値より大きくなり、波長450 nmにおけるLEDライダーの全消散係数とネフェロメーターの散乱係数が同様な平均値を表した。図2 (b)と(c)に波長365 nmと450 nmの全消散係数の時空間分布を示し、大気変動が弱いため両方の波長で得た全消散係数に顕著な変化がなかった。同じ場所で測定された気象モニターの記録によると、相対湿度は10%(80%から90%)しか変化せず、この全消光係数の時空間は多波長LEDライダーの計測安定性を示している。

3 成果展開の状況

今回の成果をまとめ、

- 1) 第25回環境リモートセンシングシンポジウムで発表を行った。
- 2) 第30回レーザーライダー国際会議(ILRC-30)での参加・発表を申請した。

【CJ22-40】一般研究

(研究課題名: 和文) UAV-Lidarによる点群データを用いた森林景観解析手法の開発

(研究課題名: 英文) Development of forest landscape analysis using point cloud data by UAV-based Lidar system

(研究代表者名) 早川裕式 (北海道大学・地球環境科学研究院)

Yuichi S. Hayakawa (Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

【要旨】 森林研究において、地上レーザ測量や、小型無人航空機(UAV)とSfM多視点ステレオ写真測量を用いた3次元計測が普及しつつある。一方、UAVにLidarを搭載し地上～低空からのレーザ測量を行えば、森林の樹冠および内部を統合的に計測することができる。この手法は今後、森林の3次元計測分野でも急速に普及してゆくことが期待されている。本研究では、森林における樹木の位置や形状を、UAV-Lidarを用いて精密に3次元計測し、バイオマスの推定や、基盤となる地表面環境の基礎情報を一元的に取得・解析することを目指す。これにより、森林景観の統合的な理解が可能となる。本年度は、マルチスペクトルセンサによる多バンド画像とあわせて、UAV-Lidarの森林試験地における多数の計測を実施し、3次元点群データの取得を実施した。これにより、広範囲にわたる森林の3次元構造を詳細に把握することができた。また、目的に即した飛行計画やセンサ設定などを検証し、3次元空間構造の基礎データ構築を大きく進めることができた。

【Abstract】 For forestry studies, not only terrestrial laser scanning and structure-from-motion photogrammetry but also UAV-based lidar are becoming applicable. The UAV-lidar approach enables us to obtain full-3D dataset of forests and to analyze their morphological structures. In this year, new UAV-Lidar equipment was applied to acquire point cloud data at the test site. This enabled a detailed understanding of the three-dimensional structure of a wide area of forest. In addition, we were able to make significant progress in the construction of basic data on the 3D spatial structure.

1
背景
目的
方法

UAVにLidarを搭載し地上～低空からのレーザ測量を行えば、森林上面および内部を統合的に計測することができる。本研究で使用する主な機材は、北海道大学が所有するUAV(DJI Matrice 300 RTK)および移動観測が可能なモバイルLidar(DJI Zenmuse L1)である。加えて、低価格Lidarセンサ(Livox AVIA, iPhone Pro)も導入し、比較検討を行う。現地観測においては、UAV-Lidarを用いて、林地の地上から低空までの範囲でLidarによる計測を行い、点群の位置合わせ(SLAM)と後処理による補正から、森林の上面と内部・地表面を統合した3次元点群情報を得る。並行して、地上LidarやUAV-SfM、地上参照点のGNSSによる計測情報も取得し、UAV-Lidarのデータ検証を実施する。また、マルチスペクトルセンサによる多バンド画像の取得解析も並行して行う。さらに、得られた3次元点群データを解析し、森林構造を樹木単位で区分・分類し、バイオマスといった量的な計測、樹幹などの形状的な計測、また地表面環境と生育状況の相対的な空間関係といった量質的な分析を進め、森林計測の新しくわかりやすい手法を提案する。

2
研究の
成果

- (1) 計測機材を用いて計測実験を行った。これによりUAV-Lidarやセンサの利点、問題点、改善点が具体的に明らかとなった。
- (2) 試験地となる森林の選定を行い、UAV-Lidarによる3次元計測を実施した。広域データが取得され、植生区分等、多様なデータ解析が可能となった(図1)。
- (3) 関連技術(SfM, Lidarおよびそれらによる点群データの後処理手法)の研究活用に関する使用マニュアル、講習会資料を作成し、ウェブサイトにおいて公開した(図2)。また、随時コンテンツのアップデートを行っている。

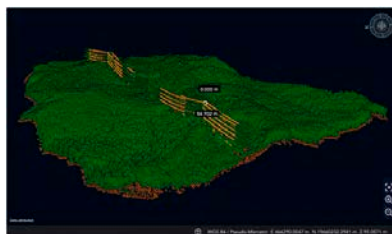


図1 早来山林における森林の計測および解析結果

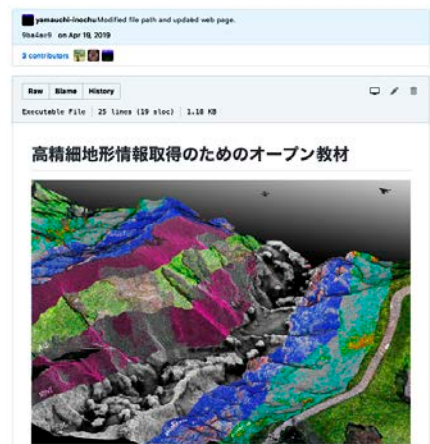


図2 計測データや解析ツールのウェブ公開
<https://hdtography.org/>

3
成果展開の
状況

- ・開発した手法は、森林だけでなく地形、生態、考古などの研究にも用いられている。
- ・データアーカイブおよび解析ツールを公開することにより、教育・アウトリーチとしても効果をもたらす。3Dプリントによる表現やVR空間の構築も行っている。
- ・本研究成果の普及をめざし、EGUやJpGUなどの大型地球科学関連学会におけるセッション運営や国際学術誌における論文出版、また講演やワークショップなどによる一般公開を展開している。

【CJ22-41】一般研究

(研究課題名:和文)衛星データを用いたヒマラヤ山脈の高標高域の雲・降水活動の研究

(研究課題名:英文)A study on convective activity over the high-altitude areas of the Himalayas

(研究代表者名) 藤波 初木 (名古屋大学・宇宙地球環境研究所)

Hatsuki Fujinami (Nagoya University・Institute for Space-Earth Environmental Research)

【要旨】本年度は、代表者がネパールヒマラヤ・ロールワリン地域に独自に展開している雨量計網で観測された3年分(2019～2021年)の夏季1時間降水量データを用いて、日周期と日周期変調およびその要因を解析した。降水量の日変化は、標高2800mより高い地点で、昼間と夜間の1日2回の降水量ピークがあり、それより低い高度では夜間に1回の降水量ピークが観測された。1日2回の降水ピークがある地点では、昼間降水と夜間降水の卓越する期間が周期的に交替する現象が確認された。夜間降水(昼間降水)が卓越する期間は、ガンジス平原上で南東風(南西風)が強化されていることがわかった。この南東風はヒマラヤ山脈の南を通過するモンスーン低気圧によってもたらされることも明らかになった。

【Abstract】

We investigated diurnal precipitation cycles in summer and their modulation in Rolwaling valley, eastern Nepal Himalayas. In the rain gauge stations of more than 2800 m asl, the diurnal cycle shows double peaks in daytime and nighttime, while a single peak is observed in nighttime in those of less than 2800m asl. The diurnal cycle in the higher elevations shows the periodic alternation of the predominant diurnal precipitation peak between nighttime and daytime. Nighttime (daytime) precipitation is enhanced when the low-level southeasterlies (low-level westerlies) are located to the south of the Himalayas.

1 背景
目的
方法

ヒマラヤの高標高域の夏季(6月～9月)降水量やその変動は、氷河の涵養や水資源として重要であるにもかかわらず、未だによくわかっていない。研究代表者は2019年5月よりネパールヒマラヤ・ロールワリン谷に雨量計ネットワーク(標高約700m～約4800mにかけての7地点、図の赤丸域)を構築し、2021年までの3年にわたる夏季の1時間降水量を観測することができた。本研究は、そのデータを使用し、ヒマラヤでの基本的な降水変動である日周期の特性と日周期の変調を明らかにし、それらに関連する大規模な大気循環場と対流活動をMSG-IODCの赤外データ(時間間隔15分、空間解像度0.04度)とERA5(時間解像度1時間、空間解像度0.25度)を用いて解析した。

2 研究の
成果

(1)夏季降水量の平均的な日変化は、標高2800mより高い観測点では昼間と夜間の1日2回の降水量ピークがあり、それより低い観測点では夜間に1回の降水量ピークがあることがわかった。また、1日2回の降水ピークがある観測点では、昼間の降水と夜間の降水(以後それぞれ、昼雨、夜雨とする)の卓越する期間が季節内振動の周期(約30日)で周期的に交替する傾向があることがわかった。

(2)夜雨卓越期には(図1)、ヒマラヤの南側のガンジス平原で、下層の南東風が強化される(北緯26度周辺)。これは、インド半島北東部にみられる低気圧性循環によってもたらされている。この低気圧性循環はベンガル湾で発生するモンスーン低気圧である。モンスーン低気圧による南東風は、インド半島とガンジス平原の大気境界層過程を通して、夜間に加速し、ヒマラヤ斜面に向かう水蒸気フラックスを増大させ、斜面付近での水蒸気フラックス収束を増大させるため、夜雨が増加する。

(3)一方、昼雨卓越期は(図2)、モンスーン低気圧がヒマラヤの南側に存在しない。夜雨卓越期に北緯15度周辺に位置していた下層のモンスーン西風(図1)が、北緯25度付近まで北上し、ヒマラヤの南斜面では西風成分が卓越するようになる。また、対流活動の活発な領域もヒマラヤ山麓からガンジス平原周辺にまで北上している。これは、BSISOと呼ばれる赤道インド洋からベンガル湾上を北進する季節内振動にともなう現象である。この時期になぜ昼雨が卓越し、夜雨が抑制されるのかは今後の課題である。

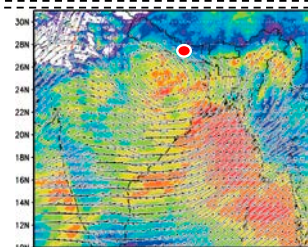


図1 夜雨卓越期の850hPaの風(ベクトル)と対流指標(|Tbb - 270K| < 0, 色階調)。赤丸が観測域。

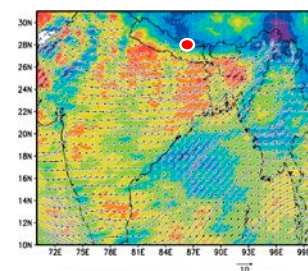


図2 図1と同様で、昼雨卓越期

3 成果展開の
状況

1. これまでの共同研究の結果の一部は、Hirata et al. (2023)としてJournal of Hydrometeorologyに出版された。Hirata et al., 2023: Multiscale processes leading to heavy precipitation in the eastern Nepal Himalayas, Journal of Hydrometeorology. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-22-0080.1>
2. 本報告書に関連する成果は2022年の気象学会秋季全国大会で発表された(藤波, 他: 2022)。
3. これらの研究は、氷河の涵養や山岳域の水資源の理解に大きく貢献することができる。

【CJ22-46】一般研究

(研究課題名: 和文) ロケット打ち上げに伴う電離圏変動とその中性大気による影響の解析

(研究課題名: 英文) Analysis of ionospheric disturbances associated with the launch of rockets and its dependence on the neutral atmosphere

(研究代表者名) 中田 裕之(千葉大学・大学院工学研究院)

Hiroyuki Nakata (Chiba University · Graduate School of Engineering)

【要旨】 先行研究より、H-IIAロケットに伴う電離圏擾乱が、約1000 km離れた地点でも観測されることが明らかとなった。そこで本研究では、H-IIA 25号と 31号を対象とし、ロケットの経路により変動の特徴が変化するかどうかについて解析を進めた。25号、30号による変動は打ち上げからそれぞれ約35~40分後、17 分後に変動が確認できた。また、変動の周波数解析を行ったところ、30号の変動は、25号での変動(5~15 mHz)よりも低い周波数帯(2.5~7.5 mHz)のスペクトル強度が強いことが確認された。30号からの音波が高い高度を通過したことにより高周波数帯が減衰したためと考えられる。

【Abstract】 Previous studies have shown that ionospheric disturbances associated with H-IIA rockets can be observed at a distance of about 1000 km from the rockets. In this study, we analyzed the characteristics of the variability changed depending on the launch vehicle path, targeting H-IIA No. 25 and No. 31. Frequency analysis of the acoustic waves from the rockets showed that the spectral intensities of the No. 30 in the lower frequency band (2.5 to 7.5 mHz) was stronger than that of the No. 25 (5 to 15 mHz). This is thought to be due to the attenuation of the high-frequency band caused by the sound waves passing at a high altitude.

1
背景
目的
方法

H-IIAロケットに伴う電離圏擾乱が、約1000 km離れた地点でも観測されることが明らかとなっている。このような変動は、ロケットが生じさせる衝撃波が遠方へ伝搬することにより生じると考えられる。先行研究では、ロケットからの音波がロケットから直接観測点に到達したものや地面に1回または複数回反射して伝搬したものが存在することが明らかとなった。この結果は、ロケットの軌道により変動の様子が異なる可能性があることを示唆している。そこで本研究では、H-IIA25号、30号を対象にそれぞれの変動の特徴について明らかにし、その特徴の違いがロケットの軌道により異なるかどうかについて解析を行った。

2
研究の
成果

H-IIAロケットに伴い生じる電離圏変動について、HFドップラー観測により解析を行った。HFドップラー観測では、電波が電離圏にて反射される際、反射点が上下すると電波の周波数が、ドップラー効果により変化することを利用して、電離圏の上下動を観測することが可能である。図1に、H-IIAロケット25号(上段)と30号(下段)に伴うドップラーシフト(左側)とその変動のダイナミクススペクトル(右側)を示す。25号に伴う変動では、変動の周期が5 mHz~15 mHzを中心に分布しているが、30号では、2.5 mHz~7.5 mHzに分布しており、変動の帯域が低くなっていることがわかる。

この要因を解析するため、両者の変動を発生させた音波の伝搬経路について解析を行った。その結果を図2に示す。赤い経路が25号、青い経路が30号のものである。25号はひまわり8号、30号はX線天文衛星「ひとみ」打ち上げに用いられたが、30号の方がより高い高度に達した時の音波が観測点に到達したことが明らかになった。音波は電離圏高度においては、中性粒子とプラズマ粒子との衝突や大気粘性などの効果により、早い周期の変動ほど減衰しやすいことが知られている。30号により生じた音波は、25号に比べ高い高度領域を長距離伝搬してきたため、高周波域の変動がより減衰したと考えられる。

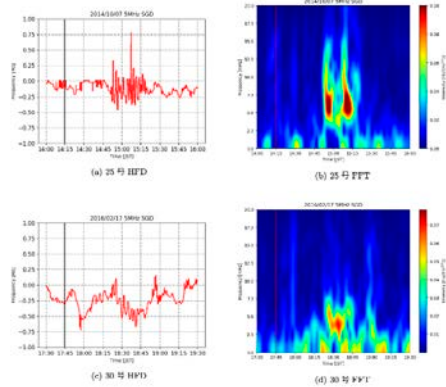


図1 HFドップラー観測により得られた、H-IIA 25号(上段)と30号(下段)による電離圏変動

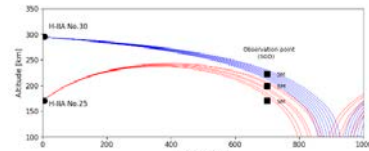


図2 HII-Aにより生じた音波の伝搬経路

3
成果展開の
状況

本研究により得られた成果は現在論文としてまとめており、Earth, Planets and Space誌に投稿予定である。

【CJ22-01】一般研究

(研究課題名:和文)合成開口レーダ搭載マイクロ衛星用FPGAの開発

(研究課題名:英文)Development of FPGA for Microsatellite onboard Synthetic Aperture Radar

(研究代表者名)難波 一輝 (千葉大学)

Kazuteru Namba (Chiba university)

【要旨】 円偏波合成開口レーダ (CP-SAR) 搭載無人航空機において行われる Synthetic Aperture Radar (SAR) 信号処理においては大量のデータに対し、高速に FFT等の演算を行うことが求められている。そのため SAR 信号処理システム構成環境として、従来の Digital Signal Processor (DSP) から並列度の高い Field Programmable Gate Array (FPGA) への移行が強く求められている。CP-SAR 画像処理部本体の設計については昨年度までの研究であらかた完成していた。本年度はCP-SAR 画像処理部に隣接する部品であるチャープジェネレータについて、そのハードウェアおよびソフトウェアの設計を行った。

【Abstract】 Signal processing for unmanned aerial vehicle (UAV) with circularly-polarized synthetic aperture radar (CP-SAR) uses high-speed FFT computation for large amounts of data. So, it is strongly required that signal processing system for CP-SAR is constructed on field programmable gate arrays (FPGAs) providing high-speed parallel processing and not traditional digital signal processors (DSPs). This year, we designed the hardware and software for the chirp generator, a component next to the CP-SAR image processing unit.

1 背景
目的
方法

現在、千葉大学環境リモートセンシング研究センターでは、地表環境・表層における様々な情報を精密かつ高精度に観測でき、世界初かつ日本独自の技術による円偏波合成開口レーダ (CP-SAR) センサ搭載のマイクロ衛星を開発している。本研究では、マイクロ衛星のコマンド・データハンドリングにもっとも重要な部分である中央制御部の構成のため、CP-SARの高速処理に最適なFPGAの開発を行う。本年度はCP-SAR 画像処理部に隣接する部品であるチャープジェネレータについて、そのハードウェアおよびソフトウェアの設計を行った。

2 研究の
成果

(1) 昨年度までは、CP-SAR 画像処理部を FPGA 評価ボード KC705 上に構築していた。システムの構築にはverilog-HDL を用い、FFT などの一般的な演算には IPコアを利用していた。

(2) 本年度はCP-SAR 画像処理部に接続される関連部品である、チャープジェネレータについてそのソフトウェアとハードウェアを設計した。ハードウェアの概略図を図1に示す。最新のシステム仕様に合わせて調整された設計となっている。また、システム中で用いているFPGA において用いるソフトウェアについても設計を行い、その動作をシミュレータ上で確認した。図2 にそのときの波形図を示す。期待通りの動作をしていることが確認できている。

(3) 今年度はシステム全体をととした動作検証は行えなかった。これは来年度に行いたい。また、来年度以降の研究では、作成したシステムのUAVへの搭載について検討する予定である。

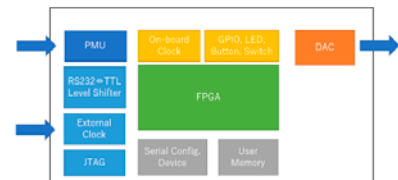


図1 作成したハードウェアの概略図

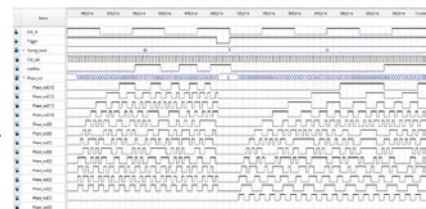


図2 作成したソフトウェアの波形図
期待通りの動作を確認できる

3 成果展開の
状況

本研究成果物は、千葉大学環境リモートセンシング研究センターで開発されている円偏波合成開口レーダ (CP-SAR) センサ搭載無人航空機上で使用される予定である。

【CJ22-08】一般研究

(研究課題名: 和文) 衛星データを用いた諏訪湖の浮葉植物および沈水植物分布の推定

(研究課題名: 英文) Estimation of distributions in floating-leaved and submerged aquatic plants in Lake Suwa based on remote sensing data

(研究代表者名) 岩田 拓記 (信州大学)

Hiroki Iwata (Shinshu University)

【要旨】 衛星データを用いて湖の水生植物タイプごとの分布の特定に成功している研究例があるが、諏訪湖においてはこれまでに浮葉植物の分布のみが特定されている。本研究の目的は諏訪湖において浮葉植物と沈水植物の二つの水生植物タイプを分類できるモデルを作成し、それぞれの分布把握を行うことである。Sentinel-2衛星データから計算される正規化指数を基に、分類木モデルとランダムフォレストモデルを用いて水生植物の分布特定を行った。ランダムフォレストモデルによって分布を特定した結果から、ヒシの分布は水産試験場による現地調査と比較して空間的な分布が再現できていた。沈水植物の分布推定についてはさらに精度を向上させる必要がある。

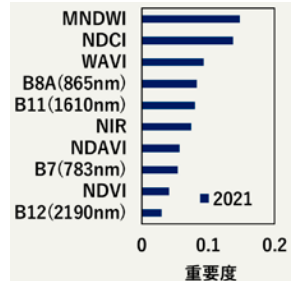
【Abstract】 For Lake Suwa, a previous study estimated the distribution of floating-leaved plant using satellite data. This study estimated the distribution of both floating-leaved and submerged plants using the classification tree-based models. The random forest model successfully estimated the distribution of floating-leaved plant, in agreement with a distribution obtained by a field survey. However, the estimation of submerged plant distribution needs further improvements.

1 背景
目的
方法

水生植物の繁茂面積は湖沼での物質循環における役割の大きさを示す指標の一つであり、その分布を正確に特定することは重要である。先行研究においては衛星データを用いて湖の水生植物タイプごとの分布の特定に成功している例があるが、諏訪湖においてはこれまでに浮葉植物の分布のみが特定されている。本研究の目的は諏訪湖において浮葉植物と沈水植物の二つの水生植物タイプを分類できるモデルを作成し、それぞれの分布把握を行うことである。このため、Sentinel-2衛星データから計算される正規化指数を基に、分類木モデルとランダムフォレストモデルを用いて水生植物の分布特定を行った。

2 研究の
成果

(1) ヒシエリアは夏季に赤色光の反射率が低く近赤外の反射率が高い一般的な植物体の分光反射特性を示した。ヒシエリアの正規化指数はヒシの繁茂と衰退の様子を捉えていた。沈水植物エリアと水域エリアの分光反射特性は類似しており、ヒシエリア程の季節変化は示さなかった。しかし、水面に反応するMNDWIのようないくつかの指標は夏季にエリアによって異なる値を示した。



(2) 作成した2021年の分類木モデルはMNDWIで水域と植物体エリアを分類し、植物体を緑色光の反射率でヒシと沈水植物に分類した。ランダムフォレストの重要度はMNDWI, NDCI, WAVIなどが重要という結果だった(図1)。ランダムフォレストモデルによって分布を特定した結果から、ヒシの分布は水産試験場による現地調査と比較して空間的な分布が再現できていた(図2)。沈水植物の分布はある程度再現しているものの、特に湖南東部で過大評価となった。ランダムフォレストを用いた同様の分布特定を2022年データに対しても行い、ヒシの分布の再現性が確認された。

図1 特徴量の重要性

(3) 夏季データを学習させたランダムフォレストモデルを用いてヒシ分布の季節変化を推定したところ、ヒシの刈り取りやその後のヒシの再成長を再現できる可能性が示された。

図2 ランダムフォレストモデルで推定した2021年夏季の水生植物分布



3 成果展開の
状況

上述の研究成果をさらに発展させて、沈水植物の分布推定精度を向上させる取り組みを実施している。手法を2016年から2022年に適用することで、水生植物分布の経年変化を推定することを試みる予定である。水生植物は光合成産物を根から堆積物に滲出し、また枯死した葉も堆積物への有機物供給となり、湖からのメタン放出に寄与している可能性が考えられる。よって、推定される水生植物繁茂量の経年変化と諏訪湖で測定しているメタン放出量の経年変化を比較する予定である。

【CJ22-25】一般研究

(研究課題名:和文)AI技術を用いた観光支援を目的とする観測データの応用について

(研究課題名:英文)Application of observation data for sightseeing support using the AI technology

(研究代表者名)宮崎 貴大 (香川高等専門学校)

Takahiro Miyazaki (National Institute of Technology Kagawa College)

【要旨】香川県三豊市仁尾町にある「父母ヶ浜海岸」を対象に風景をAI技術と衛星観測データを利用して予測生成する研究を行っている。本年度はpix2pixHDを用いてより高画質で画像生成をおこなった。学習データには、2022年5月から2023年1月までにひまわり8・9号で観測された雲画像と父母ヶ浜海岸の風景画像のペアを各バンドごとに16,190枚学習させた。生成モデルをテストした結果、曇り、晴天、夕焼けなど天候や風景の見え方を判断可能な画像が生成できること、時刻情報は与えていないが、観測データの値から学習することで夕景の生成が可能でできることが分かった。

【Abstract】We are conducting research to predict and generate scenery for "Chichibugahama Beach" in Nio-cho, Mitoyo City, Kagawa Prefecture, using AI technology and satellite observation data. This year, pix2pixHD was used to generate higher-resolution images. We used 16,190 cloud images observed by Himawari No. 8 and No. 9 from May 2022 to January 2023, and landscape images of Chichibugahama beach. The results of testing the model showed that it was able to generate images that could determine the weather conditions and the appearance of the scenery, such as cloudy, clear, and sunset. Although no time information was provided, the model was able to generate evening scenes and learn from observed data.

1
背景
目的
方法

当研究室では、SNS等で人気の観光スポットとなっている香川県三豊市仁尾町にある「父母ヶ浜海岸」を対象に時間帯や季節によって変化する風景をAI技術と衛星観測データを利用して予測生成する研究を行っている。本研究の目的は訪れた人の満足度を向上させるため、指定した日時にどのような写真が撮影できるかを予測した風景イメージの提供である。昨年度はpix2pixといわれる画像生成技術を用いて風景イメージの予測生成をおこなったが、本年度はより高画質での画像生成を目指し、pix2pixHDを用いて生成をおこなった。また、ひまわり8・9号で観測された雲画像を各バンドごとに学習させ、画像生成に最適なバンドの選定を行っている。

2
研究の
成果

(1)2022年5月19日～2023年1月19日の8か月間の衛星観測データとそれに対応する風景画像pix2pixHDの学習に利用し、雲画像から風景画像を生成するモデルを作成した。使用したデータや画像は夜間や取得エラー等で利用できないものを除いた各16,192個を利用した。これにより、前年度よりもより高画質である1024×512pixのサイズでの画像生成が可能となった。

(2)ひまわり8・9号で観測したバンド1,2,3について作成した画像生成モデルを利用し、画像生成のテストを行った。バンド1,2,3は可視光バンドであり、特に、バンド3については下層雲の観測に利用されていることから有用であると考えられた。図1に2023年2月14日17時10分の各バンドの観測データを使用して画像生成を行った結果を示す。(左上:実際の風景, 右上:バンド1, 左下:バンド2, 右下:バンド3) 画像生成テストに利用した観測データは2023年2月13日～15日に観測されたバンド1,2,3のデータ各202枚である。

(3)今回作成した生成モデルをテストした結果、曇り、晴天、夕焼けなど天候や風景の見え方を判断可能な画像が生成できることが分かった。また、時刻情報については与えていないものの、夕景の生成が可能で観測データの値から学習できることが分かった。しかし、単一のバンドでは、雲の厚みによる濃淡や分布などの生成が不十分であり、より実際の風景に近づけるためには、多バンドを利用した学習が必要であると考えられる。

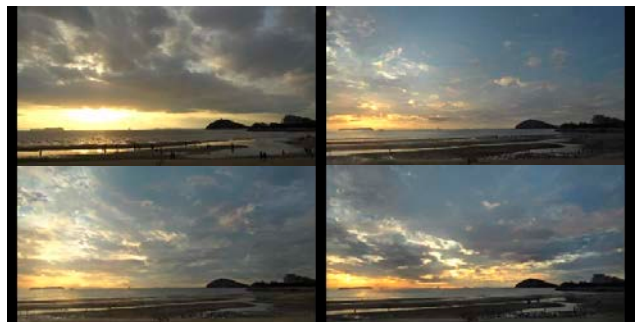


図1 生成モデルによる観測バンド毎の画像生成結果

3
成果展開の
状況

現在作成できている生成モデルはバンド1, 2, 3である。今後は多バンドを合成した学習データを作成し、生成モデルを改善すると共に、webページ等を用いた予測した風景画像の提供を検討する。

【CJ22-36】一般研究

(研究課題名:和文)日本付近で発生するトランスバースバンドと浪雲の特徴について

(研究課題名:英文)Characteristics of Transverse Bands and Small-scale Wave Clouds

Occurring Near Japan

(研究代表者名) 渡来 靖 (立正大学大学院・地球環境科学研究科)

Yasushi Watarai (Rissho University ·

Graduate School of Geo-Environmental Science)

【要旨】

航空機の運航等に影響する乱気流の目安のひとつとされているトランスバースバンド(TVB)は、日本付近で発生しやすいことがわかっているものの、詳細な特徴はまだ明らかになっていない。このため、日本付近での出現特性を明らかにすることを目的に、気象衛星ひまわり8号の6年分の赤外画像データからTVB発生季節・場所・時間帯といった時空間的特徴について調査した。その結果、全事例中68.2%がジェット気流に関連して発生し、出現頻度の高い季節や場所の分布は、ジェット気流の気候学的な特徴を反映したものであることが示唆された。また、ジェット気流に伴うTVBは昼間の時間帯に出現件数が増える傾向がみられた。

【Abstract】

Because transverse bands (TVBs) are often associated with turbulence, pilots and dispatchers have used them as a proxy for turbulence in satellite imagery. The seasonal, geographical, and temporal distribution of TVB occurrences near Japan was investigated using Himawari-8 infrared images for six years. Of all TVB cases, 68.2% were generated by the jet stream, and the seasonal and geographical distribution of TVB cases depended on the position of the jet stream. The frequency of TVBs was higher during the daytime, and the difference between daytime and nighttime was statistically significant.

1 背景
目的
方法

流れに対して直交方向に並んだ波状の上層雲の雲列であるTVBは、衛星画像から判別できることから、乱気流の目安のひとつとして乱気流予報で用いられている。また、TVBの雲列に波状の模様が現れる浪雲も新たな目安として注目されている。先行研究より、日本付近は全球的にもTVB発生日数が多い場所であることが示されているが、どの現象で発生数が多いのかや継続時間など、詳しい特徴は明らかにされていない。本研究では、まず日本付近で発生するTVBの時空間的特徴を明らかにすることを目的に、気象衛星ひまわり8号の毎正時の赤外画像(バンド13)からTVBを目視によって抽出し、季節・場所・時間帯別の出現頻度を調べた。対象期間は2016~2021年の6年間で、範囲は北緯20~50°、東経120~165°とした。

2 研究の
成果

(1) TVBは主にジェット気流に伴って発生し、春・秋に多く夏に少ない傾向

全2856事例中68.2%がジェット気流に伴って発生し、次いで熱帯低気圧が10.4%、それ以外は数%程度だった。月ごとの事例数では、3~5月の春と11月の秋に多く夏に少ない傾向となり、ジェット気流が日本付近に位置する時期とTVB事例数の多い時期が一致する結果となった。

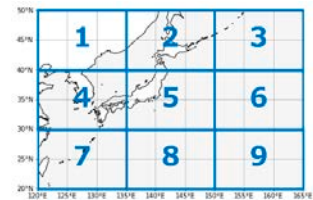


図1 対象範囲と区分領域

(2) 本州付近を中心にTVB出現時間が長い

対象範囲を緯度10°、経度15°ごとの9つの領域に区分し(図1)、出現頻度の高い場所を調査した結果、夏以外の時期は、領域4と5の本州付近での出現時間が長いことが明らかになった(図2)。領域4、5のどちらかで出現していた時間は全体の67.1%となった。初夏や秋は北側の領域2を中心に、冬は領域7、8でやや出現時間が増える傾向が見られ、大半のTVBに関係するジェット気流の季節による南北変動が反映された結果だと考えられる。

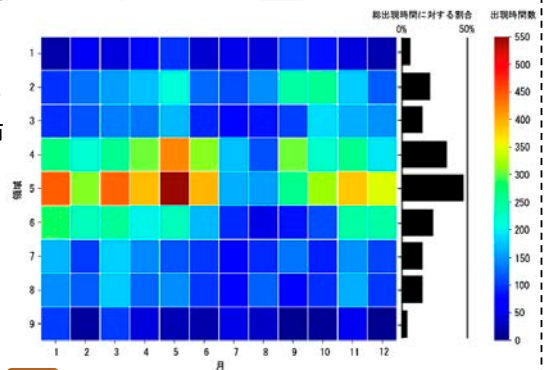


図2 全事例での領域ごとのTVB月別出現時間(ヒートマップ)と総出現時間に対する割合(横棒グラフ)

(3) ジェット気流に伴うTVBは昼間に増加

ジェット気流に伴うTVBは、どの時間帯でも出現しているものの、特に昼間に出現件数が増える特徴がみられた。昼間と夜間の出現件数には統計的な有意差が認められた($p < 0.01$)。

上記より、主要な航空路がある本州付近で、便数が多い昼間に出現頻度が高くなることが明らかになった。

3 成果展開の
状況

本研究で得られた結果は、日本気象学会2022年度秋季大会と第25回環境リモートセンシングシンポジウムにて口頭発表した。また、論文として地球環境研究の第25号に掲載予定である。調査が済んでいない浪雲やTVBと乱気流強度の関係を明らかにすることで、乱気流予報への活用が期待される。今後、昼間に多くなるジェット気流に伴うTVBの成因についても調査する予定である。

【CJ22-44】一般研究

(研究課題名:和文)円偏波マイクロ波アンテナの研究と極地環境計測への適用

(研究課題名:英文)Study of a Circular Polarization Antenna and its application to Antarctic environment

(研究代表者名) 瀧澤 由美 (情報・システム研究機構・統計数理研究所)

Yumi Takizawa (Institute of Statistical Mathematics,

Research Organization of Information and Systems)

【要旨】

統計数理研究所 瀧澤研究室は、千葉大学CEReS ヨサファット研究室の協力を得て、マイクロ波レーダによる極地環境に適用可能な無線センシングシステムの研究を行った。送受信アンテナは X-band 平面型円偏波アンテナを、測定にはベクトルネットワークアナライザ(VNA, 日本大学中村研究室)を用いた。

最終的に南極の環境への適用を目指し、今回は北見工業大学の実験水槽(館山研究室)を用い、また渡邊研究室の協力を得てサロマ湖での実験を行った。

【Abstract】

For the development of environmental remote sensing system, a microwave circular polarization antennas have been conducted by Takizawa Lab. ISM under the cooperation of Josaphat lab. CEReS, Chiba Univ.

This system was composed by microwave antennas and VNA for the X-band sensing in the Antarctic environment. Trial experiment was done first using the test pool in the Institute of Technology of Kitami, Hokkaido.

1
背景
目的
方法

船舶・航空機等に搭載される無線リモートセンシングシステムを構成するマイクロ波アンテナは、小型・軽量、高性能が求められる。

本研究では、Triplate-stripline平面アンテナを構成した。

3Dコンピュータシミュレーションにより平面アンテナの設計と特性評価を行った。先行試作した平面アンテナの電波無響室(千葉大学CEReS)を用いた特性評価と、コンピュータシミュレーションによる特性結果は、既に良好な一致を確認している。

2
研究の
成果

本研究に基づくアンテナは先行研究による構成理論と3Dシミュレーションにより開発された。

図1にシミュレーション結果を示す。

図1(a)は利得の周波数特性、図1(b)は軸比の周波数特性を示す。利得、軸比とも中心周波数の10%以上の帯域で、ほぼ目的の特性が得られた。

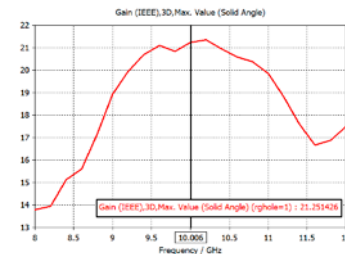
上記の結果を基に、実用化を念頭として協力会社の製作技術・装置により試作製造を行った。

次に、海水を充填した実験水槽(北見工業大学)で伝搬実験を行った(図2, 3)。

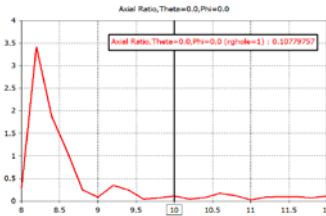
伝搬損失は海水1m、底面からの反射損失を含めて合計の伝搬損失は略90 dBで、市販のVNA(vector network analyzer)の測定限界に近く、今後、ダイナミックレンジの拡大が求められる。

実験では水槽表面の降雨、降雪の影響が顕著で、安定な実験結果が得られなかった。

本研究は深澤元千葉大教授、国立極地研究所、北見工業大学、日本大学の協力を得て行った。



(a) 利得vs周波数



(b) 軸比vs周波数

図1 シミュレーション結果



図2 実験水槽(北見工業大学)

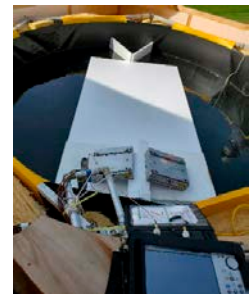


図3 マイクロ波伝搬実験
左:送信ANT、右:受信ANT、手前:VNA

3
成果展開の
状況

本研究は船舶等の移動体への搭載を目的として行ったが、航空機による環境資源探査のためのセンシングシステムおよび車両等の安全走行システムへの実用化を進めている。

【CJ22-45】一般研究

(研究課題名:和文) NPP-VISS(DNB)リモートセンシングデータによるバリ島における経済発展とCovid-19流行時の比較

(研究課題名:英文) Night lights in Tourism Island of Bali Pre- and during Covid-19 based on NPP-VIIRS DNB Remote Sensing Data

(研究代表者名) 大澤 高浩 (ウダヤナ大大学・山口大国際事務所)

Takahiro Osawa (Udayana University・Yamaguchi Representative office in Indonesia)

【要旨】 夜間照明(NTL)が社会経済活動の指標として利用できることが知られており、特に観光は、高い電力消費を必要とする社会経済活動の一つである。インドネシア、バリ島の人口は2000年に約300万人であったが、2020年には約430万人に増加している。本研究では、2014年1月から2020年12月までのNPP-VIIRS DNB画像データを用いて、インドネシア・バリ島の夜間照明の傾向を検出した。2014年から2019年までは、輝度放射値(≥10nW/cm²/sr)が高い地域が全体の約2.5%であった。しかし、2020年には、輝度放射輝度の照明値が総面積の約1.9%に留まる事が分かった。これはコロナの影響により経済的ダメージの影響によるものと思われる。

【Abstract】 It is known that night time light can be used as an indicator of socio-economic activity and tourism is a socio economic activity that requires a high electricity consumption. The population of Bali was 3,146,999 in 2000 and increased to 4,317,404 in 2020. Current study uses the NPP-VIIRS DNB image data from January 2014 to December 2020 for detecting the trends of nighttime lights in tourism island of Bali, Indonesia. In 2014 until 2019, the areas with high brightness radiance values (≥ 10 nW/cm²/sr) are found in an approximately 2.5 % of the total area. However, in 2020 the lighting values of high brightness radiance just accounted for approximately 1.9% of the total area.

1
背景
目的
方法

夜間照明(NTL)が社会経済活動の指標として利用できることが知られており、特に、観光は高い電力消費量を必要とする社会経済活動の一つである。バリ島はインドネシアや世界でも有数の人気のある観光地の一つであり、バリ島の経済収入のほとんどが観光業に依存している。バリ島の人口は、統計データによると、2000年に約300万人、2020年には約430万人と増加している。本研究の目的は、可視赤外画像放射計(NPP-VIIRS)の昼夜帯(DNB)プロダクトによる夜間照明値のリモートセンシングデータを用いて、社会経済活動や観光と関係から電力消費の空間的・時間的分布を積算する事である。本研究では、2014年1月から2020年12月までのNPP-VIIRS DNB画像データを用いて、観光地地域であるインドネシア・バリ島における夜間照明の傾向を検出した。

2
研究の
成果

- (1) 衛星データによる夜間照明と社会活動の指針を示す計算式を提案した。
これにより、経済活動のモニタリングを衛星データから可能となった。
- (2) 2014年1月から2020年12月までのNPP-VIIRS DNB画像データを用いて、観光地であるインドネシアバリ島における夜間照明の傾向を検出した。その結果、2014年から2019年までは、輝度放射値(≥10nW/cm²/sr)のエリアが全体の約2.5%であった。(図1)
しかし、2020年には輝度放射輝度値の照明が総面積の約1.9%を占めるに過ぎず、これはコロナの影響により経済活動がダメージを受けていることを明らかにした。
- (3) 衛星データから長期にわたる経済活動をモニタリングする技術を確認しました(図2)。
これにより、夜間衛星データを使用した経済活動の指針を示すことが可能となる。

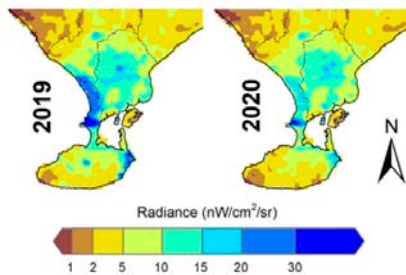


図.1 2019年と2022年の夜間照度比較

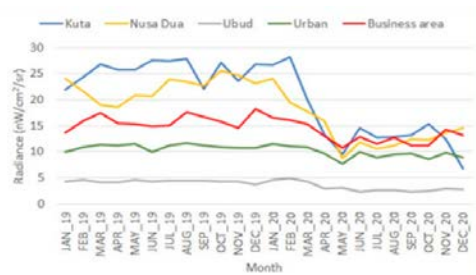


図.2 2019年から2022年の夜間照度の変化(各地域ごと)

3
成果展開の
状況

開発した本手法は、バリ島の経済活動と消費電力の有用な情報をもたらし、地域の安心と安全に貢献している。

【CJ22-49】一般研究

(研究課題名:和文)火星着陸探査における表層観測のための LIDAR 開発 ~フィールド試験による精度評価~
 (研究課題名:英文)Development of LIDAR used on Mars for environmental observation
 -resolution test in a field-

(研究代表者名) 千秋 博紀 (千葉工業大学・惑星探査研究センター)

Hiroki Senshu (Chiba Institute of Technology, Planetary Exploration Research Center)

【要旨】 将来の探査において、火星表面から表層環境計測をするための装置の開発を行っている。特に、大気中のダストの分布と量を、気温、気圧、風速などの気象条件と同時に計測し、起源や運動を明らかにすることを目指している。そのため、技術的課題の抽出を目的として、LIDAR でのダスト計測と地球上で用いられている気象観測装置との同時観測を繰り返し、経験を重ねている。今回は、大分県久住グライダー滑空場でフィールド試験を行った。

【Abstract】 We are developing instruments for climate observation on Mars in a future mission. To clarify the origin and motion of the dust in the Martian atmosphere, we are planning to use LIDAR along with climate package such as thermometer, barometer, anemometer, etc. We carried out a field test of LIDAR with climate observation instruments at Kuju Glider Port, Oita, to check technical challenges for future mission.

1 背景
目的
方法

火星の表層はダストに覆われている。ダストは天体衝突や、温度変動や風性作用などによる岩石の風化で作られる一方で、現在の火星には続成作用を担う水や植生がないため、表層に蓄積されてゆく。大気中のダストは時間とともに沈降するため、火星には地面から大気への定常的なダスト供給メカニズムがあるはずである。このメカニズムを解明するため我々は、火星着陸機に搭載し、ダストデビルを含めた表層環境を観測するための装置群の開発を行っている。ダストの分布は近距離用の LIDAR で計測し、他の気象パッケージと連携して表層環境とダスト供給メカニズムを解き明かすという戦略である。このため、地上でのフィールド試験を繰り返し、大気中ダストの基本的性質、計測上の課題を整理している。

2 研究の
成果

我々が想定している観測は、水平方向に設置した LIDAR を用いた観測を継続し、装置視線を通過するダストの分布をとらえるというものである。ダストデビルはその典型であり、距離分解能 1m 以下、時間分解能 1秒以下の観測(ダストを検出)が要求性能となる。これまでの研究において我々は、千葉大学工学部、椎名研究室で開発してきた近距離用 LIDAR を用いて大気中のダストを検出できること、また時間分解能は要求性能を満たせることを確認してきた。今回のフィールド試験においては、大分県久住グライダー滑空場を利用して、大気観測装置との同時観測を行った(図1)。



図1 ライダーの観測フィールド

図2は2台のライダーの測定結果の一例である。上のパネルは21時07-16分、下のパネルは21時38-48分の結果を示す。上下でシグナルの分布(特に強度)が異なっている。これはこの2回の測定の間で何らかのイベントがあったことを示唆している。実際、同時に測定を行っていた、パーティクルカウンタによれば、この時間に小さな(0.3 μ m サイズの)ダストが減少し大きな(1 μ m サイズの)ダストの量が増加している。また温度計の計測からは、わずかながら気温が不連続に低下している様子もみてとれた。このことから異なる気塊が流れてきた可能性が示唆される。これはダスト計測だけでは判別できなかったことである。今後、風速計のデータも併せて詳細な解析を進める。

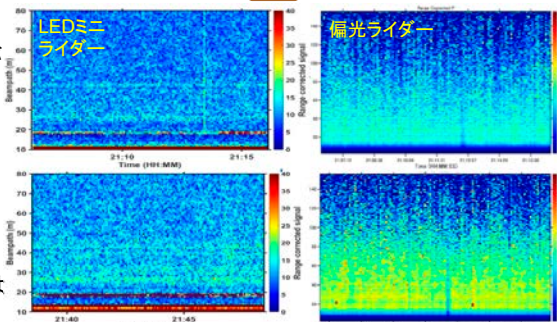


図2 LIDAR 観測の例

3 成果展開の
状況

本研究によって行われたフィールド試験によって、ダスト計測と気温・湿度・風速などの通常の気象観測を同時に行うことの重要性が示された。これは今後の火星表層環境探査の提案にフィードバックさせる予定である。また、紙面の都合で省略したが簡易なダスト観測装置(ホコリセンサ)との同時観測も行っており、その有用性も調べており、市販のホコリセンサの宇宙転用の検討も進めている。次年度は鳥取砂丘にて砂塵の飛翔観測を行う予定である。

CEReS 共同利用研究/研究報告2022

【CJ22-11】プログラム研究研究会(P2022-1)

(研究課題名:和文)第22回SAR国際ワークショップ・第5回マイクロリモートセンシング研究会

(研究課題名:英文)The 22th SAR International Workshop・The 5th Seminar on Microwave Remote Sensing (SeMIREs 2022)

(研究代表者名) Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (千葉大学環境リモートセンシング研究センター)
難波一輝 (千葉大学大学院融合理工学府)

【要旨】 近年、国内外で合成開口レーダ(SAR)システムの小型化・軽量化により、小型衛星をはじめ、無人航空機、小型飛行機などに搭載可能となった。今後このマイクロ波リモートセンシング技術が、災害監視をはじめインフラ、農業、海洋など、様々な分野に応用できると期待している。この研究を推進するために、千葉大学では2016年度から先端マイクロ波リモートセンシング拠点研究を重点研究として推進している。この拠点研究活動強化のため、マイクロ波リモートセンシング関連で、2022年4月18日に第22回SAR国際ワークショップと、2022年11月10日に第5回マイクロ波リモートセンシング研究会(SeMIREs 2022)を開催している。

【Abstract】

In recent years, the miniaturization and weight reduction of synthetic aperture radar (SAR) systems in Japan and overseas have made it possible to install them in small satellites, unmanned aerial vehicles, and small airplanes. In order to promote this research, Chiba University has been promoting advanced microwave remote sensing center research as a priority research since fiscal 2016. In order to strengthen this research activity, we hold the 22nd SAR International Workshop on 18 April 2022 and the 5th SeMIREs on 10 November 2022 related to microwave remote sensing.

1 背景 目的 方法

近年、国内外で合成開口レーダ(SAR)システムの小型化・軽量化により、小型衛星をはじめ、無人航空機、小型飛行機などに搭載可能となった。今後このマイクロ波リモートセンシング技術が、災害監視をはじめインフラ、農業、海洋など、様々な分野に応用できると期待している。この研究を推進するために、千葉大学では2016年度から先端マイクロ波リモートセンシング拠点研究を重点研究として推進している。この拠点研究活動強化のため、毎年、マイクロ波リモートセンシング関連のSAR国際ワークショップ、研究会(合成開口レーダシステム、画像信号処理、応用など)を開催している。また、アジア太平洋合成開口レーダ国際学会(APSAR)の開催・支援を行っている。この活動を通してさらに国内外の研究者に広く貢献できるように、電子情報通信学会SANE研・URSIと共催するマイクロリモートセンシング研究会、IEEE GRSSと共催する「アジア太平洋合成開口レーダ学会(APSAR 2023)」の開催に向けて、ウダヤナ大学・山口大学と協力してインドネシア・バリ島クタ地区でSAR国際ワークショップを開催した。



図1 2022年4月18日の第22回SAR国際ワークショップ(オンライン)案内

2 研究の 成果

第22回SAR国際ワークショップ

2022年4月18日に第22回SAR国際ワークショップをオンラインで開催して、285人(国内)10名(海外)275名の参加者であった。

The 5th Seminar on Microwave Remote Sensing (SeMIREs 2022)

2022年11月10日に千葉大学 西千葉キャンパス アカデミック・リンク・センター1棟施設「ひかり」にて、IEICE SANEとIEEE AES Society Japan Chapterと共催して、千葉大学 The 5th Seminar on Microwave Remote Sensing (SeMIREs 2022)を開催した。当日、13件の論文を発表し、ハイブリッドで開催し、約45人の参加者であった。



図2 2022年11月10日のIEICE SANE 研究会

3 成果展開の 状況

第6回マイクロ波リモートセンシング研究会(別名:The 6th Seminar on Microwave Remote Sensing (SeMIREs 2023))を2023年11月に、IEICE ICSANEを2023年12月に開催する予定です。また、IEEE The 8th Asia Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR 2023)を千葉大学が主催し、2023年10月23日~27日にバリ島で開催する予定です。学会の関係者、本学災害医療学研究所などと共同して、人工衛星と航空機搭載のSARと光学センサのデータを利用して、災害、食料安全などの事業に展開します。

【CJ22-03】プログラム研究研究会(P2022-2)

(研究課題名:和文)地上フラックス観測と衛星観測を利用した陸域物質循環に関する研究会

(研究課題名:英文)Workshop on terrestrial carbon fluxes using ground observation and remote sensing

(研究代表者名)市井 和仁 (千葉大学・環境リモートセンシング研究センター)

Kazuhito ICHII (Chiba University・Center for Environmental Remote Sensing)

【要旨】

JapanFluxは、大気-陸面における熱・水・物質(CO₂など)の地上観測ネットワークであり、この観測ネットワークを利用した広域推定研究などが盛んに行われている。特にリモートセンシングなどの観測データとの親和性が高く、地上観測と衛星観測の連携が望まれている。本研究会では、国内で本分野の研究を推進する3大学の研究室による合同のセミナーを2022年10月6-7日に千葉大学にて実施した。16件の口頭発表・約30名の参加者を得た。

【Abstract】

JapanFlux is an in-situ observation network for heat, water, and matter (CO₂, etc.) on the atmosphere, land, and large-scale estimation using this observation network is being actively conducted. In particular, collaboration between ground observation and satellite observation is expected. We had a joint seminar among groups from three universities in Japan, aiming at promoting cooperation among domestic researchers and students. This seminar is conducted in Chiba University on Oct 6 and 7 with 16 research presentations and around 30 participants.

1
背景
目的
方法

JapanFluxは、大気-陸面における熱・水・物質(CO₂など)の地上観測ネットワークであり、この観測ネットワークを利用した広域推定研究なども盛んに行われている。特にリモートセンシングなどの観測データとの親和性が高く、地上観測と衛星観測の連携が望まれている。本研究会では、国内で本分野の研究を推進する3機関の研究室の教員・学生が参加する合同のセミナーを2022年10月6,7日に千葉大学にて実施した。16件の口頭発表があり、約30名が参加した。

2
研究の
成果

(1)陸域における熱・水・物質循環を研究対象にした地上観測・衛星観測・数値モデリングなどを扱う研究者・学生が集合して2日間の合同勉強会を千葉大学にて実施した(図1)。研究対象は、地上観測、衛星観測など多岐の手法、植生、都市、湖沼などの多岐の対象にわたる情報交換を実施した。また参加研究機関は、信州大学、大阪府立大学、千葉大学、であり、16件の口頭発表があり、約30名が参加した。



図1 合同研究会(第6回陸域フラックス合同研究会)の参加者集合写真(10/7千葉大学)

(2)本研究会の報告として、CEReSニュースレターの2022年10月号に記事を掲載した。また、学生の声としても、大阪府立大学・信州大学・千葉大学より各1名を掲載した。特に、学生にとっては、他の研究室と同年代の学生との交流を行い、質問時間も十分にあるので非常にイ心地に質問などもしやすい環境にあったなど、よい評価を得ている。

【第6回陸域フラックス合同研究会】の開催
2022年10月6-7日に、千葉大学・松崎棟において、第6回の研究会を行いました。この研究会は、大気-陸域間の熱・水・物質の交換量を並行研究対象とする国内3研究室(千葉大学 岩田拓紀准教授、大阪府立大学 植山隆仁准教授、千葉大学(幕僚))の合同勉強会として2017年にスタートしたものであり、今回は第6回となりました。本年度は、コロナの状況を見つつ、多くの参加者の要望もあり現地開催として実施しました。本研究会では、3研究室の所属学生計16件の研究発表を行いました。
本研究会の開催は、大学院生・学部生といった学生が主体であることです。異なる大学・研究室に所属するメンバーの交流のきっかけになればと考えています。発表者は研究の途中段階においての問題点など、一般的な学会発表では出にくいことも含めて発表することとしています。また、研究会開催の準備などは参加者を主体としています。質疑応答の時間は、会場が少くとも1回は行っています。また、異なる研究室のチームや構成員とする研究分野の違いに触れることで、研究分野に関する見識を広げることがもつとあります。さらに、発表のスタイルの違いを見ることが、お互いによりよい発表を行うことにつながると考えます。初日の夜には、参加者全員で飲み会などの懇親会を行い、参加期間での親睦を深めました。ただ、2日間の会合の中で、国内の他大学にも研究仲間が多くいることを知ることで、お互いを知ることによって、今後の付き合いにもなります。研究会は今後も続ける予定です。(市井和仁)

(3)本会合は、定期的(第6回目)に開催していることもあり、参加研究室学生にとっては恒例の行事になりつつ、お互いを知ることで、各学生への研究に対するモチベーションを高めることに繋がっている。さらにはこれを契機にお互いの研究室を歩きまわすようになったなど効果が高い。

図2 CEReSニュースレター2022年10月号における本研究会の記事

3
成果展開の
状況

このようなセミナーの開催は、大学院生などの若手研究者の育成に貢献できる。特に、研究者を目指す学生が少なくなっていると言われている現状の中で、学生間の連携を構築しつつ、複数の教員が協力体制を構築することにより、研究への興味を伝え、今後の研究者の育成に貢献できる。また、この研究会の研究成果を題材にして共同研究に発展するケースもある。

【CJ22-04】プログラム研究研究会 (P2022-1)
 (研究課題名:和文)SKYNET-Japan研究会
 (研究課題名:英文)SKYNET-Japan research meeting

(研究代表者名) 入江 仁士 (千葉大学・環境リモートセンシング研究センター)
 Hitoshi Irie (Chiba University・Center for Environmental Remote Sensing)

【要旨】 WMOのGlobal Atmospheric Watch (GAW)のcontribution networkでもあるSKYNETは、日本が立ち上げたスカイラジオメーターユーザーの国際研究グループであり、気候や大気汚染の観点から大気中の重要な成分であるエアロゾルや雲を主なターゲットとした世界最先端の研究が進められている。このような背景の下、SKYNETに関わる日本の研究者や学生との定期的かつ密な議論の場として、月に1回程度の頻度で研究会を開催した。過去に千葉大学で同様のミーティングを行ってきたが、本研究会はオンライン形式を活用して日本全国版に拡張したものであり、意図したように遠方からの参加者も含めた形で密な情報交換を行うことができた。

【Abstract】 SKYNET, which is also the contribution network of WMO's Global Atmospheric Watch (GAW), is a sky radiometer users' international research group launched by Japan. SKYNET is conducting the world's most advanced research on aerosols and clouds, which are important components of the atmosphere in terms of climate and air pollution. Under this background, SKYNET-Japan research meetings were held about once a month as a forum for regular and close discussions among Japanese researchers and students. We extended similar meetings held at Chiba University in the past to a nationwide Japanese version using an online format and realized deep discussion as planned.

1 背景 目的 方法

WMOのGlobal Atmospheric Watch (GAW)のcontribution networkでもあるSKYNETは、日本が立ち上げたスカイラジオメーターユーザーの国際研究グループであり、気候や大気汚染の観点から大気中の重要な成分であるエアロゾルや雲を主なターゲットとした世界最先端の研究が進められている。本研究会では、関連の最新の研究について日本の参加者のあいだで密な情報交換を行い、当該研究分野の発展に貢献するとともに、日本の研究活動のさらなる活性化を図ることを目的とする。その結果として複数のCEReSの重点課題やプログラム課題が推進され、大型予算の獲得やコミュニティ形成といった一緒の発展につながる事が期待される。

2 研究の 成果

(1) SKYNET-Japan研究会を月1回程度の頻度で合計6回 (8/25, 9/22, 10/20, 11/24, 12/22, 1/26)開催した。本研究会により、SKYNETに関わる最新の研究について日本の参加者のあいだで密な情報交換を行うことができた。具体的な内容は以下のとおりである。

- ・International SKYNET Data Center (ISDC)の運用
- ・スカイラジオメーター観測用プログラム
- ・立体視野角データの取り扱い
- ・オゾンリトリバル
- ・船舶オリオールメーター
- ・SKYNET発展のための方針・方策
- ・スカイラジオメーターの問題点
- ・全チャンネル(315-2200 nm)の自己校正方法
- ・SR-CEReSの開発と改良 (新しい雲スクリーニング手法等)
- ・SKYNETとGCOM-C/SGLIのエアロゾルデータの比較
- ・最新の放射伝達モデル
- ・SKYNETデータを使った研究のプレス発表

これにより、当該研究分野の発展に貢献し、日本の研究活動のさらなる活性化を図ることができた。

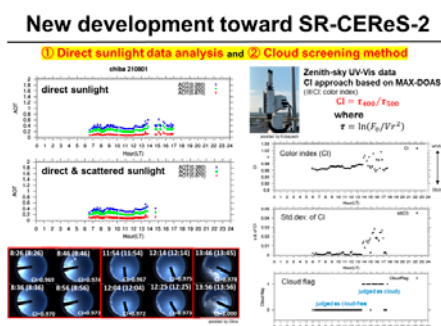


図1 SR-CEReSの開発・改良状況。

3 成果展開の 状況

SKYNETによる連続観測の継続とデータ公開を行った。また、国際科学論文や国際学会・国内学会での成果発表も行った。さらにはプレス発表も行った。

今後、本研究会の議論や成果は国際グループとの共有を通じて、国際観測ネットワークへの発展に役立てていく。

【CJ22-19】プログラム研究研究会 (P2022-1)

(研究課題名: 和文) 衛星地球観測シナリオ研究会

(研究課題名: 英文) Satellite Earth observation scenario study group

(研究代表者名) 高橋 暢宏 (名古屋大学宇宙地球環境研究所)

Nobuhiro TAKAHASHI (Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

【要旨】 世界の衛星地球観測の動向を配慮しながら、我が国がこの10年間に担うべき衛星地球観測のあり方について議論し、短期的な日本の衛星地球観測計画の案を作ることを研究会の目的としている。本研究会では、TFリモセン分科会におけるミッション立案の活動母体としてミッション公募を行い、それを通じてわが国における衛星地球観測のあり方や将来の方向性について議論を行うものであり、その成果をグランドデザインとして公開する。

【Abstract】 The purpose is to establish a framework for building a satellite earth observation system in Japan by bottom-up activity through discussion and practice among researchers. This study group will conduct mission solicitation as for mission planning in the TF Remote Sensing subcommittee, and through the discussion of with the mission proposals, the future direction of satellite earth observation in Japan is summarized. The results will be published as Grand Design from TF.

1 背景 目的 方法

衛星地球観測の世界動向は、約130の新しいミッションが検討され、着実に実施の方向で動いている。これまでこの分野で日本は米国、欧州に比肩する位置を確保していた。しかるに、昨今の日本の将来計画が未定でこの位置を確保することが難しくなっている。特にわが国では、ボトムアップ的なプロセスでのミッション立案の観点が欠けているとの指摘もあり、今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合 リモートセンシング分科会 (TFリモセン分科会) が発足している。本研究会は、TF活動のミッション立案を担うものとして国内の研究者等に対してミッション公募を行い、ボトムアッププロセスによるミッション提案を行うものである。

2 研究の 成果

2022年4月11日、5月9日、6月15日、8月2日、9月8日、10月20日、11月22日、12月22日、2023年2月1日、2月27日、3月(日時未定)の11回および2022年10月11日のTFのワークショップを通して、日本の衛星地球観測計画をボトムアップから構築する枠組みを議論・実践を通して構築することを目指している。昨年度から公募サイクルを2年ごととしたが、JpGUの開催は継続している。2021年度に第3回衛星地球観測ミッション公募を発売し10月のワークショップでそれぞれのミッション提案の内容について議論を深めた。今年度も、JpGUへの参加を通じて提案ミッションの更新とブラッシュアップを実施する計画である。なお、TFのグランドデザインにおいては、表1に示す採択内容となっている。

表1. 第2回試行公募におけるカテゴリ毎の採択件数

カテゴリ	件数
宇宙基本計画にすでに記載されている計画中の提案ミッション	2
ア) 第一期短期計画(～2030年ごろまで)に含めるべき提案ミッション	3
イ) 第二期短期計画(2030～)での実現に向けて道筋をつける提案ミッション	6
ウ) 中期計画で考慮すべき提案ミッション(技術の研究開発・実証、データのニーズを育てる等の活動を継続し、ミッションの成立性を考える提案ミッション)	5
エ) 現時点では実現性が薄く再検討を要する提案ミッション	0
技術実証を目的とした提案ミッション	1
衛星データの利活用や地球観測の新たな枠組みの提案として今後検討を進める提案ミッション	4

3 成果展開の 状況

本研究会は、今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合 リモートセンシング分科会 (TFリモセン分科会) の地球科学研究高度化ワーキンググループの活動をサポートするものであり、本研究会を通して将来の地球観測衛星のグランドデザインを作成・更新することを目指している。現在、第2回試行公募の結果をもとにグランドデザインの改訂にむけた作業を実施しており、現時点では成果公開の観点に沿わないと判断する。一方、グランドデザインが制定されたときには、本研究会の支援を受けたことを明示する。

【CJ22-07】一般研究研究会

(研究課題名:和文)大気地上検証用機材性能向上研究会

(研究課題名:英文)Workshop on Validation Equipment Performance Improvement for Air (VEPIA)

(研究代表者名) 本多 嘉明(千葉大学・環境リモートセンシング研究センター)

Yoshiaki HONDA (Chiba University・Center for Environmental Remote Sensing)

【要旨】気候変動さらに人間活動による地球大気の変動は顕著になるとともに、依然として雲やエアロゾルの現状把握ならびに気候に対する影響が明白になっていない状態にある。欧米はもとより我が国において雲やエアロゾルの観測にむけて最新のセンサ技術を搭載した人工衛星が打ち上げられ運用されようとしている。衛星観測データから導き出される物理量は地上検証に裏づけられて、より高精度になりその精度が保証される。一方、20数年前から米国や我が国が中心になって進めてきた大気地上検証ネットワークで使用されている機材が老朽化し、その更新が望まれている。そこで、本研究会で基礎実験を通じて望ましい大気地上検証用機材の検討をし、数年以内に提案を出すことを目的とする。

【Abstract】Climate change Furthermore, changes in the Earth's atmosphere due to human activities have become prominent, and the current state of clouds and aerosols and their impact on the climate have not yet been clarified. Artificial satellites equipped with the latest sensor technology are about to be launched and operated for the observation of clouds and aerosols in Japan as well as in Europe and the United States. Physical quantities derived from satellite observation data are supported by ground verification, and are more accurate and their accuracy is guaranteed. On the other hand, the equipment used in the atmospheric ground verification network, which has been promoted mainly by the United States and Japan for more than 20 years, has deteriorated, and its renewal is desired. Therefore, the purpose of this study group is to study desirable atmospheric ground verification equipment through basic experiments and to make a proposal within a few years.

1
背景
目的
方法

気候変動さらに人間活動による地球大気の変動は顕著になるとともに、依然として雲やエアロゾルの現状把握ならびに気候に対する影響が明白になっていない状態にある。欧米はもとより我が国において雲やエアロゾルの観測にむけて最新のセンサ技術を搭載した人工衛星が打ち上げられ運用されようとしている。衛星観測データから導き出される物理量は地上検証に裏づけられて、より高精度になりその精度が保証される。一方、二十数年前から米国や我が国が中心になって進めてきた大気地上検証ネットワークで使用されている機材が老朽化し、その更新が望まれている。そこで、本研究会で基礎実験を通じて望ましい大気地上検証用機材の検討をし、数年以内に提案をだすことを目的とする。

2
研究の
成果

これまでに作成した試作機の問題点を整理し、新しいコンセプト(二次元センサを用いた)観測機材のデザインをもとに試作機の製作が行われた。

この機材の作成はJAXAが中心となり、進められ、野外連続観測を実現するためのソフト及びハードの改良が「連続観測」を可能にする改良が施された。

コロナ対策のため、本年度も、実際に予定していた観測(数週間程度)が実施できず、また対面方式の会合が持てなかったため、オンライン会合での検討になったが、限定したメンバーにより筑波にて野外連続観測をおこなった。これによりさまざまな条件下での問題抽出が可能になった。



図1 開発中の機材の全景
コンクリート製による転倒防止
機能追加



図2 野外観測対応の電源防水対策強化

3
成果展開の
状況

本研究集会の支援で取りまとめた試作機の問題点を議論し、来年度は筑波にて野外連続観測を実施し、さらなる改良方針や改良を加えてゆくことになった。

【Joint Research No. CI22-104】 P2022-1

Title of Joint Research: A New Benchmark for Surface Radiation Products over the East Asia–Pacific Region Retrieved from the Himawari-8/AHI Next Generation Geostationary Satellite

Name of Principal Investigator:

Husi Letu (State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Chinese Academy of Sciences)

【Abstract】 (Approximately 100 words)

Surface downward radiation (SDR), including shortwave downward radiation (SWDR) and longwave downward radiation (LWDR), is of great importance to energy and climate studies. Considering the lack of reliable SDR data with a high spatiotemporal resolution, we derived SWDR and LWDR at high resolutions for this region based on the Himawari-8 (H-8). Compared to benchmark products of the radiation as Clouds and the Earth’s Radiant Energy System (CERES) and the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) next-generation reanalysis (ERA5), and the Global Land Surface Satellite (GLASS), not only is the resolution of the new SDR product notably much higher, but the accuracy is also higher than those products. In particular, hourly and daily root-mean-square errors of the new SWDR are much smaller than those of CERES, ERA5, and GLASS (daily of 36.5 W m^{-2}).

1

Back-Ground

Objective

Methodology

surface downward radiation (SDR) is a fundamental component of the surface energy balance and one of the main factors influencing climate change, as well as the major forcing variable in many land surface and hydrological models. reliable SDR estimations are indispensable for Earth’s energy cycle and climate studies as well as solar energy applications.

Using Himawari8 satellite data to develop high-precision surface downward radiation remote sensing products.

We employed a precalculated LUT to combine aerosol (clear-sky) and cloud properties (cloudy sky) combined with the viewing geometry (solar zenith angle, viewing zenith angle, and relative azimuth angle) to estimate SWDR.

2

Conclusions

Brief descriptions of three (at maximum) conclusions

Conclusion 1

The SDR product is unique in its high resolution and improved overall accuracy. The spatial resolution and accuracy of the new SWDR product is significantly higher than that of CERES and ERA5. The new SWDR is at the same spatial resolution as the SWDR of the GLASS product, but the former has higher temporal resolution and accuracy than the latter.

Conclusion 2

In the calculation of shortwave radiation, in addition to atmospheric gases and altitude, cloud phases, heavy haze, and complex terrain conditions are fully considered.

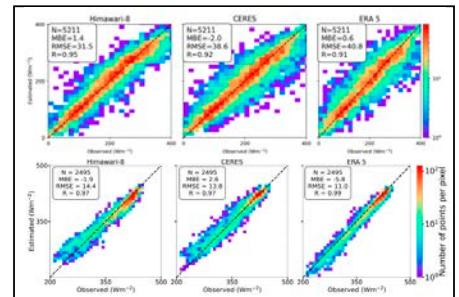


Fig.1 Comparison of the daily SWDR/LWDR results of (left) H-8, (center) CERES, and (right) ERA5 to ground-based measurements in 2016. MBE and RMSE are expressed in W m^{-2} .

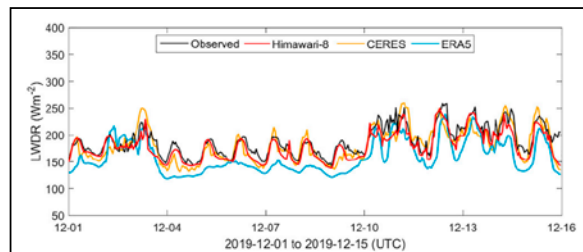


Fig.2 Hourly variations of H-8, CERES, and ERA5 LWDR products from 1 to 15 Dec 2019 at NMC sites over the Tibetan Plateau.

Conclusion 3

In the derivation of longwave radiation, a generalized parameterization scheme is employed via incorporation of the cloud-top temperature, total column water vapor, and surface skin temperature.

3

Effect/Outcome

The new products developed in this study exhibit outstanding characteristics and high accuracy. The high-accuracy and high-resolution products may be useful for radiation budget studies and driving land models as well as the reference of solar energy.

【Joint Research No. CI22-105】 P2022-1

Title of Joint Research: Assembled Techniques of Time Series InSAR to Monitor Land Subsidence Causing Flood Vulnerabilities in Kedungbanteng and Banjarasri, Sidoarjo

Name of Principal Investigator:

Noorlaila Hayati (Department of Geomatics Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

【Abstract】 The 2006 mudflow event or Mudflow Sidoarjo (LUSI) in Porong, Sidoarjo due to gas exploration had an impact on land subsidence. Land subsidence occurred in areas around LUSI such as Kedungbanteng and Banjarasri Villages have experienced floods with varying heights since 2018 due to heavy rainfall in the area. Observations of land subsidence using multi-temporal SAR Sentinel-1 image data in 2015 - 2022 are processed through different small baseline techniques of InSAR time series analysis. The results are a continuous research of the advanced InSAR application to produce a pattern of distribution of land subsidence every year in Sidoarjo and investigate the suspected causes of subsidence occurred in the area.

1

Back-Ground

The emergence of a mudflow in Porong, Sidoarjo, impacts the possibility of land subsidence. The accumulation of land subsidence can damage urban infrastructure, and thus, in the future, it can cause environmental, economic, and social disturbances in the region.

Objective

Monitor and investigate land subsidence and trendlines patterns in Kedungbanteng and Banjarasri, Sidoarjo. Furthermore, predict in an upcoming year of subsidence trend only based on the InSAR time series result using a neural network and a non-linear regression method.

Methodology

The process using the Small Baseline Subset (SBAS) and Slowly Decorrelated Filtered Phase (SDFP) approach to monitor the rate and time series displacement. The predicted displacement in the upcoming year was performed using the neural network and the second-order polynomial function to get the pattern of trendlines of land subsidence every year.

2

Conclusions

Conclusion 1

According to InSAR time series analysis, Kedungbanteng and Banjarasri Villages significantly indicated the occurrence of subsidence. According to field documentation, land subsidence had a significant impact on the villagers' houses, pipelines, roads, and the walls' cracks in March 2021. Based on monitoring using the InSAR, GPS observations, and the prediction models, the land subsidence is still going and can continually cause flooding in those two villages.

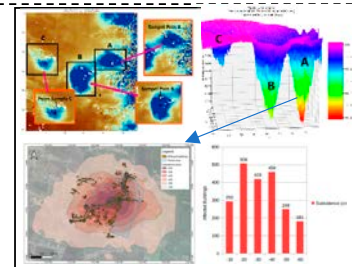


Fig.1 Land subsidence Visualization

Conclusion 2

Based on Sidoarjo area of interest (Fig.1), the trendline pattern Shows that area A has decreased to around -607 mm in 2022 and is in the sharpest shape compared to other sample points and continues to around -2.3 m in 2030, area B in 2022 will reach -523 mm and will be starting to decrease to -1 m in 2030, area C will have a decline of -230.5 mm in 2022 and will form a flat trend to around -319 mm in 2030, and sample D will have a downward-curving pattern similar to the sample area A as deep as -114.8 mm in 2022 and will continue to around -515 mm in 2030 by crossing the trendline of area C (Wunut) in 2026-2027.

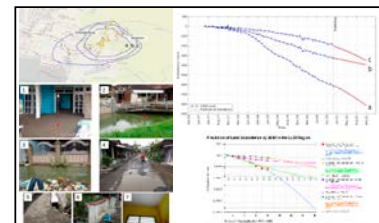


Fig.2 Trendline 2030 Prediction of Land Subsidence.

3

Effect/Outcome

The research outcomes:

- Maps of land subsidence and its impacted houses in the study area. The maps will be considered by Sidoarjo's Regional Board for Disaster Management to mitigate this hazard.
- A peer-reviewed paper published in Geomatics, Natural Hazards and Risk Vol. 13 No.1.

Report form for CEReS Overseas Joint Research Program 2022

【Joint Research No. CI22-101】 P2022-3

Title of Joint Research: Analysis and Prediction of Carbon Concentration at Particulate Matter (PM) 2.5 Caused by Forest Fires in Riau Province, Indonesia

Name of Principal Investigator:

Evizal Abdul Kadir (Islamic University of Riau)

【Abstract】

This research aims to plot and map locations with a high number of fire hotspots and then forecast the potential number of hotspots in the future based on previous history of collected data. The achieved forecasting data is very important and beneficial for the authorities as it can be utilized as one of the references for preventive action and to avoid the scattering of forest fires. A long shot-term memory (LSTM) algorithm is implemented in this research to analyze and forecast the number of fire hotspots, while the Python programming is used to plot the hotspot points. Results show that the distribution of fire hotspot is concentrated mostly in Sumatra and Kalimantan Island, with a peat type of land that is prone to spreading fire. Forecasting the number of hotspots for 2023 has achieved good results average error is 7 %.

1 Back- Ground Objective Methodo- logy

Forest fire is a common issue globally, especially in tropical regions that are at high risk due to increasing temperature. In addition, the behavior of a community that resides around the forest area is another source of fires, for example, free land cleaning and deforestation. Indonesia is a country located in Southeast Asia that is a tropical region with only two seasons, namely, dry or summer and raining. This research proposes a new method, namely LSTM deep learning algorithm for forest fire forecasting, to determine the potential hotspot number in the future as well as plot the hotspot distribution in Indonesia. The available MODIS dataset collected by NASA from 2010 to 2022 was used for this analysis to check and prove the algorithm and the accuracy. This research uses an LSTM model with deep learning algorithm to predict and plot forecasting results in order to determine the distribution and scattering area of fire hotspots in Indonesia. The collected fire dataset by NASA is very useful in analyzing the data and plotting them in a map and in analyzing the hotspot distribution in detail.

2 Conclu- sions

Conclusion1

This research discussed on mapping, forecasting, and analyzing the fire hotspots in Indonesia. The data have been mapped, and the distribution of hotspots concentrated in two major islands, namely, Sumatra and Kalimantan. While forecasting has been done for the data collected by NASA in MODIS type especially for Indonesia region, total data from year 2010 to 2022 more than 700.000 dataset.

Conclusion 2

Forecasting model used LSTM algorithm have been done for the year 2023 as results shows with performance accuracy is more than 90% with average error 6.94%, the successful of data forecasting indicate by the pattern of data very similar as well as the trend for hotspot in every month. Future work is planned to minimize or downscale the mapping and forecasting in small zones based on states or areas, improving the accuracy to achieve detailed results.

3 Effect/ Outcome

This research will contribute and assist government to determine forecasting of forest and wildfire hotspot in Indonesia territory by analysis previous data from 2010-2022. Preventive action can be plan based on forecast data to find the location and number of hotspot if the future year as well information to the community to prevent the forest fire.



Fig.1 Fire hotspot mapping in Indonesia

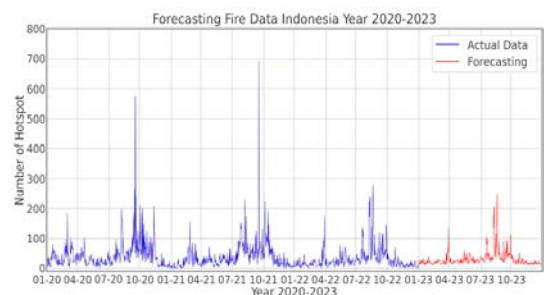


Fig.2 Forecasting of fire hotspot 2023

【Joint Research No. CI22-108】P2022-4

Title of Joint Research: Urban Flood Risk Assessment based on Integrative aspect of Hazards, Vulnerabilities and Capacities with 3D Geospatial Approach

Name of Principal Investigator:

Hepi Hapsari Handayani (Geomatics Engineering Department, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

【Abstract】 Many flood models have been developed in one dimension (1D), two dimensions (2D), and three dimensions (3D). Simulation and three-dimensional (3D) flood modeling are most appropriate for flood risk management for buildings because it can represent strong visuals and accurate information with a certain level of detail. Aerial photography and LiDAR (Light Detection and Ranging) technology are able to generate 3D visual data of the city. The unsteady flow method can be used for flood modeling. This modeling system is used to compute the water surface profile for a variable flow.

1
Back-Ground
Objective
Methodology

The background of this study is that floods in Surabaya frequently occurred a year. Some areas are affected, including Pandugo area of Surabaya City. This area is one of the sub-Central Business Districts (CBDs) with dense economic and residential activities that are predicted to grow and potentially change land use. Recent applications of the 3D model had provided a clear visualization of flood then the previously used 2D maps.

The objective of this study is (1) to create a 3D model using lidar data and orthophoto of the Pandugo area, Surabaya, and (2) to analyze the inundation area including building and infrastructure affected.

The methodology of this study used LiDAR and UAV data to create 3D building models. The flood modeling requires upstream flow data, normal depth of downstream data, DTM data, and the unsteady flow method. Flood impact analysis was used to visualize the flood in 3D flood depth and elevation data, and to define flood impact areas.

2
Conclusions

Conclusion 1

Based on the results of building footprint and flood models obtained, the number of buildings affected by flood inundation was 1,601 buildings affected consisting of 85 shops, 1 mosque, 3 health facilities, 4 schools, and the remaining residential buildings. Building types are identified through google maps and google street maps. And according to the road network and the flood model obtained, Road network also affected by flood inundation

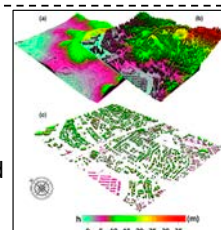


Fig.1 nDSM

Conclusion 2

By combining LiDAR data and aerial photogrammetry data which has an average difference value of 0.8295m, we can create a 3D model that can meet the LOD2 standard from Albert et al., (2003) with a building height RMSE value is 0.8623m. So that aerial photo data can be used to update LiDAR data through several adjustments/modifications

Conclusion 3

However to achieve better accuracy from the 3D building, LiDAR data and aerial image data should be separated, because the two data can have very different elevation values. This difference may be caused by various problems such as the date of the acquisition, any change in objects in the field, interpolation method, sensors used for the two data are different, etc.



Fig.2 3D visualization of flood inundation

3
Effect/ Outcome

The result of this study is applied to improve the mitigation management
The developed method is applied to develop the mitigation system for Surabaya government.

【Joint Research No. CI22-109】 SP2022-2, P2022-1, P2022-3, P2022-5

Title of Joint Research: Application of space and ground technologies for disaster risk mitigation:
Multi-sensor Web for earthquake early detection

Name of Principal Investigator:

Dimitar Ouzounov (Institute of ECHO, Chapman University)

【Abstract】

The complexity of the earthquake generation process puts limitations on scientific knowledge and leads to incomplete insights. However, it is known that several gradually evolving stages take place in time and space during the earthquake generation process. Therefore, applying several direct physical measurements to study the pre-seismic process's physics is reasonable. The most recent developments in pre-earthquakes studies (Ouzounov et al., 2018a, Pulinets and Ouzounov, 2018, Hattori and Han, 2018, Liu et al., 2010,2018) have motivated us to use the latest innovative technologies to collect and analyze multi-sensor geophysical data associated with lithospheric deformation processes.

1

Back-Ground

The background of this study is

Long-term observations of soil radon concentrations concerning seismicity in the Gulf of Corinth, Greece

Objective

The objective of this study is

Methodology

Variation of regional stress concerning seismicity and radon

The methodology of this study is

The gamma-ray real-time network for soil radon concentration measurements.

2

Conclusions

Brief descriptions of three (at maximum) conclusions

Conclusion 1

•An important observation that can be deduced from the cases we examined the radon variation observed along with seismicity follows a pattern like the stress accumulation cycle.

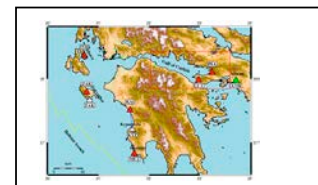


Fig.1 •The gamma-ray station locations of the real-time network of NOA for soil radon concentration
•measurements (red triangles)

Conclusion 2

•From the observations made at the stations of the Gulf of Corinth, it became clear that the radon changes that were detected were mostly related to the local fault zones and not distant strong events, even if they were within the radius defined by Dobrovolsky et al.

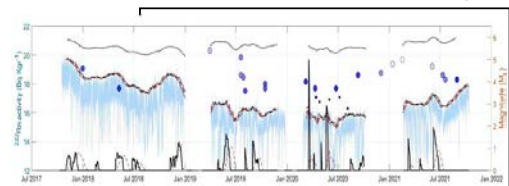


Fig.2 •Top panel: Identifying the radon anomalies was based on an STALTA algorithm applied to the radon measurement time series envelope. The points where after a systematic build-up of a radon increase, a rapid drop in radon level is observed are detected by the negative values of the first derivative (red line) of the STALTA values. The second derivative (black line) of these indicates exactly the initiation time of the drop anomalies. Bottom panel: the cumulative seismic moment and daily rate are shown with black and red lines, respectively

Conclusion 3

We have found examples of clear changes in soil radon concentration before earthquakes in Greece.

3

Effect/Outcome

(examples)

The result of this study will be applied in the future following seismic events in the area and applied to other regions in Greece and worldwide.

The developed method is applied to --- The gamma-ray real-time monitoring network for soil radon measurements

Report form for CEReS Overseas Joint Research Program 2022

[Joint Research No. CI22-110] SP2022-2, P2022-3

Title of Joint Research: Atmospheric and Ionospheric Remote Sensing on Volcano Eruption and Tsunami

Name of Principal Investigator:

Jann-Yenq Liu (Center for Astronautical Physics and Engineering, National Central University)

[Abstract] Volcano eruptions, earthquakes and tsunamis could induce prominent traveling atmospheric disturbances (TADs), which will further propagate into upper atmosphere and induce traveling ionospheric disturbances (TIDs) within. While meteorological satellite images monitor induced tropospheric TAD propagations, ground-based barometers and tide gauges observe responses of atmospheric pressures and sea level fluctuations to TADs, respectively. On the other hand, ground-based magnetometers are used to observe magnetic field changes owing to that the TADs/TIDs disturb the current sheet at about 105 km altitude. Meanwhile, CW (continuous wave) HF (high frequency) Doppler sounding systems, ionosonde, GNSS (global navigation satellite system) receivers, and FORMOSAT-7/COSMIC-2 (F7/C2) atmospheric/ionospheric radio occultation (RO) are used to monitor TIDs at the lower part, bottom side, and upper part of ionosphere.

1 Back- Ground Objective Methodology

The background of this study is that previous researches have been applied seismometers, tide gauges; magnetometers, microbar barometers, satellite images, ground-based GNSS receivers, etc. investigating waves triggered by earthquakes, tsunami, and volcano eruptions.

The objective of this study is to investigate the lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling of tsunami waves, volcano eruptions; traveling atmospheric disturbances; and traveling ionospheric disturbances by means of seismometers, tide gauges; magnetometers, microbar barometers, meteorological satellite images; and CW HF Doppler sounding system, GNSS receivers F7/C2 RO during devastating earthquakes and intense volcano eruptions.

The methodology of this study is to integrate observations of existing ground- and space-base instruments to find 3D ionospheric electron density structures and dynamics disturbed by traveling ionospheric disturbances induced by earthquakes, tsunami, and volcano eruptions.

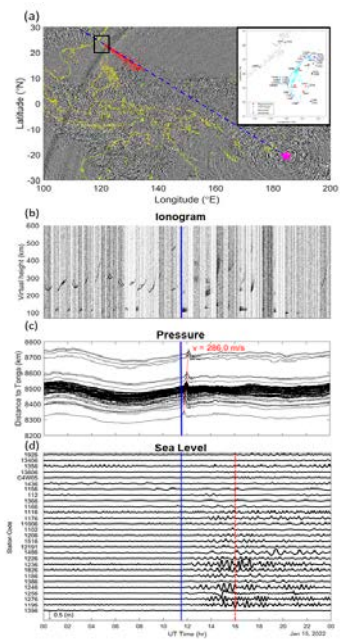
2 Conclu- sions

Conclusion1: Himawari-8 meteorological satellite images depict that upper-level tropospheric disturbances at 8.2 km altitude in the Lamb wave mode induced by the 15 January 2022 Tonga volcanic eruption travel worldwide.

Conclusion2: Traveling atmospheric disturbances of the Lamb wave front triggered by the Tonga volcanic eruption can modulate ground-based air pressures and sea levels as well as activate traveling ionospheric disturbances and uplift the ionosphere.

Conclusion3: Upon the the Lamb wave front arrival, the horizontal component of magnetic field changes often points toward/away the Tonga volcano, or prominently fluctuates.

Fig.1 (a) Locations of magnetometers (red triangles), tide gauges (dark blue asterisks), barometers (blue diamonds), and an ionosonde (magenta square, 121.0E, 25.0N) as well as the Himawari-8 satellite image at 11:30UT on 15 January 2022. The magenta star presents the Tonga volcano and red arrows denote the variations of the horizontal component of the Earth's magnetic fields during 14:00-15:00UT on 15 January 2022. The (b) ionogram, (c) differential pressure disturbances recorded by 98 barometers, and (d) sea surface heights recorded by the 28 tide gauges and those fluctuations after the tidal removal. The blue line denotes the arrival time at 11:30UT of the upper-level tropospheric TADs in Taiwan, the red dashed line indicates the tsunami arrival of the COMCOT model. Note that the trace around 480 km altitude is the "double hop" of the trace about 220 km altitude at 11:00UT.



3 Effect/ Outcome

The result of this study is applied to observe traveling atmospheric disturbances and traveling ionospheric disturbances induced by earthquakes, tsunami, volcanic eruptions, typhoons, fronts, etc. The developed method is applied to examine 3D structures and dynamics of waves/disturbances in the ionospheric plasma induced by earthquakes, tsunami, volcanic eruptions, typhoons, fronts, etc. The new finding is that the Lamb wave front can significantly disturb ionospheric currents.

【Joint Research No. CI22-102】 SP2022-5

Title of Joint Research: Using Himawari Data to Monitor Vegetation Dynamics Over the Tropical Asia Region

Name of Principal Investigator:

Tomoaki Miura (University of Hawaii at Manoa)

【Abstract】 Three data analyses were performed this year: 1) the utility of Himawari NDVI data for monitoring tropical vegetation phenology in Sarawak, Malaysia, 2) the utility of Himawari NDVI data for monitoring autumn phenology in Japan, and 3) the utility of GOES-17 ABI NDVI data for monitoring desert vegetation dynamics in Arizona, USA. Himawari NDVI acquired a much higher number of clear-sky observations than Terra/Aqua MODIS, indicating the potential of Himawari to depict seasonal vegetation dynamics in Sarawak, Malaysia. GOES-17 ABI NDVI captured short-term vegetation green-up in response to sporadic rain events, which Terra/Aqua MODIS was unable to capture.

1
Back-Ground
Objective
Methodology

Three data analyses were performed this year: 1) the utility of Himawari NDVI data for monitoring tropical vegetation phenology in Sarawak, Malaysia, 2) the utility of Himawari NDVI data for monitoring autumn phenology in Japan, and 3) the utility of GOES-17 ABI NDVI data for monitoring desert vegetation dynamics in Arizona, USA.

The objective of this study was to improve the NDVI-based phenology characterization with Himawari and other third-generation geostationary satellites.

We compared Himawari and GOES-17 ABI NDVI data to MODIS and/or VIIRS data and in situ time-lapse cloud imagery.

2
Conclusions

Conclusion 1. The number of days with clear sky conditions with Himawari ranged from 57 to 96, which was much more than the Terra/Aqua–MODIS satellites [1–5 days per month in the southwest monsoon period (May–October) and 0–2 days per month in the northeast monsoon period (November–April) in Borneo].

Conclusion 2. GOES-17 ABI NDVI data were able to capture short-term ephemeral greenup of desert vegetation in response to opportunistic rain events due to its hyper-temporal nature. Terra/Aqua MODIS and VIIRS were unable to capture them accurately.

Conclusion 3. We reduced 7 years (July 2015 - December 2022) of Himawari data into 10-min resolution NDVI time series over the mainland Japan.

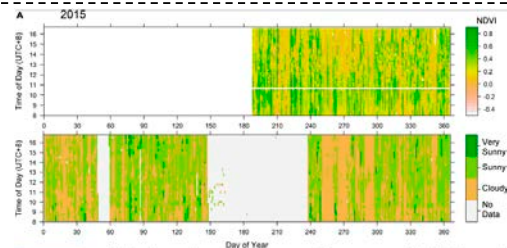


Fig.1 Relationship between Himawari NDVI and *in situ* cloud cover (Shin et al., 2023).

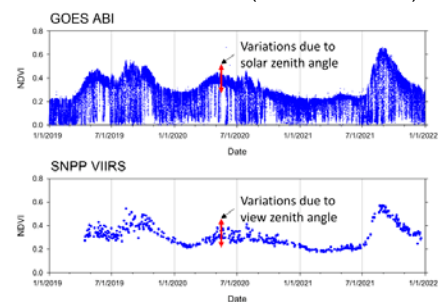


Fig.2 Comparison of GOES ABI NDVI and SNPP VIIRS NDVI at desert grassland site

3
Effect/Outcome

Himawari NDVI 7-year time series data will be analyzed for inter-annual variations of autumn phenology. GOES-17 ABI NDVI time series data will be compared against in situ time-lapse camera imagery and AmeriFlux GPP data to examine validity of the short-term greenup signatures.

【Joint Research No. CI22-106】 SP2022-5

Title of Joint Research: Development and validation of advanced satellite techniques to HIMAWARI-8/9 radiances for monitor and mitigate geohazards

Name of Principal Investigator:

Nicola Genzano (School of Engineering, University of Basilicata, Italy)

【Abstract】 The Advanced Himawari Imager (AHI) aboard on Himawari-8 geostationary satellite, as well as the Advanced Baseline Imager (ABI) aboard GOES-R platforms, are able to provide timely information on active volcanoes located in the Eastern Asia/Western Pacific region and the Pacific Ring of Fire. In this work, we will present and discuss the results achieved by using two methodologies of data analysis applied to SWIR (i.e. Normalized Hotspot Index - NHI) and MIR (Robust Satellite Techniques - RST) data for identifying and monitoring recent eruptions of Ambrym (Vanuatu), Fukutoku-Oka-no-Ba (Japan) and Home Reef (Tonga) volcanoes.

1

Back-ground

Objective

Methodology

In the past, several studies highlights the capabilities of geostationary satellite observations in detecting, monitoring and characterizing volcanic activity. In particular, the radiances collected in the MIR (medium infrared) and in TIR (thermal infrared) are widely used to investigate and monitor volcanic thermal features.

The objective of this study is to explore the capabilities of the SWIR (shortwave infrared) observations of the high temporal resolution satellite sensor to provide useful information on volcanic eruptions.

In this study, Robust Satellite Techniques (RST; Tramutoli 1998, 2007) and Normalized Hotspot Indices (NHI, Marchese et al., 2019) have been implemented on time-series of HIMAWARI-8/AHI and GOES-R/ABI data with the purpose to investigate the eruptions of Ambrym (Vanuatu), Fukutoku-Oka-no-Ba (Japan) and Home Reef (Tonga) volcanoes.

2

Conclusions

The RST approach has been successful implemented on MIR radiances collected by the AHI and ABI sensors on board of HIMAWARI-8 and GOES-R satellites respectively, allowing to identify, in good agreement with on field observations, the starting time of the eruptions of the Fukutoku-Oka-no-Ba (Japan) and Home Reef (Tonga) volcanoes.

The NHI indices have been implemented on SWIR radiances collected by the AHI sensor aboard of the HIMAWARI-8 platform at time of the eruption of Ambrym volcano. In particular, Fig.1 shows that the NHI_{SWIR} index abruptly increased over the SE flank of Marum crater, in between 10:20 –10:30 LT marking the exact time of eruption onset.

Achieved results indicate that the NHI_{SWIR} index may potentially be used to identify active lava flows/lakes also through geostationary observations.

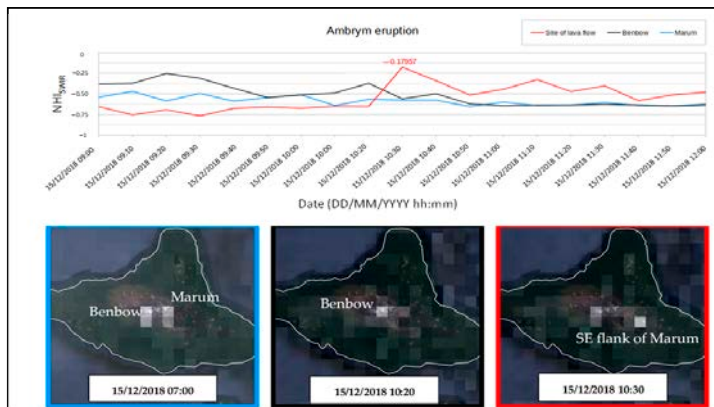


Fig.1

NHI analysis for the 2022 Ambrym volcano eruption. Upper part the time-series of the NHI_{SWIR} index over different areas of the volcano. Bottom part the NHI_{SWIR} images at 07:00 LT, 10:20 LT and 10:30 LT (adapted from Falconieri et al., 2022).

3

Effect/Outcome

The result of this study indicate that radiances collected in the SWIR channels (in addition to MIR and TIR ones) by the geostationary satellite sensors may provide usefully information on the short-term variations of thermal volcanic activity.

【Joint Research No. CI22-103】SP2022-6

Title of Joint Research: Analysis of bacterial leaf blight disease on rice crop utilizing UAV data

Name of Principal Investigator:

Gunardi Sigit (Regional Office of Food Crops Service West Java Province, Indonesia)

【Abstract】 This study aimed to develop an integrated method for assessing damage to rice crops by bacterial leaf blight disease using drone data to enable greater efficiency and accuracy for payment of indemnity in the agricultural insurance system of Indonesia, formally operationalized in 2016. As a result, the determination correlation coefficient between Nred and the damage intensity was the highest at 0.92. The estimation equation for BLB damage intensity was derived, which was significant at the 1% level. Compared to the current method, the evaluation time could be reduced by more than 50% using UAV data, and the maximum evaluation time was reduced by approximately 76%.

1

**Back-Ground
Objective
Methodology**

The Government of Indonesia launched the agricultural insurance program in 2016. A key in agricultural insurance is damage assessment which is required to be as precise, quick, and inexpensive as possible. The conventional method is to inspect the damage with the human eyes of specialists having experience. This method, however, costs much and is difficult to estimate the infected field precisely in a wide area. With this background, this study aims to develop an integrated method for assessing damage to rice crops by bacterial leaf blight disease using UAV data to enable greater efficiency and accuracy for payment of indemnity in the agricultural insurance system of Indonesia. The analysis of relationships between bacterial leaf blight damage intensity in rice crops was evaluated by pest observers using the current visual inspection method and the normalized reflectance of each observation band, NDVI, GNDVI, and RGI executed to assess the bacterial leaf blight disease damage intensity.

2

Conclu-sions

The relationship between the normalized reflectance Ngreen, Nred, N red-edge, NNIR, the three indexes of NDVI, GNDVI, RGI and the BLB damage intensity observed by the damage assessor was analyzed. As a result, the determination correlation coefficient between Nred and the damage intensity was the highest at 0.92, and the estimation equation for BLB damage intensity was derived which was significant at the 1% level. The effectiveness of using UAV data was examined by applying the developed method to irrigation block units. Compared to the current method, the evaluation time could be reduced by more than 50% by using UAV data, and the maximum evaluation time was reduced by approximately 76%.

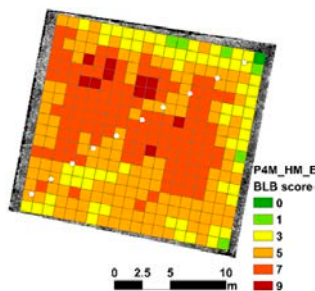


Fig.1 Estimated BLB score map for harvest season

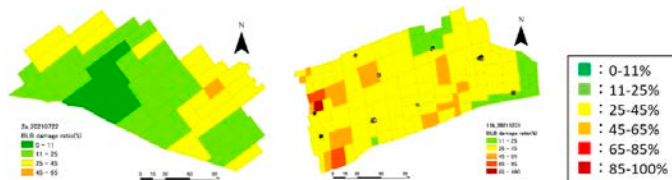


Fig.2 Estimated BLB intensity map per irrigation block

3

**Effect/
Outcome**

The damage assessment methodology developed in this research has been highly evaluated by the West Java Provincial Department of Agriculture, and the Department of Crop Protection of the Ministry of Agriculture. The developed methodology has been compiled as a technical guideline. After the Ministry of Agriculture approves the guideline, it is expected to be used in actual damage assessment starting from the provinces ready for it, so the social implementation prospects are good to some extent.

[3] 研究成果の公表

3.1. 研究論文など

【審査論文】

(近藤昭彦、楊 偉研究室)

1. Mengyu Li, Wei Yang, and Akihiko Kondoh (2022.6): Improving Remote Estimation of Vegetation Phenology Using GCOM-C/SGLI Land Surface Reflectance Data, *Remote Sensing*, 14, 4027, 10.3390/rs14164027
2. Zhaoxin Li, Wei Yang, Buneki Matsushita, and Akihiko Kondoh (2022.4): Remote estimation of phytoplankton primary production in clear to turbid waters by integrating a semi-analytical model with a machine learning algorithm, *Remote Sensing of Environment*, 275, 113027, 10.1016/j.rse.2022.113027
3. Chunyang Wang, Huan Zhang, Xifang Wu, Wei Yang, Yanjun Shen, Bibo Lu, and Jianlong Wang (2022.6): AUTS: A Novel Approach to Mapping Winter Wheat by Automatically Updating Training Samples Based on NDVI Time Series, *Agriculture*, 12, 817, 10.3390/agriculture12060817
4. Ayihumaier Halipu, Xuechen Wang, Erina Iwasaki, Wei Yang, and Akihiko Kondoh (2022.6): Quantifying Water Consumption through the Satellite Estimation of Land Use/Land Cover and Groundwater Storage Changes in a Hyper-Arid Region of Egypt, *Remote Sensing*, 14, 2608, 10.3390/rs14112608
5. Chunyang Wang, Yingjie Zhang, Xifang Wu, Wei Yang, Haiyang Qiang, Bibo Lu, and Jianlong Wang (2022.5): R-IMNet: Spatial-Temporal Evolution Analysis of Resource-Exhausted Urban Land Based on Residual-Intelligent Module Network, *Remote Sensing*, 14, 2185, 10.3390/rs14092185

(市井和仁研究室／山本雄平、Ruci Wang)

1. Yuhei Yamamoto, Kazuhito Ichii, Youngryel Ryu, Minseok Kang, and Shohei Murayama (2022.9): Uncertainty quantification in land surface temperature retrieved from Himawari-8/AHI data by operational algorithms, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 191, Pages 171-187, 10.1016/j.isprsjprs.2022.07.008
2. Nagai S., T. Saitoh, Y. Takeuchi, T. Miura, M. Aiba, H. Kurokawa, Y. Onoda, K. Ichii, K. Nasahara, and R. Suzuki (2023.1): Monitoring of land cover changes and plant phenology by remote-sensing in East Asia, *Ecological Research*, Vol 38, 111-133, 10.1111/1440-1703.12371
3. Nagai S., C. Katsumata, T. Miura, N. Tsutsumida, T. Ichie, A. Kotani, M. Nakagawa, L.K. Kho, H. Kobayashi, T. Kumagai, S. Tei, R.S. Pungga, T. Yamada, A. Kameda, M. Yanagisawa, K. N. Nasahara, H. Muraoka, K. Ichii, and Y. Tokumoto (2023.2): Improving the accuracy of plant phenology observations and land-cover and land-use detection by optical satellite remote-sensing in Asian tropics, *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 10.3389/ffgc.2023.1106723
4. Yuhei Yamamoto, Kazuhito Ichii, Youngryel Ryu, Minseok Kang, Shohei Murayama, Su-Jin Kim, and Jamie R Cleverly (2023.6): Detection of vegetation drying signals using diurnal variation of land surface temperature: Application to the 2018 East Asia heatwave, *Remote Sensing of Environment*, Vol 291, 113572, 10.1016/j.rse.2023.113572
5. Xinmin Zhang, Xintong Dong, Chuanqi Xu, Ruci Wang, Tiangui Lv, and Manjula Ranagalage (2023.2): Landscape ecological risk assessment in the Dongjiangyuan region, China, from 1985 to 2020 using geospatial techniques, *Geomatics Natural Hazards and Risk*, vol 14, no.1, 2173662, 10.1080/19475705.2023.2173662
6. Yuji Murayama, Ruci Wang (2022.10): 衛星画像データを用いた都市化の分析、エストレーラ、no.343 PP. 2-8, N/A

(Josaphat Tetuko Sri Sumantyo Laboratory)

1. Sudaryatno, S., Sumantyo, J., Purwanto, T., Hidayat, I., & Nasikha, M. (2022.8): Simulated Mitigation of Tsunami Disasters in the Coastal Area of Purworejo Regency, Central Java, Indonesia, *Indonesia. Forum Geografi.*, Vol.36, No.1, pp.54-65, 10.23917/forgeo.v36i1.16984
2. Noorlaila Hayati, Amien Widodo, Akbar Kurniawan, I Dewa Made Amertha Sanjiwani, Mohammad

Rohmaneo Darminto, Imam Satria Yudha, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (2022.8): Small baselines techniques of time series InSAR to monitor and predict land subsidence causing flood vulnerability in Sidoarjo, Indonesia, *Geomatics, Natural Hazards, and Risk*, Vol.13, No.1, pp.2124-2150, 10.1080/19475705.2022.2109518

3. Xuekang Liu, Steven Gao, Benito Sanz-Izquierdo, Haiwei Zhang, Lehu Wen, Wen Hu, Qi Luo, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, and Xue-Xia Yang (2022.12): A Mutual-Coupling-Suppressed Dual-Band Dual-Polarized Base Station Antenna Using Multiple Folded-Dipole Antenna, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol.70, No.12, pp.11582-11594, 10.1109/TAP.2022.3209177
4. Fathoni Usman, Nanda, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (2022.10): Prediction of Ground Surface Deformation Induced by Earthquake on Urban Area using Machine Learning, *Science and Technology Indonesia*, Vol.7, No.4, pp.435-442, 10.26554/sti.2022.7.4.435-442
5. Yuta Izumi, Wataru Takeuchi, Joko Widodo, Albertus Sulaiman, Awaluddin Awaluddin, Arif Aditiya, Pakhrur Razi, Titi Anggono, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (2022.11): Temporal Subset SBAS InSAR Approach for Tropical Peatland Surface Deformation Monitoring using Sentinel-1 Data, *Remote Sensing*, Vol.14, 5825, 10.3390/rs14225825
6. Hisato Kashihara, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Yuta Izumi, Koichi Ito, Steven Gao, and Kazuteru Namba (2023.2): X-Band Microstrip Array Antenna for UAV onboard Full Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol.71, No.2, pp.1943-1948, 10.1109/TAP.2022.3232745
7. Katsunoshin Nishi, Masaaki Kawai, Bowo Eko Cahyono, Mirza Muhammad Waqar, Kaori Nishi, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (2023.1): Consecutive DInSAR and well based on the law of material conservation between land surface pressure and ground water to observe land subsidence, *Geocarto International*, Vol.38, No.1, pp.1-20, 10.1080/10106049.2022.2159069
8. Dodi Sudiana, Anugrah Indah Lestari, Indra Riyanto, Mia Rizkinia, Rahmat Arief, Anton Satria Prabuwono, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (2023.1): A Hybrid Convolutional Neural Network and Random Forest for Burned Area Identification with Optical and Synthetic Aperture Radar (SAR) Data, *Remote Sensing*, Vol.15, No.3, 728, 10.3390/rs15030728

(入江仁士研究室)

1. Itahashi, S., H. Irie, H. Shimadera, and S. Chatani (2022.9): Fifteen-year trends (2005-2019) in the satellite-derived ozone-sensitive regime in East Asia: A gradual shift from VOC-sensitive to NO_x-sensitive, *Remote Sensing*, 14(18), 4512, 10.3390/rs14184512
2. Momoi, M., T. Nakajima, H. Irie, and M. Okata (2022.9): Efficient calculation of radiative intensity in three-dimensional atmospheres based on the Pn-IMS truncation method with a backward ray tracing system, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 293, 108369, 10.1016/j.jqsrt.2022.108369
3. Hoque, H. M. S., K. Sudo, H. Irie, A. Damiani, M. Naja, and A. M. Fatmi (2022.9): Multi-axis differential optical absorption spectroscopy (MAX-DOAS) observations of formaldehyde and nitrogen dioxide at three sites in Asia and comparison with the global chemistry transport model CHASER, *Atmos. Chem. Phys.*, 22(18), 12559-12589, 10.5194/acp-22-12559-2022
4. Damiani, A., H. Irie, D. A. Belikov, S. Kaizuka, H. M. S. Hoque, and R. R. Cordero (2022.9): Peculiar COVID-19 effects in the Greater Tokyo Area revealed by spatiotemporal variabilities of tropospheric gases and light-absorbing aerosols, *Atmos. Chem. Phys.*, 22(18), 12705-12726, 10.5194/acp-22-12705-2022
5. 小倉 和、小林 拓、比嘉紘士、入江仁士 (2022.11) : 吸収性エアロゾルを考慮した海色リモートセンシング大気補正アルゴリズムの改良、*土木学会論文集B2 (海岸工学)*、78, 2, 10.2208/kaigan.78.2_I_1039
6. Ohno T., H. Irie, M. Momoi, and A. M. da Silva (2022.11): Quantitative evaluation of mixed biomass burning and anthropogenic aerosols over the Indochina peninsula using MERRA-2 reanalysis products validated by sky radiometer and MAX-DOAS observations, *Progress in Earth and Planetary*, 9(1), 961, 10.1186/s40645-022-00520-4

(小槻峻司研究室／Mao OUYANG、塩尻大也)

1. 塩尻大也, 小槻峻司, 齋藤 匠, Mao OUYANG (2023.1): スパースセンサ位置最適化手法による効率的な雨量計配置手法の開発, 水工学論文集, vol.78 no.2 pp. 385-390, 10.2208/jscejhe.78.2_1_385
2. 藤村健介, 小槻峻司, 山田真史, 塩尻大也, 渡部哲史 (2023.1): 降雨流出氾濫モデルのアンサンブルデータ同化安定化に関する研究, 水工学論文集, vol.78 no.2 pp. 391-396, 10.2208/jscejhe.78.2_1_391
3. 齋藤 匠, 小槻峻司, Mao OUYANG, 塩尻大也 (2023.1): スパースセンサ最適化を用いた大次元力学系における有効な観測位置決定手法の開発, 水工学論文集, vol.78 no.2 pp. 409-414, 10.2208/jscejhe.78.2_1_409
4. Kotsuki, S., Miyoshi, T., Kondo K., and Potthast R. (2022.11): A Local Particle Filter and Its Gaussian Mixture Extension Implemented with Minor Modifications to the LETKF, Geoscientific Model Development, vol.15 pp. 8325-8348, 10.5194/gmd-15-8325-2022
5. Ouyang, M., Kotsuki, S., Ito, Y., and Tokunaga, T. (2022.11): Employment of hydraulic model and social media data for flood hazard assessment in an urban city, Journal of Hydrology: Regional Studies, vol.44 no.3 101261, 10.1016/j.ejrh.2022.101261
6. Momoi, M., Kotsuki, S., Kikuchi, R., Watanabe, S., Yamada, M., and Abe, S. (2023.1): Emulating rainfall-runoff-inundation model using deep neural network with dimensionality reduction, Artificial Intelligence for the Earth Systems, vol.2 pp. 1-25, 10.1175/AIES-D-22-0036.1
7. Kotsuki, S., Terasaki, K., Satoh, M., and Miyoshi, T. (2023.2): Ensemble-based Data Assimilation of GPM DPR Reflectivity: Cloud Microphysics Parameter Estimation with the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM), Journal of Geophysical Research Atmosphere, vol.128 e2022JD037447, 10.1029/2022JD037447

(本多嘉明、梶原康司研究室／平山英毅)

1. Takao Koyama, Takayuki Kaneko, Takao Ohminato, Atsushi Watanabe, Yoshiaki Honda, Takahiro Akiyama, Shinichi Tanaka, Marceau Gresse, Makoto Uyeshima, and Yuichi Morita (2022.8): Magnetization structure and its temporal change of Miyakejima volcano, Japan revealed by UAV aeromagnetic survey, Journal of Disaster Research, No.5, pp. 644-653, 10.20965/jdr.2022.p0644
2. T. Koyama, T. Kaneko, T. Ohminato, A. Yasuda, T. Ogawa, A. Watanabe, S. Sakashita, M. Takeo, T. Yanagisawa, Y. Honda, and K. Kajiwara (2022.5): An ultra-high-resolution autonomous uncrewed helicopter aeromagnetic survey in Izu-Oshima Island, Japan, Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol.425, Article 107527, 10.1016/j.jvolgeores.2022.107527
3. Takayuki Kaneko, Fukashi Maeno, Mie Ichihara, Atsushi Yasuda, Takao Ohminato, Kenji Nogami, Setsuya Nakada, Yoshiaki Honda, and Hiroshi Murakami (2022.12): Episode 4 (2019-2020) Nishinoshima activity: abrupt transitions in the eruptive style observed by image datasets from multiple satellites, Earth, Planets and Space, vol.74, No.34, 10.1186/s40623-022-01578-6
4. Ram C. Sharma, Hidetake Hirayama, Masatsugu Yasuda, Miki Asai, and Keitarou Hara (2022.5): Classification and Mapping of Plant Communities Using Multi-Temporal and Multi-Spectral Satellite Images, Journal of Geography and Geology, vol.14 No.1, pp. 43-57, 10.5539/jgg.v14n1p43

(樋口篤志研究室／竹中栄晶)

1. Suzuki, R. and A. Higuchi (2022.8): Vegetation response to soil moisture and groundwater in West-Central Africa revealed by satellite observations, Hydrological Sciences Journal, 67(8), 1153-1164, 10.1080/02626667.2022.2069502
2. 大槻真由, 樋口篤志, 広瀬民志 (2022.11): 我が国における降水量標高依存性とその地域性, 水文・水資源学会誌, 35(6), 376-390, 10.3178/jjshwr.35.1715
3. Iwase, O. and H. Takenaka (2022.7): New system designed for monitoring of solar radiation in urban areas, Energy Science & Engineering, Volume 10, Issue 9, Pages: 3471-3492, 10.1002/ese3.1233

(本郷千春研究室／眞子直弘)

1. Shuhei Yamamoto, Shuhei Nomoto, Naoyuki Hashimoto, Masayasu Maki, Chiharu Hongo, Tatsuhiko Shiraiwa and Koki Homma (2023.2): Monitoring Spatial and Time-Series Variations in Red Crown Rot

Damage of Soybean in Farmer Fields Based on UAV Remote Sensing, *Plant Production Science*, 26, 36-47, 10.1080/1343943X.2023.2178469

2. Yu Iwahashi, Gunardi Sigit, Budi Utoyo, Iskandar Lubis, Ahmad Junaedi, Bambang Hendro Trisasongko, I Made Anom Sutrisna Wijaya, Masayasu Maki, Chiharu Hongo and Koki Homma (2022.12): Drought Damage Assessment for Crop Insurance Based on Vegetation Index by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Multispectral Images of Paddy Fields in Indonesia, *Agriculture-Basel*, 13, 1, 10.3390/agriculture13010113
3. Muhamad Samsul Maarif, Baba Barus, La Ode Syamsul Iman, Wahyu Iskandar and Chiharu Hongo (2022.8): Spectral pattern analysis of rice varieties with proximal sensing method and sentinel-2 imagery, *Earth Environmental Science*, 1133, 012073, 10.1088/1755-1315/1133/1/012073
4. Yuki Sofue, Chiharu Hongo, Naohiro Manago, Gunardi Sigit, Koki Homma and Budi Utoyo (2022.7): Estimation of Rice Yield Considering Heading Stage Using Satellite Imagery and Ground-Based Data in Indonesia, *Journal of Agricultural Science*, Vol. 14, No. 8, 1-17, 10.5539/jas.v14n8p1

(齋藤尚子研究室／Belikov Dmitry)

1. D. Belikov, N. Saitoh, and P. K. Patra (2022.7): An analysis of inter-hemispheric transport pathways based on 3-dimensional methane data by GOSAT observations and model simulations, *J. Geophys. Res.*, 127, 14, 10.1029/2021JD035688
2. Aung Zaw Oo, Akinori Yamamoto, Keisuke Ono, Chellappan Umamageswari, Masayoshi Mano, Koothan Vanitha, Palanisamy Elayakumar, Shoji Matsuura, Kaliappan Sathiya Bama, Marimuthu Raju, Kazuyuki Inubushi, Shigeto Sudo, Naoko Saitoh, Sachiko Hayashida, Venkatachalam Ravi, and Vellaisamy Ambethgar (2022.9): Ecosystem carbon dioxide exchange and water use efficiency in a triple-cropping rice paddy in Southern India: A two-year field observation, *Sci. Total, Environ.*, 854, 158541, 10.1016/j.scitotenv.2022.158541
3. Jagat S. H. Bisht, Prabir K. Patra¹, Masayuki Takigawa, Takashi Sekiya, Yugo Kanaya, Naoko Saitoh, and Kazuyuki Miyazaki (2023.3): Estimation of CH₄ emission based on advanced 4D-LETKF 1 assimilation system, *Geosci. Model Dev.*, 16, 1823-1838, 10.5194/gmd-16-1823-2023
4. Labzovskii Lev D., Belikov Dmitry A., and Damiani Alessandro (2022.7): Spaceborne NO₂ observations are sensitive to coal mining and processing in the largest coal basin of Russia, *Scientific Reports*, vol.12, 12597-12608pp., 10.1038/s41598-022-16850-8
5. Labzovskii Lev D., Hey Joshua Vande, Romanov Aleksey A., Golovatina-Mora Polina, Belikov Dmitry A., Lashkari Azam, Kenea Samuel Takele, and Hekman Erik (2023.2): Who should measure air quality in modern cities? The example of decentralization of urban air quality monitoring in Krasnoyarsk (Siberia, Russia), *Environmental Science & Policy*, 140, vol.140, 93-103pp., 10.1016/j.envsci.2022.11.016

【総説・解説・著書等】

(市井和仁)

1. リモートセンシング事典：日本リモートセンシング学会編（丸善出版、2022年12月出版、978-4-621-30776-2）【総説】

(入江仁士)

1. リモートセンシング事典：日本リモートセンシング学会編（丸善出版、2022年12月出版）【総説】
2. 気象研究ノート「再生可能エネルギーの気象学」：入江仁士、小林隆久、大竹秀明（公益社団法人日本気象学会、2023年）【著書（共著）】

(本多嘉明)

1. 第III編空間情報技術の変遷「ドローン技術」：本多嘉明、鵜飼尚弘、遠藤貴宏、小栗幹一、渡邊 豊（日本写真測量学会・写真誌測量とリモートセンシング—空間情報の計測と利用—60周年記念誌、2022年11月出版、ISSN 0285-5844）【著書（共著）】

(樋口篤志)

1. 10.8 リモートセンシング：樋口篤志（照明学会誌、2022年9月出版）【解説】
2. 10-26 世界の気象衛星観測網：樋口篤志（リモートセンシング事典、日本リモートセンシング学会編、丸善出版、2022年10月出版、ISBN 978-4-621-30776-2）【総説】
3. 第17期 編集出版委員長の退任にあたって：樋口篤志（水文・水資源学会誌、2022年11月出版）【解説】

3.2. 学会・研究会での発表

【国際／国内会議】

(市井和仁)

1. Assessment of future carbon cycle of CMIP5 and CMIP6 Models in tropical forests; Taguchi T., K. Ichii: JpGU Meeting 2022、幕張メッセ、2022年5月26日（口頭発表）【国際】
2. Improvement of a diagnostic terrestrial model, BESS, based on multiple observation constraints and sequential optimization; Li J., K. Ichii: JpGU Meeting 2022、幕張メッセ、2022年5月31日（ポスター発表）【国際】
3. Impact of anomalous high temperature in the 2020 spring-summer season on terrestrial carbon cycle across Siberia; Ichii K., T. Taguchi, D. Belikov, Y. Yamamoto, P. Patra, S. Kotsuki, K. Suzuki, T. Hiyama: JpGU Meeting 2022、幕張メッセ、2022年6月3日（ポスター発表）【国際】
4. Refinement of a model for upscaling of soil respiration in Japan ; 山貫緋称、市井和仁、山本雄平、小槻峻司、孫 力飛、梁 乃申、寺本宗正、永野博彦、平野高司、高木健太郎、石田祐宣、高木正博、近藤俊明、小嵐 淳、安藤麻里子、高橋善幸：JpGU Meeting 2022、幕張メッセ、2022年6月3日（ポスター発表）【国内】
5. 中国地方の森林土壌におけるメタン吸収速度の空間変動要因；寺本宗正、梁 乃申、孫 力飛、近藤俊明、小嵐 淳、安藤麻里子、高木正博、山中典和、平野高司、高木健太郎、石田祐宣、市井和仁、高橋善幸、ホルチャ：JpGU Meeting 2022、幕張メッセ、2022年6月3日（ポスター発表）【国内】
6. Detection of heating and drying signals over terrestrial vegetation during the 2018 East Asia heat wave using Himawari-8/AHI land surface temperature data ; 山本雄平、市井和仁、村山昌平、Ryu Youngryel、Kang Minseok: AOGS 2022、オンライン、2022年8月4日（口頭発表）【国際】
7. An Inter-comparison Between Surface Reflectance Estimated by Himawari-8/AHI and MISR Surface Products for Terrestrial Monitoring Applications ; Zhang Beichen、Li Wei、山本雄平、楊 偉、市井和仁：AOGS 2022、オンライン、2022年8月4日（口頭発表）【国際】
8. Development of Land Surface Datasets Using Third Generation Geostationary Satellites by CEReS、Chiba University ; 市井和仁、山本雄平、Zhang Beichen、Li Wei、楊 偉、Wen Yueru、橋本達希：AOGS 2022、オンライン、2022年8月4日（口頭発表）【国際】
9. Analysis of Shadow Effect on Intra-daily Reflectance of Himawari-8/AHI Using LiDAR Point Cloud; Matsuoka M., H. Yoshioka, K. Obata, K. Ichii: AOGS 2022、オンライン、2022年8月4日（口頭発表）【国際】
10. Inter-comparison of Himawari-8 with MODIS for Tropical Vegetation Phenology Monitoring Over Malaysian Borneo; Miura T., S. Nagai, K. Ichii: AOGS 2022、オンライン、2022年8月4日（口頭発表）【国際】
11. Modelling diurnal gross primary production in the East Asia using Himawari-8 geostationary satellite data ; 山本雄平、市井和仁、村山昌平、Ryu Youngryel、Kang Minseok: AsiaFlux Conference 2022、サラワク州熱帯泥炭研究所（クチン）、2022年9月20日（口頭発表）【国際】
12. A new collaboration opportunity: Hyper-temporal terrestrial monitoring with new generation geostationary satellites; Ichii K., Y. Yamamoto, W. Yang, B. Zhang, W. Li, Y. Wen, T. Hashimoto: AsiaFlux Conference 2022、サラワク州熱帯泥炭研究所（クチン）、2022年9月20日（口頭発表）【国際】
13. TG3: The GEO Carbon and GHG Initiative: Toward policy-relevant global carbon cycle observation and analysis; Ichii K.: The 15th AOGEO Symposium、オンライン、2022年9月29日（口頭発表）【国際】
14. シベリア全域で発生した2020年の異常高温が陸域炭素循環に及ぼした影響；田口琢斗、市井和仁、山本雄平、Dmitry Belikov、小槻峻司、Prabir K. Patra、Naveen Chandra、鈴木和良、檜山哲哉：日本気象学会2022年度秋季大会、北海道大学、2022年10月26日（口頭発表）【国内】
15. ひまわり8号データを用いた光合成量推定モデルの検討；山本雄平、市井和仁、村山昌平、Ryu Youngryel、

- Kang Minseok : 日本気象学会2022年度秋季大会、北海道大学、2022年10月26日 (口頭発表) 【国内】
16. High Frequency Land Surface Temperature Observation over High Latitude Region using Multiple Satellite/Sensor Data ; Liu Zhiyan, 市井和仁、山本雄平、楊 偉、小林秀樹、植山雅仁 : 日本気象学会2022年度秋季大会、北海道大学、2022年10月28日 (口頭発表) 【国内】
 17. Himawari-8/AHIのオルソ補正 ; 松岡真如、吉岡博貴、市井和仁 : 日本写真測量学会 令和4年度秋季学術講演会、佐賀市「アバンセ」、2022年11月11日 (口頭発表) 【国内】
 18. ひまわり8号データを用いた地表面温度推定における不確実性の評価 ; 山本雄平、市井和仁、村山昌平、Ryu Youngryel, Kang Minseok : 日本リモートセンシング学会第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会、三重県総合文化センター、2022年11月30日 (口頭発表) 【国内】
 19. 静止気象衛星観測網を用いた超高頻度陸面モニタリングに向けて ; 市井和仁、山本雄平、楊 偉、樋口篤志、吉岡博貴、松岡真如、小畑建太、山本浩万 : 日本リモートセンシング学会第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会、三重県総合文化センター、2022年11月30日 (口頭発表) 【国内】
 20. Estimation and evaluation of surface reflectance of Himawari-8/AHI ; Li Wei, Zhang Beichen, 山本雄平、楊 偉、吉岡博貴、松岡真如、市井和仁 : 日本リモートセンシング学会第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会、三重県総合文化センター、2022年11月30日 (口頭発表) 【国内】
 21. Evaluation of Himawari-8/AHI surface reflectance using LEO sensors with off-nadir observation mode for terrestrial monitoring applications ; Zhang Beichen, Li Wei, 山本雄平、楊 偉、吉岡博貴、松岡真如、市井和仁 : 日本リモートセンシング学会第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会、三重県総合文化センター、2022年11月30日 (口頭発表) 【国内】
 22. 中央アジアの長期的な植生変動に対する気候のおよび非気象的影響 ; Xieaili Reyila, Zhang Beichen, 山本雄平、市井和仁 : 日本リモートセンシング学会第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会、三重県総合文化センター、2022年11月30日 (口頭発表) 【国内】
 23. 静止気象衛星ひまわり8号画像の多時期レジストレーション精度に関する予備的検討 ; 平間達也、島崎彦人、山本雄平、市井和仁 : 日本リモートセンシング学会第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会、三重県総合文化センター、2022年11月30日 (口頭発表) 【国内】
 24. Terrestrial vegetation monitoring using Himawari-8 hyper-temporal land surface temperature data ; 山本雄平、市井和仁、村山昌平、Ryu Youngryel, Kang Minseok, Kim Su-Jin : iLEAPS-Japan 研究集会2022、名古屋大学、2022年12月1日 (口頭発表) 【国内】
 25. Toward hyper-temporal terrestrial monitoring with new generation geostationary satellites ; 市井和仁、山本雄平、Zhang Beichen, Li Wei、楊 偉、樋口篤志、吉岡博貴、松岡真如、小畑建太、山本浩万 : iLEAPS-Japan 研究集会2022、名古屋大学、2022年12月1日 (口頭発表) 【国内】
 26. Generating a new land cover product across Siberia by fusing global land cover datasets ; Beak Munseon, Zhang Beichen, 市井和仁、山本雄平 : iLEAPS-Japan 研究集会2022、名古屋大学、2022年12月1日 (口頭発表) 【国内】
 27. An improved light-use efficiency model for estimating diurnal variation in gross primary production; 山本雄平、市井和仁、村山昌平、Ryu Youngryel, Kang Minseok, Kim Su-Jin: AGU Fall Meeting 2022, McCormick Place Convention Center (シカゴ)、2022年12月15日 (ポスター発表) 【国際】
 28. Verification of Estimated Surface Reflectance by Himawari-8 AHI Using Low Earth Orbit Satellite Data Toward Hyper-Temporal Monitoring of Vegetation; 市井和仁、Zhang Beichen, 山本雄平、Li Wei、楊 偉、Miura Tomoaki、吉岡博貴: AGU Fall Meeting 2022, McCormick Place Convention Center (シカゴ)、2022年12月15日 (口頭発表) 【国際】
 29. Monitoring seasonal variations in terrestrial vegetation activities across Southeast Asia using a geostationary satellite, Himawari-8; 市井和仁、山本雄平、Zhang Beichen, Li Wei, Miura Tomoaki: iLEAPS-OzFlux Joint Conference 2023, Auckland University of Technology, 2023年2月2日 (口頭発表) 【国際】
 30. Evaluation of Himawari-8/AHI surface reflectance products using LEO sensors with forward-backward observation mode for terrestrial monitoring applications; Zhang Beichen, 市井和仁、Li Wei, 山本雄平、楊 偉、吉岡博貴、松岡真如: iLEAPS-OzFlux Joint Conference 2023, Auckland University of Technology, 2023年2月3日 (口頭発表) 【国際】
 31. A New Collaboration Opportunity on Hyper-Temporal Monitoring of Terrestrial Vegetation by New Geostationary Satellites and Flux Observation; Kazuhito Ichii: ChinaFlux 20th Anniversary

- Conference, Chinese Academy of Science, Beijing, 2023年2月16日 (招待講演)【国際】
32. フラックス観測と衛星観測を利用した広域推定研究の進捗について；市井和仁：陸域モニタリング研究集会、国立環境研究所、2023年3月7日 (口頭発表)【国内】
 33. 放射性炭素で見る土壌炭素動態；小嵐 淳、安藤麻里子、梁 乃申、近藤俊明、高木健太郎、平野高司、高木正博、石田祐宣、寺本宗正、永野博彦、市井和仁、石塚成宏、平舘俊太郎、伊藤雅之、孫 力飛、國分陽子、藤田奈津子：日本生態学会第70回全国大会、オンライン、2023年3月19日 (口頭発表)【国内】
 34. 土壌呼吸の広域推定の現状；山貫緋称、市井和仁、山本雄平、小槻峻司、寺本宗正、孫 力飛、永野博彦、平野高司、高木健太郎、石田祐宣、高木正博、安立美奈子、近藤俊明、小嵐淳、安藤麻里子、高橋善幸、梁乃申：日本生態学会第70回全国大会、オンライン、2023年3月19日 (口頭発表)【国内】
 35. モンスーンアジア域における土壌温室効果ガスフラックスに関する研究の課題と展望；梁 乃申、高木健太郎、平野高司、石田祐宣、近藤俊明、小嵐 淳、安藤麻里子、寺本宗正、高木正博、市井和仁、山貫緋称、ZHANG Yiping、LAIDerrick Y.F、CHIANGPo-Neng、孫 力飛、高橋善幸、曾 継業、MOHTIAzian：日本生態学会第70回全国大会、オンライン、2023年3月19日 (口頭発表)【国内】

(Josaphat Tetuko Sri Sumantyo)

1. SAR Image Processing and Applications for Disaster Monitoring; Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Summer School - Kuliah Umum Penginderaan Jarak Jauh untuk Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2022年4月18日 (招待講演)【国内】
2. Aplikasi Penginderaan Jauh SAR dan Optic Resolusi Menengah untuk Deteksi Serangan Ganoderma Pada Penyakit Kelapa Sawit Menggunakan Metode Machine Learning (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Pusat Riset Penginderaan Jauh (PRPJ), Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa (ORPA), BRIN, Jakarta, Indonesia, 2022年5月18日 (招待講演)【国内】
3. Melangkah Maju Membangun Negeri di Era Normal Baru (Scientific Oration); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Institut Teknologi Telkom Purwokerto (ITTP), Purwokerto, Indonesia, 2022年5月31日 (招待講演)【国内】
4. Altering The Better World with Innovative Technology and Science (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Technology & Science in Life (TSL), Faculty of Engineering, President University, Jakarta, Indonesia, 2022年6月12日 (招待講演)【国内】
5. Estimasi dan Klasifikasi Umur/Fase Pertumbuhan Padi dan Non Padi di Lahan Sawah menggunakan Data Radar (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Focus Group Discussion (FGD), Pusat Riset Penginderaan Jauh (PRPJ), Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa (ORPA), BRIN, Jakarta, Indonesia, 2022年6月15日 (招待講演)【国内】
6. The Hardware, Software and Software Designed Components of the SAR Payload and Satellite (Lecturer); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Summer School on Planning and Designing a SAR Remote Sensing Satellite, IEEE AESS/GRSS Chapter, Indonesia Section, Jakarta, Indonesia, 2022年6月17日 (招待講演)【国際】
7. Intern Networking and Career Building (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Telkom Manager Workshop, Jakarta, Indonesia, 2022年6月20日 (招待講演)【国内】
8. Outer Networking and Career Building (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Batch #2 Telkom Manager Workshop, Jakarta, Indonesia, 2022年6月22日 (招待講演)【国内】
9. Outer Networking and Career Building (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Batch #3 Telkom Manager Workshop, Jakarta, Indonesia, 2022年6月23日 (招待講演)【国内】
10. Teknologi Akuisisi Data Penginderaan Jauh (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Pusat Riset Penginderaan Jauh, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jakarta, Indonesia, 2022年6月24日 (招待講演)【国内】
11. Teknologi Penginderaan Jauh, Kunci Indonesia untuk Memimpin Dunia (Scientific Oration); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia, 2022年7月4日 (招待講演)【国内】
12. X Band Microstrip Sub-Array Antenna for Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar onboard UAV; Hisato Kashihara and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: IEEE The International Geoscience and Remote

- Sensing Symposium (IGARSS 2022), Kuala Lumpur, Malaysia, 2022年7月18日 (口頭発表)【国際】
13. Development of Radome for Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (Invited presenter); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: MO7.V17: UAV Future Technology and Applications (Invited Session), IEEE The International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2022), Kuala Lumpur, Malaysia, 2022年7月18日 (招待講演)【国際】
 14. X Band Microstrip Sub-Array Antenna for Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar onboard UAV (Invited presenter); Hisato Kashihara and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: MO7.V17: UAV Future Technology and Applications (Invited Session), IEEE The International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2022), Kuala Lumpur, Malaysia, 2022年7月18日 (口頭発表)【国際】
 15. A 3-year Tropical Peatland Subsidence Time-Series Derived by Sentinel-1: A Case Study of The Kalimantan; Yuta Izumi, Wataru Takeuchi, Joko Widodo, Albertus Sulaiman, Awaluddin Awaluddin, Titi Anggono, Arif Aditiya, Pakhrur Razi, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: IEEE The International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2022), Kuala Lumpur, Malaysia, 2022年7月21日 (口頭発表)【国際】
 16. Calibration of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar; Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: IEEE The International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2022), Kuala Lumpur, Malaysia, 2022年7月21日 (口頭発表)【国際】
 17. Reviewing Process of Peer-Reviewed-Paper and Patent (Invited Speaker); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Institut Teknologi Telkom Jakarta, Jakarta, Indonesia, 2022年7月23日 (招待講演)【国内】
 18. From A to Z on Development of UAV and Aircraft onboard Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (Tutorial); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: IEEE Geoscience and Remote Sensing, Instrumentation and Future Technology Technical Committee, New York, USA, 2022年8月4日 (招待講演)【国際】
 19. Being a Leader in International Stage (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Lead The Fest, Pemimpin.id, Jakarta, Indonesia, 2022年8月12日 (招待講演)【国内】
 20. Development of Smart and Precision Agriculture for Global Climate Change and Industrial Era 4.0 (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Lokakarya Pertanian, Universitas Gunadarma, Jakarta, Indonesia, 2022年8月19日 (招待講演)【国内】
 21. Pengembangan Roadmap Penelitian Kelompok Kajian (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Program Studi Pendidikan Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo, Sukoharjo, Indonesia, 2022年8月19日 (招待講演)【国内】
 22. Image Processing of Spaceborne Synthetic Aperture Radar: From Basic to Applications (Lecturer); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Forum Cendikia Dunia 2022, Osaka, Japan, 2022年8月28日 (招待講演)【国際】
 23. Advanced Microwave Remote Sensing for Disaster Monitoring (Keynote Speak); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Vocational School, Diponegoro University, Semarang, Indonesia, 2022年9月5日 (招待講演)【国内】
 24. Advanced Microwave Remote Sensing and Applications (Keynote Speak); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Department of Geomatics, World Class Professor Program, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2022年9月14日 (招待講演)【国内】
 25. Advance Technology of Remote Sensing and Its Applications for Humanity (Keynote Speak); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Postgraduate of Environment, Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia, 2022年9月19日 (招待講演)【国内】
 26. Polarimetric Synthetic Aperture Radar (PolSAR) and Applications (Tutorial); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Department of Geomatics, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia, 2022年9月20日 (招待講演)【国内】
 27. Teknologi Penginderaan Jauh, Kunci Indonesia untuk Memimpin Dunia (Invited Lecture); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Madrasah Aliyah Negeri 2 Kota Malang, Malang, Indonesia, 2022年9月21日 (招待講演)【国内】
 28. Innovative on Green and Digital Technology: Microwave Remote Sensing for Disaster and Environmental Observation (Keynote Speak); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Universitas Dian

- Nusantara Dies Natalis, Yogyakarta, Indonesia, 2022年9月21日 (招待講演) 【国内】
29. Advanced Microwave Remote Sensing and Applications (Invited Speak); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Indonesian Scholar Scientific Summit 2022 (ICONSEE 2022), Taipei, Taiwan, 2022年9月25日 (招待講演) 【国際】
 30. Building Excellent, Creative, Innovative Scientists with an International Reputation (Keynote Speak); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Dies Natalis 26 FMIPA Universitas Sebelas Maret, Solo, Indonesia, 2022年10月3日 (招待講演) 【国内】
 31. Development of Airborne Microwave Remoted Sensor and The Applications (Invited Speaker); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE 2022), Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia, 2022年10月5日 (招待講演) 【国際】
 32. Monitoring of Coastal Region using Airborne and Spaceborne Synthetic Aperture Radar (Invited Speaker); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: The 2nd International Workshop on Oceanography of the Indonesian Seas (IWOIS 20022), Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia, 2022年10月8日 (招待講演) 【国際】
 33. Polarimetric Synthetic Aperture Radar and Application (Invited Lecture); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: SEMINAR SENIN DEPARTEMEN FISIKA FSAD ITS SEMESTER GASAL 2022/2023, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia, 2022年10月10日 (招待講演) 【国内】
 34. Development of Multi-Platform Microwave Remoted Sensors and The Applications (Invited Lecture); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Environmental Remote Sensing, Urban and Regional Scientific Forum: International Lectures Series 2022, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2022年11月7日 (招待講演) 【国際】
 35. Kemandirian Teknologi Elektronik Avionik Nasional: Multi-Platform Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Seminar Nasional Universitas Komodor Suryadarma, Jakarta, Indonesia, 2022年11月8日 (招待講演) 【国内】
 36. Development of CP-SAR Image Processing System using High-Level Synthesis; Takumi Aoyama, Kazuteru Namba, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: IEICE Technical Committee on Space, Aeronautical and Navigational Electronics (SANE), Chiba, Japan, 2022年11月10日 (口頭発表) 【国内】
 37. Pengembangan Teknologi Microwave untuk Keamanan Lingkungan Penerbangan berbasis Drone, Pesawat, dan Satelit (Keynote Speaker); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Seminar Nasional Vokasi Penerbangan (SNVP 2022), Politeknik Penerbangan Indonesia, Tangerang, Indonesia, 2022年11月10日 (招待講演) 【国内】
 38. Image Processing of Spaceborne Synthetic Aperture Radar: From Basic to Applications (Invited Lecture); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Universitas Sultan Ageng Tirtawangsa, PKK program Visiting Lecturer practitioner and industry, Cilegon, Indonesia, 2022年11月14日 (招待講演) 【国内】
 39. Multi-Platform Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar: Kemandirian Teknologi Penginderaan Jauh Nasional (Keynote Speaker); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: The 10th Applied Business and Engineering Conference (ABEC 2022), Padang, Indonesia, 2022年11月17日 (招待講演) 【国際】
 40. Innovation in Drone, Airborne, and Spaceborne Synthetic Aperture Radar for Smart Agriculture (Keynote Speaker); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: The 3rd International Conference on Smart and Innovative Agriculture (ICoSIA 2022), Yogyakarta, Indonesia, 2022年11月22日 (招待講演) 【国際】
 41. Geospatial Technology Improvement for Post-covid Recovery Acceleration: Innovation in Remote Sensed Technology for Environmental and Disaster Observation (Keynote Speaker); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: The 8th International Summit on Science, Engineering, and Humanity (the 8th ISETH), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo, Indonesia, 2022年12月5日 (招待講演) 【国際】
 42. Time Series Land Subsidence Analysis Based on Persistent Scattered Interferometric Synthetic Aperture Radar Method of Jakarta City Region Using Terra SAR X Spaceborne Data; Joko Widodo, Rahmat Arief, Galih Prasetya Dinanta, Nugraheni Setyaningrum, Andie Setiyoko, Ahmad Pratama Putra, Aulia Oktaviani, Wisyanto, Eko Widi Santoso, Nur Hidayat, Awalludin, Farohaji Kurniawan, Mulyo Harris Pradono, Pakhrur Razi, Yuta Izumi, and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: The 11nd International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET),

Bandung, Indonesia、2022年12月6日（口頭発表）【国際】

43. Development of Advanced Remote Sensors to Support Digital Markets: Innovation in Drone, Airborne, and Spaceborne Synthetic Aperture Radar for Environmental and Disaster Observation (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: ITDRI Conference Festival (ITDRI ConFes)、Jakarta, Indonesia、2022年12月7日（招待講演）【国内】
44. Be The Game Changer for 2023 (Invited Talk); Josaphat Tetuko Sri Sumantyo: Unleash Your Potential, Ideas Consulting、Jakarta, Indonesia、2023年1月7日招待講演【国内】

(入江仁士)

1. Analysis of the impact of climate change on transboundary air pollution aerosol over Eastern Asia based on observational data; Ying Cai, Hitoshi Irie, Alessandro Damiani, Syuichi Itahashi, Toshihiko Takemura: 日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ（千葉県千葉市）、2022年5月25日（口頭発表）【国際】
2. Examination of a method to detect nitrogen oxides originated from lightning by the combined use of ground-based and satellite remote sensing; Fujii, Y., and H. Irie: 日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ（千葉県千葉市）、2022年5月27日（口頭発表）【国際】
3. Relationships of PM2.5 and BC mass concentrations with optical properties derived from simultaneous skyradiometer/MAX-DOAS observations from continuous observations at Chiba and Fukue in 2019-2020; Kaizuka, S, H. Irie, A. Damiani, T. Takamura, Y. Kanaya, T. Nakayama: 日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ（千葉県千葉市）、2022年5月27日（口頭発表）【国際】
4. Evaluation of SGLI cloud products using SKYNET surface observation data; Pradeep Khatri, Tadahiro Hayasaka, Hitoshi Irie, Husi Letu, Takashi Y. Nakajima, Hiroshi Ishimoto, and Tamio Takamura: 日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ（千葉県千葉市）、2022年5月27日（口頭発表）【国際】
5. 長期衛星計測を活用した東アジア域のオゾン感度レジームの推移; 板橋秀一、入江仁士、嶋寺 光、茶谷 聡: 第63回大気環境学会年会、大阪公立大学（大阪府大阪市）、2022年9月16日（口頭発表）【国内】
6. 首都圏における大気中の二酸化炭素の濃度変動とその要因解明; 野本真孝、入江仁士: 第27回大気化学討論会、つくば国際会議場（茨城県つくば市）、2022年11月16日（口頭発表）【国内】
7. 地上と衛星リモートセンシングを複合利用した雷起源窒素酸化物の検出方法の検討; 藤井雪乃、入江仁士: 第27回大気化学討論会、つくば国際会議場（茨城県つくば市）、2022年11月16日（口頭発表）【国内】
8. skyradiometer/MAX-DOASの同時観測から得られたエアロゾル光学特性とPM2.5およびBCの質量濃度との関係-2019-2021年の千葉・福江での連続観測から-; 海塚収英、入江仁士、Alessandro Damiani、高村民雄、金谷有剛、中山智喜: 第27回大気化学討論会、つくば国際会議場（茨城県つくば市）、2022年11月16日（口頭発表）【国内】
9. スカイラジオメーターの長期観測による東アジア域の炭素性エアロゾルAAODの推定; 大野 健、入江仁士、山口航大、Alessandro Damiani: 第27回大気化学討論会、つくば国際会議場（茨城県つくば市）、2022年11月17日（口頭発表）【国内】
10. MAX-DOAS法を用いた日本の大気境界層中の二酸化硫黄濃度の要因解明; 米谷颯太、入江仁士: 第27回大気化学討論会、つくば国際会議場（茨城県つくば市）、2022年11月17日（口頭発表）【国内】
11. SKYNETデータを用いたHimawari-8 AHIエアロゾルプロダクト検証; 山本浩万、入江仁士: 第25回環境リモートセンシングシンポジウム、千葉大学けやき会館（千葉県千葉市）、2023年2月16日（口頭発表）【国内】
12. SKYNETの観測資料を用いたひまわり8号とGCOM-C観測の雲相および雲特性の精度評価; Pradeep Khatri、入江仁士: 第25回環境リモートセンシングシンポジウム、千葉大学けやき会館（千葉県千葉市）、2023年2月16日（口頭発表）【国内】
13. 宇宙からのリモートセンシングによる地球惑星大気環境の研究; 野口克行、入江仁士: 第25回環境リモートセンシングシンポジウム、千葉大学けやき会館（千葉県千葉市）、2023年2月16日（口頭発表）【国内】
14. カメラ画像、環境化学センサー及び深層学習による新しい展開; 境野英朋、入江仁士: 第25回環境リモートセンシングシンポジウム、千葉大学けやき会館（千葉県千葉市）、2023年2月16日（口頭発表）【国内】
15. 福岡・佐賀広域で観測された近年例を見ない二酸化硫黄 (SO₂) 高濃度事例; 高島久洋、米谷颯太、乙部直人: 第25回環境リモートセンシングシンポジウム、千葉大学けやき会館（千葉県千葉市）、2023年2月16日（ポスター発表）【国内】
16. Coherence of Sentinel-5p Tropospheric NO₂ columns validation using MAXDOAS and Direct-Sun

- Measurements; Pinardi, G., S. Compernelle, T. Verhoelst, M. Van Roozendaal, F. Hendrick, H. Eskes, A. Cede, M. Tiefengraber, A. Richter, A. PETERS, T. Wagner, S. Donner, J. Remmers, A. Bais, H. Irie, Y. Kanaya, M. Grutter, C. Rivera, and S. Niemeijer: Sentinel-5P Mission: 5 years anniversary, Taormina (Sicily, Italy), October 10-14, 2022 (口頭発表)【国際】
17. Evaluation of GEMS glyoxal vertical column densities; Ha, E. S., R. J. Park, H.-A. Kwon, G. Lee, S. D. Lee, D.-W. Lee, H. Hong, C. Lerot, and H. Irie: Sentinel-5P Mission: 5 years anniversary, Taormina (Sicily, Italy), October 10-14, 2022 (ポスター発表)【国際】
 18. Promotion of applied researches with GCOM-C atmosphere products by precise validation utilizing SKYNET and A-SKY international ground-based remote sensing observation networks; Irie, H.: Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission, TKP Nihonbashi (Tokyo, Japan), 2022年11月7日 (口頭発表)【国際】
 19. Promotion of applied researches with GCOM-C atmosphere products by precise validation utilizing SKYNET and A-SKY international ground-based remote sensing observation networks; Irie, H.: Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission, TKP Nihonbashi (Tokyo, Japan), 2022年11月7日 (ポスター発表)【国際】
 20. Quality assessment of cloud properties observed by SGLI/GCOM-C; Katri, P., T. Hayasaka, and Irie, H.: Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission, TKP Nihonbashi (Tokyo, Japan), 2022年11月7日 (口頭発表)【国際】
 21. PBL Atmospheric Composition Observation Capabilities by the International Air Quality and Sky Research Remote Sensing (A-SKY) Network; Irie, H., A. Damiani, T. Ohno, S. Kaizuka, T. Takemura, P. Khatri, T. Jarupongsakul, M. Naja, and S.-W. Kim: The 13th International GEMS workshop, Royal Hotel Seoul (Seoul, Korea), 2022年11月10日 (口頭発表)【国際】
 22. Trace gases measurement from MAX-DOAS, TROPOMI, and GOME-2 over the Himalayan foothills: Satellite Assessment and Source Attribution; Rawat, P., M. Naja, and Irie, H.: The 13th International GEMS workshop, Royal Hotel Seoul (Seoul, Korea), 2022年11月10日 (口頭発表)【国際】
 23. Cloud remote sensing from surface using spectral zenith radiances: Method, satellite product validation; Khatri, P., T. Hayasaka, H. Iwabuchi, H. Irie, H. Ishimoto, H. Letu, T. Y. Nakajima, A. Yamazaki, T. Takamura, A. Damiani, and Q. Kai: AGU Fall Meeting, McCormick Place Convention Center (Chicago, USA), December 12-16, 2022 (口頭発表)【国際】
 24. Relationships of PM_{2.5} and BC mass concentrations with optical properties derived from simultaneous skyradiometer/MAX-DOAS observations: from continuous observations at Chiba and Fukue in 2019-2020; Kaizuka, S., H. Irie, A. Damiani, T. Takamura, Y. Kanaya, and T. Nakayama: AGU Fall Meeting, McCormick Place Convention Center (Chicago, USA), December 12-16, 2022 (ポスター発表)【国際】
 25. Estimation of carbonaceous aerosol AAOD from long-term sky radiometer observations and validation of MERRA-2 reanalysis data; Ohno, T., H. Irie, K. Yamaguchi, and A. Damiani: AGU Fall Meeting, McCormick Place Convention Center (Chicago, USA), December 12-16, 2022 (ポスター発表)【国際】
 26. Evaluation of the aerosol effect on the surface reflectance retrieval using Himawari-8 AHI images over land; Yamamoto H., and H. Irie: AGU Fall Meeting, McCormick Place Convention Center (Chicago, USA), December 12-16, 2022 (口頭発表)【国際】
 27. Evaluation of MAX-DOAS observations of near-surface water vapor in Tsukuba, Japan from 2011 to 2021; Kamei K., and H. Irie: AGU Fall Meeting, McCormick Place Convention Center (Chicago, USA), December 12-16, 2022 (ポスター発表)【国際】
 28. PBL Atmospheric Composition Observation Capabilities by the International Air Quality and Sky Research Remote Sensing (A-SKY) Network; Irie, H., A. Damiani, T. Ohno, S. Kaizuka, T. Takemura, P. Khatri, T. Jarupongsakul, M. Naja, and S.-W. Kim: AGU Fall Meeting, McCormick Place Convention Center (Chicago, USA), December 12-16, 2022 (口頭発表)【国際】

(小槻峻司)

1. Sparse sensor placement applied to numerical weather prediction: Experiments with a simplified AGCM; Ouyang, M., and Kotsuki, S.: Japan Geoscience Union Meeting 2022, オンライン, 2022年5月22日 - 6月3日 (招待講演)【国際】

2. A Multi-scale Localization for the Local Ensemble Transform Kalman Filter with Attenuation of Ensemble Perturbation; Kotsuki, S., and Bishop, C.: Japan Geoscience Union Meeting 2022、オンライン、2022年5月22日－6月3日（口頭発表）【国際】
3. A Multi-scale Localization for the Local Ensemble Transform Kalman Filter with Attenuation of Ensemble Perturbation; Kotsuki, S., and Bishop, C.: Asia Oceania Geosciences Society 2022、オンライン、2022年8月1－5日（口頭発表）【国際】
4. Optimizing mobile observing placements for numerical weather prediction: Idealized experiments with a simplified AGCM; Kotsuki, S., and Ouyang, M.: Asia Oceania Geosciences Society 2022、オンライン、2022年8月1－5日（招待講演）【国際】
5. データ同化と大規模数値シミュレーションで切り開く豪雨・洪水予測研究；小槻峻司：水工学オンライン連続講演会、オンライン、2022年4月20日（招待講演）【国内】
6. 気象制御のための制御容易性・被害低減効果の定量化；小槻峻司：ムーンショット目標8キックオフシンポジウム、東京/オンライン、2022年6月16日（口頭発表）【国内】
7. Development of Portable Ensemble Data Assimilation Algorithm For Land, Atmosphere and, Coupled Data Assimilation; Kotsuki, S.: 2nd annual workshop 'New Directions in Land Data Assimilation'、オンライン、2022年6月13－15日（口頭発表）【国際】
8. Impact of uncertainties in meteorological forcing data on global estimates of monthly mean soil moisture and runoff; Ouyang, M., Shiojiri, D., and Kotsuki, S.: 2nd annual workshop 'New Directions in Land Data Assimilation'、オンライン、2022年6月13－15日（ポスター発表）【国際】
9. Optimizing rain gauge locations based on data-driven sparse sensor placement; Shiojiri, D., Saito, T., Ouyang, M., and Kotsuki, S.: 2nd annual workshop 'New Directions in Land Data Assimilation'、オンライン、2022年6月13－15日（口頭発表）【国際】
10. 衛星ビッグデータとデータサイエンスによる災害予測研究；塩尻大也，小槻峻司：第1回日本科学振興協会総会・キックオフミーティング、東京国際交流館プラザ平成、2022年6月18－24日（ポスター発表）【国内】
11. 「観測の価値」を最大化するデータ同化・予測手法の開発；小槻峻司：DNA気候学 雲解像気候学セミナー、オンライン、2022年7月19日（招待講演）【国内】
12. 大規模数値シミュレーションで切り開く豪雨・洪水予測研究；小槻峻司：第35回JST数学キャラバンin京都、オンライン、2022年7月29日（招待講演）【国内】
13. 「観測の価値」を最大化するデータ同化・予測手法の開発；小槻峻司：異分野融合研究セミナー、オンライン、2022年7月19日（招待講演）【国内】
14. 衛星ビッグデータとデータサイエンスの統合による地球環境・災害予測研究の新展開；小槻峻司：国際高等研究基幹 (IAAR) キックオフシンポジウム、千葉大学西千葉キャンパス けやき会館、2022年7月27日（口頭発表）【国内】
15. 気象制御の実現に向けた制御容易性・被害低減効果の定量化に関する初期検討；小槻峻司，Ouyang Mao，岡崎淳史，徳田慶太，小林亮太，小蔵正輝，薄 良彦，井元佑介，山田進二：水文・水資源学会/日本水文科学会 2022年度研究発表会、京都大学宇治おうばくプラザ、2022年9月4－7日（口頭発表）【国内】
16. スパースセンサ位置最適化手法を活用した効率的な雨量計位置決定；塩尻大也，齋藤 匠，欧陽 懋，小槻峻司：水文・水資源学会/日本水文科学会 2022年度研究発表会、京都大学宇治おうばくプラザ、2022年9月4－7日（口頭発表）【国内】
17. 気象制御に向けた制御容易性・被害低減効果の定量化研究；小槻峻司：防災学術連携体・特別シンポジウム「自然災害を取り巻く環境の変化」、オンライン、2022年10月22日（口頭発表）【国内】
18. Combining Data Assimilation and Sparse Sensing Placement Method For Designing Better Observing Networks; Kotsuki, S., Ouyang, M., Saito, T., and Shiojiri, D.: RIKEN Data Assimilation Seminar、オンライン、2022年9月14日（招待講演）【国際】
19. 気象制御社会の実現に向けた数理的課題の問題定義；小槻峻司：第6回JST数学領域未解決問題ワークショップ、札幌、2022年9月23－25日（口頭発表）【国内】
20. A World Beyond Predictions：気象制御実現への挑戦；小槻峻司：千葉大学/株式会社リコー包括連携第二回包括連携協議会（講演会）、オンライン、2022年10月5日（招待講演）【国内】
21. Understanding control system experiment with covariant Lyapunov, singular, and bred vectors in Lorenz's three variable model; Ouyang, M., Tokuda, K., and Kotsuki, S.: AMS Annual Meeting, Colorado Convention Center, Denver/Online、2023年1月8－12日（口頭発表）【国際】

22. Improving Global Precipitation Estimates by Hydrological Land Data Assimilation; Kotsuki, S., Shiojiri, D., Ouyang, M., Muto, Y., and Kanemaru, K.: AMS Annual Meeting, Colorado Convention Center, Denver/Online, 2023年1月8 – 12日 (招待講演)【国際】
23. Improving the stability of the Local Particle Filter and Its Gaussian Mixture Extension: Experiments with an Intermediate AGCM; Kotsuki, S., and Oishi, K.: AMS Annual Meeting, Colorado Convention Center, Denver/Online, 2023年1月8 – 12日 (口頭発表)【国際】
24. A parameter estimation experiment with a global land data assimilation system based on Integrated Land Simulator; Ouyang, M., Shiojiri, D., and Kotsuki, S.: AMS Annual Meeting, Colorado Convention Center, Denver/Online, 2023年1月8 – 12日 (ポスター発表)【国際】
25. Investigating appropriate inflation methods for hydrological land data assimilation; Shiojiri, D., Ouyang, M., and Kotsuki, S.: AMS Annual Meeting, Colorado Convention Center, Denver/Online, 2023年1月8 – 12日 (ポスター発表)【国際】
26. スパースセンサ位置最適化手法による効率的な雨量計配置手法の開発; 塩尻大也, 小槻峻司, 齋藤 匠, OUYANG Mao: 第67回水工学講演会, 松山市総合コミュニティセンター, 2022年11月23–25日 (口頭発表)【国内】
27. 降雨流出氾濫モデルのアンサンブルデータ同化安定化に関する研究; 藤村健介, 小槻峻司, 山田真史, 塩尻大也, 渡部哲史: 第67回水工学講演会, 松山市総合コミュニティセンター, 2022年11月23–25日 (口頭発表)【国内】
28. スパースセンサ最適化を用いた大次元力学系における有効な観測位置決定手法の開発; 齋藤 匠, 小槻峻司, OUYANG Mao, 塩尻大也: 第67回水工学講演会, 松山市総合コミュニティセンター, 2022年11月23–25日 (口頭発表)【国内】
29. Improvement of GSMAp_MWR by CDF matching with GPM/DPR observations; Muto, Y., Kotsuki, S., and Kanemaru K.: The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2022, TKP 東京駅日本橋カンファレンスセンター, 2022年11月7 – 11日 (ポスター発表)【国際】
30. Developing a land data assimilation system ILS-LETKF; Shiojiri, D., Kotsuki, S., and Ouyang, M.: The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2022, TKP 東京駅日本橋カンファレンスセンター, 2022年11月7 – 11日 (ポスター発表)【国際】
31. 数理解構を活用した気象制御研究への展開; 小槻峻司: さきがけ数理解構活用領域・領域会議, 岡山市リーセントカルチャーホテル岡山, 2023年2月11日 (口頭発表)【国内】
32. 陸面データ同化システム ILS-LETKF による土壌水分量の同化実験; 塩尻大也, 小槻峻司, Mao OUYANG: 第13回データ同化ワークショップ, 理化学研究所計算科学研究センター, 2023年2月16日 (ポスター発表)【国内】
33. Sinkhorn アルゴリズムを用いた局所粒子フィルタの高速化と力学的な一貫性の調査; 大石 健, 小槻峻司: 第13回データ同化ワークショップ, 理化学研究所計算科学研究センター, 2023年2月16日 (ポスター発表)【国内】
34. リザーブコンピューティングを用いたハイブリッドアンサンブルデータ同化手法の改善; 大瀧貴也, 小槻峻司: 第13回データ同化ワークショップ, 理化学研究所計算科学研究センター, 2023年2月16日 (ポスター発表)【国内】
35. 大次元力学系における有効な観測位置決定手法の開発; 齋藤 匠, 小槻峻司, Mao OUYANG, 塩尻大也: 第13回データ同化ワークショップ, 理化学研究所計算科学研究センター, 2023年2月16日 (ポスター発表)【国内】
36. アンサンブルカルマンフィルタによる河川水位予報精度の改善; 藤村健介, 小槻峻司, 山田真史, 塩尻大也, 渡部哲史: 第13回データ同化ワークショップ, 理化学研究所計算科学研究センター, 2023年2月16日 (ポスター発表)【国内】
37. モデル予測制御による Lorenz モデルの制御実験; 河崎文俊, 小槻峻司, Mao OUYANG: 第13回データ同化ワークショップ, 理化学研究所計算科学研究センター, 2023年2月16日 (ポスター発表)【国内】
38. A World Beyond Predictions: 気象制御実現への挑戦; 小槻峻司: 第25回環境リモートセンシングシンポジウム, 千葉大学けやき会館/Online, 2023年2月16日 (口頭発表)【国内】
39. データサイエンス技術による全球降水量プロダクトの高度化; 武藤裕花, 小槻峻司, 金丸佳矢, 船富卓哉: 第25回環境リモートセンシングシンポジウム, 千葉大学けやき会館/Online, 2023年2月16日 (ポスター発表)【国内】

40. Investigating appropriate inflation methods for soil moisture data assimilation; Shiojiri, D., Kotsuki, S., and Ouyang, M.: Town Hall on Ensemble Methods for Land Data Assimilation、オンライン、2023年2月28日－3月1日（ポスター発表）【国際】
41. Estimating the global precipitation from gauge observations using the Local Ensemble Transform Kalman Filter; Muto, Y., and Kotsuki, S.: Town Hall on Ensemble Methods for Land Data Assimilation、オンライン、2023年2月28日－3月1日（ポスター発表）【国際】
42. Seeking optimal observation locations in data assimilation by sparse sensor placement; Ouyang, M., and Kotsuki, S.: Town Hall on Ensemble Methods for Land Data Assimilation、オンライン、2023年2月28日－3月1日（ポスター発表）【国際】
43. A World Beyond Predictions：気象制御実現への挑戦；小槻峻司：災害治療学研究所第2回ワークショップ、医学総合研究棟会議室1／Online、2023年3月1日（口頭発表）【国内】

（本多嘉明）

1. ドローンを用いた空中磁気測量による三宅島磁化構造解析；小山崇夫、金子隆之、大湊隆雄、渡邊篤志、本多嘉明、秋山峻寛、田中伸一：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年5月25日（口頭発表）【国際】
2. 次期静止ミッション検討会分科会における赤外サウンダー搭載に向けた検討；今須良一、岡本幸三、橋本真喜子、佐藤世智、本多嘉明：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年5月23日（口頭発表）【国際】
3. 無人ヘリコプターを用いた伊豆大島高解像空中磁気測量の再解析；小山崇夫、金子隆之、大湊隆雄、安田敦、小河 勉、渡邊篤志、坂下至功、武尾 実、柳澤孝寿、本多嘉明、梶原康司：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年6月2日（ポスター発表）【国際】
4. 衛星を用いた全球地球観測システムの構築；祖父江真一、本多嘉明、六川修一、岩崎 晃、高薮 縁、中島映至、高橋暢宏：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年5月23日（口頭発表）【国際】
5. 静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現；本多嘉明、梶原康司：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年5月24日（ポスター発表）【国際】
6. 地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション（GCOM-C後継）；本多嘉明、青木輝夫、中島 孝、虎谷充浩、梶原康司：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年5月24日（ポスター発表）【国際】
7. Upgrading AGB estimation using BRDF based on SGLI observation data; Yoshiaki HONDA: The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2022、ハイブリッド／TKP東京駅日本橋カンファレンスセンター、2022年11月8日（口頭発表）【国際】

（樋口篤志）

1. Vegetation response to soil water and precipitation amount changes in Central and Western Africa revealed by multiple satellite data; Suzuki, R., A. Higuchi: JpGU 2022、ハイブリッド開催、2022年5月29日－6月3日（ポスター発表）【国内】
2. Development of a precipitation estimation product with machine learning specializing in the linear rainband in summer Japan; Hirose, H., T. Kubota, K. Toyoshima, A. Higuchi: JpGU 2022、ハイブリッド開催、2022年5月29日－6月3日（口頭発表）【国内】
3. JHPCN広域分散クラウドとタイルドディスプレイを利用した超高解像度気象衛星画像の複数拠点共有実験の紹介；川鍋友宏、村田健史、山本和憲、村永和哉、樋口篤志、豊嶋紘一、深沢圭一郎、小野謙二、南里豪志：JpGU 2022、ハイブリッド開催、2022年5月29日－6月3日（ポスター発表）【国内】
4. 千葉北西部～房総半島におけるレーダ、衛星、地上観測による対流雲発生の観測的研究：これまでとこれから；樋口篤志、本橋優登、小林文明、諸富和臣、嶋村重治、大矢浩代、鷹野敏明、高村民雄、岩下久人、本吉弘岐、中井専人：水文・水資源学会／日本水文科学会 2022年度研究発表会、京都大学おうばくプラザ、2022年9月4日－7日（ポスター発表）【国内】
5. 「水文・水資源学における研究手法と論文形態の多様性研究グループ」活動報告；山崎 大、渡辺 恵、樋口篤志、花崎直太、中村晋一郎、宗村広昭、萬 和明：水文・水資源学会／日本水文科学会 2022年度研究発表会、京都大学おうばくプラザ、2022年9月4日－7日（口頭発表）【国内】

6. 複数のレーダが捉えた積乱雲の内部構造の時間変化；本橋優登、樋口篤志、小林文明、諸富和臣、嶋村重治、大矢浩代、鷹野敏明、高村民雄、岩下久人：日本気象学会2022年度秋季大会、北海道大学学術交流会館他およびオンライン、2022年10月24日－27日（口頭発表）【国内】
7. 地上稠密気象観測（POTEKA）を利用した突風予測手法の気温低下閾値（1分間2℃低下）のロバスト性確認；岩下久人、小林文明、諸富和臣、嶋村重治、樋口篤志、大矢浩代、鷹野敏明、高村民雄：日本気象学会2022年度秋季大会、北海道大学学術交流会館他およびオンライン、2022年10月24日－27日（口頭発表）【国内】
8. 静止気象衛星観測網を用いた超高頻度陸面モニタリングに向けて；市井和仁、山本雄平、楊 偉、樋口篤志、吉岡博貴、松岡真如、小畑建太、山本浩万：日本リモートセンシング学会 第73回（令和4年度秋季）学術講演会、三重県総合文化センター、2022年11月29日－30日（口頭発表）【国内】
9. Sat2rain: Multiple satellite images to rainfall amounts conversion by improved GAN; Sakaino, H., N. X. Nam, A. Higuchi, H. Hirose, K. Toyoshima: IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)、Bahamas、2022年12月12日－13日（口頭発表）【国際】

(本郷千春)

1. Damage Assessment Of Rice Bacterial Leaf Blight Disease Using Multi-Temporal Satellite Data; Chiharu Hongo, Yuto Shibuya, Gunardi Sigit, Eisaku Tamura: AGU Fall meeting 2022、米国（シカゴ）、2022年12月12－16日（ポスター発表）【国際】
2. Use OF Satellite Data to Estimate Soil Organic Matter Concentration of Paddy Field in Indonesia; Chiharu Hongo, Yuto Shibuya, Gunardi Sigit, Eisaku Tamura: ACES and Ecosystem Markets 2022、米国（ワシントンDC）、2022年12月12－15日（ポスター発表）【国際】
3. 多年度UAVデータを用いたイネ白葉枯病の被害把握；磯野 惇、本郷千春、祖父江侑紀、Gunardi Sigit、Budi Utoyo：日本リモートセンシング学会第72回学術講演会、三重県総合文化センター（ハイブリッド）、2022年11月29－30日（ポスター発表）【国内】
4. UAVデータを用いたイネいもち病感染状況の把握；古谷野健、本郷千春、本間香貴、牧 雅康、宮野法近：日本リモートセンシング学会第72回学術講演会、三重県総合文化センター（ハイブリッド）、2022年11月29－30日（ポスター発表）【国内】
5. UAV Image To Evaluate the Leaf Area Index of The Rice Plant; Yuti Giamerti, Chiharu Hongo, Daiki Saito, Oliver Caasi, Pepi NurSusilawati, Masahiro Shishido, I Putu Sudiarta, I Made Anom Sutrisna Wijaya, Gunardi Sigit, Koki Homma: 1st International Conference on Food and Agricultural Sciences 2022 (ICFAS 2022): Advanced Agricultural Technology to Deal with Climate Change Issue for Achieving Food Security、オンライン、2022年11月24－25日（口頭発表）【国際】
6. Damage assessment of bacterial leaf blight disease on rice using UAV time-series data; Shun Isono, Chiharu Hongo, Naohiro Manago, Gunardi Sigit, Budi Utoyo: International Symposium on Remote Sensing 2022、オンライン、2022年5月16－18日（ポスター発表）【国際】
7. Yield estimation of paddy rice based on differences in rice growth curves; Yuki Sofue, Chiharu Hongo, Naohiro Manago, Gunardi Sigit: International Symposium on Remote Sensing 2022、オンライン、2022年5月16－18日（口頭発表）【国際】
8. UAVリモートセンシングと教師あり分類に基づく農家圃における黒根腐病害の時間的・空間的変動およびその要因の評価；山本修平、野本周平、本間香貴、橋本直之、牧 雅康、本郷千春：日本作物学会第253回講演会、オンライン、2022年3月27－28日（口頭発表）【国内】

(齋藤尚子)

1. Estimation of regional CH₄ flux based on an ensemble of atmospheric inversions; Dmitry Belikov, Prabir K. Patra, Naoko Saitoh, Naveen Chandra, and Yukio Terao: JpGU 2022、幕張／ハイブリッド、2022年5月22日－6月3日（口頭発表）【国内】
2. 複数衛星データによるGOSAT/TANSO-FTS観測視野内の雲判定の検証；中山広生、齋藤尚子：JpGU 2022、幕張／ハイブリッド、2022年5月22日－6月3日（ポスター発表）【国内】
3. アジア静止軌道からのGHGs/SLCFs測定と排出量評価；笠井康子、金谷有剛、谷本浩志、齋藤尚子、江口菜穂、佐藤知紘、藤縄 環、Patra K. Prabir、関谷高志、滝川雅之、日本大気化学会 大気環境衛星検討委員会：JpGU 2022、幕張／ハイブリッド、2022年5月22日－6月3日（口頭発表）【国内】

4. FTS小型衛星コンステレーションによる水蒸気・同位体・氷雲・放射収支の観測ミッション；江口菜穂、笠井康子、芳村 圭、今須良一、岡本幸三、齋藤尚子、花田俊也：JpGU 2022、幕張／ハイブリッド、2022年5月22日－6月3日（口頭発表）【国内】
5. 高層大気の化学・力学場の動態把握のためのFTS衛星観測ミッション；江口菜穂、Walker Kaley、齋藤尚子、吉田幸生、芳村 圭、取出欣也、藤原正智、河谷芳雄、山下陽介、Nassar Ray、Jones Dylan、Plummer David、Strong Kimberly：JpGU 2022、幕張／ハイブリッド、2022年5月22日－6月3日（ポスター発表）【国内】
6. An analysis of GOSAT-TIR observation sensitivity to the near-surface CH₄; Belikov, D., N. Saitoh, and P. K. Patra: 18th IWGGMS Meeting、ハイブリッド／つくば、2022年7月12日－14日（ポスター発表）【国際】
7. Assessment of the impact of observations at Nainital (India) and Comilla (Bangladesh) on the CH₄ flux inversion; Dmitry A. Belikov、寺尾有希夫、Prabir K. Patra、齋藤尚子、Naveen Chandra：日本気象学会2022年秋季大会、札幌、2022年10月24日－27日（口頭発表）【国内】
8. ひまわり8号/AHIとCALIPSO/CALIOPデータによるGOSAT/TANSO-FTS観測視野内の雲判定の検証；中山広生、齋藤尚子：第27回大気化学討論会、つくば、2022年11月16日－18日（口頭発表）【国内】
9. Estimation of the arctic CH₄ flux based on an ensemble of atmospheric inversions and aircraft observations; Dmitry A. Belikov, Boris D. Belan, Mikhail Y. Arshinov, Naoko Saitoh, and Prabir K. Patra: ISAR-7、立川、2023年3月6日－10日（口頭発表）【国際】

(梶原康司)

1. 無人ヘリコプターを用いた伊豆大島高解像空中磁気測定の再解析；小山崇夫、金子隆之、大湊隆雄、安田 敦、小河 勉、渡邊篤志、坂下至功、武尾 実、柳澤孝寿、本多嘉明、梶原康司：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年6月2日（ポスター発表）【国際】
2. 静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現；本多嘉明、梶原康司：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年5月24日（ポスター発表）【国際】
3. 地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション（GCOM-C後継）；本多嘉明、青木輝夫、中島 孝、虎谷充浩、梶原康司：Japan Geoscience Union Meeting 2022、ハイブリッド／幕張メッセ国際展示場、2022年5月24日（ポスター発表）【国際】

(楊 偉)

1. Investigating the Interactions Among Phenological Events of Vegetation Based on Field Measurements and Long-term Satellite Observations; Wei Yang: Japan Geoscience Union Meeting (JpGU)、Makuhari Messe, Chiba、2022年5月22日～6月3日（ポスター発表）【国際】
2. Remote estimation of phytoplankton primary production in clear to turbid waters by integrating a semi-analytical model with a machine learning algorithm; Zhaoxin Li, Wei Yang, Bunkei Matsushita, Akihiko Kondoh: Japan Geoscience Union Meeting (JpGU)、Makuhari Messe, Chiba、2022年5月22日～6月3日（ポスター発表）【国際】
3. Evaluation of land surface phenology from GCOM-C SGLI using PhenoCam and Phenological Eyes Network; 李 夢禹、楊 偉、近藤昭彦: Japan Geoscience Union Meeting (JpGU)、Makuhari Messe, Chiba、2022年5月22日～6月3日（ポスター発表）【国際】
4. Estimating Global Phytoplankton Primary Production by Integrating a Semi-analytical Model with a Machine Learning Algorithm; Wei Yang, Zhaoxin Li: Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)、Online、2022年8月1日～5日（口頭発表）【国際】
5. An inter-comparison between surface reflectance estimated by Himawari-8/AHI and MISR surface products for terrestrial monitoring applications; Beichen Zhang, Kazuhito Ichii, Wei Li, Yuhei Yamamoto, Wei Yang: Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)、Online、2022年8月1日～5日（口頭発表）【国際】
6. Development of Land Surface Dataset using Third Generation Geostationary Satellites by CEReS, Chiba University; Kazuhito Ichii, Yuhei Yamamoto, Wei Yang, Beichen Zhang, Wei Li, Yueru Wen, Tatsuki Hashimoto: Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)、Online、2022年8月1日～5日（口頭発表）【国際】

7. Estimating global oceanic phytoplankton primary production by satellite remote sensing and machine learning algorithm; Wei Yang, Zhaoxin Li: International Association for Ecology (INTECOL)、Online、2022年8月28日～9月2日(口頭発表)【国際】
8. High Frequency Land Surface Temperature Observation over High Latitude Region using Multiple Satellite/Sensor Data; 劉 治彦、市井和仁、山本雄平、楊 偉、小林秀樹、植山雅仁: 日本気象学会、北海道大学、2022年10月24日～27日(口頭発表)【国内】
9. 衛星データを用いた諏訪湖における浮葉植物と沈水植物の分布域の推定; 澤野耕平、岩田拓記、楊 偉、飯塚浩太郎: 日本農業気象学会、2022年関東甲信越支部大会、東京、2022年11月25日(口頭発表)【国内】
10. ひまわり8号による葉面積指数の推定; 橋本達希、Li Wei、Zhang Beichen、山本雄平、楊 偉、小林秀樹、市井和仁: 日本農業気象学会、2022年関東甲信越支部大会、東京、2022年11月25日(口頭発表)【国内】
11. 機械学習と衛星データの統合による全球海洋一次生産量の推定; 楊 偉、李ザオシン: 日本リモートセンシング学会、三重県、2022年11月29日～30日(口頭発表)【国内】
12. ひまわり8号地表面反射率推定および検証; 李 偉、張 北辰、山本雄平、楊 偉、吉岡博貴、松岡真如、市井和仁: 日本リモートセンシング学会、三重県、2022年11月29日～30日(口頭発表)【国内】
13. 陸域モニタリングのためのオフナディア観測モードを持つLEOセンサによるひまわり8号/AHIの地表面反射率評価; 張 北辰、李 偉、山本雄平、楊 偉、吉岡博貴、松岡真如、市井和仁: 日本リモートセンシング学会、三重県、2022年11月29日～30日(口頭発表)【国内】
14. Improving land surface vegetation phenology using GCOM-C/SGLI land surface reflectance data; Mengyu Li, Wei Yang: 日本リモートセンシング学会、三重県、2022年11月29日～30日(口頭発表)【国内】
15. 静止気象衛星観測網を用いた超高頻度陸面モニタリングに向けて; 市井和仁、山本雄平、楊 偉、樋口篤志、吉岡博貴、松岡真如、小畑建太、山本浩万: 日本リモートセンシング学会、三重県、2022年11月29日～30日(口頭発表)【国内】
16. Monitoring of Land-Use/Land-Cover Change in the Peruvian Andes-Amazon based on Spatiotemporal Fusion of Multiple Satellite Data; Wei Yang: American Geophysical Union (AGU)、Chicago/Online、2022年12月12日～16日(ポスター発表)【国際】
17. Verification of Estimated Surface Reflectance by Himwari-8 AHI Using Low Earth Orbit Satellite Data Toward Hyper-Temporal Monitoring of Vegetation; Kazuhito Ichii, Beichen Zhang, Wei Li, Yuhei Yamamoto, Wei Yang, Tomoki Miura, Hiroki Yoshioka: American Geophysical Union (AGU)、Chicago/Online、2022年12月12日～16日(ポスター発表)【国際】
18. Evaluation of Himwari-8/AHI surface reflectance products using LEO sensors with forward-backward observation mode for terrestrial monitoring applications; Beichen Zhang, Kazuhito Ichii, Wei Li, Yuhei Yamamoto, Wei Yang, Hiroki Yoshioka, Masayuki Matsuoka: iLEAPS-OzFlux Joint Conference、Auckland University of Technology、2023年1月31日～2月3日(口頭発表)【国際】
19. Seasonal and spatial variations of spectral reflectance in understory plant communities in open black spruce forests in Interior Alaska; Hideki Kobayashi, Gaku Amada, Go Iwahana, Wei Yang, Akira Hama, Yongwon Kim: iLEAPS-OzFlux Joint Conference、Auckland University of Technology、2023年1月31日～2月3日(口頭発表)【国際】
20. Temporal and spatial patterns of remote sensing reflectance of understory vegetation in a sparse black spruce in interior Alaska; H. Kobayashi, G. Amada, G. Iwahana, W. Yang, A. Hama, Y. Kim: Seventh International Symposium on Arctic Research (ISAR-7)、National Institute of Polar Research、2023年3月6日～10日(口頭発表)【国際】
21. 衛星画像を用いた諏訪湖における浮葉植物と沈水植物の分布域の推定; 澤野耕平、岩田拓記、楊 偉、飯塚浩太郎: 日本農業気象学会、2023年全国大会、山口県、2023年3月16日～18日(口頭発表)【国内】

【令和4年度の研究会、公開講座、講演会、ワークショップ等の実施および派遣要請状況】

開催期間	名 称	実施形態	対 象	担当	人数
2022/4/7	4th Working Group meeting of Technical Guideline for New Damage Assessment of drought	研究会	研究者と一般	本郷	8
2022/4/7	5th Working Group meeting of Technical Guideline for New Damage Assessment of flood	研究会	研究者と一般	本郷	11
2022/4/26	6th Working Group meeting of Technical Guideline for New Damage Assessment of drought	研究会	研究者と一般	本郷	8
2022/4/26	7th Working Group meeting of Technical Guideline for New Damage Assessment of flood	研究会	研究者と一般	本郷	9
2022/5/12	8th Working Group meeting of Technical Guideline for New Damage Assessment of flood	研究会	研究者と一般	本郷	9
2022/5/13	9th Working Group meeting of Technical Guideline for New Damage Assessment of drought	研究会	研究者と一般	本郷	6
2022/5/20	20th Scientific committee for damage assessment	研究会	研究者と一般	本郷	8
2022/5/24	陸域生態系の物質循環 (JpGU 2022, 幕張メッセ)	学会	研究者	市井	50
2022/5/24	Global Carbon Observation and Analysis (JpGU 2022, 幕張メッセ)	学会	研究者	市井	50
2022/5/24	(JpGU - AGU Joint Meeting 2022)	その他	研究者	本多	30
2022/5/27	9th Working Group meeting of Technical Guideline for New Damage Assessment of flood	研究会	研究者と一般	本郷	11
2022/5/27	21st Scientific committee for damage assessment	研究会	研究者と一般	本郷	11
2022/6/16	22nd Scientific committee for damage assessment	研究会	研究者と一般	本郷	25
2022/6/16	22nd Scientific committee for damage assessment	研究会	研究者と一般	本郷	25
2022/8/4	Earth Monitoring from Operational Geostationary Satellites (AOGS 2022, online)	学会	研究者	市井	30
2022/8/25	SKYNET-Japan Meeting	研究会	研究者と学生	入江	20
2022/9/1	Task Group Meeting on AOGEO TG-3: Carbon and Greenhouse Gases	研究会	研究者	市井	30
2022/9/13	Workshop on New Damage Assessment Method for Crops and Digital Agriculture - Parcel-level Decision making in farm management -	ワークショップ	研究者と一般と学生	本郷	51
2022/10/6-7	第6回陸域フラックス合同研究会	研究会	研究者と学生	市井	30
2022/10/20	SKYNET-Japan Meeting	研究会	研究者と学生	入江	20
2022/11/10	The 5th Seminar on Microwave Remote Sensing (SeMIREs 2022)・電子情報通信学会宇宙・航空エレクトロニクス研究会 (SANE 研) 研究会・IEEE AES Society Japan Chapter 共催	研究会	研究者と一般と学生	ヨサファット	50
2022/11/24	SKYNET-Japan Meeting	研究会	研究者と学生	入江	20
2022/12/22	SKYNET-Japan Meeting	研究会	研究者と学生	入江	20

開催期間	名 称	実施形態	対 象	担当	人数
2023/1/26	SKYNET-Japan Meeting	研究会	研究者と学生	入江	20
2023/3/23	SKYNET-Japan Meeting	研究会	研究者と学生	入江	20

【新聞掲載・メディア報道等】

日 付	掲載誌、放送局／番組名	内 容	取材対象者
2022/1/17	雑誌／動画配信：千葉大学研究者ロールモデル集 vol.1 「世界を舞台に活躍する」 https://www.youtube.com/watch?v=nYXEVpBhd00	国際的な研究活動を促進し、研究リーダーとして活躍している千葉大学の女性研究者をロールモデルとして紹介する「研究者ロールモデル集 Progress」vol.1にて紹介された。	本郷
2022/5/1	雑誌：JSTnews 2022年5月号 https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2022/202205/index.html リモートセンシングで水稻の損害評価 インドネシアの農業保険制度に貢献 (https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2022/202205/pdf/2022_05_p10-13.pdf)	JSTの広報誌の特集記事として、SATEPSプロジェクトが紹介された（日本語版）。	本郷
2022/6/27	ネット配信：JST Science Japan https://sj.jst.go.jp/stories/2022/s0627-02.j.html Contributing to Indonesia's Agricultural Insurance System through Rice Paddy Damage Assessments via Remote Sensing	JSTの海外向け広報サイトの特集記事として、SATEPSプロジェクトが紹介された（英語版）。	本郷
2022/7/13	新聞：Radar Bandung（インドネシア） Klaim Asuransi Bisa Lebih Akurat (英訳：Insurance Claims Can Be More Accurate)	SATREPSプロジェクトにおいて構築した損害評価手法を西ジャワ州農政局の職員が農業省の職員に対してデモンストレーションを実施した事に関する記事	本郷
2022/8/12	テレビ：テレビ朝日 羽鳥慎一モーニングショー『関東の“隠れ避暑地” 千葉・勝浦100年猛暑日なし』	千葉県勝浦市の気温が千葉県の他地域に比較して低い理由を、ひまわり8号から推定した地表面温度を併用して解説した。	市井
2022/10/1 2022/10/7 2022/12/31 2023/1/6	テレビ：JCOM Television 「私が日本に住む理由」	ヨサファット教授の生涯	ヨサファット
2022/12/31	テレビ：DAAI TV Bukan Omong Kosong! Indonesia Bisa Jadi gudangnya Ilmuwan Dunia（インドネシアは世界の科学者の宝庫になる可能性があります）	ヨサファット教授の生涯	ヨサファット
2023/10/13	新聞：日刊工業新聞 メタン輸送過程解明 千葉大・海洋機構 温室ガス評価 高精度化	GOSATとモデルのメタン濃度データの比較解析から、物質の半球輸送経路およびアジアモンスーンの役割を明らかにした。	齋藤

[4] 受賞・開発実績等

4.1. 受賞

賞の名称：日本地球惑星科学連合2022年大会学生優秀発表賞

受賞者：海塚収英（大学院修士2年）

受賞月日：令和4年5月

授与団体：日本地球惑星科学連合（JpGU）

受賞内容：Relationships of PM2.5 and BC mass concentrations with optical properties derived from simultaneous sky radiometer/MAX-DOAS observations from continuous observations at Chiba and Fukue in 2019-2020

賞の名称：Student paper award

受賞者：Shun Isono・Chiharu Hongo・Naohiro Manago・Gunardi Sigit・Budi Utoyo

受賞月日：令和4年5月18日

授与団体：International Symposium on Remote Sensing 2022

研究題目：Damage assessment of bacterial leaf blight disease on rice using UAV time-series data

賞の名称：日本農業気象学会関東甲信越支部2022年度例会学生優秀賞

受賞者：山貫緋称（大学院博士1年）

受賞月日：令和4年11月

授与団体：日本農業気象学会関東甲信越支部

研究題目：日本域におけるデータ駆動型土壌呼吸量広域推定モデルの構築と相互比較

賞の名称：日本気象学会2022年度秋季大会松野賞

受賞者：大野 健（大学院修士2年）

受賞月日：令和4年11月

授与団体：日本気象学会

研究題目：長期観測データに基づくブラウンカーボンの光吸収エアロゾル光学的深さへの寄与率の推定：東アジアでの定量的評価

賞の名称：千葉大学大学院融合理工学府リモートセンシングコース修士研究中間発表会優秀発表賞

受賞者：藤井雪乃（大学院修士1年）

受賞月日：令和4年12月

研究題目：地上と衛星リモートセンシングを複合利用した雷起源窒素化物の検出方法の検討

賞の名称：千葉大学大学院融合理工学府リモートセンシングコース修士研究発表会優秀発表賞

受賞者：海塚収英（大学院修士2年）

受賞月日：令和5年2月

研究題目：地上リモートセンシング観測機器を複合利用して得られたエアロゾル光学特性とPM2.5およびブラックカーボンの質量濃度との関係

賞の名称：千葉大学大学院融合理工学府リモートセンシングコース修士研究発表会優秀発表賞

受賞者：大野 健（大学院修士2年）

受賞月日：令和5年2月

研究題目：再解析エアロゾルデータMERRA-2の精度検証に基づくインドシナ半島の光散乱/吸収AODの時空間変動

賞の名称：千葉大学理学部地球科学科卒業論文発表会優秀賞

受賞者：米谷颯太（理学部4年）

受賞月日：令和5年3月

授与団体：千葉大学理学部

研究題目：リモートセンシング技術を用いた日本の大気境界層中の二酸化硫黄濃度変動の要因解明

賞の名称：千葉大学大学院融合理工学府学府賞

受賞者：大野 健（大学院修士2年）

受賞月日：令和5年3月

授与団体：千葉大学大学院融合理工学府

研究題目：再解析エアロゾルデータMERRA-2の精度検証に基づくインドシナ半島の光散乱/吸収AODの時空間変動

4.2. 特許

なし

4.3. 開発実績等

研究者名	Josaphat Tetuko Sri Sumantyo
成果物名称	【機器】 Cバンド円偏波合成開口レーダ
概要	円偏波による合成開口レーダのRFシステム、画像処理
学術的意義または社会・ 経済・文化的意義	住友金属鉱山社キルン内の現象解明に円偏波合成開口レーダを使用

[5] 国際交流

5.1. 外国人受け入れ

外国人来訪者の受け入れ状況

来訪者氏名	所属機関情報		分野	来訪目的	受入教員	受入期間
	所属機関名	所在国名				
JULIAN ZULHAM JUWADI	Bhimasena社	インドネシア	社会（商学・経済）	共同研究	ヨサファット	2022/5/2～2022/5/24
CAHAYA DWISANGKANA JUWADI	Bhimasena社	インドネシア	社会（商学・経済）	共同研究	ヨサファット	2022/5/2～2022/5/24
MUHAMMAD RIDWAN RUFYDI YUDANARDI	ディポネゴロ大学	インドネシア	医学	教育	ヨサファット	2022/5/21
Miura Tomoaki	University of Hawaii at Manoa	アメリカ合衆国	林学	共同研究	市井 和仁	2022/7/4～2022/7/7
RENCHIN Tsolmon	モンゴル国立大学	モンゴル	地学	共同研究	市井 和仁	2022/5/31～2022/7/29
平林 聡	The Davey Institute/ The Davey Tree Expert Company	アメリカ合衆国	林学	学会・シンポジウム	市井 和仁	2022/9/21～2022/9/22
Laksana Tri Handoko	National Research and Innovation Agency	インドネシア	化学	共同研究	ヨサファット	2022/9/30
Mila Kencana	National Research and Innovation Agency	インドネシア	社会（法学・政治）	共同研究	ヨサファット	2022/9/30
Yusli Wardiatno	在日インドネシア共和国大使館	インドネシア	水産	共同研究	ヨサファット	2022/9/30
Arif Ruriman	スマトラ工科大学	インドネシア	その他	共同研究	ヨサファット	2022/12/1
Ikah NP Perwarafari	スマトラ工科大学	インドネシア	その他	共同研究	ヨサファット	2022/12/1
Maria Anityasari	ITS Surabaya	インドネシア	電気・通信	視察・施設見学	ヨサファット	2022/12/9
Faigoh Agustin	ITS Surabaya	インドネシア	社会（商学・経済）	視察・施設見学	ヨサファット	2022/12/9
Nabila Avila Putri E	ITS Surabaya	インドネシア	社会（商学・経済）	視察・施設見学	ヨサファット	2022/12/9
Riin Tamm	Republic of Estonia, Ministry of Education and Research	エストニア	その他	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Johannes Aaron Vilu	Tallinn University of Technology and EnergexEnergy Experts	エストニア	応用化学	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9

来訪者氏名	所属機関情報		分野	来訪目的	受入教員	受入期間
	所属機関名	所在国名				
Laura Maria Kull	Baltic Film, Media and Arts school	エストニア	その他	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Valentina Moskaljova	無職 (インターンシップ中)	エストニア	その他	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Casas Stöldt, Valentin	University of Applied Sciences Cologne	ドイツ	化学	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Esman, Joel	Streetcollege Berlin	ドイツ	その他	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Herrmann, Natascha	intombi e.V.	ドイツ	化学	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Kotz Cimon, Matthäus André	GeysersHaus e.V.	ドイツ	化学	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Kraushaar, Maximilian	Petra Bliedner (Magistrat der Stadt KelkheimTaurus)	ドイツ	化学	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
Lehnsack, Tobias	Medienwerkstatt Potsdam	ドイツ	化学	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
von Znaniacki, Anna Gertrud	Perspektive Bildung e.V.	ドイツ	化学	視察・施設見学	服部 克巳	2022/12/9
I Made Anom Sutrisna Wijaya	ウダヤナ大学	インドネシア	農学	共同研究	本郷 千春	2022/12/22
I Dewa Ayu Anom Yuarini	ウダヤナ大学	インドネシア	農学	共同研究	本郷 千春	2022/12/22
Luh Putu Wrasiasi	ウダヤナ大学	インドネシア	農学	共同研究	本郷 千春	2022/12/22
Rokhmin Dahuri	インドネシア政府海洋漁業省・ボゴール農業大学	インドネシア	水産	その他・分類不能	ヨサファット	2023/1/12
Arif Kurnia WIJAYANTO	ボゴール農科大学	インドネシア	農学	教育	本郷 千春	2023/1/29
Gunardi Sigit	Provincial Office of Food Crops and Horticulture, West Java Province	インドネシア	農学	共同研究	本郷 千春	2023/2/13~ 2023/2/17
Nicola Genzano	バシリカータ大学	イタリア	地学	学会・シンポジウム	服部 克巳/ 樋口 篤志	2023/2/15~ 2023/2/19
Evizal Abdul Kadir (エビザル アブダル カディール)	University Islam Riau	インドネシア	情報科学	学会・シンポジウム	入江 仁士	2023/2/16
Miura Tomoaki	University of Hawaii at Manoa	アメリカ合衆国	林学	学会・シンポジウム	市井 和仁	2023/2/16~ 2023/2/18

5.2. 教員の海外渡航

外国出張・海外研修

氏名	国名	用務先	用務	期間	予算
本郷 千春	アメリカ合衆国	Minneapolis Marriotte City Center	15th International Conference on Precision Agricultureに参加	2022/6/25～ 2022/7/1	受託本郷（JST地球規模課題）
ヨサファット	インドネシア	バンドン工科大学、インドネシア大学	授賞式、基調講演、研究の打ち合わせ	2022/7/2～ 2022/7/11	環境リモセン（ヨサファット）
本郷 千春	インドネシア	Provincial Office of Food Crops and Horticulture, West Java Province インドネシア農業省 ポゴール農科大学	現地観測、インドネシア農業省で研究打合せ、ポゴール農科大学で研究打合せ	2022/7/8～ 2022/7/16	受託本郷（JICASATREPS）
眞子 直弘	インドネシア	Provincial Office of Food Crops and Horticulture, West Java Province	現地観測	2022/7/8～ 2022/7/15	受託本郷（JICASATREPS）
本郷 千春	インドネシア	ポゴール農科大学	終了時評価に関する討議及びJCC開催・参加	2022/8/7～ 2022/8/13	受託本郷（JICASATREPS）
眞子 直弘	インドネシア	Provincial Office of Food Crops and Horticulture, West Java Province	研究打合せ及び現地における研修	2022/8/15～ 2022/8/21	受託本郷（JICASATREPS）
本郷 千春	インドネシア	インドネシア農業省	3国間ワークショップ開催、研究打合せ	2022/9/10～ 2022/9/15	受託本郷（JICASATREPS）
眞子 直弘	インドネシア	Provincial Office of Food Crops and Horticulture, West Java Province ポゴール農科大学	研究打合せ 研修の実施	2022/9/11～ 2022/9/17	受託本郷（JICASATREPS）
樋口 篤志	ウズベキスタン	JICAウズベキスタン事務所 水文気象局 イノベーション省	SATREPS課題正式稼働に伴う先方チームとの調整、会合。当方ミッションである欧州静止気象衛星データ受信のための現地視察等を行う	2022/9/16～ 2022/9/23	SATREPS代表負担
ヨサファット	インドネシア	セプルフノベンベル工科大学（ITS）	基調講演、原著論文作成方法について指導、地盤沈下地域における現地調査等	2022/9/9～ 2022/9/24	先方負担
本郷 千春	スイス	SCOR社	フォローアップ会議、研究打合せ	2022/9/19～ 2022/9/23	受託本郷（JST地球規模課題）
山本 雄平	シンガポール	サラワク熱帯泥炭研究所、マルダム国立公園	AsiaFlux 2022への参加	2022/9/18～ 2022/9/24	市井 和仁
入江 仁士	タイ	Phimai SKYNET 観測所	国際観測網に関する観測機材のメンテナンス等を行う	2022/9/26～ 2022/9/30	共同研究入江（JAXA）
市井 和仁	シンガポール	サラワク熱帯泥炭研究所、マルダム国立公園	AsiaFlux 2022への参加	2022/9/18～ 2022/9/24	拠点A2022交流経費・市井

氏名	国名	用務先	用務	期間	予算
本郷 千春	インドネシア	ウダヤナ大学、Badung 県農政部	フォローアップ会合及び研究打合せ	2022/10/18～ 2022/10/23	本郷 千春
ヨサファット	インドネシア	ディグラランタラ・マルセカル・スルヤダルマ大学 (Unsurya)	研究と論文の著筆の指導／招待講演	2022/11/4～ 2022/11/9	先方負担
市井 和仁	アメリカ合衆国	NASA ARC, McCormick Place Convention Center	拠点形成事業に関するセミナー・打合せと成果発表	2022/12/8～ 2022/12/17	拠点 A2022 交流経費・市井
山本 雄平	アメリカ合衆国	NASA ARC, McCormick Place Convention Center	拠点形成に関するセミナー・研究打合せと成果発表	2022/12/8～ 2022/12/17	拠点 A2022 交流経費・市井
本郷 千春	アメリカ合衆国	Crystal Gateway Marriott Hotel McCormick Place コンベンションセンター	International Conference on Community on Ecosystem Services に参加 AGU Fall Meeting 2022 に参加	2022/12/11～ 2022/12/18	本郷 千春
入江 仁士	アメリカ合衆国	McCormick Place Convention Center Chicago	AGU Fall Meeting にて研究成果を発表するとともに最新の情報を収集する	2022/12/11～ 2022/12/18	受託・環境推進費 (環境研)・入江
OUYANGMAO	アメリカ合衆国	Colorado convention center	2023 AMS Annual Meeting への参加・成果発表	2023/1/7～ 2023/1/13	小槻 峻司
本郷 千春	インドネシア	ボゴール農科大学、西ジャワ州農政局	JSPS 論博フェローへの論文・現地調査指導及び研究打合せ	2023/1/16～ 2023/1/22	論博・2021・本郷
小槻 峻司	アメリカ合衆国	Colorado Convention Center	2023 AMS Annual Meeting へ参加・発表を行う	2023/1/7～ 2023/1/13	拠点 A2022 交流経費・市井
市井 和仁	ニュージーランド	Auckland University of Technology (AUT)	iLEAPS-Ozflux Joint Conference 2023 における成果発表	2023/2/1～ 2023/2/5	拠点 A2022 交流経費・市井
本郷 千春	インドネシア	西ジャワ州農政局トレーニングセンター・チヘア周辺／西ジャワ州農政局／西ジャワ州農政局植物センター・ボジョンソワン周辺	現地調査・研究打合せ	2023/2/19～ 2023/2/25	本郷 千春
ヨサファット	インドネシア	国立研究革新庁／セベラスマレット大学／ウダヤナ大学／インドネシア国家土地庁	設備視察／研究指導／学会打合せ／研究会参加	2023/3/1～ 2023/3/10	共同・住友金属鉱山・ヨサファット
本郷 千春	インドネシア	ウダヤナ大学 Badung 県農政部 ボゴール農科大学	研究打合せ及び SATREPS フォローアップ会合	2023/3/7～ 2023/3/12	本郷 千春

[6] 教育活動

6.1. 講義（学部・大学院／学内講義のみ）

普遍教育科目	宇宙からの地球表層観測	災害地理学
	地球環境とリモートセンシング A, B	電磁気で地球を見る
	災害シズンサイエンス演習	
専門教育科目	力学基礎 1（3）	量子力学基礎（1）
理学部 専門科目（地球科学科）	環境リモートセンシング概論	環境リモートセンシング I, II
	大気リモートセンシング	リモートセンシング技術入門
	リモートセンシング・GIS実習	
	地球科学英語	地球科学基礎セミナー
	地球科学演習	情報地球科学 I-1, 2 / 情報地球科学 II-1, 2
	地球物理学 II-1, 2	地球物理学実験 I, II
	地球科学基礎演習 1, 2	地球科学基礎実験 1
工学部 専門科目 (総合工学科／都市環境システム、都市工学)	リモートセンシング工学	リモートセンサ環境計測
	都市環境システムセミナー	工学入門 A, B, C
	都市環境情報演習 II	測量学
国際教養学部 専門科目（国際教養学科）	気象情報論	
大学院融合理工学府 博士前期課程・博士後期課程 専門科目		
共通	地球環境科学専攻特別講義 II	地球表層観測学
	地球環境計測学	
博士前期課程・博士後期課程 専門科目		
地球科学コース	地球物理学 IV B, V B	
リモートセンシングコース	放射理論基礎	地球観測社会システム
	地域環境リモートセンシング	大気リモートセンシング
	陸域植生リモートセンシング	水循環リモートセンシング
	リモートセンサ工学	観測データ解析
博士後期課程 専門科目		
リモートセンシングコース	リモートセンシング特論 II, III, IV	
大学院園芸学研究科	リモートセンシング空間解析学	
大学院卓越大学院プログラム	GIS基礎論	
その他（学部・大学院）	卒業研究、特別研究、特別演習	各研究室
他大学講義		
東邦大学理学部専門科目「リモートセンシング」		
立正大学データサイエンス学部オムニバス講義「データサイエンティストの世界」		
獨協大学全学総合講座オムニバス講義「環境学Ⅰ 環境基礎学－自然を見つめる」「宇宙から観る地球環境」		

(付) 普遍教育科目学術発展科目群「地球環境とリモートセンシング A, B」

CEReS 教員 2 グループ制による分担です。2022年度の各講義の概要は以下のとおりです（2022年度シラバスより抜粋）。

地球環境とリモートセンシング A 副題：～SDGs15：陸の豊かさを守ろう～	
概要	<p>「地球環境とリモートセンシング A」では地球の陸域の植生と水域における環境に関する講義を行います。環境とは“人あるいは生態系を取り囲んで相互作用する範囲”と定義することができます。人の暮らしを中心に考えると、陸域の表層近傍が最も重要な環境の領域となります。科学技術の進歩、経済成長は暮らしの利便性を高めました。同時に様々な問題を引き起こしています。それは地球環境問題や気候変動として我々の暮らしを脅かしています。それらのハザードから自分や自分の家族を、自分ではない誰かが守ってくれるはずだ、と思い込んでいませんか。それは誰も保証していません。まず陸域には何が、何が起きているのか、それはどのような要因で生じているのか、理解する必要があります。そのためにこの授業ではまず地球、ここでは陸域の状態をリモートセンシング、ここでは宇宙や空から地表面の状態を観察する技術、を通じて理解することを試みます。その重要な対象に私たちの暮らしを支える植生（農作物を含む）と水域があります。植生と水域に関するリモートセンシングを学ぶと同時に、リモートセンシングで見えたことの意味を考える習慣を身につけてください。最後に、様々な環境問題や災害を取り巻く複雑で多様な事情について話します。現在起きている様々な環境問題に対応してどのような未来を創るのか、災害にどのように対応して“ふるさと”を創り上げるのか、考えてください。ただし、単一の答えはありません。君たちが考えるきっかけを提示しますので、考え方を主張してください。</p>

目的・目標	環境は様々な要因が重なり合って形成されています。その複雑な関係性を見抜き、未来のあり方に対する能動的な自分の考え方を持つことがこの講義の目標です。そのための手法として、リモートセンシング活用の基礎を学ぶことを目的の一つとし、具体的な対象（ここでは陸域の植生と水域）について実態の理解を深める事がもう一つの目的です。そしてリモートセンシングで見えたことの意味を考え、未来のあり方、自身の進み方を考える習慣を身につけることが目標のもう一つの表現になります。この授業を通して「SDGs 15：陸の豊かさを守ろう」を実践する力を身につけましょう。
-------	---

地球環境とリモートセンシングB	
概要	「地球環境とリモートセンシングB」では主に大気環境などに焦点をあて、アジアの大気汚染の現状と課題、地球環境シミュレーションについて、最新技術を用いた解析・検証方法やその考え方、応用について講義します。 生命を維持する地球環境の現在を、宇宙に視点を置いて俯瞰することにより“わがこと化”して捉える姿勢を身につけるために、衛星による地球観測の手法とそれによって得られたデータの解析結果について解説し、議論します。大気環境などに焦点を絞り、宇宙から捉えた現在の地球の姿と、抱えている問題、および最新のリモートセンシング技術や衛星データの応用について議論します。講義では、最先端の課題と成果を議論し、地球環境問題への理解を深めます。人間活動の拡大は地球環境に大きなインパクトを与えていることが明らかとなりつつあり、地球的視野で議論する態度を醸成します。
目的・目標	変動する地球環境を地球的な視点から理解することを目指します。地球は多様で複雑な仕組みで成り立っており、シリーズA、B全体を通じて「生きている地球」の全体像や抱えている様々な問題の一端を理解できるよう手助けをします。そのために、衛星から地球を「診る」リモートセンシング手法をキーワードにして、「診る」対象を幾つかの分野に分けて議論します。

6.2. 論文題目紹介

令和4年度のCEReS教員の指導による博士の学位取得者は2名である。修士論文15名、卒業論文14名とともに、ここで紹介する。なお、博士論文要旨の一部は、ニューズレター令和4年9月号（No.202）に掲載している。

【博士論文】

学生氏名：Ayihumaier Halipu（アイフマルハリプ）

論文題目：Quantifying Water Consumption through the Satellite Estimation of Land Use/Land Cover and Groundwater Storage Changes in a Hyper-Arid Region of Egypt

衛星データを用いたエジプトの極乾燥地域における土地利用／土地被覆および地下水貯留の変化による水消費量の定量化

専攻：大学院融合理工学府地球環境科学専攻リモートセンシングコース

学位：博士（学術）

指導教員：近藤昭彦

学生氏名：Li Zhaoxin（リ ザオシン）

論文題目：Satellite remote sensing of global phytoplankton primary production by integrating machine learning algorithm and photophysiological model

機械学習と光生理学的モデルの統合による全球植物プランクトン一次生産量の衛星リモートセンシング

専攻：大学院融合理工学府地球環境科学専攻リモートセンシングコース

学位：博士（理学）

指導教員：楊偉

【修士論文】

千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻リモートセンシングコース修了

氏名	論文題目	学位	指導教員
楊子平	Monitoring of Land-use/land-cover change in the Peruvian Andes-Amazon based on spatiotemporal fusion of multiple satellite data 衛星データの時空融合によるアンデス-アマゾンにおける土地利用／土地被覆変化のモニタリング	修士（工学）	楊偉
李家偉	Improvement of a diagnostic terrestrial model, BESS, based on multiple observation constraints: toward a GCOM-C SGLI research product 複数の観測パラメータを制約に用いたBESSモデルの改良：GCOM-C SGLI研究プロダクトに向けて	修士（工学）	市井和仁
山貫 緋称	日本域におけるデータ駆動型土壌呼吸量広域推定モデルの構築と相互比較 Data-driven estimation of soil respiration in Japan: development and intercomparison	修士（理学）	市井和仁

氏名	論文題目	学位	指導教員
BEAK Munseon	Generating a new land cover product across Siberia by a fusion of global land cover datasets	修士（工学）	市井和仁
XIEAILI Reyila	Monitoring Vegetation Changes from 2000 to 2020 Across Central Asia	修士（理学）	市井和仁
LI Wei	Estimation and evaluation of surface reflectance of Himawari-8/AHI	修士（理学）	市井和仁
大野 健	再解析エアロゾルデータMERRA-2の精度検証に基づくインドシナ半島の光散乱／吸収AODの時空間変動	修士（理学）	入江仁士
海塚 収英	地上リモートセンシング観測機器を複合利用して得られたエアロゾル光学特性とPM2.5およびブラックカーボンの質量濃度との関係	修士（理学）	入江仁士
亀井 敬介	MAX-DOAS法による大気境界層の水蒸気観測の精度評価	修士（工学）	入江仁士
本橋 優登	X帯フェーズドアレイ気象レーダとW帯雲レーダを用いた、夏季に発生した雲内部におけるレーダエコーの時間変化	修士（理学）	樋口篤志
磯野 惇	UAVデータを用いたイネ白葉枯病の損害評価手法の構築	修士（理学）	本郷千春
中山 広生	ひまわり8号/AHIとCALIPSO/CALIOPデータによるGOSAT/TANSO-FTS観測視野内の雲判定の検証	修士（理学）	齋藤尚子
大瀧 貴也	リザバーコンピューティングを用いたハイブリッドデータ同化の改善	修士（工学）	小槻峻司
土屋 建	深層学習を用いた雲画像の熱帯低気圧検知と情報圧縮に関する研究	修士（工学）	小槻峻司
大石 健	Sinkhornアルゴリズムを用いて高速化された局所粒子フィルタの開発	修士（工学）	小槻峻司

【卒業論文】

千葉大学理学部地球科学科

氏名	論文題目	指導教員
陳 明恵	Sentinel-2衛星画像を用いた水稲の作付面積モニタリング手法の高度化—北海道にて—	楊偉
吉澤 優子	LI7810を用いた大気中メタン濃度測定における日中と夜間の平均濃度差についての考察	入江仁士
米谷 颯太	MAX-DOAS法を用いた日本の大気境界層中の二酸化硫黄濃度の要因解明	入江仁士
野本 真孝	トレースガスアナライザーを用いた千葉における二酸化炭素濃度変動の要因解明	入江仁士
嶺田 龍之介	MJOによる冬季の日本周辺の温帯低気圧の変動	樋口篤志
井上 博文	2019/2020年冬春季の北極オゾン破壊の特徴	齋藤尚子
山口 ひかり	複数のリトリーバル手法による衛星メタン濃度データの比較	齋藤尚子

千葉大学工学部（総合工学科都市環境システムコース、情報工学コース）

氏名	論文題目	指導教員
池田 凌	合成開口レーダを用いた千葉市における豪雨災害時の最適搬送経路の導き方	ヨサファット
栗原 茜	陸域生態系モデルVISITを用いた過去から現在の陸域炭素循環の解析	市井和仁
住井 章吾	ひまわり8号による半乾燥域における光合成量の推定	市井和仁
勝呂 太一	静止衛星ひまわりの観測範囲に含まれる都市の緑地と緑地の及ぼす影響の評価	本多嘉明 梶原康司
藤本 航成	衛星観測に基づく火災検知手法の改良に関する研究	本多嘉明 梶原康司
毛束 隆太	水文モデルを用いた森林火災が放射性物質の流出に与える影響の解明	小槻峻司
島袋 隆也	深層学習を用いた降雨流出氾濫モデル・エミュレータ	小槻峻司

6.3. 令和4年度学生数内訳

令和4年3月31日現在

	修了・卒業者数 (博士学位取得者含む)	在籍者数	合計
大学院博士課程 (リモートセンシングコース)	2	19 ^{*1}	21
	(2)	(15)	(17)
大学院修士課程 (リモートセンシングコース)	15	27	42
	(5)	(15)	(20)
学部生 (理学部、工学部)	14	8 ^{*2}	22
	(1)	—	(1)
研究生 (留学生)		7	7

下段のカッコ内は留学生、内数にて

*1：令和4年9月修士課程修了し、10月博士課程進学の名含む、*2：令和3年度後期から仮配属の学部3年生含む。

[7] 社会教育活動・社会貢献
(生涯教育・社会活動および社会貢献・外部委員など)

(近藤昭彦)

- ・ 農村計画学会評議員 (第19期2018年4月14日～)
- ・ 一般社団法人日本リモートセンシング学会評議員
- ・ 日本水文科学会会長 (第13期)
- ・ 水文・水資源学会 会長 (第17期2020年9月17日～2022年総会まで)
- ・ 公益社団法人日本地球惑星科学連合
 - ・ 代議員 (地球人間圏科学セクション)
 - ・ サイエンスボード (地球人間圏科学セクション)
- ・ 日本学術会議 第24期・第25期 連携会員
 - ・ フューチャー・アースの推進と連携に関する委員会
 - ・ フューチャー・アース国内連携委員会
 - ・ 環境学委員会・地域研究委員会
 - ・ 地球環境変化の人的側面 (HD) 分科会
 - ・ 地球惑星科学委員会
 - ・ 地球人間圏分科会
 - ・ IGU分科会
 - ・ IAHS小委員会委員
 - ・ IAH小委員会委員
- ・ 環境リスク分科会 (健康・生活科学委員会・環境学委員会合同)
- ・ 地理教育分科会 (地域研究委員会・地球惑星科学委員会合同)
 - ・ 自然地理学・環境防災教育小委員会
- ・ GLP小委員会 (環境学委員会・地球惑星科学委員会合同FE・WCRP委員会合同分科会)
- ・ 千葉県環境審議会 会長
 - ・ 水環境部会 委員・部会長
 - ・ 温泉部会 委員・部会長
 - ・ 企画政策部会
- ・ 千葉県印旛沼水循環健全化会議 委員
- ・ 千葉県環境影響評価委員会 委員
- ・ 千葉県地質環境対策審議会 委員
- ・ 千葉県内水面漁業管理委員会 委員 (令和2年12月1日～令和6年11月30日)
- ・ 国立大学法人静岡大学客員教授 (防災総合センター) (2011年度～)
- ・ 成田国際空港株式会社地域環境委員会 委員

(ヨサファット テトオコ スリ スマンティヨ)

- ・ 学会委員
 - ・ 電子情報通信学会 (IEICE) 宇宙・航空エレクトロニクス研究会 専門員
 - ・ Leader: IEEE Geoscience and Remote Sensing Society (GRSS) Technical Committee on Instrumentation and Future Technology (TC IFT) UAV
 - ・ Leader: IEEE Geoscience and Remote Sensing Society (GRSS) Technical Committee on Instrumentation and Future Technology (TC IFT) UAV
 - ・ TPC Member, 2022 2nd International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS), Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 4-5 November 2022.
 - ・ TPC Member, International Symposium on Satellite Communication Systems & Services 2022 (SCSS 2022), in conjunction with APCC 2022, Jeju Island, Republic of Korea, October, 19-21, 2022.
 - ・ TPC Member & Reviewer, The 13th International Conference on ICT Convergence 2022, 19-21 October 2022, Jeju, Korea.
 - ・ Editor-in-Chief, Proceedings of The 3rd International Conference on Smart and Innovative

- Agriculture (ICoSIA 2022), 22-23 November 2022.
- TPC Member, The 2nd International Conference on Electrical and Electronic Engineering Intelligent System, 2-5 November 2022, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- General Chair, The 5th Seminar on Microwave Remote Sensing (SeMIREs 2022), 10 November 2022.
- Associate-Editor: IEEE Geoscience and Remote Sensing Letter (GRSL)
- Associate-Editor: IEEE Antennas Wireless and Propagation Letter (AWPL)
- Advisory Member: Indonesian Remote Sensing Society (MAPIN)
- 外部評価委員
 - インドネシア・バンドン工科大学工学部通信学科 評価委員 (Quality Control Member)
 - インドネシア・ガジャマダ大学工学部地学科 Advisory Board Member
 - マレーシア・Universiti Sains Malaysia 博士論文審査員
 - インドネシア・ガジャマダ大学地理学部 博士論文審査員
 - 日本学術振興会 科学研究費委員会専門委員
- 海外大学
 - インドネシア・インドネシア大学工学部 Adjunct Professor
 - インドネシア・ウダヤナ大学リモートセンシング海洋研究センター 客員教授
 - インドネシア・セベラスマレット大学工学部電気工学科 客員教授
 - インドネシア・バンドン工科大学 Honorary Professor
 - インドネシア・イスラムリアウ大学工学部 専門員
- 兼業兼務
 - 公益財団法人 佐藤陽国際奨学財団 理事
 - 公益財団法人 渥美国際財団 理事
 - AIPI (Indonesian Academy of Sciences) インドネシア学術会議員
 - 大阪府立天王寺高等学校 スーパーサイエンスハイスクール (SSH) 講師

(市井和仁)

- AsiaFlux 委員長
- JapanFlux 委員長
- 日本学術会議 環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 FE・WCRP 合同分科会 iLEAPS 小委員会委員
- AOGEO (アジア・オセアニア地球観測に関する政府間会合) Taskgroup 3 Carbon and GHG 共同議長
- 地球観測に関する科学アドバイザー委員会 委員 (JAXA)
- 東京工業大学 特定教授

(入江仁士)

- 日本学術会議 環境学委員会 地球惑星科学委員会合同 IGBP・WCRP・DIVERSITAS 合同分科会 IGAC 小委員会委員
- International SKYNET Committee, Vice-chair
- International SKYNET Committee, 日本サブネットワークマネージャー、アルゴリズム WG リーダー
- GEMS Science Advisory Group メンバー
- 第12期 日本大気化学会運営委員会委員
- 第4期 航空機による地球環境観測推進委員会委員
- 地球観測に関する科学アドバイザー委員会分科会メンバー
- 国際科学誌 Scientific Online Letters on the Atmosphere (SOLA) Editor
- EarthCARE 委員会委員
- 気候変動観測衛星 GCOM-C ミッション・大気検証リーダー
- 温室効果ガス観測技術衛星 (いぶき) GOSAT/TANSO RA 選定・評価委員会委員
- 「静止衛星データ利用技術懇談会」ひまわりデータ利活用のための作業グループ委員
- 日本地球惑星連合大会 環境リモートセンシングセッション 共同コンピーナー

(小槻峻司)

- ・ 外部委員
 - ・ Member of Hydrology Division, Committee on Hydrosience and Hydraulic Engineering, JSCE
 - ・ Working Group Member of IHP-IX Strategic Plan (Theme 3: Bridging the data and knowledge gap)
 - ・ 水文・水資源学会 JpGU対応委員会 委員
 - ・ JAXA・地球観測に関する科学アドバイザー委員会・PMM分科会 (後継ミッション検討グループ・利用促進検討グループ)
- ・ 学会誌編集委員
 - ・ Journal of the Meteorological Society of Japan
 - ・ 水文・水資源学会誌
- ・ 兼任
 - ・ 科学技術振興機構 さきがけ 研究員
 - ・ 理化学研究所 計算科学研究センター 客員研究員

(本多嘉明)

- ・ 文科省「宇宙航空科学技術推進委託費」専門ワーキンググループ委員
- ・ JAXA 2022年度 MOLI 検討委員会
- ・ JAXA「地球観測に関する科学アドバイザー委員会」分科会メンバー
- ・ JAXA 第3回研究公募(遅延公募)評価委員会
- ・ 「2022年度 RESTEC 研究助成」審査委員
- ・ RESTEC「大井川上流部解析業務への助言」(技術指導・監修者)
- ・ 気象庁「静止気象衛星に関する懇談会」のデータ利用研究推進グループ委員
- ・ 日本写真測量学会(常務理事)
- ・ 日本写真測量学会(対外協力委員)
- ・ (一社)先端空間情報技術評価支援センター(ASITE)(理事長)
- ・ 「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合(TF)」リモートセンシング分科会地球科学研究高度化ワーキンググループ(グループ長)
- ・ 地上調査のためのUAV運用研究会(MORALS)(会長)
- ・ 「無人航空機(UAV,ドローン)事故調査会」(会長)
- ・ NPO法人宇宙からの地球観測を考える会(FEOS)(理事)

(樋口篤志)

- ・ 水文水資源学会 理事/編集出版委員会委員長(9月まで)/同委員会アドバイザー(9月以降)/総務委員(9月まで)/表彰選考委員(9月から)
- ・ 日本水文学会 常任委員(委員長)/評議員/編集委員
- ・ 日本リモートセンシング学会 企画委員(TF対応副チーム長)/JpGU対応小委員会 委員
- ・ 日本地球惑星科学連合 JpGU 2021 Joint Meeting プログラム委員アドバイザー(5月まで)
- ・ 日本気象学会 データ利用部会委員/地球環境問題委員
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会地球惑星圏分科会地球観測将来構想小委員会 委員
- ・ 気象庁「静止気象衛星に関する懇談会」データ利用研究推進グループ 委員
- ・ 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA) PMM分科会 後継ミッション検討グループ 委員
- ・ 国立大学法人 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 共同利用共同研究委員会 委員 大気陸域海洋専門分科会
- ・ 国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT) 協力研究員
- ・ 東邦大学 理学部 非常勤講師(講義「リモートセンシング」の担当)
- ・ 横浜国立大学 先端科学高等研究院 非常勤講師(客員准教授)
- ・ NPO法人 太陽放射コンソーシアム理事

(本郷千春)

- ・ 内閣府「令和4年度 課題解決に向けた先進的な衛星リモートセンシングデータ利用モデル実証に関する調査」検討会委員
- ・ (一社)日本リモートセンシング学会・学術委員

- 文部科学省宇宙航空科学技術推進委託費専門ワーキンググループ委員
- 国際共同研究拠点：Center for Food Availability for Sustainable Improvement (CFASI), Udayana University, Indonesia 副センター長

(齋藤尚子)

- 日本学術振興会、特別研究員等審査会専門委員、卓越研究員候補者選考委員会書面審査員、国際事業委員会書面審査員・書面評価員
- 日本学術会議環境学委員会・地球惑星科学委員会合同IGBP・WCRP・DIVERSITAS合同分科会IGAC小委員会 委員 (25期)
- 千葉県環境影響評価委員会 委員 (大気分野)
- 千葉市廃棄物処理施設設置等審議会 委員
- 第4期航空機による地球環境観測推進委員会 委員
- 一般社団法人日本リモートセンシング学会 理事・企画委員会 委員長
- 一般社団法人日本リモートセンシング学会 編集委員会 委員
- 一般社団法人日本リモートセンシング学会 JpGU連絡委員
- 一般社団法人日本リモートセンシング学会 リモートセンシング学会教科書編集委員
- 日本大気化学会 運営委員 (第11期・12期)
- 日本大気化学会大気環境観測検討委員会 委員
- 環境省地球環境局・独立行政法人宇宙航空研究開発機構・独立行政法人国立環境研究所 温室効果ガス観測技術衛星2型サイエンスチーム委員会 委員

(梶原康司)

- JAXA2022年度MOLI検討委員会
- 気象庁「静止気象衛星に関する懇談会」のデータ利用研究推進グループ委員

[8] センターの行事

8.1. センター主催のシンポジウム

8.1.1. CEReS国際シンポジウム

令和4年度も新型コロナウイルス感染症を鑑み、従来のようなCEReS国際シンポジウムの開催を中止しました。

8.1.2. 第25回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム

(オーガナイザー：CEReS共同利用研究推進委員会)

第25回CEReS環境リモートセンシングシンポジウムは千葉大学けやき会館において、今回初めてとなる対面とオンラインでのハイブリッド形式で開催した。このシンポジウムは共同利用研究発表会の位置付けで毎年実施しており、今年度よりセンターが共同利用・共同研究拠点として推進している5つのプログラムである「先端センシング」、「環境診断」、「環境予測」、「統合解析」、「社会実装」に関連した研究発表が行われ、約90名の参加者らがオンラインも交えて熱心に議論を交わした。詳細は本年報第2章およびCEReSニューズレター2023年2月号 (No.207) を、また当日の発表題目 (プログラム*) デジタル版は下記サイトより参照されたい。

(*プログラム：https://ceres.chiba-u.jp/wp/wp-content/uploads/Documents/symposiums/symp2022/RSprogram25_ver2.pdf)



図8.1.2. 久々に一同会しての集合写真

[9] 主要研究設備

9.1. 衛星データ受信システム（担当：樋口篤志）

CEReSで受信・処理する衛星・センサは、アンテナによる直接受信はNOAA/AVHRR、中国の静止気象衛星FY-2、ランドライン取得（インターネット取得）では日本の静止気象衛星MTSATシリーズ（ひまわり8号切り替え後もMTSAT互換データを取得・処理）、ひまわり8号、アメリカ静止気象衛星GOES-E、-Wシリーズ、ならびにTerraおよびAqua搭載のMODIS等である。CEReS設立初期段階に設置したNOAA/AVHRR受信装置はアンテナモーターの経年劣化による受信画像の劣化、受信シーン数の大幅減、AVHRRの実質的な終焉、およびひまわり8号の登場により、2017年3月に装置一式の撤去工事を行った。現在、アンテナ受信している衛星はFY-2のみである。過去受信、インターネット取得データに関してはこれまでと同様に公開している。

表9.1. 主な受信データシリーズ一覧

NOAA/AVHRRシリーズ	1997年4月15日受信開始、2017年3月13日受信装置撤去
GMS-5, MTSATシリーズ	GMS-5は1997年よりアンテナ受信開始、MTSAT-1Rは2005年6月よりランドライン取得開始
ひまわり8号、9号	2015年7月～2022年12月、同年12月13日より9号へ切替
FY-2 (B/C/D/E/G) シリーズ	1998年4月よりFY2-B数ヶ月受信、2007年度末よりFY2-C受信、公開開始。現在も継続中
GOES-E, -W/第2世代シリーズ	WNIより提供されたデータを処理公開したきたが、第2世代の運用停止に伴いリアルタイム処理は終了し、過去データはVL活動を通じて公開中
GOES-E, -W/第3世代シリーズ	GOES-R, GOES-S (NASA Ames研究センターより共同研究の一環で収集、公開中)
MODIS	2004年8月よりJAXA受信分アーカイブ開始したが2019年3月にて終了。全球関連プロダクト群はTerra/Aqua開始時よりアーカイブ有り

9.2. 電波無響室（担当：J.T.スリスマンティヨ）

平成20年2月15日に環境リモートセンシング研究センターマイクロ波リモートセンシング研究室（ヨサファット研究室）に完成した設備は周波数1GHzから40GHzまで使用可能で、合成開口レーダ（SAR）をはじめ、マイクロ波の電波伝搬と散乱の実験などに応用している。この設備の寸法は幅4.0m×長6.6m×高2.4mで、また吸収特性は35dB以上である。



図9.2. 電波無響室内の様子

マイクロ波リモートセンシングにおける様々な実験を支援するために、ネットワークアナライザ、

マイクロ波回路・基板加工装置、高精度回転台なども整備し、合成開口レーダの開発に必要なマイクロ波回路とアンテナを開発するために、モーメント法（MoM）、有限要素法（FEM）などを使用した高周波回路・アンテナ設計用のソフトウェアも整備している。

これらの設備は現在飛行機（無人飛行機UAVを含む）とマイクロ衛星搭載用の合成開口レーダの開発に使用しており、また、当センターの全国共同利用共同研究施設でも多いに活用し、全国の研究者と共同して、小型衛星をはじめ、合成開口レーダ、マイクロ波放射計・散乱計、道路凍結監視センサなどであるマイクロ波における様々なセンサの開発に使用している。

9.3. 大気データ取得ライダー装置（主担当：入江仁士）

ライダー（lidar）は、大気中にパルスレーザー光を照射し、大気中の散乱体であるエアロゾルや雲からの散乱光を望遠鏡で受光して散乱体の光学特性や空間分布を計測する装置であり、大気を対象とするリモートセンシングにおいて基本的な計測装置となっている。CEReSでは、大気環境分野や気象分野など関連するさまざまな共

同利用研究者の要望に応えられるよう、最先端の計測が可能で、かつ応用範囲の広いライダーおよびその校正用システムを平成22年度に刷新した。これにより、CEReSの3つの中核的な研究プログラムのうちの一つである「先端的リモートセンシングプログラム」において、共同利用・共同研究の高度化がより可能になった。

大気データ取得ライダー装置（Atmospheric Data Collection Lidar, ADCL）の装置構成は、散乱体の形状分布が計測可能な多波長計測装置と、面的・立体的な計測が可能なPPI（PPIはPlan Position Indicatorの略）モード計測装置が中心となっている（図9.3-1.参照）。可搬性も考慮した多波長構成のコンポーネント化を図り、レーザー装置と望遠鏡が一体（モノスタティック）および離れた（バイスタティック）配置など、多様なニーズに対応可能なシステム構成を採用している。同時に、多波長ネフェロメータや視程計（図右下）など地上の支援測器による地上計測データの収集を行って、定量的かつ信頼性の高いライダー信号解析を実現することが可能なシステムとなっている。

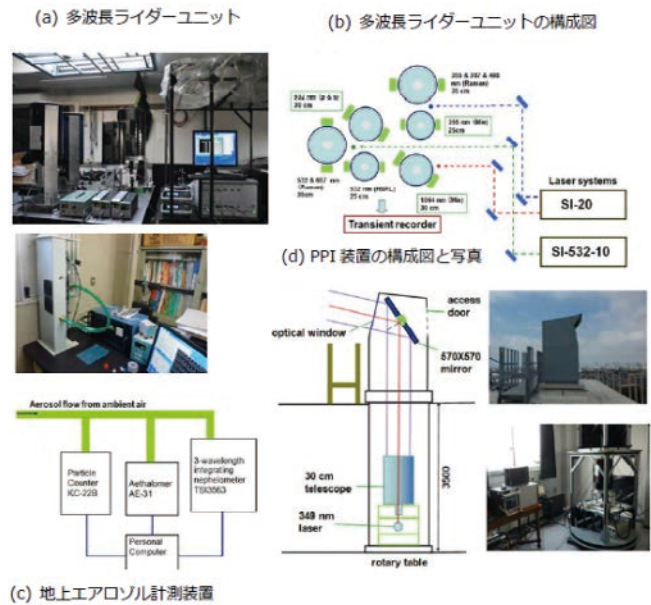
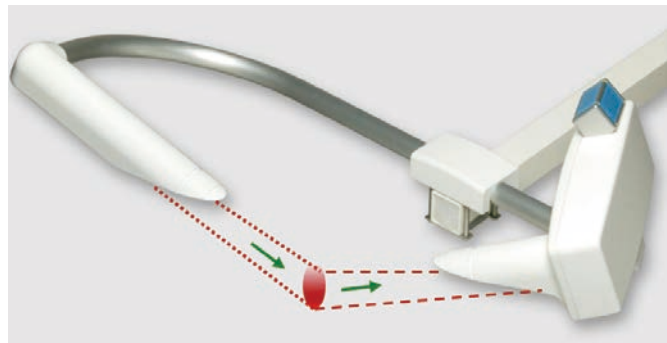


図9.3-1. 大気データ取得ライダー装置（ADCL）



現在天気計（視程計）

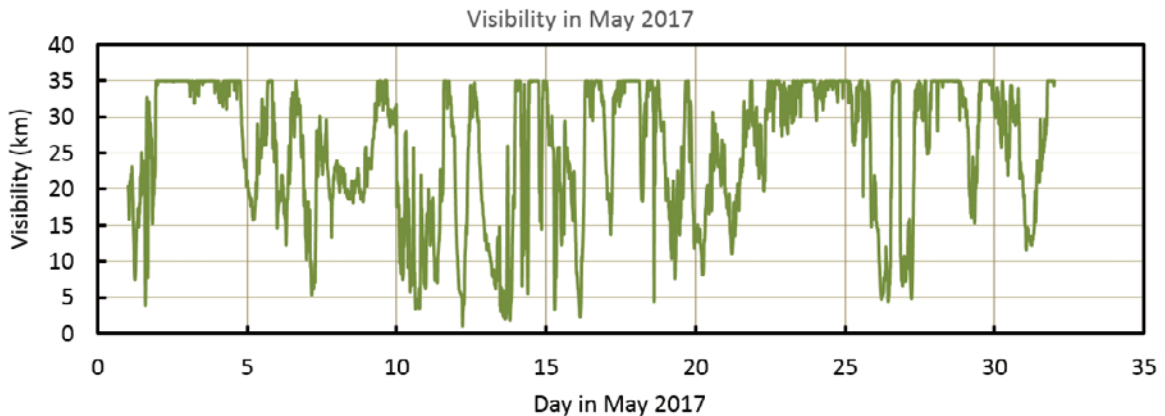
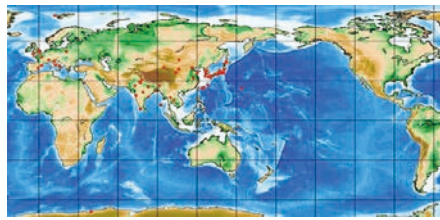


図9.3-2. 工学系総合研究棟屋上に設置した視程計。35kmまでの地上視程を計測でき、地上付近のエアロゾル濃度についての情報が取得できる。

9.4. 放射観測ネットワーク施設 (SKYNET 主担当：入江仁士)

CEReSは2つの国際地上リモートセンシング観測網 (SKYNET、A-SKY) を主導している。これらの国際観測網は各種大気環境成分 (エアロゾル・雲・微量気体・放射) を主な観測対象とし、アジア域を中心に世界各地で連続データを取得している。この活動は国内外の研究者を密につなぐ国際ネットワークとしての機能も果たしている。得られた貴重なデータはホームページなどから公開し、国内外の衛星観測ミッションのデータの定量的検証や気候変動研究・大気環境研究といった応用研究にも役立てられている。

また、この国際観測網の最重要サイトである千葉大学西千葉キャンパスでは、学内外の研究者や学生と一緒に集中観測を毎年実施しており、参加者全員で短期間に焦点を当てて観測を行い、データを一緒に解析することで学生自身の研究に役立てるとともに、参加研究者や学生のあいだの交流をも促進し、自由な発想で新しい試みをする場としている。



上左) SKYNET 観測網サイトマップ 上右) A-SKY 観測網サイトマップ
 左) 国際地上リモートセンシング観測装置群 (工学系総合研究棟屋上設置)

9.5. タイルドディスプレイ (主担当：樋口篤志)

理化学研究所・九州大学・情報通信研究機構 (NICT) と共同研究を進めている、CEReS 3階演習室に設置の36面 Tiled Display Wall (TDW) システムについて紹介する。TDWとは複数のモニタ (1920×1200pixel) を、横9×縦4のタイル状に並べたもので、ChOWDERというソフトウェアを用いることでこれら複数画面をソフトウェア的に横幅17K pixelにも及ぶ高解像度な1つのデスクトップとして利用することができる。3台のslave PCを用いてモニタに映し出し、master PCで3台を制御して運用している。主な仕様は以下の表に示す。モニタと接続するslave PCに用いるGPUは主に業務用途に用いられるNVIDIA社Quadro P2000を使用している。ボード1枚当たり4画面の出力が可能のため、PC1台に3枚使用することで12画面の出力が可能である。

表9.5. TDWのPC仕様

CPU	Intel [®] Core i7 980X
RAM	12GB
SSD	Intel [®] SSD 520 Series (120GB)
GPU	NVIDIA Quadro P2000×3
NIC	10GBASE-T
OS	Ubuntu Desktop 16.04
Software	ChOWDER/Google Earth

Quadroを利用するもう一つの利点は、NVIDIA mosaicとよばれる画面連結機能で12台のモニタを1つのデスクトップ (6K・5Kサイズの画面) として扱うことができる点である。12面×3台それぞれに6Kサイズの高解像動画を表示することや、Google Earthを用いたマルチデータの可視化といった“3台の”6K画面として利用する方法と、ChOWDERを用いた“36面全体”を統合的に活用した表示を、ニーズに合わせて選択的に利用できるようにしている。

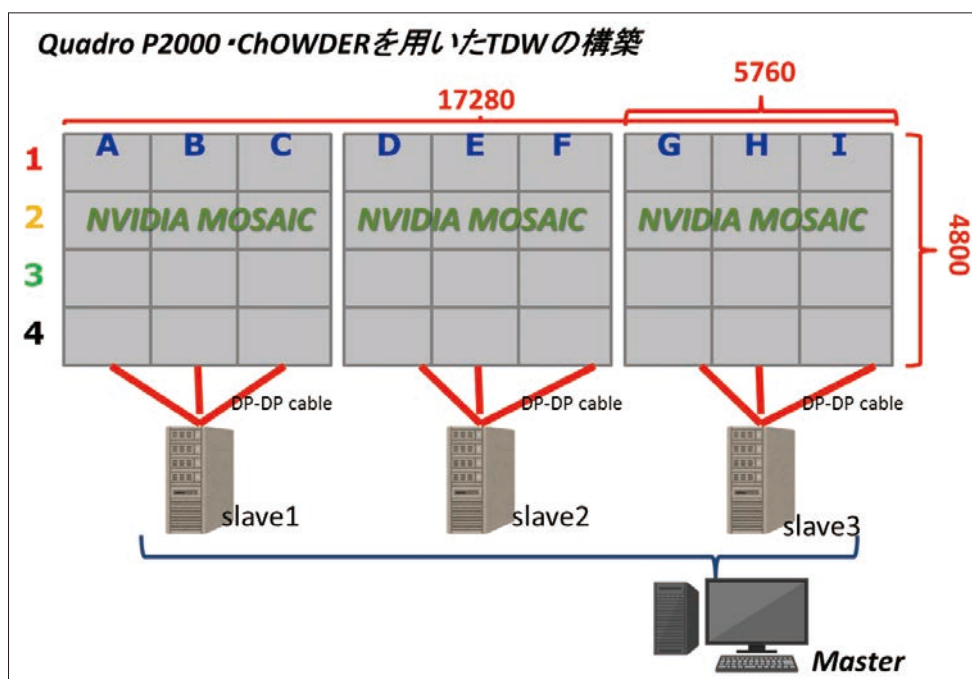


図9.5.-1. TDWの構成

3台の6K画面として利用する場合はそれぞれのPC単体で利用可能である一方、ChOWDERを用いて36面を統合利用するには、制御するためのmaster PCが必要である。master PCにChOWDERサーバをインストール・起動し、3台のslave PCからgoogle chrome (webブラウザ) でmaster PCに接続・設定することでmaster PCからTDWの表示を制御できる仕組みとなっている。

※ CEReS移設時の36面TDWの仕様は、コンシューマ向けGPUであるGeForce470 (Full HD 2画面出力) をPCに2枚搭載し、同仕様のPC9台と管理用PC1台で制御して運用を行っていた。画面セットアップのためには、1PCあたり4画面 (画像の縦4台のモニタ) の連結設定を行い、さらに同作業を残り8台について行った後、それぞれからmaster PCに接続・設定を行うなど時間と手間のかかる作業が必要だった。Quadroカードに置き換えることで管理するPC台数を減らし、消費電力の削減およびセットアップの効率化を図っている。P2000は4K出力可能なDisplay Portを4つ搭載しており、定格消費電力は75WとGeForce470の30%程度とかなり低いことから、消費電力の点においてもPCに3枚搭載できるようになり、mosaicで12台モニタの画面スパンが可能となった。下図はChOWDERを利用したNASA Blue Marbleの高解像度画像の等倍表示の様子、そして“3台の6K画面”として利用した際の静止衛星の6K動画再生の様子を示す。



図9.5-2. ChOWDERを用いた画像の全画面表示（上）と、12面×3台それぞれに6Kサイズの高解像動画を表示する様子（下）

9.6. その他計測装置、ソフトウェア（近藤研究室・ヨサファット研究室・本郷研究室）

- ・紫外、可視、近赤外分光光度計と反射測定装置
- ・ハイパースペクトルカメラ
- ・マイクロ波伝搬測定システム
- ・高周波回路設計ソフト HFSS
- ・高周波回路設計ソフト IE3D
- ・高周波回路設計ソフト Ansoft Designer
- ・空間情報解析ソフト ArcGIS
- ・衛星画像解析 ER Mapper , ENVI , ERDAS, PCI など

[10] 令和4年度計算機データベース主要業務

10.1. 概要

令和4（2022）年度もこれまでのデータベース公開業務の継続が主な活動である。

10.2. 令和4（2022）年度計算機データベースおよびデータ管理支援室主要業務：

通常業務（2名〔5月～翌3月〕）

- 一階サーバー室、三階サーバー類の状態管理、報告、温度管理
- 屋上アンテナ（FY-2G、受信アンテナ）チェック
- 各種データダウンロード状況チェック、欠落データの再処理、データ量のチェック
- MSG2/3/4自動ダウンロード、プロダクト作成、保存テープの巻き戻し作業
- GOES-R（G16）、GOES-S（G17/G18）、MODIS、MSGその他気象データのHTTPSダウンロードスクリプトへの対応・チェック、サーバの構成変更に伴うマウント場所の調整
- テープバックアップ（LTO4からLTO6、8へのデータ移行、テープの巻き戻し作業）
- サーバー室、マルチメディア室のPC保守、エアコンフィルター清掃・掃除
- メールサーバ管理、研究室ML更新、新規ML作成
- WWWサーバーコンテンツの更新、wwwへの対応
- 気象庁、EUMET、NASA衛星の変更によるダウンロードスクリプトの見直し
- データ容量肥大に対応するためのRAIDの更新、およびOSサポート期限によるOS刷新を伴うサーバシステム移行（1.4.2.1参照）への対応

表10.2. 令和4（2022）年度障害等報告

年月日	障害・対応事項
2022/04/05	MSG1 1/17-1/30 データなし、代替えMSG2再ダウンロード、再処理
2022/04/15	FY2-G 4/11より異常データによりHRITデータ変換停止。対応依頼
2022/04/25	goes3g-visual-calcサーバー異常により動画生成停止。サーバ交換により対応
2022/05/10	hmwr829gr 設置ラックUPSバッテリー再度低下（初回5/2）。5/11交換
2022/05/31	modis server ssh login不可。ハードウェアリブートで対応、様子をみる
2022/06/02	1階サーバー室サーキュレータ1台に異音発生のため運用停止
2022/06/02	hmwr829hs-rt メモリ交換。6/8（12:00-13:00 JST）電源停止
2022/06/17-30	modis RAID 残量逼迫。RAID内でのデータの構成変更
2022/06/27	H08 griddedデータ作成無（6/26 11:00 JST, 6/27 10:00 JST）。H08 gridded v2データ作成遅延（6/27-6/29）。hmwr829hs-rt メモリ交換。gp08ランプ赤色点灯
2022/07/06	MSG4 ダウンロード不調
2022/07/15	goes3g-est-nc RAID 残量圧迫。RAID内でのデータの構成変更
2022/08/02	大学内ネットワーク機器更新作業
2022/08/30	8/30 8:00-8:30（JST） 学内ネットワーク接続 一時中断
2022/09/02	9/2（8:00 JST - 8:30 JST）、9/6（8:00 JST - 8:30 JST）、9/8（8:00 JST - 8:30 JST）学内ネットワーク作業
2022/09/05	goes3g-est-nc RAID 赤色ランプ点灯
2022/09/08	quicklooks 容量圧迫
2022/09/13	geoinfo 容量逼迫
2022/09/20	FY受信機UPSバッテリー警告点灯
2022/09/30	10/2の学内停電点検に伴うサーバ停止
2022/10/02	8:00-17:30 JST 西千葉キャンパス 電気設備定期点検（計画点検停電）
2022/10/04	3階サーバー室 廊下壁のカビ、冷気もれ、除湿に関する対応開始
2022/10/13	1階サーバ室及び3階コンピュータ室の除湿器稼働開始
2022/10/24	tape2 LTO8 テープドライブ不具合有

2022/10/12	reanal RAIDディスク交換（赤色ランプ点滅）
2022/10/31	goes3g-est-nc, goes3g-west-nc ディスク容量の調整
2022/11/17	3階コンピュータ室の壁の清掃作業（業者対応）
2022/11/24	hmwr829hs RAIDトラブル発生
2022/11/29	hmwr829hs復旧作業完了。厳しめの設定でftpデータ公開再開
2022/12/02	gp04 橙色ランプ点滅→不定期のため、様子見
2022/12/07	reanal RAID異常→12/09 不良HDD交換、リビルド実施
2022/12/11	quicklooks, meteosat RAIDデータ使用量をデータ移動により削減
2022/12/13	ひまわり8号から9号に切り替え（12/13 14:00 JST）
2022/12/21	1階サーバ室及び3階コンピュータ室の除湿器停止（乾燥する季節のため）
2022/12/14	hmwr829hs-rt容量逼迫（ひまわり切り替えに伴う設定変更不備のため。対応）
2022/12/20	goes18 netcdfデータダウンロード開始（リアルタイム分）
2023/01/xx	1/7-1/9, 1/21-1/22：学内ネットワーク更新作業
2023/01/27	hmwr829gr RAID内不良HDD交換
2023/02/13	hmwr127 RAID異常、不良HDD交換
2023/02/20	20:44:34-21:01:14 JST：落雷による停電発生。サーバ時停止、UPS稼働、RAID不調
2023/02/21	停電障害対応（RAID再起動、OS再起動、private IP HUB交換等）
2023/02-03	2/28-3/2 図書館4K 6枚ひまわりディスプレイ装置表示不良による運用休止
2023/02/28	goes3g-west-nc RAID HDD入替移行作業開始（構成HDDを16TBへ総入替）
2023/03/02	modis RAID使用率99%。GCOM-C-SGLI V3（2018, 2019, 2020）の消去
2023/03/02	01UTC: Meteosat 0 Degree MSG4からMSG3に変更。対応
2023/03/16	図書館ひまわりディスプレイ装置表示不良対処処置（M/Bの入替）のため一時撤収
2023/03/22	M/B入替後の図書館ひまわりディスプレイ装置再設置（3/24より定常運用再開）
2023/03/27	304室電源工事
2023/03/28	FY-2受信装置定期保守点検（ビジョンテック）
2023/03/30	共用データサーバbgstrg1設定終了。テスト運用開始

10.3. 令和4（2022）年度データダウンロード実績

令和4（2022）年度データダウンロード実績は以下の通りである。

表10.3. 令和4（2022）年度データダウンロード実績

衛星／センサー名	学内ダウンロード	学外ダウンロード	昨年比 学内／学外 (%)
NOAA／AVHRR	0	4,766	- / 31.64
Terra & Aqua／MODIS	12,336	820,128	16.80 / 301.50
GMS1-4, 5, GOES9	0	428,096	- / 72.82
MTSAT	0	741,764	- / 182.73
FY2-B, C, D, E, G	87,039	46,713	64.60 / 33.51
METEOSAT, MSG	0	49,331	- / 101.54
GOES-E, -W	0	105	- / 0.05
GOES-R, -S	423,206	102,109	5.85 / 1.91
地理情報等	486,082	30,034	5328.09 / 64.30
TRMM, GPM	23,974	509,537	30.93 / 615.99
放射プロダクト	3,415,745	37,911,652	72.89 / 139.36
ひまわり8／9号	122,154,089	40,049,148	131.07 / 74.65
A-Train*	0	1,020,050	- / 74.39
総計	126,602,471	81,713,433	120.04 / 91.40

[11] 令和4年度CEReSニューズレターヘッドラインおよびニュースリリース
(<https://ceres.chiba-u.jp/>)

- ◆ Newsletter No.197 (発行2022年4月)
新入生ガイダンスとCEReS顔合わせ会の開催報告
2022年度の開始：出会いあり、別れあり ～小槻研究室通信・第16号～
- ◆ Newsletter No.198 (発行2022年5月)
大学院リモートセンシングコース入試説明会の開催報告
文部科学大臣表彰・若手科学者賞の受賞 ～小槻研究室通信・第17号～
- ◆ Newsletter No.199 (発行2022年6月)
JpGU Meeting 2022「環境リモートセンシング」セッション開催報告
CEReS & Irie Lab Special Seminarの開催報告 ～齊藤雅典博士 (Texas A&M University) の講演～
新任職員の紹介、Joining Irie lab and having fun: a letter from WU YOU
- ◆ Newsletter No.200 (発行2022年7月)
環境リモートセンシング研究センター 令和4年度第1回拠点運営委員会開催報告
リモートセンシングコース修士論文発表会を開催
福江島出張に行ってきました！ ～CEReSの研究活動便り (入江研究室)～
Tsolmon Renchin教授 (モンゴル国立大学) のCEReS滞在記
JSPS研究拠点形成事業「最新型静止衛星群による陸面モニタリング」のウェブサイト始動
千葉大学・国際高等研究基幹への異動について (小槻峻司)
CEReSよりお知らせ <<ニュースリリース>>
ひまわり8号の地表面温度推定システムをアップデート ～より正確な「地球の熱症状」の診断が可能に～
- ◆ Newsletter No.201 (発行2022年8月)
木更津高校が気象観測機材の見学のため来校されました
福島第一原発の廃炉状況を視察してきました ～小槻研究室通信・第18号～
受賞報告：JpGU 2022学生優秀発表賞、新任職員の紹介
- ◆ Newsletter No.202 (発行2022年9月)
近藤昭彦教授、日本水文科学会2022年度功績賞を受賞
Josaphat's Reports in September
CEReSより新着プレスリリース
衛星地球観測コンソーシアム (CONSEO) への入会のご報告
入江研究室より今夏の活動報告 (学生編)
研究室YouTubeチャンネルを開設しました、学位取得おめでとうございます
- ◆ Newsletter No.203 (発行2022年10月)
AsiaFlux Conference 2022に参加して
CEReSより新着プレスリリース、「第6回陸域フラックス合同研究会」の開催
気象学会2022年度秋季大会の参加報告
水文・水資源学会/日本水文科学会2022年度研究発表会にて優秀発表賞を受賞

- ◆ Newsletter No.204 (発行2022年11月)
 - 情報セキュリティ研修を開催しました (11月16日)
 - CEReS セミナーの開催 ～CEReS 客員准教授 濱田 篤先生 (富山大学准教授) による講演～
 - 入江仁士先生の教授就任をお祝いして ～CEReS 研究室便り～
 - Josaphat's Reports in November
 - 第27回大気化学討論会参加報告
 - ダブル・ディグリー・プログラムの大学院生紹介 (第1回)、新任職員の紹介

- ◆ Newsletter No.205 (発行2022年12月)
 - Prabir K. Patra 客員教授による CEReS セミナー
 - The 13th International GEMS Workshop 参加報告
 - CEReS 研究室所属の修士研究中間発表会を開催しました
 - 地方自治体環境研究所・国立環境研究所の研究者ら CEReS を訪問
 - 日本リモートセンシング学会 学術講演会 参加報告
 - メリーランド大学訪問記 ～大学院生3人のアメリカ武者修行、しっかり学んできました?!～
 - ダブル・ディグリー・プログラムの大学院生紹介 (第2回)

- ◆ Newsletter No.206 (発行2023年1月)
 - 令和4年度国際社会青年育成事業視察団の皆様をお迎えしました
 - インドネシア第2海洋漁業大臣 Rokhmin Dahuri 氏の招待講演
 - NASA Ames 訪問記、AGU Fall Meeting 2022 参加報告
 - 2023 AMS Annual Meeting に参加しました ～小槻研究室通信・第22号～
 - 気象学会2022年度秋季大会で松野賞受賞!、ダブル・ディグリー・プログラムの大学院生紹介 (第3回)

- ◆ Newsletter No.207 (発行2023年2月)
 - 第25回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム開催
 - POTEKA の設置 ～リアルタイムかつピンポイントで地域の気象をキャッチ/入江研究室より～
 - リモートセンシングコース修士論文発表会を開催しました
 - 第13回データ同化ワークショップに参加しました ～小槻研究室通信・第23号～
 - 受賞報告: Wang Ruci 特任助教 ～2022年度「シンフォニカ統計GIS活動奨励賞」を受賞～
 - 令和4年の水工学論文奨励賞 受賞 ～小槻研究室通信・第24号～

- ◆ Newsletter No.208 (発行2023年3月)
 - 近藤昭彦教授最終講義および先生を囲む会が開催されました
 - ひまわり TIR 論文「Top Cited Article 2021-2022 (JGR-SE)」に選出
 - 本郷准教授、SATREPS プロジェクト報告
 - ヨサファット教授、SARに関する本を出版、学位取得おめでとうございます

◆ Newsrelease No.28 (発行2022年8月/CEReSウェブサイトにて公表)

ひまわり8号の地表面温度推定システムをアップデート
～より正確な「地球の熱症状」の診断が可能に～ (山本雄平)

◆ Newsrelease No.29 (発行2022年9月/大学・CEReSウェブサイトにて公表)

メタンの半球輸送におけるアジアモンスーンの役割を解明
～温室効果ガスの収支評価の高精度化につながる知見～ (Dmitry Belikov、齋藤尚子、Patra Prabir Mumar)

◆ Newsrelease No.30 (発行2022年10月/大学・CEReSウェブサイトにて公表)

大気中の成分変化が示したコロナ禍の「自主的な行動制限」 - リモートセンシングで分かる日本特有の行動変化 - (入江仁士、Dmitry Belikov)

◆ Newsrelease No.31 (発行2023年1月/大学・CEReSウェブサイトにて公表)

バイオマスバーニング(火災)が大気環境へ及ぼす影響の大きさを確認 - エアロゾルデータを用いて気候変動への影響を評価 - (修士1年大野智、入江仁士)

◆ Newsrelease No.32 (発行2023年2月/大学ウェブサイトにて公表)

“DInSAR”で宇宙から地盤沈下を正確に観測 - 高精度かつより低コストな新モニタリング手法を検証 - (ヨサファット)

[12] 組織・運営・人事・予算

12.1. センターの構成（令和5年3月現在）

センター長		服部 克巳	
先端センシング部門	教授 スリスマンティヨ ヨサファット テトオコ	准教授	本多 嘉明
環境診断部門	教授 市井 和仁	教授 入江 仁士	准教授 齋藤 尚子
環境予測部門	助教 楊 偉	(教授 小槻 峻司/センター構成員として兼務活動)	
統合解析部門	准教授 樋口 篤志	講師	梶原 康司
社会実装部門	教授 近藤 昭彦*	准教授	本郷 千春

※近藤昭彦教授は令和5年3月31日付定年退官

12.2. 職員名簿（令和5年3月現在）

教員組織（環境リモートセンシング研究センター）		教員組織（兼務教員・客員教員・グランドフェロー）	
職名	氏名	職名	氏名
教授	近藤 昭彦	兼務教員	
教授	市井 和仁	教授	服部 克巳（理学研究院）
教授	スリスマンティヨ ヨサファット テトオコ	教授	小槻 峻司（国際高等研究基幹）
教授	入江 仁士	准教授	椎名 達雄（工学研究院）
准教授	齋藤 尚子	准教授	加藤 顕（園芸学研究科）
准教授	樋口 篤志	助教	劉 ウェン（工学研究院）
准教授	本郷 千春		
准教授	本多 嘉明	客員教員	
講師	梶原 康司	非常勤講師 (客員教授)	パトラ プラビール クマール (海洋研究開発機構)
助教	楊 偉	非常勤講師 (客員准教授)	木村 篤史 (株)パスコ
特任助教	オウ ジョジ	非常勤講師 (客員准教授)	濱田 篤 (富山大学)
特任助教	オウヨウ ボウ	非常勤講師 (客員准教授)	金丸 佳矢 (情報通信研究機構)
特任助教	ゾウ シャン		
特任助教	竹中 栄晶	グランドフェロー	
特任助教	平山 英毅	名誉教授	久世 宏明（グランドフェロー）
特任助教	眞子 直弘	名誉教授	鷹野 敏明（グランドフェロー）
特任助教	武藤 裕花		
特任助教	山本 雄平	事務組織（西千葉地区事務部理工系総務課）	
特任研究員	オエトリ パスカル J.A.	部長	多田 幸敏
特任研究員	大橋 正尚	課長	杉木 清彦
特任研究員	塩尻 大也（JSPS特別研究員）	副課長	中澤 淳
特任研究員	シャーマ ラム チャンドラ	係長	佐瀬 紀子（センター支援係）
特任研究員	ヘリコフ ドミトリー		
特任研究員	ヘンリ ダニエル ジョセフ		

12.3. 拠点運営委員会

令和4年度 千葉大学環境リモートセンシング研究センター拠点運営委員会委員名簿

令和5年3月31日現在

役職	氏名	所属・職名
委員長	黒岩 眞吾	大学院工学研究院（教授）
委員	石坂 丞二	名古屋大学宇宙地球環境研究所（副所長・教授）
委員	井上 智博	千葉県環境研究センター（室長）
委員	三枝 信子	国立環境研究所（領域長）
委員	竹内 渉	東京大学生産技術研究所（教授）
委員	田殿 武雄	宇宙航空研究開発機構（研究領域主幹）
委員	松岡 延浩	千葉大学大学院園芸学研究院（教授）
委員	松山 洋	東京都立大学都市環境科学研究科（教授）
委員	三木 隆司	千葉大学大学院医学研究院（教授）
委員	服部 克巳	環境リモートセンシング研究センター（センター長・教授）／大学院理学研究院
委員	近藤 昭彦	環境リモートセンシング研究センター（副センター長・教授）

12.4. 学内各種委員会委員およびセンター内委員会

令和4年度 学内各種委員会委員

委員会等名	委員職名	氏名
防災危機対策室	室員	入江 仁士
グローバル・キャンパス推進基幹会議委員 (旧国際戦略本部 国際戦略室)	委員	ヨサファット
学術研究推進機構 研究支援企画部会	構成員	近藤 昭彦
学術研究推進機構 若手研究者育成部門 テニユアトラック審査・評価部会	構成員	近藤 昭彦
学術研究推進機構 学術資料部門 学術資料専門部会	構成員	市井 和仁
広報戦略室 広報推進専門部会	構成員	入江 仁士
環境ISO実行委員会	委員	齋藤 尚子
	ユニット環境責任者（研究棟）	齋藤 尚子
	ユニット環境責任者（共同棟・実験棟）	ヨサファット
	ユニット環境責任者（工学系総合棟8F）	小槻 峻司
省エネルギーダー会議	省エネルギーダー	梶原 康司
ハラスメント相談員	ハラスメント相談員	本郷 千春
情報安全管理体制	部局情報保護管理責任者	服部 克巳
	部局情報保護管理者	樋口 篤志
コンプライアンス管理	コンプライアンス推進責任者	服部 克巳
	コンプライアンス推進副責任者	近藤 昭彦
研究倫理教育	研究倫理教育責任者	服部 克巳
安全保障輸出管理委員会	構成員	服部 克巳

令和4年度 センター内 委員会名及び委員名

委員会名	委員長	委員
副センター長	近藤 昭彦	
予算委員会	近藤 昭彦	本多 嘉明、樋口 篤志、小槻 峻司
共同利用研究推進委員会	市井 和仁	ヨサファット、本多 嘉明、本郷 千春、入江 仁士
広報委員会	小槻 峻司	入江 仁士、楊 偉
施設委員会	本多 嘉明	ヨサファット、齋藤 尚子
計算機及びデータベース委員会	樋口 篤志	齋藤 尚子、小槻 峻司、梶原 康司
教育委員会	入江 仁士	ヨサファット、梶原 康司、楊 偉
中期計画推進委員会	服部 克巳	専任教員
自己点検・評価委員会	服部 克巳	専任教員、理工系総務課長
学術推進企画小委員会	ヨサファット	センター長／服部 克巳、予算委員長／近藤 昭彦、 広報委員長／小槻 峻司

12.5. 予算

令和4年度 最終予算

事 項	予算額 (円)	備 考
運営費交付金	108,855,020	
教育研究経費	68,436,020	
ミッション実現加速化経費	16,000,000	
全国共同利用・共同実施	14,007,000	
教育研究基盤維持経費	4,651,000	補正予算分
学長裁量経費	5,761,000	
外部資金	285,803,731	
科学研究費補助金	95,653,728	
受託研究経費	106,042,627	再委託分を含む
共同研究経費	13,540,007	
受託事業経費	16,149,000	
寄附金経費	18,424,382	前年度繰越分を含む
補助金等経費	18,628,431	
研究関連経費	17,365,556	
研究関連経費（全学共通等経費）	0	
施設設備費補助金事業経費等	0	
合 計	394,658,751	

※専任教員、常勤事務職員の人件費、及び大学本部支援の人件費は含まない。

12.6. 外部資金一覧（間接経費・再委託費含む年度単位の契約・配分額、ただし奨学寄附金、補助金等是非掲載）

研究種目	研究テーマ	受入教員	金額
科学研究費（補助金・基金）			
基盤研究（S） （新規／～令和8年度）	第三世代静止気象衛星群による全球高頻度観測は陸域生態環境理解に何をもたらすか？ （研究分担者／入江仁士、樋口篤志、楊偉、山本雄平）	市井 和仁	58,890,000
基盤研究（B） （新規／～令和6年度）	低コストの受動型可視分光法による大気下層水蒸気観測技術の線状降水帯研究への新展開	入江 仁士	5,720,000
基盤研究（B） （新規／～令和8年度）	衛星観測に基づく対流圏オゾンの global budget と日変化プロセスの評価	齋藤 尚子	2,470,000
学術変革領域研究（A） （新規／～令和5年度）	数値計算と地域研究で読み解く水災害リスク変動が地域社会に与えてきた影響	小槻 峻司	5,200,000
学術変革領域研究（A） （新規／～令和5年度）	観測ビッグデータ駆動型の広域陸域水・物質循環推定による陸域生態系変動の診断	市井 和仁	9,750,000
挑戦的研究（萌芽） （新規／～令和6年度）	環北極域における超高頻度衛星観測データの創出による陸面劇的変動の早期高精度検出 （研究分担者／小槻峻司）	市井 和仁	3,510,000
国際共同研究加速基金 （国際共同研究強化(B)） （新規／～令和7年度）	洪水氾濫情報を用いた東南アジア穀倉地にみられる病虫害拡散メカニズムの解明 （研究分担者／山本雄平）	本郷 千春	3,900,000
基盤研究（A） （継続／～令和6年度）	最先端のデータサイエンスで切り拓く「富岳」時代のリアルタイム豪雨・洪水予測	小槻 峻司	11,050,000
基盤研究（C） （継続／～令和4年度）	ひまわり8号とフェーズドアレイ気象レーダによる積乱雲発達初期の高頻度同時観測	樋口 篤志	1,430,000
基盤研究（C） （継続／～令和4年度）	Investigating the Interaction between Spring Green-up Date and Autumn Dormancy Onset based on Field and Satellite Data to Improve the Forest Phenology Models	楊 偉	1,040,000
若手研究 （継続／～令和4年度）	熱帯域の植生面温度に関する新知見獲得と植生呼吸・光合成量の推定精度向上への展開	山本 雄平	1,170,000
国際共同研究強化（B） （継続／～令和4年度）	日米の新世代静止衛星観測ネットワークによる高時間分解能陸面モニタリング （研究分担者／山本雄平）	市井 和仁	5,330,000
特別研究員奨励費（継続）	水文観測データ同化を組み合わせた陸域水循環モデルによる流出発生過程の解明	塩尻 大也	1,300,000
基盤研究（S）（分担者） （継続／～令和7年度）	衛星地球観測による新たな全球陸域水動態研究 研究代表者：沖 大幹（東京大学）	小槻 峻司	4,180,000 （繰越金含む）
基盤研究（S）（分担者） （継続／～令和5年度）	北極海－大気－植生－凍土－河川系における水・物質循環の時空間変動 研究代表者：檜山哲哉（名古屋大学）	市井 和仁	1,560,000
基盤研究（A）（分担者） （継続／～令和5年度）	魚類繁殖機構に及ぼす地球温暖化・気候変動影響の早期警戒指標の構築 研究代表者：ストルスマン C.A.（東京海洋大学）	近藤 昭彦	130,000
基盤研究（A）（分担者） （継続／～令和5年度）	魚類繁殖機構に及ぼす地球温暖化・気候変動影響の早期警戒指標の構築 研究代表者：ストルスマン C.A.（東京海洋大学）	楊 偉	585,000
基盤研究（B）（分担者） （継続／～令和5年度）	植物起源 VOCs 発生量の全球高精度推定とその大気化学・気候学的インパクト 研究代表者：須藤健悟（名古屋大学）	入江 仁士	650,000
基盤研究（B）（分担者） （継続／～令和5年度）	船舶搭載可降水量センサーと静止気象衛星による海洋上水蒸気量微細構造推定手法の開発 研究代表者：吉田 聡（京都大学）	山本 雄平	65,000

研究種目	研究テーマ	受入教員	金額
基盤研究 (C) (分担者) (新規/～令和5年度)	地上・衛星観測網による東アジアのエアロゾルの半世紀の変動とコロナ禍の影響の解明 研究代表者：工藤 玲 (気象研究所)	入江 仁士	325,000
挑戦的研究 (開拓) (分担者) (継続/～令和6年度)	逆算アルゴリズム等価性による大規模衛星観測網の高精度化：新パラダイムの創成と実証 研究代表者：吉岡博貴 (愛知県立大学)	市井 和仁	1,625,000
受託研究			
科学技術振興機構/ JST SATREPS	食料安全保障を目指した気候変動適応策としての農業保険における損害評価手法の構築と社会実装	本郷 千春	16,041,056
国際協力機構/ JICA SATREPS	食料安全保障を目指した気候変動適応策としての農業保険における損害評価手法の構築と社会実装	本郷 千春	19,586,892
宇宙航空研究開発機構/ JAXA	SGLI観測値に基づくBRDFによるAGB推定の高精度化	本多 嘉明	8,775,000
科学技術振興機構/JST	「観測の価値」を最大化するデータ同化・予測手法の開発	小槻 峻司	15,572,226
宇宙航空研究開発機構/ JAXA	熱赤外分光データによる二酸化炭素およびメタン導出アルゴリズムの維持改良 (その4)	齋藤 尚子	5,000,000
情報通信研究機構/ NICT	データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発	梶原 康司	2,473,900
国立環境研究所 (研究分担) 環境研究総合推進費再委託	メタン吸収能を含めたアジア域の森林における土壌炭素動態の統括的観測に基づいた気候変動影響の将来予測	市井 和仁	3,890,648
福島大学 (研究分担) 環境研究総合推進費再委託	原発事故地域における森林火災後の放射性物質・再拡散予測システムの開発	小槻 峻司	3,510,000
国立環境研究所 (研究分担) 環境研究総合推進費再委託	排出インベントリと観測データ及び物質循環モデル推定に基づくGHG収支評価	市井 和仁	17,995,000
国立環境研究所 (研究分担) 環境研究総合推進費再委託	対策によるオゾン濃度低減効果の裏付けと標準的な将来予測手法の開発	入江 仁士	8,647,725
科学技術振興機構/JST	気象制御のための制御容易性・被害低減効果の定量化	小槻 峻司	13,325,000
科学技術振興機構/ JST SATREPS	アラル海地域における水利用効率と塩害の制御に向けた気候にレジリエントな革新的技術開発	樋口 篤志	5,447,000
科学技術振興機構/ JST SATREPS	アンデスアマゾンにおける山地森林生態系保全のための統合型森林管理システムモデルの構築/研究題目1：森林の炭素蓄積変化や劣化度合いを加味した時系列の土地利用変化の特定	楊 偉	4,407,000
共同研究			
宇宙航空研究開発機構/ JAXA	SKYNETとA-SKY国際地上リモートセンシング観測網を用いた高精度検証によるGCOM-C/SGLI大気プロダクトの応用研究の推進	入江 仁士	4,436,000
宇宙航空研究開発機構/ JAXA	GCOM-C/SGLIデータを用いた全球陸域植生フェノロジーと炭素フラックスプロダクトの作成	楊 偉	4,259,000
宇宙航空研究開発機構/ JAXA	陸面データ同化とデータサイエンスによる全球衛星降水マップGSMaPの高度化	小槻 峻司	4,766,999
住友金属鉱山株式会社	乾式炉内のマイクロ波イメージング	ヨサファット	3,300,000
日本無線株式会社	衛星、レーダ、地上観測による対流雲発生の観測	樋口 篤志	743,080
受託事業			
日本学術振興会	令和3年度(2021年度)論文博士号取得希望者に対する支援事業	本郷 千春	1,200,000
日本学術振興会	静止気象衛星観測網による超高時間分解能陸域環境変動モニタリング国際研究拠点	市井 和仁	14,949,000

千葉大学環境リモートセンシング研究センター
令和四(2022)年度 年報(第28号)

2023年7月発行
(50部)

編集 CEReS 広報委員会

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33
千葉大学環境リモートセンシング研究センター
Tel 043-290-3832 Fax 043-290-3857

印刷 (株) 正文社

CEReS

Center for Environmental Remote Sensing
Chiba University

〒263-8522 千葉県稲毛区弥生町1-33
千葉大学環境リモートセンシング研究センター
Tel. 043-290-3832 Fax. 043-290-3857
<http://www.cr.chiba-u.jp>
(最寄駅) JR総武線 西千葉駅下車 徒歩5分

