

第 17 回 CEReS  
環境リモートセンシングシンポジウム  
資料集

Proceedings of the 17th Symposium on  
Remote Sensing for Environment

2015 年 2 月 20 日  
千葉大学けやき会館

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 (CEReS)  
Chiba University

第17回環境リモートセンシングシンポジウム資料集  
(2014年度 CEReS 共同利用研究発表会資料集)

目次

【プログラム - 1】

UAV 搭載 CP-SAR システムにおける FPGA 間通信の実装 . . . . .	2
難波一輝 (千葉大学・融合科学研究科)・文屋 勝・飯塚 慧・ヨサファット	
小型衛星搭載用電子温度密度測定器 EDTP の開発 . . . . .	3
宮崎貴大 (千葉大学)・ヨサファット・阿部琢美・中園智幸・小山孝一郎・児玉哲哉	
赤外吸収を用いたガス可視化技術の開発 . . . . .	4
染川智弘 (レーザー技術総合研究所)・眞子直弘・久世宏明	
対流圏オゾンおよび微量成分観測における短波長域地表面アルベドの影響評価 . . . . .	6
野口克行 (奈良女子大学・研究院自然科学系)・入江仁士・北 和之	
地震防災の避難上の特異事情を含む首都圏の重要課題域と減災対策 . . . . .	7
～津波遡上を考慮したハイリスク地域への防災事業の提案～ 金子 大二郎 ((株)遥感環境モニター)	
光学・レーダー観測と衛星画像による火山爆発噴煙の解析 . . . . .	10
木下紀正 (鹿児島大学・教育学部)・土田 理・眞木雅之・飯野直子・金柿主税	
UAV (無人航空機) を用いた森林の二方向性反射特性に関する実測的研究 . . . . .	14
～植物の季節変化に注目して～ 松山 洋 (首都大学東京・都市環境科学研究科)・酒井健吾・山本遼介・長谷川宏一・ 泉 岳樹	
雲水量の地上観測と衛星データ検証 . . . . .	18
高村民雄 (千葉大学・グランドフェロー)・鷹野敏明・今岡啓治	
火山 CO <sub>2</sub> センサ開発 . . . . .	21
大前宏和 ((株)センテナ)・三宅俊子・ヨサファット	
衛星画像を用いた宗谷暖流沿岸域における海表面アルベドの導出 . . . . .	22
朝隈康司 (東京農業大学・生物産業学部)	
i-Skyradiometerによる雲の光学特性の導出について&Skyviewによる雲量とMODIS雲量の比較 . . . . .	23
片桐秀一郎 (東北大学・理学研究科附属大気海洋変動観測研究センター)・山田恭平・ 早坂忠裕	
GCOM-C1/SGLI センサによる総生産推定アルゴリズムの開発 . . . . .	25
～GPP キャパシティからの GPP 推定の枠組み～ 村松加奈子 (奈良女子大学・研究院自然科学系)	

<b>リモートセンシング・地上観測の融合研究を目指すトレーニングコースの試み</b> . . . . .	26
～森林分野地上検証活用研究会～	
柴田英昭（北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター）・吉田俊也・日浦 勉・ 加藤 顕・中路達郎・中村誠宏・梶原康司・本多嘉明	
<b>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</b> . . . . .	30
馬淵和雄（千葉大学・客員教授）・森山雅雄・本多嘉明・梶原康司	
<b>全球 ASTER 時系列 DEM・オルソ画像データセットの開発とその応用</b> . . . . .	33
浦井 稔（千葉大学・客員教授）	
<b>MODIS を用いた東北地方の長期モニタリング</b> . . . . .	37
朴 鍾杰（東京情報大学）・浅沼市男・原田一平	
<b>MODIS を用いた北海道の水田抽出</b> . . . . .	38
朴 鍾杰（東京情報大学）・金 榮煥・浅沼市男・原田一平	
<b>総生産量推定のための全球土地被覆分類データの検証方法：FLUXNET 情報の利用</b> . . . . .	39
曾山典子（天理大学・人間学部総合教育研究センター）・村松加奈子	
<b>UAV と SfM-MVS を用いた斜面崩壊の発生と地形変化に関する解析</b> . . . . .	40
～阿蘇山を対象として～	
齋藤 仁（関東学院大学）・小花和宏之・ヨサファット（千葉大学）・ 内山庄一郎（防災科技研）・早川裕式（東京大学）・泉 岳樹・山本遼介・ 松山 洋（首都大学東京）	
<b>【プログラム - 2】</b>	
<b>GOSAT FTS TIR Ver.01.00 データの全球規模解析の初期結果</b> . . . . .	44
江口菜穂（九州大学 応用力学研究所）・齋藤尚子	
<b>CloudSat/CPR を用いた熱帯域の雲気候学</b> . . . . .	45
高橋 洋（首都大学東京・都市環境科学研究科）・山地萌果	
<b>NICAM-TM を用いた二酸化炭素・メタンの大気輸送シミュレーション</b> . . . . .	46
丹羽洋介（気象庁・気象研究所）・澤 庸介・町田敏暢・松枝秀和・坪井一寛・ 今須良一・佐藤正樹	
<b>雲レーダ FALCON- I と CloudSAT 搭載 CPR の比較観測</b> . . . . .	47
鷹野敏明（千葉大学・工学研究科）・鹿野隼人・井浦太一・河村洋平・中田裕之・高村民雄	
<b>【プログラム - 3】</b>	
<b>甲府盆地における小スケール気象データと土地被覆条件との関連性についての実証的研究</b> . . . . .	52
尾藤章雄（山梨大学・教育学研究科）・下平和樹	

<b>LiDAR を用いた森林バイオマス資源のエネルギー利用可能量の推定</b> . . . . .	53
有賀一広 (宇都宮大学・農学部)・劉純暉・上村 僚・加藤 顕	
<b>インドネシア地域における衛星データを使用した海面応力と熱交換の関係</b> . . . . .	54
大澤高浩 (ウダヤナ大学)・本郷千春	
<b>世界の農耕地乾燥パターンの推定</b> . . . . .	55
井関洸太郎 (独) 農業生物資源研究所)・小林利行・内藤 健・友岡憲彦・眞子直弘・ 久世宏明・建石隆太郎	
<b>千葉県生物多様性情報のマッピング「生命のにぎわい調査団」データの解析</b> . . . . .	56
鈴木裕也・中村光一・手塚祐介・渡辺 翼・小田豪生・原田一平・ 原慶太郎 (東京情報大学)・御巫由紀	
<b>衛星データを用いた東北の災害復旧モニタリング</b> . . . . .	57
浅沼市男 (東京情報大学)・鄭 義喆・朴鍾杰・原田一平	
<b>SfM 多視点写真測量による地形データの TLS を用いた精度検証</b> . . . . .	58
早川裕弐 (東京大学・空間情報科学研究センター)・加藤 顕・小花和宏之	
<b>黒ボク土で土壤炭素から CEC、リン酸吸収係数が推定可能な理由の解明</b> . . . . .	64
丹羽勝久 ((株)ズコーシャ 総合科学研究所)・本郷千春	
<b>インドネシア・チタルム川流域チヘア灌漑地区における水稻生産特性</b> . . . . .	65
本間香貴 (京都大学・農学研究科)・本郷千春	
<b>ラオス・ナムグム川流域における SAR データを用いた水稻の生育推定</b> . . . . .	66
牧 雅康 (東北工業大学・環境エネルギー学科)・本郷千春	
<b>光学センサ画像と SAR 画像の統合利用による浸水被害の量的把握</b> . . . . .	67
篠原崇之 (東京工業大学・総合理工学研究科)・松岡昌志・劉 ウェン	
<b>千葉県北部における過去 130 年間の草原の変遷と現存植との関係</b> . . . . .	70
野田 顕 (東邦大学・理学部)・西廣 淳・近藤昭彦	
<b>ALOS-2 画像を用いた長野県神城断層地震の被害把握</b> . . . . .	71
劉 ウェン (千葉大学・工学研究科)・Luis Moya・山崎文雄	
<b>森林域における効率の良い現地調査手法の開発</b> . . . . .	72
加藤 顕 (千葉大学・園芸学研究科)・梶原康司・本多嘉明・Christopher Gomez・ 建石隆太郎・ヨサファット	
<b>湿地再生の可能性評価に向けた印旛沼低地排水路および休耕田における水生生物の分布調査</b> .	80
富田和弘 (東邦大学・理学部)・西廣 淳・近藤昭彦	
<b>中国河北平原における近年の主要農産物の農事暦変化</b> . . . . .	81
俞 江 (千葉大学・CEReS)・尤 欽・沈彦俊・近藤昭彦	

## 【一般研究】

衛星画像処理用大気パラメータ計算のための放射伝達モデルの比較 . . . . .	84
飯倉善和 (弘前大学・理工学研究科)・眞子直弘・久世宏明	
地上と衛星の統合的な観測による植生フェノロジーの大陸間比較 . . . . .	85
永井 信 (海洋研究開発機構・地球表層物質循環研究分野)	
衛星搭載可視・赤外データを用いた GSMaP 降雨判定手法の開発 . . . . .	90
山本宗尚 (京都大学・理学研究科)・重 尚一・広瀬民志・樋口篤志	
多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質リトリバルの研究： Ensemble を用いた変分同化法システムの開発 . . . . .	91
青梨和正 (気象庁・気象研究所)	
SKYNET データを利用して得られた雲・エアロゾルの光学的特性 . . . . .	95
青木一真 (富山大学・理工学研究部)	
火星ダスト類似エアロゾルの物理・光学特性測定 . . . . .	98
千秋博紀 (千葉工業大学・惑星探査研究センター)・小林正規・久世宏明・眞子直弘・ はしもとじょーじ・椎名達雄・野口克行	
南相馬市の非耕作農地における土壌放射性物質濃度の実態把握 . . . . .	99
堀内雄太・宮原喜彦・井戸川知央・原田一平・浅沼市男・原慶太郎 (東京情報大学)・ 近藤昭彦	
無人小型飛行体搭載用ミニライダーの開発 . . . . .	100
椎名達雄 (千葉大学・融合科学研究科)	
ハイパースペクトルイメージングカメラのリモートセンシングへの応用に関する研究 . . .	103
高良洋平 (エバ・ジャパン株式会社)・安藤史識・藤森雄大・近藤昭彦・本多嘉明・ 梶原康司・本郷千春・ヨサファット・眞子直弘・久世宏明・野呂直樹	
インド亜大陸北東部の転倒ます雨量計網による TRMM 2A25 直接検証 . . . . .	104
寺尾 徹 (香川大学教育学部)・林 泰一・村田文絵・木口雅司・山根悠介・福島あずさ	
マイクロ波放射計、散乱計及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源量推定手法の開発 . .	108
～AMSR2 風速と ASCAT 風速との比較～ 香西克俊 (神戸大学・大学院海事科学研究科)・大澤輝夫	
光学観測データ解析による奈良におけるエアロゾルの研究 . . . . .	112
舟田亮子 (奈良女子大学・大学院)・西谷沙貴・川下温子・藤本梨沙・久慈 誠	
酸素 A バンドを利用した植物の蛍光スペクトル計測 . . . . .	113
増田健二 (静岡大学)・斎藤隼人・眞子直弘・久世宏明	
ISS-IMAP により観測された赤道プラズマバブルの季節—経度依存性 . . . . .	117
中田裕之 (千葉大学・工学研究科)・高橋 明・鷹野敏明・齊藤昭則・坂野井健	

<b>小型 UAV を用いた水稲生育の簡易モニタリング</b> . . . . .	121
田中 圭 (日本地図センター)・近藤昭彦 (千葉大学)	
<b>ラジコン電動マルチコプター, SfM を使用した近接画像からの水稲生育モニタリング</b> . . .	125
早崎有香・濱侃・田中 圭・近藤昭彦 (千葉大学)	
<b>APM による低コスト自律飛行マルチコプター構築法</b> . . . . .	136
田中 圭 (日本地図センター)	
<b>UAV 運用におけるヒヤリハット体験の共有</b> . . . . .	142
田中 圭 (日本地図センター)	
<b>第 17 回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム プログラム</b> . . . . .	145

# プログラム - 1

# UAV搭載CP-SARシステムにおける FPGA間通信の実装



National University Corporation  
Chiba University

難波 一輝, 文屋 勝, 飯塚 慧, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo  
千葉大学 大学院融合科学研究科 / 工学部 /  
環境リモートセンシング研究センター

## 背景

### 円偏波合成開口レーダ ( CP-SAR )

- マイクロ波を照射して反射波を受信(SAR)
- 天候や昼夜に左右されない
- 円偏波を用いることによって地球の電離層の影響に左右されず高解像
- データに含まれる情報量は多い

### SAR信号処理

- 画像データは不鮮明なので信号処理が必要
- Range-Dopplerアルゴリズムを使用

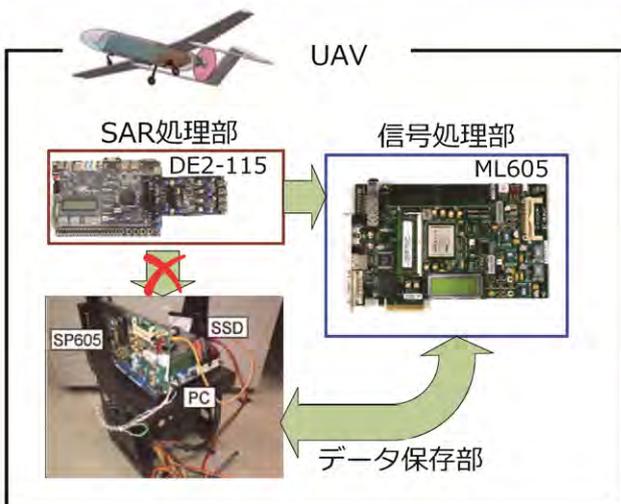
### FPGA

- 製造後に何度も再設計できる集積回路
- コストや消費電力を抑えられる

## 提案システム

### UAV搭載SAR信号処理システム

- SAR信号処理部と画像処理部とPC, SSDを用いたシステム
- PCを経由せずにFPGA間通信を行う

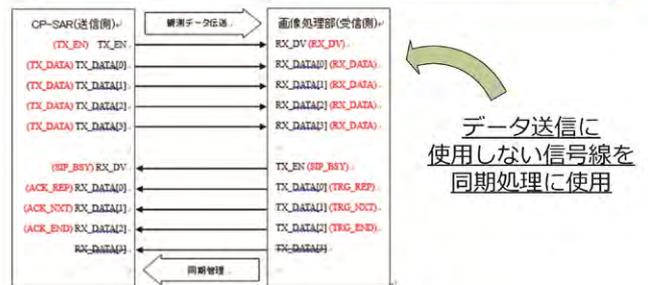


### FPGA間通信の利点

- 画像データ転送時間短縮
- 独自規格のプロトコルを作成可能
- 通信速度向上

### 提案システムにEthernetを実装

- Ethernetは物理層の選択肢が多い
- データリンク層を設定可能  
↓ 特定のFPGA間での通信  
独自フレームプロトコルが実装できる
- 使わない信号線を有効活用



独自の  
フレームプロトコルで  
転送速度向上

IEEE 802.3標準				
宛先 アドレス	送信元 アドレス	長さ/ タイプ	データ	FCS
4byte	4byte	2byte	46~1500byte	4byte
独自規格				
データ				FCS
80~1514byte				4byte

## まとめ・今後の予定

### まとめ

- FPGA間通信によるシステムの高速度化
- 独自の通信プロトコルによる転送速度向上

### 今後の予定

- UAV上で扱う画像データサイズの実装
- 画像処理精度の向上

# 小型衛星搭載用電子温度密度測定器EDTPの開発



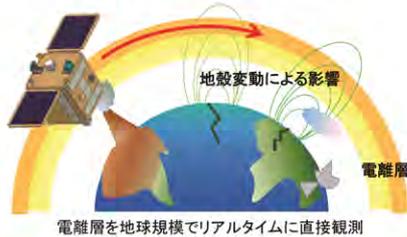
宮崎 貴大<sup>1</sup> ヨサファット テトオコ スリスマンティヨ<sup>1</sup>  
 阿部 琢美<sup>2</sup> 中園 智幸<sup>2</sup> 小山 孝一郎<sup>3</sup> 児玉 哲哉<sup>2</sup>  
 (1千葉大学 2JAXA 3九州大学)



## 1. 研究目的

電離層は大気中の原子が太陽光によって電子と陽子に分離(電離)しており、**プラズマ**と呼ばれる状態である。電離層は地球の約100kmより上空にいくつかの層で存在し、電磁波の吸収や散乱、反射など様々な現象をもたらす。衛星を使用した合成開口レーダーによる観測でも、送受信波が電離層を通り抜ける際にファラデー効果と呼ばれる影響を受ける。

また、近年地殻変動による電離層の急激な変化が観測され地震や火山噴火等の関連性も指摘されている。いくつか仮説は提唱されているものの、**観測データの不足により明確な答えは出ていない。**



本研究では、大型衛星よりも研究・開発が容易で、コスト・運用面でも有利な小型衛星を使用した電離層観測を実現するため電子温度密度測定器( Electron Density and Temperature Probe :EDTP)を開発した。

## 2. 電子温度密度測定器EDTPについて

プラズマ中の平面プローブの一方に正弦波(200kHz)を2種類の振幅 $a$ で印加し、得られた電圧 $V_{fa}$ と正弦波を印加しないもう一方のプローブから得られた電圧 $V_f$ (浮遊電圧)の差 $\Delta V_f$ を用いて電子温度 $T_e$ を計算する。また、正弦波に印加する周波数を変化させ、プラズマとの高域混成共鳴(UHR)周波数 $f_{UHR}$ で得られる電圧が特徴的に変化することを利用して電子密度 $N_e$ を導出する。

$$\Delta V_f = - \left( \frac{KT_e}{e} \right) \ln \left[ I_0 \left( \frac{ea}{KT_e} \right) \right]$$

$K$ :ボルツマン定数 [J/K]

$e$ :電荷素量 [C]

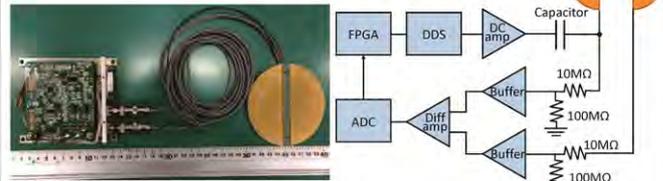
$I_0$ :第1種0次変形ベッセル関数

$$N_e [cm^{-3}] = 1.24 \times 10^4 \left( f_{UHR}^2 - \left( \frac{eB}{2\pi m_e} \right)^2 \right) \frac{f_{UHR}}{m_e}$$

$f_{UHR}$ :UHR周波数[MHz]

$m_e$ :電子の質量[kg]

$B$ :磁場 [T]



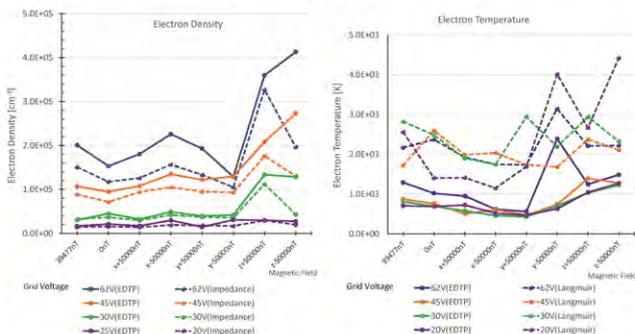
開発したEDTP回路及びプローブ

ブロック図

## 3. EDTPの基本性能実験と他手法との比較

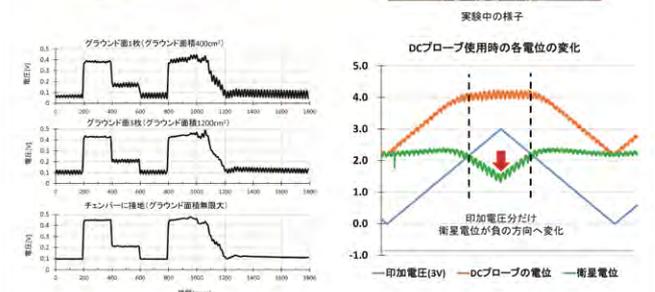
プラズマの電子密度・温度の測定手法にはEDTPの他に電極に印加する電圧に対して得られる電流特性を利用するDCプローブ(Langmuir Probe)法、電極に高周波を加えインピーダンスの変化を利用するImpedance Probe法があるが、前者はプラズマ中での電極汚染による測定への影響があること、後者は電子密度のみ測定可能であることなど問題点がある。これら2つの測定手法とEDTPによる電子密度・温度の測定結果を比較し、EDTPの基本性能の測定及び、他手法との比較を行った。

本研究で開発したEDTPでは、電子密度は $10^{-4}$ 個/cm<sup>3</sup>から $10^{-6}$ 個/cm<sup>3</sup>、電子温度は500Kから3000Kの範囲で測定可能である。小型衛星での電離層観測では、300km上空での測定が一般的で、今回開発した測定器EDTPは電離層観測において十分な性能を持っているといえる。



## 4. 構体グラウンド変化についての技術的検証

小型衛星によるミッションにおいて『構体グラウンドの変化』は重大な問題であり、観測機器に大きな影響を与える。地上では、地面という無限大でほぼ変化のない基準点があるが、宇宙空間を飛行する衛星は、限られた本体の側面などを基準点として利用しているため、電位が変化しやすい。特に、小型衛星は側面を太陽電池パネル等の取り付けによって十分な大きさが確保できないことが多い。電離層(プラズマ)中でDCプローブのような電圧を加える機器を使用した場合、プローブ表面には電子(-)が衛星表面には陽子(+)が集まる。加える電圧が一定の値を超えると、衛星表面の陽子が増え、それを打ち消すように衛星表面の電位(構体グラウンド)が負の方向へ沈む。EDTPではこの構体グラウンドに影響されない電子温度密度観測が可能であることをDCプローブと比較実験し確認した。



謝辞: 千葉大学 環境リモートセンシングセンターから、共同研究のための支援を受けました。また、本研究で行ったスペースプラズマチャンバー実験には、『宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所スペースプラズマ共同研究設備』を利用しました。深く感謝いたします。

150220 第17回環境リモートセンシングシンポジウム

Institute for Laser Technology

# 赤外吸収を用いた ガス可視化技術の開発 ーメタンガス可視化への初期検討ー

(公財)レーザー技術総合研究所 梁川智弘  
千葉大CEReS 眞子直弘、久世宏明

Acknowledgements  
本研究は千葉大環境リモートセンシング研究センター共同利用研究(P2014-1)によって遂行されました。ここに謝意を表します。



150220 第17回環境リモートセンシングシンポジウム

Institute for Laser Technology

## はじめに

天然ガスは化石燃料の中で燃焼時の環境負荷が最も小さいクリーンなエネルギー資源として火力発電所や都市ガス等に広く利用

天然ガスの99%はメタンガスであり、-162℃まで冷却すると体積が気体比の600分の1の液体になるために、輸送が容易な液化天然ガス(LNG)として利用されている。LNGの輸送・保管時の漏えいモニタリングが従業員、付近住民の安全を守るために必要

↓

LNG漏えいモニタリングのためのガス濃度マッピングシステムの開発  
赤外吸収計測に必要なレーザー仕様のシミュレーションを実施

(<http://www.osakagas.co.jp/company/efforts/eco/clean/>)



150220 第17回環境リモートセンシングシンポジウム

Institute for Laser Technology

## H22,23年度の共同利用研究:白色光DOAS計測

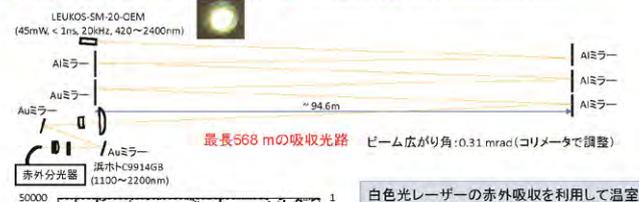
●大気中のCO<sub>2</sub>吸収スペクトル計測実験配置図(Somekawa et al., APEX, 2010 and OI, 2011)

LEUKOS-SM-20-CEM (45mW, < 1ns, 20kHz, 420~2400nm)

Alミラー, Auミラー, 赤外分光器, 波ホトC9914G8 (1100~2200nm)

最長568 mの吸収光路

ビーム広がり角: 0.31 mrad (コリメータで調整)



Intensity (count) vs Wavelength (nm) graph showing H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> absorption peaks.

白色光レーザーの赤外吸収を利用して温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の測定に成功!

- DOAS法では光路と観測点の2点間の平均濃度しか評価できない
- 赤外域はスペクトル強度が小さい

白色光強度の大きな近赤外域に吸収のある水蒸気、酸素に対して白色光レーザーの差分吸収ライダー(DIAL)へ応用

150220 第17回環境リモートセンシングシンポジウム

Institute for Laser Technology

## H24,25年度の共同利用研究:白色光DIAL計測①

### 差分吸収ライダー(DIAL)の測定原理

測定対象の吸収のある波長(On)とない波長(Off)のライダー信号の差分から濃度を推定

●白色光DIAL実験配置図

波長: 800 nm  
出力: 0.5 W  
パルス幅: 100 fs  
繰り返し: 10 Hz  
f = 5 m, M(R=10 m)

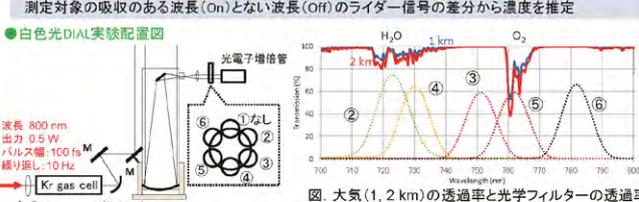
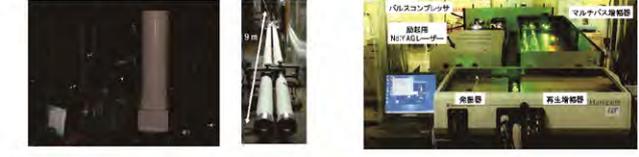


図. 大気(1, 2 km)の透過率と光学フィルターの透過率

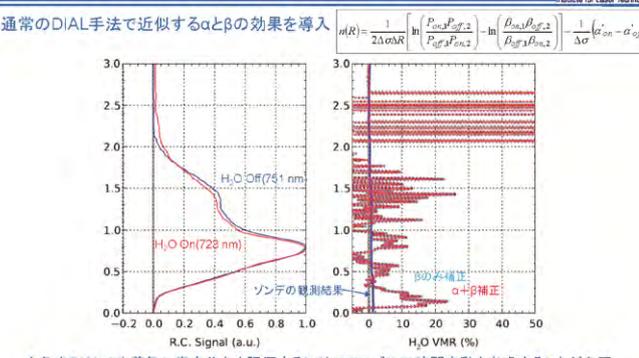


150220 第17回環境リモートセンシングシンポジウム

Institute for Laser Technology

## H24,25年度の共同利用研究:白色光DIAL計測②

通常のDIAL手法で近似するαとβの効果を導入

$$m(R) = \frac{1}{2\Delta\alpha R} \left[ \ln \frac{F_{On} P_{Off}^2}{P_{On}^2 F_{Off}} - \ln \frac{\beta_{On} \beta_{Off}^2}{\beta_{On}^2 \beta_{Off}} \right] - \frac{1}{\Delta\alpha} (\alpha_{On} - \alpha_{Off})$$


白色光DIALで水蒸気の高高度分布を評価するにはエアロゾルの時間変動を考慮することが必要

→ DIAL手法を用いてメタンガスの漏えいモニタリングが実施できないか?

150220 第17回環境リモートセンシングシンポジウム

Institute for Laser Technology

## 差分吸収ライダー(DIAL)を用いたガス可視化技術

●DIALによるメタンガス可視化の原理

300.0 (K), P: 1.00e+02 (atm), VMR: 1.80e-06

1653.73 nm

メタンガス

メタンガスの吸収がある1550nm (Off)

メタンガスの吸収がない1653nm (On)

散乱信号の時間遅れより距離に換算 (R = ct/2 (c: 光速, t: 信号の時間遅れ))

レーザーをスキャンしてOn, Offの差分を取る

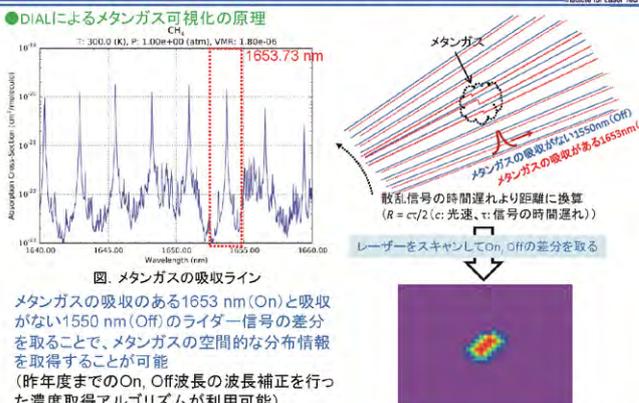


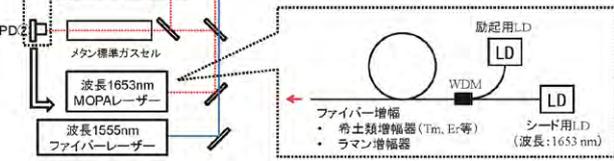
図. メタンガスの吸収ライン

メタンガスの吸収のある1653 nm(On)と吸収がない1550 nm(Off)のライダー信号の差分を取ることで、メタンガスの空間的な分布情報を取得することが可能 (昨年度までのOn, Off波長の波長補正を行った濃度取得アルゴリズムが利用可能)

必要とされる赤外レーザーの仕様

メタンガス可視化システムのレーザー開発案

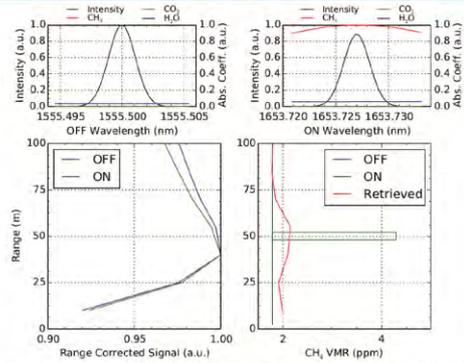
- ・差分が最大となるようにレーザー波長にフィードバック
- ・値は濃度校正にも使用



レーザーのパルス幅を10, 20, 100 nsとすると、スペクトル幅はそれぞれ31.5, 63, 315 MHzとなる(スペクトル形状はsech<sup>2</sup>に仮定)。このシードレーザーを出力1 mJ(繰り返し1 kHz)までファイバー増幅したとしてメタンDIALのシミュレーションを実施  
 メタンガス分布: 50m先に4 mのメタンガスが10ppm・m(メタンガスの背景濃度を1.8ppmとして合計4.3ppm)で分布しているとしてDIALシミュレーションを実施(積算: 10 s、サンプリング間隔はそれぞれのパルス幅の位置分解能である1.5, 3, 15 m)



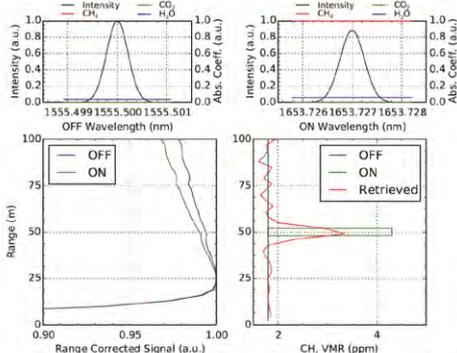
白色光DIALシミュレーション結果: 線幅315 MHz(100 ns)



レーザーの線幅がメタンの吸収ラインよりも小さいが、距離分解能が悪く局所的な濃度測定ができない



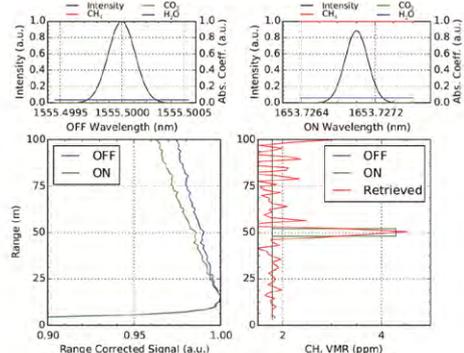
白色光DIALシミュレーション結果: 線幅63 MHz(20 ns)



レーザーの線幅がメタンの吸収ラインよりも十分小さいが、空間差分によって濃度の算出を行うので、距離分解能と同程度の幅を持つメタンの正確な濃度測定が行っていない



白色光DIALシミュレーション結果: 線幅31.5 MHz(10 ns)



レーザーの線幅がメタンの吸収ラインよりも十分小さく、正確な濃度測定が行えている



まとめ

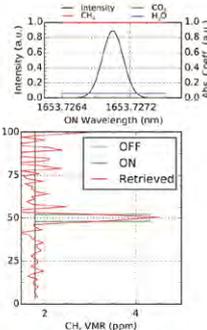
LNG漏えいモニタリングに向けたメタンガスDIALによるガス濃度マッピングシステムのレーザー仕様をシミュレーションにより検討

メタンの吸収波長1653.73 nm、パルス幅10 ns(線幅: 31.5 MHz), 20 ns(線幅: 63 MHz), 100 ns(線幅: 315 MHz)、繰り返し1 kHz、出力1 mJの赤外レーザーを用いて、50 m先にある4 mの10ppm・mのメタンガスが計測できるかをシミュレーション

- パルス幅10, 20, 100 nsのレーザーのスペクトル幅はメタンの吸収ラインよりも狭帯域であるために精度の良い濃度評価が可能
- 距離分解能よりも大きな幅を持つメタン漏えいの評価が可能となるため、距離分解能が小さいパルス幅10 nsのレーザーが有効

今後の研究計画

- メタンの吸収波長1653 nmに波長を高精度にロックする手法の検討
- 波長1653nmを増幅できるファイバー増幅器の検討



# 対流圏オゾンおよび微量成分観測における短波長域地表面アルベドの影響評価

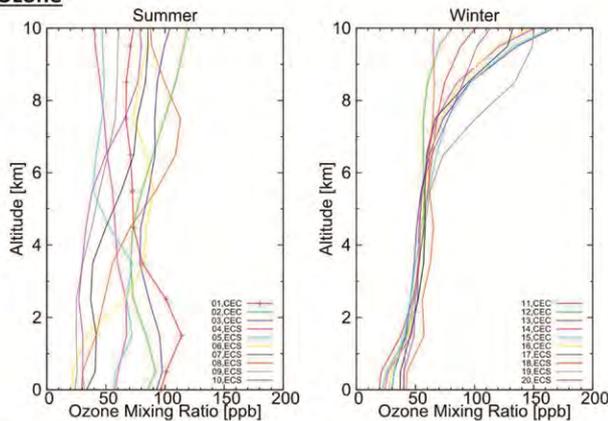
野口克行(奈良女子大)、入江仁士(千葉大)、北和之(茨城大)

Katsuyuki NOGUCHI<sup>1</sup>, Hitoshi IRIE<sup>2</sup>, Kazuyuki KITA<sup>3</sup> 1 Nara Women's University, Japan, 2 Chiba University, Japan, 3 Ibaraki University, Japan

**Abstract:** We discuss the effect of the uncertainties of UV surface albedo on spaceborne tropospheric ozone measurements over China by comparing the radiance changes (weighting functions) of ozone and surface albedo in the Huggins band. We utilized a radiative transfer model, SCIATRAN, to simulate the atmospheric radiance observed from space, assuming realistic scenarios including ozone, which is simulated by a chemical transport model, and the surface albedo, which is taken from OMI measurements at the wavelength of 328 nm, in two regions of China, the Central East China (CEC, 110-123E, 30-40N) and the East China Sea (ECS, 125-129.5E, 29-33N). Results show that the uncertainty of the UV surface albedo expected from the OMI measurements is about 20-40% for the CEC and about 10% for the ECS, respectively. Based on the uncertainties of the surface albedo, we estimated the effect of the UV surface albedo on the tropospheric ozone measurements by using weighting functions (Jacobians) of ozone and surface albedo.

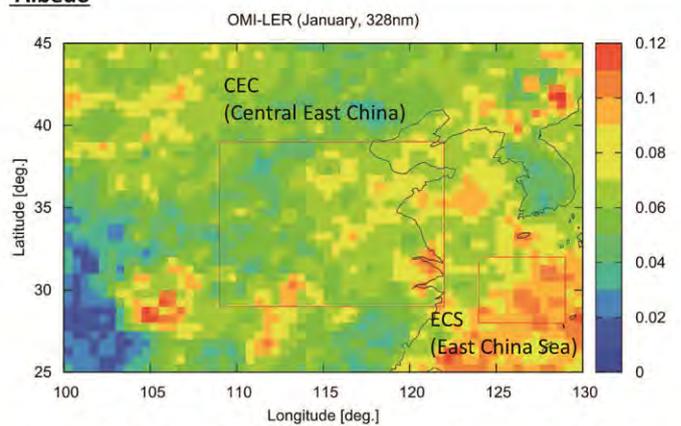
## 1. Ozone and albedo scenario input to RTM, SCIATRAN

### Ozone



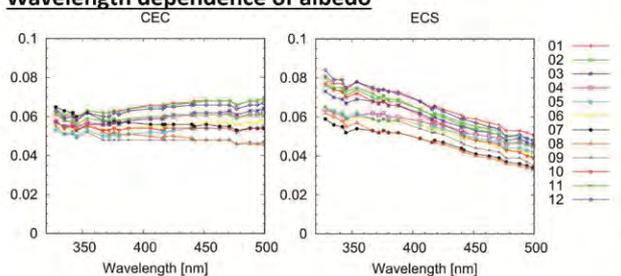
The 20 typical profiles for summer (June) and winter (December) taken from the calculation of a 3D CTM [Takigawa et al. 2009].

### Albedo



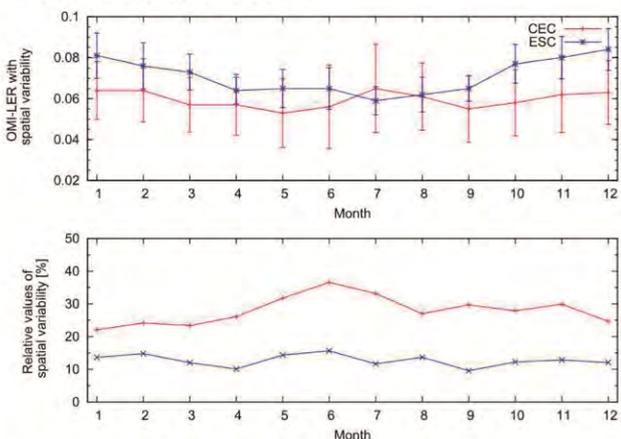
Example of the horizontal distribution of the surface albedo derived from the OMI measurements for January over CEC and ECS.

### Wavelength dependence of albedo



Monthly wavelength dependence of the surface albedo derived from the OMI measurements over CEC and ECS.

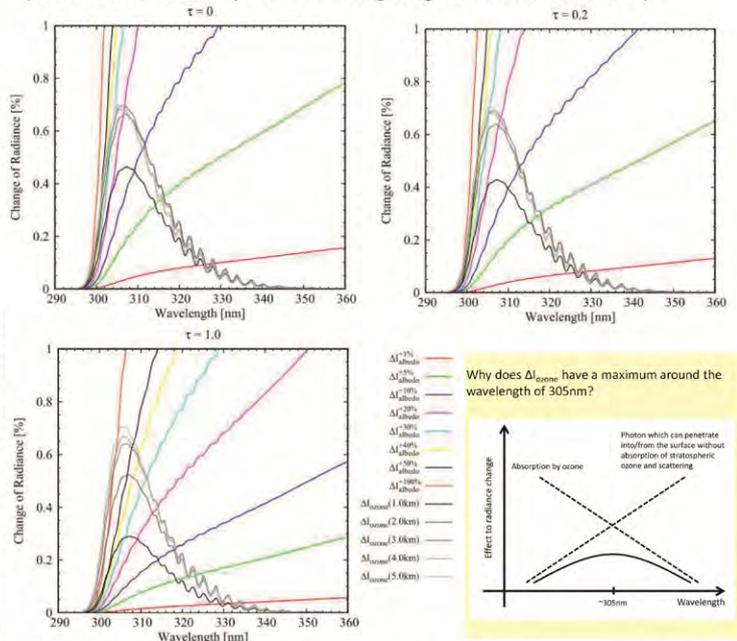
### Spatial variability of albedo



Monthly averages and spatial variability (shown by error bars) of the surface albedo derived from the OMI measurements over CEC and ECS (top) and the relative values of the spatial variability (bottom). We assume that the albedo uncertainties have the same magnitude as the spatial variability shown above.

## 2. Comparison between albedo and ozone variability

- $\Delta I_{\text{ozone}}$ : change of atmospheric radiance against ozone change
  - $\Delta I_{\text{albedo}}$ : change of atmospheric radiance against albedo change
- (Those amounts are equivalent to weighting function or Jacobians.)

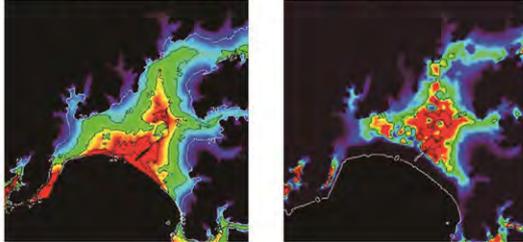


- In the short wavelength range,  $\Delta I_{\text{albedo}}$  is smaller than  $\Delta I_{\text{ozone}}$ , and at a longer wavelength  $\Delta I_{\text{albedo}}$  exceeds  $\Delta I_{\text{ozone}}$ .
- For larger AOD of aerosols,  $\Delta I$  of both ozone and albedo decreases and the wavelengths where  $\Delta I_{\text{albedo}}$  and  $\Delta I_{\text{ozone}}$  cross become longer, which means less effect of  $\Delta I_{\text{albedo}}$  on  $\Delta I_{\text{ozone}}$ .

地震防災の避難上の特異事情を含む首都圏の重要課題域と減災対策  
津波遡上を考慮したハイリスク地域への防災事業の提案

(株) 遙感環境モニター 代表取締役 **金子大二郎**

Risk\_Sightseer **鎌倉市中心部** Risk\_Dweller



研究の背景

1. 首都圏には、震災時の減災に当たって、避難経路に存在する地形や、津波の遡上の視点から人命リスクの高い地域が存在する。
  - 1) その中でも著者は、特に広域避難地として計画されている河川敷の水没や、同時火災時に避難する人々が集中する商業の集積のリスクへの減災対策の必要性を指摘してきた。
  - 2) 一方、河口に近い沖積地や埋立地については、地震時の倒壊や津波の低地域への遡上ばかりでなく、広域避難地のある河川を長距離に渡って高水敷を遡水させる実態が、東日本太平洋沖地震の被害実態から判明している。
  - 3) 著者は、これらの減災上の対策としてスーパー耐震橋梁や公園型避難者専用橋を提案してきた。
2. しかし、震源域によっては南関東地震に近い湘南地域は、家屋倒壊や津波遡上のリスクが高く、首都圏の第三の注目地域として減災の抜本的な具体策を立案するのが望ましい。
3. その中でも、文化観光都市として重要な鎌倉市は、避難地等について土地不案内な観光客が多く、若宮大路や小町通りの土産小物の商店街に人々が賑わう人口密集地帯となっている。
4. しかも鎌倉は、南の海に面したすり鉢状の地形から、首都圏の中でも最大級の津波波高が想定されている。
5. これら特異なリスク要因を含む首都圏の重要課題域を別図に整理した。
6. 本研究では、地形から効果的に対策を採りやすく、歴史遺産として文化的に放置できない鎌倉市について、高規格海岸道路と観光車両の駐車場を埋設しながら広域避難地を内蔵した津波防災松林丘陵の建設を提案した。

震災被害リスクの高い地域

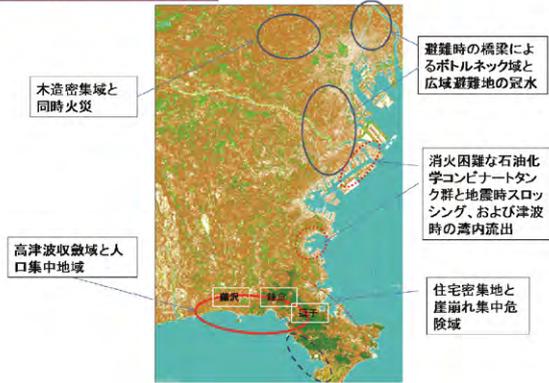


図1 首都圏南部の歴史土木建造物密集域と震災人命リスク重要課題域

なぜ鎌倉か？

1. 火災避難の一方で、首都圏南部には津波による甚大な人的被害の可能性が指摘され続けてきた。  
神奈川県庁の津波推定高さ：内閣府は鎌倉が首都圏で最大である14.1mと推定した。その後、本年に神奈川県が同最大14.6mと推定した。  
鎌倉は、南関東地震の東南海地震に向かって凹レンズ型に湾曲する相模湾の海岸と、丘陵に挟まれた海に開口する楔形の平地という津波に不利な地形条件から、歴史的に津波被害が繰り返されてきた。
2. 鎌倉市は、鶴岡八幡宮をはじめとする神社仏閣や景観の良い由比ヶ浜・江の島海岸があり、多くの津波避難に不案内な観光客が住民と同等の密度で中心市街地を訪れており、観光客に甚大な人的被害が及ぶという深刻なリスクがある。
3. しかし、津波が巨大すぎて対策が困難であると共に、適切な抜本的な解決策が取られて来なかった。
4. そのため、本研究では、地形的に津波に対し不利であり、且つ多数の観光客の訪れる歴史遺産都市鎌倉を対象に、高規格海岸道路と広域避難所兼観光用駐車場を埋設した山裾閉口型津波防災松林丘陵を提案している。なお、かつて由比ヶ浜に知られた松並木が存在した。  
急ぎの目標：  
1) 鎌倉市中心部の恒久的な津波減災方策として  
2) 交通渋滞の都市問題を解決する方策としての防災丘陵の意義  
3) 防災丘陵の対策が未整備な段階での津波人命リスク評価

2. 研究対象域と使用衛星データ

1. 湘南域は、想定される津波波高が高いにもかかわらず、これまでに抜本的な防災対策が示されていない。
2. 本研究では、東南海地震と南関東地震の津波対策を念頭に、藤沢市から鎌倉市および逗子市を研究対象とした。
3. 宮城県石巻市の津波遡上の浸水域を参考にすれば、平地で約4kmであり、別図に示した水色の標高15m範囲が浸水する可能性が高い。  
最大の遡上高は、東日本大震災時の女川町の津波高15mと中心部の遡上高20m強が参考となる。
4. 最初に、人命損失の視点から、倒壊と漂流し易い木造住宅の分布に注目する。  
衛星利用の最尤法によって、土地被覆を分類した。木造住宅域のみを抽出した。使用した衛星はALOSの2009年4月13日の可視・近赤外データである。5. AVNIRの分解能は10mと高い。土地被覆分類結果から、木造住宅域(赤色)と、避難地としての公園・森林域(緑色)を示してある。
6. なお、この地域の津波遡上については、衛星データによって抽出した木造住宅域を使い、浸水深と住宅の漂流を含めた被災を別途に再検討中である。

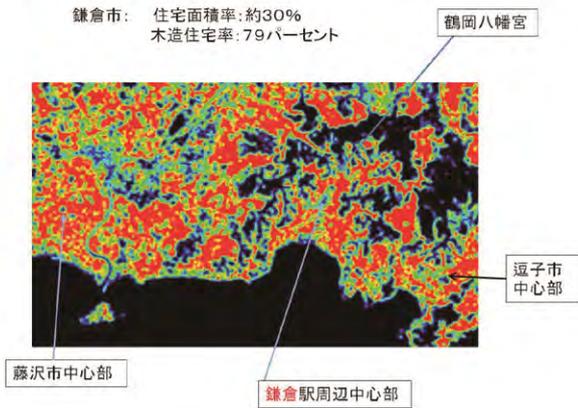
津波避難住民人命リスクポテンシャルモデル

$$R_{tsk} = \{D_{dp} \cdot AG_r\} \cdot \left(\frac{WH_r}{WH_0}\right) \cdot \left(\frac{D_{lst}}{D_0}\right)^2 \cdot (H_{fl} - H_{fo}) - H_{fo}$$

$R_{tsk}$  : 火災避難人命危険度  
 $D_{dp}$  : 住人口密度(人/500m四方あたり)  
 $D_{p0}$  : 人口密集地区基準値 = 4,000(人/km<sup>2</sup>)  
 $AG_r$  : 高齢化率(%、500m四方単位)  
 $WH_r$  : 補正用木造住宅率(%、70m四方平均値)  
 10m解像度であるALOSの7×7=49pixels平均値  
 $WH_0$  : 市内木造平均住宅率  
 $D_{lst}$  : 避難距離(km)  
 $D_0$  : 基準避難直線距離 = 1.5(km),  
 計画基準2km  
 $H_{fl}$  : 津波遡上の浸水深  $D_{fl}$  (地点における浸水深  $H_{fl}$  - 標高値  $H_{c0}$ )  
 $H_{fo}$  : 死亡水深 (0.3m、流速と漂流物による転倒)

鎌倉市の臨海部の木造住宅率分布:90m四方平均面積率

鎌倉市: 住宅面積率:約30%  
木造住宅率:79パーセント

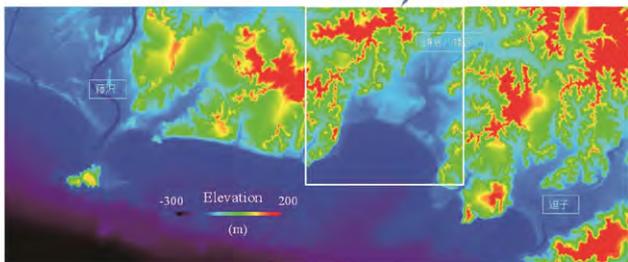


津波防災丘陵の提案と配置と断面

1. 計画する防災丘陵の規模は、鎌倉由比ガ浜にある国道134号線に沿い、全長3kmであり、丘陵高さ20mである。
2. 東西の山裾に丘陵を接続し、津波に対し閉口させて市内を守る。
3. 地震の非常時には、市民と海岸付近の観光客の緊急避難の場所となり、平常時には、高規格海岸道路となって鎌倉市内の交通混雑を軽減する。
4. 防災丘陵内には、駐車場を埋設する。市内への観光車両の進入を禁止し、埋設型駐車場から市内へ往復バスを運行すれば良い。
5. 平常時に丘陵を自然公園として利用するためには、断面形が緩やかであることが望ましい。一方で、津波が遡上し難くするため公園利用を兼ねて、階段状のテラス型(例、ボツダムのサンスーシー宮殿前の庭園)を設け、棚部分には、欧州の宮殿に見られる庭園と同様に花木(梅、桜、紅葉、花壇)と、遡上抑制と景観を兼ねた多数の松を植栽する。
6. この自然公園は、市民の散策やジョギング・キャンプ等のアウトドアレクリエーションおよび催し物の場として提供する。
7. 大規模工事になるため、割石や土取り場の跡地売却利用も考慮し、実現性を高める必要がある。
8. 別途、遡上シミュレーションと数値波動水槽により、遡上と感流に対する丘陵断面形状の細部を検討中である。

津波遡上シミュレーション範囲  
藤沢・鎌倉・逗子市

津波防災対策評価範囲:  
鎌倉市中心部

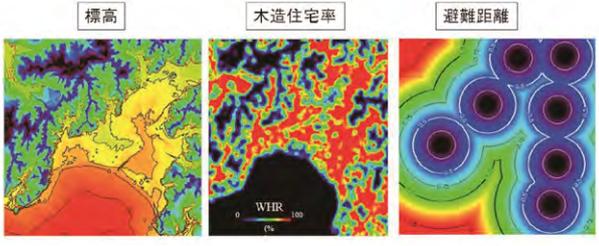


Geo-coded Land-cover classification:  
Wooden Houses  
Park and Grassland  
Forests  
Water  
Others

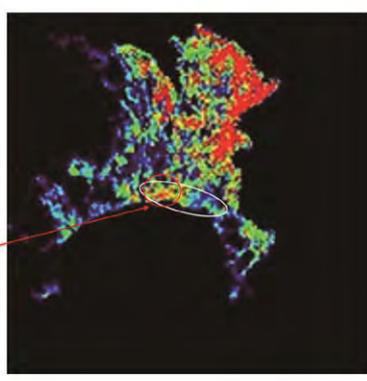


日本測地系に統一された衛星からの土地被覆分類結果

津波遡上の人命リスク要因



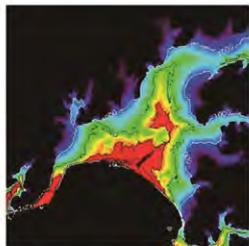
人口密度分布:神奈川県全域  
500mメッシュ値



茅ヶ崎・藤沢市は平地なため津波対策は困難。高層住宅避難策

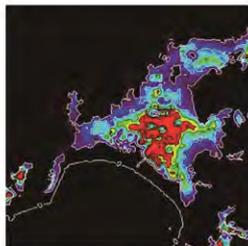
人命リスク分布： 人数/500m四方表示

Risk\_Sightseer



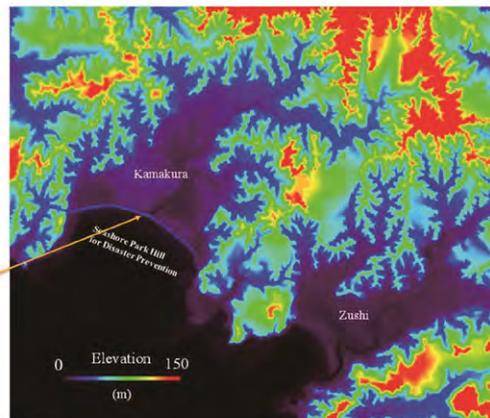
海岸観光客の居る由比ヶ浜が人数と避難距離および津波高さによって最大クラスの5000人密度で死亡する危険(津波到達時間に依存する)

Risk\_Dweller



鎌倉駅南部から材木座にかけて、人命リスクの人数が多い(2000人密度)。標高と密集の木造住宅率・避難距離および津波浸水深が大きいため。

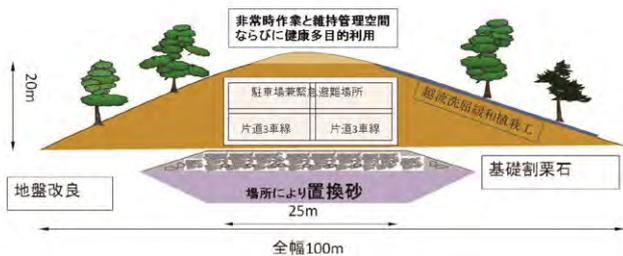
高規格海岸道路と広域避難所兼観光用駐車場を埋設した山裾閉口型津波防災松林丘陵



開削埋設工法による山裾取付閉口型の津波防災松林丘陵

想定：鎌倉由比ヶ浜の全長3km、丘陵高さ25m

常時：高規格海岸道路兼観光用駐車場  
地震非常時：海岸付近の観光客の緊急避難場所



結論：鎌倉への高規格海岸道路と広域避難所兼観光用駐車場を埋設した山裾閉口型津波防災松林丘陵の提案

1. 三連動の東南海地震や慶長地震型の南関東地震による津波災害を想定し、人命リスクの減災対策として、歴史文化都市として知られた首都圏の鎌倉を対象に、高規格海岸道路兼観光用駐車場を埋設した津波防災松林丘陵を提案した。
2. 市中心部の交通渋滞の緩和と広域避難地の確保を図ると共に、平常時には海浜公園を兼ねた山裾閉口型の多目的な防災丘陵である。
3. 衛星データから得られる木造住宅分布と、広域避難場所の所在地、標高の地理情報、そして500mメッシュの人口密度データに、週末には居住者と同等以上の人数となる観光客数データを加えて使い、人命リスクの地域分布を評価した。
4. 減災対策として、津波が湧上しやすい鎌倉市の地形を逆利用し、閉口型津波防災松林丘陵が効果的である。

今後の課題：

- 1) 越流防止に配慮した防災丘陵の断面概念設計：
  - 1) 丘陵高さや基盤高とによる越流防止の再検討
  - 2) 津波人命リスクモデルの再計算とリスク評価  
越流防止の基盤高を加えた防災丘陵断面による再評価
- 2) 防災丘陵が未整備の段階における鎌倉の人命リスクの評価
  - 1) 防災丘陵が未整備な場合の避難対策
  - 2) 土地不案内な居住者と同規模の観光客への避難指導対策

5. これらの対策により、首都圏の激甚被害の軽減に社会貢献する。

# 光学・レーダー観測と衛星画像による火山爆発噴煙の解析

木下紀正<sup>1</sup>・土田 理<sup>2</sup>・眞木雅之<sup>3</sup>・飯野直子<sup>4</sup>・金柿主税<sup>5</sup>

1 鹿児島大学教育学部教育実践総合センター, 2 鹿児島大学教育学部,  
3 鹿児島大学地域防災教育研究センター, 4 熊本大学教育学部, 5 熊本支援学校

- I. 阿蘇中岳マグマ噴火 2014年11月25日10:11-
- II. 桜島火山噴煙2014年多点観測の統一的検討
- III. レーダー画像と噴煙映像で見る桜島爆発噴煙

## I. 阿蘇中岳マグマ噴火 2014年11月25日10:11-以降、継続して活発な噴火活動

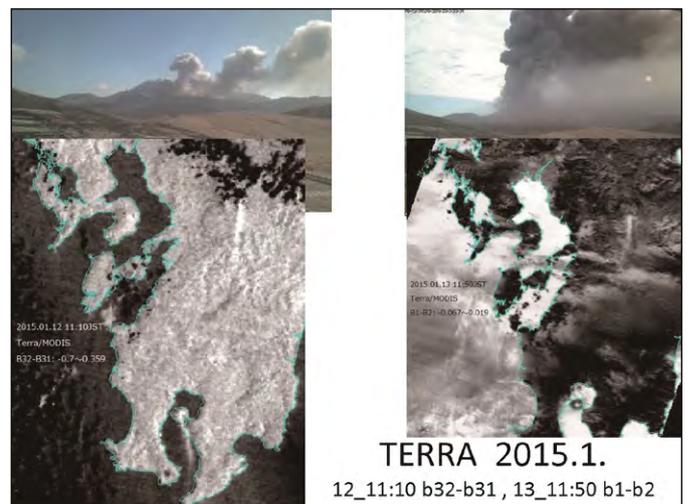
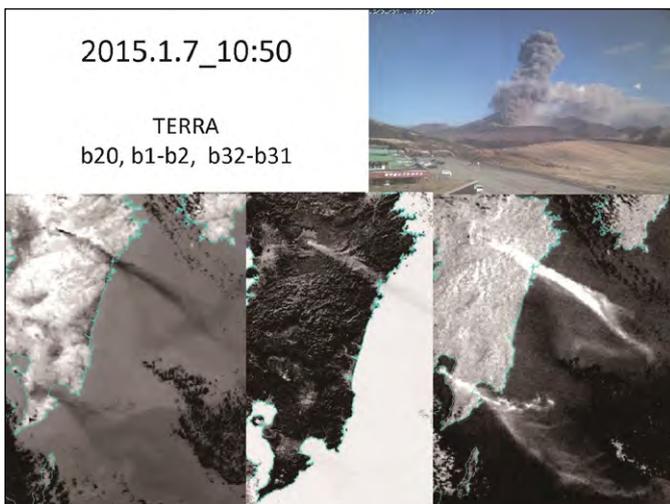
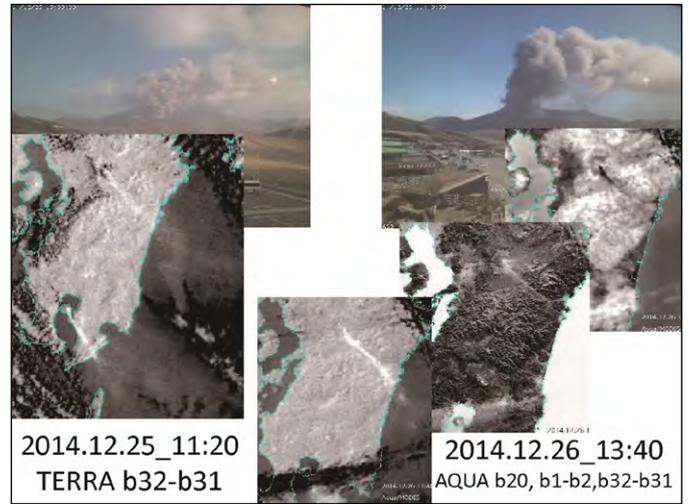
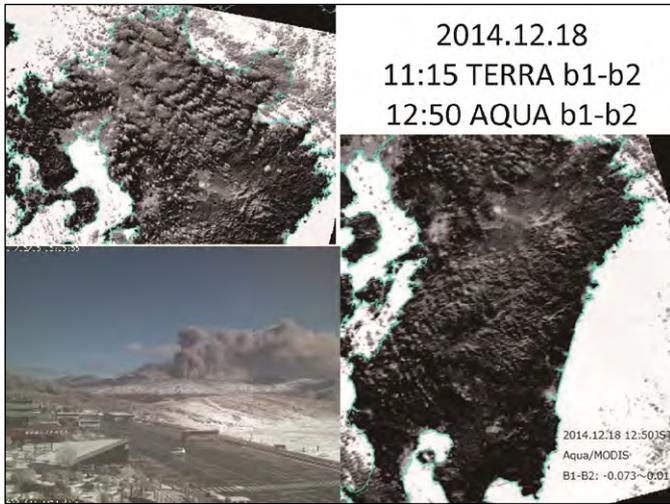
現状とアーカイブ

阿蘇火山博物館(阿蘇中岳より西3km)にwebカメラ  
<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/volc/aso/>

TERRA, AQUA搭載のMODISによる噴煙の衛星画像  
<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/sat/aso/>

熊本大学教育学部理科教研究室  
(熊本大学・阿蘇火山博物館・包括的連携協定事業)

参考: 飯野直子・金柿主税, 2014年の阿蘇中岳噴煙活動  
大気環境学会九州支部第15回研究発表会, 2015.1.23



## II. 桜島火山噴煙2014年多観測の 統一的検討

南岳から約

- A: WSW11km(鹿児島大学) + 全天カメラZ
- B: WSW10km(鴨池港付近)
- K: SW17km(錦江台)
- T: SSE10km(垂水市役所) + 気象レーダ(国交省)



<http://wwwkav.mydns.jp/Sa2014A/s14menu.htm>

### 桜島噴煙 2014.1-9 ver.1 Menu

鹿児島大学-熊本大学 噴煙研究グループ

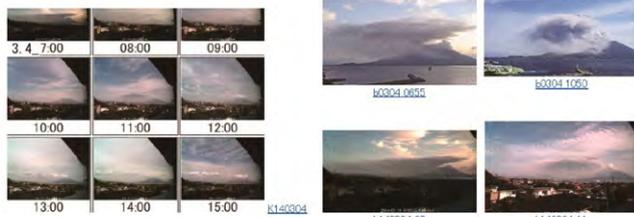
Jan.: [1.22](#); Feb.: [2.2](#), [2.20](#); Mar.: [3.4](#), [3.23](#), [3.28](#); Apr.: [4.26](#)  
 May: [5.10](#), [5.23](#), [5.31](#); June: [6.6](#), [6.19](#); July: -; Aug: [8.31](#)  
 Sep.: [9.7](#), [9.8](#), [9.27](#), [9.28](#);

\*\*\*\*\* Observation sites and links \*\*\*\*\*

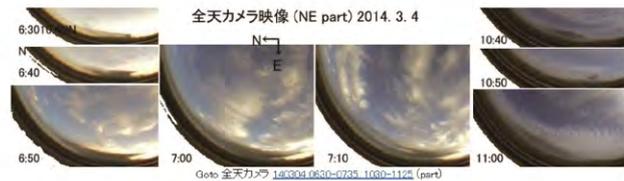
- A: [桜島の今](#) 鹿児島大学教育学部 / [比較的最近の桜島画像一覧 \(2014-\)](#)
  - Z: [全天画像カメラ](#)
  - B: [Panoramic view, 21世紀の桜島火山噴煙 \(-2013\)](#) NIR WebCamera (bn), Manual by Y.K.(b)
  - K: [錦江台から見た桜島](#) 2005.08.27 - 2015.01.10 (熊本大学)
  - T: [垂水市役所から見た桜島](#) 2007.12.04 - 2014.11.24 (熊本大学)
  - K, T: [Movies of the eruptions 5.10,13.07, 16.32, 6.6,13.11](#) in [Notable Eruptions](#) (熊本大学)
- レーダ観測: [火山噴火](#) in 鹿児島大学地域防災教育研究センター「極端現象の監視と予測に関する研究」
- Belows: Under Construction -----
- Oct.: [10.3](#), [10.4](#), [10.7](#), [10.10](#), [10.16](#), [10.19](#), [10.24](#)

以下 12月まで

### 桜島噴煙 observed from K and B, 2014.3.4



### 全天カメラ映像 (NE part) 2014. 3. 4



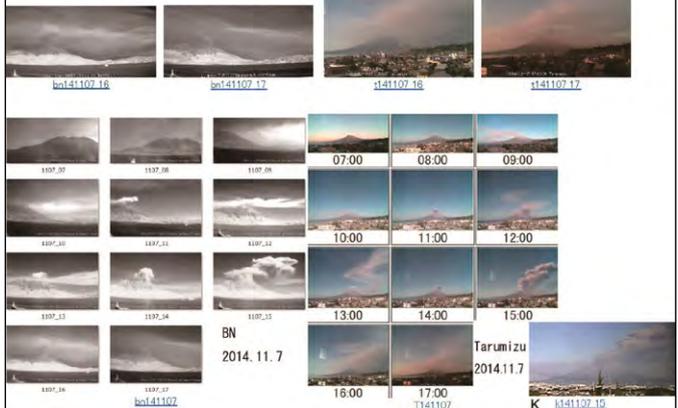
### 桜島噴煙. 2014.10.7



### 桜島噴煙 2014.11.7 1/4



### 桜島噴煙 2014.11.7 2/4

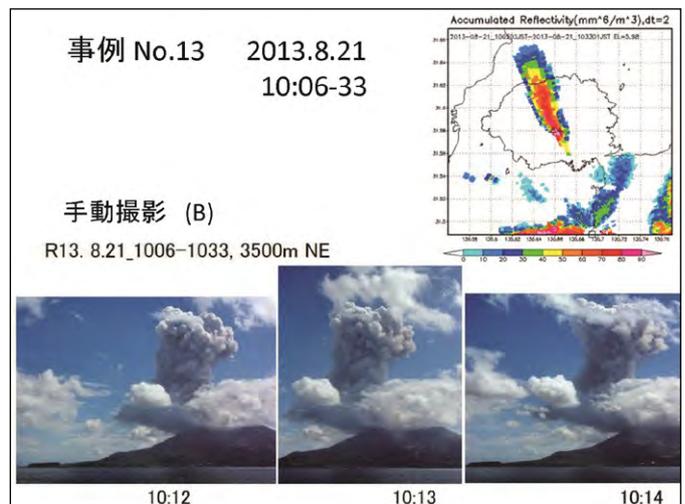
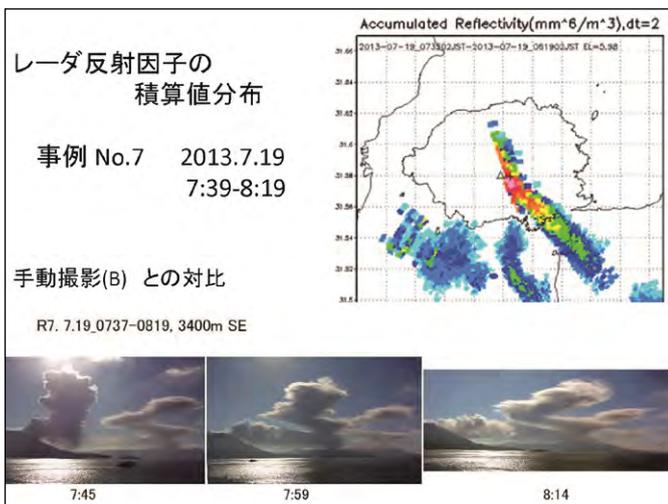
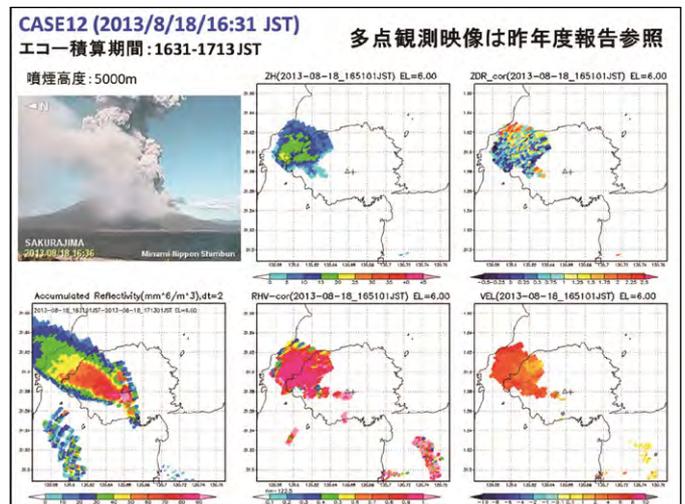


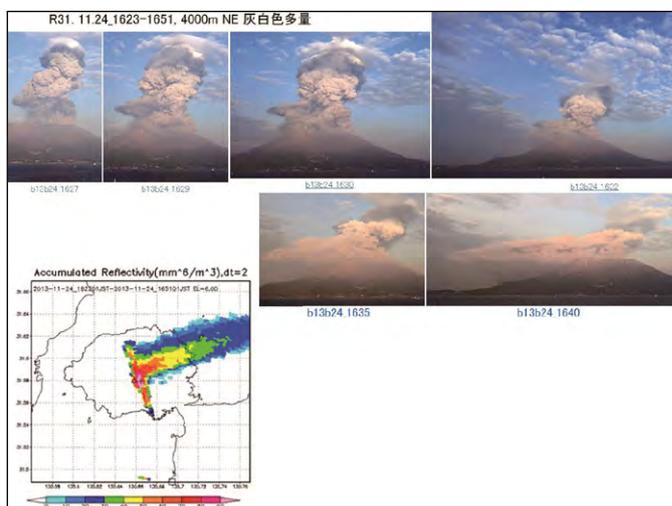
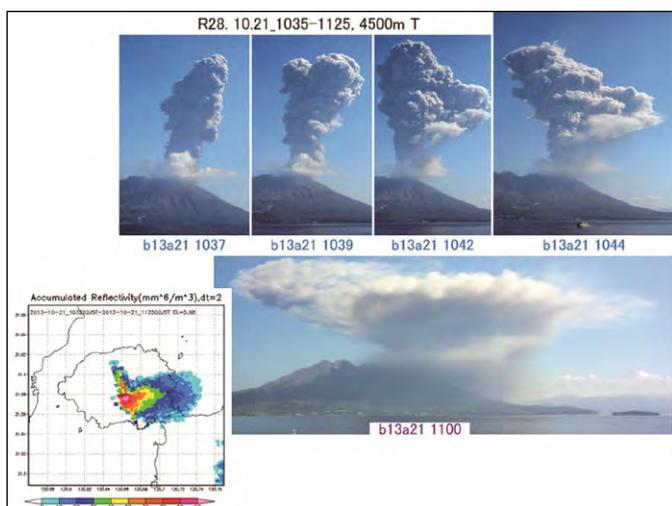
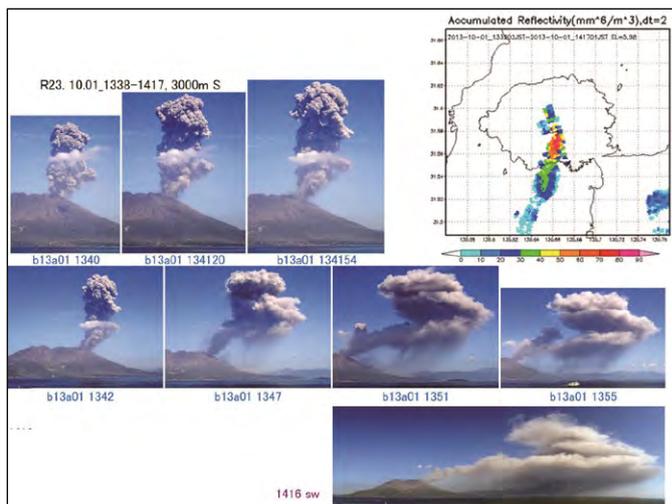
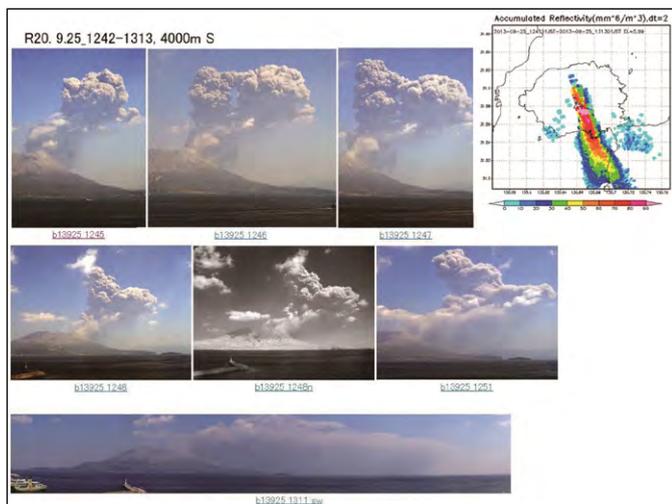


### III. レーダー画像と噴煙映像で見る 桜島爆発噴煙

垂水レーダー画像  
 Xバンド(3 cm) 仰角6度 走査2分毎  
 2013年 噴煙高度が3000m以上 計31事例  
 (-夜3例 = 昼28例)  
 [Cf. 顕著な噴火動画 昼25例: 熊本大Web  
<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/volc/sakushowa/notable/>]

南日本新聞のwebカメラ、レーダー反射強度、  
 反射因子差、ドップラー速度、相関係数の動画、  
 レーダー反射因子の積算値分布  
 →1枚のPPTファイル





### 防災科研Kaバンドレーダ(8 mm)特別観測

2014.3.29-6.8 黒神(昭和火口から約3.6km E)

5.10\_13:07爆発など鉛直・水平走査による内部構造も

#### レーダ解析 今後の予定

- ・レーダによる噴火の自動検出が可能か、
- ・噴出率の推定、
- ・噴煙柱の3次元的な特徴
- ・可視画像による検証

#### 参考

気象レーダで検出可能な噴煙の最小反射強度について

真木雅之, 東大地震研共同利用研究集会

「火山現象のダイナミクス・素過程研究」2013.12.19

気象レーダによる桜島火山噴煙の観測

真木雅之他, 日本火山学会2014年秋季大会, C1-09

### まとめ

- I. 阿蘇中岳の噴煙は、2014年11月25日の噴火以降、MODIS画像(b1-b2,b32-b31等)で桜島噴煙とともにしばしば捉えられた。
- II. 桜島2014年の噴煙活動の全天画像を含む多点観測のまとめとweb公開を行った。爆発噴煙の動態の検討・レーダ観測との比較は今後の課題である。
- III. 降雨観測用の現業レーダ(波長3cm)は桜島爆発噴煙の検出と移流の推定に有効であることが、2013年の多くの事例で確認された。

なお、2013年の桜島噴煙活動と周辺のSO<sub>2</sub>,SPM,PM<sub>2.5</sub>地表濃度との関係については、木下紀正・坂本昌弥, 桜島2013年の噴煙活動と鹿児島の大気環境, 東大地震研共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」2014.12で報告した。  
(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/TAK-LAB/meeting/2014ES/2014Kinoshita.pdf>)

謝辞: 映像観測カメラの設置について、垂水市役所・阿蘇火山博物館に深く感謝します。垂水気象レーダーデータの使用について、国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所に厚く感謝します。

## UAV(無人航空機)を用いた森林の 二方向性反射特性に関する実測的研究 ～植物の季節変化に注目して～

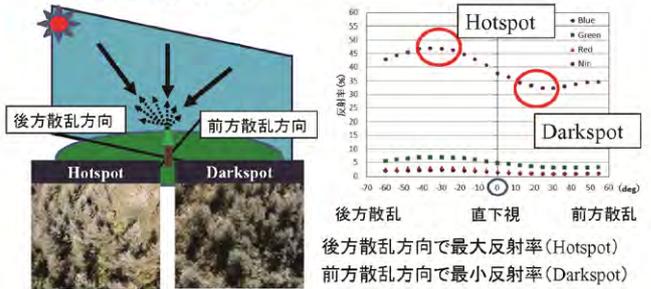
首都大学東京 都市環境科学研究科  
松山 洋・酒井健吾\*  
山本遼介・長谷川宏一・泉 岳樹

受け入れ教官:本多嘉明先生, 梶原康司先生

## はじめに | 二方向性分光反射関数

□ 二方向性分光反射関数 (Bidirectional Reflectance Distribution Function ; BRDF)

- 太陽の位置、観測する方向によって反射率は異なる。
- 観測天頂角・太陽天頂角・観測方位角・太陽方位角の条件による反射率の変化の様子を表したものの



## これまでの森林におけるBRDF研究

□ 衛星データへのBRDFの影響が懸念

- 衛星画像処理の過程で、斜めに観測したときや、観測時の太陽高度が異なる画像を比較する際は、BRDFの影響を補正する必要がある (Qi et al., 1995; Privette et al., 1997)。
- 半経験モデルによる衛星画像のBRDF補正

□ 多方向から観測することで一方向のみの観測では得られなかった植生の情報を得る試み

- BRDF (反射率の変化の仕方) は植生構造 (立木密度・樹高など) と深く関わりがある (Asner et al., 1998)。
- BRDFから算出する指標を用いて、日向葉と日陰葉の割合を推定し、それをパラメータにした光合成モデルを作成 (Chen et al., 2003)。
- 一般的な植生指数NDVIIにBRDFから算出する指標を乗じた新しい植生指標を提案 (Hasegawa et al., 2010)

最大反射率と最小反射率から計算される指標HDS

## BRDF研究の現状

森林のBRDFの実測データが不足している (Sharma et al, 2012; Hasegawa, 2013など)。

□ 森林のBRDF観測は難しいため

- 森林の樹冠上から観測する必要がある。
  - タワーや、航空機などの大規模な観測システムが必要
- 快晴の時に観測する必要がある。
- 短時間に観測しなければならない (観測中も太陽高度が変化)。

本研究チームでは、2006年からハケ岳カラマツ林を対象にBRDF観測を試みている。

## 2007年の観測で年間を通したBRDF観測に成功

□ ハケ岳観測タワーを用いた観測 (本多先生・梶原先生のご助力の下)

- 観測対象: タワー周辺のカラマツ壮齢林
- 樹高約20mのカラマツ純林
- 観測した月
  - ◆ 開葉期: 4月・5月
  - ◆ 盛夏: 8月・9月
  - ◆ 落葉期: 10月・11月



- BRDFは明瞭に季節変化することが分かった。
- BRDFの特徴の大きさを示す指標HDSを用いて様々な考察を行った。

## BRDFから算出する指標HDSとは

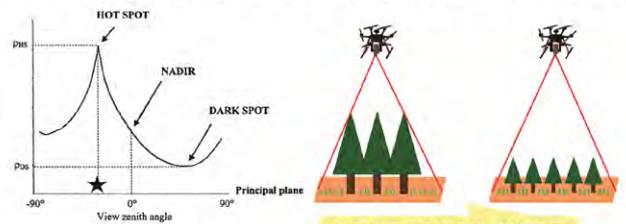
□ Hotspot-Darkspot Signature: HDS (Lacaze et al., 2002)

$$HDS = \frac{\rho_{HS} - \rho_{DS}}{\rho_{DS}} \quad \rho_{HS} = \text{Hotspotにおける反射率}$$

$$\rho_{DS} = \text{Darkspotにおける反射率}$$

□ BRDFの特徴の大きさを評価する指標

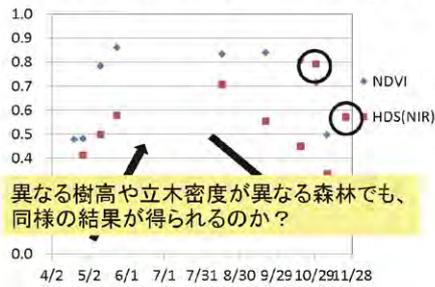
- 植生面の凹凸の明瞭さと深い関わりがある。
- HDSが大きいほど、陰影を作る凹凸がはっきりしていることを表す。



Lacaze et al. (2002)より引用

鉛直方向への葉の広がりも評価できる可能性

### HDSの季節変化(2007年~2008年の結果)



- HDSは、
- 幾何構造のはっきりする夏にかけて大きくなり、落葉するにつれて小さくなる。
  - 森林全体の不均一性が高いと考えられる、落葉中・紅葉中はHDSがばらつく傾向がある。

### 本研究の目的

- 八ヶ岳カラマツ林において、開葉期に2つの異なる生長段階の林班にてBRDF観測を行い、下記を明らかにする。
  - 開葉に伴うBRDFの変化は2007年の結果と整合するか
  - 樹高や立木密度が異なる林班でもBRDFが同じような季節変化をするか
  - HDSは、異なる植生構造を表すことができるのか
- 壮齢林→これまでの観測サイト
- 若齢林→昨年度初めてBRDF観測



BRDFの特徴の大きさを評価する指標  
➢ 植生面の凹凸の明瞭さと関わりがある

### 観測の概要

- 八ヶ岳カラマツ林
- 観測時期: 2014年4月~6月(カラマツの開葉期)
- 観測対象: 壮齢林と若齢林
  - 壮齢林  
2007年~2008年に観測していた林班  
平均樹高: 21m
  - 若齢林  
2013年に初めて観測した林班  
平均樹高: 7m



### UAVを用いたBRDF観測方法

- UAV: Unmanned Aerial Vehicle(無人航空機)
  - 近年急速に発展している小型のマルチコプター
  - カメラや観測測器などを搭載すれば、人が行くことができない高い場所や危険な場所の動画や写真、その他データを取得できる。



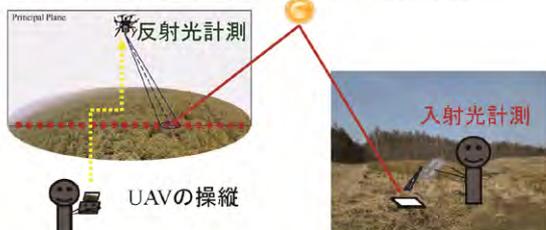
### UAVを用いたBRDF観測方法



$$BRDF(\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v) = E_r(\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v) / E_i(\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v)$$

※ $\theta_s, \phi_s, \theta_v, \phi_v$ はそれぞれ、

太陽天頂角, 太陽方位角, 観測天頂角, 観測方位角を表す。

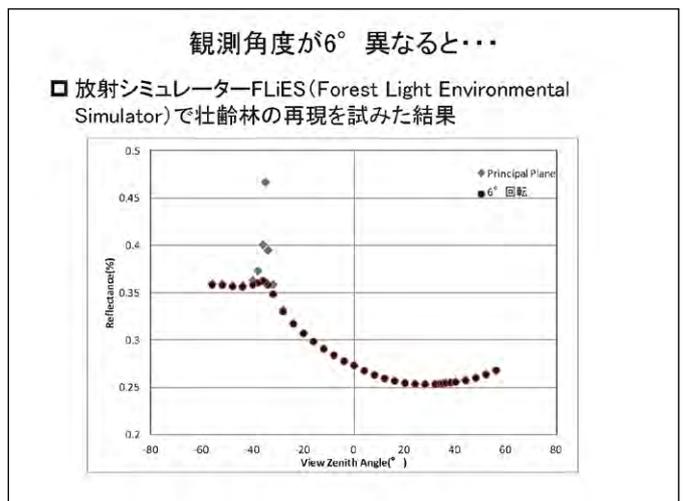
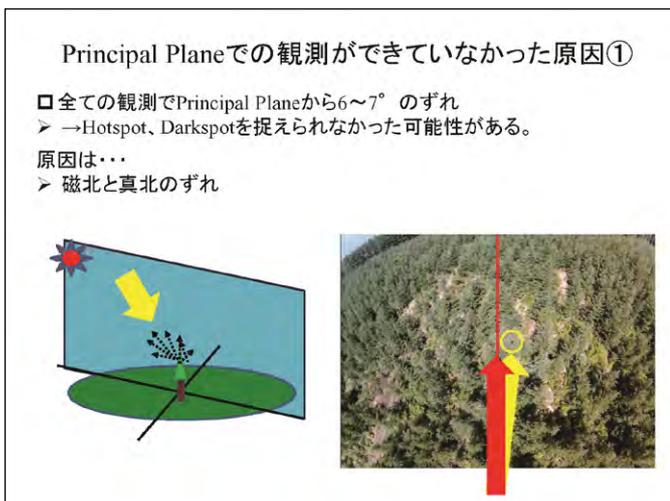
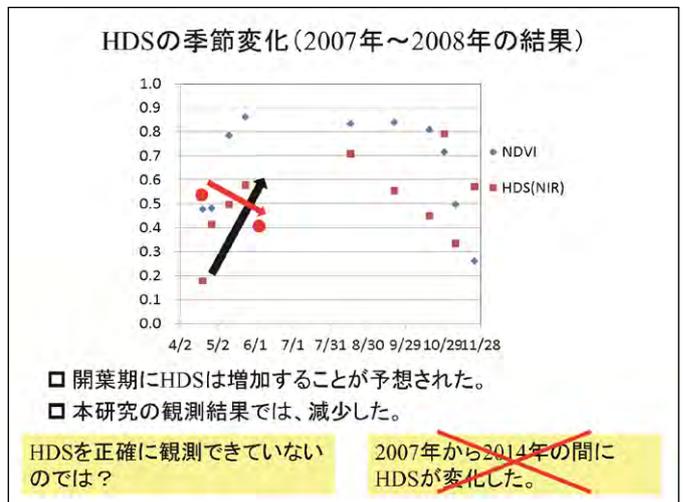
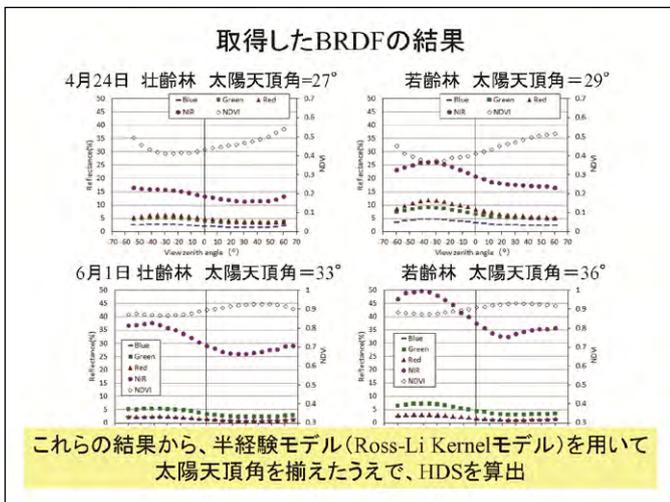


### UAVを用いたBRDF観測方法

- UAV: S-800 EVO (DJI)
- フライトコントローラー: Ground Station 4.0.9 (DJI)



- ジンバル部を改良したUAV
- 前後6度ごとに角度調節可能 (前方に約60° 後方に約66°)
- 分光放射計 (MS-720, 英弘精機) 積載
- Gopro hero3積載→電送システム
- 緯度、経度、高度、方位を設定
- 約6分間ホバリングさせて観測



## Principal Planeでの観測ができていなかった原因②

- 観測中にUAVが回転してしまう事象
  - →Hotspot、Darkspotを捉えられなかった可能性がある。
- 観測地の上空には、乱流が発生していることが多い
- 乱流の影響でUAVが回転してしまうことがあった。
  - 制御しているソフトウェア「Ground Station(DJI)」では、
    - ・ 水平方向・鉛直方向→センサ、GPSにより常に補正される
    - ・ 回転→補正されない



同じ緯度経度、高度、方位のウェイポイントを、  
新たなウェイポイントとしていくつも設定することで  
回転方向も修正できるのでは？

## まとめ

- ハケ岳カラマツ林にて、開葉期である4月～6月にUAVを用いたBRDF観測を複数回実施した。
- UAVのフライトシステム上の問題から、方位を固定して観測することができなかった。
  - Principal Planeでの観測は行えなかったため、BRDFの解析を行えなかった。
- UAVによる観測システムを再考し、方位角を正確に合わせることをポイントにして、来年度も同様のカラマツ林にて観測を行いたい。
  - 方位の設定は磁北を基準にしていることに気を付ける。
  - 数分ごとに方位角を設定し、方位角のずれを小さくするようにする。

# 雲水量の地上観測と衛星データ検証

高村 民雄<sup>(1)</sup>, Pradeep KHATRI<sup>(1)</sup>  
 鷹野 敏明<sup>(2)</sup>, 今岡啓治<sup>(3)</sup>  
<sup>(1)</sup> 千葉大学 工学部,  
 Takamura@faculty.chiba-u.jp,  
 pradeep@restaff.chiba-u.jp  
<sup>(2)</sup> 千葉大学 大学院工学研資料,  
 Takano@faculty.chiba-u.jp  
<sup>(3)</sup> 宇宙航空研究開発機構, EORC,  
 maoka.keiji@jaxa.jp

## ☆ Estimation of cloud parameters

Ground:  
 microwave radiometer → 23.8 & 31.4 GHz  
 sky radiometer → 1.02, 1.627 & 2.2um  
 pyranometer → 0.3-2.8um, wide and narrow angle type  
 Cloud radar → active 94GHz

Satellite:  
 MODIS → visible & NIR,  
 AMSR2 → microwave (Only over ocean)



Microwave radiometer  
23.8GHz, 31.4GHz



Pyranometer CM21  
0.305 - 2.8um



Narrow-angle pyranometer  
Full view angle:11°

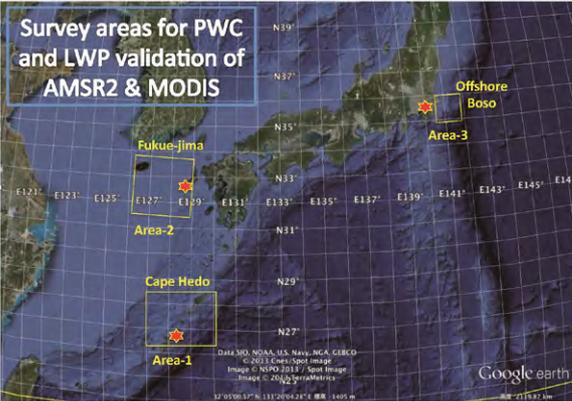
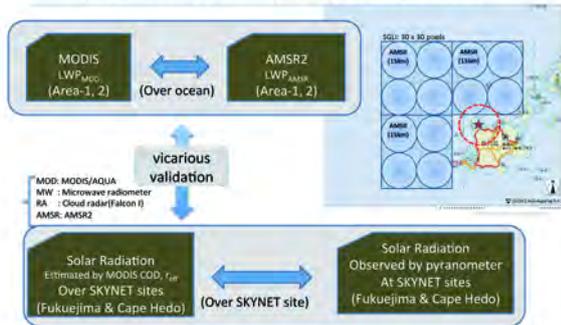


Sky radiometer  
315nm - 2.2um



Skyview  
Cloud camera

## Basic concept of comparison for cloud parameters estimated by each method



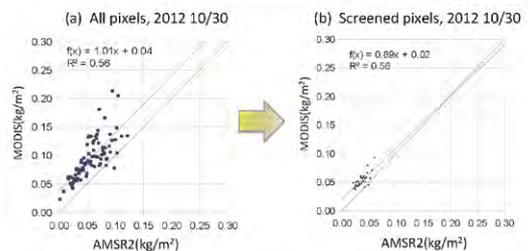
## Validation conditions for comparing the AMSR2-MODIS data around the SKYNET Cape Hedo and Fukue-jima

**Validation target: Non-precipitating, stratified water cloud**

- To reject error pixels (might be clear pixel) in AMSR2 data.
- To select pixels over 0 degree.
- To select an AMSR2 pixel which has more than 80% available MODIS pixels.
- To select an AMSR2 pixel which shows less than 10% in SD for the MODIS LWP average over the AMSR2 pixel.
- To select AMSR2/MODIS pixels which have 0.3kg/m<sup>2</sup> or less in LWP (Horvath and Davies, 2007).

## A sample of comparison of both LWPs

Area-2: Around the SKYNET Fukue-jima (Nagasaki)



	AMSR2	MODIS
Mean LWP(kg/m <sup>2</sup> )	0.036	0.053
Std dev.	0.010	0.012

### Cloud image by MODIS and cloud camera at SKYNET Fukue-jima, 2012/10/30



### Results of comparison of LWP between AMSR2 and MODIS

#### MODIS data screened for water cloud

More than 80% for an AMSR2 pixel  
More than 0 deg.C for all pixels  
Less than 0.3kg/m<sup>3</sup>

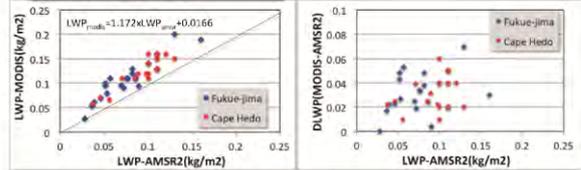
Data: 2012.07 -2013.06

Sample #:

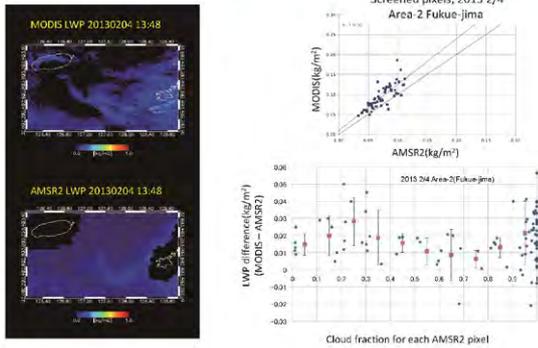
Area-1(Cape Hedo): 19 samples  
Area-2(Fukue-jima): 23 samples,

The mean difference of LWP for both sensors is about  $0.031 \pm 0.015 \text{ kg/m}^3$ .  
There is no unique trend in difference.

The MODIS LWP is about 17% bigger than the AMSR2 LWP.

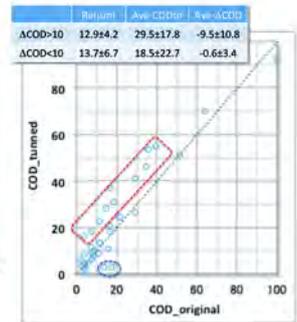
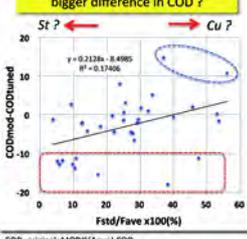


### Dependence of LWP difference on cloud fraction

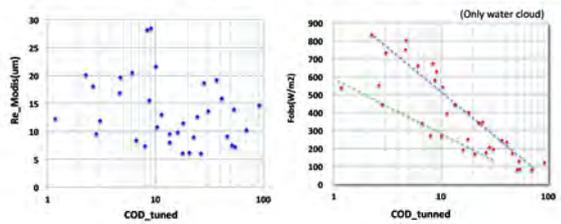


### Comparison of COD between MODIS and ground-based flux obs.

Any special features for clouds with bigger difference in COD?

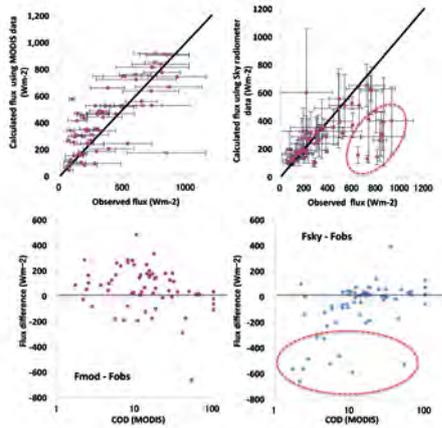


Data Source:  
SKYNET Fukue-jima  
2013.1 - 2013.12  
Water cloud by MODIS  
COD & Re(MODIS) resampled by JAXA



	Re(Mo)	LWP(Mo)	COD_tuned
Colored frames	11.5	0.092	14.3
Smaller Re	5.4	0.051	10.8
Colored frames	14.5	0.169	26.4
ACOD > 10	6.0	0.197	24.7

Year	Month	Re(um)	LWP(Mo)	COD_tuned	Re(um)	LWP(Mo)	COD_tuned	Re(um)	LWP(Mo)	COD_tuned
Winter	2012/12	13.2	0.115	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/01	13.1	0.112	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/02	13.0	0.110	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/03	12.9	0.108	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/04	12.8	0.106	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/05	12.7	0.104	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/06	12.6	0.102	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/07	12.5	0.100	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/08	12.4	0.098	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/09	12.3	0.096	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/10	12.2	0.094	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/11	12.1	0.092	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
Summer	2012/07	13.5	0.120	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2012/08	13.4	0.118	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2012/09	13.3	0.116	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2012/10	13.2	0.114	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2012/11	13.1	0.112	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/01	13.0	0.110	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/02	12.9	0.108	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/03	12.8	0.106	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/04	12.7	0.104	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/05	12.6	0.102	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/06	12.5	0.100	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4
	2013/07	12.4	0.098	14.3	11.5	0.092	14.3	14.5	0.169	26.4



## まとめ

- ◇ AMSR2によるLWPは、比較的安定と思われる $300\text{g}/\text{m}^3$ の水雲に限定して比較してみると、MODISのそれより15%程度小さく評価されている。その違いは、 $0.031 \pm 0.015\text{kg}/\text{m}^3$ 程度となった。
  - ◇ SKYNET福江島の日射の地上観測から推定されるCODとほぼ同時に観測されたMODISのCODを比較すると、MODISの過小評価傾向が明らかとなった。
  - ◇ SKYNET福江島の日射の解析から、雲の特性-とりわけ有効粒径-に夏とそれ以外の季節で顕著な違いのあることが示された。これは、大陸からの影響を示唆していると予想される。
  - ◇ Sky radiometerとMODISの同時刻データの解析結果を比較すると、相互の光学パラメータにかなりの違いが見られるが、日射量再現性の観点では、MODISパラメータはやや小さめの評価となっていることが示された。
  - ◇ これらの結果から、福江島周辺の雲を使ったAMSR2、MODIS及び地上観測の日射量再現の観点で比較では、次のような傾向が認められた。  

$$\text{COD}_{\text{AMSR2}} < \text{COD}_{\text{MODIS}} < \text{COD}_{\text{Ground}}$$
- 今後これらの差の定量化と特徴を明らかにする必要がある。

# 小型火山ガス(CO<sub>2</sub>)センサの開発(その1)

## Development of CO<sub>2</sub> sensor for Volcano Observation by UAV/UGV

大前宏和(株式会社センテシア), 三宅俊子(千葉大学大学院), ヨサファット テトオコ スリ スマンティヨ(千葉大学)  
Hirokazu Ohmae (Sentencia Corporation.), Toshiko Miyake (Chiba Univ.), Josaphat Tetuko Sri Sumantyo(Chiba Univ.)

### はじめに

これまでCP-SAR衛星搭載の前段階としてのUAV搭載カメラの研究開発を行ってきたが、UAVの災害対策/監視の需要の高まりを背景に、火山ガスセンシングの一貫として、小型CO<sub>2</sub>センサの開発を検討したので、その結果について報告する。

- (1) UAV/UGV搭載を前提に小型軽量化
  - (2) データ送信は次の課題とし、データの保存機能を持つこと
  - (3) 単独でも動作すること(電力供給は電池)
- を前提としてCO<sub>2</sub>センサの開発を検討した。

注目される火山ガスとしては、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、フッ化水素(HF)、硫酸塩(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、塩化水素(HCl)ならびに硫化水素(H<sub>2</sub>S)などがあるが、ここでCO<sub>2</sub>を観測対象としたのは、1986年にニオス湖で起きたガス噴出は、火山ガス関連の事故中で最も被害が大きく、CO<sub>2</sub>の噴出が原因とされていることがその動機となった。

Key word : UAV、UGV、CO<sub>2</sub>センサ、ボードコンピュータ、小型、軽量

### 研究内容・計画について

- 目的1: 一般的な部材を収集してCO<sub>2</sub>センサを製作し、その特性を知る。  
目的2: UAV/UGVに搭載可能なCO<sub>2</sub>センサの開発検討として仕様を策定する。

1. CO<sub>2</sub>センサを製作する。
  - ① データ収集はボードコンピュータとし、小型化を図る。
  - ② 実濃度との比較を行う。
2. 搭載仕様の策定。
  - ① どこまで小型化する必要があるのか?
  - ② センサ単体で、どこまで自律化を考えるか?  
→これは搭載プラットフォームとのI/F及び観測計画に依存するが、標準化として必要なモノ/コトを検討することが必要

### 開発ガスセンサ

- (1) CO<sub>2</sub>センサ
  - ・TGS4160を用いたCO<sub>2</sub>センサ
- (2) データ収集
  - SDカードに自動収集方式とした。
  - データ収集時間間隔は、CO<sub>2</sub>センサ+温度/湿度センサを同時に組み込んだ場合に、1秒。
  - データ収集量は、4GBのSDカードを使用した場合に、約11時間である。
  - (電池の容量の方が制限条件となっている)
- (3) 現状仕様
  - サイズ: 65mm × 50mm × 30mm(高) × 5枚 重量: 120g(筐体, 電池除く)

### UAV/UGV搭載Co2センサとしての必要仕様

- 小型軽量化(プラットフォームに依存するが)
- ・サイズ
    - 150mm × 100mm × 50mm程度
    - ドローン搭載可能なサイズ?/ある特定のUGV内部への搭載エリアを前提としたサイズ
  - ・重量
    - UAV: 200g, UGV: 500g それぞれ給電部は除く=UAV/UGVともにプラットフォームLipoを想定
  - ・電力
    - 5V(CO<sub>2</sub>センサは元々AC対応なので、センサ安定化まで公称2時間とされている)
    - =>克服すべき課題
  - ・自律化
    - 観測エリアに入ったら動作ON=GPS信号を受けて観測開始/終了; プラットフォームとの連携

### 測定結果

- (1) 時系列データ
  - CO<sub>2</sub>測定結果を示した。
  - ・室内+呼吸
- (2) 実濃度との比較検証=== **未検証**
  - ・火山ガスの測定
  - ・標準ガスでの検証

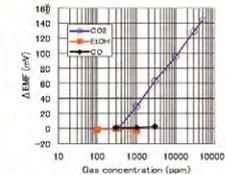
### 今後の課題

1. UAVに関しては観測対象との距離を考えると収集データを無線などで飛ばすことを考え搭載重量を増やすよりは、その場でのデータ保存を摘要する方が航続距離を伸ばし、より観測エリアを増やす事の方が観測メリットは高いと考える。
2. 一方、UGVについては、搭載重量の軽減化は必要であるが、その利用シーンを考えると、データを無線で飛ばす事も考慮した方がよいと思われる。技適品の2.4GHzでは飛ばせる距離も限界があるので、悩ましい部分である。
3. 本回路はCO<sub>2</sub>以外のガス=硫化水素、SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Sにも多少の回路変更で対応出来るので、他のガスへの対応を拡張を検討する。
4. 電力問題の解決策の策定。
5. 実ガス濃度(火山ガス、標準ガス)との比較検証を行う。
6. 実際にUAV/UGVへの搭載を依頼中であり、2015FYには実地観測に供したいと考えている。
7. 光学センサでの画像データとその場観測データの比較も考えたいので、本シンポでの意見交換に期待している。

謝辞: 千葉大学 環境リモートセンシングセンターから、共同研究のための支援を受けました。本研究における機材の一部を購入して頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

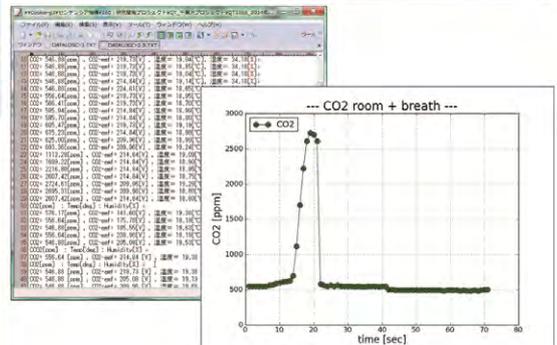
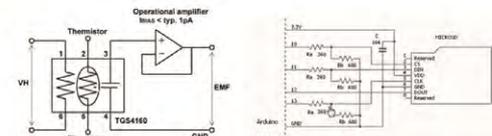
### CO<sub>2</sub>センサ仕様

TGS4160仕様  
二酸化炭素検知素子と温度補償用サーミスタを内蔵したハイブリット固体電解質型センサ  
検知素子は両面に電極を印刷したナトリウムイオン伝導体と、白金ヒータの2つの電極間に発生する起電力変化をモニターすることによって、雰囲気中のCO<sub>2</sub>濃度変化を検知する



### 回路設計内容

- ・Co2センサ
- ・SDカード取得
- ・コンピュータモジュール(Arduino, (RapsberryPi=拡張対象))



CO<sub>2</sub>測定データ例

本ポスターについてのお問い合わせは、大前宏和まで  
Email : [ohmae@sentencia.co.jp](mailto:ohmae@sentencia.co.jp)

他センサなどと併せて観測して頂ける可能性をお持ちの研究者/Groupには、別途打ち合わせ、製作したものを提供致します。

ただし、1台のみですm(\_ \_)m  
お問い合わせください。

衛星画像を用いた宗谷暖流沿岸域における海表面アルベドの導出  
 Derivation of the sea surface albedo around Soya warm current area along Hokkaido coastal area  
 - 沿岸海域の有色物質指標の算出 -  
 - Study for making the colored matter index for the costal area -

朝隈 康司  
 東京農業大学 生物産業学部 アクアバイオ学科  
 Koji Asakuma  
 Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture

はじめに

- 沿岸海中には有機、無機の懸濁態、溶存態など様々な物質が含まれており、これらの物質は、海洋の生物生産に大きく影響を与える。
- オホーツク海北海道沿岸の宗谷暖流域はホタテガイなど底生生物(ベントス)の水産資源が豊富であるが、これら底生生物は、表層から低層へ沈降する沈降物質を捕食する。
- オホーツク海の底生水産資源量を持続的に予測するためには、陸域から流れ込む懸濁物などの有色物質をモニタリングする必要がある。
- 衛星リモートセンシングを用いて検出可能な海中の有色物質には、主に、植物プランクトン、有色有機溶存態(CDOM: colored dissolved organic matter)、有機懸濁物(OSS: organic suspended solids)、無機懸濁物(ISS: inorganic suspended solids)などがある。
- これら有色物質は、可視域から近赤外域に8バンド以上をもつ中程度のスペクトル分解能のセンサを用いて分類することができるが、沿岸域など微地形を対象とするには高空間分解のセンサが必要であり、高スペクトル分解能が期待できない。
- 昨年度、低スペクトル(4バンド以下)での分類を検討するため、対象海域をオホーツク海沿岸域の河口付近(天塩川、常呂川)に限定して、MODIS 500 m 解像度(5バンド)を用いて、従来のマルチレベルスライスをを用いて有色物質を分類した。
- 衛星画像は大気上端から対象物を観測するので、必ず大気による効果(輝度値の変化や滲み)が発生し、分類の精度に問題が発生する。
- このため昨年度は、大気効果がある程度低減されると報告されている小野ら(2000)による規格化された各チャンネルの放射輝度を用いて分類を行った。

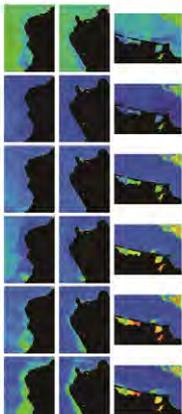


図1. 河川から海洋への流出が多い融雪期の北海道周辺のMODIS 可視合成画像(2012年4月15日)。右は拡大図。

図2. 2010年10月1日(右)の天塩川河口付近の分類例(左)と、2011年9月27日の湧別川、常呂川河口付近の分類例

研究目的と方法

- 昨年の結果から次の2点の問題点が考えられる:
  - 河口から流出する海中の有色物質を分類しただけでは、その濃度変化ならびにどこまで河川の影響が及んでいるのかが分からない。
  - 規格化されたスペクトルを用いた場合確かに大気効果は軽減されるが、エアロゾルの場合は短波長に向うにつれてその効果が大きくなるため、このことを考慮に入れた補正が必要となる。とくに沿岸域では青バンドでの正確な補正を行いたい。また、分類には有効であるが、最終的に実際の反射率への変換が必要である。
- NDVIなどに見られるように、対象物質に対応する指標を作成し、それを定量的に評価する必要がある。
- 沿岸域に含まれる対象物質を、外洋水(濁りの無い水)、懸濁態(泥水)、懸濁態(植物プランクトン)、有色溶存態(CDOM)の4項目に分けて、低スペクトル分解能のセンサ(MODIS HKM)で指標化できるか検討した。
- 図3に、図1と同日同場所それぞれの可視および近赤外の1から4チャンネルの各バンドの全ての組み合わせの正規化差値(Normalize difference value: NDV)の画像を示す。ここで泥水は土砂、直物プランクトンはクロロフィルa が水中に存在するとして、各NDVの特徴を述べる。
  - 泥水は、土砂の特徴として長波長になるにつれ単調に増加するが、水による吸収により赤と近赤外反射率が小さくなる。このため、全てのNDVは0または正の値をとる。
  - 陸上の植物(クロロフィルa)は、近赤外、緑、赤、青の順に反射率が高いが、植物プランクトンは水による吸収のため、緑、赤、近赤外、青の順となる。このため、NDVI( $d_{21}$ )は陸上の植物と逆で負となり、 $d_{43}$ は正となる。
  - CDOMは青の吸収がとくに強く、これに水の吸収が加わるため、長波長になるにつれ単調に増加する。このため、泥水との区別は難しいと考えられる。



- $d_{21} = \frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1}$  NDVIと等しい。植物プランクトンは値が負になり、泥水は0(真水)以下になる。
- $d_{24} = \frac{r_2 - r_4}{r_2 + r_4}$  植物プランクトンも、泥水も負の値をとる。
- $d_{23} = \frac{r_2 - r_3}{r_2 + r_3}$  植物プランクトンも、泥水も外洋水と区別がつかない。
- $d_{14} = \frac{r_1 - r_4}{r_1 + r_4}$  植物プランクトンは負となり、泥水は正の値となる。
- $d_{13} = \frac{r_1 - r_3}{r_1 + r_3}$  植物プランクトンは外洋水より僅かに高い程度だが、泥水は正となる。
- $d_{43} = \frac{r_4 - r_3}{r_4 + r_3}$  植物プランクトン、泥水ともに正となる。

図3. MODISのチャンネル1から4のそれぞれの正規化差画像(2012年4月15日)。右から、石狩川、天塩川、常呂川

- 図3の関係から、NDV  $d_{14}$  と  $d_{43}$  を用いれば、泥水、外洋水、植物プランクトンの分離が可能だと考えられる。
- ここで、クロロフィルaの濃度を  $C_{chl}$ 、泥水の濃度を  $C_{SS}$ 、大気効果を  $\epsilon_{atm}$  とすれば、NDVとの関係は適当なパラメータ  $a_1, a_2, b_1, b_2$  を伴って:
 
$$\begin{cases} d_{43} = a_1 C_{chl} + b_1 C_{SS} + \epsilon_{atm} \\ d_{14} = a_2 C_{chl} + b_2 C_{SS} + \epsilon_{atm} \end{cases}$$
 と書くことができる。
- 大気効果は観測しないとわからないが、 $d_{14}$ はクロロフィルaが多く存在すれば負となる。そこで、 $\epsilon_{atm}$ を無視(=0)して:
 
$$\begin{cases} mC_{chl} = \alpha_1 d_{14} - \beta_1 d_{43} \\ nC_{SS} = \alpha_2 d_{43} - \beta_2 d_{14} \end{cases}$$
 と書き直し、クロロフィルaと泥水が存在する画素の  $mC_{chl}$  と、外洋水の画素の  $nC_{SS}$  が同値になるように  $a_1, b_1$  を決め、このときの  $mC_{chl}$  をクロロフィルa濃度が0の時の値、つまり泥水のみを示す指標と仮定する。
 
$$\dots(A)$$
- 同様に、泥水と外洋水の画素から、クロロフィルaのみを示す  $nC_{SS}$  を決定する。
 
$$\dots(B)$$

結果と今後の課題

- 図4に上記(A)方法で求めた、泥水らしさを示す指標を示す。河口付近が高く、沖に向かって濃度の減少がみられる。これは、河口から土砂が流入し、その自重による沈降によって減少していく実際の現象に近いと思われる。
- 図5に同様クロロフィルaを示す指標を示す。沿岸に沿って高い値を示すが、図4の土砂の流入部では低い値となっている。土砂があまり多いと有光層が浅くなりプランクトンが光合成をできず増殖できないか、泥水の下に存在していると考えられる。今後、実際の海水をサンプリングして、濁度ならびにクロロフィルa濃度を用いて検証する予定である。
- また、今回の結果から沿岸域においても泥水、プランクトン共に存在しないとできる海域を検出できる可能性があるため、近赤外を0とする大気効果の算出が可能と考えられるため、放射伝達アルゴリズムとの反復計算により、沿岸域のより正確なアルベドを求めていく予定である。このことにより、上記(2)の問題が解決できるため、CDOM等を含めた沿岸域の分類精度向上も検討していく。



図4. 2012年4月15日の泥水指標

図5. 2012年4月15日のクロロフィルa指標

# i-Skyradiometer による 雲の光学特性の導出について & Skyviewによる雲量とMODIS雲量の 比較

片桐秀一郎・山田恭平・早坂忠裕  
東北大学

## 本研究の目的

地上観測からの雲に関する情報を得る。

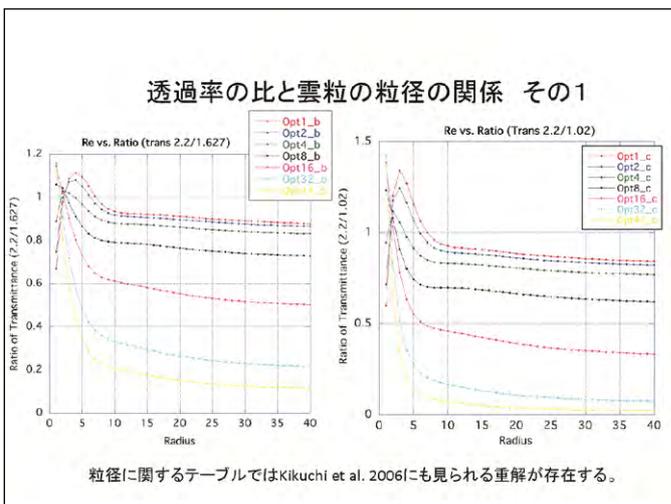
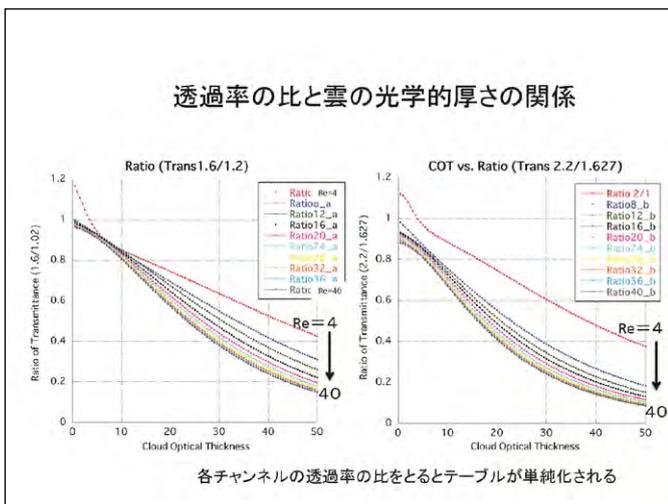
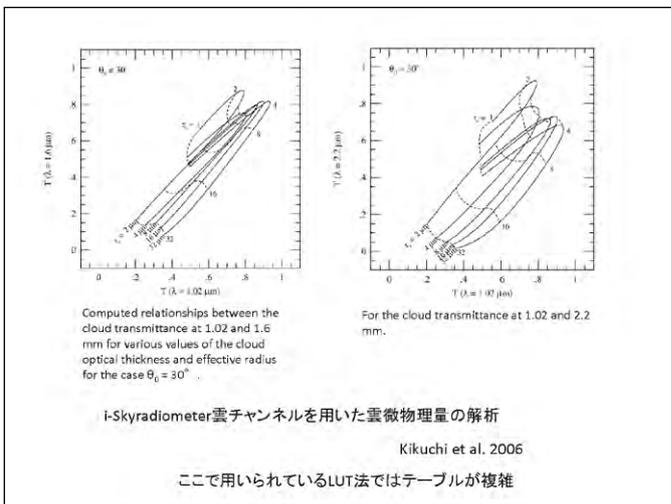
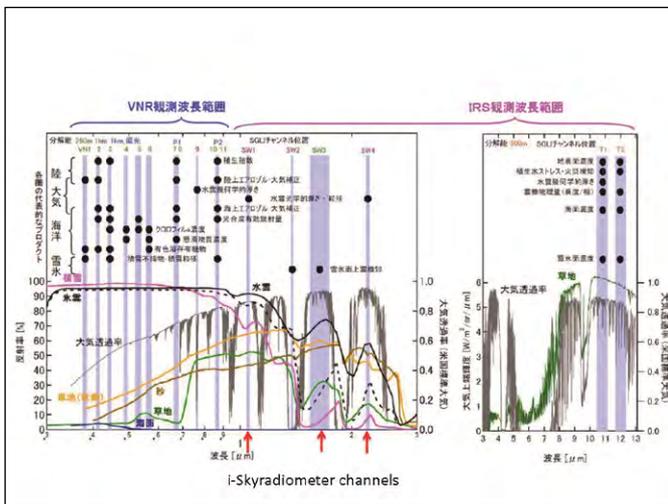
雲量 → Skyview & Digital Camera の利用

衛星から導出される雲量の特徴

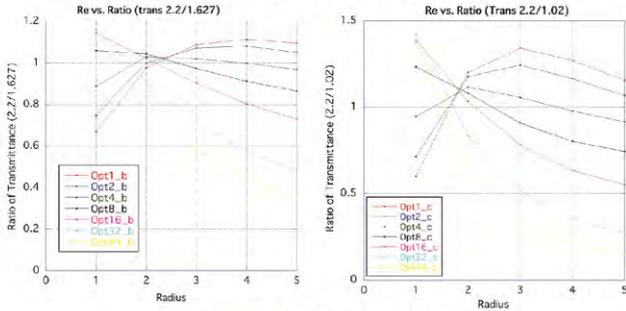
i-SkyRadiometer (POM-02) から雲の光学的厚さと有効粒径の導出

Skyradiometerでの解析時の巻雲のコンタミの除去

衛星リモセンのValidationに役立つデータの提供



### 透過率の比と雲粒の粒径の関係 その2



雲粒の粒径が3ミクロン以下で複雑な挙動

ここに示していないが、透過率の差も用いて粒径を求めることが有効。実際の観測データの雲チャンネルのキャリブレーションを行う事が今後必要。

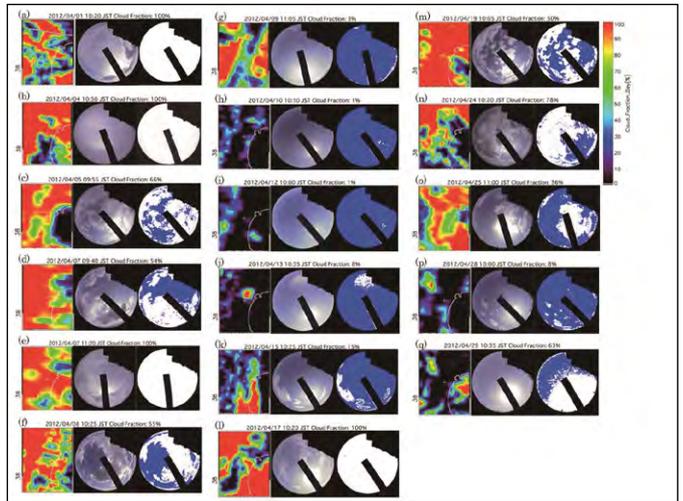
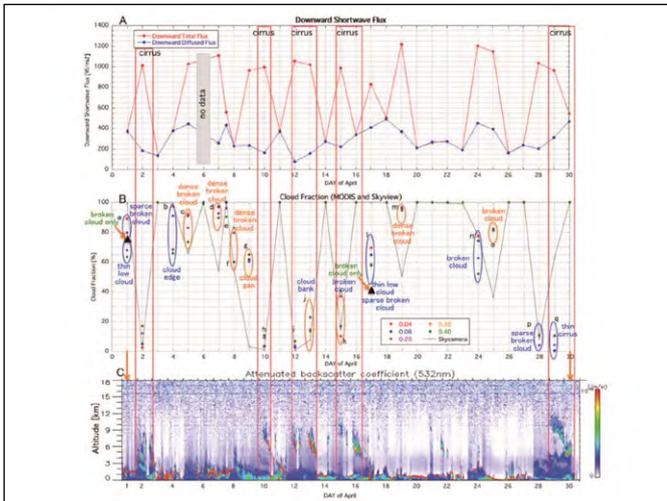
### MODISの雲量プロダクトとSkyviewから得られた雲量の比較

東北大学屋上に設置のSkyview (全天カメラ) のデータをMODISの雲量プロダクトと比較し、地上観測と衛星観測の比較の有効性について検討した。

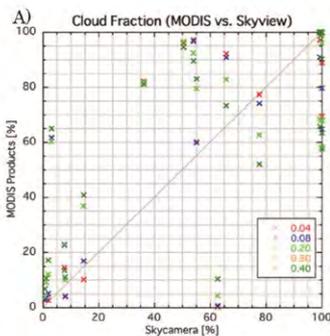
薄い雲や、ブロークンクラウドの取り扱い → 衛星データ  
幾何学的に厚い雲を雲量に取り込んでしまう。 → 全天カメラ

数台の全天カメラを中心のサイトの周囲5kmに設置し、同時観測をする方が良い。

HIMAWARI-8のデータの利用に期待



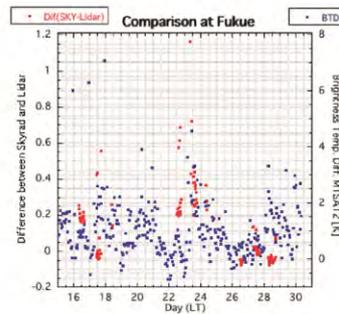
Cloud fraction derived with skyview camera data versus the cloud fraction of MODIS L2 product averaged with a radius of 0.04, 0.08, 0.2, 0.3, and 0.4, around centered at the Sendai site



### 今後の方針

iSkyradiometerと他の放射計の組み合わせで大きい粒子の情報を追加情報を取得

マイクロ波放射計のLWP等も利用する。



巻雲の光学的厚さ  
ライダーとSkyradiometerの光学的厚さの差より求める。

# GCOM-C1/SGLIセンサによる総生産推定アルゴリズムの開発 ～GPPキャパシティーからのGPP推定の枠組み～

村松加奈子 (奈良女子大学大学院自然科学系)

## 背景

総生産量推定のアルゴリズムの枠組み  
特徴: 光-光合成曲線を導入したモデル  
光合成=キャパシティー×抑制量  
LAIを介さない

キャパシティー: 葉内クロロフィル量と酵素 RuBisCO  
→色→光学系センサー  
クロロフィル量にセンシティブな植生指標  
Cgreen=NIR/G-1 (Gitelson, et. al, 1994,1996,1997)  
葉内クロロフィル量と線形関係

抑制量: 気温や湿度, 土壌水分状態などの環境要因による  
気孔開閉: 二酸化炭素, 水蒸気のカス交換を制御

先行研究 [Thanyapraneeikul et al, 2012]

GPPキャパシティー推定のアルゴリズム

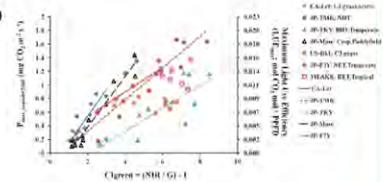
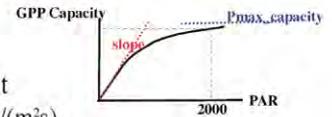
$$GPP_{capacity} = f P_{capacity}(PAR(t)) dt$$

$$P_{capacity}(PAR(t)): mgCO_2/(m^2 \cdot s)$$

$$P_{capacity}(PAR(t)) = \frac{P_{max\_capacity} \times \alpha_{slope} \times PAR(t)}{1 + \alpha_{slope} \times PAR(t)}$$

$$P_{max\_capacity\_2000} = a C_{green} + b$$

Plant functional type	Flux site	$\alpha_{slope}$	a	b
Needleleaf deciduous trees	JP-TMK	0.0016	0.252	-0.148
Broadleaf deciduous trees, temperate	JP-TKY	0.0023	0.189	-0.151
Needleleaf evergreen trees, temperate	JP-FJY	0.0014	0.189	0.151
Cl grass, arctic	CA-Lot	0.0029	0.435	-0.225
Crope (paddy field)	JP-Mait	0.0017	0.171	-0.329



## 気孔コンダクタンスの推定方法 [森千佳, 修士論文2012]

実験: 個葉 光合成・気孔コンダクタンス(LI6400)  
輝度温度(IT-550, Horiba Co.)  
樹冠 熱赤外カメラによる樹幹温度(TP8, Air32.CPA-L50A)



Baldocchi's model(1994)

熱収支→葉温→

気孔コンダクタンス→

光合成速度

モデルパラメータの調整

気象条件, 葉温を変えてLUTを作成

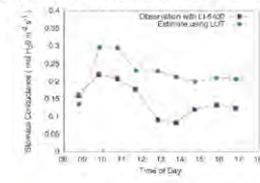
LUTへの入力: 気象データの測定値

(PAR, VPD(または気温, 湿度))

熱赤外カメラで測定した葉温

出力: 気孔コンダクタンス

## 気孔コンダクタンスの推定例(コナラ)



推定値: 日変化は実験値を再現  
ただし, 絶対値は, 不一致(ベDESTAL)

## GPPキャパシティーからのGPP推定の枠組み

### 概要

$$GPP = GPP_{キャパシティー} \times \text{光合成抑制量}$$

Cgreenより 気孔開度パラメータ

気孔開度: 気孔コンダクタンスの日変化のうち,  
最大気孔コンダクタンスを1に規格化  
したものと定義する。

気孔開度の推定方法: Big Leafモデル(Penman-Monteith eq.  
[Monteith et al., 1973])を用いて,  
樹冠コンダクタンス推定のLUTを作成  
熱赤外イメージの樹冠温度と気象データを  
入力値として, 樹冠コンダクタンスを推定  
樹冠コンダクタンスを規格化

$$\lambda E = \frac{\Delta(R_n - G - S) + \rho C_p g_a (e_s(T_a) - e_a)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{g_a}{g_c}\right)}$$

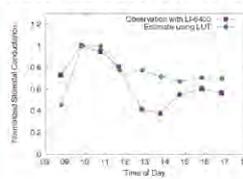
$\Delta$ : 飽和水蒸気圧曲線の勾配  
 $R_n$ : 正味放射量  
 $G$ : 土壌FLUX  
 $p$ : 空気密度  
 $C_p$ : 空気の定圧比熱  
 $g_a$ : 境界層コンダクタンス  
 $g_c$ : 樹冠コンダクタンス  
 $e_s(T_a)$ : 気温  $T_a$  における飽和水蒸気圧  
 $e_a$ : 空気の乾燥気圧  
 $\gamma$ : 乾湿係数

## 使用データ

個葉, 樹冠での測定データ [森千佳, 修士論文2012]  
GPPcapacity推定パラメータ [峯下有紀子他, 2013]  
AmeriFLUX(US-Ses)データ 2007年  
MODIS反射率データ 2007年

## 解析結果 個葉

### 気孔開度の計算例(コナラ)



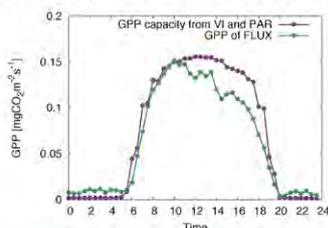
前述の気孔コンダクタンス  
の推定値では, 絶対値は不一致

最大値で規格化

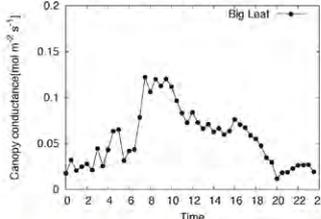
気孔コンダクタンスの日変化  
パターンの抽出がおおよそ可能

## 解析結果 樹冠

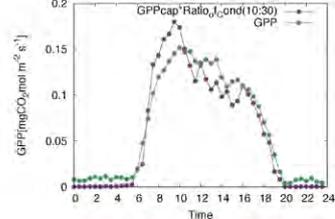
Cgreen から推定したGPPキャパシティーの日変化と  
FLUX観測でのGPPの日変化  
(2007年5月15日~31日の平均値)



FLUXデータとBigLeafモデルを用いた GPPキャパシティー x 規格化樹冠コンダクタンス  
樹冠コンダクタンスの推定結果  
(2007年5月15日~31日の平均値)



(2007年5月15日~31日の平均値)



## まとめと今後の課題

気孔開度を気孔コンダクタンスの日変化の最大値で規格化したものと定義した。樹冠コンダクタンスの推定をBigLeafモデルで行った。  
FLUXサイトに対応する衛星データから推定したGPPキャパシティーに推定した樹冠コンダクタンスの規格化値を算してGPPの推定を行い, 樹冠でのGPPキャパシティーから  
GPP推定への枠組みを作成した。樹冠コンダクタンス推定のためのパラメータのチューニングおよび, LUTの作成は今後の課題である。

謝辞: CERES共同研究, JAXA/GCOM-C1プロジェクト, 科学研究費基盤Cの援助を受けた。FLUXデータはAmeriFLUX(US-Ses)より, MODISの座標系変換後のデータは, 東海大学福江澤也教授より提供を受けた。

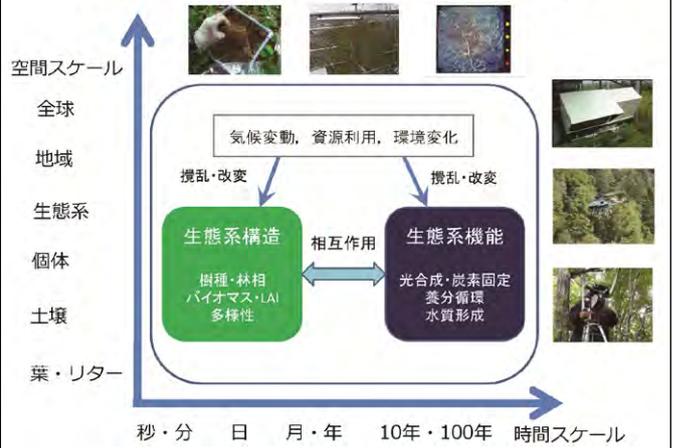
## リモートセンシング・地上観測の融合研究を目指すトレーニングコースの試み

= 森林分野地上検証活用研究会 =

柴田 英昭(北海道大学)

連名発表者: 吉田 俊也(北海道大)・日浦 勉(北海道大)・加藤 頭(千葉大)・中路 達郎(北海道大)・中村 誠宏(北海道大)・梶原 康司(千葉大)・本多 嘉明(千葉大)

## 森林構造・バイオマスの評価はなぜ必要なのか？



## トレーニングコースがなぜ必要なのか？ 特徴はなにか？

- 融合研究を進める若手・次世代研究者の育成が必要不可欠
- 地上観測とリモートセンシングのギャップと可能性を知る
  - 現地計測、GIS・リモセンデータのハンドリング技術の習得
  - 生態系情報の空間不均一性を体感
  - 統合研究の可能性・重要性を探る
- 実際の拠点サイトを活用する
  - 現実感をもった学習効果
  - プロジェクトの推進に直接的貢献

## 森林構造・バイオマスセミナー = 森林分野地上検証活用研究会 =

- 異なるアプローチ・専門分野の研究者が集まり、最新研究情報の共有や意見交換を通じて、新たな課題創出、共同研究の方向性を議論する。
- 生態系調査、地上レーザー、近接リモセン、ヘリコプター観測、航空機ライダー・空中写真、衛星リモセン、モデルシミュレーション
  - 第1回 北海道大学雨龍研究林 (2012年6月)
  - 第2回 千葉大学環境リモートセンシング研究センター (2013年2月)
  - 第3回 北海道大学苫小牧研究林 (2013年6月)
  - 第4回 千葉大学環境リモートセンシング研究センター (2014年2月)

## 第5回 森林構造・バイオマスセミナー = 森林分野地上検証活用研究会 = トレーニングコース

2014年10月15~16日 北海道大学雨龍研究林

### キートピックス：

- 葉面積指数の計測
- 衛星リモセンデータの解析

## 参加者の構成

- 学部生6名、修士院生5名、博士院生1名
- 教員9名、博士研究員1名
- 北海道大学、千葉大学、筑波大学、JAMSTEC

宿泊施設・フィールド：北海道大学雨龍研究林  
旅費・消耗品：北海道大学、千葉大学CEReS、筑波大学、GCOMC-RAIほか



## プログラム概要

- 最新研究のレクチャー
- 衛星リモセン解析トレーニング
- 葉面積指数 (LAI) 計測トレーニング
- 今後に向けた議論

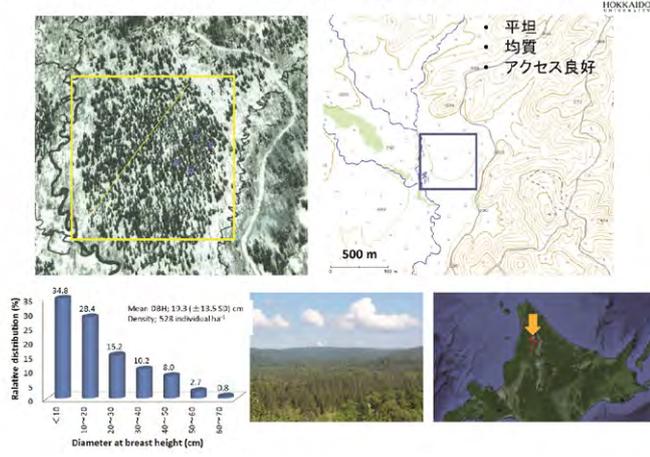
### トレーニング講師

- 小林秀樹さん (JAMSTEC)
- 秋津朋子さん (筑波大)
- 中路達郎さん (北海道大)

## レクチャーの内容

- 吉田俊也 (北大雨龍)  
雨龍研究林における森林計測～泥川流域 (スーパーサイト候補)
- 中路達郎 (北大苫小牧)  
苫小牧研究林の生態系研究とスーパーサイト構想
- 秋津朋子 (筑波大)  
富士北麓サイトでの集中観測トレーニングコース
- 高木健太郎 (北大天塩)  
天塩研究林での森林バイオマス評価研究
- 佐々井崇博 (筑波大)  
衛星リモートセンシング・LAI情報を用いた森林炭素収支研究

### スーパーサイト候補 (北海道大学雨龍研究林 泥川アカエゾマツ湿地林)



## 室内トレーニング

- 衛星リモートセンシングの基礎と応用
- 地理情報システム (GIS) の基礎と応用
- リモセンデータの入手、参照、活用方法の演習 (NDVI算出など)



## 野外トレーニングの様子

- 機器を用いた葉面積指数 (LAI) の計測
- ハイパースペクトルデータの計測



## 野外トレーニングの様子

アカエゾマツ林冠下、ササ植被下での葉面積指数の計測



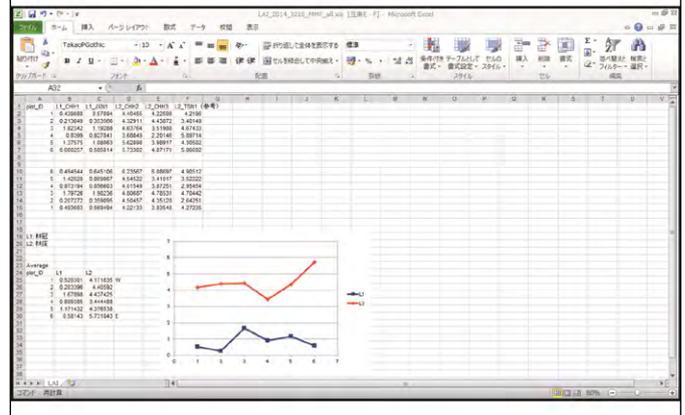
## 野外トレーニングの様子

目視判読によるアカエゾマツ（常緑針葉樹）の葉寿命調査



リターフォール、LMA（厚さ）、葉寿命を用いたLAIの推定

## 現地で計測したデータの集計・解析



## トレーニングコースを通じて学んだこと

- 研究者育成には有効なアプローチ
- 講師側にも多様な発見、メリット
- 時間は不足気味（3日程度は必要か？）
- 研究手法のマニュアル整備が必要

## トレーニングコースを通じて学んだこと

- 研究者育成には有効なアプローチ
- 講師側にも多様な発見、メリット
- 時間は不足気味（3日程度は必要か？）
- 研究手法のマニュアル整備が必要



研究林全天トレイル

検索

## 研究林全天トレイル

(<http://forestcsv.ees.hokudai.ac.jp/wst/index.html>)

- 360° VRカメラ(四季)
- 論文リンク
- 調査法・説明ムービー
- データベースリンク

## 今後の展望・予定

- 第6回森林構造・バイオマスセミナー  
- 2015年2月19日(木) 午後  
- 千葉大学環境リモートセンシングセンター
- 苫小牧研究林スーパーサイト：集中観測  
- 2015年8月中旬
- 雨龍研究林：スーパーサイト整備
- 天塩研究林・中川研究林への展開

## トレーニングコース案 (総合討論より)

- PENカメラ（魚眼レンズ）によるLAI解析
- 地上観測データ（毎木調査）の大量データ解析（GISほか）
- 生態系プロセスモデルの利用法
- 稼働中の衛星をリアルタイムで利用

スーパーサイト候補地（北海道大学苫小牧研究林 落葉広葉樹林）  
林冠クレーン南西エリア



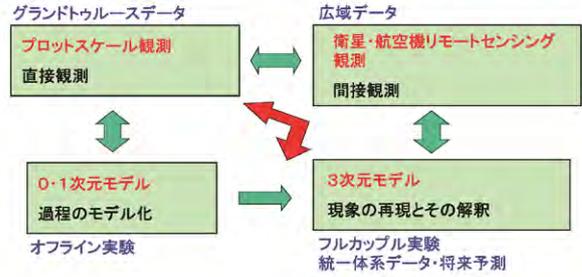
**苫小牧研究林での集中観測・  
トレーニングコースに是非ご  
参加ください！** 2015年8月！

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

森山雅雄(長崎大)、馬淵和雄(千葉大客員)  
本多嘉明(千葉大)、梶原康司(千葉大)

第17回 CERES環境リモートセンシングシンポジウム  
2015.2.20

地点観測データ・リモートセンシングデータ・モデルデータの融合  
クロスチェックによる地球システムの全体像の理解



Eltahir, E. A. B. et al., 2004: A see-saw oscillation between the Amazon and Congo basins



Figure 1. The locations and boundaries of the Amazon and Congo basins.

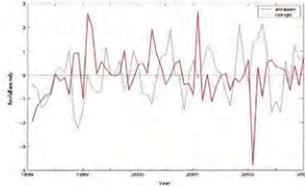
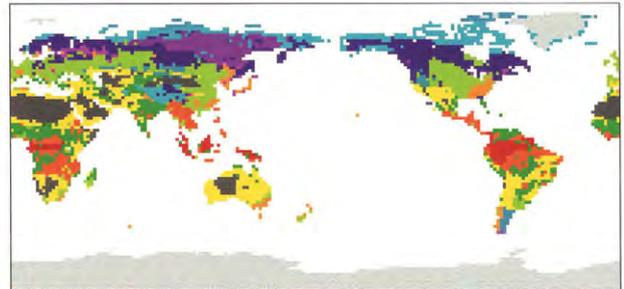
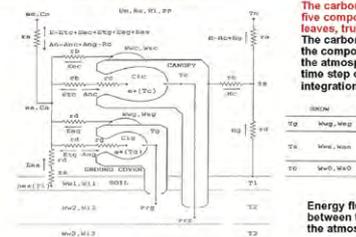


Figure 2. Rainfall anomalies over the Amazon and Congo basins. The monthly rainfall estimates for the period January 1998 to December 2002 from TRMM have been averaged over each of the two basins (Figure 1), the monthly mean removed from each series, and the resulting series of rainfall anomalies were normalized by their standard deviations.



Vegetation map  
Global climate model  
Horizontal resolution: 1.875°(192 x 96 grids)  
Vertical level: 21 layers

Land surface process model



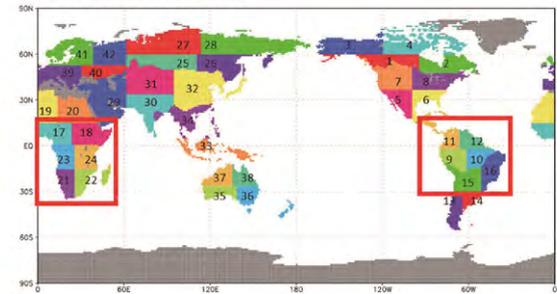
The carbon storage is divided into five components, i.e., leaves, trunk, root, litter, and soil. The carbon exchanges among the components of vegetation and the atmosphere are estimated at each time step of the on-line model integration.

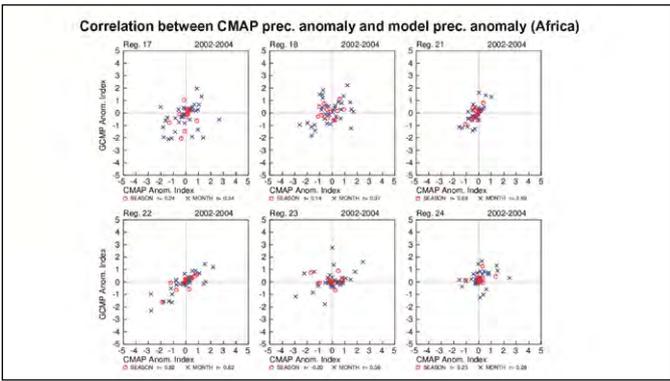
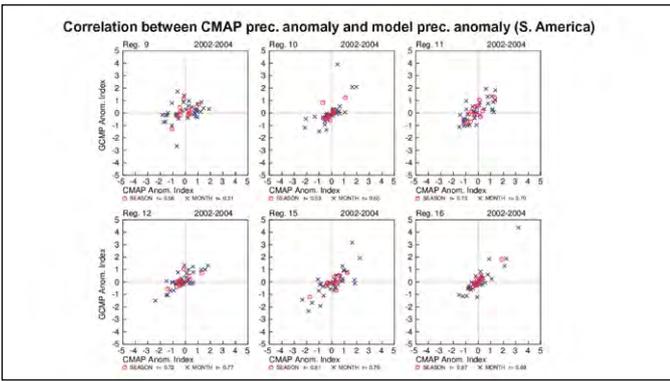
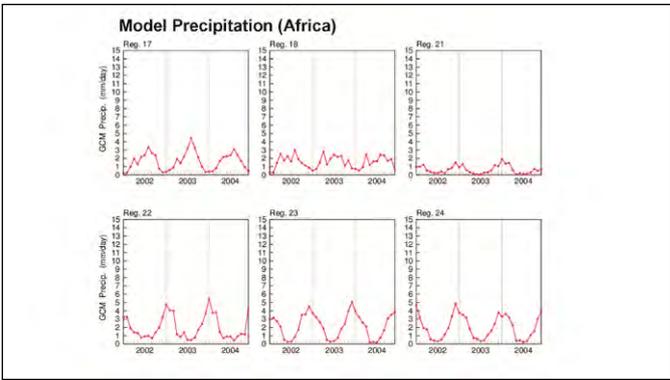
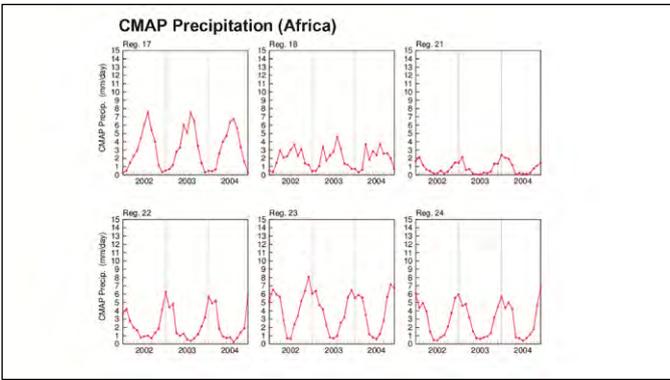
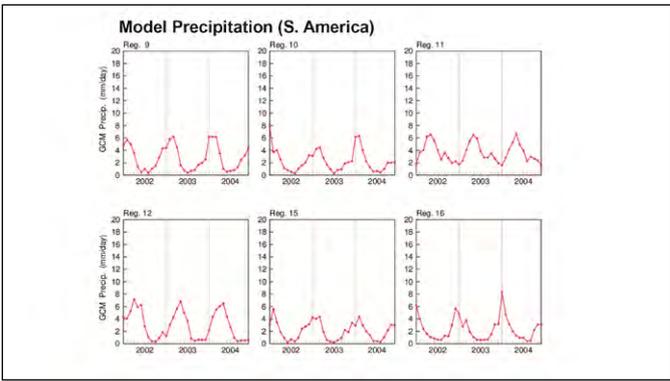
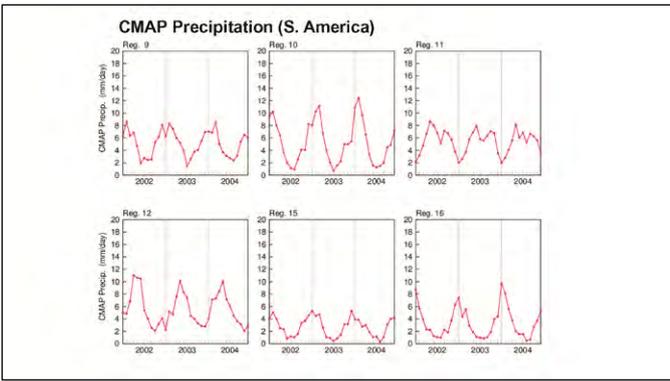
Energy fluxes and carbon dioxide flux between terrestrial ecosystems and the atmosphere are estimated.

Biosphere-Atmosphere Interaction Model (BAIM) (Mabuchi et al. 1997)

- C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants photosynthesis processes
- Snow accumulation and melting processes
- Soil water freezing and melting processes

Analyzed regions





### Correlation between S. America and Africa (2002 - 2004)

Prec. Anom. (CMAP)

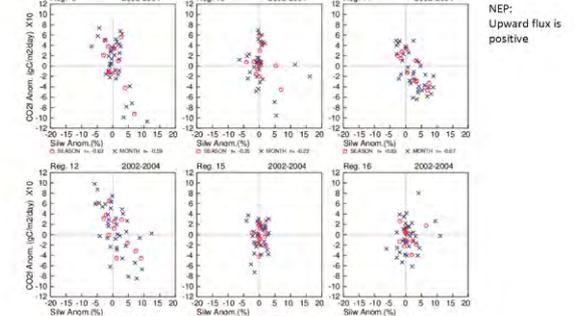
NEP Anom. (model)

S. America		Africa		S. America		Africa	
9 - 10 (SA1)	0.46	17 - 18 (AF1)	0.34	9 - 10 (SA1)	0.73	17 - 18 (AF1)	-0.16
11 - 12 (SA2)	0.64	21 - 22 (AF2)	0.31	11 - 12 (SA2)	0.87	21 - 22 (AF2)	-0.53
15 - 16 (SA3)	-0.64	23 - 24 (AF3)	0.62	15 - 16 (SA3)	0.22	23 - 24 (AF3)	0.22

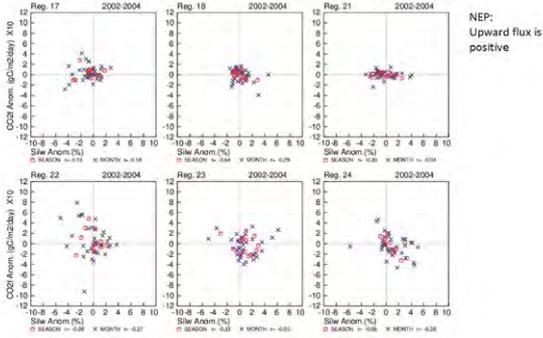
SA1-AF1	-0.19	SA1-AF1	-0.34
SA1-AF2	0.67	SA1-AF3	-0.25
SA1-AF3	0.29	SA2-AF1	0.10
SA2-AF1	-0.66	SA2-AF3	-0.24
SA2-AF2	0.15	SA3-AF1	-0.35
SA2-AF3	0.02	SA3-AF3	-0.18



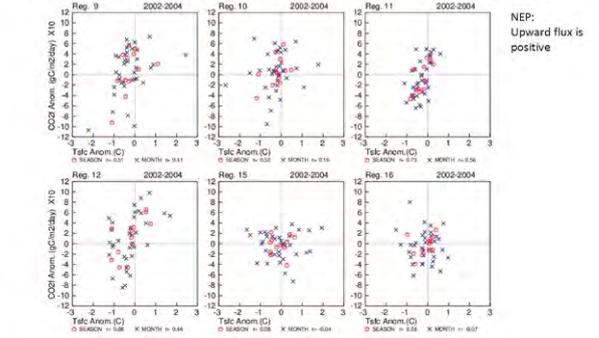
### Correlation between NEP anomaly and soil wetness anomaly (S. America)



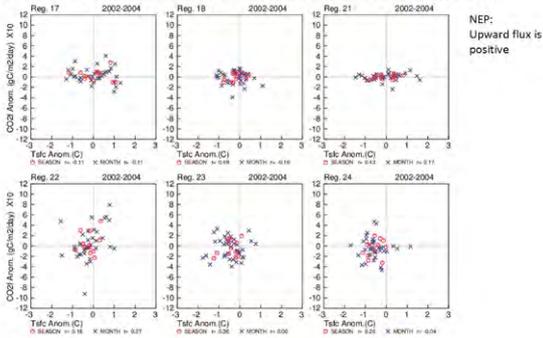
### Correlation between NEP anomaly and soil wetness anomaly (Africa)



### Correlation between NEP anomaly and surface temperature anomaly (S. America)



### Correlation between NEP anomaly and surface temperature anomaly (Africa)



### まとめ

- ◆衛星データと気候モデル出力データの相互比較検証は、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。
- ◆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。よって、衛星プロダクトがモデル検証情報となる一方で、モデルによる再現結果についても、衛星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データの、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。
- ◆今回は、南アメリカとアフリカの間の降水量シーソー現象を例としてケーススタディを行った。
- ◆CMAP降水量データとモデル降水量の比較、およびその検証結果を踏まえたモデルプロダクトによる解析の結果、南アメリカおよびアフリカ低緯度域における、降水量変動、炭素収支変動、土壌水分変動、および地上気温変動の間の相互関係を見出すことができた。
- ◆今後も、衛星プロダクトとモデルプロダクトの相互利用の可能性を実証していくとともに、これらのプロダクトを総合的に利用した地球システム理解のためのシステム構築を目指したい。



# 全球ASTER時系列 DEM・オルソ画像データセット の開発と応用

浦井 稔

千葉大学客員教授・産業技術総合研究所

Geological Survey of Japan, AIST



## はじめに

・衛星データを用いた時系列解析は防災監視・違法伐採監視・土地利用解析などに有効である。

・しかし、衛星データの時系列解析には煩雑な前処理が必要である。

- ・衛星データの準備
- ・オルソ化
- ・位置合わせ
- ・雲域判定

・このため、産総研はASTER時系列DEM・オルソ画像を開発した。

Geological Survey of Japan, AIST



## ASTERの概要

打ち上げ	1999年12月18日
軌道	16日回帰の極軌道
空間分解能	15m, 30m, 90m
観測幅	60km
観測波長	可視～熱赤外
バンド数	14
ステレオ機能	あり
設計寿命	6年
位置精度	50m (昼間) 200-300m (夜間)
標高精度	15m
アーカイブ数	251万シーン以上 (2014年11月現在)



Geological Survey of Japan, AIST



## ASTERの概要

ASTER VNIRは直下視と後方視の望遠鏡を持っている

ステレオ画像ペアから30mメッシュのDEMを作成可能

地表評定点 (GCP) 無しで、DEMの水平精度は50m、高さ精度は15m

画像を立体視鏡で立体視することも可能



ASTERの立体視

(<http://www.ersdac.or.jp/GDEM/J/2.html>)

Geological Survey of Japan, AIST



## ASTER時系列DEM・オルソ画像



提供データの特徴

- 緯度1度×経度1度単位
- 緯度・経度座標系
- 観測日毎のモザイク
- 昼間の全観測データ
- オルソ化済み
- 平均観測回数 2回/年

含まれるデータ

- DEM 1秒 (約30m)
- VNIR 0.5秒 (約15m)
- SWIR 1秒 (約30m)
- TIR 3秒 (約90m)
- 雲マスク1秒 (約30m)
- 画像相互間のずれ幅

Geological Survey of Japan, AIST



## 雲マスクの作成

DEMのスタック

・ある地点の標高をASTERの観測毎に計算する。

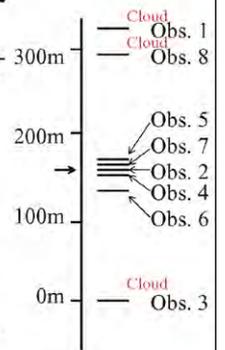
・多数決でその地点の標高を決める。

これまでの雲判定: 「雲は白く低温」

- ・雪や砂漠も白い
- ・低空の雲の温度は低くない
- ・標高差が大きいと地面の温度変化も大

新しい雲判定: 「DEMが異常」

・推定された標高から一定以上離れた標高を観測した場合は、雲と判定する。



Geological Survey of Japan, AIST

### 雲マスクの例

ASTER VNIR画像      雲マスク

Geological Survey of Japan, AIST

### 画像相互のずれ量

観測毎の位置ずれの計算

- 個々の観測画像とモザイク画像間で最も相関が高くなる位置を300×300ピクセルのテンプレートを使って計算する
- 相関計算は300ピクセルごとに120×120点で実施する。
- 正の相関係数が100個(9km<sup>2</sup>)以上連続する部分のみ採用
- 雲、ダミーの部分では計算しない

個々の観測画像      モザイク画像

60m

X方向のずれ補正無      X方向、Y方向のずれ補正済  
VNIRのピクセル単位(0.5秒)      VNIRのピクセル単位(0.5秒)

Geological Survey of Japan, AIST

### ASTER時系列DEM・オルソ画像の範囲

15m/pixel

全球ASTERモザイク画像

Geological Survey of Japan, AIST

### ASTER時系列DEM・オルソ画像の範囲

ASTER GDEMの品質

Ratio of pixels that have less than or equal to 2 cloud free images  
DEM mosaic in case of ASTER GDEM

0
0 - 0.1%
0.1 - 1%
1 - 10%
> 10%

Geological Survey of Japan, AIST

### ASTER時系列DEM・オルソ画像の応用

17AUG2004      05OCT2001      18MAR2001      06AUG2000

ASTER時系列オルソ画像を用いた黄河河口の変化

Geological Survey of Japan, AIST

### ASTER時系列DEM・オルソ画像の応用

2度×2度  
15m/pixel

九州のASTERモザイク画像

Geological Survey of Japan, AIST

## ASTER時系列DEM・オルソ画像の応用



15度×15度  
15m/pixel

日本付近のASTERモザイク画像

Geological Survey of Japan, AIST

## ASTER時系列DEM・オルソ画像の応用

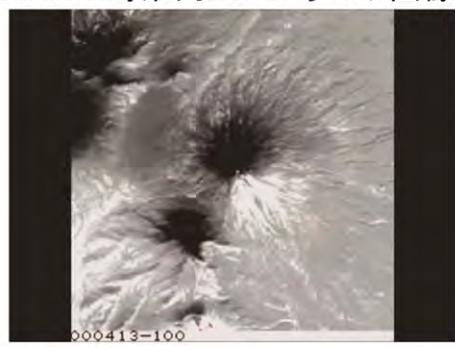


15m/pixel

全球ASTERモザイク画像

Geological Survey of Japan, AIST

## ASTER時系列DEM・オルソ画像の応用



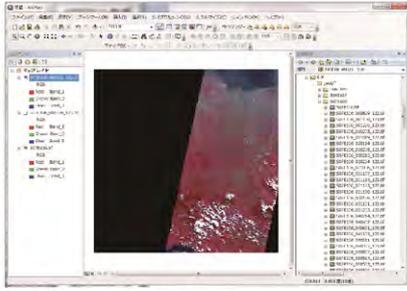
20km×20km  
748画像  
0.05秒/画像

火山の熱画像の動画(カムチャッカ、クリチャクソイ火山)

Geological Survey of Japan, AIST

## ASTER時系列DEM・オルソ画像の提供

- データ提供の前提  
産総研との共同研究
- データ提供方法  
ポータブルディスク
- 提供単位  
タイル(緯度1度×経度1度)
- 提供可能データ形式  
バイナリ  
png  
geotiff



GISによる表示(geotiff)

Geological Survey of Japan, AIST

## ASTER時系列DEM・オルソ画像の提供

- データ提供の前提  
産総研との共同研究
- データ提供方法  
ポータブルディスク
- 提供単位  
タイル(緯度1度×経度1度)
- 提供可能データ形式  
バイナリ  
png  
geotiff



Google Earthによる時系列表示(png)

Geological Survey of Japan, AIST

## 夜間ASTER時系列オルソ画像

Date and Path (yymmdd_ppp)	VNIR image	SWIR image	TIR image
130127_200			
130128_200			
130129_200			
130130_200			

提供データの特徴

- 緯度1度×経度1度単位
- 緯度・経度座標系
- 観測日毎のモザイク
- 夜間の全観測データ
- オルソ化済み
- 平均観測回数 0.4回/年

含まれるデータ

- DEM 1秒(約30m)
- VNIR 0.5秒(約15m)
- SWIR 1秒(約30m)
- TIR 3秒(約90m)
- 雲マスク1秒(約30m)
- 画像相互間の差分

東京を含む区画の夜間  
ASTER時系列画像

Geological Survey of Japan, AIST



## まとめ

・産総研が開発した全球ASTER時系列DEM・オルソ画像の開発とその応用について述べた。

・産総研が保持または開発した以下のデータは共同研究で他の機関に提供できる。

- 全球ASTER時系列DEM・オルソ画像
- 全球ASTERモザイク画像
- 夜間ASTER ASTER時系列オルソ画像
- ASTER画像アーカイブ

# Determination of the earthquake disaster area by object-based analysis using a single satellite image

Tokyo University of Information Sciences, Japan

Jonggeol Park, Ichio Asanuma, Ippei Harada

## Introduction

It is difficult to quickly grasp the entire situation of disaster area in large-scale natural disasters. Even if the disaster prevention system is fixed, because of the time lag between the real disaster information and instant disaster estimation, it takes more time to check the amount of disaster when disaster area is large. The map or images of a disaster area is indispensable. Therefore, the entire disaster situation is grasped by observation of the affected area using an aircraft or a satellite. Identification of the affected areas by satellite and aircraft are often visual interpretation of human. It is accurate but it takes an enormous amount of time and effort. In the case of using the rescue measures on site, construction of the technology has been desired in a short time the affected area. The method of automatic determination of the affected areas is being studied using high resolution satellite data. For example, it is a method of comparing pre-disaster image and post-disaster image to determine the affected area.

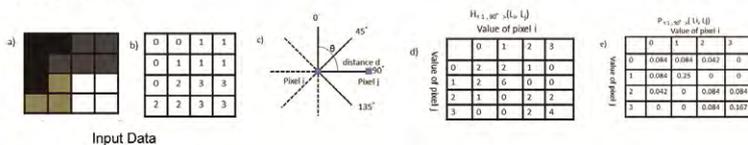
## Objective

The goal of this study is to create the support data for the rescue field, conduct research by using a single high resolution satellite image without using the auxiliary data and complex algorithms. The specialty of this research is to determine the disaster affected area by using the hierarchical information and texture information which is known by segmentation. In the pixel-based analysis of the previous research, it is difficult to determine the single object because an object such as a building is consisted of multi-pixels in high resolution optical satellite. It can be said that an object-based classification is effective than the pixel-based classification where there are uncountable objects such as urban.

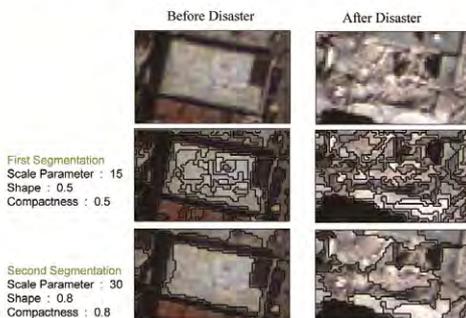
## Theory & Result

### • Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

In statistical texture analysis, texture features are computed from the statistical distribution of observed combinations of intensities at specified positions relative to each other in the image. According to the number of intensity points (pixels) in each combination, statistics are classified into first-order, second-order and higher-order statistics. The Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) method is a way of extracting second order statistical texture features. A GLCM is a matrix where the number of rows and columns is equal to the number of gray levels,  $G$ , in the image.  $e$ . The matrix element  $P(i, j | \Delta x, \Delta y)$  is the relative frequency with which two pixels, separated by a pixel distance  $(\Delta x, \Delta y)$ , occur within a given neighborhood, one with intensity  $i$  and the other with intensity  $j$ . One may also say that the matrix element  $P(i, j | d, \theta)$  contains the second order statistical probability values for changes between gray levels  $i$  and  $j$  at a particular displacement distance  $d$  ( $d=1$ ) and at a particular angle  $\theta$  (0,45,90,135).



### • 2 step hierarchical region segmentation



The walls and roofs of wreckage are scattered around the house and building in the disaster areas. First segmentation extracts the small wreckage as an object one by one. 2nd segmentation extracts a building or house as an object using the result of 1st segmentation. It is possible to know the number of sub-objects of the lower layer included in the higher layer object with the help of 2nd process segmentation.

$$\text{Earthquake\_damage} = -0.036 \times \text{Length} + 3.3368 \times \text{Dissimilarity / Homogeneity} + 61.950 \times \text{Number of sub-objects / Area} - 36.186 \times \text{Length of longest of edge / Area} - 2.506$$

## Conclusion

The goal of this study is to create the support data for the rescue field, conduct research by using a single high resolution satellite image without using the auxiliary data and complex algorithms. First, we made objects using 2 step hierarchical region segmentation. Next, 28 features quantity of each object were calculated using features of Haralick, features of 2 step hierarchical, features of shape and features of polygon. Finally, Stepwise method which is a discriminant analysis is used to find out the effective feature value for the earthquake affected area discrimination. From the above results, in order to accurately determine the earthquake affected areas and non- affected areas, it is effective to use the 4 features i.e. Length, Dissimilarity/Homogeneity, Number of sub-objects/Area and Length of edge/Area. It is effective to determine the affected areas by disaster using a high resolution satellite data. It is difficult to determine as affected areas in case of the contrast is low objects even in the affected areas and building's wreckage is divided into several objects. In this research, we determined empirically coefficient. But it is necessary to determine automatically by size of building of image segmentation

## Study Area & Data

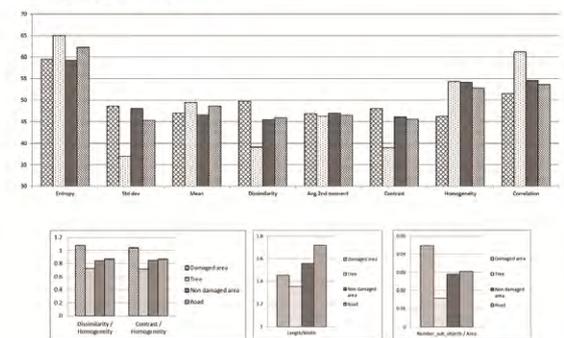


The 2010 Haiti earthquake was a catastrophic magnitude 7.0 Mw earthquake, with an epicenter near the town of Léogâne (Ouest Department), approximately 25 km west of Port-au-Prince, Haiti's capital. The earthquake occurred at 16:53 local time on Tuesday, 12 January 2010. The government of Haiti estimated that 250,000 residences and 30,000 commercial buildings had collapsed or were severely damaged. Amongst the widespread devastation and damage throughout Port-au-Prince and elsewhere, vital infrastructure necessary to respond to the disaster was severely damaged or destroyed. This included all hospitals in the capital; air, sea, and land transport facilities; and communication systems.

### << GeoEye-1 Satellite Sensor >>

GeoEye-1 Satellite Sensor Specifications	
Launch Date	September 6, 2008
Camera Modes	Panchromatic only Multispectral only
Resolution	0.46 m panchromatic (nominal at Nadir) 1.84 m multispectral (nominal at Nadir)
Spectral Range	Panchromatic: 450 - 800 nm Blue: 450 - 510 nm Green: 510 - 560 nm Red: 565 - 600 nm Near Infra Red: 780 - 920 nm
Orbit type/period	Sun-synchronous / 98 minutes

### • Features of Haralick



### • Result of determination of affected areas



Earthquake\_damage  
0.5 - 0.7

# MODISを用いた北海道の水田抽出

東京情報大学 金 榮煥、朴 鍾杰、浅沼 市男、原田 一平

## Introduction

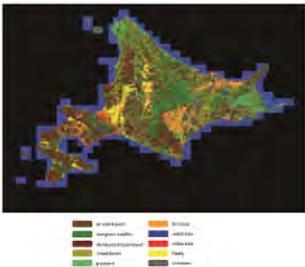
水田はアジアにおいて重要な食料供給原である。特に、米の生産量の約90%をアジアが占めその面積を正確に抽出することは生産量を推定するのに重要な指標である。また、水田は地球温暖化の原因の一つであるメタンの発生原であり、水田分布を定量的に把握及び監視方法の確立が国際的に勤務となっている。現在、国産の食料を支える農家の人の高齢化や耕作放棄地問題など、農業の生産現場は危機的状況である。

日本では1973年から2004年にかけて第6回の自然環境保全基礎調査を行った。膨大な費用や時間を消費したが、2013年3月の時点で全国整備率は64%と低く、地域によって植生現状の把握ができていないところもあった。また、調査する人の知識や経験によって違いが生じる可能性もある。このような問題点を改善するため、従来の現場又は現地での伝統的なデータ収集方法ではなく、より効率的な手法の開発が必要となった。

リモートセンシング技術は広い範囲を同時に均一な精度で観測できるため、土地被覆分類や土地利用変化抽出に多く用いられている。1970年代からLandsatやNOAA/AVHRRなどの衛星を用いて農作地や森林など地球環境モニタリングを行った。1980年代からリモートセンシングによる水田の監視が試みられた。また、従来に比べ、探索する範囲が広く、データ取得の速度が速いことから地上の条件に制約されることが少ないため、様々な研究で用いられた。現在のところ衛星データを用いた水田の面積推定に関する研究は少なくない。しかし、気候的特徴と地形的特徴を併用した研究は少ない。

本研究では、北海道の水田を抽出するため、地形的な特徴(DEM)や気候的特徴(積算温度)と分光的特徴(MODIS)を使用する。光学衛星データはシーンの間での雲による欠損の影響が大きく、極めて晴れたシーンを得ることは難しい。しかし、DEMと積算温度を補助的に用いることで衛星データのみを利用した手法の問題点を解決できると考えられる。また、今回提案する手法を用いた結果と環境省の植生図を比較して有効性を検討する。

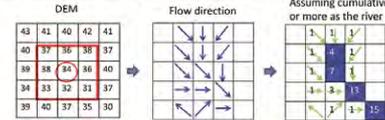
## Study area



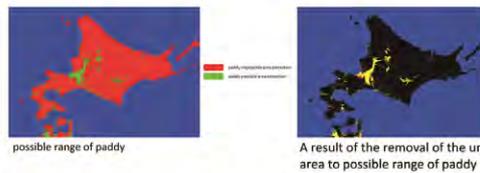
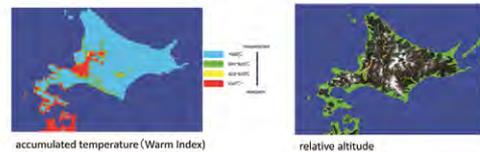
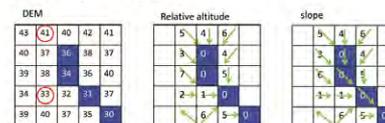
多くの植生が混交しているため、土地利用情報や土地被覆分類の把握が難しい。

植物群の南下・北上の会合点ではあることから、亜寒帯針葉樹林と温帯広葉樹林がモザイク状に存在したり、混交林内でも両樹種がモザイク状に混交するなど多様な植物相が成立している。

多くの植生が混交しているため、土地利用情報や土地被覆分類の把握が難しい。



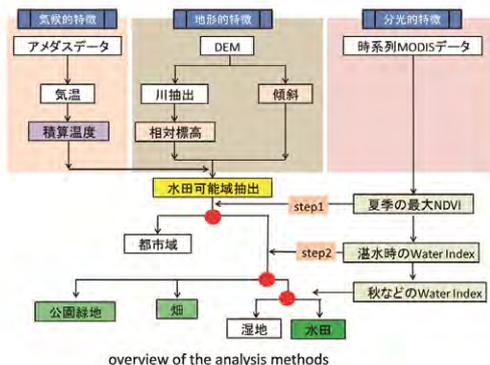
$$H_{(PIL)} = H_{(DEM)} - H_{(HWL \text{ of river})}$$



## Data

AMEDas (Automated Meteorological Data Acquisition System)  
USGS DEM (Digital Elevation Model)  
Terra MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer)

## Methodology

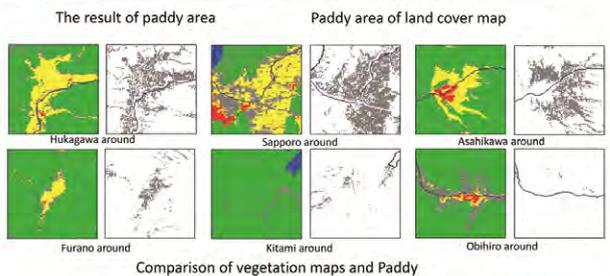
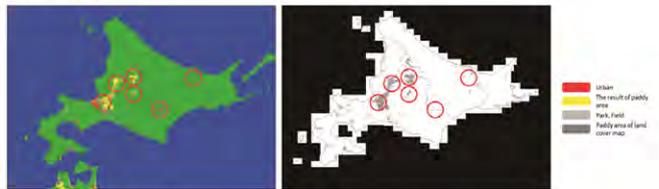


第1では気候的特徴を抽出した段階  
アメダスの気温データを用いて、月平均温度が5°Cを超える月の平均気温と5°Cを引いた気温が正の値である月を積算し、積算温度として求める。

第2では地形的特徴を抽出した段階  
DEMで川を抽出する。川の標高を0mとし、その周辺の陸地標高を相対的に求める。その後DEMデータで8つの方向の最少傾斜を求める。

第3では分光的特徴を抽出した段階  
1と2から得られた結果に夏季の最大NDVIを入れ、市街地を取り除く。その後、田植え時期のWater Indexを用いて水田を抽出する。

## Conclusion



本研究では、気候・地形・分光的特徴を用いて北海道における水田分類図を作成し、環境省の植生図と比較を行った。まず、AMEDasの温度データを用いて積算温度を求めた。月平均温度が5°Cを超える月の平均気温から5°Cを引いた温度が正の値である月を積算し、その値が630°以上の領域を水田可能域として推定した。その後、USGSのDEMから最少傾斜及び相対標高を求めた結果と積算温度を重ね合わせ、水田可能域を抽出した。次に、水田として抽出された領域に市街地や畑などの領域が含まれていたため、分光的な特徴を用いて、市街地や畑を分類した。分類された結果と環境省が提供している植生図から水田を抽出した結果と比較を行った。その結果、札幌や旭川周辺では現存植生図とほぼ一致しているのを確認した。しかし、帯広周辺ではWarm Indexによる過大評価やWater Indexによる過小評価されたことが明らかになった。本研究で提案した手法は、地形的な特徴(DEM)、気候的特徴(積算温度)、分光的な特徴(MODIS)3つの要素を用いて水田抽出を行った。

## Future work

Warm Indexを広げて除かれた部分を修正し、抽出を行う  
アメダスではなく衛星データから温度を取り出しWarm Indexを計算する。  
精度検証を行い、誤判断の原因を解析する  
今回提案した手法で日本全体のスケールでの水田抽出し、精度検証を行う

# 総生産量推定のための全球土地被覆分類データの検証方法：FLUXNET情報の利用

曾山典子<sup>1)</sup>, 村松加奈子<sup>2)</sup>

1) 天理大学 人間学部 2) 奈良女子大学 理学部

## 概要

陸域生態系の炭素吸収源機能による炭素収支量を把握することが気候変動メカニズムの解明にとって重要な課題となっており、衛星データを用いて全球規模での植生の総生産量を推定する研究が多く行われている。近年、世界中にFluxサイトが設置され、陸域生態系と大気間でのエネルギーや二酸化炭素輸送の観測が行われており、植生機能タイプ別にFluxサイトのデータを解析し、全球での生態系炭素循環モデルのパラメータを決定する研究が増えてきている。これらの研究において、植生タイプ別の全球土地被覆分類データは重要な基礎情報であり、土地被覆分類プロダクトの精度向上が要求される。

本研究では、Fluxサイトの情報を使用して作成した参照データを精度評価に適用する方法について提案する。Fluxサイトを使用する利点は優占植生や土地被覆状態に関する情報が載っている場合が多く、その記述は専門家であるサイト管理者によるため信頼性が高い。短所としては、遷移が見られる土地被覆状態のサイトが多く、分類クラスを固定的に決定することが難しい。またサイトの土地被覆に関する記述の空間代表性は衛星データと異なることが挙げられる。本研究はFLUXNETの情報を活用し、参照データのクラスとして信頼度別にIGBPに準拠して4つの候補クラスを決定した。その上で信頼度順に重み付けを行い、精度評価を行った。この方法をThe MODIS Land Cover Type product (MCD12Q1) 2007に適用した結果を示した。

## 本研究で使ったFLUXNETサイト

- 植生情報、写真など判読が比較的容易なFLUXNET<sup>1)</sup>を使用(AmeriFlux, AsiaFlux, CCP: Canadian Carbon Program, CarboAfrica, IMECC: Infrastructure for Measurements of the European Carbon Cycle, Ozflux)。サイト数445件の内、77件は情報不足で参照データが作成できなかった。
- SACLA(Site-based dataset for evaluating Annual Change of Land cover type)に登録されているFluxサイトを使用した。SACLAは全球土地被覆分類データの検証評価のために、FLUXNET, DCP(Degree Confluence Project)、その他現地調査データの情報を活用して作成されたデータセット。筑波大学佐原グループ作成<sup>2)</sup>
- 各サイトの参照クラス数は地理的、クラス的に均衡性が低いことが問題 (Table 1参照)。C1:候補1, C2:候補2, C3:候補3, C4:候補4



Fig.1. Flux sites used in this study.

Table 1. The number of class for the reference data sets collected in this study

	Evergreen Needleleaf Forest			Evergreen Broadleaf Forest			Deciduous Needleleaf Forest			Deciduous Broadleaf			Mixed Forest			Closed shrub			Open shrub			Wooded savanna			Savanna			Grassland			Wetlands			Croplands			Urban			Natural Mosaic			Snowice			Barren															
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3																
AmeriFlux	22	9	5	1	3	1				12	4	1	7	11	3	1	2	8	1	4	10	3	1	1	5	1	2	2	1	27	8	4	1	3	5	9	16	3	1	1	4	6																			
AsiaFlux	3	4	12				3	1	3				5	2	4	4	4	2	5							9	2	1	1	4	9	3	4	4	1		1	1	4	5	8																				
CCP	10	2	2									1	1		2	1																																													
CarboAfrica				1	1																				2	1																																			
OzFlux																																																													
IMECC	11	3	1	1	2	1	1					6	1		3	2	3																																												
Total	46	14	12	2	25	2	2	0	3	1	4	0	25	7	6	0	14	20	7	2	8	0	2	5	10	3	1	7	8	2	0	3	4	6	0	66	32	9	1	6	10	12	0	51	28	11	5	4	0	0	2	2	23	15	0	0	0	2	0	0	0

## 参照クラスの決定方法

- Fluxsiteの写真および、専門家が記述した植生情報を参考にし、クラスを決定する。Fluxsiteに記載されているIGBPクラスと合致しない場合は、Site運営者の記述している論文なども参考にする(Fig.2(a))。
- 空間分解能0.005度としてGoogle Earthでサイト周囲の被覆状態を確認する。1画素内が一様でない場合は複数の候補クラスを挙げる (Fig.2(b))。
- 被覆状態に関する情報がないサイトの判読のため、各クラスの典型的な被覆状態を示す信頼性が高いサイトの情報で判読の基準を決定し、これに準拠してクラスを決定する。



Fig.2 (a) Photo and (b) Google Earth of the US-Wjts site

## 検証方法 (重み付け)

- 候補クラスの重み付けを信頼度の高い順に、候補1:1.0, 候補2:0.75, 候補3:0.5, 候補4:0.25とする。Fluxサイトの緯度経度を含む画素を中心として周囲9画素を含めて、候補 (信頼度の高い順) に合致した場合に、その重みで精度値 (1~0.25) を決定する。
- (例) Fig.3の場合の重み付け |EN: Evergreen Needleleaf Forest, CR: Cropland, NM: Natural Mosaic|  
候補1:EN, 候補2:NM 候補3:CRの場合: 精度1, 候補1無し, 候補2: ENの場合: 精度0.75,  
候補1, 2無し, 候補3: NMの場合: 精度 0.5, 候補1, 2, 3無し, 候補4: CRの場合: 精度 0.25

NM	EN	EN
CR	EN	EN
GR	GR	CR

Fig.3 Example of validation method for nine pixels

$$Total Accuracy = \sum_{i=1}^4 A_i \times W_i / \sum_{i=1}^4 R_i \times W_i \quad (W_i: Weight, R_i: Number of Reference data, A_i: Number of Agreement)$$

## MOD12Q1に精度評価方法を適用した結果

Table 2. Number of agreement and accuracy rate for each candidate of reference data sets.

Class	Evergreen Needleleaf	Evergreen Broadleaf	Deciduous Needleleaf	Deciduous Broadleaf	Mixed Forest	Closed shrub	Open shrub	Wooded savanna	Savanna	Grassland	Wetlands	Croplands	Urban	Natural Mosaic	Barren	Total
Candidate1	28 (61%)	22 (88%)	3 (100%)	18 (72%)	13 (93%)	2 (100%)	3 (60%)	5 (83%)	2 (67%)	38 (59%)	2 (33%)	47 (92%)	4 (100%)	1 (50%)	1 (50%)	184 (70%)
Candidate2	7 (50%)			6 (86%)	16 (80%)	2 (25%)	9 (90%)		6 (19%)	2 (20%)	20 (71%)			4 (50%)		77 (51%)
Candidate3	5 (42%)	1 (50%)		4 (67%)	6 (60%)			1 (50%)	4 (67%)	1 (11%)	2 (17%)	5 (45%)		11 (48%)		40 (40%)
Candidate4	1 (50%)			6 (86%)			1 (100%)					3 (60%)	1 (50%)	7 (47%)		19 (53%)
Accuracy value	57%	82%	52%	74%	83%	41%	70%	30%	44%	45%	23%	83%	94%	48%	50%	61%

- MOD12Q1(2007)の重み付け精度率は61%、各候補参照データの合致率は候補1(70%),候補2(51%),候補3(40%),候補4(53%)であった。

## まとめと今後の研究

- 全球対象では、現地の植生被覆状態の情報を収集し、信頼性の高い参照データを作成することは難しい。また植生被覆の状態は遷移しているため、参照データのクラスは変わる可能性が高い。使用する衛星データによって空間分解能が異なる場合などは、参照クラスは複数の候補が挙げられる。本研究では、信頼度に分けて参照データ (候補クラス) を作成し、各候補クラスごとの合致数に重み付けをして換算し、全体の精度を計算する方法を提案した。
- 通常分類データの精度評価は、1サイト1クラスで精度評価を行うが、本研究で作成した候補1は184件 (全参照データ368件) である。候補2~4の信頼性は低くなるが、これらを使用することは、より地理的・クラス的均衡性を高くするために有効であり、問題の大きい分類エラー (草本を木本と分類するなど) の有無を調べる上でも有効である。
- 今後は、参照クラスの地理的、クラス的均衡をとるため、FLUXSITE以外の情報を収集し、参照データセットを作成する。また、より低分解能の衛星データに適用するための参照データセットの作成を行う。
- 精度検証方法としては、草本と木本、熱帯雨林とその他の気候帯の森林など、総生産量の推定に使用するパラメータに大きく関係するクラスの精度比較について検討する。

## References

- FLUXNET: <http://fluxnet.ornl.gov/> (accessed on Feb.1, 2015).
- 佐々井崇博 FLUXNET土地被覆データ整備作業マニュアル

## Acknowledgments

This study was supported by the National Space Development Agency (JAXA) of Japan as part of GCOM-C1 projects.

# UAVとSfM-MVSを用いた斜面崩壊の発生と地形変化に関する解析 - 阿蘇山を対象として -

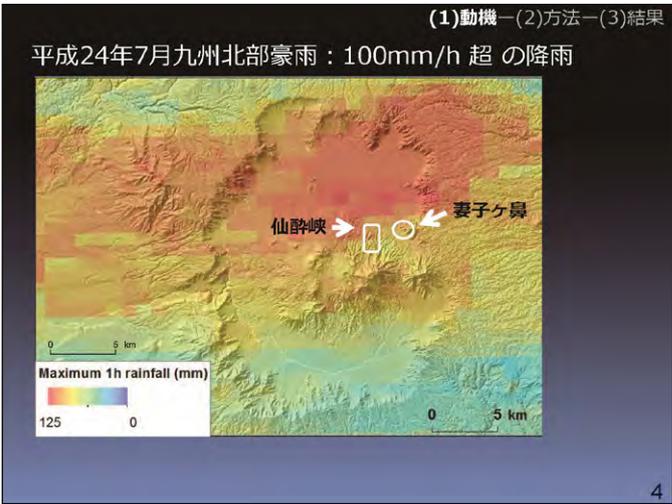
齋藤 仁 (関東学院大), 小花和宏之,  
ヨサファット・テトオコ・スリ・スマンティヨ (千葉大),  
内山庄一郎 (防災科研), 早川裕弐 (東大),  
泉 岳樹, 山本遼介, 松山 洋 (首都大)



(1)動機-(2)方法-(3)結果

- 動機：阿蘇山周辺の表層崩壊 (平成24年7月の豪雨)
- 方法：UAV+SfM/MVS+GNSS
- 結果と考察：
  - ・ 低空空撮画像の解析
  - ・ 表層崩壊の分布と土砂生産量

3



(1)動機-(2)方法-(3)結果

- テフラ (火山碎屑物)
- 崩壊幅：～数十 m
- 豪雨に伴い崩壊、土石流 (ラハール)
- 崩壊深：～1.5 m

宮縁ほか (2004)  
松四・齋藤ほか (2013)

5

(1)動機-(2)方法-(3)結果

### 地形変化の速い地域 2014年

- 斜面崩壊発生場所の特徴
- その後の地形変化・植生回復
- ⇒ 土砂災害対策
- ⇒ 草地景観の保全

1953年：梅雨前線  
1990年：梅雨前線  
2001年：梅雨前線  
2012年：梅雨前線 (今回)

地球温暖化による豪雨頻度の増加  
(Manda et al., 2014, Scientific Reports)

6

(1)動機-(2)方法-(3)結果

- 個々の崩壊は小規模
- 高解像度・高頻度の観測
- 迅速な観測

- 衛星画像
- 航空写真
- LiDAR

- UAV (無人飛行機)
- SfM/MVS (複数の写真から3D構造を高精度に復元する技術)

目的：異なる時期の高解像度データを用いて、斜面崩壊地の地形的特徴と地形変化を定量化

7

(1)動機-(2)方法-(3)結果

- 現地調査
- 2014年8月~12月
- 2012年9月

[2012年7月豪雨]

- 2004年4月 LiDAR (2m) (崩壊前の地形データ)

謝辞： JORAS

UAV (Phantom2)

8

(1)動機-(2)方法-(3)結果

UAV	DJI PHANTOM2®
	航空機種別クアッドコプター (4個の回転翼)
	寸法横290mm×奥行290mm×高さ180mm
	重量1000g
	最大飛行時間25分 (搭載重量に応じて減少)
	最大飛行可能距離1000m
	可搬重量1300g
カメラ	RICOH GR® 1690万画素
	NIKON COOLPIX A® with GPS 1616万画素
SfM-MVS	Agisoft PhotoScan®

立ち入り困難な場所の観測が可能  
現地でのデータ確認可能

9

(1)動機-(2)方法-(3)結果

妻子ヶ鼻 (6 ha)

10

(1)動機-(2)方法-(3)結果

4 cm オルソ画像

10 cm DSM

妻子ヶ鼻流域 (6 ha)

- 1,211 photos
- 9 GCPs
- 60 hours
- GeForce GTX Titan × 3
- Xeon E5-2697 × 2

11

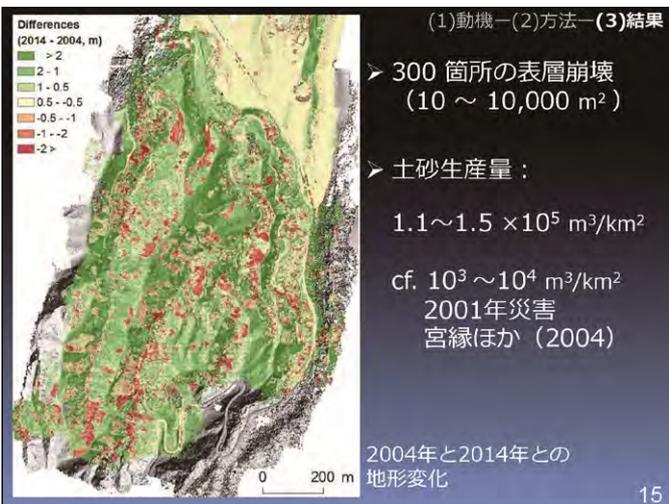
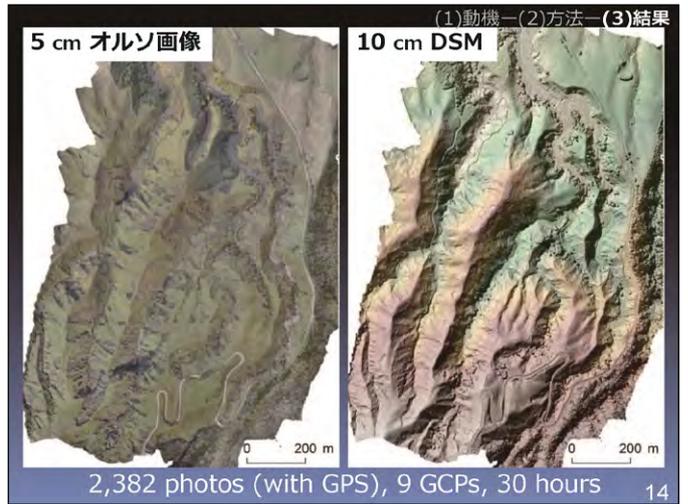
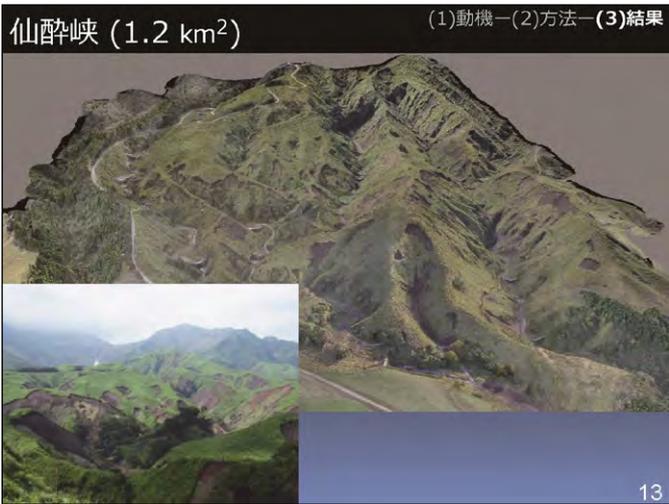
(1)動機-(2)方法-(3)結果

2004年と2014年との地形変化

侵食箇所を直接計測可能

- 20 箇所の表層崩壊 (20 ~ 4,600 m<sup>2</sup>)
- 土砂生産量： 0.9 ~ 1.7 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>

12



まとめ

- 阿蘇山周辺の表層崩壊地の解析
- UAV + SfM/MVS + GNSS  
低空空撮画像による高解像度データ (~4 cm)  
表層崩壊の分布、土砂生産量の定量化  
災害発生直後、迅速なモニタリング
- 課題 :  
継続的な観測による地形変化、植生変化の定量化  
表層崩壊の危険度評価、土砂流出評価

16

## プログラム - 2

## 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： GOSAT FTS TIR Ver. 01.00 データの全球規模解析の初期結果

○江口菜穂<sup>1</sup>、齋藤尚子<sup>2</sup>

1：九州大学 応用化学研究所，2：千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

### 1. はじめに

GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite: 温室効果ガス観測技術衛星) の主センサーである TANSO FTS (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation Fourier Spectrometer) の熱赤外線 (Thermal InfraRed: TIR) スペクトルより、二酸化炭素とメタンの鉛直濃度プロファイルデータが導出され、Level 2 (L2) プロダクトとして昨夏 (2014.7月) より一般に公開されている。

本発表では、FTS TIR L2 Version 01.00 (Ver.01) の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、メタン (CH<sub>4</sub>) の鉛直プロファイルデータを用いて、全球の CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> の季節変化と鉛直分布について調べた初期解析結果を報告する。本研究は、千葉大学 CeRES 共同研究の研究課題として、多種類の衛星観測データより導出された、自由対流圏では長寿命である微量気体データを用いて、対流圏から成層圏に至る成層圏-対流圏間交換過程を介した物質循環を明らかにすることを最終目的としている。

### 2. データ: 処理方法と特徴

FTS TIR L2 Ver.01 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 鉛直プロファイルデータを用いた。対象とした気圧面は、対流圏下層 735 hPa、対流圏中層 464 hPa、対流圏上層 273 hPa と 161 hPa である。(リトリバル手法の詳細は、Saitoh et al. [JGR, 2009] および Ver.01 留意事項説明資料を参照。) 航空機観測との比較結果からは、CO<sub>2</sub> は対流圏中層ではおよそ 3-5 ppmv、対流圏上層および成層圏下層ではおよそ 1-3 ppmv [Saitoh et al., in preparation]、CH<sub>4</sub> は -5 ± 15 ppbv (ただし、Version 00.01 の結果 [Saitoh et al., SOLA, 2012]) の差である。解析期間は 2010 年 1 月から 12 月。L2 データから毎日に 5 度のグリッドデータを作成した。各グリッド内のデータの月平均数は、昼間が 15 個、夜間が 24 個であった。月最大個数の平均値は 90 ~ 140 個であった。海上サンプリング領域の観測頻度が多い。地表面状態の違いがわかり易いよう、陸域、海域、陸海混合域毎、および、昼間/夜間を別にして解析を行った。Ver.01 では、ほとんどの CO<sub>2</sub> の DOF が 1 を超えていたが、CH<sub>4</sub> の DOF は 1 を超える事例が少ないため (熱空試験時の低い SN 値を厳密に適用したことにより、前バージョン (Ver.00.01) より相対的に観測情報が取り込まれなくなったため)、すべてのデータを使用した。CO<sub>2</sub> の DOF は、夜間よりも昼間の値の方が高く、また高緯度 (60 度以北、以南) や雲高頻出地で、値が低い特徴がみられる。図 1 より、CH<sub>4</sub> の DOF が 1 以上の場所は昼間の砂漠域に主としてみられ、それ以外の低緯度では、0.6 ~ 0.7 の値であった。なお、V00.01 の夜間の雲スクリーニングに問題があり、雲高頻出域 (特に低緯度域) で夜間のデータがほとんど提供されていない点は改善されている。

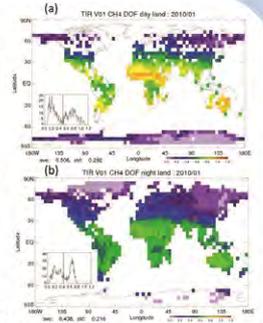


図 1: CH<sub>4</sub> 自由度 DOF の水平分布。2010 年 1 月。(上段) 昼間、(下段) 夜間。白抜きは欠損。

### 3. 昼夜間コントラスト

図 2a より、CO<sub>2</sub> の 735hPa では、砂漠域を除いて、昼夜の違いが ±2ppmv (平均絶対値の約 0.5%) 以下で、237hPa では、±0.6ppmv (約 0.15%) 以下であった。また、図 3a の緯度気圧断面から、下層から中層の北半球低緯度で昼夜の差が大きいのがわかる。この原因を探るため、低緯度の夜間の赤外線スペクトルを用いた雲スクリーニングの妥当性について同時に調査する必要があると思われる。また昼夜の月平均値の散布図より (図 4a)、対流圏下層 (735hPa) の陸上と混合域で相関が悪いのを除けば、海上と対流圏上層 (237hPa) では相関が良い。これは陸上では日変化が卓越するのに対して、海上ではその変化が小さいことを反映している。

CH<sub>4</sub> についてみても (図 2b, 3b, 4b)、対流圏上下層とも、昼夜の違いが ±20ppbv (約 1%) 以内であった。高度別では、北半球の対流圏中層で夜間が CH<sub>4</sub> の値が高く、一方対流圏下層の南半球側で昼間が高いといった特徴がみられた。地域的には、南米と海洋大陸域上でやや差があるように思う。

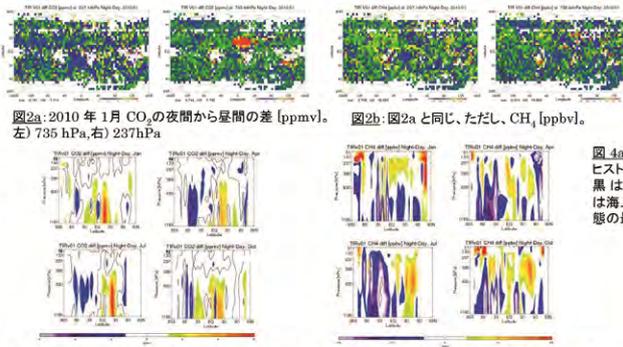


図 2a: 2010 年 1 月 CO<sub>2</sub> の夜間から昼間の差 [ppmv]。図 2b: 図 2a と同じ、ただし、CH<sub>4</sub> [ppbv]。左) 735 hPa, 右) 237 hPa

図 3a: 緯度気圧断面 CO<sub>2</sub> の昼夜の差 [ppmv]。図 3b: 図 3a と同じ、ただし、CH<sub>4</sub> の昼夜の差 [ppbv]。2010 年 1, 4, 7, 10 月。黒線は 0ppmv。黒実線は -30 ppbv 以下 10ppbv 毎のコンター線。

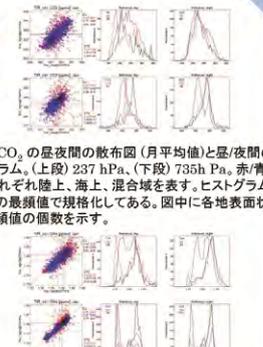


図 4a: CO<sub>2</sub> の昼夜間の散布図 (月平均値) と昼/夜間のヒストグラム。(上段) 237 hPa、(下段) 735 hPa。赤/青/黒はそれぞれ陸上、海上、混合域を表す。ヒストグラムは海上の最頻値で規格化してある。図中に各地表面状態の最頻値の個数を示す。

### 4. 季節変化

CO<sub>2</sub> についてみると (図 5a)、対流圏下層 (735hPa) で季節進行は a priori と同じであるが、低緯度でリトリバル値が低く、それ以外の緯度帯では高い傾向にあった。上層の 237hPa では、季節進行が a priori と異なるが、161hPa では同じであった。また低緯度でリトリバル値が高く、それ以外で低い傾向になり、下層と逆の特徴を示した。237hPa のリトリバル値は 161hPa にみられるように赤道対照的な構造となっており、成層圏的な緯度分布となっていることがわかる。これは水平分布 (図 6a) にもみられている。

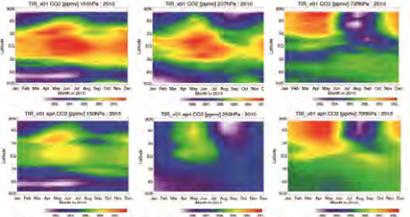


図 5a: CO<sub>2</sub> [ppmv] の時間緯度断面図。(左) 161 hPa、(中) 237 hPa、(右) 737 hPa。(上段) リトリバル値、(下段) a priori。

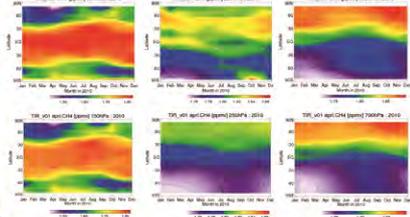


図 5b: 図 5a と同じ。ただし、CH<sub>4</sub> [ppmv]

CH<sub>4</sub> についてみても (図 5b)、対流圏下層 (735hPa) と対流圏上層 (161hPa) で季節進行は a priori と同じであるが、735hPa では北半球中緯度夏季を除いて、リトリバル値が高く、161hPa では低緯度程度リトリバル値が高い傾向にあった。対流圏上層 (237hPa) では、緯度方向の極大値が a priori よりもリトリバル値の方が低緯度に南下している。値もリトリバル値が全緯度帯で高い値を示している。また、北半球夏季に南半球側にも極大が存在するのは、図 6b (右側) で見られるように、北半球側から南半球側への高い濃度の分布がみられる影響と思われる (逆に海洋大陸域での値が小さくなっているようにも見える)。

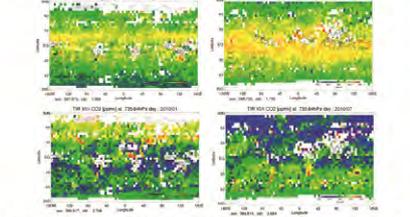


図 6a: 237hPa (上段)、735hPa (下段) の CO<sub>2</sub> の水平分布。(左) 1 月、(右) 7 月。白抜きはデータ欠損。黒コンターは、OLR [W/m<sup>2</sup>] (積雲対流の指標として)、低緯度 (35S-35N) の 180, 200, 220 [W/m<sup>2</sup>] のみ表示。

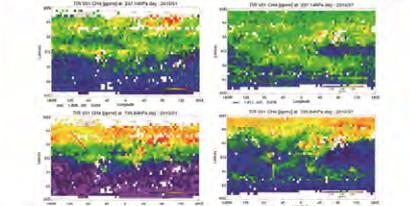


図 6b: 図 6a と同じ。ただし、CH<sub>4</sub> [ppmv]

### 5. 鉛直分布

図 7a: CO<sub>2</sub> の高濃度域が北半球高緯度地表付近から、南側、上層に広がっている。対流活動が活発な低緯度で、上部対流圏への伸長がみられるが、赤道域の 250 hPa から 83 hPa 付近にみられる極大は不明である。a priori に極大は見られない。南半球への水平方向の広がりは、上部対流圏よりも中部対流圏でみられる (7 月の極小域の南への張り出し等)。a priori (NIES TM) は他のモデルよりも鉛直輸送 (下層の吸い込み) が強く [Eguchi et al., ICDC8, 2009]、より上層に空気が運ばれ、対流圏下層の濃度が緯度方向に均一で、上層の濃度が高い。図 7b: CH<sub>4</sub> の赤道域に極大域の張り出しがみられる。CO<sub>2</sub> と異なり、高濃度域が下層より連続している。対流圏上層、赤道対称の極大がみられるが、それが下層の濃度との連続性がみられない。それ以外の特徴は a priori と似ている。

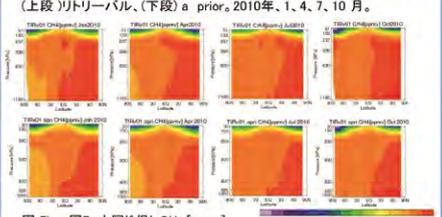


図 7a: CO<sub>2</sub> [ppmv] の緯度気圧断面図。(上段) リトリバル、(下段) a priori、2010 年 1, 4, 7, 10 月。

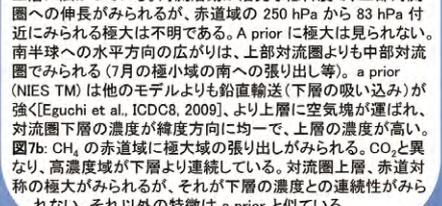


図 7b: 図 7a と同じ。ただし、CH<sub>4</sub> [ppmv]

### 6. 考察

上部対流圏においては、CH<sub>4</sub> は対流圏上層への鉛直輸送とそこから赤道側への水平輸送が連続的にみられていたが、CO<sub>2</sub> に関しては、孤立した極大域がみられていた。特に CO<sub>2</sub> の 237hPa (上部対流圏) では、リトリバル結果と a priori

では、それぞれ成層圏的な特徴と対流圏的な特徴を持っていた。観測的にもこの気圧面は成層圏的な性質が始まる高度と一致しているので、今後、CH<sub>4</sub> と合わせて詳細な解析をすることで、鉛直・水平輸送によるそれぞれの微量気体成分の変動が理解されることが期待される。

### 7. 参考文献

Eguchi et al., Comparison analysis of CO<sub>2</sub> simulation between NIES Transport Model and GEOS-5 for GOSAT CO<sub>2</sub> retrieval, ICDC8, Jena, Germany, 2009  
Saitoh et al., SOLA, vol.8, doi:10.2151/sola.2012-038, in press.

# CloudSat/CPRを用いた熱帯域の雲気候学

## Cloud Climatology over the tropics using CloudSat/CPR

高橋洋 (首都大 JAMSTEC) 山地萌果 (首都大院都市環境)

- 雲やエアロゾルに関する理解は未だに乏しく、特にその鉛直構造に関する理解が必要であるとされている。
- CloudSatという鉛直方向に500mの分解能をもつ雲レーダーを搭載した衛星のデータを用いて雲特性の解析を行った。
- 海面気温や降水量、エアロゾル量、雲の生成プロセスに着目し、熱帯や赤道域の様々な雲との関係を調べた。

### INTRODUCTION

雲は、放射収支や水循環など、様々な側面から地球の気候に影響を与える重要な因子であるが、雲特性の小さな変化による地球の放射熱の分布への影響が大きく、雲や大気中の微小粒子であるエアロゾルや水蒸気などの光学的特性の様々な結びつきによって、放射プロセスへの影響はさらに複雑となり、気候システムの中でも最も不確実性が大きい分野の一つである(Figs. 1 and 2).

IPCCの第五次評価報告書でも、CALIPSOのCALIOPライダーやCloudSatに搭載されたCPR(Cloud Profiling radar)のような新しいセンサーによる新しい衛星のデータを用いることで、今までより一層、雲などの鉛直プロファイルを定量的に調べることができるようになると示されている。そこで本研究では、異なる領域や季節・環境場・循環場での雲について、鉛直分布に着目し、より詳細な雲特性を調べることで、雲の不確実性の低減に貢献することを目的とする。

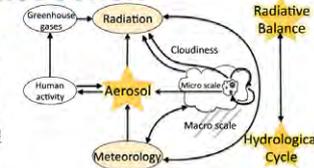


Fig. 1 Aerosol-cloud interactions in the context of the atmospheric component of the Earth system. (Referred to from Bjorn Stevens & Graham Feingold 2009. Untangling aerosol effects on clouds and precipitation in a buffered system. Nature 461: 607-613)

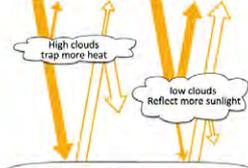


Fig. 2 Clouds have both a cooling effect and a warming effect on climate, depending on the type of cloud. Low level clouds have a net cooling effect because they are bright and reflect more sunlight, while high level clouds have a net warming effect because they trap more outgoing heat (infrared radiation). (Referred to http://skepticsscience.com/graphics.php?g=9, 2014/10/1)

### METHODOLOGY

使用データ: Table 1参照。解像度は1度×1度。

SATELLITE/SENSOR	PRODUCTS	PARAMETERS[UNIT]
CloudSat/CPR	2B-GEOPROF (Mace 2007)	CPR Cloud Mask
	2B-GEOPROF-LIDAR (Mace et al. 2009)	Radar Reflectivity Factor [dBZ] Height of Layer Base [m] Height of Layer Top [m]
Aqua/MODIS	MYD08_M3	Aerosol Optical Depth Cloud Optical Thickness Cloud Effective Radius

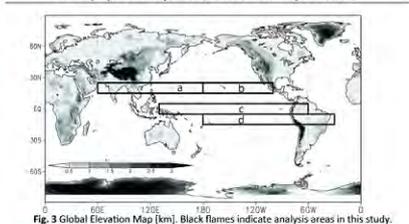


Fig. 3 Global Elevation Map [km]. Black flames indicate analysis areas in this study.

対象期間: Jul.2006—Dec.2010 (Launch date: Apr.28 2006)

対象領域: a熱帯アジア・北太平洋, b熱帯北太平洋・中米大陸西部, c赤道海洋大陸・太平洋・南米大陸西部, d熱帯南太平洋・南米大陸・南大西洋の4領域でCloudSatの解析を行った(Fig. 3参照)。

解析方法:

**①降水カテゴリーごとの頻度分布**  
Precipitation Category Frequency Distribution

2B-GEOPROFのレーダー反射因子の値から Kawamoto and Suzuki (2013)を参考にし以下のよう降水カテゴリーを分類  
Radar Reflectivity Factor > -15 : 非降水粒子  
0 ≤ Radar Reflectivity Factor < -15 : 降水粒子  
各領域について経緯度 1度 × 1度 × 125層の gridで東西-鉛直の雲マスクが30以上の頻度分布を作成

**②雲頂・雲底高度の頻度分布**  
Frequency Distribution of Cloud Top and Bottom

2B-GEOPROF-LIDARのレーダー反射因子の値と雲頂高度・雲底高度の値を使用  
各領域について経緯度 1度 × 1度 × 125層の gridで東西-鉛直の雲マスクが30以上の頻度分布を作成

**③ ENSO phase別非降水粒子の頻度分布**  
Frequency Distribution of Non-Precipitation Particles by ENSO Phase

2B-GEOPROFのレーダー反射因子の値とその値が-15以下の非降水粒子の値について El Niño年と La Niña年ごとに (Ocean Niño Indexの値を参考に選出) 各領域について経緯度 1度 × 1度 × 125層の gridで東西-鉛直の雲マスクが30以上の頻度分布を作成

\* CloudSat: NASA(アメリカ航空宇宙局)の地球観測衛星で、雲が気候や天気および公害を研究するために打ち上げられた。軌道は太陽同期軌道で、A-trainを構成する衛星のひとつ。CloudSatに搭載されたCPR(Cloud Profiling radar)によって、鉛直分解能が約500mで雲の特性と取得することができる。

\* ドリズル粒子: 半径百数十ナノメートル程度の水滴。

\* レーダー反射因子: 単位体積中に存在する全粒子について、それぞれの直径を6乗して加え合わせたもの。下式のように表され、左項の形でレーダーで受信される。 $Z(\text{dBZ}) = 10 \log_{10}(Z(\text{mm}^6/\text{mm}^3))$

### RESULTS and DISCUSSION

#### 降水量

- 【年々移動】** 熱帯南太平洋・南米大陸・南大西洋 (Figs. 4 and 5) ENSOの影響を受けやすいアマゾンやペルー沖において、El Niño年で降水量が減少、La Niña年に降水量が増加し、El Niño年よりもLa Niña年の方が、頻度が高くなっていた。
- 【季節変動】** 赤道海洋大陸・太平洋・南米大陸西部 (Fig. 6) 4月にみられる二重ITCZに伴う赤道の南側の降水量増加に対応して、4月における頻度が高くなっていた。
- 熱帯アジア・北太平洋 (Fig. 7)** モンスーンによる降水の変動によって7月に降水量が多くなり、降水粒子の頻度も高くなっていた。
- 熱帯南太平洋・南米大陸・南大西洋 (Fig. 8)** アマゾンの雨季と乾季に対応して、降水粒子の頻度が高くなっていた。

#### 海面水温

- 【年々移動】** 赤道海洋大陸・太平洋・南米大陸西部 (Fig. 9) ENSOに伴ってSSTの低温暖域が、El Niño年よりもLa Niña年に西に広がると、低層雲の高頻度域も西側に広がっていた。
- 熱帯南太平洋・南米大陸・南大西洋、熱帯北太平洋・中米大陸西部** El Niño年とLa Niña年で、頻度分布に少し違いはみられるものの、SSTとの対応は明瞭にはみられなかった。
- 【季節変動】** 赤道海洋大陸・太平洋・南米大陸西部 (Figs. 6 and 10) SSTの季節変化が大きい領域で、低層雲の出現頻度が異なり、SSTが低い7月と10月に低層雲の頻度が高くなっていた。

#### エアロゾルの光学的厚さ・雲粒有効半径・雲の光学的厚さ

- 【年々移動】** 熱帯南太平洋・南米大陸・南大西洋 (Figs. 4, 5, 11, and 12) ENSOの影響を受けやすいアマゾンやペルー沖において、前述したEl Niño年とLa Niña年の降水量と雲粒の頻度の増減に対応して、雲粒有効半径やエアロゾルの光学的厚さも整合的に変動していた。
- 【季節変動】** どの領域でも、平均の値に比べて季節変動はあるが、降水量の増加/減少 - エアロゾルの減少/増加 - 雲粒の拡大/縮小といった間接効果と整合的な結果は必ずしも見られなかった。

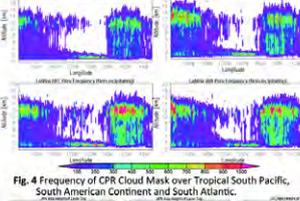


Fig. 4 Frequency of CPR Cloud Mask over Tropical South Pacific, South American Continent and South Atlantic.

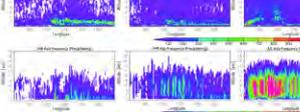


Fig. 5 Composite anomalies in monthly precipitation [mm/day] in DJF of the El Niño years and of the La Niña years. (referred to Yamaji and Takahashi, 2014)

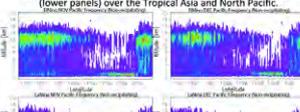


Fig. 6 Frequency of CPR Cloud Mask over the Equatorial Maritime Continent, Pacific and western South American Continent.



Fig. 7 Frequency of height of layer top (upper panels) and CPR Cloud Mask of precipitating particle (lower panels) over the Tropical Asia and North Pacific.

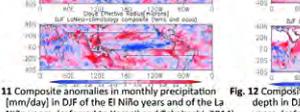


Fig. 8 Frequency of CPR Cloud Mask over the Equatorial Maritime Continent, Pacific and western South American Continent.

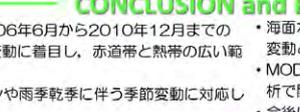


Fig. 9 Frequency of CPR Cloud Mask over the Equatorial Maritime Continent, Pacific and western South American Continent.

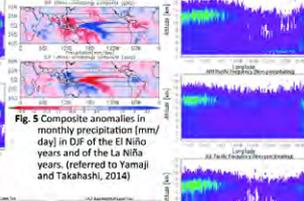


Fig. 10 Monthly mean SST [°C] over the Equatorial Maritime Continent, Pacific and western South American Continent.

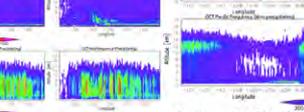


Fig. 11 Composite anomalies in monthly precipitation [mm/day] in DJF of the El Niño years and of the La Niña years. (referred to Yamaji and Takahashi, 2014)

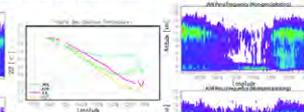


Fig. 12 Composite anomalies in monthly aerosol optical depth in DJF of the El Niño years and of the La Niña years. (referred to Yamaji and Takahashi, 2014)

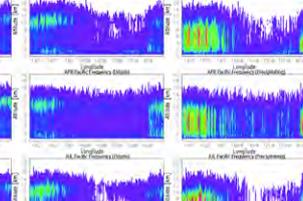


Fig. 13 Frequency of CPR Cloud Mask over the Tropical South Pacific, South American Continent and South Atlantic.

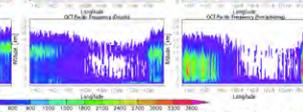


Fig. 14 Frequency of CPR Cloud Mask over the Tropical South Pacific, South American Continent and South Atlantic.

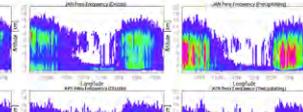


Fig. 15 Frequency of CPR Cloud Mask over the Tropical South Pacific, South American Continent and South Atlantic.

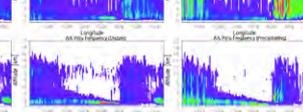


Fig. 16 Frequency of CPR Cloud Mask over the Tropical South Pacific, South American Continent and South Atlantic.

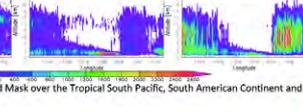


Fig. 17 Frequency of CPR Cloud Mask over the Tropical South Pacific, South American Continent and South Atlantic.

### CONCLUSION and FUTURE PLAN

- 雲の鉛直分布に対する乏しい理解に貢献するため、2006年6月から2010年12月までのCloudSatのCPRのデータを用いて、年々変動や季節変動に着目し、赤道帯と熱帯の広い範囲を対象として、雲特性について解析を行った。
- 降水量に関しては、ENSOに伴う年々変動・モンスーンや雨季乾季に伴う季節変動に対応して雲粒の出現頻度も変動していた。
- 海面水温との対応は、特に低層雲の出現頻度との対応がみられ、赤道太平洋上では年々変動・季節変動ともに、明瞭にみられた。
- MODISで得られたエアロゾルや雲の特性との比較で、年々変動はENSOによるコンボジット解析で関係は間接効果と整合的であったが、季節変動は領域によって対応は異なっていた。
- 今後は、冬季アジア域の年々変動に着目して解析を行い、より詳細なメカニズムを考察していく。

Acknowledgement  
This study was partly supported by the "Green Network of Excellence (GREENE)" program of the MEXT, Japan and the 7th JAXA PMM Project No. 306.

# NICAM-TMを用いた二酸化炭素・メタンの大気輸送シミュレーション

丹羽洋介<sup>1)</sup>, 澤庸介<sup>1)</sup>, 町田敏暢<sup>2)</sup>, 松枝秀和<sup>1)</sup>, 坪井一寛<sup>1)</sup>, 齋藤尚子<sup>3)</sup>, 今須良一<sup>4)</sup>, 佐藤正樹<sup>4),5)</sup>

1) 気象研究所海洋・地球化学研究部, 2) 国立環境研究所地球環境研究センター, 3) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター  
4) 東京大学大気海洋研究所, 5) 海洋研究開発機構

## はじめに

主要な温室効果ガスである二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)やメタン(CH<sub>4</sub>)は、観測空白域が多く存在するため、大気中の濃度変動・分布が正確に把握されておらず、放出、吸収(消失)源の推定に大きな不確実性が生じている。そこで本研究では、温室効果ガス観測技術衛星GOSATから得られるCO<sub>2</sub>・CH<sub>4</sub>の濃度データや大気輸送モデルを用いて、CO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>の濃度変動・分布をより正確に把握することを目的としている。本発表では、主に地上観測データによって最適化された地表面フラックスデータを用いて、CO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>の大気輸送実験を行い、濃度分布を再現し、地上・航空機データとの比較を行った。

## 実験設定

大気輸送モデルNICAM-TMにJRA-25/JCDAS (Onogi et al., 2007)の水平風速データを用いてナッジングをかけ、1988年から2012年にかけてシミュレーションを行った。メタンのシミュレーションにおいては、OH (Spivakovsky et al. 2000)と成層圏でのCl・O・Dによる消失速度(Velders, 1995)をモデルに与え、化学反応による消失計算を行っている。

### CO<sub>2</sub>フラックスデータ:

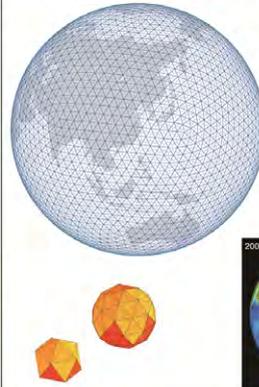
地上観測データや航空機観測CONTRAILデータから、NICAM-TMを用いてインバージョン解析を行い、最適化したフラックスデータ(Niwa et al., 2012)

### CH<sub>4</sub>フラックスデータ:

地上観測と大気輸送モデルACTMを用いて最適化されたフラックスデータ(Patra et al., 2009; 2011)

## NICAM-TM

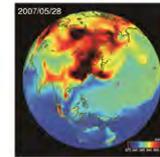
### Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model-based Transport Model



非静力正20面体大気モデルNICAM (Tomita and Satoh 2004; Satoh et al. 2008; 2014)をベースとしたパッシブトレーサモデル(Niwa et al. 2011)。

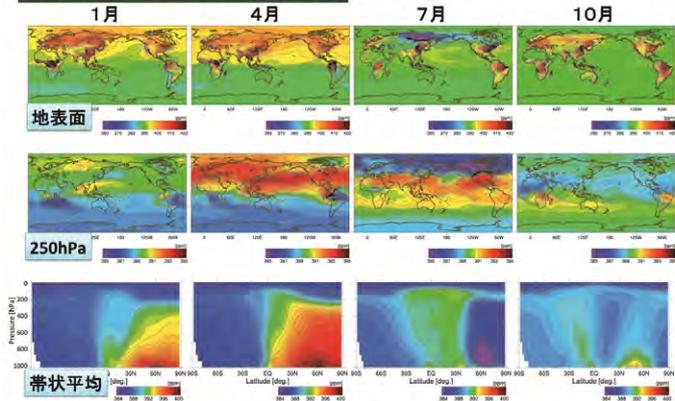
有限体積法により物質の質量保存が完全に達成されている(長寿命気体を使う大きな利点)

長期積分を行なうため、本研究では低解像度版(積雲/パラメタリゼーションを使用)のglevel-5(格子間隔~240km)を水平解像度として使用。鉛直層数は40。

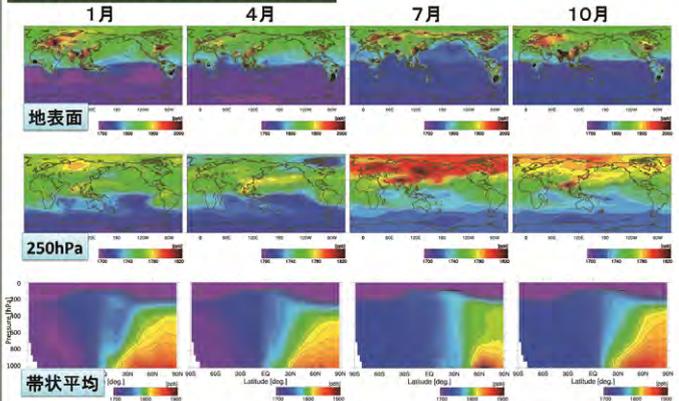


CO<sub>2</sub>輸送シミュレーションの例  
5月の地上CO<sub>2</sub>濃度分布

## CO<sub>2</sub>濃度分布 (月平均: 2011年)

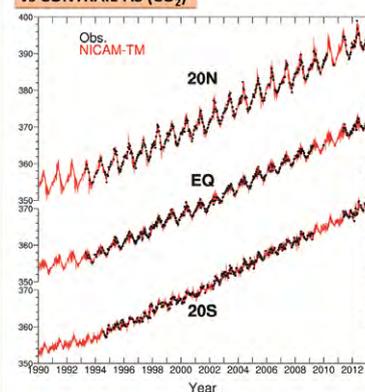


## CH<sub>4</sub>濃度分布 (月平均: 2011年)



## 観測データとの比較

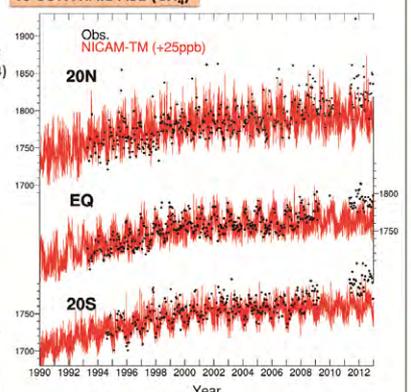
### vs CONTRAIL-AS (CO<sub>2</sub>)



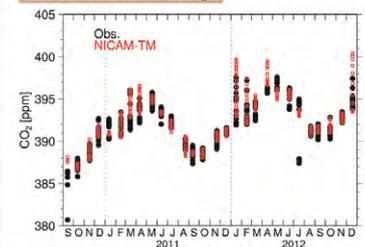
**CONTRAIL**  
民間航空機を使った航空機観測プロジェクト (Machida et al., 2008; Sawa et al., 2008)。ここでは東京-オーストラリア間での自動フラックスサンプリング装置(ASE)による観測 (Matsueda et al. 2008) と比較した。



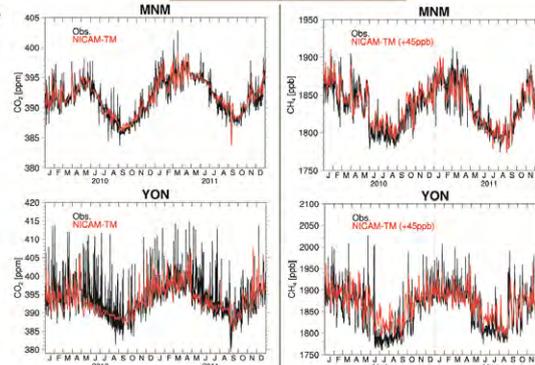
### vs CONTRAIL-ASE (CH<sub>4</sub>)



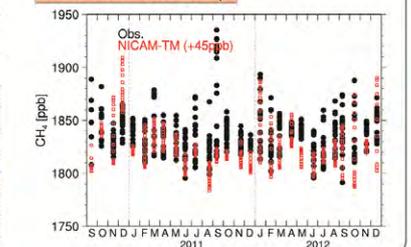
### vs JMA航空機観測 (CO<sub>2</sub>)



### vs 地上観測 (CO<sub>2</sub>:左, CH<sub>4</sub>:右)



### vs JMA航空機観測 (CH<sub>4</sub>)



## 謝辞:

CONTRAILプロジェクトは日本航空、JAL財団、JAMCOの協力のもと実施されています。気象庁航空機観測は防衛省の協力のもと実施されています。気象庁地上観測は気象庁地球環境・海洋部環境気象管理官付温室効果ガス観測係により実施されており、データはGAW温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)より取得しました。

## 雲レーダ FALCON-I と CloudSAT 搭載 CPR の比較観測

鷹野敏明・鹿野隼人・井浦太一・河村洋平・中田裕之  
 (千葉大学 大学院工学研究科)、  
 高村民雄  
 (千葉大学 CEReS)

CEReS シンポジウム 2015年2月20日

## ミリ波雲レーダ FALCON-I FALCON-A

### ■ミリ波雲レーダ FALCON-I

- 一周波数 94.78GHz (波長 3.2mm)
  - ・淡い雲の観測が可能  
 (※雲粒子 直径10 $\mu$ m以下)
  - ・雲中での電波の減衰が小さいため、雲の内部構造を把握できる



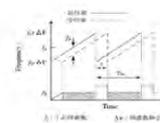
FALCON-Iの概観

### 一 FM-CW方式を採用

- ・パルス方式に比べ低電力を実現
- ・アンテナの小型化、軽量化

### ■ミリ波雲レーダ FALCON-A

北極 Ny-Alesund (スバルレバル、ノルウェー)に設置。2013年9月より運用  
 79° N, 12° E

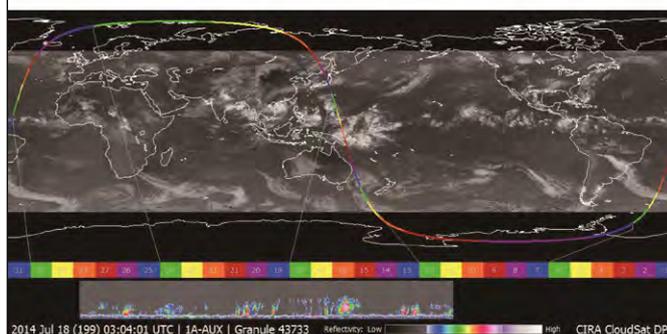


FM-CW方式原理図

## レーダ 諸元表

	FALCON-I	FALCON-A	CloudSat
レーダ方式	FM-CW	FM-CW	パルス
送信周波数	94.78GHz	94.78GHz	94GHz
アンテナ数	2	2	1
アンテナ走査	天頂 0.18°	天頂 0.18°	1.3km × 1.7km
高度分解能	9.5 m	48.7 m	240 m

## CloudSATのQuicklook Images(7/18)



2014 Jul 18 (199) 03:04:01 UTC | 1A-AUX | Granule 43733 | Reflectivity: Low | High | CIRA CloudSat DPC

## 研究背景 - CloudSatの動き -

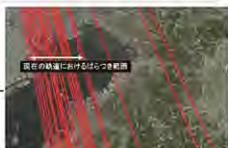
### ■観測衛星CloudSatの動き

CloudSatは上空705kmを飛行し、約100分ほどで地球を一周する。衛星軌道には、16日周期で同じ地点を通過するという特徴がある。

千葉県木更津市および君津市上空を通過する軌道が存在。FALCON-Iを軌道直下に設置し同時観測を行う。

軌道には毎回数km以上の誤差がある。

どこでも観測可能なシステムの確立が必要。



CloudSatが千葉上空を通る軌道

## 同時観測システムについて -1-

### ■移動型観測システム

- 1、FALCON-Iをトラックに載せることで、レーダの移動が可能
- 2、発電機を利用することで、電源のない屋外でも観測可能
- 3、UPSを搭載することで、観測時のノイズを低減

(Uninterruptible Power Supply...無停電電源装置)



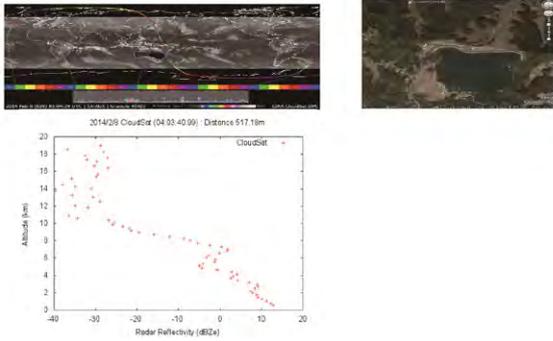
同時観測するFALCON-I



UPS(左)と発電機(右)

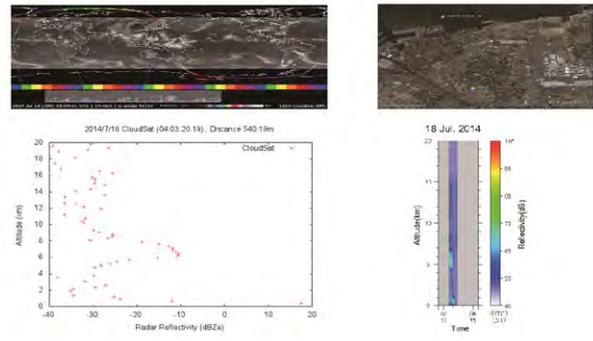
## プロファイルの比較

■2014年 2月 8日 at. 君津市郡ダム



## プロファイルの比較

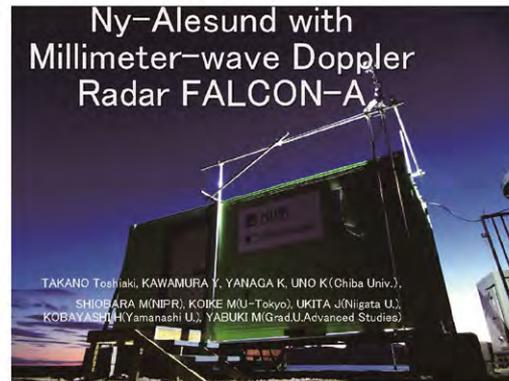
■2014年 7月18日 at. 木更津市 三井アウトレットパーク駐車場



## イベント紹介

日程	最接近距離	接近時刻	備考
12月22日	291.53m	04:03:22.98(UTC)	
1月7日	X	X	CloudSatデータなし
1月23日	393.13m	04:03:40.02(UTC)	雲量0
2月8日	517.18m	04:03:40.99(UTC)	
2月24日	533.61m	04:03:36.30(UTC)	
4月13日	43.001m	04:03:47.48(UTC)	
4月29日	X	X	CloudSatデータなし
5月15日	66.97m	04:03:51.85(UTC)	
5月31日	302.14m	4:03:33.54(UTC)	雲量0
7月2日	137.32m	04:03:27.73(UTC)	雲量0
7月18日	540.19m	04:03:20.19(UTC)	
8月19日	85.47m	04:03:17.03(UTC)	
9月20日			CloudSatデータ解析中...

## Cloud Observations at Ny-Alesund with Millimeter-wave Doppler Radar FALCON-A



## Construction and install of FALCON-A in GRENE Project

Mar. 2012~ Feb. 2013 Construction of FALCON-A  
 Mar. 2013~Jun. 2013 Test observations  
 Jun. 2013~Spt. 2013 Shipping to Ny-Alesund  
 Spt. 2013 ~ Re-buildup, Adjustment and Test Obs.  
 15 Spt. 2013 ~ Regular Observations  
 23 June 2014

( present: stopped because of trouble of radio transmitter and will be repaired in Dec. 2014)

## Install of FALCON-A at Ny-Alesund

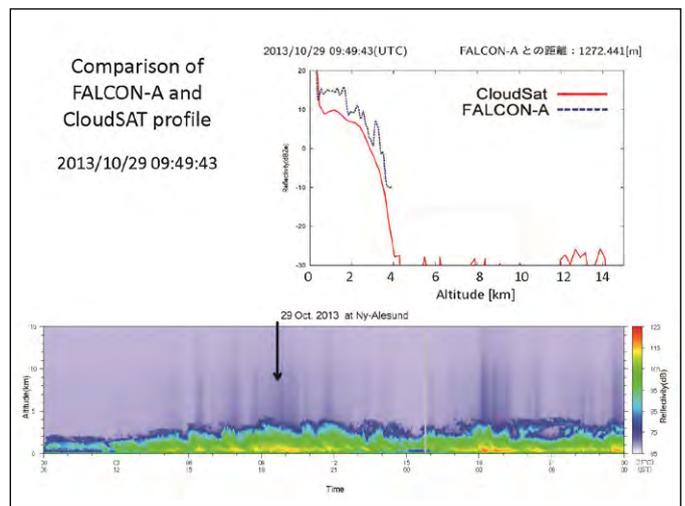
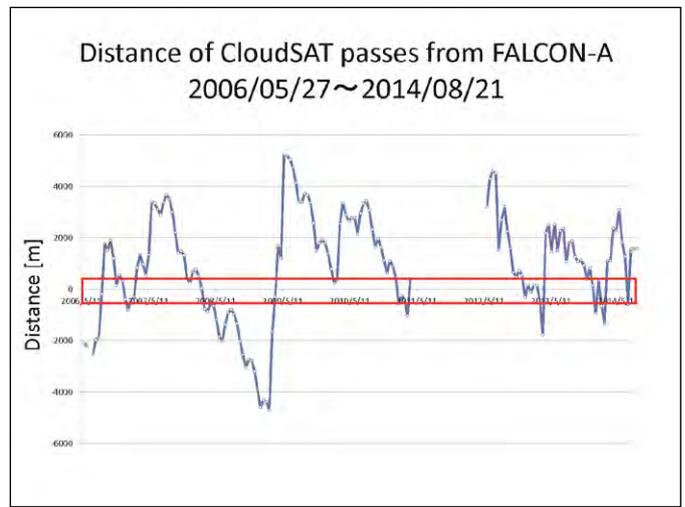
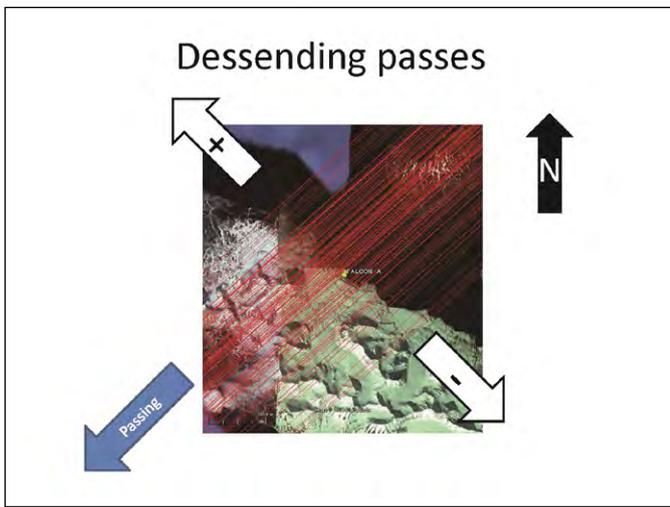
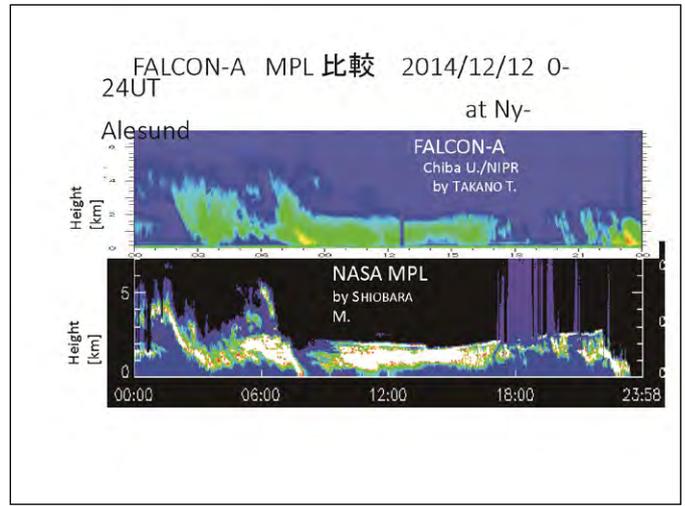
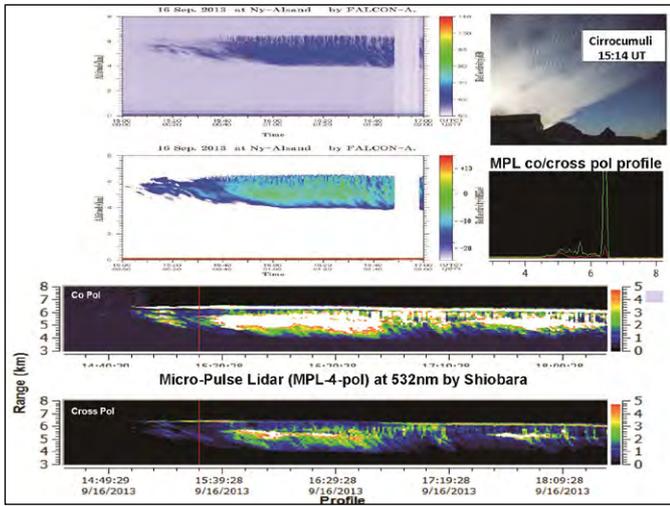


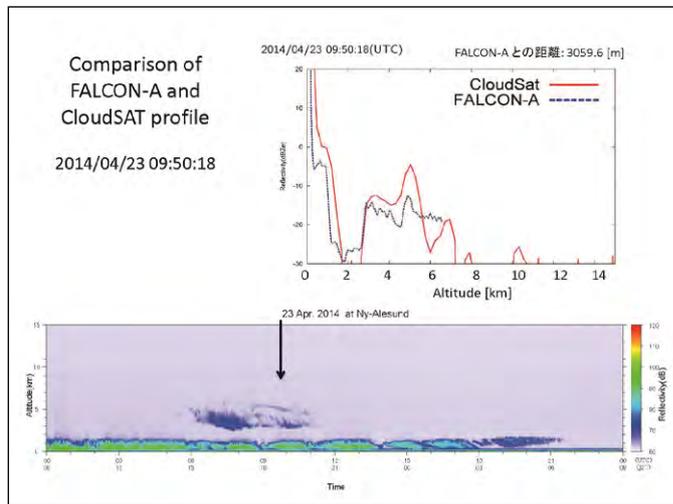
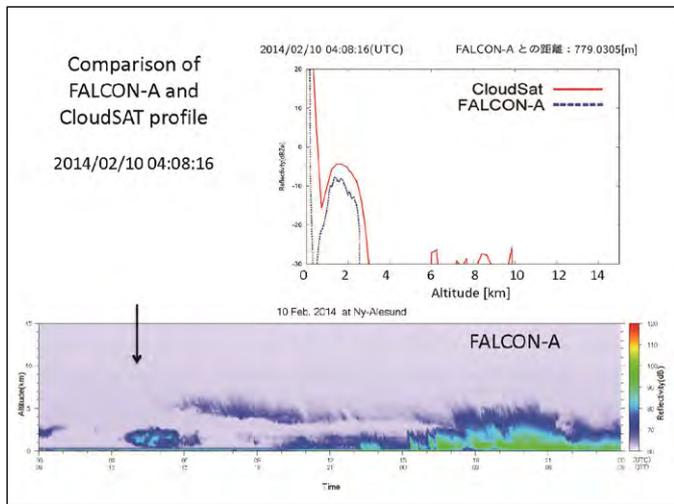
Ny-Alesund, Svalbard, Norway

N78° 55' E11° 56'

NIPR Base in Ny-Alesund







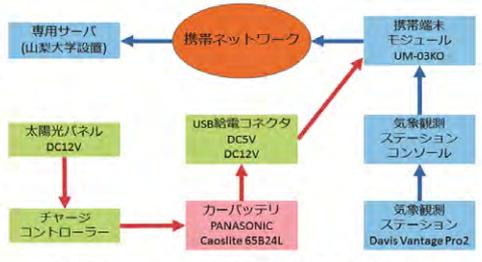
## プログラム - 3

平成26年度 千葉大学環境リモートセンシング研究センター 共同利用研究 (プログラム研究)  
甲府盆地における小スケール気象データと土地被覆条件との関連性についての実証的研究

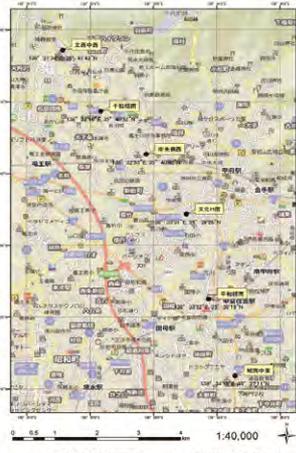
山梨大学 教育人間科学部 尾藤 章雄  
ソフトサイエンス課程環境科学コース 下平 和樹

【本研究の目的】

本州中部に位置する山梨県の甲府盆地は周囲を2000m級の山々に囲まれているため、特有の気象現象が出現することが知られている。  
平成25年度から、甲府盆地中央部を南北に貫流する荒川沿いに複数の気象観測ステーションを設置し、主に冬季の気象観測を継続してきたが、周囲の山々、複合扇状地の起伏、甲府市中心市街地の存在や、北西季節風に起因して、小スケールの気温分布変化が顕著にみられることがわかってきた。  
2014年3月の気象観測データの解析により、冬から春に季節が移り変わっていく中で、4つの特有の気温分布パターンが出現すること、そしてそのパターンには風向・風速と一定の関係性が指摘できることが明らかになった。  
あわせて、2年前から継続して気象観測データを自動的に集約し、地図上にリアルタイムで表示するシステムを構築してきており、毎年、その課題を克服しながら精緻化を続けてきている。昨年までに、ドコモの携帯電話回線を利用した気象観測データの送信と、APRS(Automatic Packet Reporting System)を組み合わせて、6カ所の観測ステーションの気温分布、風向・風速、気圧をインターネットのGoogle Mapに表示することに成功している。しかし、1分おきという高頻度での観測データの送信により、唯一の電源であったカーバッテリーの消費が激しく、数日毎の交換・充電が必要となるなど、安定したシステムとは言えない状況であった。  
今年はこの電源をバックアップするために、各ステーションに太陽光電池パネルとチャージコントローラーを装備し、長時間にわたる継続的な観測が可能かどうかの実験もあわせて行った。  
一連の研究においては、複数の気象観測ステーションからのデータを、リアルタイムに集約することにこだわっているが、これは、一般的な観測で行われているログによる気象観測データの集約・蓄積では、非常・災害時に迅速な対応に結びつけることができないと考えたためである。なお、APRSはアメリカの Bob Bruninga 氏が提唱した無線パケットの応用で、GPSを利用して行われる、トラッキングシステムの一つである。



気象観測ステーションからのデータの送信 (青矢印)  
太陽光パネルによる電源供給のバックアップ (赤矢印)



気象観測ステーション設置場所  
(北から南に向かって順に第1地点から第6地点まで 荒川河川敷に設置)

【機器類・気象観測ステーションの設置場所】

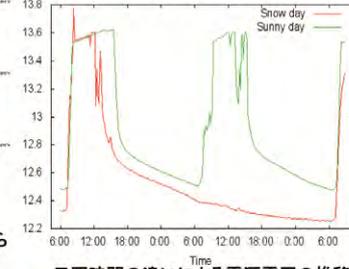
無線伝送に用いたのは、NTTドコモ社の提供する携帯端末モジュール(UM-03KO)、使用した気象観測ステーションは、昨年と同様にアメリカ Davis 社の Cabled Vantage Pro2 であり、昨年と同じように甲府市を南北に貫流する荒川の河川敷に、北から南に、ほぼ等間隔で6カ所設置した。いずれも河川敷の水流に近い中央部で、周囲に人口構築物などによる影響を受けない場所を選んでいる。気象観測データの送信頻度は1分ごとに設定した。

【太陽光電池パネルのバックアップによる電源電圧の推移】

午前7時過ぎの日の出時刻からバッテリー電圧 (左縦軸) は13.6Vまで急速に上昇し、日の入時刻の午後4時以後は、0.23V/24H ずつ緩やかに低下している。グラフ右側の2日目には降雪があり、曇りの日照は皆無であったために、電圧は12.25V 程度まで低下を続けている。携帯端末モジュールは8V程度まで安定して稼働するので、この太陽光パネルによるバックアップだけで、18日以上連続して日照がないという場合を除き、無充電で継続した運用が可能であることが明らかになった。



気象観測ステーションの設置状況



日照時間の違いによる電源電圧の推移

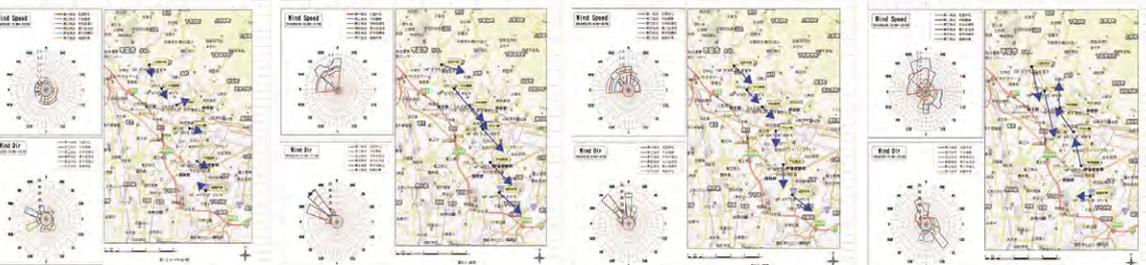
6地点の気温分布パターン

年月日	時刻	第1地点	第2地点	第3地点	第4地点	第5地点	第6地点	気温分布
2014/3/17	21:00	8.9	9.3	10.4	10.3	10.4	8.3	[Pattern]
2014/3/17	21:01	8.9	9.6	10.4	10.2	10.4	8.3	[Pattern]
2014/3/17	21:02	8.9	9.3	10.3	10.3	10.4	8.3	[Pattern]
2014/3/17	21:03	8.9	9.5	10.3	10.2	10.4	8.3	[Pattern]
2014/3/17	21:04	8.9	9.4	10.3	10.2	10.4	8.3	[Pattern]

時刻	03/04	03/05	03/06	03/10	03/11	03/12	03/14	03/15	03/16	03/17	03/18
00:00 ~ 00:59	65	10	20	60	60	60	19	48	60	60	60
01:00 ~ 01:59	60	21	33	100	28	13	15	34	60	60	60
02:00 ~ 02:59	60	60	36	60	24	60	60	60	60	60	60
03:00 ~ 03:59	60	60	41	60	60	60	60	60	60	60	60
04:00 ~ 04:59	60	60	36	17	36	14	60	60	60	60	60
05:00 ~ 05:59	37	60	17	11	1	60	44	60	60	60	60
06:00 ~ 06:59	60	60	24	23	1	31	60	60	60	60	60
07:00 ~ 07:59	60	60	5	24	1	31	60	60	60	60	60
08:00 ~ 08:59	16	60	60	30	10	60	60	60	60	60	60
09:00 ~ 09:59	60	60	14	20	60	60	60	60	60	60	60
10:00 ~ 10:59	60	60	33	32	55	60	60	60	60	60	60
11:00 ~ 11:59	60	60	37	23	44	4	20	60	60	60	60
12:00 ~ 12:59	60	60	60	60	4	20	60	60	60	60	60
13:00 ~ 13:59	60	60	21	60	14	36	60	60	60	60	60
14:00 ~ 14:59	60	60	12	37	10	60	60	60	60	60	60
15:00 ~ 15:59	44	60	32	60	48	60	60	60	60	60	60
16:00 ~ 16:59	60	60	31	46	32	28	60	60	60	60	60
17:00 ~ 17:59	35	60	45	49	36	60	60	60	60	60	60
18:00 ~ 18:59	43	60	29	60	60	60	60	60	60	60	60
19:00 ~ 19:59	44	60	14	52	40	60	33	12	60	60	60
20:00 ~ 20:59	60	60	39	21	19	26	60	60	60	60	60
21:00 ~ 21:59	60	60	13	60	33	60	60	60	60	60	60
22:00 ~ 22:59	20	60	37	60	60	60	60	60	60	60	60
23:00 ~ 23:59	60	60	26	37	60	9	49	60	60	60	60

『ヒートアイランド型』の出現頻度

(60分のうちで何分間出現したかを数字で示している)



4つの気温分布パターン出現時における風向・風速

(左上) 各方位に対する風速の最大値 (数字は風速 m/s)  
(左下) 風向の出現頻度 (数字は頻度 分)  
(右) 風速の最大値と出現頻度が高い風向を地図化したもの

【謝辞】  
千葉大学環境リモートセンシング研究センターの近藤昭彦教授には、共同利用研究全般にわたり様々なご指導をいただきました。山梨大学先端材料理工学科の近藤英一教授には観測データ送信プログラムの作成、教育人間科学部科学文化教育講座の加藤一助教授には風向・風速の各種図版の作成をいただきました。2014年3月および2015年1月の観測には、山梨大学大学院医学工学総合教育部(修士課程)人間システム工学専攻1年の中村良輝君、工学部コンピュータ理工学科3年の田中匠君、大月昭紀君、教育人間科学部生活社会教育コース2年の木之瀬義政君の協力を得ました。ここに記して感謝申し上げます。

# LiDARを用いた森林バイオマス資源のエネルギー利用可能量の推定

Estimation of the quantity of energy available from forest biomass resources using terrestrial LiDAR

劉純暉<sup>1</sup>・上村僚<sup>2</sup>・有賀一広<sup>1</sup>・加藤顕<sup>3</sup>(<sup>1</sup>宇都宮大学農学部森林科学科・<sup>2</sup>宇都宮大学農学研究科・<sup>3</sup>千葉大学園芸学研究科)

## 研究背景・目的

現在、森林の基本情報を把握するために、現地で人力による毎木調査が行われている。ただし、毎木調査には大量の労力が必要になる。これに対し、地上LiDAR測量を用いて、省力化及び事前の情報把握が期待される。



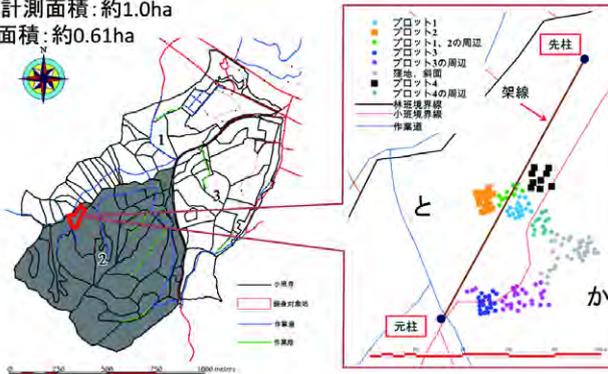
また、これまでに、材の曲りや価格に関する正確な情報は売上から把握するものであり、地上LiDARの導入により林木の形状データを事前に把握し、曲り率を考慮した森林バイオマス資源のエネルギー利用可能量推定について検討を行った。



**目的** 地上LiDARデータを用いた森林バイオマス資源のエネルギー利用可能量の推定

## 調査地

- ・宇都宮大学船生演習林(南団地2林班と小班)
- ・平成26年度皆伐地
- ・LiDAR計測面積:約1.0ha
- ・皆伐面積:約0.61ha



## 研究方法

LIDARデータの精度検証 (表-1、表-2)

コスト計算式の作成 (表-3)

材価の設定 (共販所共販市況参考)

収支の算出

表-1 実測値とLiDARデータの比較(胸高直径と樹高)

	誤差平均		二乗平均誤差	
	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)
プロット1・2・周辺	0.85	0.56	1.20	1.03
プロット3・周辺	0.14	0.79	1.41	2.30
窪地・斜面	-0.47	0.11	1.42	2.13
プロット4・周辺	0.21	0.82	1.84	1.73
全体平均	0.06	0.57	1.44	1.89

表-3 作成・使用した直接費の推定式

	直接費(円/m <sup>3</sup> )
伐倒	$\frac{105}{V_n} + 178$
造材	$\frac{(242v(a+23)n+156)}{v(a \times n)}$
はい積み	$\frac{150}{yV_n} + 246$
架線集材	$4.9x + 15.7y + 442.3$

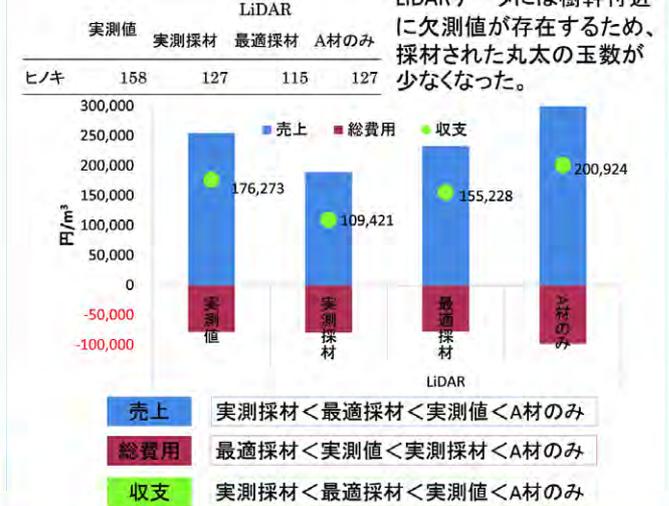
V<sub>n</sub>:幹材積(m<sup>3</sup>/本)、v/a:玉材積(m<sup>3</sup>/玉)、n:玉数(玉/本)、y:造材歩留まり、x:集材距離(m)、y:積取距離(m)

表-2 実測値とLiDARデータの比較 (末口径、材積、曲り率)

	誤差平均		二乗平均誤差	
	末口径 (cm)	材積 (m <sup>3</sup> )	曲り率 (%)	末口径 (cm)
実測値-LiDAR値	-1.43	0.13	-3.21	2.35
有効本数(玉)	129	129	68	129

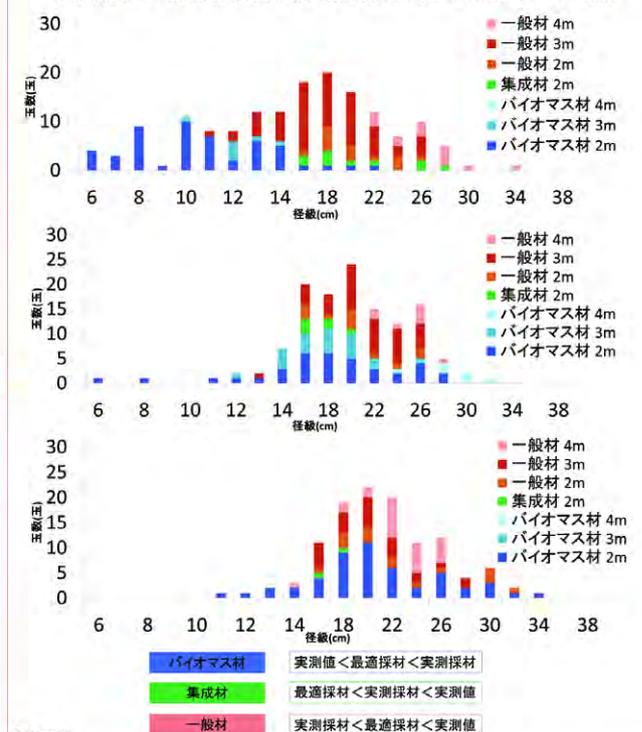
## まとめ

表-4 各試算結果の玉数(玉)



## 結果・考察

実測値(上)、実測採材(中)、最適採材(下)の結果(ヒノキの例)



### 【考察】

- ・「実測採材」の場合、点群データに欠測値があったため、玉数が少なり、14cm以下の小径材が減少した。
- ・「最適採材」の場合、材長の長い材が増加した結果、造材された玉数が減少する傾向が見られた。
- ・正確に林内のバイオマスの量を把握するには高精度なLiDARデータが必要である。

(連絡先)有賀一広

宇都宮大学農学部森林科学科  
〒320-8505 栃木県宇都宮市峰町350  
電話：028-649-5544  
e-mail：aruga@cc.utsunomiya-u.ac.jp





# STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN HEAT FLUX AND RAINFALL IN INDONESIA AREA USING SATELLITE DATA



Takahiro Osawa, Abd. Rahman As-syakur, I Dewa Nyoman Nurweda Putra

Center for Remote Sensing and Ocean Science (CReSOS), Udayana University, PB Sudirman street, Denpasar, Bali, 80232 Indonesia  
\*Email: osawa320@gmail.com

## Introduction

Ocean actively changes heat with atmosphere at ocean surface. The exchanged heat is transported by general ocean and atmospheric circulations at a global scale. Since the exchanging and transporting processes play important roles for global climate, it is quite important to estimate the fluxes between atmosphere and ocean in order to understand the mechanism of changes in global climate.

Indonesia area is only as the world' only low latitude inter ocean conduit and these area effected climate phenomena to global climate and Heat flux is contribute to the phenomena. Indonesia has Climate 3 patterns (Aldrian and Susanto, 2003) with quit different pattern.

This study has used ocean surface flux datasets from J-OFURO 2 and rainfall from TRMM satellite data during 8 years from 1998 to 2006 by mainly using satellite data in Indonesia sea area. Heat flux or thermal flux is the rate of heat energy transfer through a given surface. Net Heat

flux is the sum LHF, SHF, SWR and LWR. Where LHF is latent heat flux, SHF is Sensible heat flux, SWR is short radiation, and LWR is long wave radiation (Algorithm: COARE 3.0). LWR, LHF, and SHF are depend on Sea surface temperature.

Study on heat flux variability in Indonesia area can use the statistical method of Empirical Orthogonal Function (EOF). The statistical analyses are used to determine pattern of heat flux, while the EOF analysis is done to analysis focuses on detecting and quantifying dominant patterns in the data and their evolution in time and space, as well as how different patterns are related to each other.

Heat Flux (NHF) with dimension  $W/m^2$ . While the rainfall (mm) data use is monthly TRMM 3B43. Study was done in Indonesia area that has much Island and seas. Nine box in Indonesia and surrounding are selected to understand the local phenomena of heat flux.

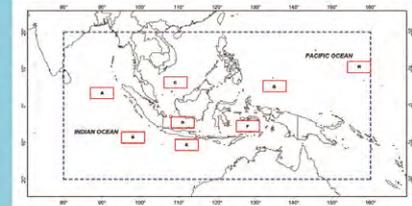


Figure 1. The Study area includes the research location box that used to understand the local phenomena of heat flux

## Data

Date set name is J-OFURO version 2 with spatial resolution  $1.0^\circ \times 1.0^\circ$ . Monthly heat flux for 8 years (1998 to 2006) was employed in this study. J-OFURO data included Latent Heat Flux (LHF); Sensible Heat Flux (SHF); and Net

## Result

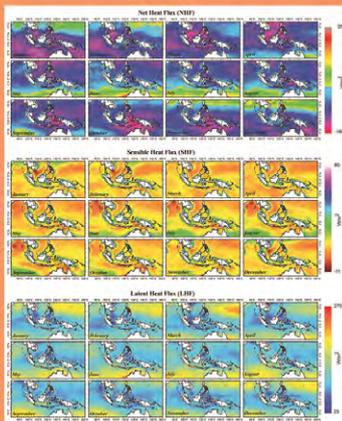


Figure 2. Monthly climatological mean of heat flux derived from the J-OFURO data based on monthly composites from January 1998 to December 2006.

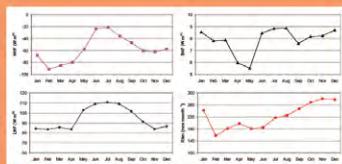


Figure 3. Monthly average heat flux pattern in Indian Ocean. LHF show high value in Jun, Jul, Aug, & Sep. High rainfall occur when the LHF and NHF low, meanwhile SHF is high value.

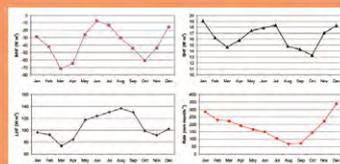


Figure 4. Monthly average heat flux pattern in Indonesian Inland Sea. All three heat flux showed similar pattern, high value occur in Jun, Jul, Aug, vice versa happen in rainfall value

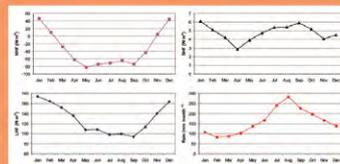


Figure 5. Monthly average heat flux pattern in Pacific Ocean. monthly pattern showed the opposite condition with the Indian Ocean and Indonesia Inland

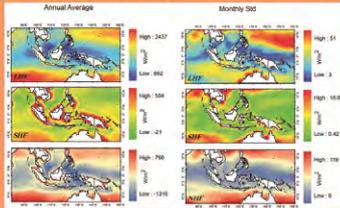


Figure 6. Annual average of LHF show low value in equator are  $5^\circ N$  to  $5^\circ S$ , especially around south part of Philippine, Kalimantan and Sulawesi Island. Middle of  $15^\circ N$  and  $15^\circ S$  show high value. In addition, SHF also showed high value in coastal area.

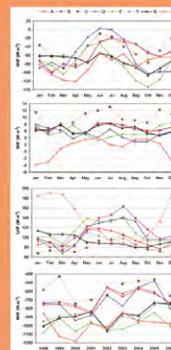
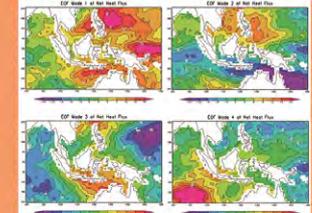
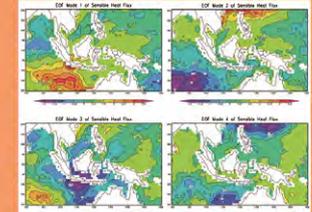


Figure 7. Show monthly variation of NHF, SHF, LHF, and annual monthly average of NHF from 1988 to 2006. Totally, NHF is emitted from Ocean to Atmosphere. Furthermore, the Indonesia Inland Sea (Jawa, Bali, Sulawesi) has smaller heat flux variation compare to the open ocean. Almost area show LHF is covered from Atmosphere to Ocean. In Pacific Ocean, SHF was emitted from January to March. Annual monthly average of NHF showed all area of Heat flux is emitted from Ocean to Atmosphere continuously. Especially Pacific area show strong emission.

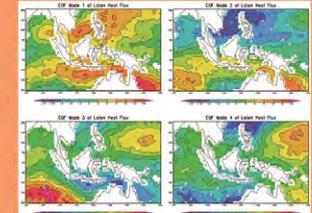
EOF analysis for Net Heat flux  
Mode-1: 16.2%; Mode-2: 8.7%; Mode-3: 8.3%; Mode-4: 7.1%; Mode-5: 5.5%; Mode-6: 4.7%; Mode-7: 4.0%



EOF analysis for Sensible heat  
Mode-1: 11.0%; Mode-2: 8.7%; Mode-3: 6.6%; Mode-4: 5.4%; Mode-5: 4.4%; Mode-6: 3.7%; Mode-7: 3.0%



EOF analysis for Latent flux  
Mode-1: 16.1%; Mode-2: 10.4%; Mode-3: 10.1%; Mode-4: 7.4%; Mode-5: 5.3%; Mode-6: 4.9%; Mode-7: 4.3%



## Summary

The Relationship between Rainfall and Heat budget in seasonal change were studied from 1988 to 1996 around Indonesia sea. Heat flux was emitted around India Ocean, Indonesia area and Pacific Ocean in annually (Dry season & rain season). SHF and LHF show big change in Pacific Ocean, the maximum value of heat flux show in Pacific area. LHF is bigger than SHF relatively. Latent heat is a main factor to emit to heat from Ocean to Atmosphere in researched sea. Each flux (Net flux, long wave, Sensible heat, latent heat) show upper emission between Ocean and Atmosphere over the ocean. This mean show ocean heat was transferred to atmosphere continuously. Yearly average of NHF in Pacific ocean, India ocean, Indonesia ocean are  $-989.52W/m^2$ ,  $-730.21W/m^2$ ,  $-702.78W/m^2$ , respectively. EOF analysis applied to heat flux (sensible heat, Latent heat, Net flux) for 8 years from 1988 to 1996 (8 years). Mode-1: 16.2%, Mode-2: 8.7%, Mode-3: 8.3%, Mode-4: 7.1% for Net flux. As a results, variation of Heat flux are not dominated by such as big events (ENSO, India Ocean Dipole and Monsoon effects) around Indonesia ocean (Pacific, Indonesia, and Indian). Heat flux pattern is mainly two patterns (India-Indonesia and Pacific)

## References

- Fairall, C.W., Bradley, E.F., Hare, J.E., Grachev, A.A., Edson, J.B. (2003). Bulk Parameterization of Air-Sea Fluxes: Updates and Verification for the COARE Algorithm. *Journal of climate*, 16(4): 571-591.
- Schlüssel, P., Schanz, L., Englisch, G. (1995). Retrieval of latent heat flux and longwave irradiance at the sea surface from SSM/I and AVHRR measurements. *Advances in Space Research*, 16(10): 107-116.
- Schulz, J., Schluessel, P., Grassl, H. (1993). Water vapour in the atmospheric boundary layer over oceans from SSM/I measurements. *Int J Remote Sens.*, 14(15): 2773-2789.
- Large, W.G., Pond, S. (1982). Sensible and latent heat flux measurements over the ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 12(5): 464-482.



Udayana University  
Center for Remote Sensing and Ocean Science (CReSOS)  
<http://cresos.unud.ac.id/>

# 世界の農耕地 乾燥パターンの推定



\*井関 洸太郎・小林 利行・\*内藤 健・\*友岡 憲彦・眞子 直弘・久世 宏明・建石 隆太郎 \*(独)農業生物資源研究所 **NIAS**

## Introduction

多様な植物資源



目的の環境に適応する系統を選抜



- 適応メカニズムの解明
- 原因遺伝子の単離



地域の環境に最適化した作物を育成

## Objective



Satellite data  
MODIS



Climate data  
CRU-TS3.22



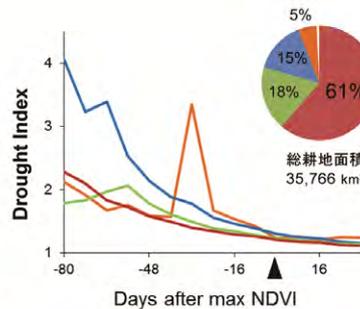
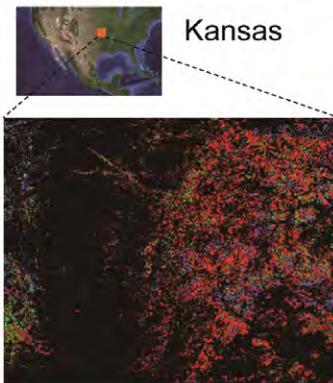
Land data  
GLCNMO



どこで? いつ? どんな?  
乾燥ストレスが起こるのか

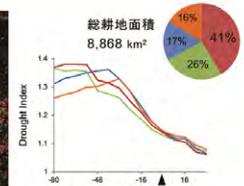


## Results

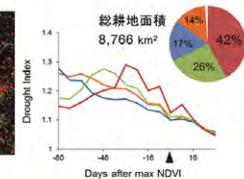


開始時期	77日前	58日前	74日前	24日前
期間	2週間	2週間	1週間	2週間
蒸散低下率	51%	51%	100%	81%

Central Africa



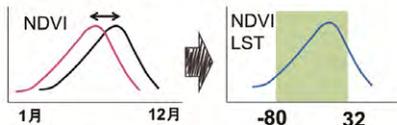
Brazil



## Methods

農耕地を抽出

フェノロジーを合わせる



平均値を算出

NDVI, LST, 気温

圃場試験  
により検討

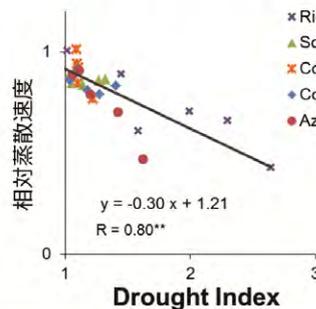


Drought Index

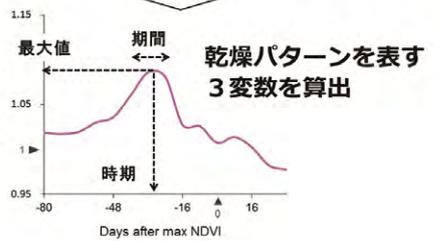
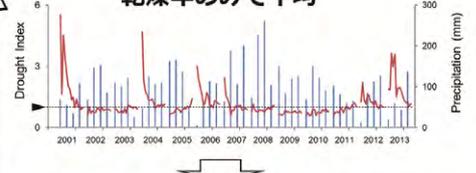
### Drought Index

$$= \frac{LST_i}{LST_{ave}} \times \frac{Tmp_{ave}}{Tmp_i} \times \frac{cNDVI_{ave}}{cNDVI_i}$$

(平年比) (気温で補正) (積算NDVIで補正)



乾燥年のみで平均



クラスター解析  
乾燥パターン分類

# 千葉県生物多様性情報のマッピング 「生命のにぎわい調査団」データの解析

中村光一<sup>1</sup>・鈴木裕也<sup>1</sup>・手塚祐介<sup>1</sup>・渡辺翼<sup>1</sup>・小田豪生<sup>1</sup>・原田一平<sup>1</sup>・原慶太郎<sup>1</sup>・御巫由紀<sup>2</sup>;  
<sup>1</sup>東京情報大学、<sup>2</sup>千葉県生物多様性センター;  
265-8501 千葉県千葉市若葉区御成台4-1

## 研究の背景と目的

千葉県では主に北西部、湾岸部を中心として急速な都市化が進行しており、農林業を取り巻く環境の変化に伴い、耕作や森林管理の放棄された放棄地が増えている。生物多様性を保全するにあたり、野生生物の生息地となる緑地や水辺環境などの土地利用状況を把握し、その変化に迅速に対応する必要がある。本研究は既存の環境情報データ(第6,7回自然環境保全基礎調査植生GISデータ)を用いて、千葉県レベルにおける生物多様性にかかる情報を整備し、生物の生息地を評価する指標を開発する。それに野生動植物の分布データを重ねるなどして、生物多様性の保全上重要な地域を抽出し、生物多様性情報を整備、活用する際の課題を整理することを目的とする。

## 使用データ・解析方法

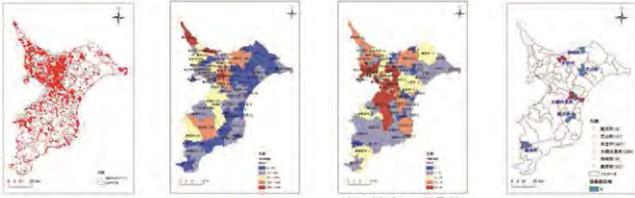
- ・生命のにぎわい調査団発見報告データ(千葉県生物多様性センター)をArcGISを用いて地図化。⇒位置情報が含まれた野生生物の調査データを用いて、シェープファイル(ポイントデータ)を作成して、GISデータとして整備する。
- ・第6,7回自然環境保全基礎調査植生GISデータを用いて、植生図の凡例は大区分の植生区分を相観レベルとして、常緑針葉樹、落葉広葉樹、常緑広葉樹、草地、水田、畑地、都市域、水域の8区分に再分類する。
- ・ArcMap10.2に環境省GISデータの植生大区分と生命のにぎわい調査団のデータを用いて、生物発見地点の土地被覆分類図(現況植生図)と野生生物の生息分布との関連を把握する。

## 生命のにぎわい調査団の調査対象種

種名	調査対象種	調査対象種
キジ	キジ	キジ
ヤマガカガエル	ヤマガカガエル	ヤマガカガエル
アマサギ	アマサギ	アマサギ
イノシシ	イノシシ	イノシシ
ツバメ	ツバメ	ツバメ
クマ	クマ	クマ
シカ	シカ	シカ
クマ	クマ	クマ
クマ	クマ	クマ

- ・千葉県版レッドデータブック共通評価基準カテゴリー
- ・最重要保護生物(A)
- ・重要保護生物(B)
- ・要保護生物(C)
- ・一般保護生物(D)

## 結果:生命のにぎわい調査団報告データと調査団員居住地域の分布



**野生生物の発見報告地点**

- ・2008年から2013年にかけて生命のにぎわい調査団が千葉県の野生生物の発見・報告した数は26,064件であった。
- ・調査団員が居住していない地域でも生物が報告されていることが明らかになった。

**市町村ごとの発見報告数**

1位 我孫子市	3,428件
2位 野田市	2,801件
3位 四街道市	2,031件
4位 成田市	1,929件
5位 佐倉市	1,470件

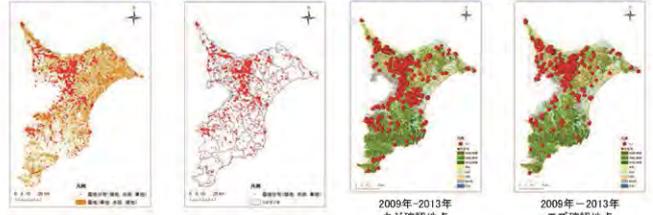
**市町村ごとの団員数(平成25年10月3日現在)**

1位 船橋市	61人
2位 佐倉市	48人
3位 千葉市中央区	47人
4位 市川市	43人
5位 市原市	40人

**団員数が0人の市町村**

睦沢町	9件
芝山町	21件
本笠村	441件
大網白里町	298件
神崎町	4件
鋸南町	22件

## 結果:農地で生物が発見された地点の分布(データ量がかった種)



2008年-2013年  
農地で発見された生物の分布図  
(n=10,539)

2009年-2013年  
キジ確認地点

2006年-2013年  
モズ確認地点

2009年-2013年  
キジ確認地点の土地利用

2006年-2013年  
モズ確認地点の土地利用

## 結果:生物発見報告数が多かった地域

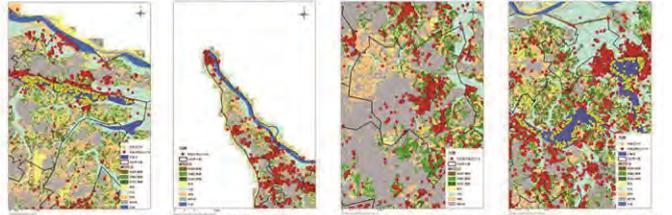
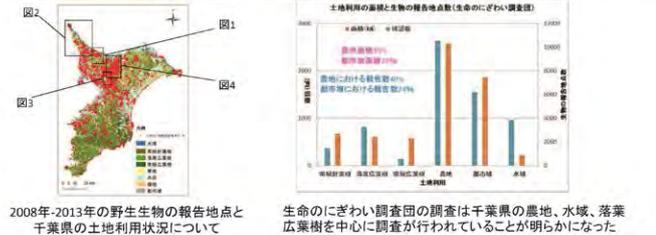
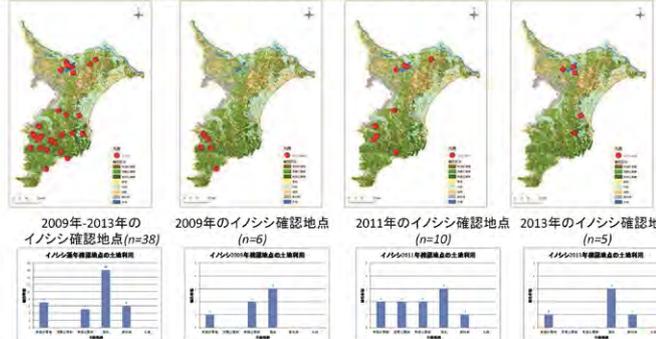


図1:我孫子市周辺で発見された生物の分布図  
図2:野田市周辺で発見された生物の分布図  
図3:四街道市周辺で発見された生物の分布図  
図4:印旛沼周辺(成田市・佐倉市)で発見された生物の分布図

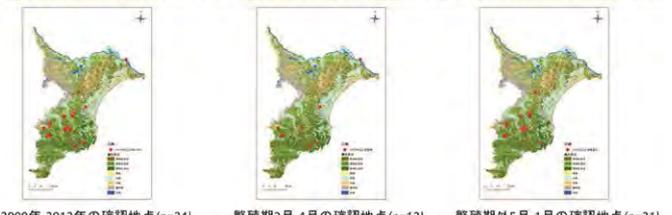
## 結果:土地利用の面積と報告数の割合



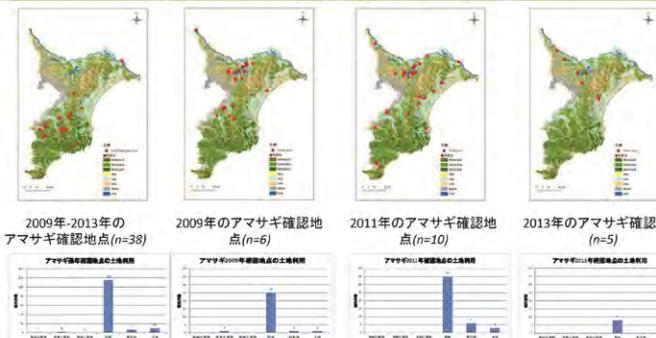
## 結果:イノシシ発見地点の経年変化



## 結果:ヤマアカガエルの繁殖期と繁殖期外の分布(水田への依存種)



## 結果:アマサギ発見地点の経年変化



## まとめ

- ・イノシシが報告された地点は千葉県南部(落葉広葉樹)から北部(農地、都市域)へと移動しており、生息している土地利用も異なることが明らかになった。
- ・千葉県北西部、特に我孫子市、野田市、四街道市、印旛沼・手賀沼周辺(成田市・佐倉市)の農地および水域の土地利用で生物が発見された報告数も多く、生物多様性が豊かであると考えられる。
- ・ヤマアカガエルは森林(落葉広葉樹、常緑針葉樹、常緑広葉樹)に生息するが、冬から春にかけて池や水田に産卵するため、2~4月の繁殖期は常緑針葉樹と常緑広葉樹で報告がないことが明らかになった。
- ・生命のにぎわい調査団のデータは2014年以降も継続して調査が行われているため、今後の環境施策への活用が期待できる。

## 謝辞・引用

調査「生命のにぎわい調査団」の調査データは千葉県生物多様性センターから提供いただいた。ここに記して謝意を表す。  
引用「生命のにぎわい調査団」調査対象種(哺乳類、鳥類、両生類、昆虫、植物、淡水生物、海洋生物)・http://www.biodocho.jp/monitor/manual.html  
千葉県における生物多様性情報の整備と課題(中村光一、鈴木裕也、手塚祐介、渡辺翼、小田豪生、原田一平、原慶太郎、御巫由紀、日本生態学学会第44回大会、pp.81, 2014)

# 衛星データを用いた東北の災害復旧モニタリング

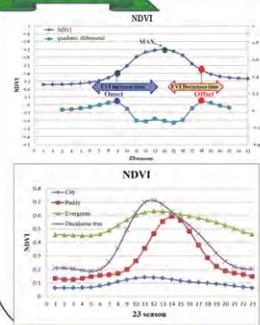
鄭 義詰、朴 鍾杰、浅沼 市男、原田 一平  
東京情報大学

## 背景と目的

土地被覆に関する研究は古くから行われ数多くの研究成果が蓄積(ちくせき)されています。また、月別、季節別さらには数十年に及ぶ時間変遷などより多くのデータを用いる。特にNOAA/AVHRR やTerra/MODIS などの広域観測衛星から得られたNDVI、リモートセンシングデータは広域性、均質性、周期性などの特徴を持つため幅広く用いられる。NDVI は植物の光合成活動や植物の“greenness”と密接な関係があるため、大陸規模やグローバル異常気象の影響評価、熱帯林のモニタリングや植生分布図作成、グローバル炭素循環や水循環解析に多く用いられる。

本研究では、東日本大震災において、津波被害を受けた東北地域における農業の震災からの復旧状況を時系列衛星データを用いてFFT補正を行い長期モニタリングすること。

## Phenology



フェノロジー情報は植生によって異なる。そのため、Onset時期、Max値、Offset時期などの変化が生じた場合、土地被覆変化だと考えられる。土地被覆変化を抽出する際フェノロジー情報は有効であると考えられる。

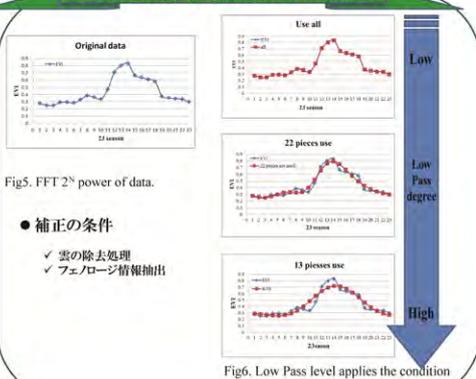
このグラフのように植生タイプ別にフェノロジー情報もとなります。常緑樹の場合1年中植生指数が高いです。水、Cityは光合成活動がないため1年中NDVIが低いです。落葉林は光合成活動が始まる時期は農地より早い7旬であり、Max時期は12旬、光合成活動が終わる時期は20旬である。

## OMD法

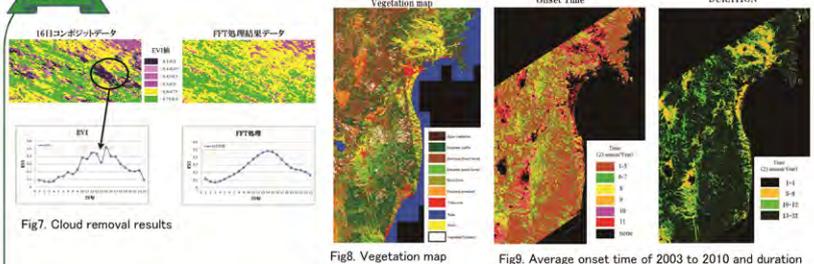


OMD法 = Onset時期変化量 + Max EVI Value 変化量 + Duration変化量の合計  
変化量とは8年間(2003 ~ 2010)の平均プロフィールとの偏差の絶対値をいう。  
OMD値が0に近いと平年と変わりがない。OMDの値が大きいと土地被覆変化がある。

## FFTによる高周波数ノイズ除去

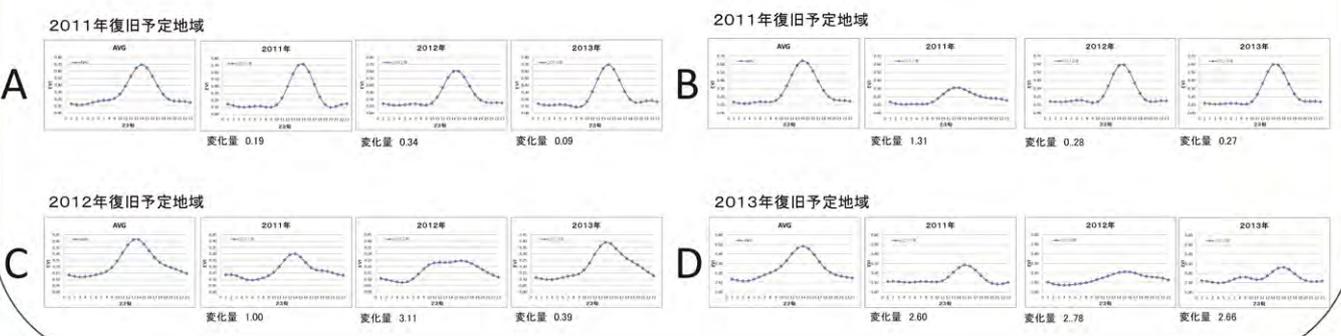
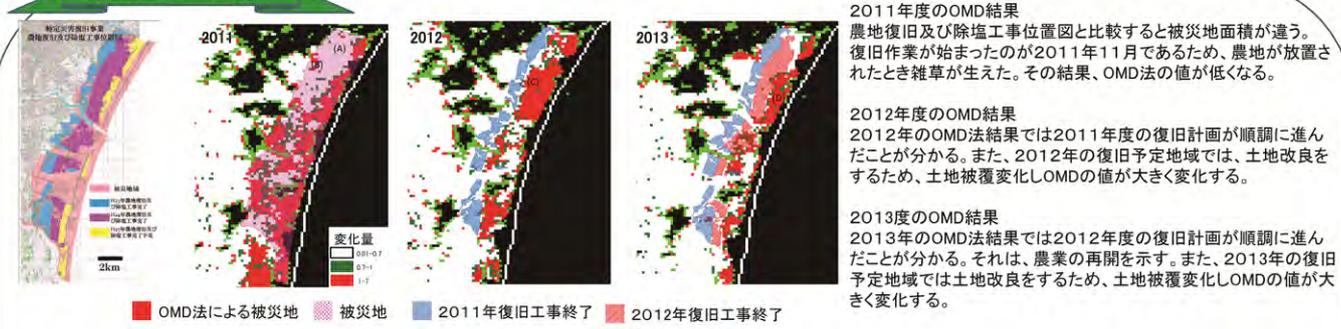


## 結果



Onset time図は平均Onset time (2003 ~ 2010)を示したものである。植生図は環境省が提供している。植生図の農地は11旬であり、都市域と水域はなし、常緑林は1~5旬。農地のDurationは5 ~ 9旬、常緑林のDurationは13 ~ 23旬。水、都市域がDurationなしなどで区分が可能である。

## 災害地域モニタリング



## Conclusion

本研究で提案したOMD法を用いてモニタリングをおこないました。その結果、東日本大震災があった2011年は、一部を除き被災地が抽出できた。また、2011年から2013年は復旧の計画が順調に進んで2011年と2012年は復旧が終わり農業再開したところもあります。この結果で、OMD法が長期モニタリングに有効であることがわかった。

### 今後の課題

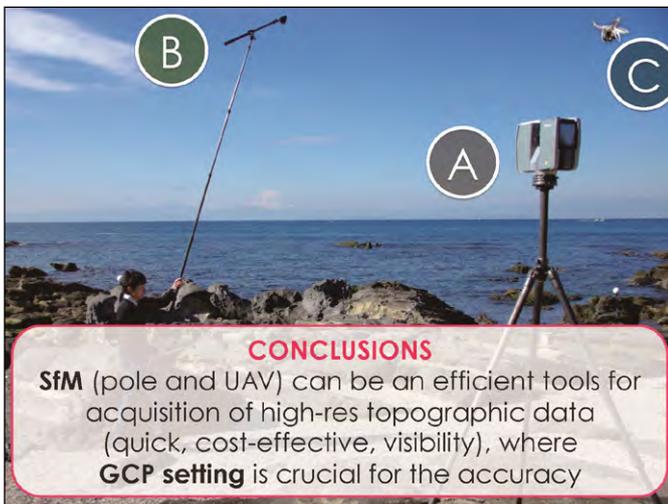
OMD法では土地被覆変化が被災前に戻った場合は復旧ができた判断できます。しかし、被災前とは違うものに復旧できた場合は復旧ができてないと判断されるため、この問題を改善する必要があります。

# SfM多視点写真測量による 地形データのTLSを用いた 精度検証

早川裕弐  
加藤 顕  
小花和宏之

油壺海岸での検証事例

## ROCKY COASTAL BENCH AT MIURA PENINSULA

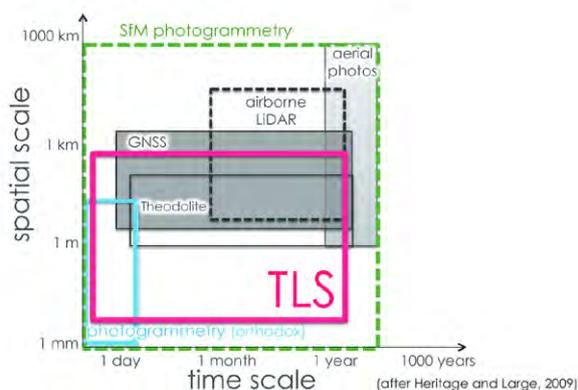


### INTRODUCTION

## High-resolution topography – emerging methods –

- high-res satellite images<sub>(photogrammetry)</sub>
- aerial photography<sub>(photogrammetry)</sub>
- airborne laser scanning
- terrestrial laser scanning
- robotic total station
- kinematic GNSS
- ground-based photography<sub>(photogrammetry)</sub>
- ...

### Time and spatial scales for various methods



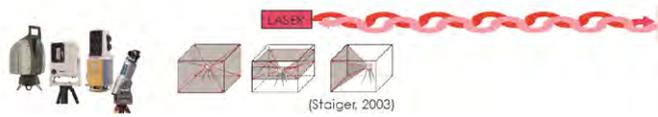
among else,



these are becoming popular in geosciences

## TLS

- ground-based LiDAR (Light Detection And Ranging)
  - distance to a target by laser beams
- Laser emission
  - Measurable without visible light
- Quick acquisition of large point cloud

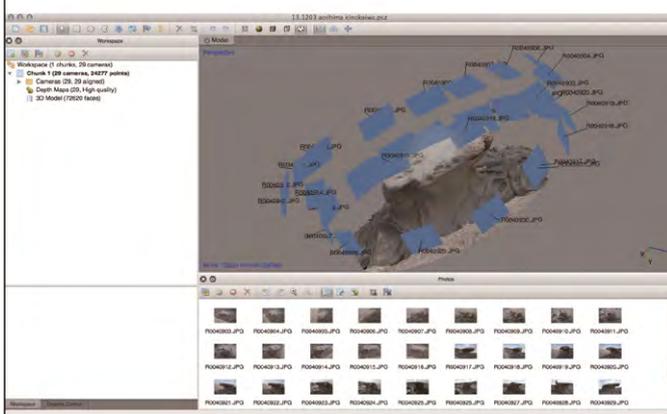


## SfM-MVS photogrammetry

- **SfM**: structure from motion
  - reconstructing camera positions in 3D from 2D images
  - developed in computer vision (Ullman, 1979; Szeliski, 2010)
  - sparse point cloud (matched points)
- **MVS**: multi-view stereo
  - photogrammetry using aligned photos
  - dense point cloud

in Japanese...?  
SfM多視点写真測量

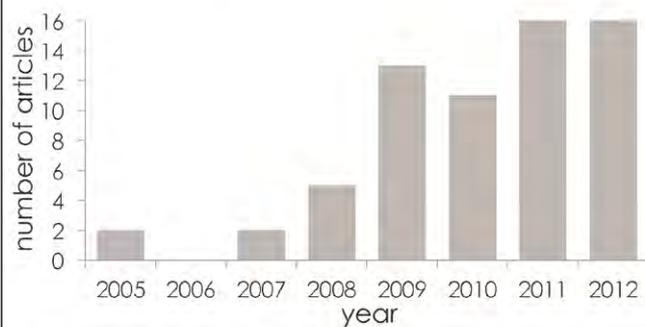
## 2D photos to 3D model



## features of SfM-MVS

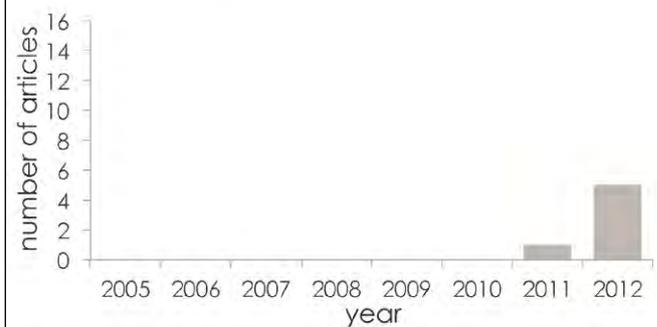
- platform-free
  - UAV (UAS), balloon
  - pole, handheld
- cost-effective
  - possible with <1,000 USD
  - (cf. TLS >50k USD)
- multiscale
  - mm ~ km
- high resolution
  - often >1M points or faces
- textured
  - orthophoto
  - (cf. point cloud by TLS)

## num. of papers on TLS



The data was retrieved from GeoRef, a bibliography database in geosciences, using keywords of [terrestrial AND laser AND geomorphology].

## num. of papers on SfM



The data was retrieved from GeoRef, a bibliography database in geosciences, using keywords of ["structure from motion"].

as an early stage,  
**quantitative  
 evaluation  
 of these emerging  
 methodologies is  
 necessary**

how accurate?

how effective?

## STUDY AREA

### STUDY AREA

A rocky coast at Aburatsubo, Miura Peninsula



(国土地理院の電子地形図25000を使用。定形図郭では「三浦・三崎」の一部)

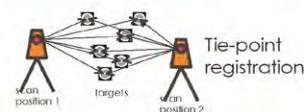
ca. 190 m x 50 m  
 uplifted intertidal bench  
 less people, less vegetation, slightly undulated



### TLS – terrestrial laser scanning

- Trimble TX5 (OEM: FARO Focus3D)
  - lightweight: 5 kg
  - short range: ~120 m
  - fast: ~ 900,000 pts/sec
- measurement
  - ca. 9 min for each position
  - sphere/flat targets for registration

A



Tie-point registration

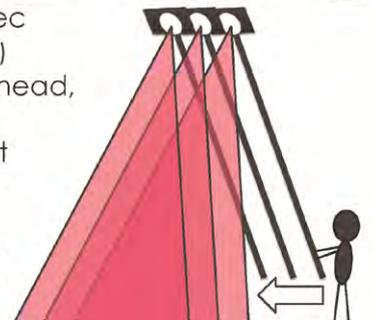
©Trimble



### Pole-camera SfM

- 4-m long rod
- RICOH GR
  - interval shutter: 1 sec
  - fixed aperture (F5.6)
- gradually moves ahead, keeping overlaps
- shoot from different angles as much as possible
- post-processing by Agisoft PhotoScan

B



## UAV-SfM

- DJI PHANTOM
  - payload: ca. 400 g
  - flight height: ca. 20–30 m
- Nikon COOLPIX A
  - 16 MPix
  - ca. 300 g
  - 1/500 sec, F4.5–11
  - 1-sec interval
- post-processing by Agisoft PhotoScan



## reference points

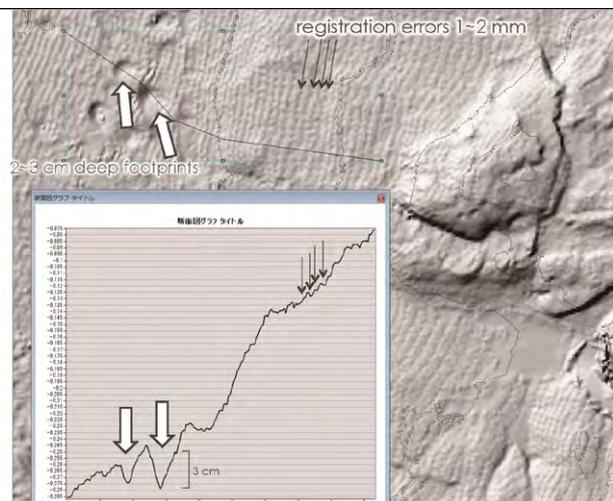
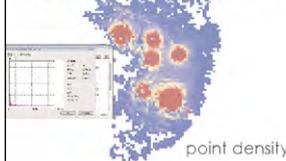
- for georeference of obtained point clouds
- 3 GCPs
- GNSS receiver
  - Trimble GeoXH Explorer 6000
    - antenna: Trimble Zephyr 2
  - post-processed accuracy
    - ~9 cm in X, Y and Z



## RESULTS & DISCUSSION

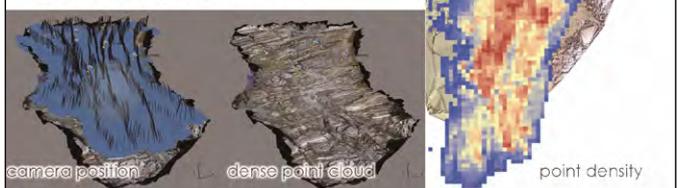
## TLS

- 6 scan positions
  - registration error: ~2 mm
  - georeference error < 6 cm
- ca. 1 hr
- point spacing: 9.2 mm (max 1.3 mm)
- DEM resolution: 1 cm



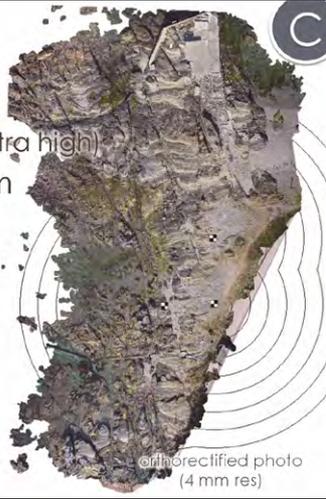
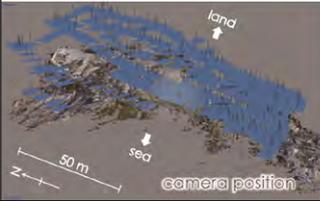
## pole-camera SfM

- 1,273 photos
  - ca. 181M points (medium quality)
  - ca. 17 hrs (align & dense cloud)
- georeference errors: 4–7 cm
- point spacing: 22 mm (max 9.5 mm)
- DEM resolution: 2 cm

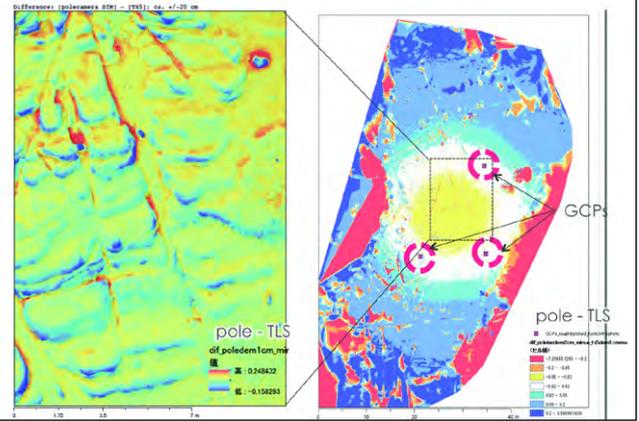


## UAV-SfM

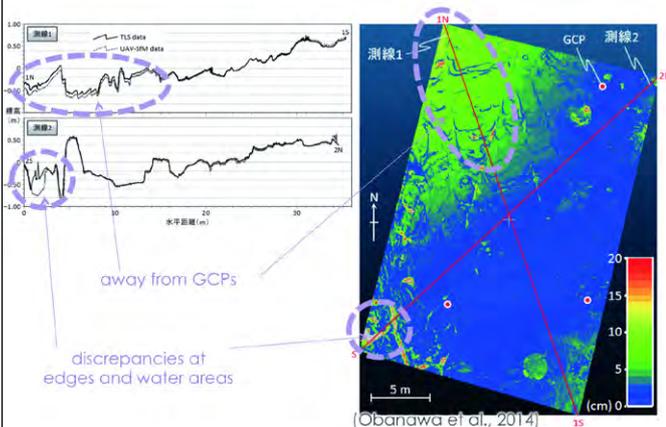
- 335 photos  
→ ca. 470M points (ultra high)
- point spacing: 3.8 mm  
(max 0.67 mm)
- DEM resolution: 4 mm.



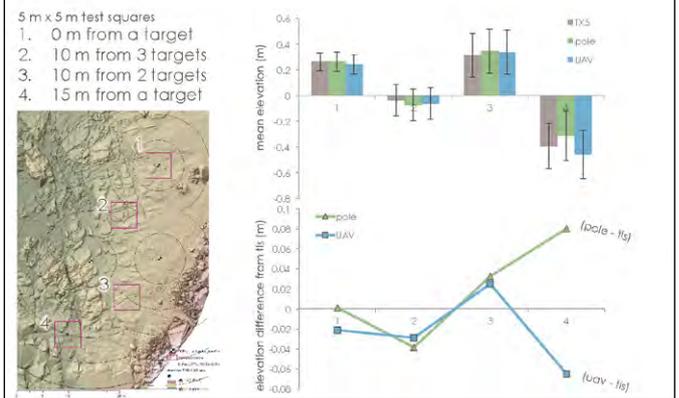
## Pole-camera SfM vs. TLS



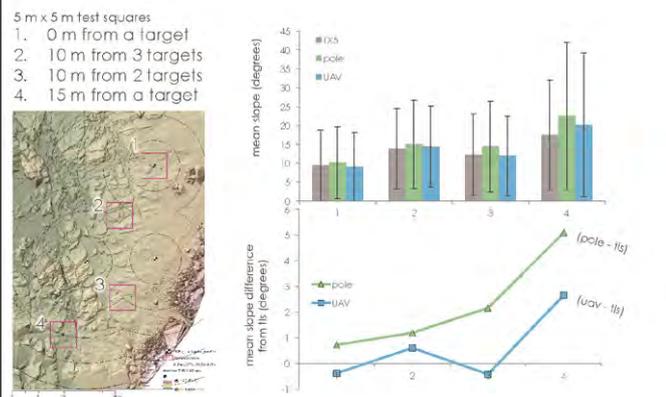
## UAV-SfM vs. TLS



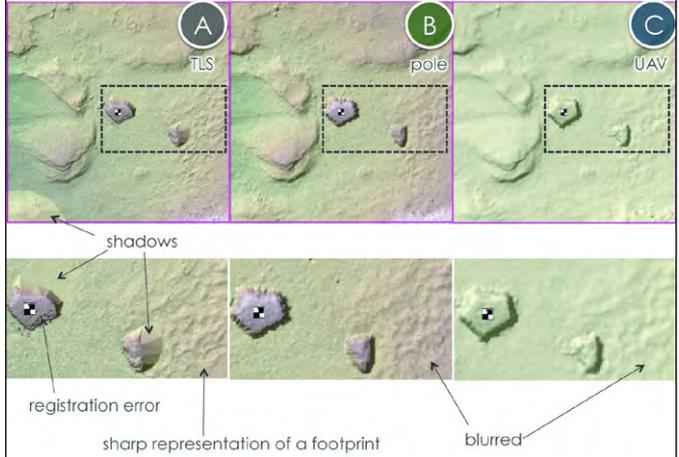
## Pole-SfM & UAV-SfM vs. TLS elevation (by 2-cm DEM)



## Pole-SfM & UAV-SfM vs. TLS slope (by 2-cm DEM)



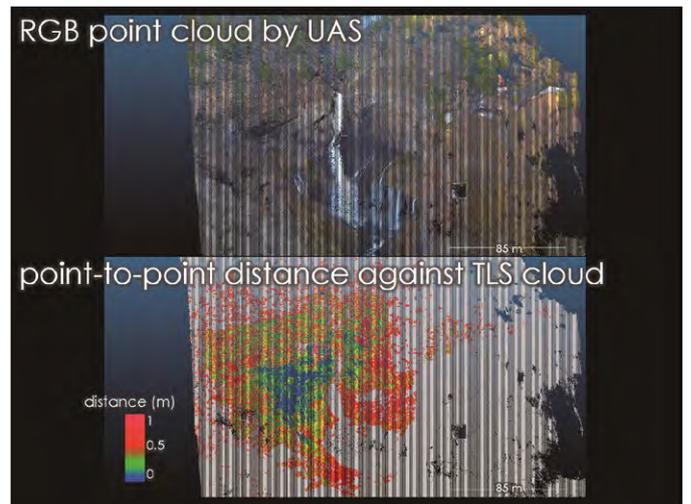
## visual comparison of 2-cm DEMs at window #1



## summary

	TLS	pole camera SfM	UAV SfM
time on site	★ 1 hour (multiple scan)	★★ 0.5-1 hour	★★★ 0.5 hour
time for post processing	★★ several hours	★ 10- hours	★ 10- hours
cost	⊖ JPY 5M-30M	★★★ JPY 50k-100k	★★ JPY 200k-2M
resolution & representation	★★★ 1-10 mm	★★ 10 mm	★ 10-20 mm
relative accuracy	★★★ 2-3 mm	★ -10 cm	★ -10 cm
visibility (shadow)	★	★★★	★★
visibility (RGB)	★ only point cloud	★★★ orthophoto	★★★ orthophoto
water	N/A unless green laser	★★ if clean water	★★ if clean water

- SfM (pole and UAV) can be an efficient tools for acquisition of high-resolution topographic data (quick, cost-effective, visibility)
- GCP setting is crucial for the accuracy of SfM data



# 黒ボク土で土壤炭素からCEC、リン酸吸収係数が推定可能な理由の解明

丹羽勝久((株)ズコーシャ 総合科学研究所)・本郷千春(千葉大学)

## 昨年度発表より

○十勝地域に分布する黒ボク土では、土壤炭素とCEC、リン酸吸収係数の間に母材別(火山灰、火山灰/河成堆積物)に正の相関関係があり、その関係性を利用し、衛星画像から作成した土壤炭素含量地図をCEC、リン酸吸収係数地図に変換。

○なぜ、土壤炭素とCEC、リン酸吸収係数は関連性が??

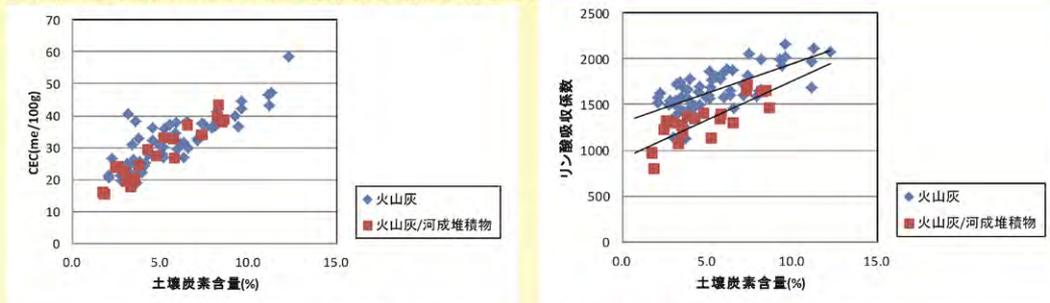


図 土壤炭素含量とCEC、リン酸吸収係数の関係

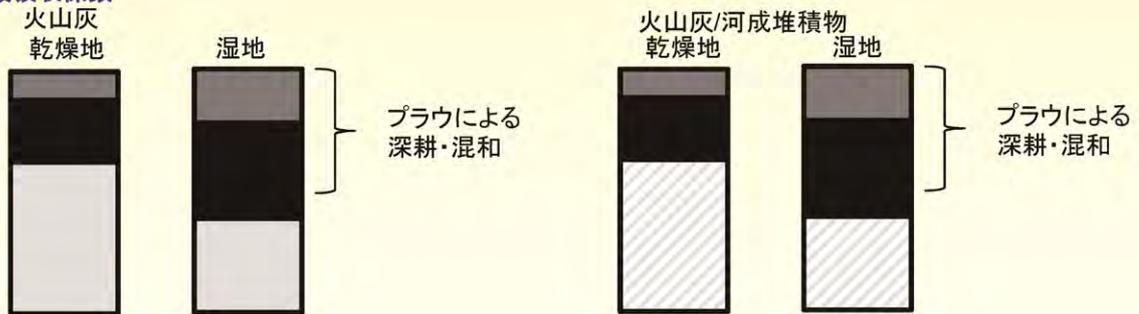
## CEC

### 千葉県事例

黒ボク土の土壤炭素の多少はCECに影響し、土壤炭素含量とCECの間には高い正の相関関係を持つ(八槇・安西, 2001)。

→今回の調査結果と符合(土壤炭素図を作成することで、黒ボク土地帯においては様々な地域でCECの広域評価ができる可能性)

## リン酸吸収係数



- 新規未熟火山灰: 土壤炭素含量: 中、リン酸吸収係数: 中
- 新規風化火山灰: 土壤炭素含量: 大、リン酸吸収係数: 大
- 古期風化火山灰: 土壤炭素含量: 小、リン酸吸収係数: 中
- 河成堆積物: 土壤炭素含量: 小、リン酸吸収係数: 小

図 十勝地域の母材別の火山灰堆積様式とその乾湿による変化



写真 十勝地域の火山灰の区域の未耕地の土壤断面写真

○両母材とも、湿地に生成した黒ボク土で、炭素含量およびリン酸吸収係数の高い新規風化火山灰の作土への混入割合が大きく、その結果、土壤炭素含量とリン酸吸収係数の間には相関関係が発生。  
○母材別に回帰式が異なるのはリン酸吸収係数が中庸の古期火山灰が作土に混入するか、リン酸吸収係数の低い河成堆積物が混入するかの違いを反映。



# インドネシア・チタルム川流域チヘア灌漑地区における水稻生産特性

本間香貴(京都大学・農学研究科)・本郷千春(千葉大学・CEReS)

## Introduction

Rice is the most important crop in Lao PDR. The improvement of rice productivity is strongly needed.

Problem	Solution
The information about growth environment in farmers' fields is limited.	Establishment of simple evaluation method

Plant canopy analyzer (LAI-2200)

**Soil fertility can be estimated by LAI growth rate** (Hirooka et al., 2014)

Problem	Solution
Plant canopy analyzer is not suitable for wider area.	Establishment of evaluation method by <b>remote sensing</b>

## Object

To validate measurements of two remote sensing methods, **MS-720** (Results①) and **SAR** (Results②).

## Materials and methods

### Study sites:

This study was carried out during the wet season of 2013 at paddy fields located in a suburban area near Vientiane, Lao PDR.



Thirty-three farmers' paddy fields were selected in this area for surveying throughout the growth period.

### Measurements:

Portable spectrum radiometer (MS-720); Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Results①

Plant canopy analyzer (LAI-2200); Leaf Area Index (LAI)

Results②

Synthetic active radiometer (SAR); Backward scattering coefficients(BSC)

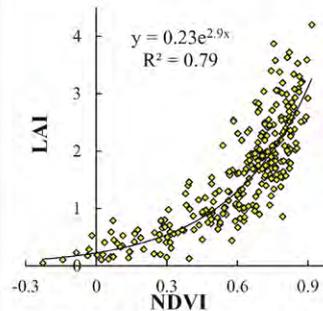


## Conclusion

- LAI growth can be approximately estimated by MS-720 ( $R^2 = 0.79$ ,  $RMSE = 0.49$ )
- Because SAR detected water, weed and soil, LAI and NDVI was not well explained by SAR.
- In some paddy fields, LAI growth rate can be estimated by SAR.

## Results① (MS-720)

The measurement was conducted for 4 times before the heading period by using MS-720 and LAI-2200.



Coefficient of determination ( $R^2$ ) was **0.79** and **RMSE** of the cross-validation test was **0.49**.

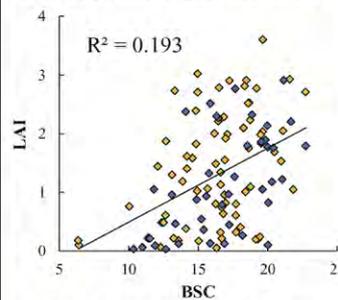
**The cross-validation test:** partitioning a sample of data into complementary subsets, performing the analysis on half of subset and validating the analysis on the other half of subsets.

Fig.1 The relationship between LAI (LAI-2200) and NDVI (MS-720).

Because LAI in this area is relatively low (Hirooka et al., 2014), LAI growth can be estimated by MS-720.

## Results② (SAR)

X-band SAR images from the COSMO-SkyMed system were used in this study. The BSC calculated by SAR were normalized by the values for deep bodies of water such as lakes.



LAI and NDVI were not well explained by the BSC by SAR.

This may be because SAR detected not only rice plants but also **excess water, weeds and soil.**

◆ : BSC increased linearly and transplanting date was almost same.

Fig.2 The relationship between LAI (LAI-2200) and BSC (SAR).

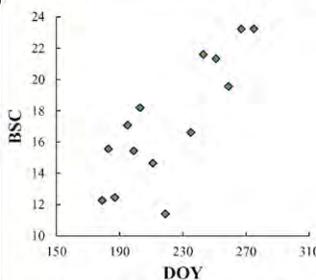


Fig.3 Changes of BSC during the rice growth period.

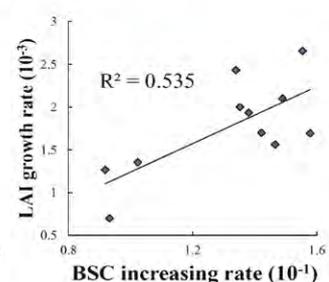


Fig.4 The relationship between LAI growth rate (LAI-2200) and BSC increasing rate (SAR).

The BSC increasing rate was associated with LAI growth rate estimated by LAI-2200.

This result suggests that LAI growth rate can be estimated by using SAR data in some paddy fields.



# ラオス・ナムグム川流域における SARデータを用いた水稲の生育推定

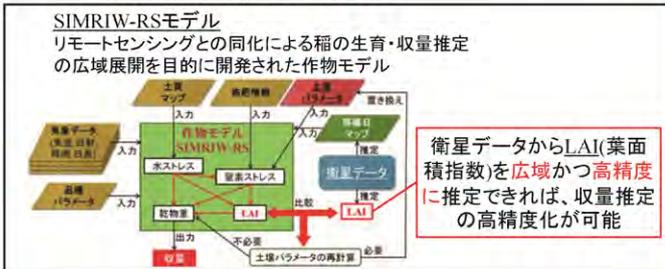
牧 雅康(東北工業大学)・本郷千春(千葉大学)

## 1. 背景と目的

### 東南アジアの都市の現状

- 人口増加および経済成長 ⇒ 食糧需要の増加
- 農地への都市・工業地域拡大 ⇒ 食糧供給量の減少

将来の持続可能な発展のためには水稲の安定供給が重要な課題  
⇒ 水田の土地生産性の空間分布を把握した上で  
土地利用計画を策定することが必要



**目的** 時系列のSARデータを用いたLAIの高精度推定の可能性について検討する  
⇒ 雨季に雲の影響を受けない

## 2. 対象地域と使用データ

### 対象地域

- ラオスのナムグム川流域
- 人口増加、経済成長ともに顕著
  - ほとんどの農家は稲作に携わっている
  - 水田の移植日が空間的に異なる



### 使用データ

- COSMO-SkyMedデータ**
- 周波数: Xバンド
  - 偏波: HH偏波
  - 解像度: 30m
  - 撮影モード: SCANSAR WIDEREGION
  - データ取得日: 2013年雨季の14時期
  - 観測レンジ距離: 約100km

- LAI現地計測データ**
- 30か所の対象水田における衛星観測日と同期させた4時期のLAIデータを使用

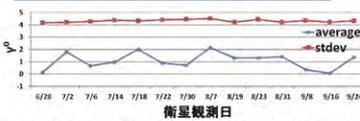
衛星データ取得日	現地調査の有無
6/28	×
7/2	×
7/6	×
7/14	×
7/18	×
7/22	○
7/30	×
8/7	×
8/19	×
8/23	×
8/31	○
9/8	×
9/16	×
9/24	×

4. 各対象水田へのマイクロ波入射角および水田方位角を考慮したLAI推定の高精度化の検討に使用

## 3. 時系列後方散乱強度データの高精度化の検討

時系列の後方散乱強度データ( $\gamma^0$ )には大気や観測衛星の違いによる影響が含まれる可能性 ⇒ データ間の値の変動は都市域の $\gamma^0$ の値に反映される

### 都市域の $\gamma^0$ を用いた正規化の検討



時期によって土地被覆の状態が変わらない

14シーンを通過しての $\gamma^0$ の値の変動は約2dB以内と小さく、大気や衛星の違いによる影響は少ないと考えられる

今回は $\gamma^0$ 正規化は不必要と判断

## 5. まとめ

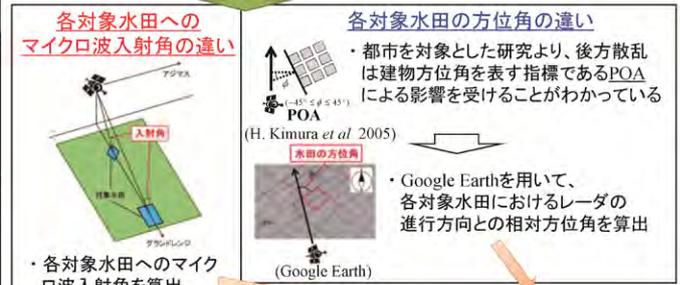
- 時系列 $\gamma^0$ データの高精度化については、都市域の $\gamma^0$ を用いた正規化を検討したが、14シーンを通過しての $\gamma^0$ の変動は小さく、正規化は不必要であると判断。
- LAI推定の高精度化については、水田への入射角の違いを考慮することによりLAI推定精度は向上。
- 一方、水田方位角の違いを考慮することによるLAI推定精度の向上は入射角の場合に比べて小さかった。
- 今後は、計測データ数を増やして更なる検証を行っていく必要がある。

### 参考文献

- 1) K. Oki, K. Noda, K. Yoshida, I. Azechi, M. Maki, K. Homma, C. Hongo and H. Shirakawa: Development of an Environmentally Advanced Basin Model in Asia(chapter2), pp17-48, INTECH, 2013.
- 2) M. Kajimoto and J. Susaki: Urban-Area Extraction From Polarimetric SAR Images Using Polarization Orientation Angle, IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, VOL.10, NO.2, pp337-341, 2013.

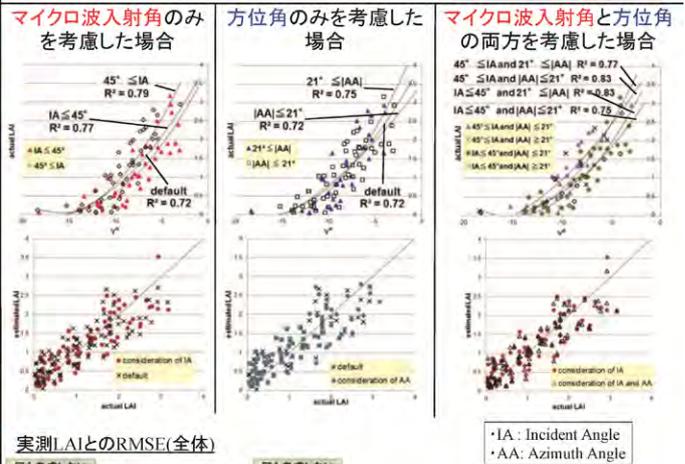
## 4. 各対象水田へのマイクロ波入射角および水田方位角を考慮したLAI推定の高精度化の検討

CSKデータと現地計測LAIから作成した $\gamma^0$ -LAI回帰式を用いてLAIを推定  
⇒ より高精度な $\gamma^0$ -LAI回帰式を作成するためには、  
LAIと $\gamma^0$ の関係に影響を与える要因を取り除くことが必要

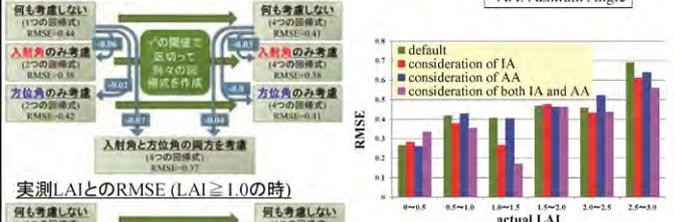


各対象水田へのマイクロ波入射角の違いおよび各対象水田の方位角の違いを反映させたLAI- $\gamma^0$ 回帰式を作成し、LAI推定精度を検証

閾値を設定して別々の回帰式を作成



### 実測LAIとのRMSE(全体)



実測LAIの値ごとのRMSE (すべて4つの回帰式を使用)

稲が成長すると、表面散乱や二回反射が強くなり、入射角や水田方位角による影響を受けやすくなると考えられる。

## 光学センサ画像とSAR画像の統合利用 による浸水被害の量的把握

東京工業大学 篠原崇之, 松岡昌志  
千葉大学 リュウ ウェン

1

## 背景

- 現在, 水害が湿润地域を中心に増加する傾向
- 水害・津波の特徴は広範囲に及ぶ浸水被害  
2011年タイ洪水(浸水面積: 45,023 km<sup>2</sup>)  
東北地方太平洋沖地震津波(浸水面積: 561 km<sup>2</sup>)



面的かつ瞬時に情報収集ができる  
人工衛星によるリモートセンシング技術を用いた  
広範囲における浸水域把握が望まれる

2

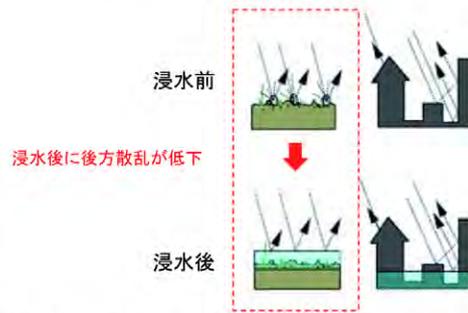
## 内容

- SAR画像の後方散乱係数と水占有率の関係を調べる
  - 水占有率は光学センサから推定(SMA適用)
  - 水占有率と後方散乱係数の比較
  - SAR画像から浸水被害評価

ピクセル内に水が占める割合

3

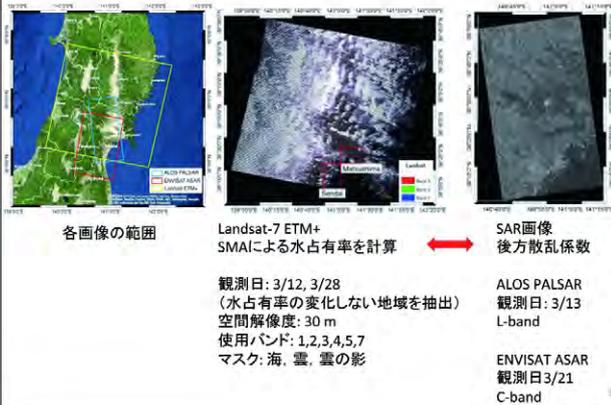
## 研究対象とする浸水状況 - SARの特徴 -



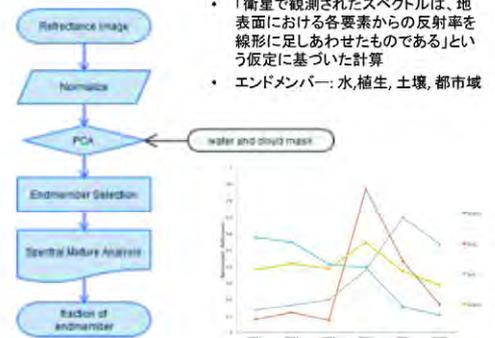
<http://earth.esa.int/workshops/ers97/papers/mancini/>

4

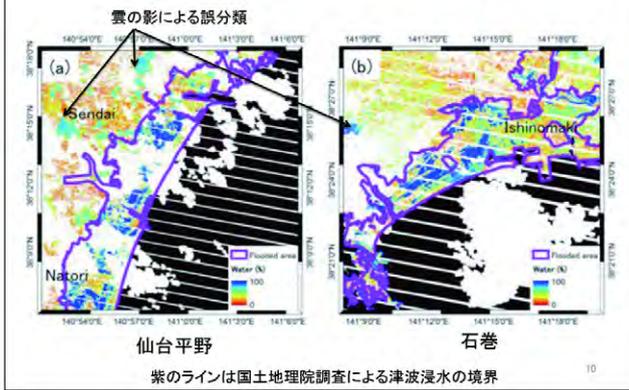
## 使用データ・対象地域



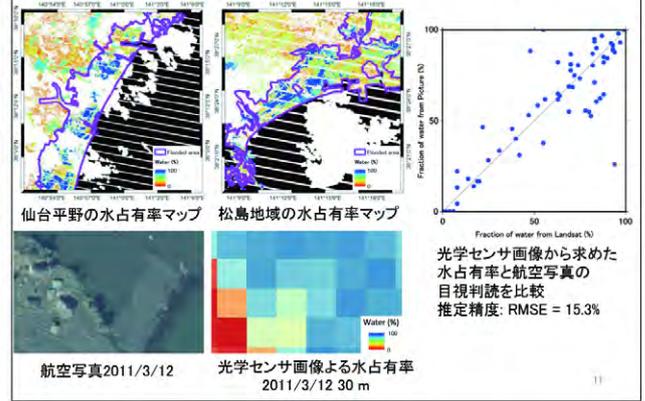
## Spectral Mixture Analysis (SMA) の手順



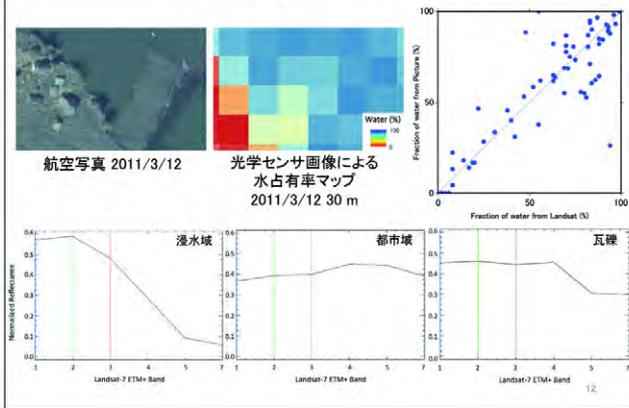
### SMAによる水占有率 (Landsat: 3月12日)



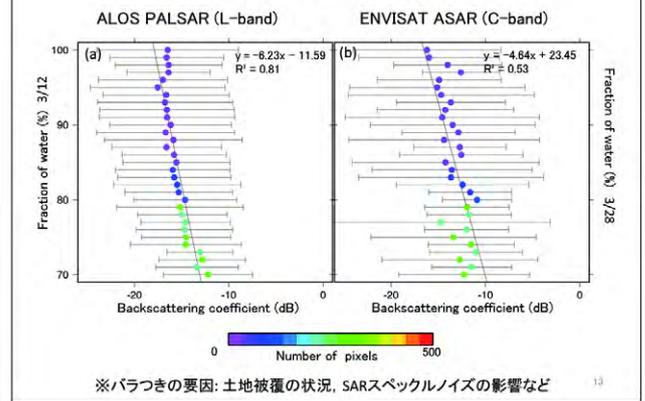
### SMAによる水占有率推定の精度検証



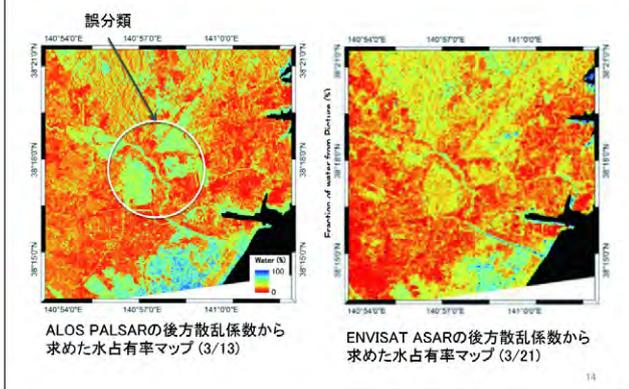
### 水占有率算出の誤差要因について



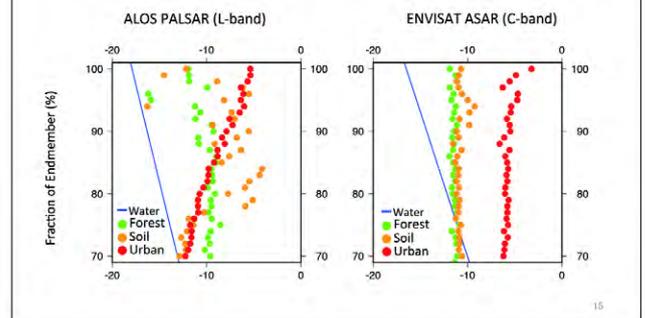
### 後方散乱係数と水占有率の関係



### SAR画像による水占有率の精度検証



### 他のエンドメンバーの占有率と後方散乱係数の関係

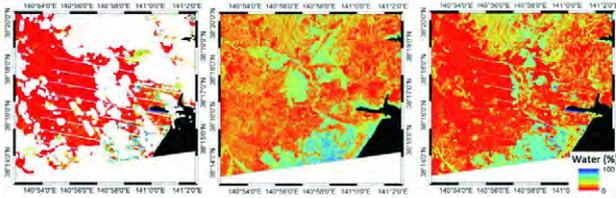


## 光学センサ画像とSAR画像の統合

光学センサ画像: 水占有率の推定精度は比較的良いが、データ欠損域がある

合成開口レーダ: 精度はやや落ちるが、画像全域で推定が可能

それぞれの長所を組み合わせ、  
て浸水域を評価する



光学センサ画像による  
水占有率



ALOS PALSARから  
求めた水占有率

光学センサ画像とSARを  
組み合わせた水占有率

16

## 波長による比較 - L-band, C-band, X-band -



ALOS PALSAR: L-band, HH, 6.25m  
2011/3/13  
入射角: 43.4°

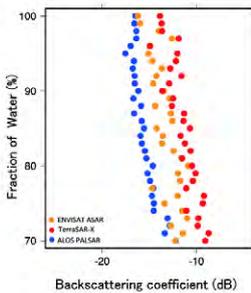
Landsat ETM+  
2011/3/12  
2011/3/28

ENVISAT ASAR:  
C-band, VV, 28m  
2011/3/21  
入射角: 40.7°

Terra SAR-X:  
X-band, HH, 3.5m  
2011/3/12  
入射角: 38.6°

17

## 波長による比較 - L-band, C-band, X-band -

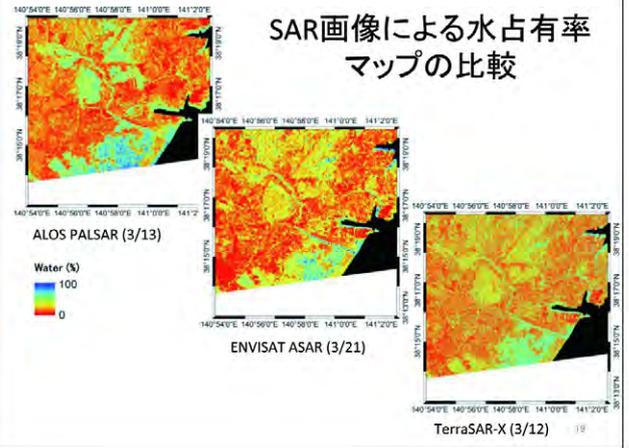


後方散乱係数  
 $L < C < X\text{-band}$

波長が短い→凹凸に敏感

18

## SAR画像による水占有率 マップの比較



19

## まとめ

本研究では東北地方太平洋沖地震津波後の浸水域を対象に、Landsat ETM+画像からSMAを用いて得られた水占有率とALOS PALSAR, ENVISAT ASARの後方散乱係数を比較した。両者の関係はバラツキが大きいものの、C-bandのASARの方がL-bandのPALSARよりも水占有率の推定に適していることが示唆される。

水占有率と後方散乱係数について波長ごとに検討したところ(ほぼ同じ入射角)、同じ水占有率であれば、波長が短い方が後方散乱係数の値が大きくなる。

20

## 謝辞

ALOS PALSARはMETI/JAXA, ENVISAT ASARはESA, TerraSAR-XはInfoterra GmbH所有であり、これらのデータはGEO Supersitesより入手した。また、Landsat-7 ETM+は、USGS EarthExplorerより入手した。

21



# 過去130年間の草原の変遷と現存植生との関係

野田 顕・西廣 淳(東邦大・理)・近藤 昭彦(千葉大・環境リモセン)

<p><b>草原とは</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生態系サービスの供給の場</li> <li>草原固有の動植物のハビタットとして重要な環境である</li> </ul>	<p><b>現状</b></p> <p>しかし、戦後から開発や管理放棄によって全国的に草原の面積は減少した</p>	<p><b>求められること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現在でも多様性の高い場所</li> <li>良好な草原になる可能性のある場所</li> <li>過去の土地利用と現存植生の関係の把握が重要</li> </ul>
--	---	---

**目指すこと**

草原の保全と再生に資する基礎研究として

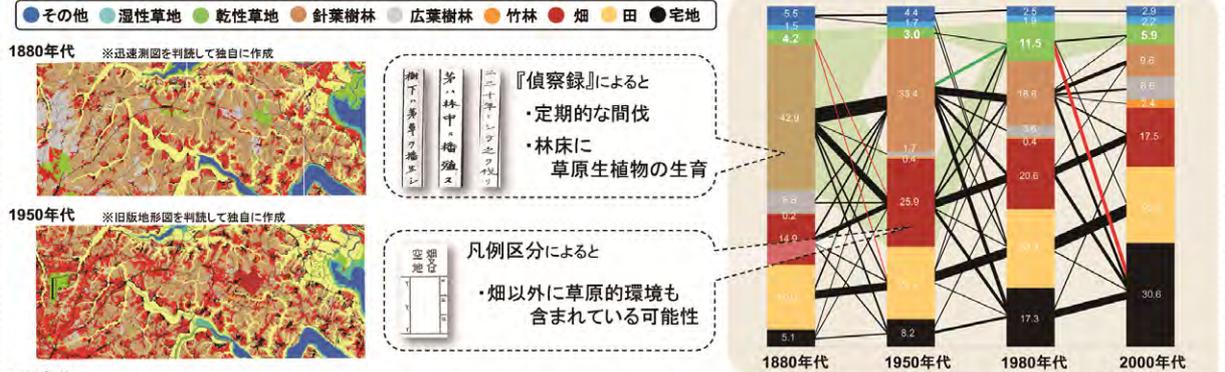
- 明治期から現代までの草原の規模と分布の把握
- 過去の農地利用が現在の植生へ与える影響の解明

**対象地域**

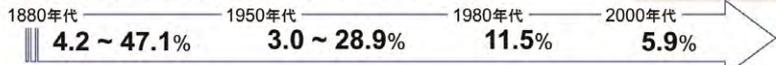
- 国土地理院地形図1/25000 『白井』小川
- 江戸時代まで台地の上には牧が存在していた
- 1960年代以降から、ニュータウン開発が続く

## 千葉県北部の草原は130年間でどのように変わったか

迅速測図及び旧版地形図をデータ化し、明治期から現在までの土地被覆ごとの面積を求め、草原の変化を把握した。



## 草原的な環境の面積割合の推移 (多く見積もった場合)



1880~1950年代 戦後の開拓事業のために田や畑になり、草原面積は減少した

1950~1980年代 宅地造成のために針葉樹林が伐採され、草原面積が増加した

1980~2000年代 整備された場所で宅地開発が進み、草原面積は減少した

戦後は農地に、近年は宅地に変わっていった  
⇒現代に近づくにつれて草原面積は減少していた  
ただし、パッチ状に残存している

## どのような場所に種多様性の高い草原は残っているのか

一般化線形モデルで2014年の草原植生に対する土地の履歴の効果を解析 (農地 = 畑 + 田んぼ)

在来草本植物種数 (尤度比検定)

説明変数	係数 ± SE	P値
1950年代に非農地	-0.22 ± 0.15	0.135
1980年代以降に非農地	0.30 ± 0.14	0.032
半径1km以内の草原面積	0.00 ± 0.00	0.879
2014年の管理あり	0.42 ± 0.14	0.002
パッチ面積	0.52 ± 0.12	<0.001

モデル選択 上位5つ (AIC基準, 説明変数総当り)

変数	1950年代の農地利用	1980年代以降の農地利用	半径1km以内の草原面積	2014年の管理	パッチ面積	ΔAIC
1	○	○	○	○	○	0.52 0.00
2	○	○	○	○	○	0.57 0.40
3	○	○	○	○	○	0.58 1.03
4	○	○	○	○	○	0.56 1.94
5	○	○	○	○	○	0.52 1.98

在来草本植物に対する説明変数の効果

説明変数	係数 ± SE	P値
1950年代に非農地	-0.05 ± 0.28	0.85
1980年代以降に非農地	1.15 ± 0.26	<0.001
半径1km以内の草原面積	-0.00 ± 0.00	0.19
2014年の管理あり	0.71 ± 0.25	0.005
パッチ面積	0.73 ± 0.21	<0.001

モデル選択 上位5つ (AIC基準, 説明変数総当り)

変数	1950年代の農地利用	1980年代以降の農地利用	半径1km以内の草原面積	2014年の管理	パッチ面積	ΔAIC
1	○	○	○	○	○	0.72 0.00
2	○	○	○	○	○	0.73 0.46
3	○	○	○	○	○	0.74 1.82
4	○	○	○	○	○	0.73 2.43
5	○	○	○	○	○	0.50 4.81

棒の高さ: 平均値 エラーバー: 標準誤差 p<0.05

在来草本植物種数

農地経験あり (N=10) 農地経験なし (N=26) 管理あり (N=23) 管理なし (N=13)

在来草本植物種数

農地経験あり (N=10) 農地経験なし (N=26) 管理あり (N=23) 管理なし (N=13)

在来草本植物、在来草原植物ともに

- 1980年代以降農地になっていない
- 2014年に管理が行われている
- パッチ面積が大きい

種数が多い

在来草本植物、在来草原植物ともに

- 1980年代以降の農地利用
- 2014年の管理
- パッチ面積

が多く選択された

⇒種数の多い場所は『1980年代以降に農地になったことがない』『2014年に刈取りされている』

## 草原を未来に残すために

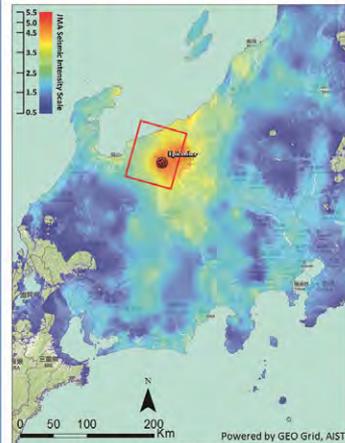
時代とともに草原を利用する動植物のハビタットが減少しているが、わずかながら残されている

- 草原の保全のためには 残存している草原を草刈りなどの管理を継続し、維持していくことが必要
- 草原の再生のためには 1980年代以降の農地利用の有無を考慮し、管理を行うことがより効率的

# ALOS-2画像を用いた長野県神城断層地震の被害把握

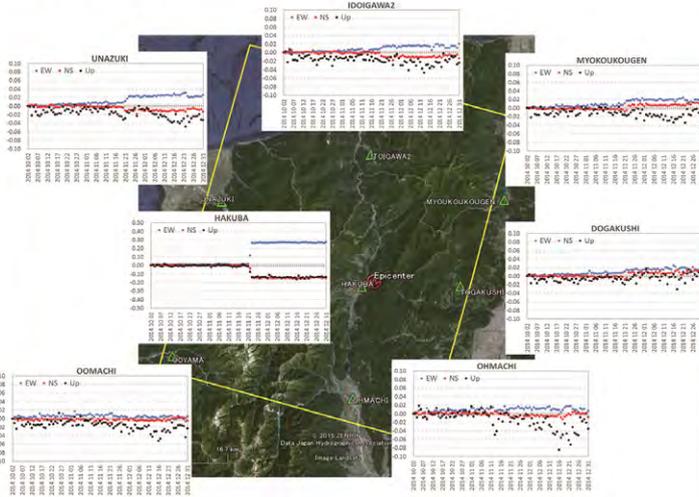
劉 ウェン, Luis Moya, 山崎 文雄  
千葉大学大学院 工学研究科

## 長野県神城断層地震



- 2014年11月22日22時08分(JST)に長野県の北部でMw 6.2の地震が発生した
- 震源位置: (USGS) 36.641°N, 137.887°E, 9.0km
- 長野県において、46名の負傷者や約1500棟の建物が一部損害以上の被害を受けた
- 現地調査で、1mほどの地表段差や液状化現象が報告された
- 国土地理院の電子基準点「白馬」で0.31mの水平変動(東南)と0.14mの沈下が観測された

2014年長野県神城断層地震の震度分布図  
(QuiQuake: <https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/index.html>)

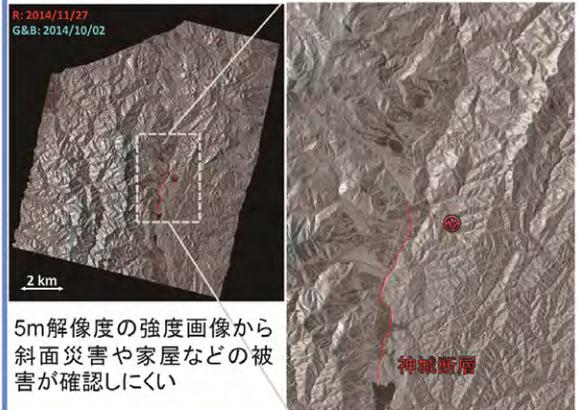


10月2日から12月31日までの期間における国土地理院電子基準点の記録 (基準: 10月2日)

## 画像データ

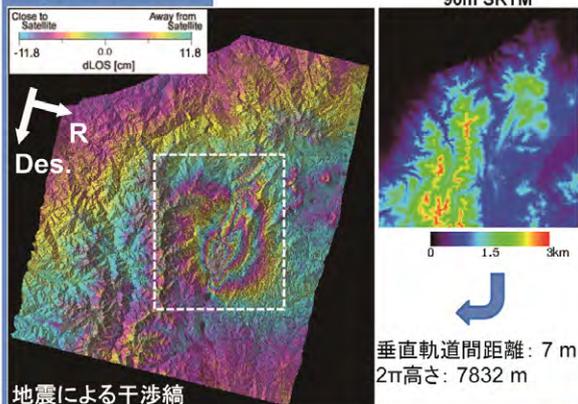
ALOS-2 (SLC)

- 観測モード: 高分解能 Strip map
- 地上解像度: 2.42m x 2.03m (R x A)
- 観測角: 36.18°
- 撮影軌道: 下降軌道 (195°)
- 観測方向: 左



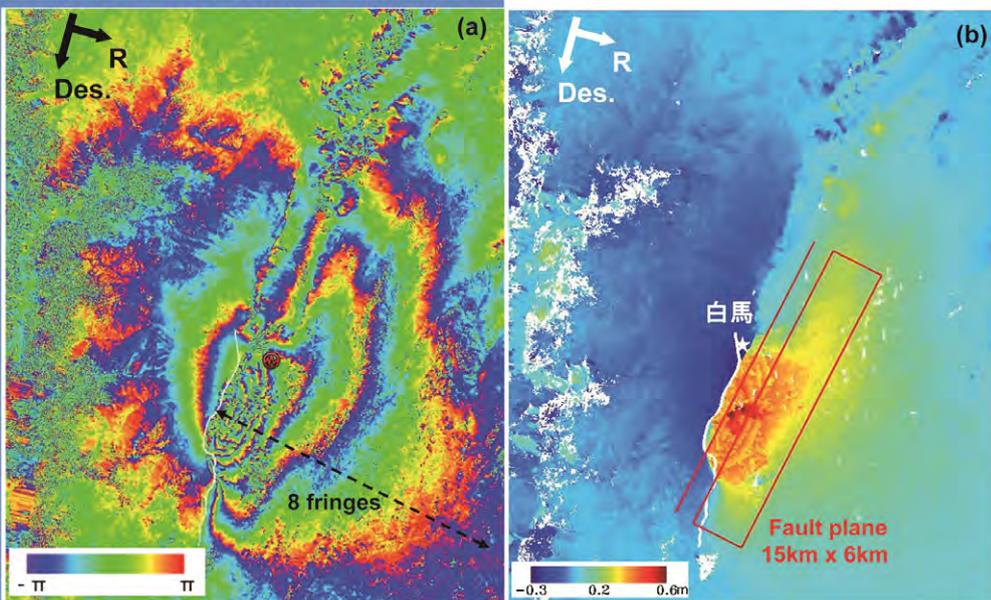
5m解像度の強度画像から斜面災害や家屋などの被害が確認しにくい

## 差分干渉処理



地震による干渉縞

## 地殻変動量の検出と断層モデルの推定



- (a) 軌道補正後の干渉縞  
(b) アンラップ処理で得られた観測方向における地殻変動量
- 断層の東側で最大0.64m衛星方向への変動/隆起, 西側で最大0.37mの遠ざかり/沈下が検出された
  - アンラップによる変動量が過小評価された
  - 白馬基準点の記録が0.4mの遠ざかりに対して, 検出結果が0.26mである

## CMT解を用いたモデル推定結果



Magnitude: 6.4  
Strike: 27°  
Rake: 49°  
Dip: 65°

# 森林域における効率の良い 現地調査手法の開発

加藤 顕<sup>1)</sup>, 梶原康司<sup>2)</sup>, 本多嘉明<sup>2)</sup>, Gomez Christopher<sup>3)</sup>  
建石隆太郎<sup>2)</sup>, ヨサファット テトオコスリスマンティヨ<sup>2)</sup>

- 1) 千葉大学 大学院 園芸学研究科  
2) 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター  
3) Department of Geography, University of Canterbury,  
New Zealand

## 背景と目的

### バイオマス及び炭素量算出方法

スギ林の例(35年生)

- ①幹の重量  
幹材積 × 314 (kg / m<sup>3</sup>)
- ②枝葉のバイオマス  
1.23 (拡大係数)
- ③地下部のバイオマス  
1.25 (拡大係数)
- ④炭素がバイオマスに  
占める割合 0.5

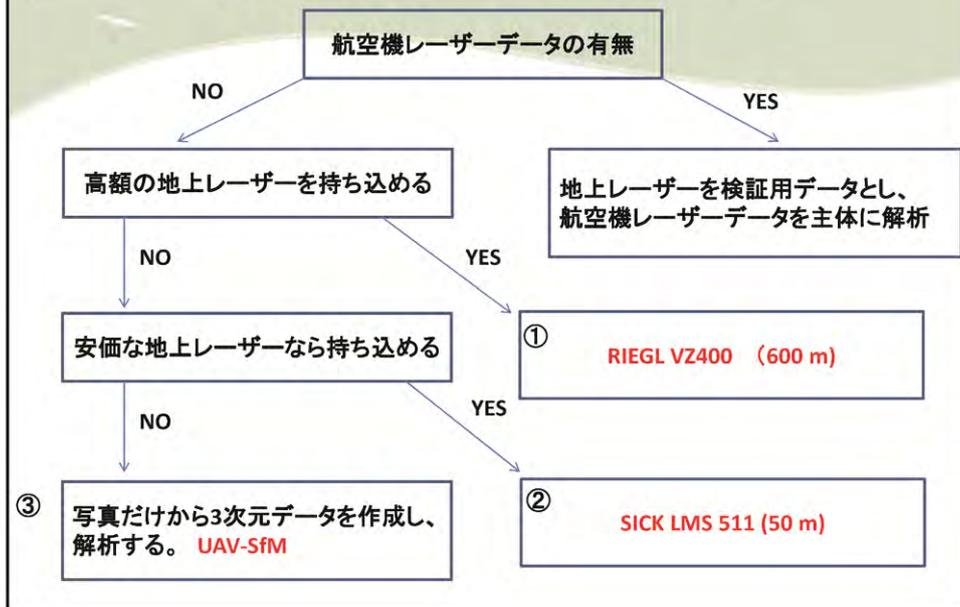
$$\text{①(m<sup>3</sup>/年) (トン/m<sup>3</sup>)} \times \text{②} \times \text{③} \times \text{④} \\ = \text{吸収量(炭素トン/年)}$$



新たな手法  
地上レーザーを用いた3次元解析⇒



研究対象地の位置づけ



## Terrestrial laser



Laser sensor	Riegl VZ-400
Laser wavelength	Near Infrared Red
Max range	600 m (360° x 100° )
Laser point density range	125,000 points/second (high speed mode) 42,000 points/second (long distance mode)



5

## レーザーセンサー

**Laser sensor**  
レーザー波長

**RIEGL VZ400**  
**1550 nm**

**mrاد**  
最大距離  
垂直角

**0.35 mrad**  
**600 m**  
**100° (+60° / -40° )**

**Laser sensor** **SICK LMS511**  
レーザー波長 **905 nm**

**mrاد** **4.7mrad**  
最大距離 **50 m**  
垂直角 **150° (+90° / -60° )**



千葉大学 環境リモートセンシングセンター  
梶原 康司、本多 嘉明により開発



# 地上レーザーによる樹木計測

## Step 1

DTM creation

## Step 2

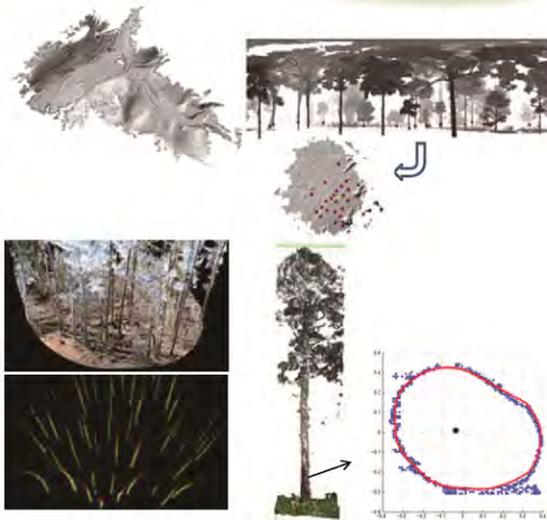
Stem Map creation

## Step 3

Data extraction

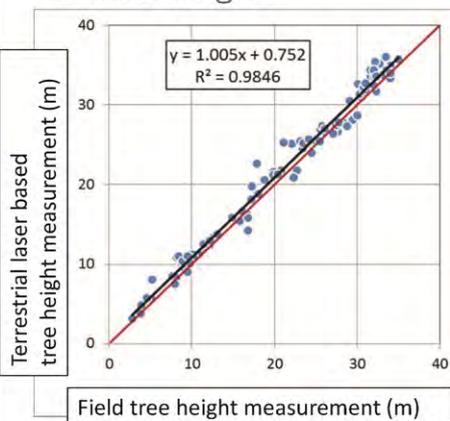
## Step 4

Measurement of DBH and tree height

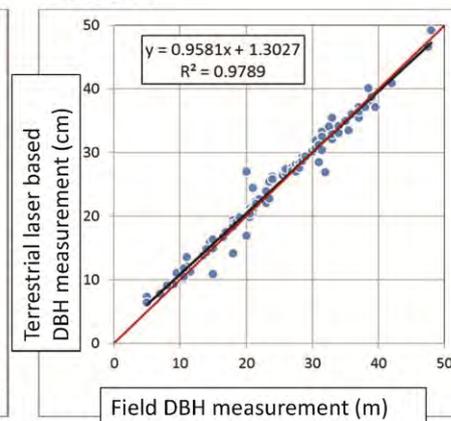


# 結果

## ▼Tree Height

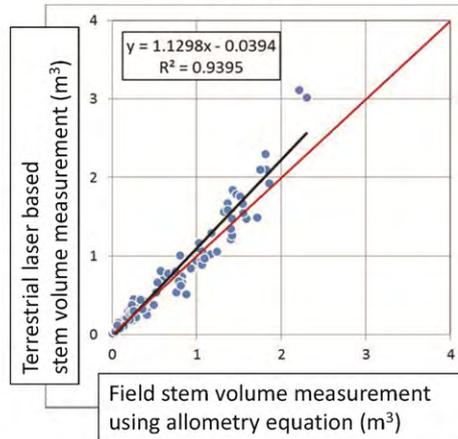


## ▼DBH

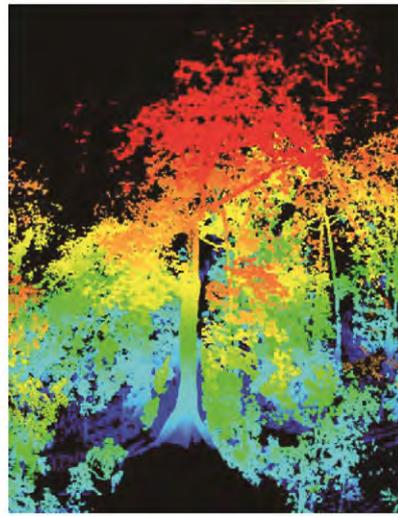


# 結果

## ▼ 幹材積



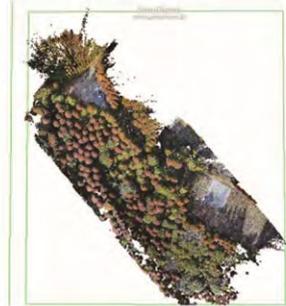
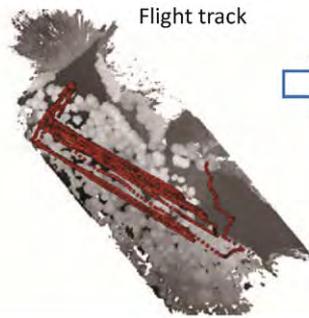
# SICKによる 熱帯林計測データ



# UAV-SfM (Structure from Motion)

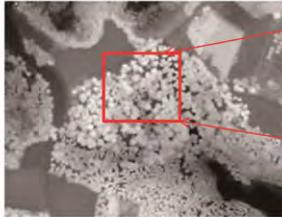


UAV:  
DJI Phantom 2

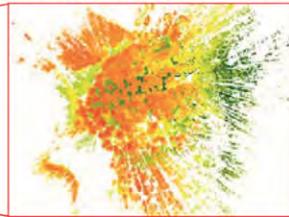


# データ融合

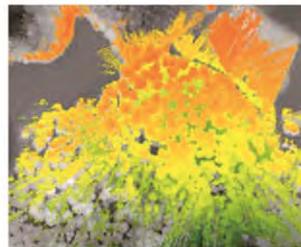
上空から取得した3次元データ (reference)

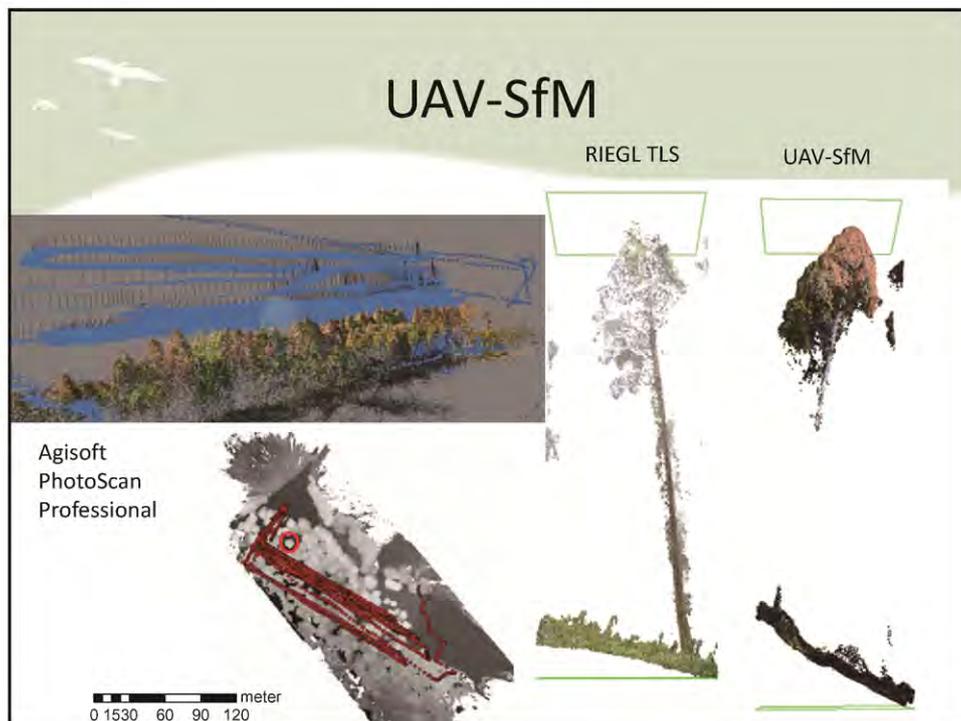


地上で取得した3次元データ(slave)



データ融合





## まとめ

- 3次元データの解析技術を完成できたことで、より正確にデータを解析できるようになった。
- どこにでも持ち運びできる安価な地上レーザーシステムで、世界のどの場所でも3次元データを取得できるようになった。
- データ融合技術により、地上レーザーを検証用として他の3次元データと比較できるようになった。
- サンプルングデザインによる影響から、地上レーザーを現場で使用する作業手順を作成し、3次元データの普及したい。

ご清聴感謝いたします。

**連絡先**

**加藤 顕, Ph.D.**  
千葉大学 園芸学研究科  
[akiran@faculty.chiba-u.jp](mailto:akiran@faculty.chiba-u.jp)

# 湿地再生の可能性評価に向けた 印旛沼低地排水路および休耕田における 水生生物の分布調査

富田和宏・西廣淳(東邦大・理)・近藤昭彦(千葉大・環境リモセン)



## 背景、目的

### 開発事業前の印旛沼



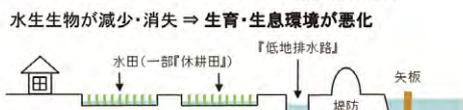
印旛沼 ⇒ 多様な在来水生植物、在来魚類が生育・生息  
周辺の水田 ⇒ 水生昆虫類や魚類の好適な生息環境



### 開発事業後の印旛沼



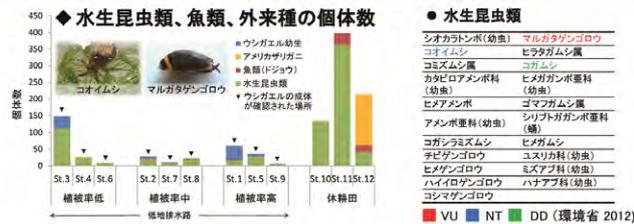
開発事業による大規模な干拓 湿地带や浅水帯の減少  
沼周辺の水田圃場整備 ⇒ 水系連結の喪失  
乾田化の進行



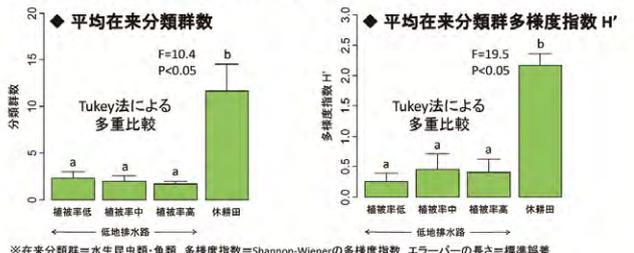
水生生物が減少・消失 ⇒ 生育・生息環境が悪化  
『低地排水路、休耕田』= 残存湿地?  
⇒ 水生生物の代替的なハビタットとして機能している可能性がある

水生昆虫類、魚類の分布とそれらの場所の環境条件の把握  
在来浮葉、浮遊、沈水植物の分布の把握  
自然再生の阻害要因となりうる外来種の分布の把握  
⇒ 保全・再生上の重要な場所の把握

## 水生昆虫類・魚類調査の結果



低地排水路 水生昆虫類・魚類: 1~3分類群 全地点でウシガエルを確認  
休耕田 アメリカザリガニが少ない場所 ⇒ 水生昆虫類・魚類: 14~15分類群  
アメリカザリガニが多い場所 ⇒ 水生昆虫類・魚類: 6分類群  
外来種が多い場所 ⇒ 水生昆虫類・魚類が少ない



分類群数・多様度指数 低地排水路<休耕田 植被率による差異なし

### モデル選択 (AIC基準、説明変数総当たり)

目的変数	在来分類群数	在来分類群多様度指数	
説明変数	ハビタットタイプ (植被率高、植被率低、休耕田)	ハビタットタイプ (植被率高、植被率低、休耕田)	
	アメリカザリガニの存在、ウシガエルの存在	アメリカザリガニの存在、ウシガエルの存在	
目的変数: 在来分類群数	分類群数・多様度指数に影響する効果	ハビタットタイプの違い、ウシガエルの存在、アメリカザリガニの存在、外来種による負の効果を示唆された	
目的変数: 在来分類群多様度指数			
ΔAIC	タイプ	アメリカザリガニの存在	ウシガエルの存在
0.00	○		
1.91	○	-0.09	
1.96	○		-0.12
0.00	○		
0.52	○		-0.29
1.99	○		-0.24

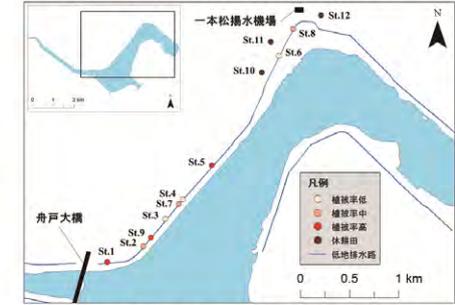
## まとめ

- ✓ 外来種の少ない休耕田・・・水生昆虫の生息地
- ✓ 低地排水路の一部・・・在来浮葉、浮遊、沈水植物の生育地
- ・ 外来種の存在 ⇒ 水生昆虫類・魚類の多様性が低下

## 方法

### (i) 水生昆虫類・魚類調査 (2014/7/7~7/24)

調査地: 低地排水路 (植被率で3タイプに分類)、休耕田



- ① 水深、水温、pH、DO、EC、TDS、ORP、NTUを測定
- ② 目視で水生植物を確認
- ③ 10分間タモ網で水生昆虫類、魚類を採集し、同定と計数

### (ii) 水生植物調査 (2014/9/9~10/17)

調査地: 西印旛沼低地排水路全域 (約16km)

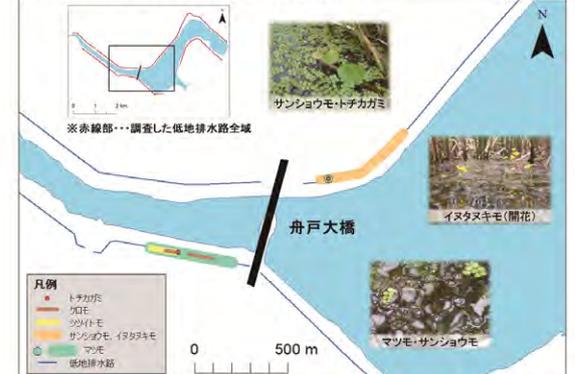
在来浮葉、浮遊、沈水植物の分布を詳細に地図に記録  
目視で確認できた抽水植物や外来水生植物も記録

## 水生植物調査の結果

在来浮葉、浮遊、沈水植物	浮葉植物	浮遊植物	沈水植物
浮葉植物	ヒシ		
浮遊植物	サンショウモ**、アオウキクサ類、コウキクサ類、ウキクサ、トチカガミ*、マツモ*、イヌタヌキモ**		
沈水植物	クロモ*、エビモ、ツツヤナギモ*、ツツイトモ***		

■ 絶滅危惧Ⅱ類 (VU) ■ 準絶滅危惧種 (NT) (環境省 2012)  
\*\*\* 絶滅危惧ⅠA類 (CR) \*\* 絶滅危惧ⅠB類 (EN) \* 絶滅危惧Ⅱ類 (VU) (千葉県 2009)

### 千葉県レッドデータブック掲載種の分布



在来浮葉、浮遊、沈水植物 ⇒ 舟戸大橋北東側・南西側に多い

### 外来水生植物

湿生・抽水植物	キシュウズメノヒエ、チクゴズメノヒエ、オオフサモ、ヒレタゴボウ、ナガエツルノゲイトウ、アメリカセンダングサ
浮遊植物	アイオアカウキクサ、ヒナウキクサ、チリウキクサ、ホテイアオイ
沈水植物	ハゴロモモ、オオカナダモ
特定外来種	ナガエツルノゲイトウ ⇒ ほぼ全域の水路で確認

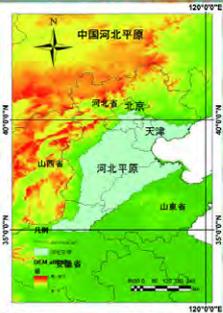


## 背景

現在、世界の水消費量の70%~80%は、灌漑用水によるものである。水循環プロセスに大きな影響を与える農業生産活動の影響の把握は重要な課題であるが、農業用水量を算出するためには、農事暦を知る必要がある(小槻ほか、2012)。河北平原一人当たりの水資源量は、中国一人当たりの水資源量と比べると15%と水資源に乏しい。そのため、河北平原の水管理は持続可能な農業の重要な課題となっている。そこで、水不足を解消するために、中国政府が進めていた南水北調において漢江から北京・天津を結ぶ中線が2014年に開通した。今後、配水計画を巡り、河北平原の農業に与える影響が現れると考えられる。そこで、**本研究では今後の農業の変化を明らかにするために、1982年以降の河北平原の主要農産物の農事暦と作付面積の経年変化を解析した結果を報告する。**

## 対象地域

河北平原は黄河の北側の河北省、山東省の平原部とする。対象地域は中国の重要な食糧産地である。



## データと手法

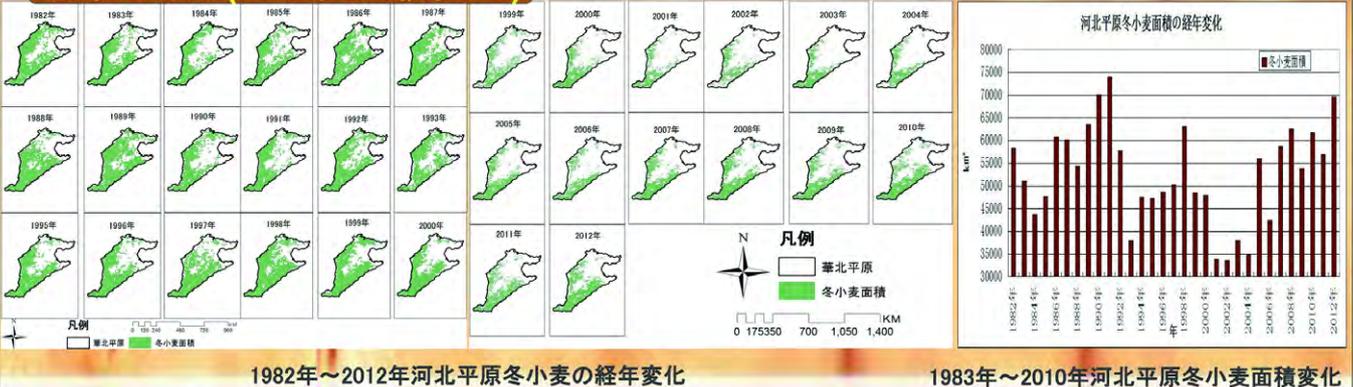
- **衛星データ**  
Pathfinder AVHRR Global 10 days composited land data (PAL 1982年~2000年)  
SPOT Vegetation(1998年~)
- **気象データ**  
河北平原各省(河北省、山東省、北京、天津)
- **DEMデータ**  
SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) 90m\*90m

野外調査によって、60点のトレーニングポイント地点を設定し、この情報を用いて河北平原における土地被覆ごとのNDVI値季節変化パターンを抽出した。その季節変化(フェノロジー)の特徴を利用して農事暦判断と冬小麦の面積を抽出した。

## 結果と考察(農事暦変化)



## 結果と考察(冬小麦面積変化)



## まとめ

河北平原は中国の重要な食糧生産地であり、その水不足の問題は世界でも注目されている。本研究では、衛星リモートセンシングにより河北平原の農事暦の変化を明らかにした。河北平原において冬小麦の播種時期と収穫時期が遅れることは、自然要因と人為要因の両方があると思われる。自然要因では地球温暖化の影響が考えられる。河北省の秋の平均気温が上昇した、冬小麦の播種期が遅れる原因の一つである。また、春の平均気温が上昇した、一方、降水量は変わってないため、河北平均の水不足問題はより深刻化し、植物生育に影響を及ぼした。人為原因では冬小麦の品種改良がある。その結果寒さ強い品種が作られた。

水不足等の影響による河北平原の冬小麦面積の減少は報告されているが(許文波 2007)、本研究では、2つの衛星データを用いて、冬小麦の生育パターンに基づき、長期間(30年)の河北平原における冬小麦面積を抽出した。90年代以降、中国急激な経済成長し、都市化が進み、一方、深刻な水不足の影響で、冬小麦の面積は減少する傾向が見られた。南水北調配水計画を巡り、河北平原の農業に与える影響は引き続き観測が必要である。

# 一般研究

# 衛星画像処理用大気パラメータ計算のための放射伝達モデルの比較

○飯倉善和(弘前大学理工学研究科)・眞子直弘・久世宏明(千葉大学CEReS)

## 1. はじめに

研究背景:

6Sを利用した地表面分光反射率推定(同時推定法)

研究目的:

MODTRAN(RSTAR)を利用した同時推定の可能性

\* 地表面分光反射率  $\rho$  の推定

$$\text{平坦な地形(6Sに基づく)} \quad \rho = \frac{\pi(L_p - L_b - L_h)}{T_s(E_o T_\theta \cos \theta + E_d + E_e)}$$

$$\text{起伏(地形パラメータ必要)} \quad \rho = \frac{\pi(L_s - L_p - L_b)}{T_s(E_o T_\theta \cos \theta + E_d + E_e + E_t)}$$

実験条件

大気モデル: 中緯度夏  
エアロゾル: 海洋性(視程23km)  
太陽天頂角: 60度  
観測日: 6月30日  
波長: 0.3~1.5  $\mu\text{m}$  (0.005  $\mu\text{m}$  刻み)  
地表面反射率: 0, 0.1, 0.2, 0.3と変化

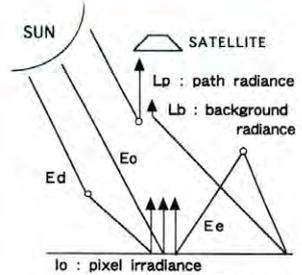


図1 衛星画像の物理モデル

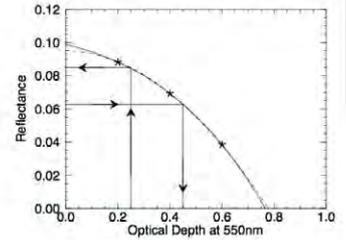


図3 推定と逆推定

## 2. 同時推定法とは

分類クラスごとの反射率の推定

大気がなければ同じに見える画像  
中間赤外バンド、植生図、陰影図

補正パラメータを関数近似

光学的厚さ、標高、周辺反射率

分光反射率と光学的厚さの関係

画像ごとに繰り返し推定して利用



図2 処理の流れ

## 3. 6Sによる計算

大気上端の太陽照度:  $E_o$  直達日射照度:  $E_o T_\theta \cos \theta$

地表面輝度:  $L_{pix}$

パスラディアンズ:  $L_p$

背景放射度:  $L_b(\rho, S)$

天空放射率:  $S$

天空放射照度:  $E_d$

環境放射照度:  $E_e(\rho)$

透過率:  $T_s$  and  $T_\theta$

大気:  $e^{-\tau_r}$

エアロゾル:  $e^{-\tau_a}$

微量気体:  $T_e$

## 4. Modtranによる計算

放射照度 (IEMSCT=3) \* 単散乱のみ

大気上端の太陽照度:  $E_o$

透過率  $T$

大気+微量気体  $e^{-\tau_r} T_e$

エアロゾル  $e^{-\tau_a}$

直達日射照度:  $E_s$

放射輝度 (IEMSCT=2)

多重散乱輝度(単散乱):  $L_{pm}(L_{ps})$

地表反射輝度(直達):  $L_{grd}(L_{dir})$

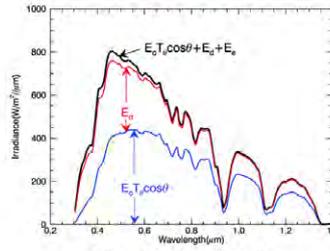


図4 放射照度(6S)

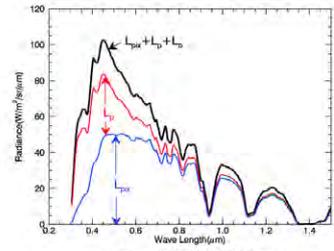


図5 放射輝度(6S)

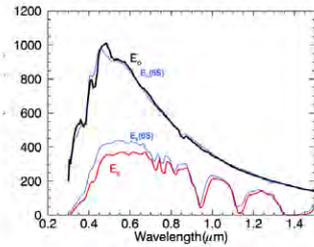


図6 放射照度 (Modtran)

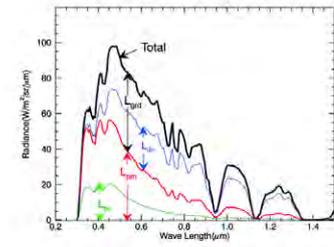


図7 放射輝度 (Modtran)

## 5. パラメータの推定と比較

放射照度 (IEMSCT=3) から推定

エアロゾルなし:  $T_s$   $T_s = T_e e^{-\tau_a}$

エアロゾルあり:  $T_s$   $\tau_a = -\log^{-1}(T_s/T_{s0})$

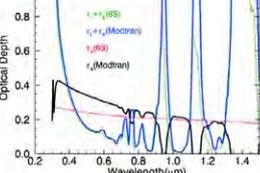


図8 光学的厚さ

放射輝度 (IEMSCT=2) から推定

$$E_{grn} = \pi L_{grn} / T_s / \rho$$

$$E_{dir} = \pi L_{dir} / T_s / \rho$$

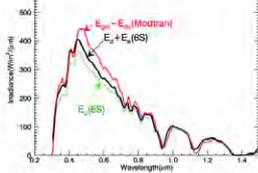


図10 輝度から照度の推定

2つの反射率  $\rho$  を利用

$$\rho=0.0: L_p = L_{pm0}$$

$$\rho=0.3: L_b = L_{pm} - L_{pm0}$$

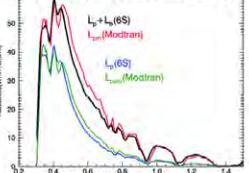


図9  $L_p$  と  $L_b$  の推定

複数の反射率  $\rho$  を利用

$$E_d + E_e = E_{grn} - E_{dir}$$

$$E_e = E_s \rho S (T_\theta + \tau_{at}) \sim \rho$$

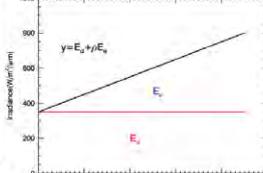


図11  $E_d$  と  $E_e$  の推定法

$$L_b = (1 + \rho S) \rho \tau_{at} / (\pi \cos \theta) \sim (1 + \rho S) \rho$$

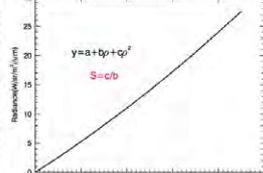


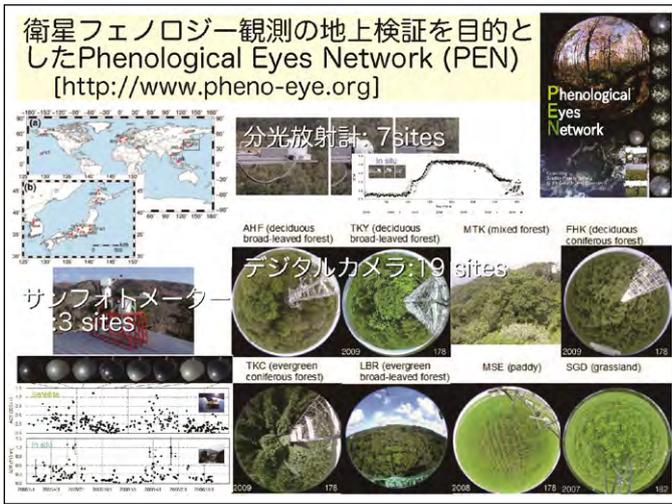
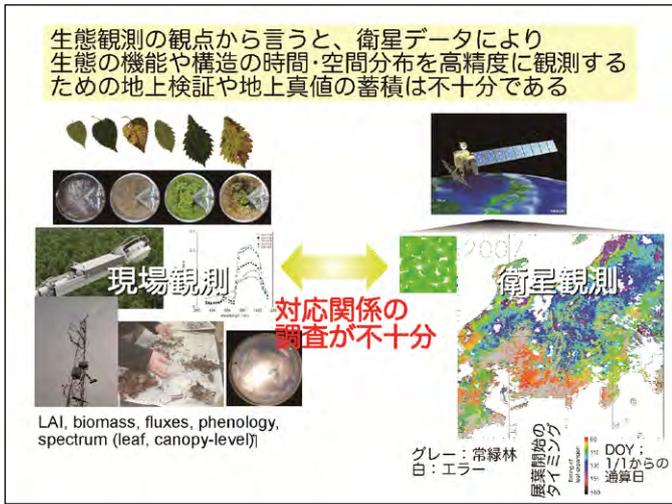
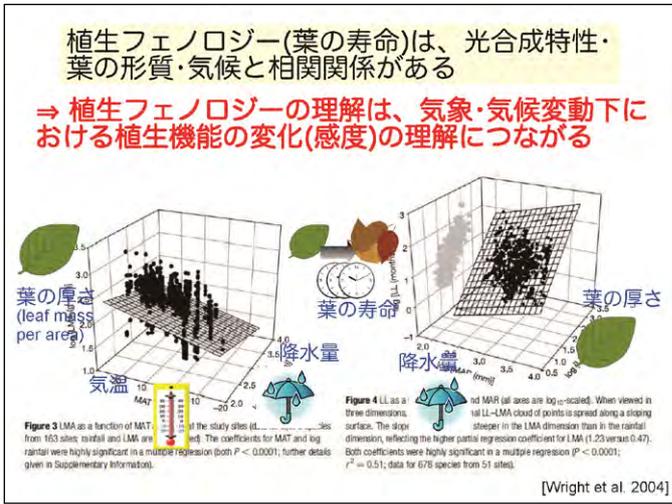
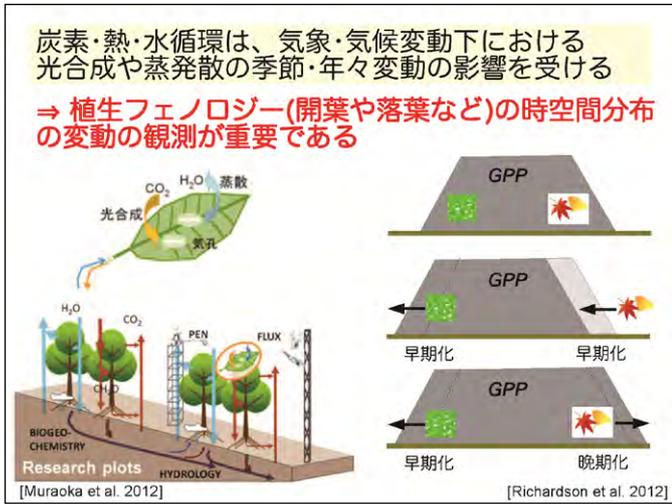
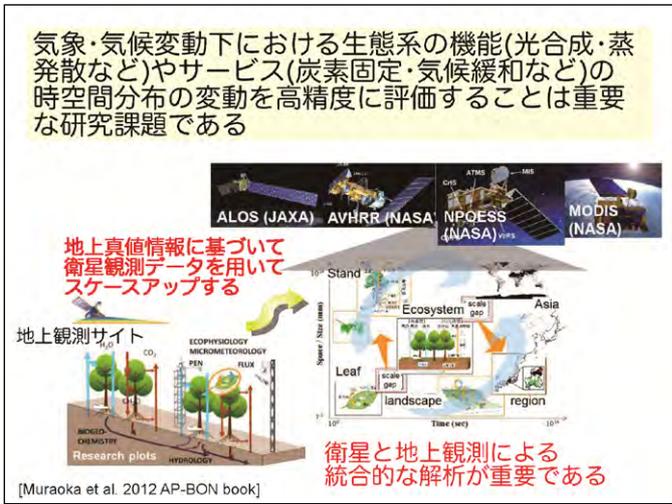
図12  $S$  の推定法

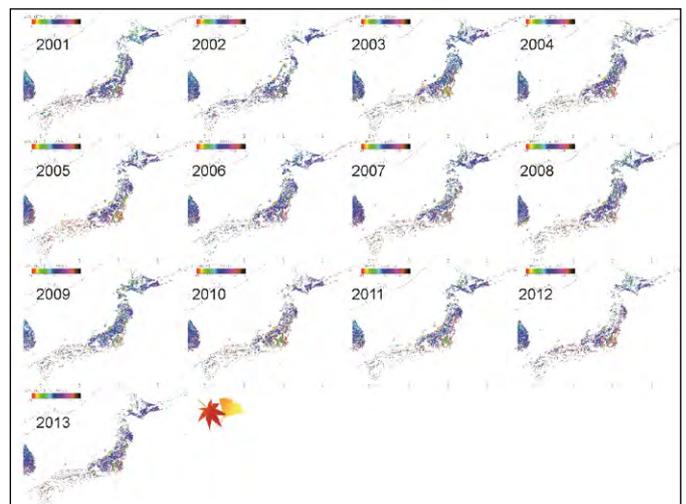
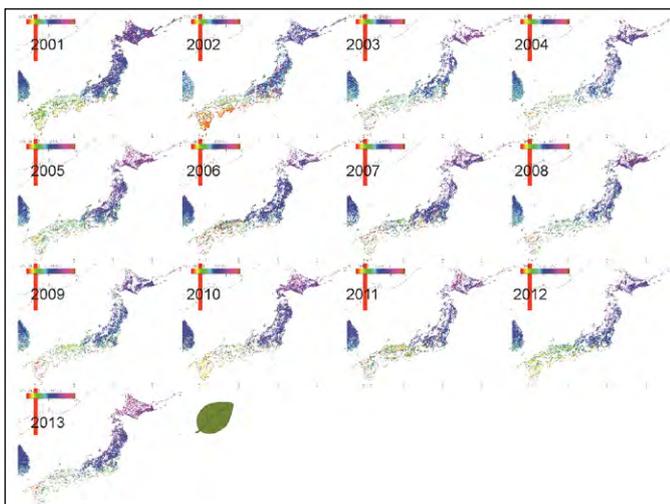
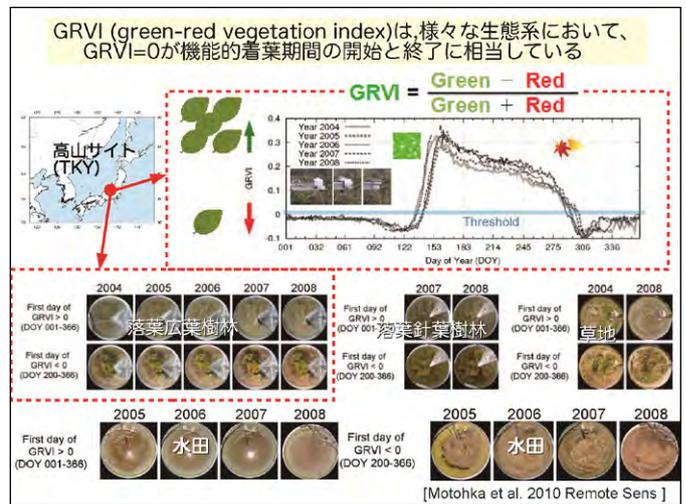
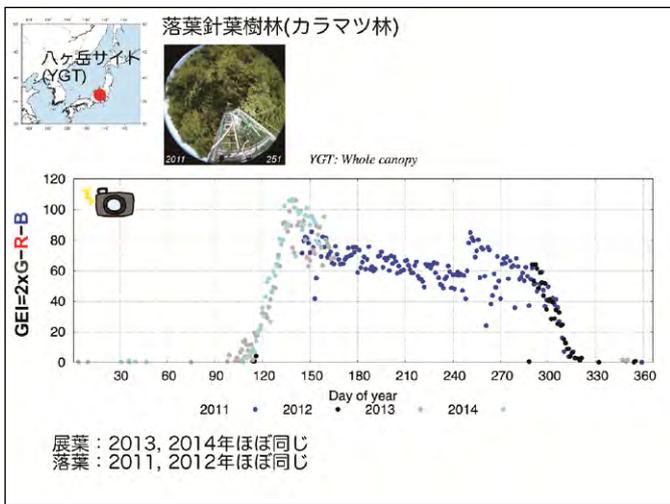
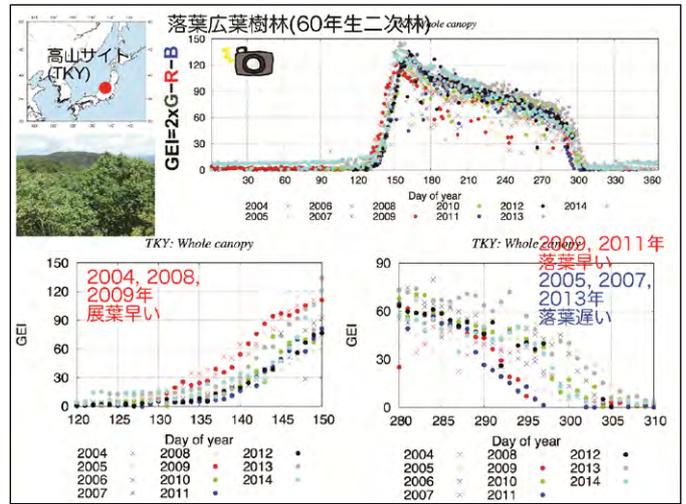
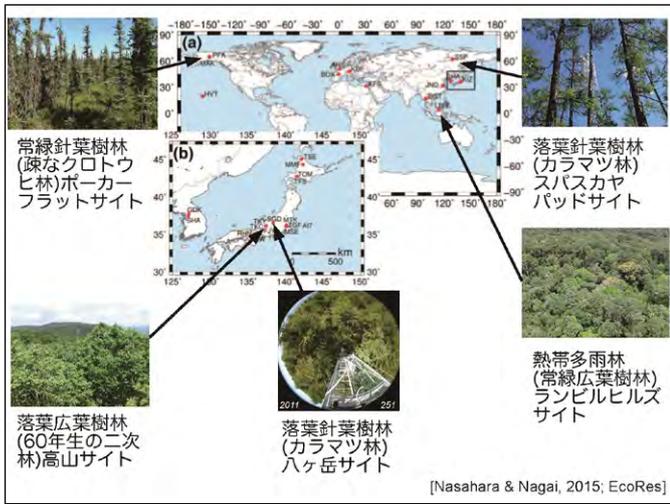
## 6. おわりに

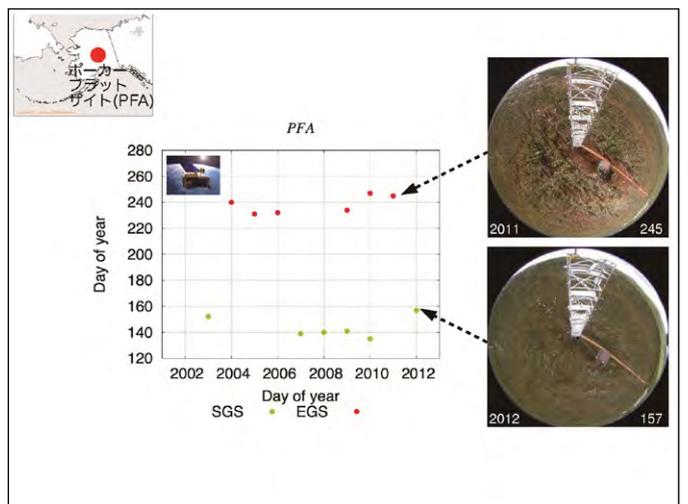
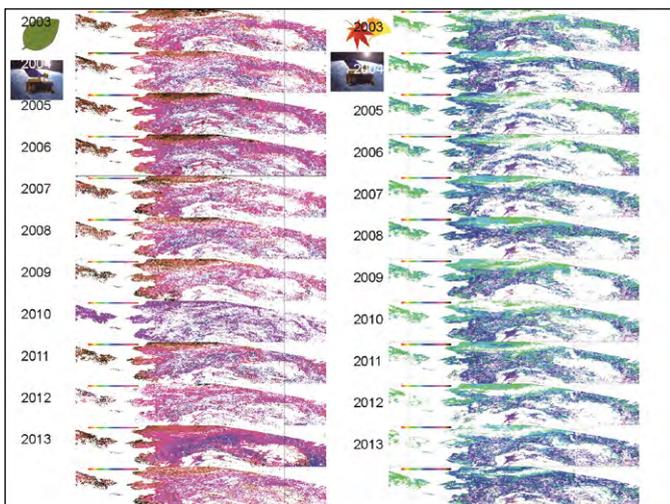
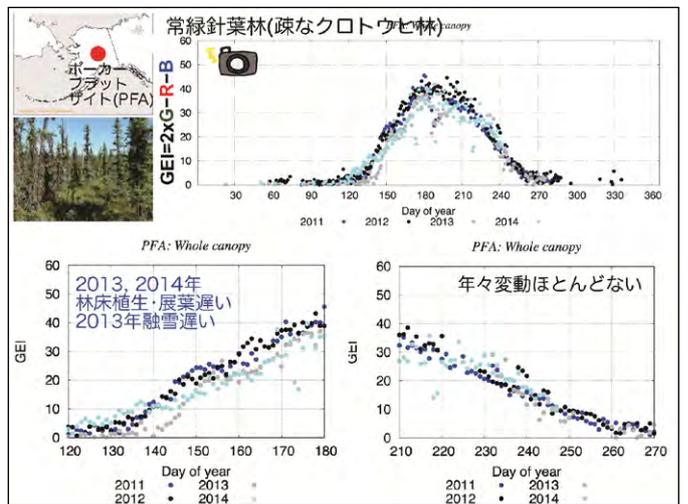
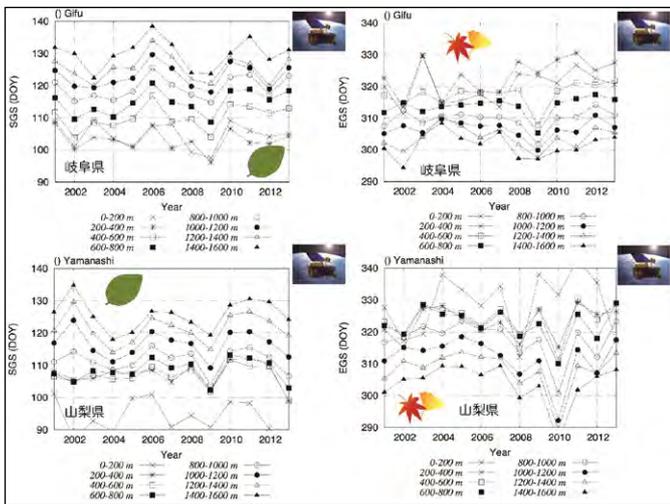
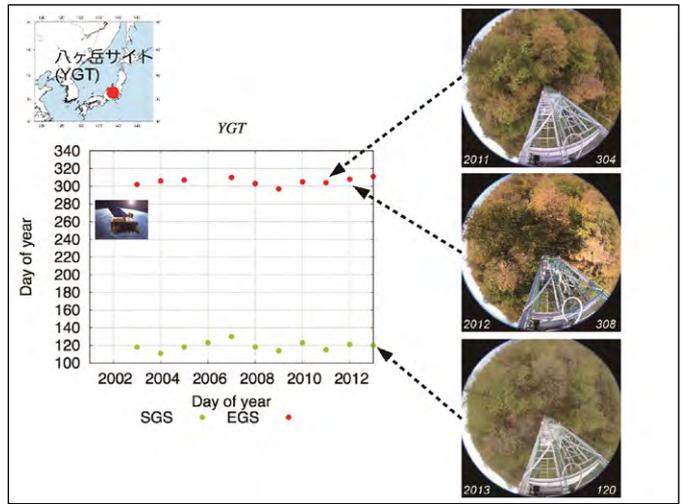
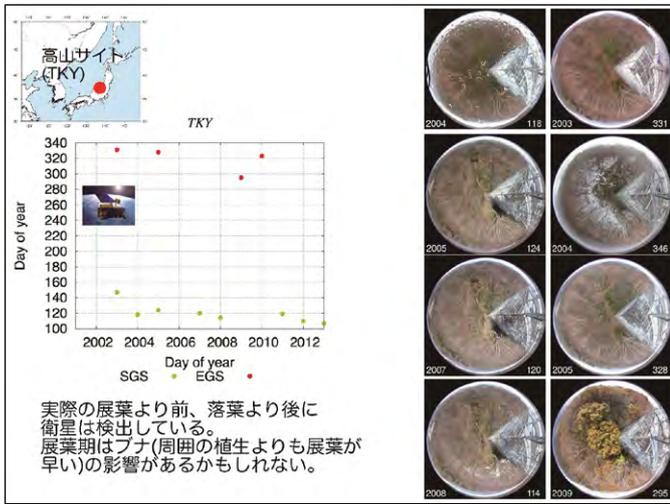
- Modtranの計算結果から衛星画像補正に必要な補正パラメータの推定を行う方法を検討した。
- これを実画像に適用して補正の可能性を検討したい。
- RSTARについても同様に補正パラメータが推定できるかどうか検討したい。

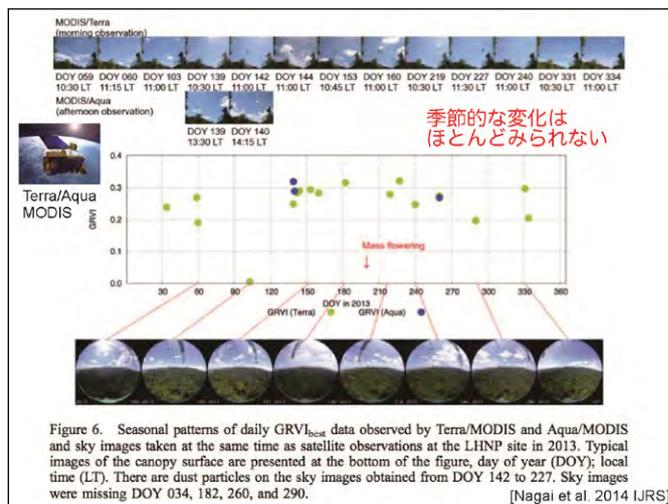
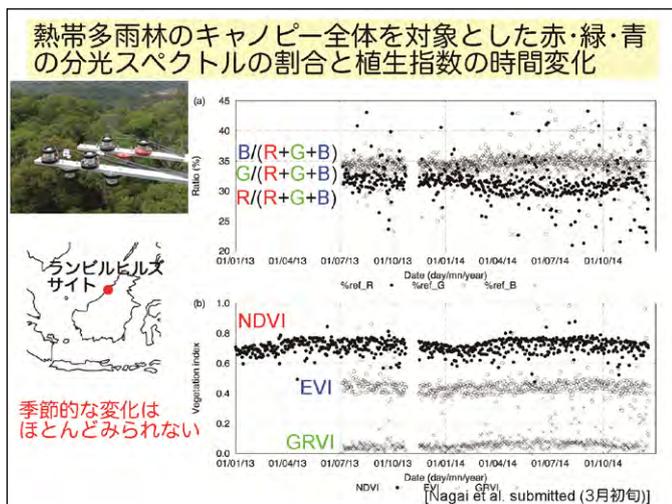
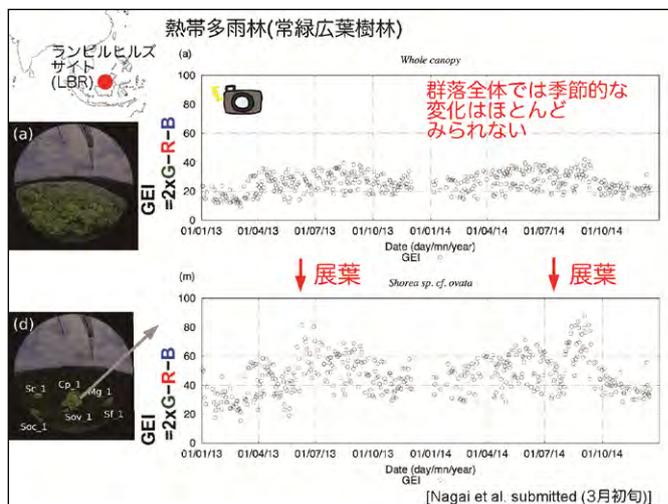
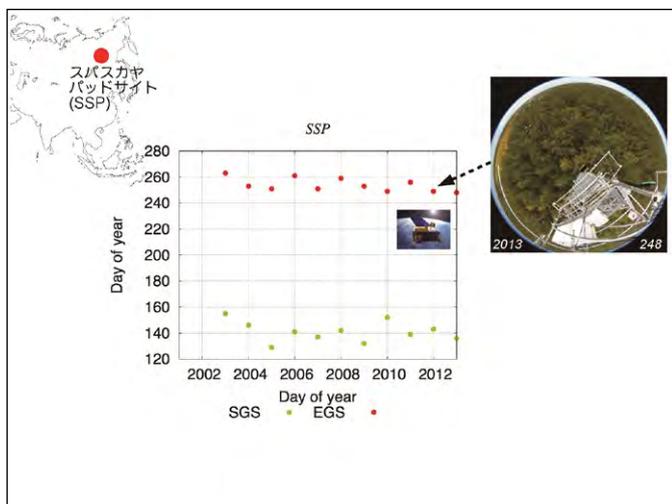
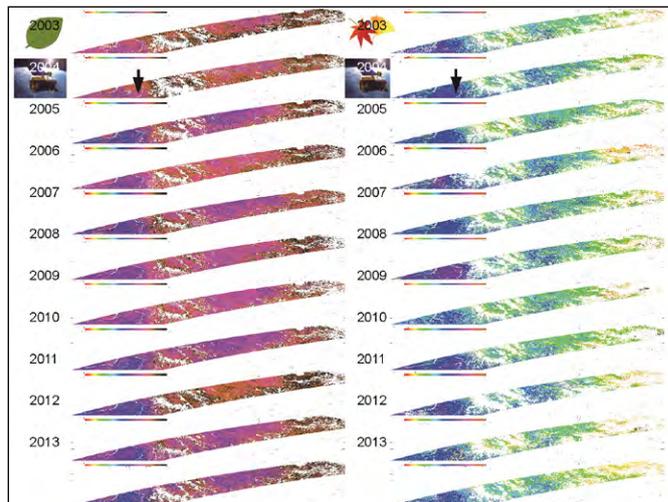
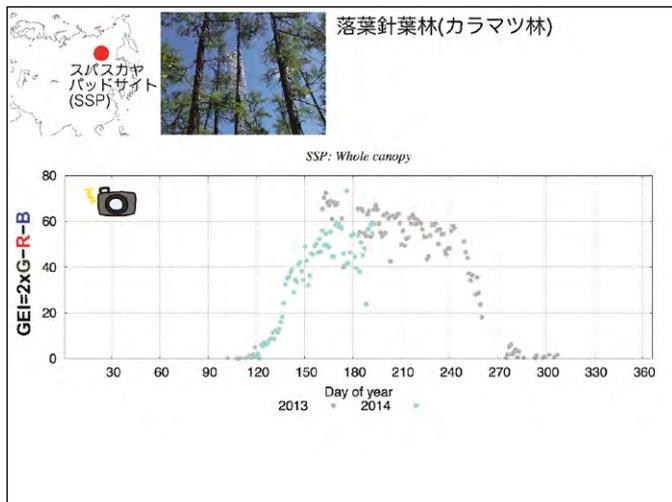
参考文献

1. 飯倉善和, 齊藤玄敏, 丹波澄雄: 放射照度の空間的な変動を考慮した衛星画像の地形効果補正, 日本リモートセンシング学会誌, 23-4, 386/392, 2003
2. 飯倉善和: 衛星画像処理のための地形パラメータデータベースの構築, 日本リモートセンシング学会第56会学術講演会論文集, 2014
3. 飯倉善和, 木村一星: 衛星画像を用いた分光反射率と光学的厚さの同時推定, 計測自動制御学会東北支部 第289回研究会, 2014.6.2
4. 飯倉善和: ポインティング角を有する衛星画像のための効率的な大気パラメータ計算, 日本リモートセンシング学会第57回学術講演会論文集, 2014
5. E. Vermote et al.: 6S Manual Part 1, 6S User Guide Version 3, November 2006
6. A. Berk et al.: Modtran4 USER'S MANUAL, February 2003
7. T. Nakajima and M. Tanaka: Matrix formulation for the transfer of solar radiation in a plane-parallel scattering atmosphere, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 3(1), 1986
8. CEReS: 衛星データにおける大気補正と大気観測, 研究報告集第4号, 2000





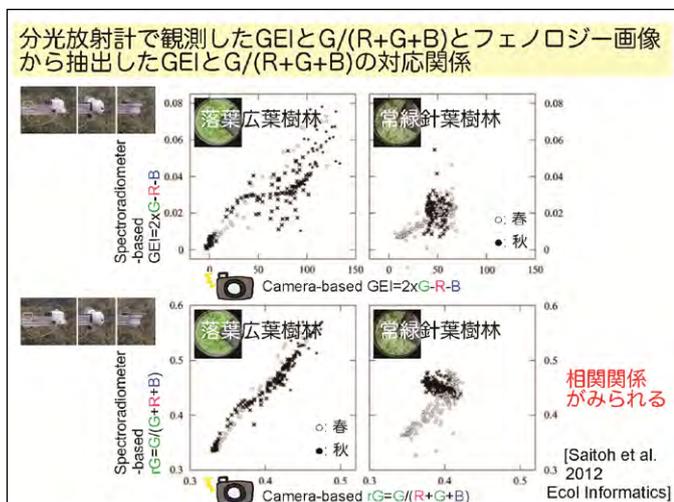
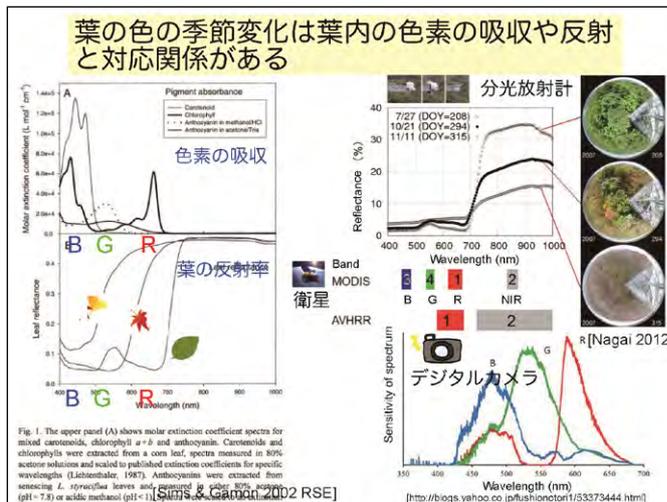




ご清聴どうもありがとうございました！  
ご支援頂いたみなさま：

- University of Zurich
- NEON (PhenoCam)
- HyARC, Nagoya University
- KAKENHI (JSPS)
- Hawaii University
- Environment Research and Technology Development Fund (S-9) of the Ministry of the Environment
- Environment of Japan Global Environment Research Fund (S-1) of the Ministry of Environment of Japan
- Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) 21st Century COE Program (Satellite Ecology, Gifu University)
- JSPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program
- Global Change Observation Mission (GCOM; PM102) of the JAXA
- JAMSTEC-IARC collaboration (JICC project)
- JSPS Funding Program for Next Generation World-Leading Researchers (NEXT Program)
- CERES, Chiba University
- UK-Japan collaboration (UK embassy)
- and all PEN members.

Phenological Eyes Network (PEN)  
Ground-based Measurement for Remote Sensing Studies





概要

本研究は、マイクロ波放射計によって捉えることが難しい陸上の青の低い降水システムを、可視・赤外放射計データから正確に判別された雲域データを組み合わせることで推定精度の向上を目指す。衛星搭載可視・赤外放射計およびマイクロ波放射計による観測データから、降水を伴う雲システムを判別する手法を開発し、衛星降水マップの精度向上を試みる。熱帯降雨観測 (TRMM) 衛星に搭載された降雨レーダ (PR) と可視・赤外放射計 (VIRS) を用いて、観測範囲全域で適用可能な降水を伴う雲域推定分布 (ポテンシャルマップ, PM) を作成する。陸上の青の低い降水システムは上空の水粒子による散乱シグナルが弱く、降雨判定・推定が難しいため、雲域では降雨の判定基準となる閾値を変更して降雨と判定しやすくするなど、マイクロ波放射計から降水量を推定する GSMaP (Global Satellite Mapping of Precipitation) アルゴリズムの中で、雲域データから降水判定精度を向上させる手法を構築する。ポテンシャルマップの誤差情報を GSMaP アルゴリズムに導入する方法についても検討する。これらの手法導入後の降水マップを作成し、TRMM 搭載降雨レーダ (PR) を用いて降雨判定・推定精度を検証する。改善が見られれば、この手法を他の衛星搭載可視・赤外放射計およびマイクロ波放射計 (AQUA 衛星搭載 MODIS と AMSR-E、静止気象衛星と SSM/I など) に拡張する。

GSMaP 地形性降雨判定手法の概要

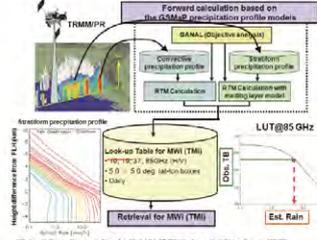


図 1 GSMaP マイクロ波放射計降雨推定アルゴリズムの概要

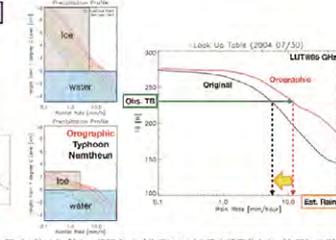


図 2 (左上) 従来の降雨タイプ分類に基づく降水観測分布と (左下) 地形性降雨事例の降水観測分布 (右) これらの降水観測分布を用いた降水強度と 85GHz の観測修正温度 (PCT) のルックアップテーブル

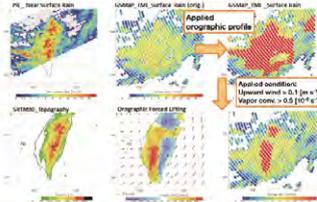


図 3 平成 21 年台風 8 号事件 (Typhoon Morakot, 2009 年 8 月 8 日) に地形性降雨推定手法の適用状況。ただし、適用条件は Tenguishi et al. (2013) のもの

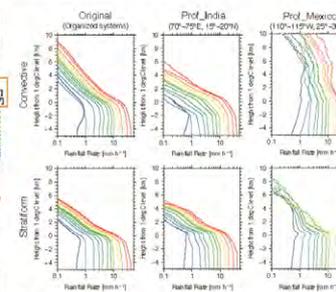


図 4 (左) 従来の降雨タイプ分類 (中) インド亜大陸西海岸 (15°~20°N, 70°~75°E), (右) メキシコ西海岸 (25°~30°N, 110°~115°W) にあがる (上) 対流性降水および (下) 層状性降雨の鉛直降水プロファイル

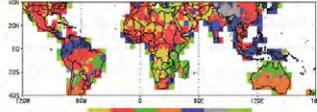


図 5 降水型 (2-8 月) における降雨タイプ分類の分布 1. Severe thunderstorm, 2. Afternoon shower, 3. Shallow rain, 4. Extratropical frontal systems, 5. Organized systems, and 6. Highland rain

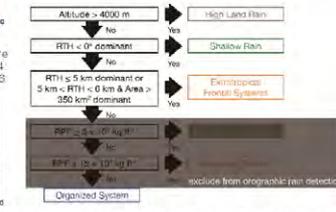


図 7 降雨タイプ分類の順序。地形性降雨判別では高い降雨 / 発達性となる地域は除外する



図 6 (灰色) 夏季 (6-8 月) における地形性降雨推定手法の適用域。図 5 のうち "severe thunderstorm" と "afternoon shower" が除外されている

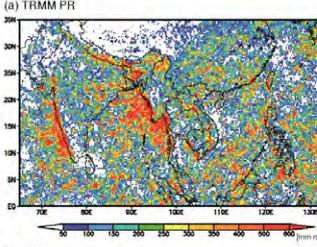


図 8 2007 年 6-8 月の (a) TRMM PR 地上付近平均降水量と (b-d) TMI データから推定した平均降水量との差。ただし、(b) GPROF、(c) 地形性降雨判定手法を適用しない、(d) 地形性降雨判定手法を適用した GSMaP アルゴリズム

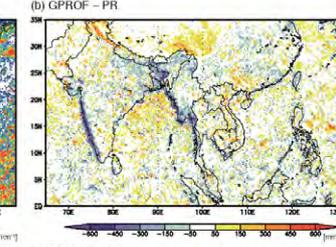


図 9 2007 年 6-8 月の (a) TRMM PR 地上付近平均降水量と (b-d) TMI データから推定した平均降水量との差。ただし、(b) GPROF、(c) 地形性降雨判定手法を適用しない、(d) 地形性降雨判定手法を適用した GSMaP アルゴリズム

地形性上昇流に伴う雲雨の中には、十分な固体降水を伴わずに雨が形成される場合がある。この場合、高周波数 (85 GHz) 帯のマイクロ波の散乱シグナルが弱く降水量を過小評価していた。2014 年 9 月に更新された衛星搭載マイクロ波放射計降水強度推定アルゴリズム GSMaP では、地形性上昇流域に対して 1) 新たな鉛直降水プロファイルを採用、2) 固体降水密度の変更、3) 雷活動域の考慮、4) 降雨強度補正方法の変更、を伴う地形性降雨推定手法を全観測域に適用した。

Yamamoto, M. K. and S. Shige (2014): Implementation of an orographic/nonorographic rainfall classification scheme in the GSMaP algorithm for microwave radiometers. Atmos. Res. (in print) <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.07.024>

使用データ

- TRMM PR 地上付近降水量
- TRMM TMI 21 GHz および 85 GHz 輝度温度
- TRMM VIRS 放射輝度、アルベド、輝度温度 (観測波長帯: 0.6, 1.6, 3.75, 10.8, 12 μm)
- GSMaP TMI version 6 地上降水量

RNC method

SI = TB85V\_e - TB85V\_obs > k\_0 \* sigma
TB85V\_e = a + b \* TB21V\_e
a, b, sigma は PR で観測された無降水域に対する TMI の輝度温度を用い、月別に算出される。k\_0 は全球で一定 (=3.5) としている。

インド亜大陸西海岸降雨イベント (2007 年 7 月 1 日)

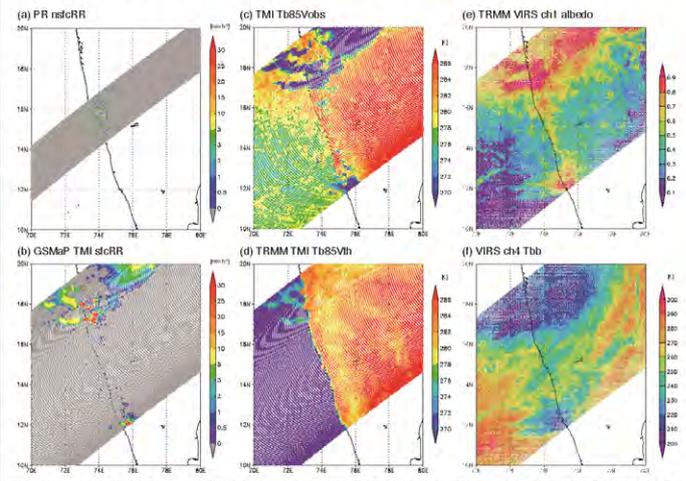


図 9 インド亜大陸西海岸の降雨イベント (2007 年 7 月 1 日 04:44 UTC, 軌道番号 54836) (a) PR 地上付近降水量、(b) GSMaP TMI 地上降水量、(c) TMI 85GHz V 偏波輝度温度、(d) GSMaP アルゴリズム降雨判定手法で用いられる 85GHz V 偏波輝度温度の閾値、(e) VIRS ch1 アルベド、(f) VIRS ch4 輝度温度の分布

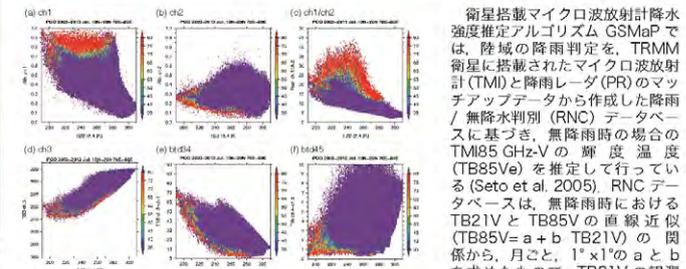


図 10 2003-2013 年 7 月について解析対象領域 (10°~20°N, 70°~50°E) 経緯における ch4 輝度温度 (輝度) と (a) ch1, (b) ch2, (c) ch3, (d) ch3, (e) bt3d34, (f) bt3d45 (縦軸) に対する TRMM PR 地上付近降雨量ありの出現確率分布

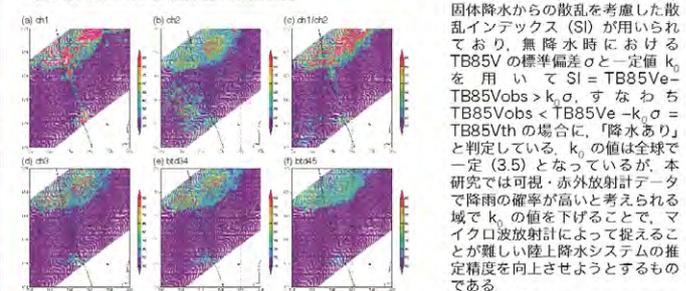


図 11 図 10 に同じ。ただし解析対象事例における出現確率分布

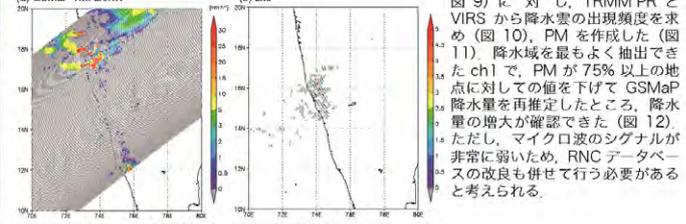


図 12 図 9 と同じ。ただし (a) VIRS ch1 の降水ありの出現確率が 0.75 以上に對して z0 を 2.0 に変更した場合の GSMaP TMI 降水量、(b) PR 降水に対して TMI Tb85V\_obs と Tb85V\_th から求めた z0 の分布

衛星搭載マイクロ波放射計降水強度推定アルゴリズム GSMaP では、陸域の降雨判定を、TRMM 衛星に搭載されたマイクロ波放射計 (TMI) と降雨レーダ (PR) のマッチアップデータから作成した降雨 / 無降水判別 (RNC) データベースに基づき、無降水時の場合の TMI85 GHz-V の輝度温度 (TB85V\_e) を推定して行っている (Seto et al. 2005). RNC データベースは、無降水時における TB21V と TB85V の直線近似 (TB85V\_e = a + b \* TB21V) の関係から、月ごと、1° x 1° の a と b を求めたもので、TB21V の観測値 (TB21V\_obs) を代入することで TB85V\_e を推定する。また、固体降水からの散乱を考慮した散乱インデックス (SI) が用いられており、無降水時における TB85V の標準偏差 sigma と一定値 k\_0 を用いて SI = TB85V\_e - TB85V\_obs > k\_0 \* sigma、すなわち TB85V\_obs < TB85V\_e - k\_0 \* sigma = TB85V\_th の場合に、「降水あり」と判定している。k\_0 の値は全球で一定 (3.5) となっているが、本研究では可視・赤外放射計データで降雨の確率が高いと考えられる域で k\_0 の値を下げることで、マイクロ波放射計によって捉えることが難しい陸上降水システムの推定精度を向上させようとするものである。

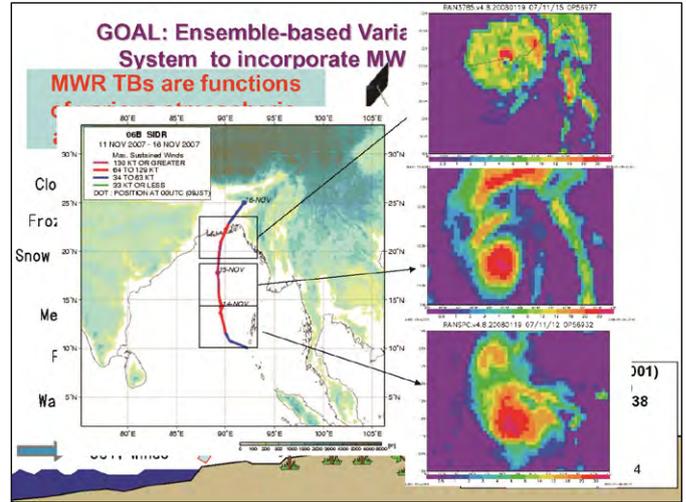
GSMaP TMI で降水推定ができなかった事例 (2007 年 7 月 1 日、図 9) に対し、TRMM PR と VIRS から降水雲の出現頻度を求め (図 10)、PM を作成した (図 11)。降水域を最もよく抽出できた ch1 で、PM が 75% 以上の地点に対しての値を下げて GSMaP 降水量を再推定したところ、降水雲の増大が確認できた (図 12)。ただし、マイクロ波のシグナルが非常に弱いため、RNC データベースの改良も併せて行う必要があると考えられる。

多波長マイクロ波放射計データを用いた  
水物質リトリーバルの研究:



Ensembleを用いた変分同化システム  
の開発

青梨和正(気象研)  
担当教官 樋口 篤志



Ensemble-based Variational Assimilation

$$J_x = 1/2(\bar{X} - \bar{X}_f)P_f^{-1}(\bar{X} - \bar{X}_f) + 1/2(Y - H(\bar{X}))R^{-1}(Y - H(\bar{X}))$$

Calculation of analysis of Ensemble mean

Calculation of analysis of error cov. and Ensemble member.

$$P_e^f \approx \frac{\delta X_n^f (\delta X_n^f)^T}{N-1}$$

Ensemble forecasts

Mean of Ensemble forecasts

T=t0

T=t1

T=t2

EnVA: min. cost function in the Ensemble forecast error subspace

- Minimize the cost function with non-linear Obs. term.

$$J_x = 1/2(\bar{X} - \bar{X}_f)P_f^{-1}(\bar{X} - \bar{X}_f) + 1/2(Y - H(\bar{X}))R^{-1}(Y - H(\bar{X}))$$

- Assume the analysis error belongs to the Ensemble forecast error subspace (Lorenz, 2003):

$$\bar{X} - \bar{X}_f = P_e^{f/2} \circ \Omega \quad \Omega = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_N]$$

$$P_e^{f/2} = [\bar{X}_1^f - \bar{X}_1^f, \bar{X}_2^f - \bar{X}_2^f, \dots, \bar{X}_N^f - \bar{X}_N^f]$$

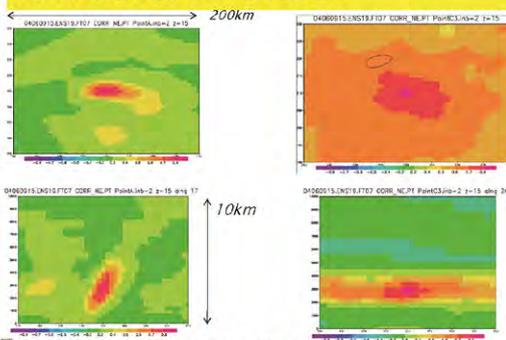
- Forecast error covariance is determined by localization  $P^f = P_e^f \circ S$

- Cost function in the Ensemble forecast error subspace:

$$J(\Omega) = 1/2 \text{trace}\{\Omega^T S^{-1} \Omega\} + 1/2 \{H(\bar{X}(\Omega)) - Y\}^T R^{-1} \{H(\bar{X}(\Omega)) - Y\}$$

Why Ensemble-based method?:

To estimate the flow-dependency of the error covariance



Ensemble forecast error cov. of PT (04/6/9/22 UTC)

Why Variational Method?

To address the non-linearity of TBs

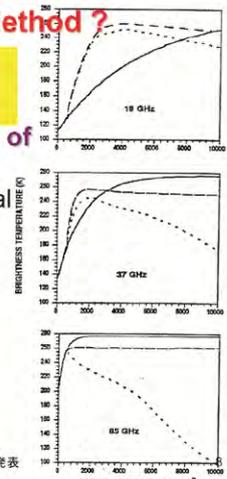
MWI TBs are non-linear function of various CRM variables.

- TB becomes saturated as optical thickness increases:

$$T - TB \approx (1 - \epsilon_s) T_s e^{-2\tau/\mu}$$

when  $T \approx T_s$

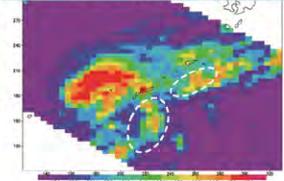
- TB depression mainly due to frozen precipitation becomes dominant after saturation.



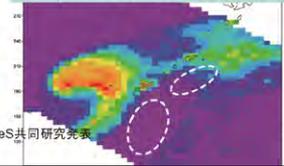
### Problem in EnVA (1): Displacement error

- Large scale displacement errors of rainy areas between the MWI observation and Ensemble forecasts
- Presupposition of Ensemble assimilation is not satisfied in observed rain areas without forecasted rain.

TMI TB19v (2004/6/9/22UTC)



Mean of Ensemble Forecast (2004/6/9/15UTC FT=7h)



### Displaced Ensemble variational assimilation method

In addition to  $\bar{X}$ , we introduced  $\bar{d}$  to assimilation. The optimal analysis value maximizes :

$$\arg \max P(\bar{X}, \bar{d} | Y, \bar{X}^f)$$

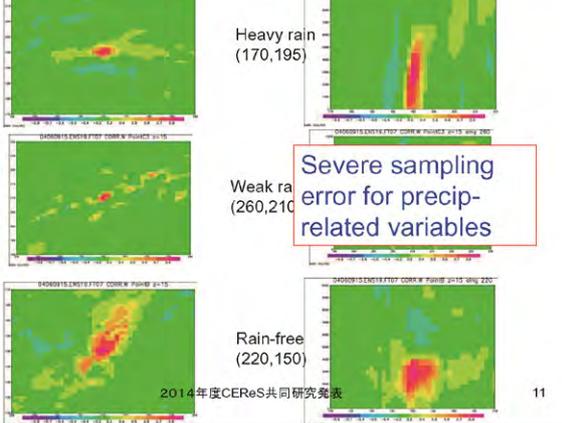
$$P(\bar{X}, \bar{d} | Y, \bar{X}^f) = P(\bar{d} | Y, \bar{X}^f) P(\bar{X} | \bar{d}, Y, \bar{X}^f)$$

Assimilation results in the following 2 steps:

- 1) DEC scheme to derive  $\bar{d}^a$  from  $P(\bar{d} | Y, \bar{X}^f)$
- 2) EnVA scheme using the DEC Ensembles to derive  $\bar{X}^a$  from  $P(\bar{X} | \bar{d}^a, Y, \bar{X}^f)$

### Problem in EnVA: Sampling error

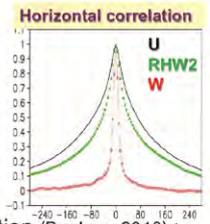
Forecast error corr. of W (04/6/9/15z 7h fcst)



### Dual-scale Neighboring Ensemble Method

- (1) Dual Scale Separation  
Separation of ensemble forecast error into large-scale modes (65 km ave.) and local modes (deviation).

Assume that precip-related variables only have local modes.



- (2) Neighboring Ensemble (NE) method  
Spectrally localized forecast error correlation (Buehner 2010) :

$$C_{st}(x1, x2) = \int C(x1 + s, x2 + s) L_{st}(s) ds$$

we approximated the forecast error correlation for deviation using neighboring members of the target points (5 x 5 grids).

### EnVA(OSSE)

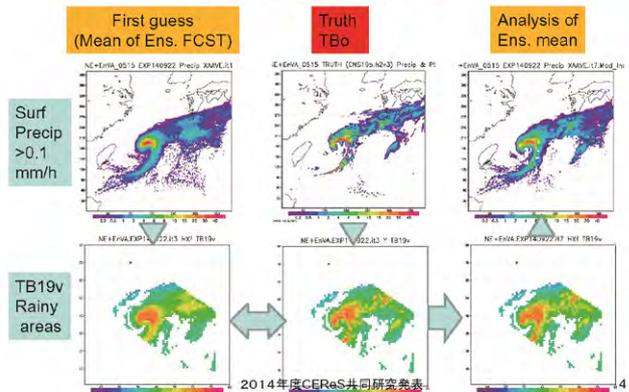
Typhoon Conson (04/6/9/22 UTC)



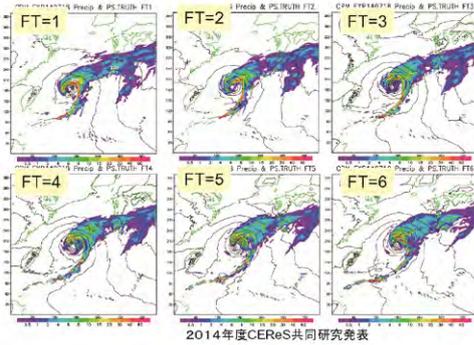
JMANHM(Saito et al, 2005) 5 km res.

First guess: Ensemble forecast (04/6/9/15) 100 members started with perturbed initial data  
Observation: Conventional + TMI TB

### Surface Precipitation (mm/h) and TB19v (K) for 04/6/9/22 UTC

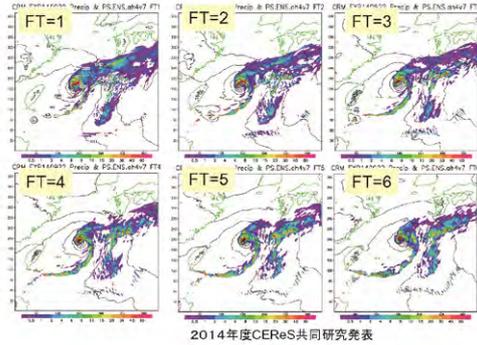


OSSE: Hourly Precipitation  
Truth(Init: 04/6/9/22 UTC) FT=1-6h



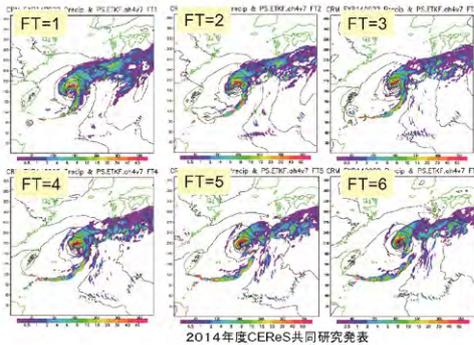
15

OSSE: Hourly Precipitation  
NoDA.ah4v7 (Init: 04/6/9/22 UTC) FT=1-6h



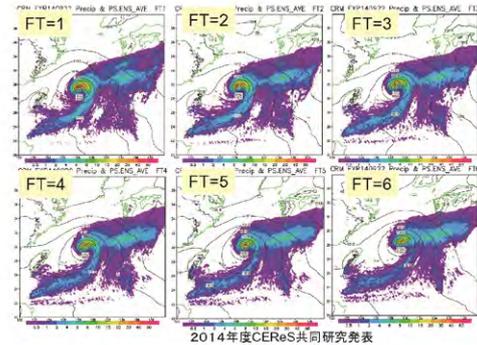
16

OSSE: Hourly Precipitation  
DA.ah4v7 (Init: 04/6/9/22 UTC) FT=1-6h



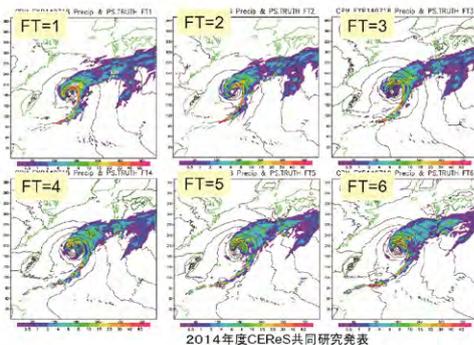
17

Ensemble Forecast for Hourly Precipitation  
NoDA (Init: 04/6/9/22 UTC, 100 member)  
started with the first guess



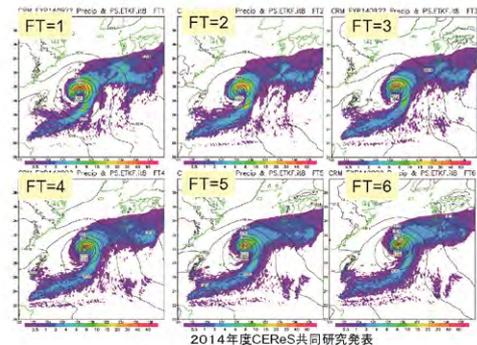
18

OSSE: Hourly Precipitation  
Truth(Init: 04/6/9/22 UTC) FT=1-6h

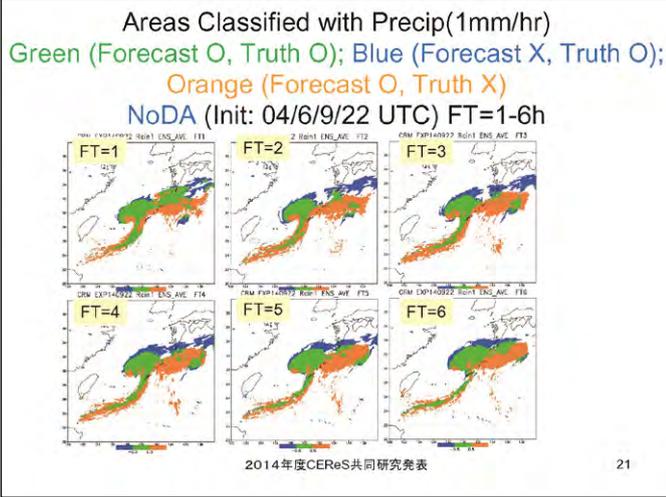


19

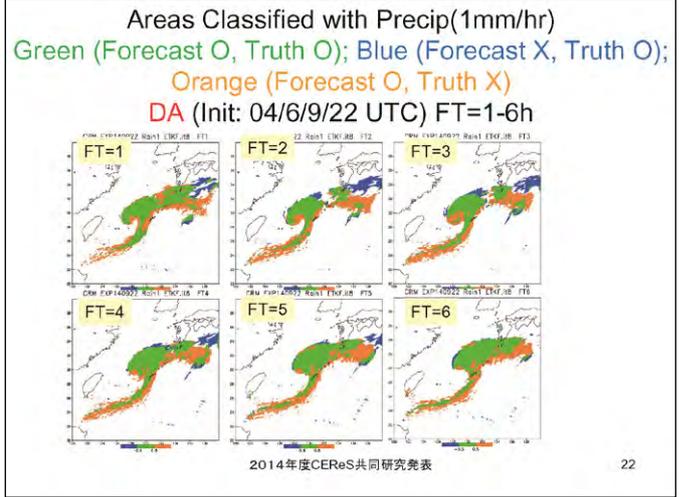
Ensemble Forecast for Hourly Precipitation  
DA (Init: 04/6/9/22 UTC, 100 member)  
started with the EnVA analyses



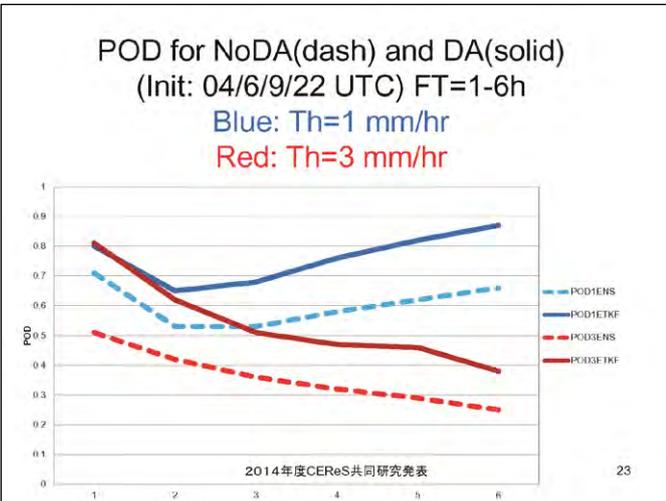
20



21



22



23

- ## Summary
- Estimation of CRM forecast error covariance
    - Ensemble forecast error analysis
    - Dual-scale neighboring ensemble method
  - Introduction to ensemble-based variational assimilation
  - Experiment results using simulated data
  - Future directions (real data, FA cycle)
- 2014年度CEReS共同研究発表

24

JAXA

## SKYNETデータを利用して得られた 雲・エアロゾルの光学的特性

**青木 一真**  
富山大学大学院理工学研究部  
東京理科大学総合研究機構山岳大気研究部門（兼任）

第17回気候リモートセンシングシンポジウム 千葉：2015.02.20, Kazuma Aoki まっときとらな大学やちゃ〜

富山大学

JAXA

## SKYNETとは?

1. SKYNET is a network to measure the atmospheric radiation budget and related atmospheric parameters, such as aerosol, cloud and so on.
2. SKYNET has an objective to estimate climatic impacts due to atmospheric parameters.
3. SKYNET is a useful validation network for satellite products (ADEOS-II, GOSAT, GCOM & etc) and numerical model (SPRINTARS & etc).
4. SKYNET project is a grass roots effort by many researchers who are interested in above items.

SKYNET super site: Cape Hedo, Okinawa, Japan (NIES)

富山大学

JAXA

SKYNET

AERONET (NASA/GSFC)

第17回気候リモートセンシングシンポジウム 千葉：2015.02.20, Kazuma Aoki まっときとらな大学やちゃ〜

富山大学

JAXA

SKYNET

AERONET (NASA/GSFC)

第17回気候リモートセンシングシンポジウム 千葉：2015.02.20, Kazuma Aoki まっときとらな大学やちゃ〜

富山大学

JAXA

### How to measurements of solar aureole?

$$R(\Theta) \equiv \frac{E_i(\Theta)}{F_m \Delta \Omega} = \omega \pi P(\Theta) + q(\Theta)$$

Ground-based

Ship-borne

- We observed only in daytime under clear skies at each site.
- Every 10 min/once (aureole)
- Every 1 min/once (direct)
- Data have been analyzed by an inversion software called **SKYRAD\_PACK** (Makajima et al. 1996). Available versions are SKYRAD\_PACK 4.2, L0, L1A and L2A.
- **PM0.01: 0.315, 0.4, 0.5, 0.675, 0.87, 0.94, 1.02 μm**
- **PM0.02: 0.315, 0.34, 0.38, 0.4, 0.5, 0.675, 0.87, 0.94, 1.02, 1.627, 2.2 μm**

Aoki and Fujiyoshi, 2003, JMSJ

第17回気候リモートセンシングシンポジウム 千葉：2015.02.20, Kazuma Aoki まっときとらな大学やちゃ〜

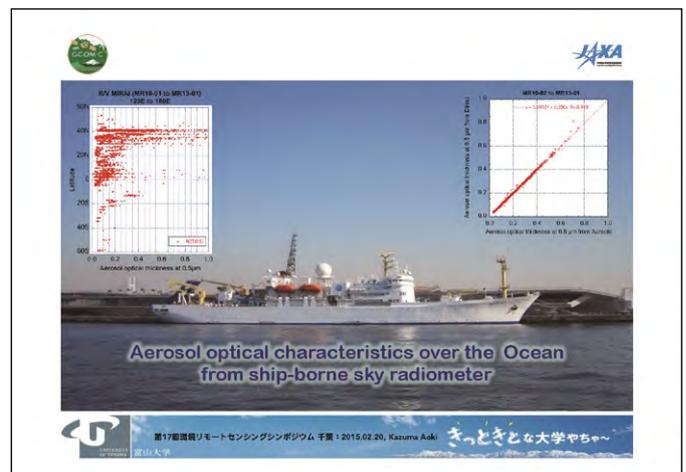
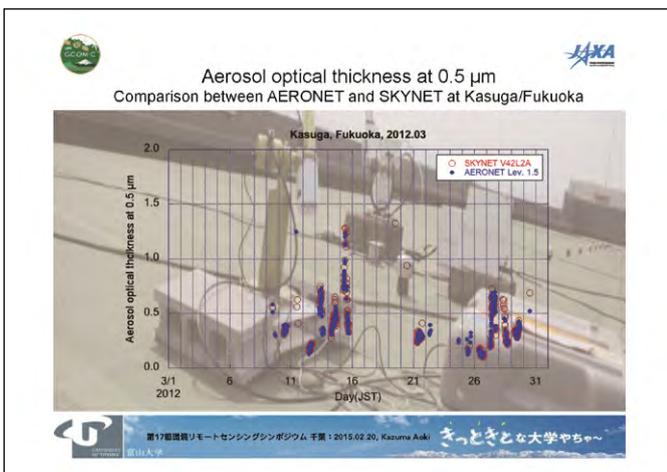
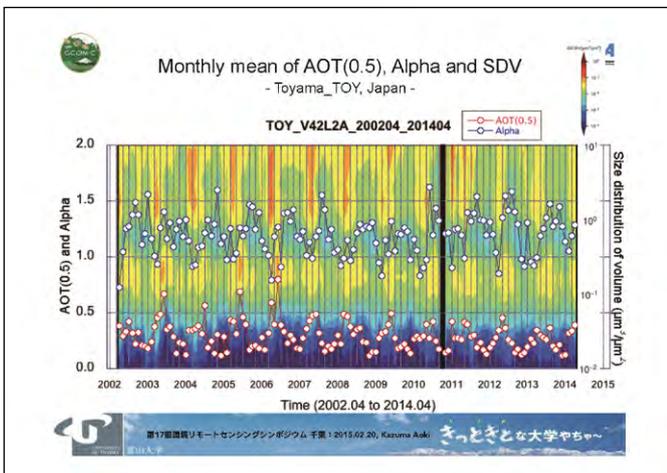
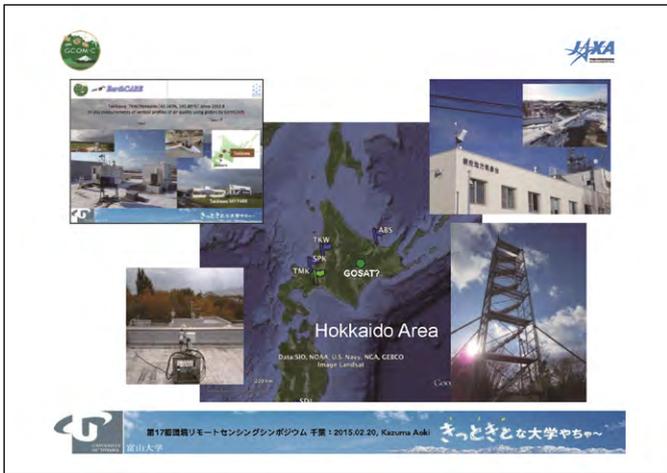
富山大学

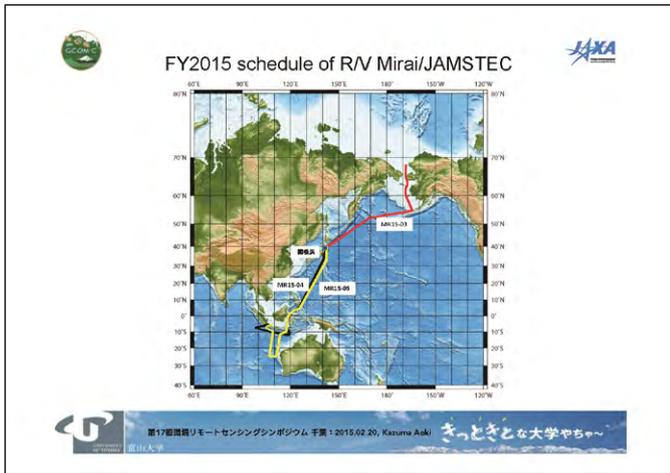
JAXA

### ◎日本のスカイラジオメーター観測の紹介

第17回気候リモートセンシングシンポジウム 千葉：2015.02.20, Kazuma Aoki まっときとらな大学やちゃ〜

富山大学





### スカイラジオメーター観測

(まとめ)

- ➔ 光学的特性の長期観測や集中観測や他分野融合研究利用
- ➔ 地球観測衛星やモデル、他地上観測との地上検証

(今後の課題)

- ➔ さらなる、雲・エアロゾルの光学的特性の精度向上
  - ➔ 雲除去、時間分解能、空間代表性など
  - ➔ Aerosol Climatology
- ➔ 継続観測の維持と次世代放射計の開発など

第17回観測リモートセンシングシンポジウム 千葉 2015.02.20, Kazuma Aoki まっとうな大学やちゅー  
岡山大学



# 火星ダスト類似エアロゾルの物理・光学特性測定

千秋 博紀<sup>1</sup>, 小林 正規<sup>1</sup>, 久世 宏明<sup>2</sup>, 眞子 直弘<sup>2</sup>, はしもと じょーじ<sup>3</sup>, 椎名 達雄<sup>4</sup>, 野口 克行<sup>5</sup>

<sup>1</sup>千葉工業大学・PERC, <sup>2</sup>千葉大学・CEReS, <sup>3</sup>岡山大学理学部地球科学科, <sup>4</sup>千葉大学大学院融合科学研究科, <sup>5</sup>奈良女子大学大学院自然科学系

**Abstract:** 火星は砂の惑星である。現在の火星は表面に液体の水を持たず、植生やプレートテクトニクスもないため、天体衝突や熱応力によって生じた岩石小片は土壌化・岩石化が進まない。岩石小片は風蝕を加速させ、さらに多くの小片を生み出す。岩石小片の一部は大気中に巻き上げられる。ダストは太陽光を直接吸収することができるため、大気的主要な加熱源のひとつとなる。大気大循環モデルによれば、ダストの有無によって大気の大気構造や運動は大きく影響を受けることがわかっている。しかしながら、ダストの光学特性は完全にわかっているとは言い難い。その原因のひとつは、ダストの組成がまだよくわかっていない事にある。そこで本共同研究では、火星放射環境モデルを制約することを目的に、火星土壌シミュラントに含まれる微小粒子の光学測定を実際に測定した。



図1. 火星のグローバルダストストーム

## 1. はじめに

ダストは火星の気象に重大な影響を及ぼしている。例えば火星では全球規模のダストストームが観測されている(図1)。火星ダストの詳細を調べるため、日本の火星探査計画ではライダーや直達・散乱太陽光の測定によってダストの地表面分布や粒径分布、複素屈折率などの物理・光学特性を測定することを検討している。これらの測定装置の設計には大気モデルを仮定したシミュレーションが必要である。本研究では、火星ダストの物理・光学特性としてどのような値が適切であるかを火星ダストに類似したエアロゾルの実測結果に基づいて検討し、より現実的な火星大気モデルを構築することを目的とする。

## 3. 測定方法

千葉大学CEReSにある大気データ取得用ライダー装置(ADCL)の地上校正値取得に使われている地上計測装置(図2)を利用して散乱係数、吸収係数、粒径分布を測定する。火星ダスト類似エアロゾルとして、NASAより提供された火星土壌シミュラント(JSC MARS-1A, 図3)を使用する。

—ADCL地上計測装置—

- 積分型ネフェロメータ(散乱係数)
  - ◆ TSI 3563
    - 測定波長(nm): 450, 550, 700 (3波長)
    - 散乱角: 7° ~ 170°, 90° ~ 170°
  - ◆ Radiance Research M903
    - 測定波長(nm): 530 (1波長)
- エーサロメータ(吸収係数)
  - ◆ Magee AE31
    - 測定波長(nm): 370, 470, 520, 590, 660, 880, 950 (7波長)
- パーティクルカウンタ(粒径分布)
  - ◆ Rion KC-22B
    - 粒径区分(μm): 0.08~, 0.1~, 0.2~, 0.3~, 0.5~ (5区分)
  - ◆ Rion KC-01B
    - 粒径区分(μm): 0.3~, 0.5~, 1.0~, 2.0~, 5.0~ (5区分)



図2. ADCL地上計測装置



図3. 火星土壌シミュラント

## 5. 測定結果

測定は空気が清浄な冬の日(2015年1月5日)に行った。図5(上段)に結果を示す。火星土壌シミュラントを散布した15:12~15:15くらいの間、散乱係数、BC当量、粒子計数がいずれも増加していることが分かる(散布前後のデータから背景強度を見積もって差し引いている)。フィッティング結果を図5(下段)に示す。最適化されたエアロゾルモデルのパラメータは以下の通り。

$n_1=23$ ,  $r_1=0.47$ ,  $w_1=0.59$ ,  $n_2=8.3$ ,  $r_2=2.2$ ,  $w_2=0.075$   
 $n(450\text{nm})=1.60$ ,  $n(700\text{nm})=1.58$ ,  
 $k(370\text{nm})=3.6\text{E-}4$ ,  $k(520\text{nm})=3.3\text{E-}4$ ,  $k(660\text{nm})=4.6\text{E-}5$ ,  $k(950\text{nm})=1.5\text{E-}4$

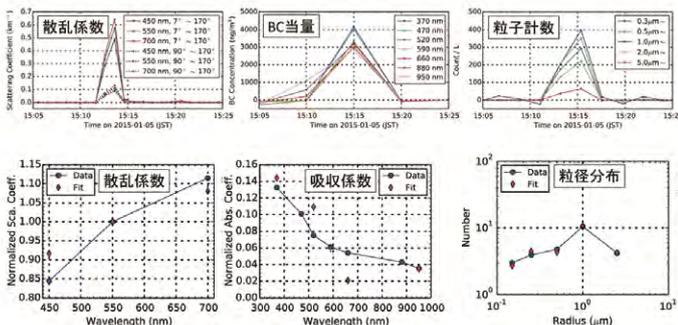


図5. 地上計測装置の測定結果(上段)およびフィッティング結果

## 2. 期待される波及効果

- 火星LIDARシミュレーションに現実的なダストの物理・光学パラメータを入れて性能評価が可能になる
  - S/N見積りの精度向上
  - ダスト実効半径の見積り精度向上
- 火星の放射伝達シミュレーションに現実的なダストの光学パラメータを使うことが可能になる
  - 太陽電池パネルの波長特性最適化に利用できる

## 4. 解析方法

ダストの形状としてMie散乱理論が適用できる球形を仮定し、粒径分布、複素屈折率が12個のパラメータで記述できる以下のようなエアロゾルモデルを仮定する。

- エアロゾルモデル
  - 形状・・・球形
  - 粒径分布・・・2峰性対数正規分布
    - 規格化定数、モード半径、幅×2の6変数  $n_1, r_1, w_1, n_2, r_2, w_2$
  - 物質・・・複素屈折率(実部 $n$ :屈折率, 虚部 $k$ :消衰係数)
    - 実部2波長、虚部4波長の6変数  $n(450\text{nm}), n(700\text{nm}), k(370\text{nm}), k(520\text{nm}), k(660\text{nm}), k(950\text{nm})$

エアロゾルモデルのパラメータは以下の手順で最適化する。その際、エーサロメータで測定されたBC当量は吸収係数に、パーティクルカウンタで測定された粒子計数は差分粒径分布にあらかじめ変換しておく。

### ● 最適化手順(図4)

1. 差分粒径分布が実測値と一致するように対数正規分布のパラメータを最適化する。
2. Mie散乱計算で求めた規格化散乱係数、規格化吸収係数が実測と一致するように複素屈折率を最適化する。

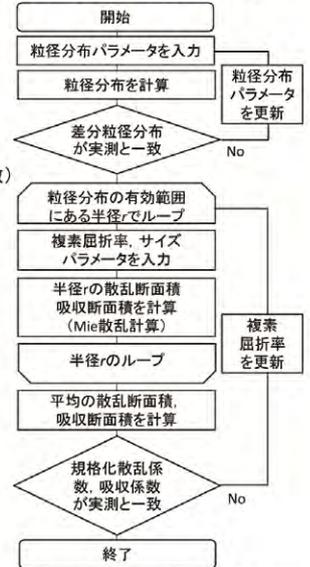


図4. エアロゾルモデルパラメータ最適化手順

最適化されたエアロゾルモデルを用いたシミュレーションで求めた火星の直達太陽光スペクトルおよび散乱太陽光スペクトルを図6に示す。

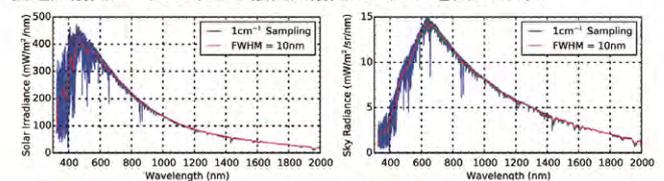


図6. 火星の直達太陽光スペクトル(左)および散乱太陽光スペクトル(右)のシミュレーション結果

## 6. まとめと今後の展望

積分型ネフェロメータ、エーサロメータ、およびパーティクルカウンタを用いた測定により、火星ダスト類似エアロゾル(火星土壌シミュラント)の物理、光学特性を見積もることができた。成果として、火星の大循環モデルにデータを提供することができた。現状は火星着陸探査を中型AOIに提出したところである。その中にはLIDARと粒子センサ(パーティクルカウンタ)がオプション機器として挙げられている。

今後は以下のような測定を行ってみたいと考えている。

- 粒径分布と複素屈折率が既知である標準粒子(例えばポリスチレンラテックス)で同様の測定を行い、測定精度を確認する。
- タイプの異なるいくつかのエアロゾル(例えばフライアッシュ)について同様の測定を行ってみる。

# 南相馬市の非耕作農地における土壤放射性物質濃度の実態把握

\*堀内雄太<sup>1</sup>・宮原喜彦<sup>1</sup>・井戸川知央<sup>1</sup>・原田一平<sup>1</sup>・浅沼市男<sup>1</sup>・原慶太郎<sup>1</sup>・近藤昭彦<sup>2</sup>

\*Yuta Horiuchi<sup>1</sup>, Yoshihiko Miyabara<sup>1</sup>, Tomoo Idogawa<sup>1</sup>, Ippei Harada<sup>1</sup>, Ichio Asanuma<sup>1</sup>, Keitaro Hara<sup>1</sup>, Akihiko Kondo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京情報大学 <sup>2</sup>千葉大学環境リモートセンシング研究センター

265-8501 千葉県千葉市若葉区御成台4-1

Department of Environmental Information, Tokyo University of Information Sciences, 4-1 Onaridai Wakaba-ku, Chiba 265-8501, Japan;

iharada@rsch.tuis.ac.jp



## 研究の背景と目的

2011年3月11日に起きた東日本大震災での地震や津波により福島第一原子力発電所において冷却装置注水不能等の事故により政府は、原子力緊急事態宣言を発し、南相馬市は警戒区域、避難指示区域等に分類された。また、基準値を超える放射線性セシウムの検出により作付制限される地域も多かったが、空間線量の低い地域でドーム型のソーラー・アグリパークが2013年3月に設立され、レタスやホウトクセリが栽培、出荷されている。南相馬市は営農再開のため土壤放射性物質濃度マップを公開している(南相馬市復興企画農地除染課2013, 2014)が、地表面に沈着した放射性物質を3次元メッシュデータに平均化したマップのため、精緻な土壤放射線地域を把握できない。そこで、本研究は、南相馬市における非耕作農地の土壤および空間線量の放射性分布の実態を把握し、今後の営農再開の支援となることを目的としている。



除染活動中の景観(2014年8月24日撮影)

営農再開された地点(2014年8月26日撮影)

## 解析対象地



解析対象地(赤枠)

警戒区域と避難指示区域の概要図  
(2012年7月31日時点)

避難指示区域の概要図  
(2013年8月8日時点)

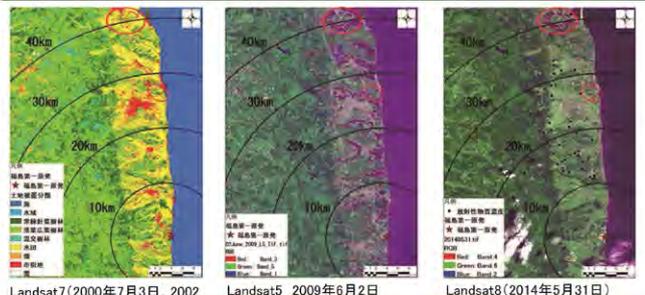
経済産業省原子力被災者支援HP参照

研究対象地の福島県南相馬市(赤枠)は震災当初は福島第一原発から30km圏内は警戒区域として設定されていたが、現在は移住制限区域(オレンジ)、帰宅困難区域(赤)、避難指示解除準備区域(緑)は一部残るが、警戒区域は解除されている。

## 研究方法

- ・調査期間: 2012年9月1日から9月3日(28地点)、2013年9月4日から9月6日(44地点)、2014年8月24日から8月26日(48地点)
- ・福島県南相馬市での現地調査(非耕作地の土壤の放射性物質濃度測定・空間線量測定)
- ・採取した非耕作地の土壤サンプルをLB-200(BERTHOLD TECHNOLOGIES)の放射線測定器を使用し測定
- ・調査地点の空間線量をGC-S1(System TALKS Inc.)を用いて測定
- ・ArcGIS10.2を用いて2012, 2013, 2014年の土壤放射線測定結果の分布を作成
- ・USGS (<http://www.usgs.gov/>)よりLandsat7データ(2000年7月3日、2002年3月3日、2003年5月9日)をダウンロードし、ENVI4.2を用いて教師なし分類を行い、震災前の土地被覆図を作成
- ・国土交通省20万分の1ズームレス土地保全国のGISデータ(地形・地質)と農地土壤の放射性物質濃度の関連性を調べる
- ・数値地図50mメッシュ(標高)を用いて、サーフェス解析を行い等高線、傾斜方位を算出
- ・2013年(44地点)、2014年(48地点)に測定した非耕作地土壤の放射性物質濃度をグラフ化し関連性を把握
- ・2012年(28地点)、2013年(44地点)、2014年(48地点)に測定した非耕作地土壤の放射性物質濃度と福島第一原子力発電所の距離をグラフ化し、関連性を把握

## 結果: Landsat衛星を用いた土地利用・土地被覆の経年変化



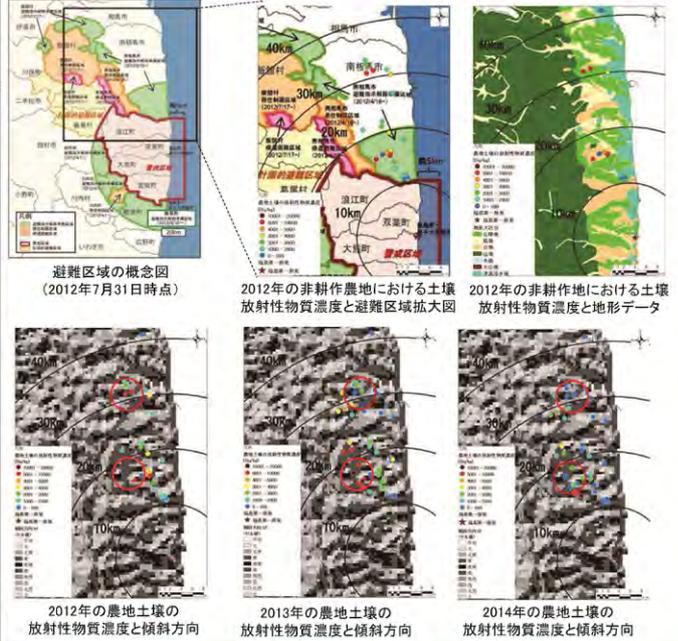
Landsat7(2000年7月3日、2002年3月3日、2003年5月9日)を用いた震災前の土地被覆図

震災前の土地被覆図では水田を黄色で表示し、2009年6月2日のLandsat5の衛星画像と比較すると紫色で表示されている地域が水田であることが把握できる。2014年5月31日のLandsat8の衛星画像によると、南相馬市では営農再開している地域は少ないが、相馬市では営農再開している

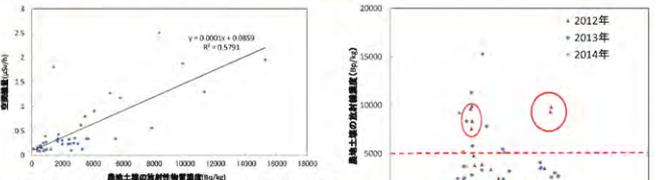
### 引用文献

- ・堀内雄太・宮原喜彦・井戸川知央・原田一平・浅沼市男・原慶太郎(2014): 南相馬市の非耕作農地と土壤放射性物質濃度の把握. 日本環境生態学会第24回全国大会講演要旨集61p
- ・原田一平・井戸川知央・堀内雄太・原慶太郎(2013): 東日本大震災後の南相馬市の休耕地の実態把握. 日本環境生態学会第23回全国大会講演要旨集. 27p
- ・経済産業省原子力被災者支援HP  
[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120731\\_120731\\_01f.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120731_120731_01f.pdf)(2012年7月31日時点)  
[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130808/130808\\_01a.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130808/130808_01a.pdf)(2013年8月8日時点)

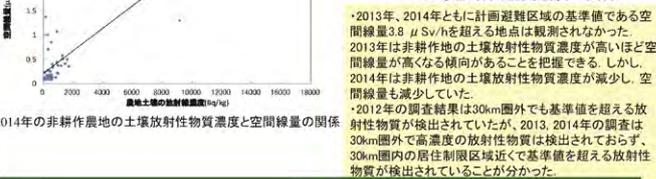
## 結果: 非耕作地の土壤放射性物質濃度変化(2012~2014年)



・2012年の調査では、30km圏内の東向き台地、山地急斜面で5480 Bq/kg、5129 Bq/kgと高濃度の放射性物質が検出されたが、2013年は自主的な農地除染により3000 Bq/kg以下に減少していることが明らかになった。また、2013年の調査では、20km圏内の居住制限区域近くの東から南向き台地急斜面で15278 Bq/kg、11289 Bq/kgと高濃度の土壤放射性物質濃度が検出されたが、2014年は農地除染が実施された地点は、3000 Bq/kg以下に減少していることが明らかになった。



2013年の非耕作農地の土壤放射性物質濃度と空間線量の関係



2014年の非耕作農地の土壤放射性物質濃度と空間線量の関係

・2013年、2014年ともに計画避難区域の基準値である空間線量3.0 μSv/hを超える地点は観測されなかった。2013年は非耕作地の土壤放射性物質濃度が高いほど空間線量が高くなる傾向があることを把握できる。しかし、2014年は非耕作地の土壤放射性物質濃度が減少し、空間線量も減少していた。

・2012年の調査結果は30km圏外でも基準値を超える放射性物質が検出されていたが、2013, 2014年の調査は30km圏外で高濃度の放射性物質は検出されておらず、30km圏内の居住制限区域近くで基準値を超える放射性物質が検出されていることが分かった。

## まとめ

- ・調査の結果、基準値を超える土壤放射性物質が検出された地域は東向き台地、山地の急斜面に多く、3次元メッシュの土壤放射性物質濃度マップより精緻な地域を把握できた。
- ・2014年8月に以降に本格的な農地除染活動が開始され、多くの地域で非耕作農地の土壤放射性物質濃度が減少し、営農を再開した地域も見られたことをGISと衛星データより把握した。
- ・南相馬市では、2014年より本格的なコメの作付けが再開されたが、営農再開した作付面積は5月30日時点で震災前のわずか2%にとどまっている。その原因は、2013年に終了予定だった除染作業計画期間が2014年までに延長されたことや福島第一原発事故の休作賠償によるもので、今後も現地での状況把握が必要である。
- ・除染活動により農地土壤の放射性物質の影響で営農を再開できない問題は解消されると考えられるが、高齢化や、後継者不足問題も残る。

謝辞  
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の共同利用研究(平成24年度、平成25年度、平成26年度)により実施された。東日本大震災後の南相馬市における休耕地の現状および農地土壤放射性物質濃度測定のモニタリングについて南相馬市役所経済部森林放射線対策課除染係、南相馬市ソーラー・アグリパークから情報提供して頂いた。ここに、記して謝意を表する。

20 Feb, 2015

第17回 環境リモートセンシングシンポジウム

**無人小型飛行体搭載用ミニライダの開発**

「無人小型飛行体搭載用 LED ミニライダの開発」久世宏明教授との共同利用

椎名 達雄 千葉大学 大学院融合科学研究科  
Tatsuo Shiina Associate Professor  
Graduate school of Advanced Integration Science,  
Chiba University, Japan

GRADUATE SCHOOL OF ADVANCED  
INTEGRATION SCIENCE, CHIBA  
UNIVERSITY

**アウトライン**

LEDミニライダ

開発コンセプト

設計

開発 送信光ドライバ  
光学系  
ホトンカウンタ

まとめ

**LED mini-lidars**

 <p>Type 1</p> <p>Beam 60mmφ, 10mrad. 120kHz, 100mW</p> <p>Receiver 200mmφ, 10mrad. Range 0-300m (Night)</p>	 <p>Type 2</p> <p>Beam 120mmφ, 3mrad. 120kHz, 100mW</p> <p>Receiver 250mmφ, 3mrad. Range 0-100m(Day) 300m (Night)</p>	 <p>Type 3</p> <p>Beam 50mmφ, 5mrad. 360kHz, 200mW</p> <p>Receiver 100mmφ, 3mrad. Range 0-100m (Night)</p>
--	---	--

**学内実験2**

Plato with holes

dust

flow chamber

10m

LED mini-LIDAR

0.05mm 0.1mm 0.3mm 0.5mm

ジルコニアビーズ

count/10s

落下距離[m]

Dust A:  $y = 67543x$

Dust B:  $y = 56516x$

Dust C:  $y = 34265x$

落下距離[m]

**コンセプト**

UAV搭載用/火星ローバ搭載用

近距離(20-40m)

低消費電力(1W)

超小型(10cmキューブ)

軽量(1kg/700g)

Target  
粉塵/ダストデビル

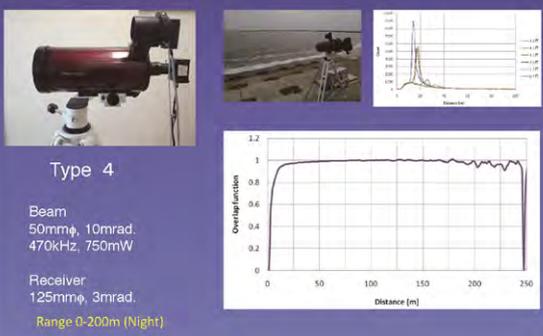


**アウトライン**

Type 4

Beam  
50mmφ, 10mrad.  
470kHz, 750mW

Receiver  
125mmφ, 3mrad.  
Range 0-200m (Night)

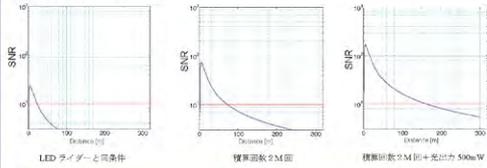


### 設計

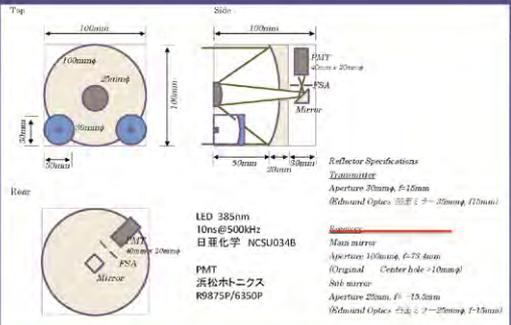
・宇宙塵からの散乱光計測

ターゲット粒子 1 cm 3 に 3 個浮遊すると仮定して、1 m の長さでは 300 個  
 粒子径 1 μm φ  $Q_{1\mu m} = 3.34$   $\sigma_{1\mu m} = 7.92 \times 10^{-20} / m$   
 粒子径 5 μm φ  $Q_{5\mu m} = 2.00$   $\sigma_{5\mu m} = 1.18 \times 10^{-20} / m$   
 粒子径 10 μm φ  $Q_{10\mu m} = 1.98$   $\sigma_{10\mu m} = 4.67 \times 10^{-20} / m$

粒子径 10 μm φ でのシミュレーション



### 設計



### パルスドライバ

無安定マルチ  
バイブレータ  
500kHz

無安定マルチ  
バイブレータ  
10ns

LED  
駆動回路  
1A



ローパへの熱対策



LED駆動部分を分離

### パルスドライバ

ビーム径 30mmφ  
広がり角 67mrad!

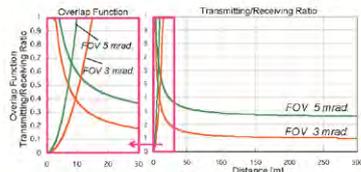
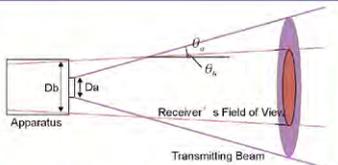
ビーム径 50mmφ  
広がり角 10mrad.



LED駆動

### 広がり角シミュレーション

LEDビーム広がり角 = 10mrad.  
 送信光口径 = 60mmφ  
 受光視野 = 3-5mrad.  
 受光口径径 = 100mmφ



### 送受信光学系

送受信光学系



主鏡 満辰光学工業所  
100mmφ, f=72.4mm

## ホトンカウンタ

トリマティス製



分解能 5ns/0.75m 消費電力 12W



分解能 1ns/0.15m 消費電力 7W

シバサキ製



分解能 4ns/0.60m 消費電力 2W

## 重量

受信光学系  
400g  
(主鏡196g)  
送信光学系  
50g x 2



受光系  
100g



小計 700g

パルスドライバ  
10g



バッテリー  
200g



ホトンカウンタ  
118g



## まとめ

小型飛行体用LEDミニライダーを開発

- ・光学系の設計 10cmキューブ/700g
- ・LEDパルスドライバの駆動部分離
- ・ホトンカウンタの対応

今後

- ・実計測/評価
- ・粉塵/挙動解析

## カウンタのジッター評価

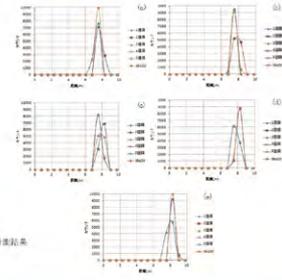
トリマティス製



SRS社製 SR430



フotonカウンタ(1階目~5階目)とSR430の計測結果  
6a)0.0ns, 6b)0.1ns, 6c)0.2ns, 6d)0.3ns, 6e)0.4ns



# Application of hyperspectral imaging camera to remote sensing studies

Y Takara<sup>1</sup>, F Ando<sup>1</sup>, T Fujimori<sup>1</sup>, N Manago<sup>2</sup>, K Kajiwara<sup>2</sup>, Y Honda<sup>2</sup>, A Kondoh<sup>2</sup>, H Kuze<sup>2</sup>, N Noro<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>EBA Japan Co., Ltd., <sup>2</sup>CERES/Chiba Univ.

## What is a Hyperspectral Camera ?

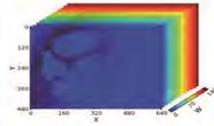
- Recent development of camera technology has made it possible to produce **Hyperspectral Cameras** that can measure **hundreds of narrow wavebands in a megapixel image**.



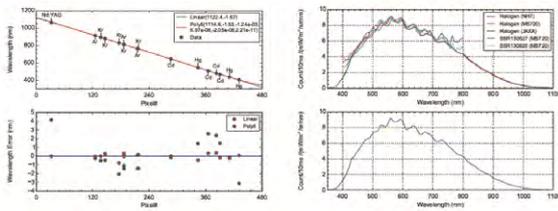
EBA JAPAN NH-2

### Specifications

	NH-2	NH-7
Sensor type	CMOS	CMOS
Image size	752×480	1280×1024
Color depth (bit)	10	10
Wavelength (nm)	350~1100	350~1100
Spectral Res. (nm)	5 (151 ch)	5 (151 ch)
Capture rate (sec)	4.0 (VGA)	7.0 (SXGA)
Dimension (mm)	76×62×193	76×62×193
Weight (g)	850	850

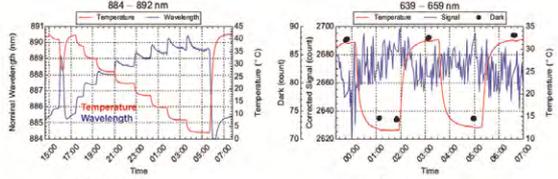


## Wavelength / radiometric calibration



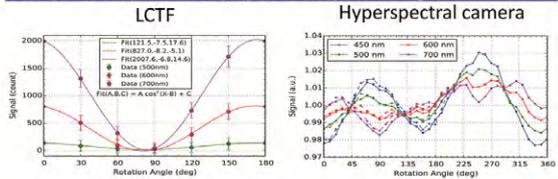
- Wavelength calibration
  - Discharge Lamp Hg, Ar, Cd, Kr) and Nd:YAG Laser
  - 14 emission lines are used to obtain 5<sup>th</sup> order polynomial
  - Fitting error: 0.29 nm
- Radiance calibration
  - Skylight
  - Integrating Sphere
  - Peak sensitivity @550 nm
  - Sensitivity range 350 – 1100 nm

## Temperature dependence



- Wavelength
  - Xenon Lamp
  - Wavelength shift:
    - > 1 nm - 1 nm (< 30°C)
    - > 2 nm (< 40°C)
  - Fitting error: 0.1 nm
- Radiance
  - Halogen Lamp
  - Correction factor:
    - 5% (500 nm - 900 nm)
    - 30% (other wavelengths)
  - Fitting error:
    - > 0.2% (< 40°C)

## Comparison of polarization properties of spectral imagers



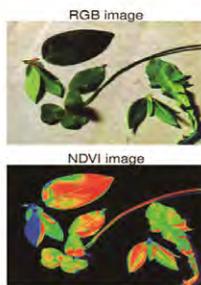
LCTF scales linearly with  $\cos^2\theta$  (polarization sensitive)  
 Almost no polarization dependence ( $< \pm 1-2\%$ )

## Applications of hyperspectral camera

- Hyperspectral camera is a device to **visualize spectral features**.

### Example

- Medical care
  - Lesion detection
- Food
  - Freshness check
- Land-cover classification
- Vegetation remote sensing
  - Crop monitoring
  - Tree species classification
- Ocean remote sensing
  - Oil spill detection
- Atmospheric remote sensing
  - Pollution monitoring

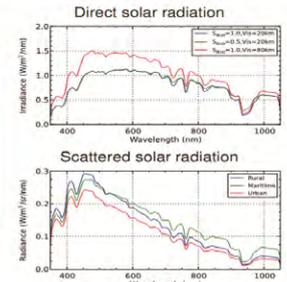


## Application of hyperspectral camera for aerosol research

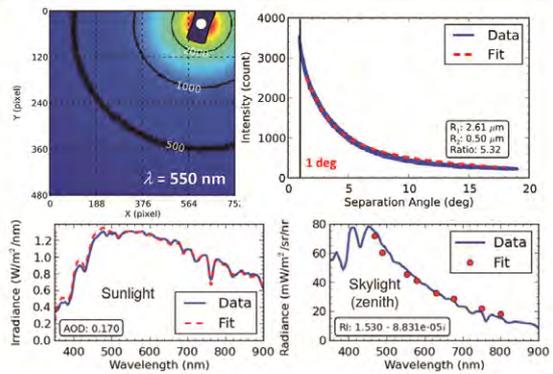
- Hyperspectral camera is suitable for **measuring functions of space  $x, y$  and wavelength  $\lambda$** .

- ### Solar radiation
- Direct solar radiation ( $\lambda$ )
    - Optical depth
    - Molecular column amount
  - Scattered solar radiation ( $x, y, \lambda$ )
    - Phase function
    - Single scattering albedo
  - Aureole ( $x, y, \lambda$ )
    - Forward scattering

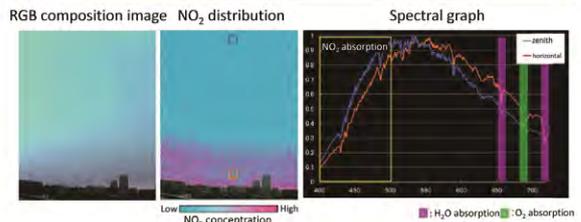
- These spectra contains info. about molecules and aerosols in the optical path.



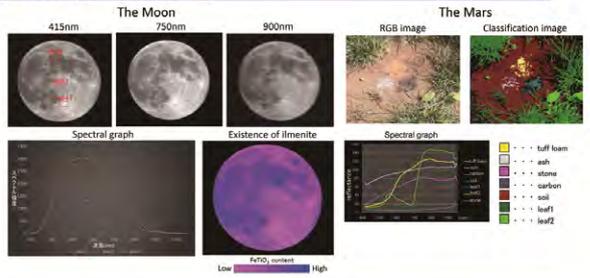
## Results of aureole observation



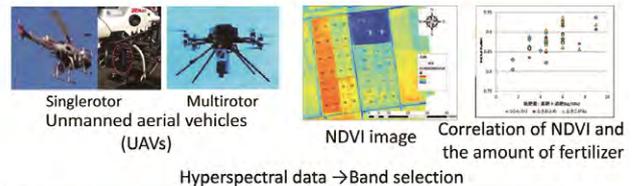
## Observation of air molecules



## Planetary resources survey



## Precision Agriculture



## Summary

- NH hyperspectral camera is a portable stand-alone hyperspectral imager with internal scanning system.
- We have demonstrated usage of NH for atmospheric measurement and other various applications.
- With the advance in IT technology and robotics, application of hyperspectral imaging will be further expanded.

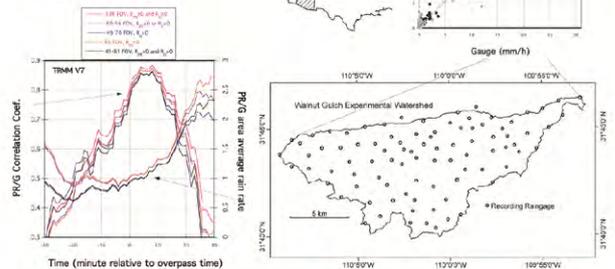
20 Feb. 2015・千葉大学  
第17回環境リモートセンシングシンポジウム

### インド亜大陸北東部の転倒ます雨量計網による TRMM 2A25直接検証

寺尾 徹 (香川大学教育学部)・林 泰一・村田文絵  
木口雅司・山根悠介・福島あずさ

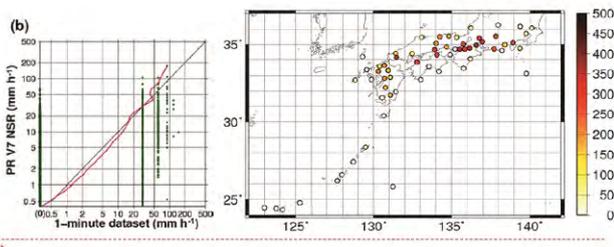
### TRMMと雨量計の直接比較

- ▶ Amitai et al. (2012/JH)
- ▶ Arizona WGEW
- ▶ TRMM 2A25

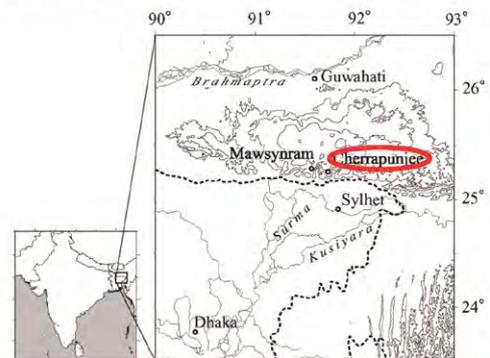


### TRMMと雨量計の直接比較

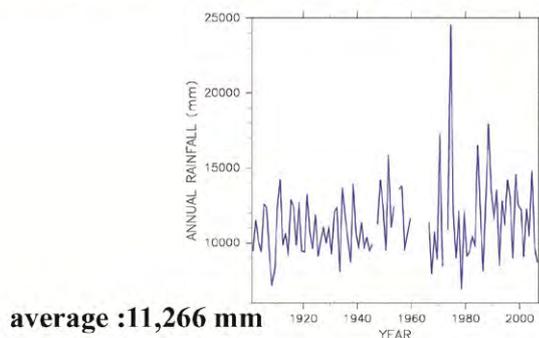
- ▶ Seto et al. (2013)
- ▶ JMA 1-minute, 10-minute
- ▶ TRMM 2A25



### 対象とする地域

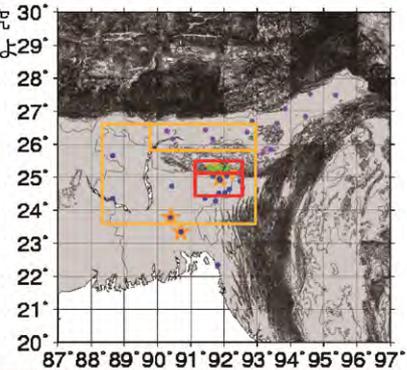


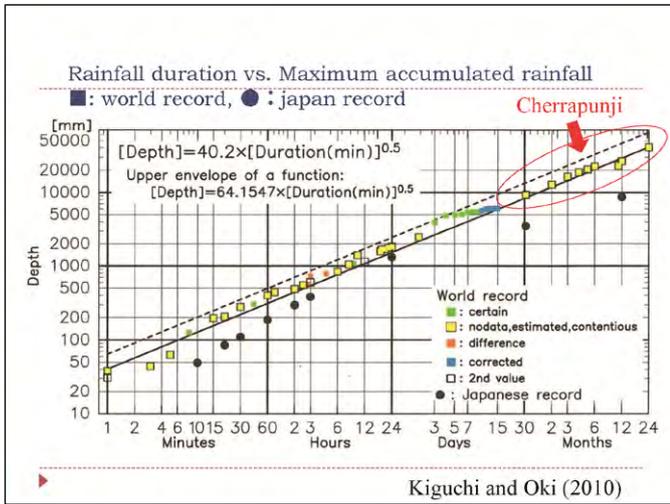
### Cherrapunjee降水量の年々変動



### NEインドの雨量計網による比較

- ▶ 京都大学防災研究所・理学研究科による雨量計観測網
- ▶ 比較機会数
  - ▶ アッサム盆地 6地点(308/4890)
  - ▶ メガラヤ山脈 6地点(491/4233)
  - ▶ シレット域 11地点(720/8040)
  - ▶ ベンガル平野 5地点(254/5124)



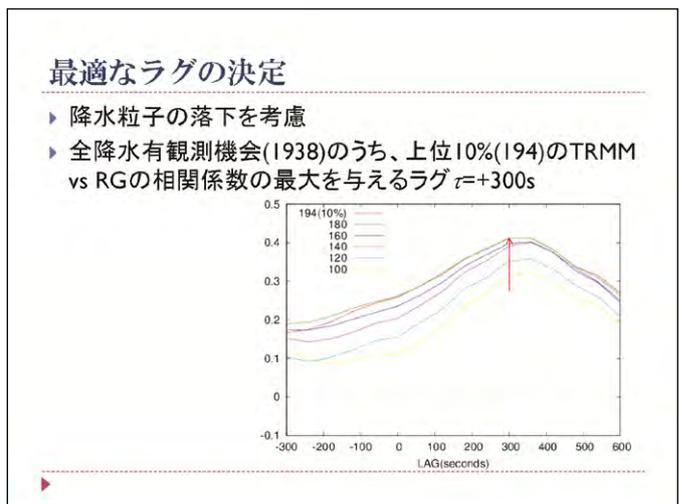
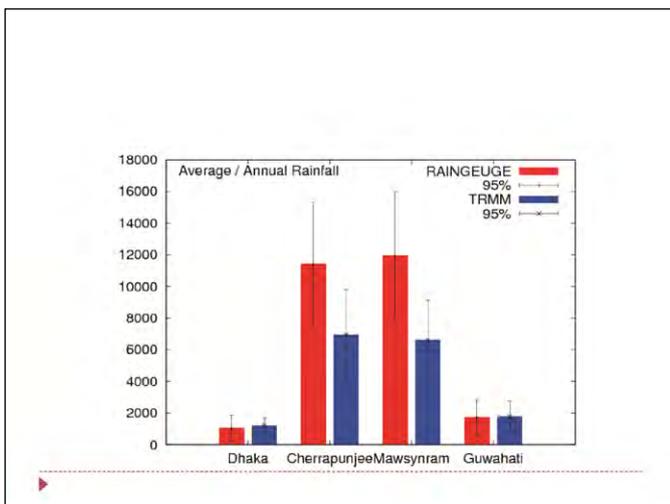
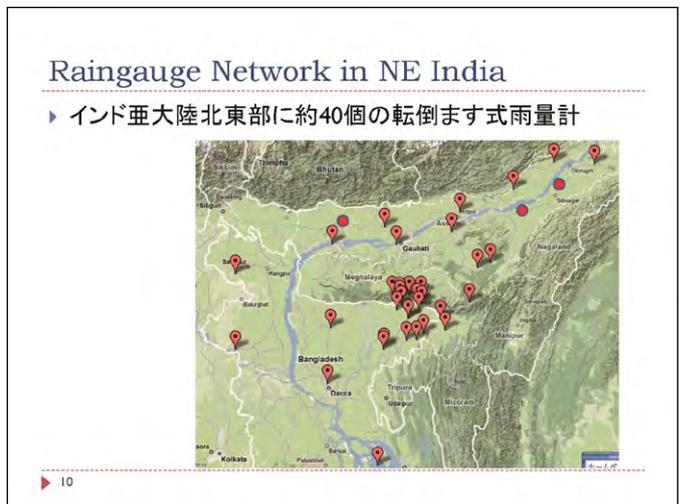


### TRMM-2A25(V7) dataset

- ▶ TRMM
  - ▶ 太陽非同期・36N-36S・402.5km
- ▶ TRMM-PR
  - ▶ 降雨レーダー
  - ▶ 観測幅約247km
  - ▶ 解像度約5km
  - ▶ 鉛直分解能250m(0-20km)
- ▶ TRMM 2A25(V7)
  - ▶ 降水鉛直分布推定アルゴリズムの改良(V6→V7)
  - ▶ 各高度のrain, surface\_rain利用

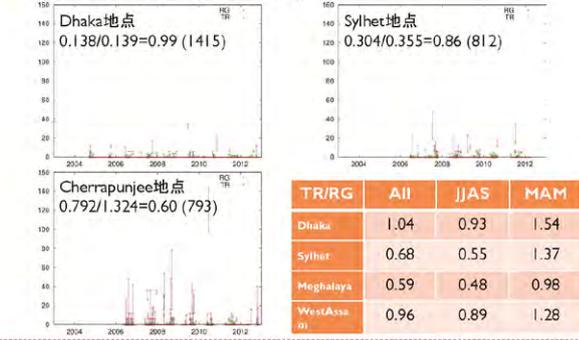
### TRMM観測と雨量計の比較方法

- ▶ TRMM観測
  - ▶ 1998年～2013年のTRMM-2A25(V7)
  - ▶ 雨量計の各地点を1日に1回ほどスキャン
  - ▶ 空間解像度約5km
- ▶ 雨量計マスの転倒と雨量評価
  - ▶ 雨量計の地点から距離3.5km以内にFOVの中心がある場合を解析。複数のFOVは平均して1回と数える。
  - ▶ スキャン時刻 $t_0$ を中心に前後 $T$ 秒( $T=150$ 秒)の間に発生した転倒回数の転倒回数 $\times 0.5$ mmを雨量観測値と考える。
  - ▶ 雨滴の落下を考慮し、雨量計の評価時間に対し、ラグ $\tau$ を定義する(Amitai et al. 2012)。
  - ▶ 時間雨量(mm/h)に換算して比較。



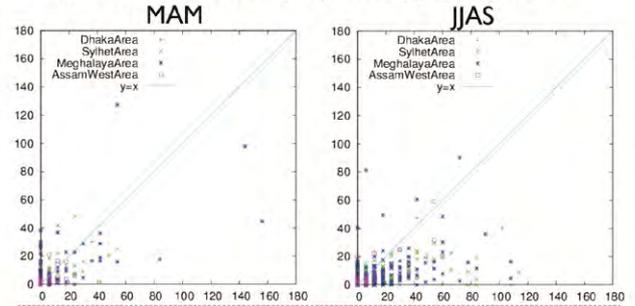
## 比較機会の事例と平均値比較

### ▶ TRMM/RG, ratio (観測機会)



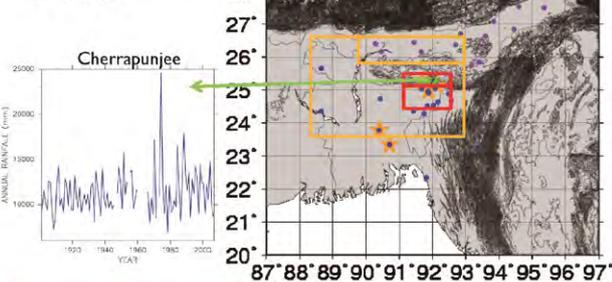
## 散布図

- ▶ 降水強度分布の右側(左側)で過小(過大)評価
- ▶ 積算値について、山岳域・Sylhet域のJJASで過小評価



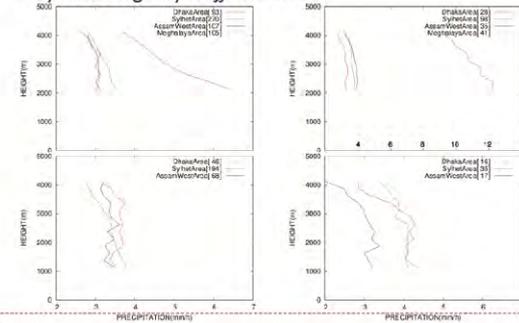
## 過小評価の地域

- ▶ 世界最大の陸上降水域とその周囲で過小評価



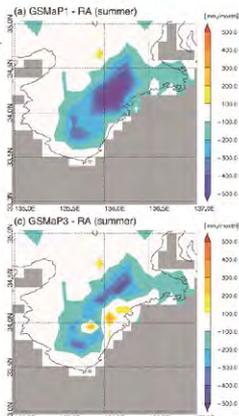
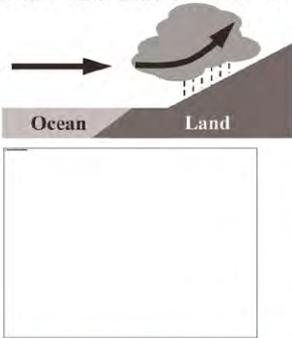
## TRMM 2A25 rainの鉛直分布を調べる

- ▶ 過小評価地域で下層で降水量が増加する傾向がある
- ▶ SylhetとMeghalayaのJJASに顕著



## Shige et al. (2013)

- ▶ 背の低い地形性降水システム



## まとめ

- ▶ TRMM 2A25 surface rainをNEインド雨量計網と比較
- ▶ 1938回の降水有り観測機会について、雨滴の落下によると思われる時間のずれの検出⇒より慎重な解析を検討中
- ▶ ずれは平均約300秒であり、一般的に1000~2000m上空の反射強度をsurface rainの推定に用いていることと整合的
- ▶ TRMM 2A25に過小評価の可能性
- ▶ 過小評価の可能性が見られるのはMeghalaya山脈及びその南麓のSylhet域
- ▶ 特にJJASに顕著である
- ▶ 過小評価が見られる地域・季節と、1000-2000mあるいは2000-3000mの層でのTRMM-2A25 rain増加が対応している
- ▶ NEインド雨量計網(京大防災研)の活用が課題

### メッシュTRMM気候値と2007雨量計(6-9月)

- ▶ Cherrapunjeeを含むメッシュ 3680mm
- ▶ Cherrapunjeeの東隣のメッシュ 6710mm



### 5km-mesh TRMM surface rain (JJAS)

- ▶ Rain rates are greater over valleys adjacent to the well known surface rainfall observatories over the crest.
- ▶ We may conduct field rainfall observation in the valleys A and B shown in figures, though these points are very tough areas to reach.



### 謝辞

- ▶ 雨量計のメンテナンスに協力をいただいているすべての数え切れない関係者の皆さま方に感謝申し上げます。



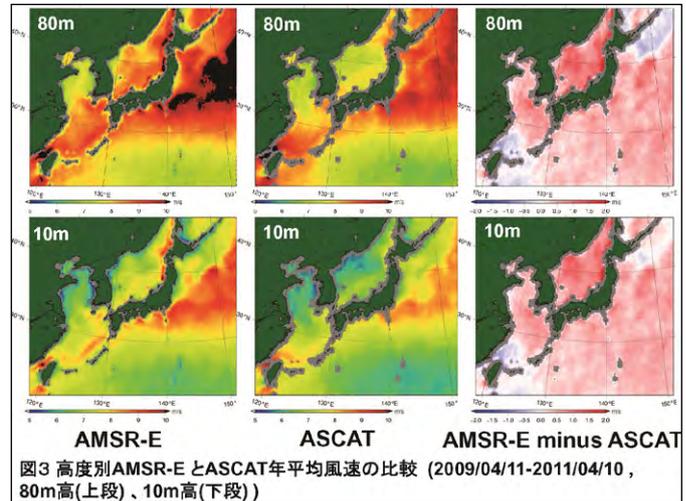
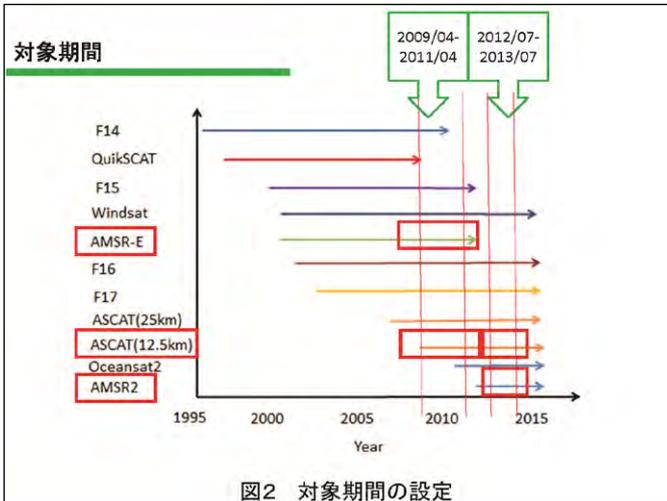
# マイクロ波放射計、散乱計及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源量推定手法の開発 -AMSR2風速とASCAT風速との比較-

香西克俊, 大澤輝夫  
(神戸大学海事科学研究科)

第17回CERes環境リモートセンシングシンポジウム,  
平成27年2月20日, 千葉大学けやき会館

## 目次

1. はじめに
2. AMSR2風速とASCAT風速の検証
3. 洋上風力資源量の推定
4. まとめ



## 目的

ブイ風速に対する衛星搭載放射計AMSR2と散乱計ASCATからの推定風速を検証することにより、どちらのセンサーが洋上風力資源量評価に適しているかを明らかにすること



図4 第一期水循環変動観測衛星「しずく」  
(地球環境変動観測ミッション(GCOM-W:  
Global Change Observation Mission)  
[http://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom\\_w/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom_w/index_j.html))

表1 GCOM-W1の仕様

設計寿命	5年(打上げ2012年5月18日)
電力/質量	4050W / 1900kg
軌道	太陽同期準回帰軌道
高度/傾斜角	700km / 98.2度
昇交点通過地方太陽時	13時30分 ± 15分: AMSR-Eと同一
AMSR2概要	7GHz~89GHz : 6周波数帯 5~50km分解能、1450km観測幅 風速プロダクト(10km、Level2)



図5 MetOp-A搭載ASCATの概観(  
<http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Metop/MetopDesign/index.html>)

表2 MetOp-A/ASCATの諸元(O&SI SAF/EARS, 2011)

MetOp-A衛星	
軌道	太陽同期極軌道
上空通過時刻(日本)	11~13時頃(UTC・ascending) 23時~1時頃(UTC・descending)
高度	817km
ASCATセンサー	
周波数	5.255GHz(C-band)
空間解像度	50km 25km
観測幅	500km×2
Level2B product	
データ提供期間	25km: 2007/3/28-現在 12.5km: 2009/3/3-現在
時間解像度	12時間毎
空間解像度	25km 12.5km
パラメータ	緯度、経度、風速・風向、Quality flag等

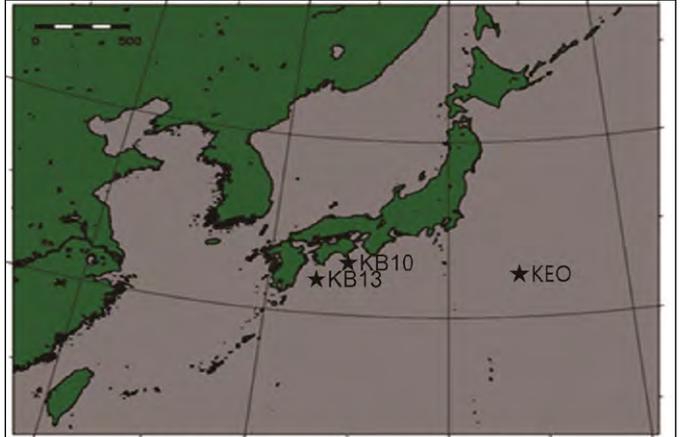


図6 対象海域と検証用ブイの位置

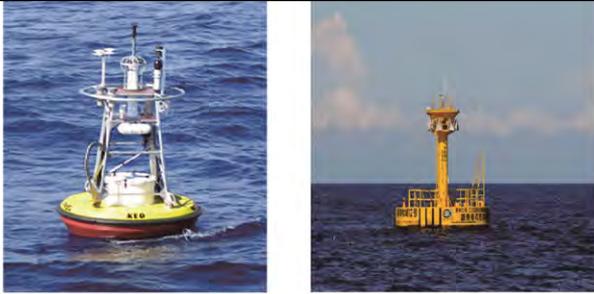


図7 KEO ブイ (海面からの風速観測高度 4m, <http://www.pmel.noaa.gov/keo/>)  
 図8 黒潮牧場ブイ No.12 (KB12, 海面からの風速観測高度10m, KB10,13と同じ)

4m 高における KEOブイ風速 → 10m高における等価中立風速 (モニンオブコフ相似則を使用)

表3 現場、メソスケールモデルWRFと衛星センサーの対象期間

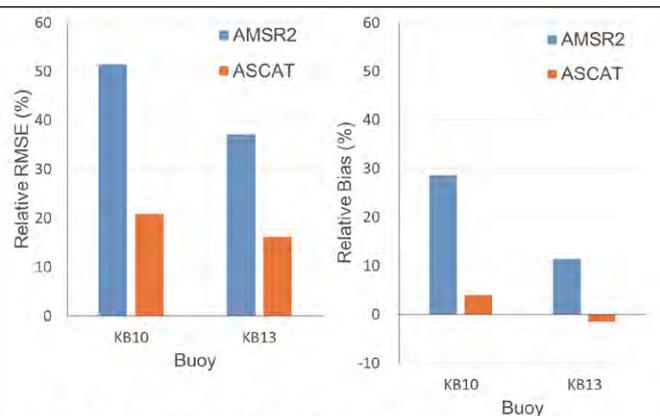
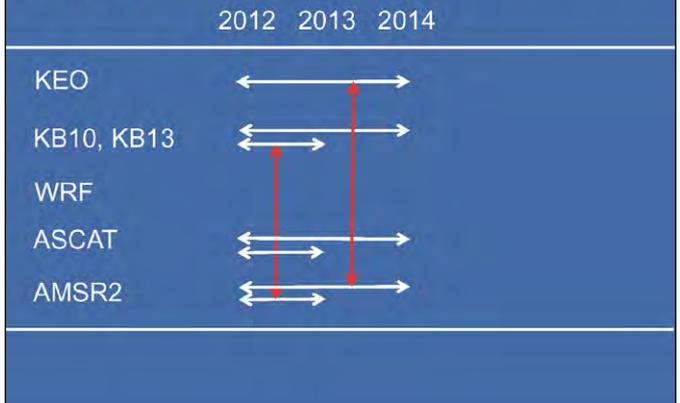


図9 AMSR2とASCATによる相対Bias(右)と相対RMSE(左)の比較 (2012/7~2013/7)

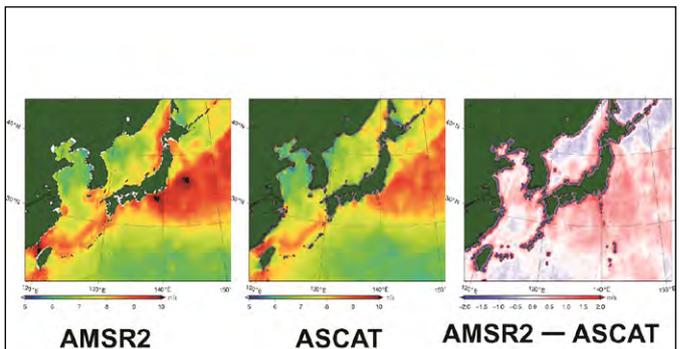


図10 AMSR2及びASCAT平均風速の比較 (2012/07 - 2013/07, 10m高)

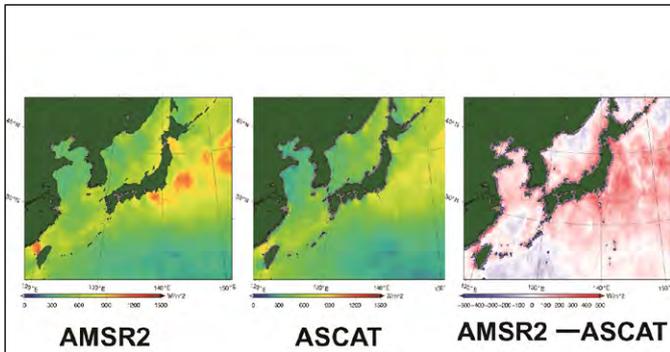


図11 AMSR2及びASCAT平均エネルギー密度の比較 (2012/07 - 2013/07, 10m高, エネルギー密度(W/m<sup>2</sup>)= 0.5x1.225x風速<sup>3</sup>)

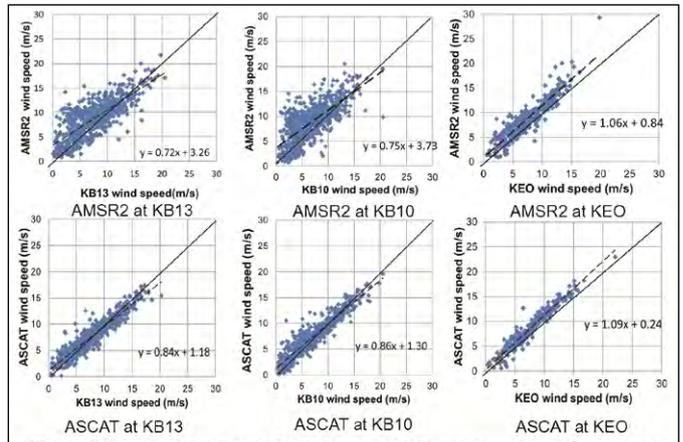


図12 KB10, KB13及びKEOにおけるAMSR2及びASCATの検証結果 (2012/7~2014/7)

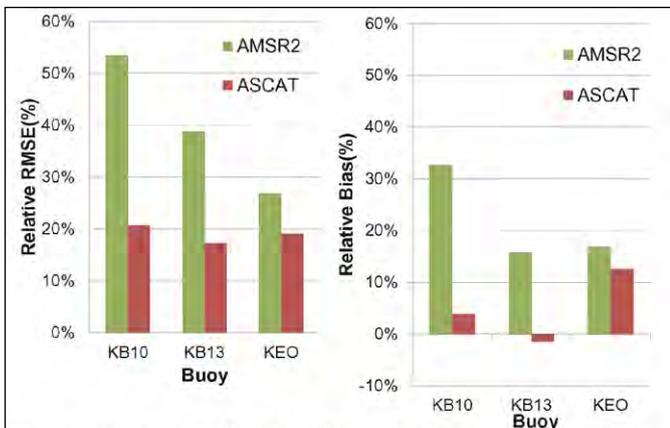


図13 KB10,13及びKEOにおけるAMSR2及びASCATの相対バイアス(右)と相対RMSE(左) (2012/7~2014/7)

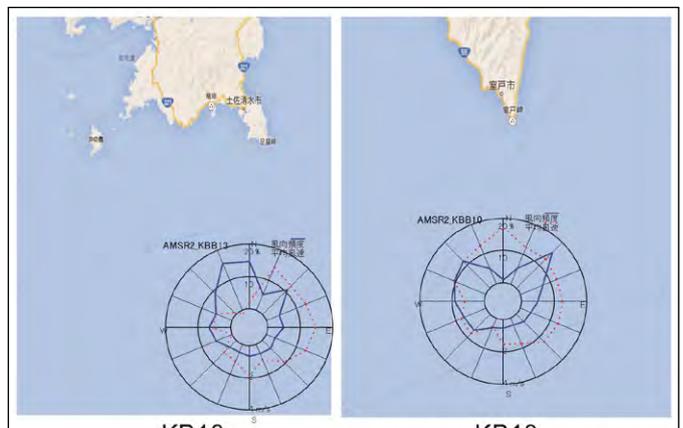


図14 KB10(右), KB13(左)における風配図(赤点線: 平均風速差(AMSR2-KB10,13風速))

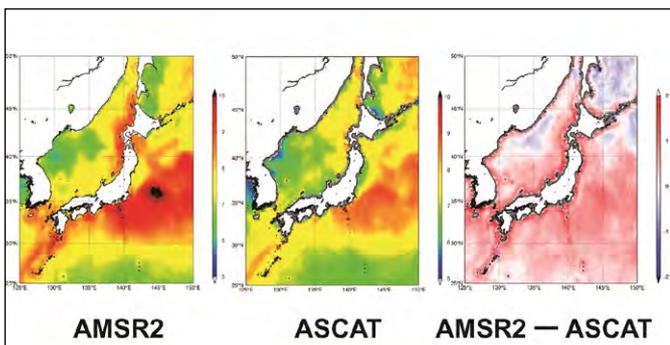


図15 AMSR2及びASCAT平均風速の比較 (2012/07 - 2014/07, 10m高)

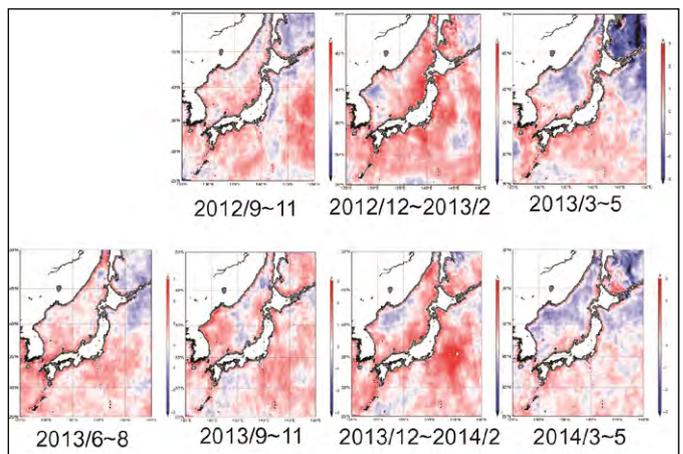


図16 AMSR2とASCATの風速差(AMSR2-ASCAT)の季節変動

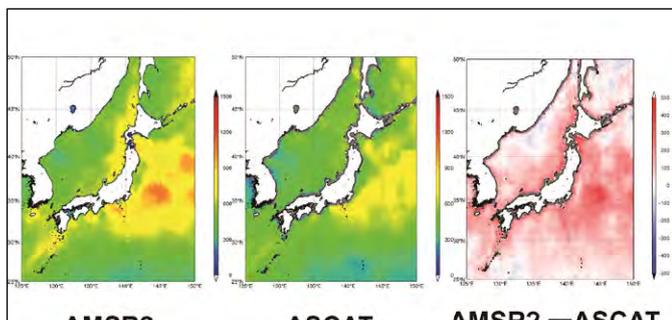


図17 AMSR2及びASCAT平均エネルギー密度の比較  
(2012/07 - 2014/07, 10m高, エネルギー密度(W/m<sup>2</sup>)=  
0.5x1.225x風速<sup>3</sup>)

## まとめ

1. 検証の結果、黒潮牧場ブイ10号、13号、KEOブイに対してAMSR2風速の相対バイアスと相対RMSEはASCATよりも高い値を示した。
2. AMSR2、ASCATとも本州南方および東方に8m/s以上の強風域が存在することが明らかになった。
3. AMSR2とASCATの正の風速差は日本沿岸域で顕著である。この風速差は各ブイにおける正の相対バイアスに対応している。

## 謝 辞

AMSR2データはJAXAと神戸大学海事科学研究科とのGCOM-W1に関する共同研究により得られた。ASCATデータはNASA、JPLより提供された。KB10及びKB13ブイデータは高知県より提供された。KEOデータはNOAA、PMELより提供された。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及び文部科学省科研費 基盤研究(C) 25420865の支援を受けた。

# 光学観測データ解析による奈良におけるエアロゾルの研究

\*舟田 亮子、西谷 沙貴、川下 温子、藤本 梨沙、久慈 誠(奈良女子大学)

## 1. 背景と目的

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深刻化しており、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、特に人間の住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、目視、並びにリモートセンシングデータを用いて奈良市におけるエアロゾルの特徴を調べた。

## 2. 観測データ

本研究では、Optical Particle Counter (OPC)、微小粒子状物質 (Particulate Matter 2.5; PM<sub>2.5</sub>)、視程、並びにサンフォトメータ (MICROTOPS; MT)観測データを使用した。各観測地点を図1に示す。  
【OPC】光散乱によってエアロゾルの粒子数濃度を測定する。観測粒径は、2013年8月から2014年9月までは0.3 μm以上、0.5 μm以上、0.7 μm以上、1.0 μm以上、2.0 μm以上、5.0 μm以上 (RION KR-12A)、2014年10月以降は0.3 μm以上、0.5 μm以上、1.0 μm以上、2.0 μm以上、5.0 μm以上 (RION KC-52)である。観測場所は奈良女子大学、観測時刻は14:00 JSTである。観測期間は2013年9月から現在も継続中である。  
【PM<sub>2.5</sub>】PM<sub>2.5</sub>とは、大気中に浮遊している粒径2.5 μm以下の粒子のことである。観測場所は西部大気汚染測定局(奈良市青和小学校地内)である。観測は1時間毎に1日24回行われているが、OPCの観測時刻に合わせて14時の1時間値を使用した。観測期間は2012年4月から現在も継続中である。尚、このデータは奈良市役所から提供を受けた。  
【視程】視程とは、地表付近の大気の混濁具合を見通し距離で表したものである。本研究では、気象庁ホームページで公開されている奈良の視程観測データを使用した。観測は9:00、15:00、21:00 JSTの1日3回行われているが、OPCの観測時刻に最も近い15:00 JSTのデータを使用した。  
【MT】太陽直達光の波長別の測定から、エアロゾル量に相当する光学的深さを推定することができる (Solar Light MICROTOPS II)。観測波長は380、440、675、870、936 nmである。観測場所は奈良女子大学、観測時刻は14:00 JSTである。観測期間は2014年2月から現在も継続中である。  
尚、OPCと視程の比較については降水による影響を除くため非降水時のデータを、OPCとMICROTOPSの比較については快晴時のデータを使用した。

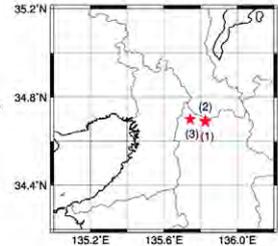


図1: 観測地点。(1)奈良女子大学、(2)奈良地方気象台、(3)西部大気汚染測定局。本学からの直線距離は奈良地方気象台が約730 m、西部大気汚染測定局が約8 kmである。

## 3. 解析結果

粒子数濃度 (OPC)と①質量濃度 (PM<sub>2.5</sub>)、②視程、③光学的深さ (MT)をそれぞれ比較した結果について以下に示す。

### 【①粒子数濃度 (0.3~2.0 μm) vs 質量濃度 (PM<sub>2.5</sub>)】

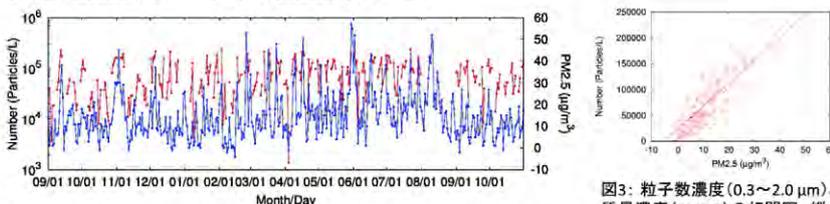


図2: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM<sub>2.5</sub>)の時系列 (2013年9月1日から2014年10月31日)。左縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)の常用対数、右縦軸は質量濃度 (μg/m<sup>3</sup>)、横軸は月を表す。赤は粒子数濃度、青は質量濃度である。

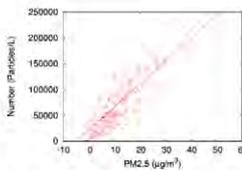


図3: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM<sub>2.5</sub>)の相関図。縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は質量濃度 (μg/m<sup>3</sup>)を表す。

本学で観測しているOPCは1地点観測であるため、西部大気汚染測定局で観測されているPM<sub>2.5</sub>の質量濃度と比較することで、OPCが奈良市のエアロゾルの変動を捉えているか検証を行った。PM<sub>2.5</sub>との比較のため、OPCの粒径区間は0.3 μm以上から2.0 μm以上を差引いた0.3~2.0 μmとした。図2に粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM<sub>2.5</sub>)の時系列を示す。粒子数濃度と質量濃度は概ね同様の変動をしていることが分かる。両者の関係をより明確にするため、相関を調べた (図3)。その結果、相関係数は0.82と強い正の相関を示した。これより、OPCは奈良市のエアロゾルの変動を概ね捉えていると考えられる。

### 【②粒子数濃度 (0.3~0.5、0.5~1.0、1.0~2.0、2.0~5.0、5.0 μm以上) vs 視程】

対流圏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<sup>[1]</sup>ため、エアロゾルの粒子数濃度が視程に与える影響を調べた。図4に粒子数濃度と視程の月平均の時系列を示す。0.3~0.5 (x)、0.5~1.0 (+)、1.0~2.0 (□) μmの小粒径の粒子数濃度と視程 (●)と概ね同様の変動をしていることが分かる。一方で、2.0~5.0 (▽)、5.0 μm以上 (◇)の大粒径の粒子数濃度は視程 (●)と同様の変動は見られない。両者の関係をより明確にするため、相関を調べた。その結果、相関係数は0.3~0.5 μmで-0.72、0.5~1.0 μmで-0.61、1.0~2.0 μmで-0.62、2.0~5.0 μmで-0.42、5.0 μm以上で-0.36であった。小粒子 (0.3~0.5、0.5~1.0、1.0~2.0 μm)ではやや強い負の相関を示し、一方で大粒子 (2.0~5.0 μm、5.0 μm以上)では弱い負の相関を示した。これより、視程は大粒子よりも小粒子の影響を受け、小粒子が卓越すると視程は悪化すると考えられる。

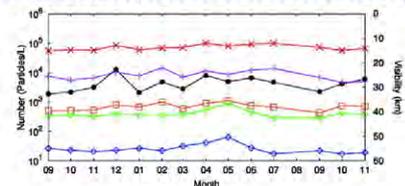


図4: 粒子数濃度と視程の月平均の時系列 (2013年9月から2014年11月)。左縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、右縦軸は視程 (km)、横軸は月を表す。赤は0.3~0.5 μm、桃は0.5~1.0 μm、橙は1.0~2.0 μm、緑は2.0~5.0 μm、青は5.0 μm以上の粒子数濃度、黒は視程である。

### 【③粒子数濃度 (0.3 μm以上) vs 光学的深さ (440、870 nm)】

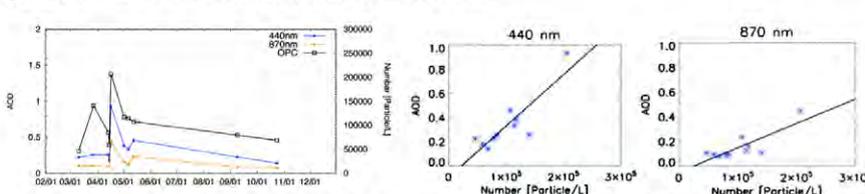


図5: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の時系列。左縦軸はエアロゾルの光学的深さ、右縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は日付を表す。青は440 nm、橙は870 nmにおける光学的深さ、黒は粒子数濃度である。

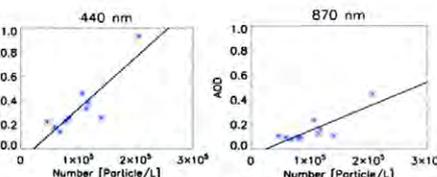


図6: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の相関図。縦軸は光学的深さ、横軸は粒子数濃度 (Particles/L)を表す。(左)440 nm、(右)870 nm。

図5にエアロゾルの光学的深さ (440、870 nm)と粒子数濃度 (0.3 μm以上)の時系列を示す。粒子数濃度が増加すると光学的深さは増加し、一方で粒子数濃度が減少すると光学的深さは減少することが分かる。両者の関係をより明確にするため、相関を調べた (図6)。その結果、相関係数は440 nmで0.87、870 nmで0.82と強い正の相関を示した。これより、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と考えられる。また、440、870 nmの光学的深さを用いてオングストローム指数αを求めた。その結果、αの平均±標準偏差は1.19±0.22となった。これより、小粒子が卓越していたことが分かった。

## 4. まとめと今後の課題

空気サンプリング、目視、並びにリモートセンシングデータを用いて、奈良市におけるエアロゾルの特徴を調べた。まず、OPCとPM<sub>2.5</sub>観測データの比較より、本学で観測しているOPCは奈良市のエアロゾルを概ね捉えていると考えられる。次に、OPCと視程観測データの比較より、視程悪化には小粒子の増加が影響していることが分かった。さらに、OPCとMT観測データの比較より、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たことが分かった。また、奈良市では小粒子が卓越していたと考えられる。今後は水蒸気量を考慮することで、より詳細に奈良の大気環境について調べる予定である。

### 謝辞

視程観測データは気象庁より、PM<sub>2.5</sub>観測データは奈良市役所より提供を受けました。御礼申し上げます。

### 参考文献

[1] D. J. ジェイコブ (著)、近藤 豊 (訳)、大気化学入門、東京大学出版会、2010。

CEReS  
CEReS Symp. 2015.2.20

## 酸素Aバンドを利用した植物の 蛍光スペクトル計測

静岡大<sup>1</sup>, 千葉大CEReS<sup>2</sup> : ○ 増田 健二<sup>1</sup>,  
齊藤 隼人<sup>2</sup>, 眞子 直弘<sup>2</sup>, 久世 宏明<sup>2</sup>

1

CEReS

## 本研究の背景

- GOSATなど高分解FTIRを搭載した衛星観測により、地上植生からの蛍光が観測されている<sup>1,2)</sup>。地上計測では、UAVや園場上空に設置したクレーンをプラットフォームとして用いた植物蛍光計測法が提案されている。
- 太陽光での励起の場合、植物が赤外域において示す強い反射が問題となり、通常のスペクトル測定ではこの赤外反射とクロロフィル蛍光を分離して計測することは困難である。分光器または狭帯域光学フィルターを用いて波長760 nm付近に強い吸収バンド (A-band) の波長域を観測すれば、蛍光強度スペクトルや蛍光分布画像を取得できる可能性がある。

1) L. Guanter, L. Alonso, L. Gómez-Chova, J. Amorós-López, J. Vila, and J. Moreno, Estimation of solar-induced vegetation fluorescence from space measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L08401, doi:10.1029/2007GL029289 (2007).

2) C. Frankenberg, A. Butz, G.C. Toon, Disentangling chlorophyll fluorescence from atmospheric scattering effects in O<sub>2</sub> A-band spectra of reflected sun-light, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L03801, doi:10.1029/2010GL 045896 (2011).

2

CEReS

## 本研究の目的

- 太陽光励起蛍光 (Solar Radiation Induced Fluorescence: SRIF) 法を用いたCCD分光器によるクロロフィル蛍光強度スペクトル計測法を確立する。
- 生育場所においては植物葉のSRIF法による分光リモートセンシング計測および太陽光スペクトル中の暗線によるFLD (Fraunhofer Line-Discrimination)法を用いた植物蛍光分布画像システムの開発を行う。
- 屋外(生育場所)での酸素Aバンドを利用した植物蛍光の分光画像計測として、イネなどの園場や森林などでのスタンドオフ計測を計画する。

3

CEReS

## 実験室における直達太陽光・レーザー 励起による蛍光スペクトル計測

4

CEReS

2014.11.28 12:00  
直達太陽光 106,600 lx

コールドミラーで2回反射させる (74,600 lx)

ノーマルミラーで2回反射させる (82,100 lx)

Angle: 0°  
IR < 5%  
VIS > 95%  
IR > 90%

5

CEReS

## 太陽光スペクトル 測定用入射筒 White board reflectance

Filter(透過率: 0.4%)

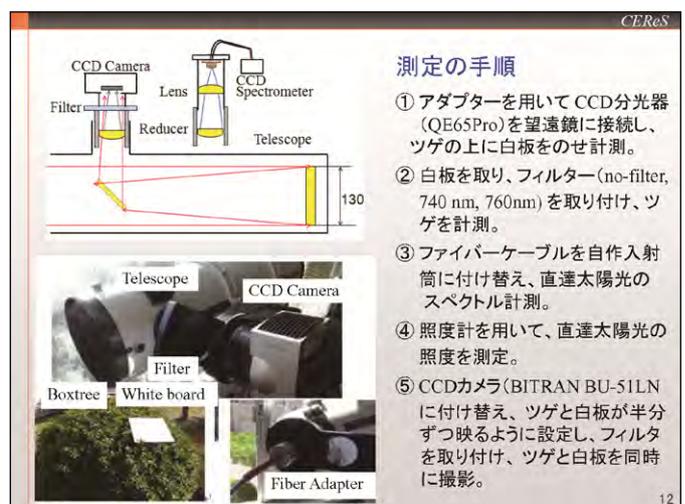
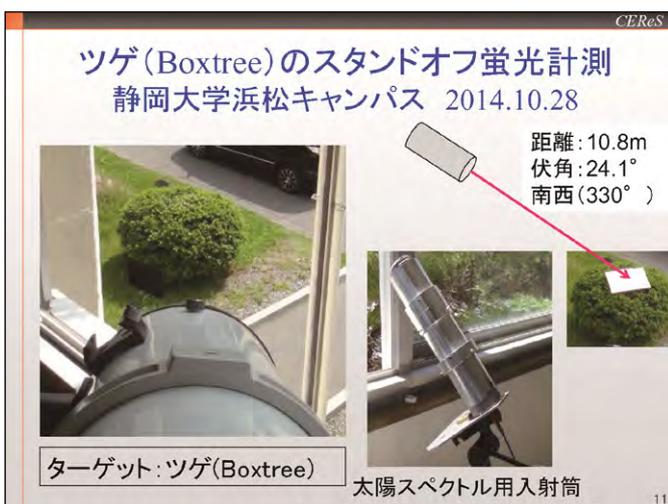
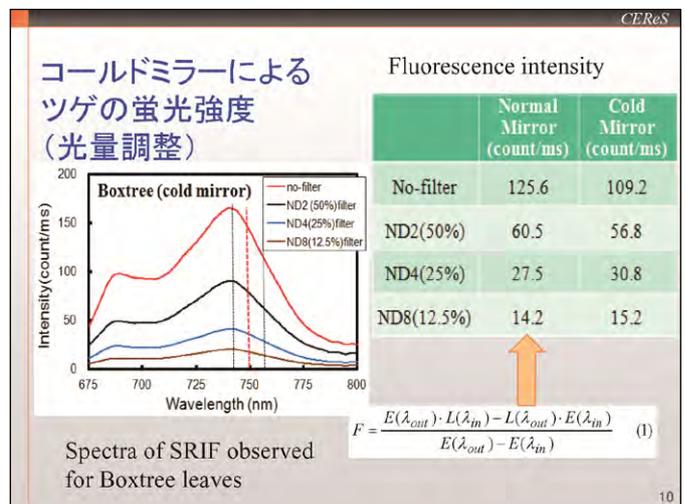
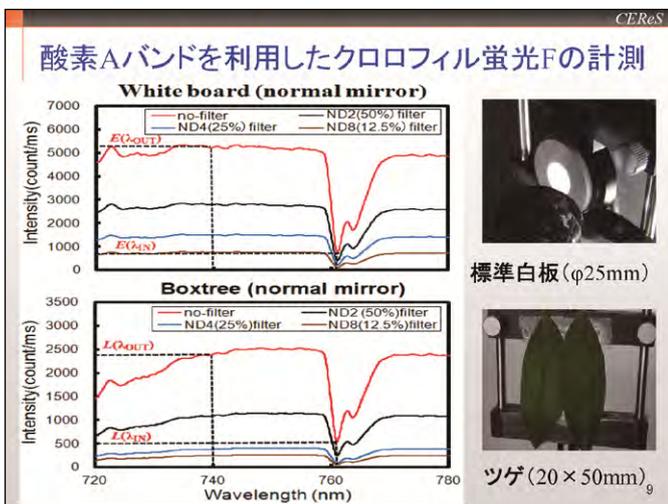
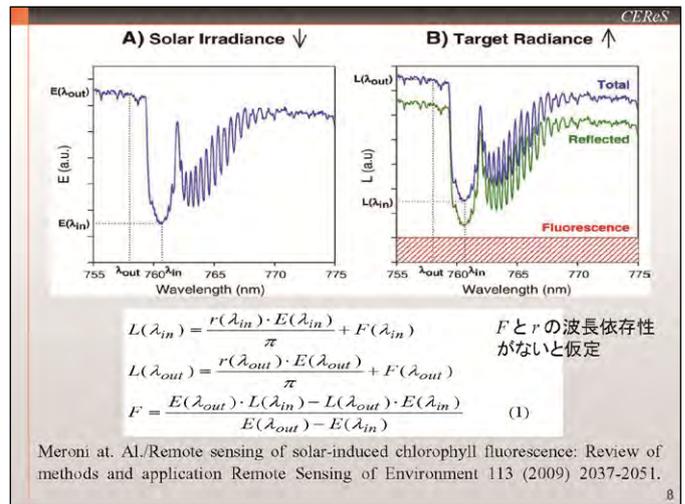
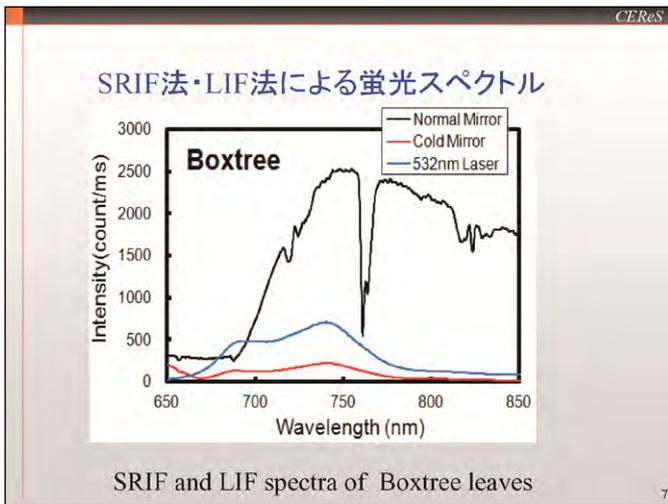
5° FOV  
8.8  
10° FOV  
17.5  
360.0  
33.0 (mm)

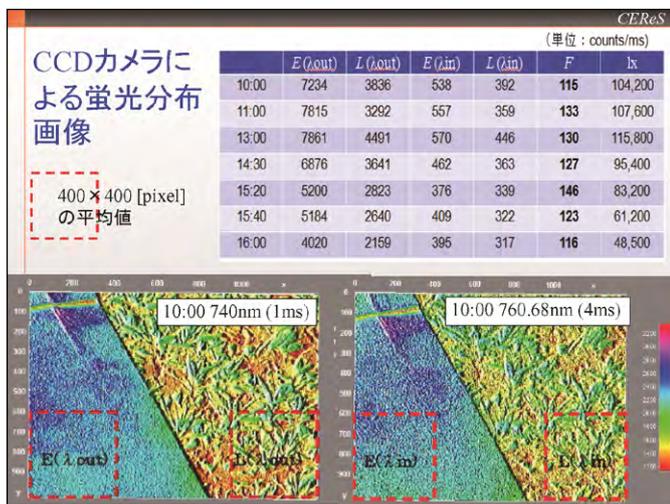
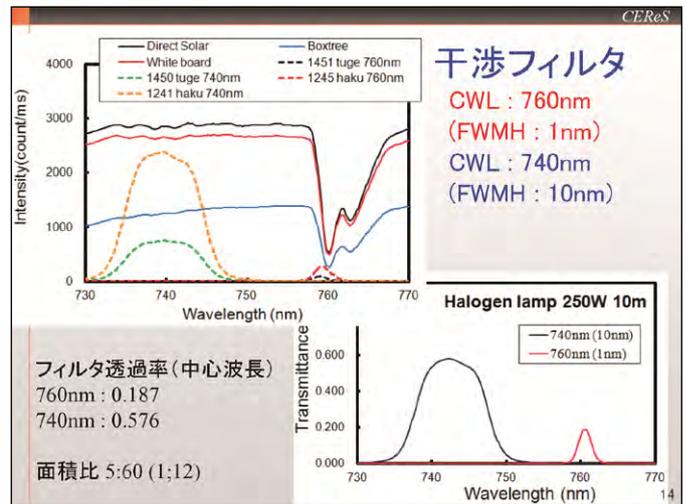
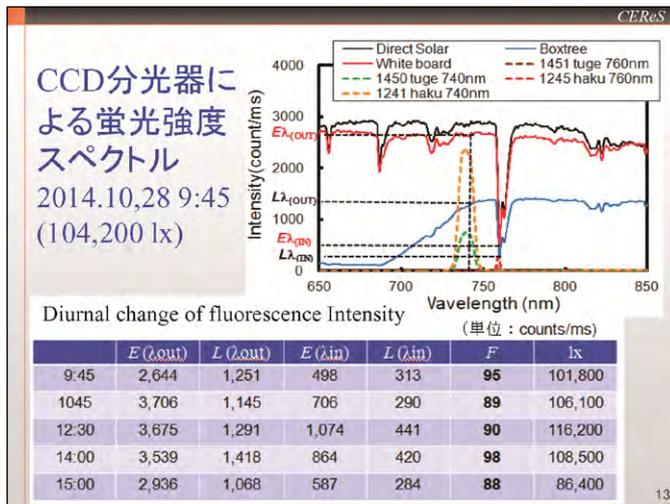
Intensity(count/rms)

Wavelength (nm)

Spectra after the reflection of normal and cold mirrors.

6





### まとめ

- 実験室における蛍光成分 $F$ の計測
  - ・ 赤外光を除去するコールドミラーを使う方法
    - LIFと同様に、反射成分のない蛍光スペクトルを観測
  - ・ 酸素Aバンドを利用したSRIF法
    - ノーマルミラーによる太陽光照射
      - 反射成分を取り除き、蛍光強度を近似的に導出
- 屋外の植生(ツゲ)の観測
  - ・ 白板と比較し、照射光強度 $E$ と植生反射光 $L$ を取得
  - ・ 口径130mmの望遠鏡に小型分光器/CCDカメラを接続
  - ・ 分光器によりスペクトルを計測
  - ・ CCDカメラと狭帯域フィルタにより蛍光画像取得
    - 蛍光強度の時間変化を確認

### 今後の展望

- 蛍光スペクトル形状を考慮した蛍光強度導出アルゴリズムの改善、個葉レベル計測との相互比較
- 屋外(生育場所)での酸素Aバンドを利用した植物蛍光の分光画像計測として、イネなどの圃場・茶畑や森林などでのスタンドオフ計測を計画 → 皆様からのご提案をお願いいたします。



### 京都大学の観測装置



熱画像カメラ  
(京都大学農学研究科・  
本間香貴 講師)



MONITORING - PAM (WALZ)  
(京大大学生命科学研究科・  
遠藤 剛 准教授)

### 屋外樹木(ミカン・茶・スギ)観測

ミカン 2013.12.11 ⇒  
奥浜名湖展望台  
浜松市三ヶ日町



↑ 茶 2014.1.11  
富嶽展望台(久能  
山)静岡市日本平

スギ 2014.1.16  
浜松市天竜区  
佐久間町 ⇒



# ISS-IMAPにより観測された赤道プラズマバブルの季節-経度依存性

中田裕之・高橋明・鷹野敏明 (千葉大学大学院工学研究科)  
 齊藤昭則 (京都大学大学院理学研究科)  
 坂野井健 (東北大学大学院理学研究科)

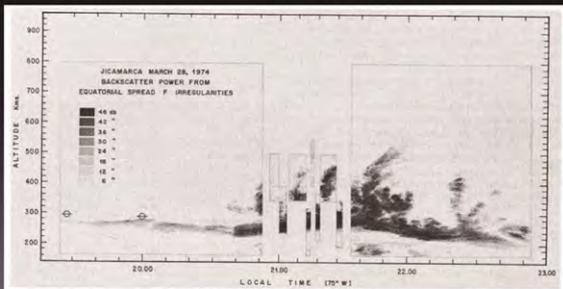
# 赤道プラズマバブル (Equatorial Plasma Bubble : EPB)

- ・ 磁気赤道電離圏において発生する、電子密度の減少
- ・ 内部にさまざまなスケールの電子密度擾乱が存在するため、広い帯域の電波を散乱させる → 衛星通信、GPSなどに影響
- ・ 太陽活動に同期して、発生頻度が変化
- ・ 地上からでは、全球的な観測は難しい



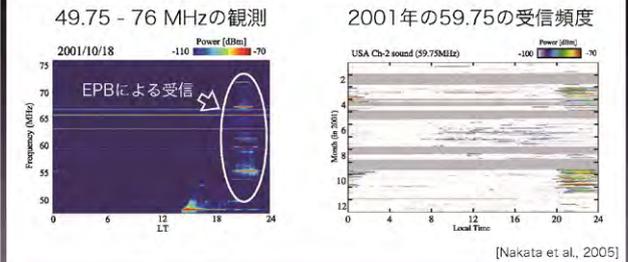
ISSからの撮像データを利用し、プラズマバブルの発生頻度の季節・経度依存性について解析

# VHFレーダー観測によるEPB



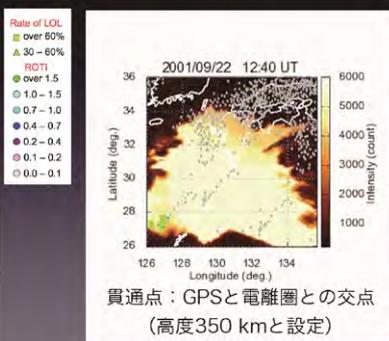
Jicamarca Radio Observatory (Peru、周波数50 MHz)にて観測されたEPBの様子。黒く写っている部分からの電波が強く受信されている。 [Woodman and LaHoz, 1976]

# 館山でのVHF観測



[Nakata et al., 2005]

# 地上大気光とGPSとの同時観測

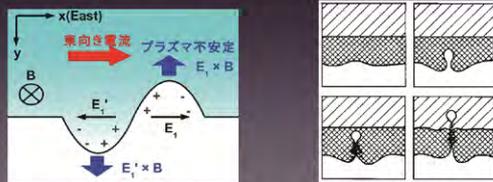


- ・ GPSと大気光により観測されたプラズマバブル。
- ・ 背景は鹿児島県佐多岬にて行った大気光観測データ。
- ・ 点状プロットは、GPSでロック損失が観測された点 (LOL) + 電子密度変動が大きな点 (ROTI)。
- ・ 赤道プラズマバブル電場によるドリフトで東に移動する。

貫通点：GPSと電離圏との交点 (高度350 kmと設定)

# EPBの発生メカニズム

- ・ 春、秋の日没直後に発生。磁場と電離圏密度成層と磁力線が平行になった状態で、電離圏の擾乱により分極電場が発生し、プラズマ不安定が擾乱を成長させる。



EPB発生の様式図

EPB成長の様子

[Woodman and LaHoz, 1976]

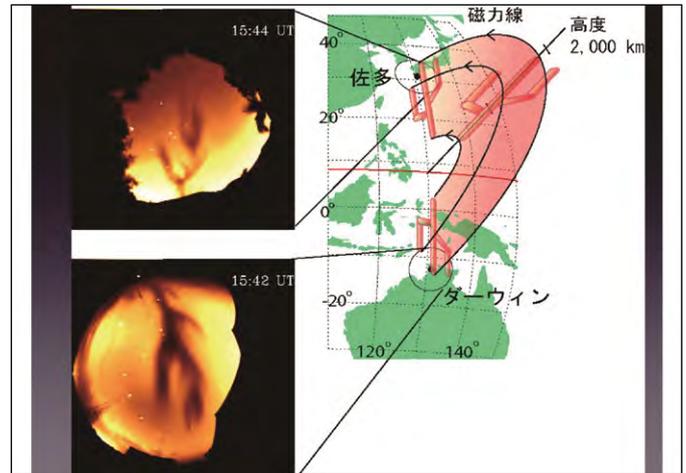
# EPBの全体像

・ 630 nmでの大気光観測によるEPB。南北磁気共役点  
で対称に観測される。

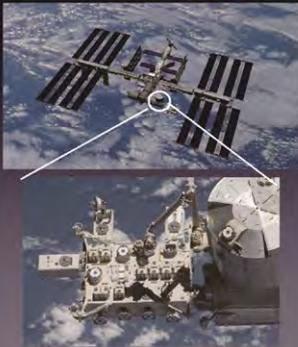
佐多



ダーウィン  
(オーストラリア)



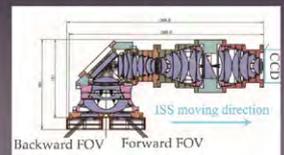
# IMAP mission



- ・ 国際宇宙ステーション  
実験棟「きぼう」からの地球超高層大気撮像  
観測ミッション。
- ・ VISI(可視・近赤外分  
光撮像装置)、EUVI(極  
端紫外光撮像装置)の  
2台のカメラで観測。

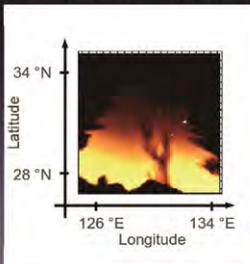
# VISI(可視・近赤外分光撮像装置)

- ・ 3種類の波長で、撮像観測を行っている。
- ・ 730 nm (高度85 km、OHによる発光)
- ・ 762 nm (高度95 km、O<sub>2</sub>)
- ・ 730 nm (高度250 km、O) <= 今回利用

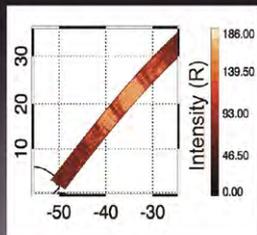


# ISS-IMAPによるEPB観測

佐多での地上観測



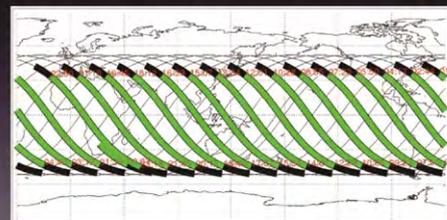
IMAPからの観測



視野の幅から、EPBの全体像は捉えられず、  
大気発光領域の中での線状領域として観測される

# ISS track

2013/8/01



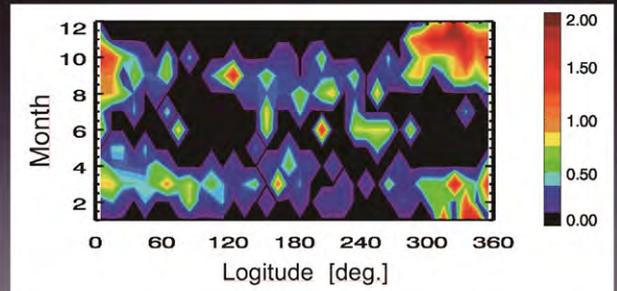
夜間（満月時は除く）のみの観測のため、  
どの季節でも同じように赤道域を観測できない。

## Event selection

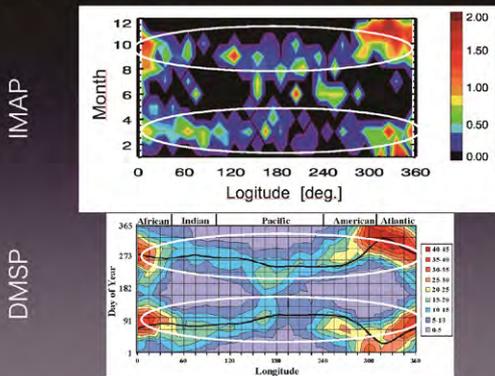
- 軌道に沿って明暗差が大きなところを抜き出し、コンタミなどの影響により拾い上げたものを除去。
- 413イベント (2012/9 - 2014/4) を抽出。
- 発生頻度を磁気赤道±30°以内の観測時間に対する発生個数で算出。

$$\text{発生頻度} = \frac{(\text{発生個数})}{(\pm 30^\circ \text{以内の領域の観測時間})}$$

## Occurrence rate of EPB



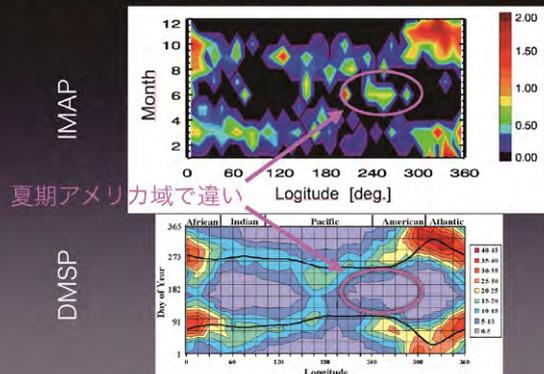
## Comparison of Occurrence Rate



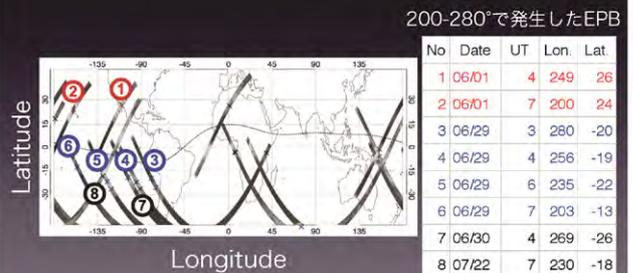
	観測高度	期間
ISS-IMAP (大気光)	250 km	2012-2014 (太陽活動極大期)
DMSP (電子密度)	840 km	1989-2002 (太陽活動1周期)

観測高度は異なるが、全体の分布には大きな違いは見られない→発達高度については、太陽活動による依存性は小さい

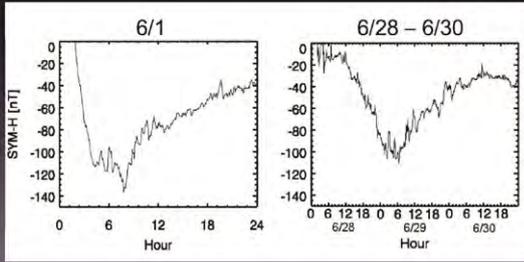
## Comparison of Occurrence Rate



## 夏期EPB発生位置

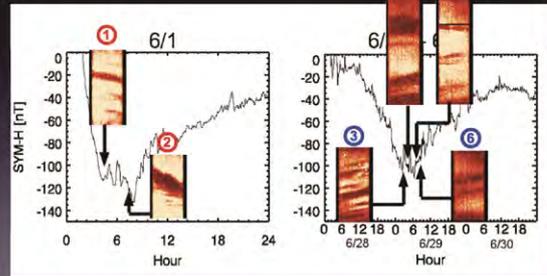


## 磁気嵐 (SYM-H index)



赤道域での北向き磁場について、静穏時からの差を示したものの。値が小さいほど（絶対値が大きいほど）磁気嵐の規模が激しいことを示す。

## 夏期EPB発生時刻

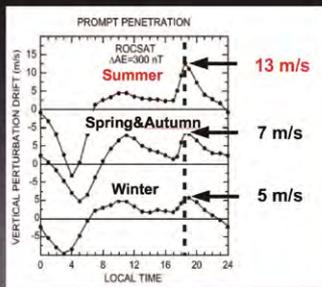


・ 6/7、6/29の連続したイベントは全て磁気嵐に伴うもの → 磁気嵐によるプラズマバブルの発生・成長促進

## 磁気嵐に伴う変動 (侵入電場)

EPBの成長要因について

- 東向き電場の強度が大きく影響
- 磁気嵐時には極域に印加された電場が赤道域に侵入



磁気擾乱時における日没付近のプラズマの鉛直方向ドリフト速度 [Fejer et al., 2008]

## Summary

- ・ ISS-IMAPデータを利用して、赤道プラズマバブルの発生頻度について解析を行った
- ・ 観測高度が高い衛星データを利用した先行研究と比較して、夏期アメリカ域で特異な発生 → 磁気嵐により発生が促進された事象
- ・ それ以外の地域については、先行研究とほぼ同様の発生頻度分布 → 到達高度には明確な依存性は見当たらない

2015/02/20 第17回 環境リモートセンシングシンポジウム UAV リモートセンシング研究会

## 小型UAVを用いた 水稲生育の簡易モニタリング

田中 圭 (日本地図センター)  
近藤 昭彦 (千葉大学)

はじめに UAV リモートセンシング研究会

### 【米価暴落】空前の低米価 農家経営を直撃

農業協同組合新聞 (2014.9)

今年も米価が下落し、新米価格が古米価格より安いという「逆転現象」が生じる。

例：埼玉の14年産概算金 コシヒカリ 8000円 (60kg 当たり)  
※13年産 1万2100円

**「米を作れば作るほど赤字になる」**

売れる米にするには …  
米をブランド化して販売 (一般米より2~3割高い価格設定)

つがるロマン(キャッチ米)：RSを用いて、たんぱく質含有量の低い圃場を選んで収穫・集荷した米

平成26年度新米 (10kg) つがるロマン(キャッチ米)：5000円  
コシヒカリ (埼玉県産)：3000円

はじめに UAV リモートセンシング研究会

## 目的

### 水稲のモニタリング

従来：広範囲 衛星画像, 航空機  
狭範囲 カイト, 無人ヘリ (エンジン), 人  
→ 費用や手間が掛かり, 個人では難しい …

- ・個人で安全に運用できること
- ・低費用で導入できること
- ・精確な生育状況の分布を把握できること

**詳細な水稲のモニタリング手法の構築**

はじめに UAV リモートセンシング研究会

- ・埼玉県坂戸市の水田を試験サイト (3.2反：36m×88m)

### 【聞き取り調査をした結果】

- ・平成23年は100万円程度の赤字 (人件費は含まず)  
→ 農機具 (トラクター等) の修理
- ・家族内では, 稲作の放棄という意見も …

機体 UAV リモートセンシング研究会

重量：約 3.0 kg  
ペイロード：約 1.0 kg  
自律飛行：可能

**Zion EX700(エンルート)**

対象期間 UAV リモートセンシング研究会

## 取得日

	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Total
2014 observational days	2	7	6	5	3	22

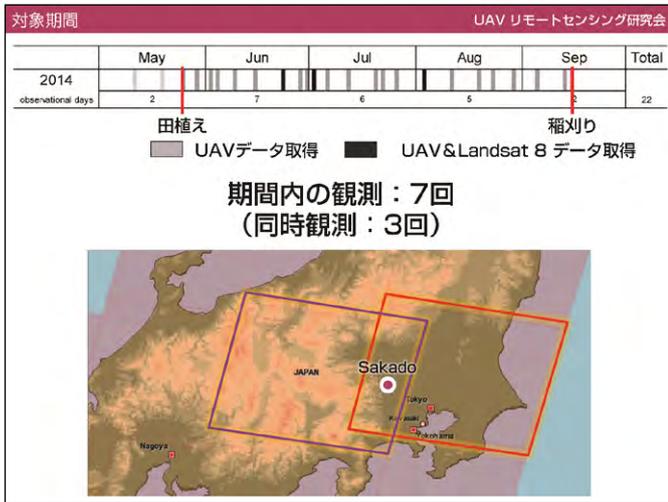
田植え 稲刈り

■ UAVデータ取得 ■ UAV&Landsat 8 データ取得

**週1回を目標にモニタリング：22回**  
墜落事故：0回

撮影時間：10時～14時  
※Landsat飛来時は10時16分～

Landsat 8 のスケジュールは下記から閲覧可能  
Landsat 8 Acquisition Calendar (USGS)  
[http://landsat.usgs.gov/tools\\_L8\\_acquisition\\_calendar.php](http://landsat.usgs.gov/tools_L8_acquisition_calendar.php)



撮影 UAV リモートセンシング研究会

### カメラ

- ・可視光：Nikon AW1 (オルソ画像・DSM)
  - 仕様
    - レンズ：焦点距離 10mm 絞り f/2.8
    - 画角27mm (35mm判換算)
    - 水平：GPS + GLONASS
    - 高度：高度計 (気圧)
    - 重量：470g (本体+レンズ)
- ・近赤外：GoPro3×2台 (近赤外オルソ画像)
  - 簡易型近赤外カメラ仕様
    - GoPro3と同じ
    - 重量：約300g
    - カメラ+マウント

富士フィルム IR-78  
光吸収・赤外線透過フィルター

撮影 UAV リモートセンシング研究会

### 撮影に関する注意事項

- ・ダウンウォッシュ
  - 影響を受けない高さ (10m以上) で飛行
- ・ハレーション
  - 太陽が真上にならない時間に飛行
  - オーバーラップ率を高く設定

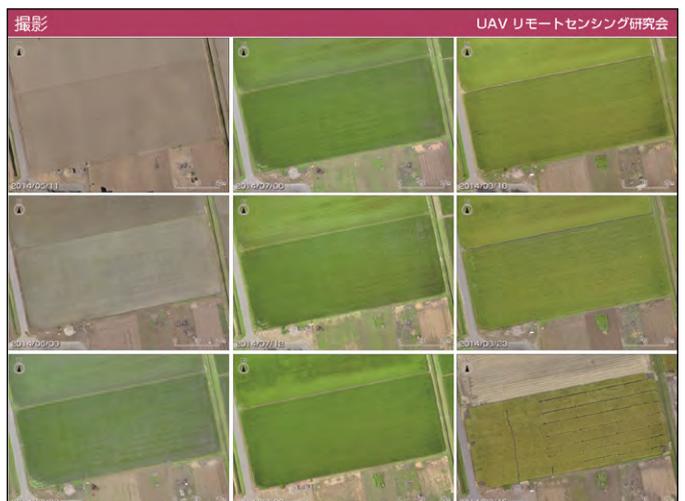
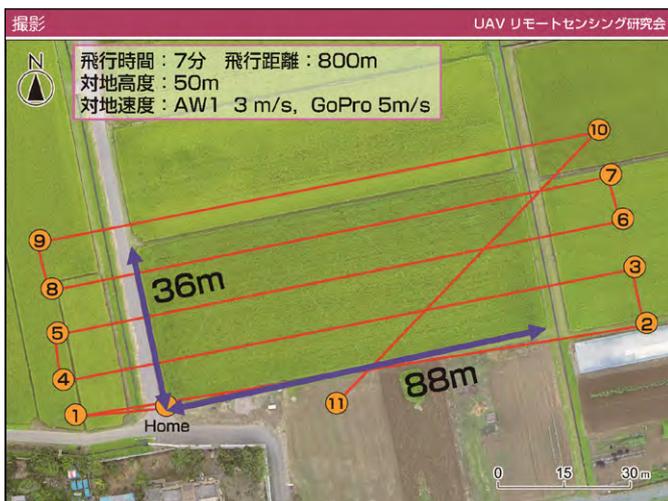
ダウンウォッシュ ハレーション

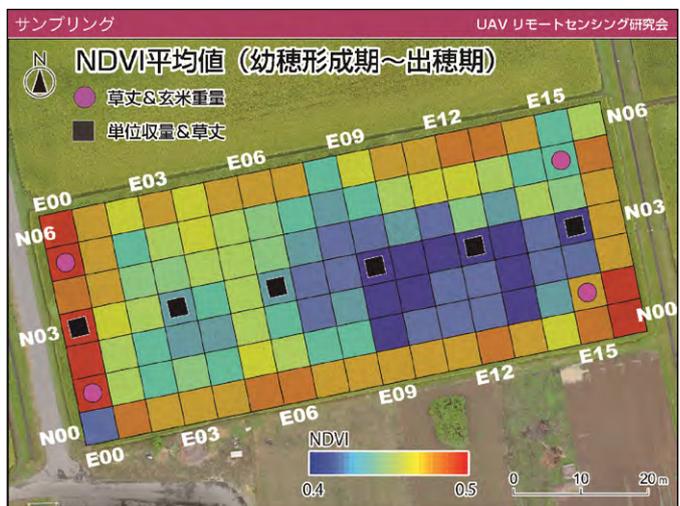
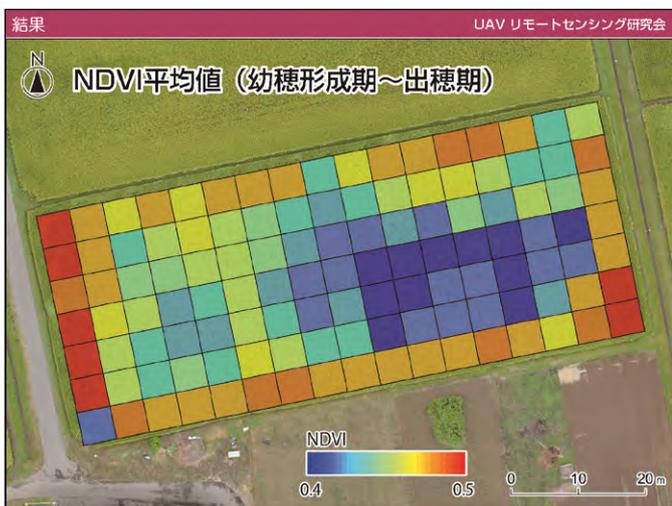
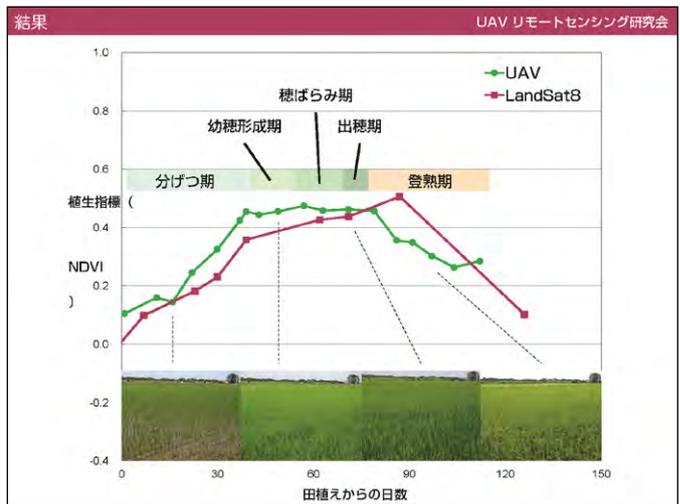
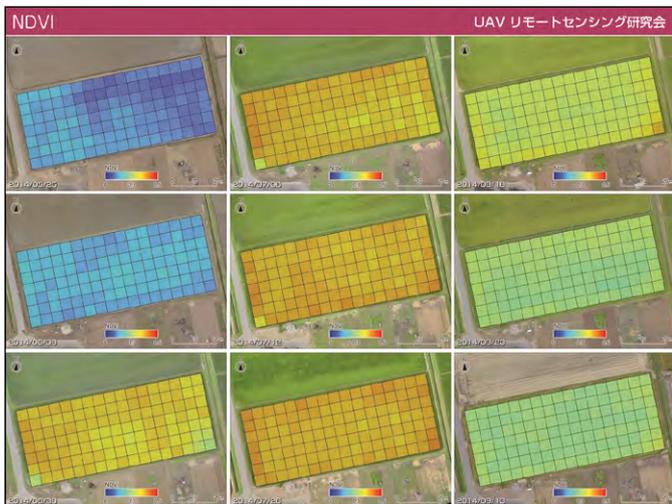
撮影 UAV リモートセンシング研究会

### 撮影に関する注意事項

#### 白色板の作成

硫酸バリウム, エタノール, PVA (洗濯のり) など  
→ タイル1枚あたり：1000円程度  
山下ほか (2001)：簡易白色板作成法の検討およびその性能評価・校正



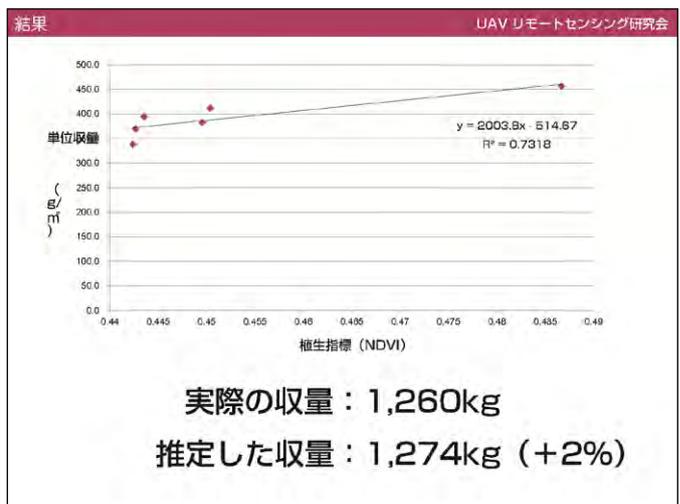


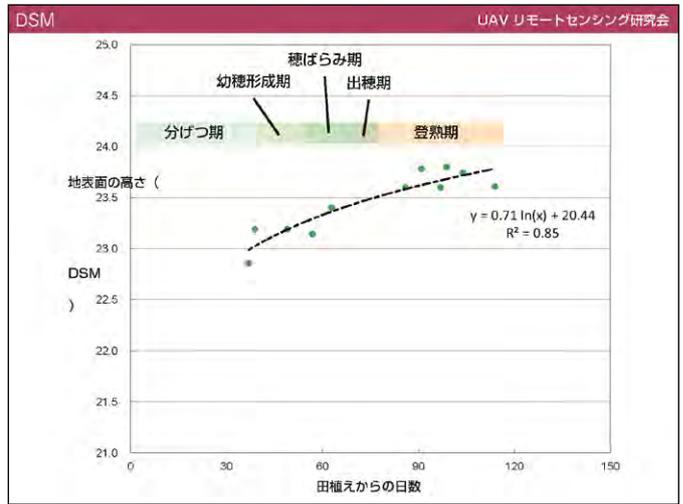
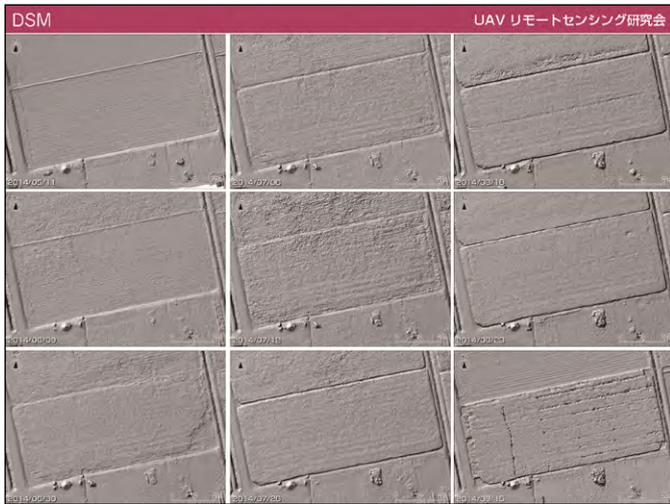
サンプリング UAV リモートセンシング研究会

**単位収量 (g/m<sup>2</sup>)**

- ・メッシュ内の株数  
→ 単位面積当たり株数 (株/m<sup>2</sup>)
- ・1株当たりの平均穂数  
→ 単位面積当たり穂数 (穂/m<sup>2</sup>)

単位面積当たり穂数 (穂/m<sup>2</sup>)  
×  
1穂あたりの玄米重量 (g)





- まとめ UAV リモートセンシング研究会
- まとめ**
- ・衛星画像・航空機の場合
    - 出穂してから、10~20日後の撮影データを使用
    - たんばく質含有量の把握 → **農家への通知表**
  - ・小型UAVの場合
    - リアルタイムな測定が可能
    - 生育状況から、追肥等の検討や倒伏の予測が可能
    - **迅速対応**
  - ・水稻のモニタリング
    - 個人で安全に運用できる
    - 精確な生育状況の分布を把握できる
    - 低費用で導入できる

ラジコン電動マルチコプター,SfMを使用した  
近接画像からの水稻生育モニタリング

濱 侃, 早崎 有香 (千葉大学), 田中 圭 (日本地図センター),  
近藤 昭彦 (千葉大学, CEReS)

### はじめに

- ラジコン・マルチコプターは急速に普及。
- 小型化・低価格化、姿勢制御技術。
- UAV(Unmanned Aerial Vehicle)・観測ドローンとしての活用。
- 任意の範囲を、規則正しく飛行・計測を行っている様子は、まさに「**空飛ぶスキャナ**」

### リモートセンシングと稲作

- リモートセンシングの重要な課題
- 農作物の生産管理に関わる研究は、多くの研究例が存在。  
→生育・収量予測、収穫適期など。  
→解析手法などは、事例・手法が多数ある。
- 水稻においては、**収穫時期**、**収量**と**食味**が重要。

### 米の等級と食味値

「お米の品質・等級」より

等級	整粒割合	水分含有	死米混入	褐色粒混入	もみ混入
1等米	70%~	12%~15%	~7%	~0.1%	~0.3%
2等米	60%~	12%~15%	~10%	~0.3%	~0.5%
3等米	45%~	12%~15%	~20%	~0.7%	~0.1%

### 米の等級と食味値

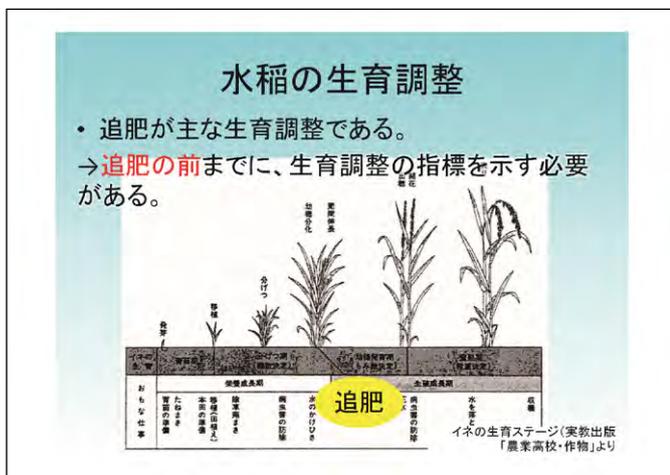
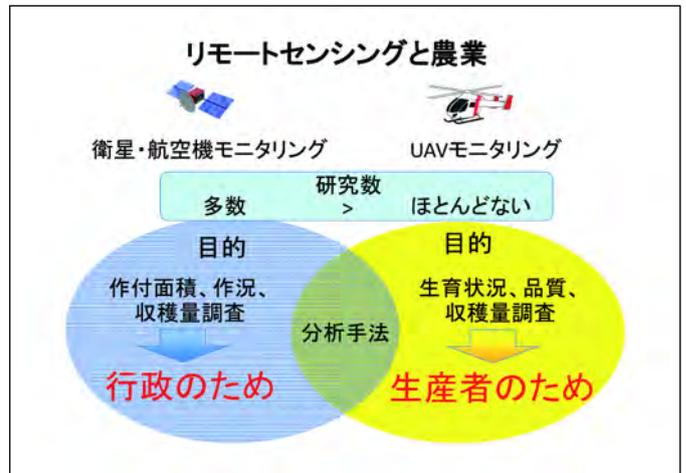
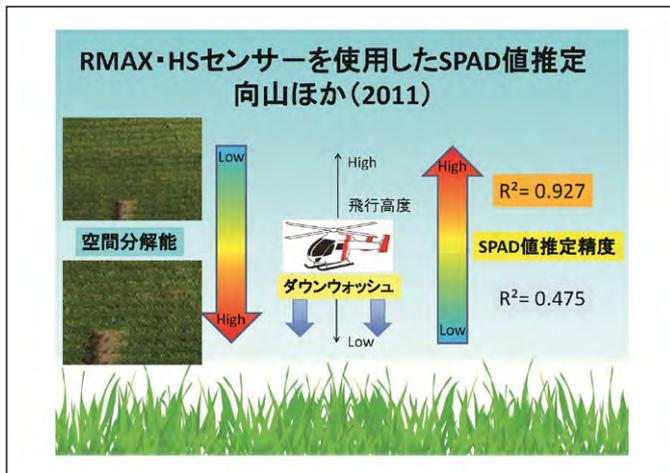
生産意欲の向上  
農家のやりがい

一般財団法人 日本穀物検定協会より

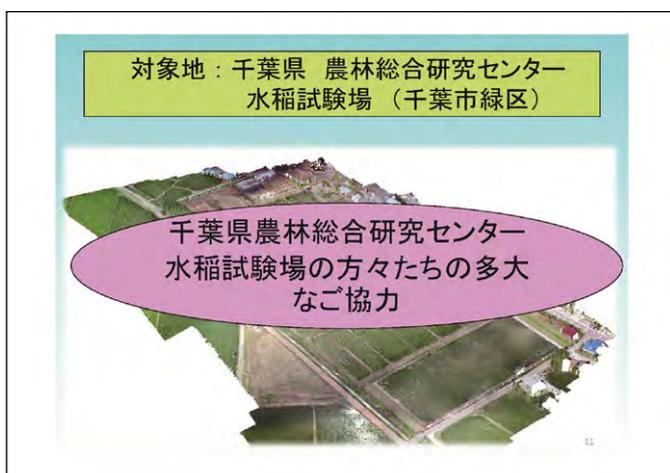
食味値: 100点満点(基準値60~65点)  
近赤外線分析機で、「アミロース」「タンパク質」「水分」「脂肪酸度(玄米)」の4つの成分を測定

### リモートセンシングと稲作

- 2000年周辺は、**収量**の予測が多く行われた。
- 現在は、SAR(Xバンド)を使用した研究も注目されている。(木村ほか(2013))
- ハイパースペクトルカメラを使用したSPAD値推定や食味に関わる**タンパク質含有率**の推定などを、航空機・衛星・UAVから行うことができる。(小田川ほか(2012), 向山ほか(2011)など)



- ### 研究の目的
- 衛星や航空機から行っていた水稻の生育モニタリングにRCマルチコプター・SfM (Structure from Motion)を使用
  - 実利用を視野にいれた観測手法の検討・確立
  - 既存のアルゴリズム(農業RS手法)の適用
  - 観測結果をもとにモデルの構築



## 観測方法

- 6月中旬(成長期)から9月初旬(登熟期)にかけて観測(空撮)。
- RC電動マルチコプター  
(JABO H601G - ヘキサコプター,  
Phantom2 - クワッドコプター)
- デジタルカメラ  
(可視画像: RICOH社 GR, GoPro社 HERO3,  
近赤外画像: BIZWORKS社 Yubaflex)

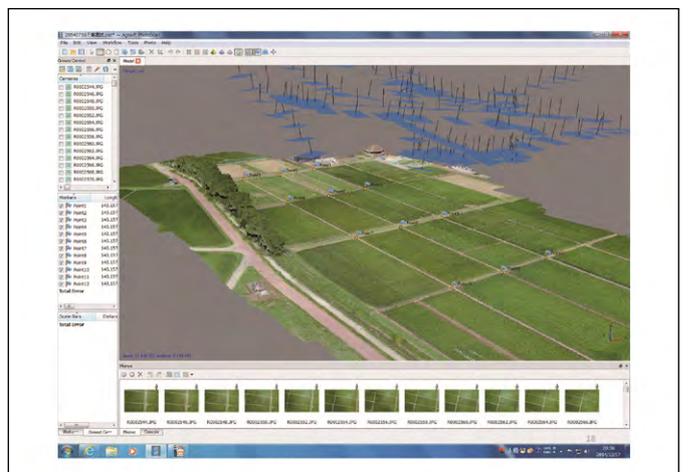
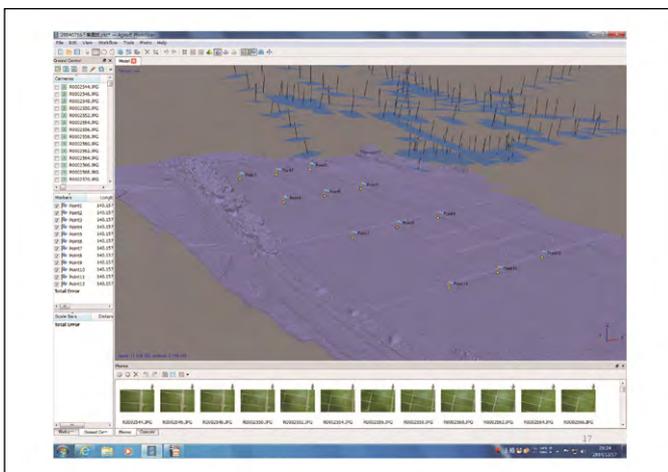
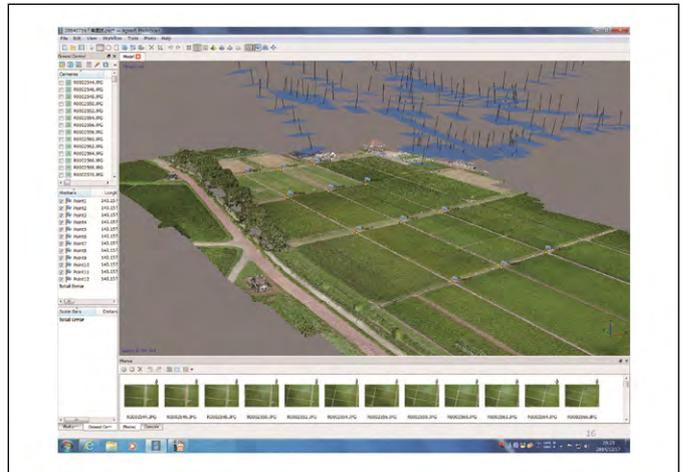
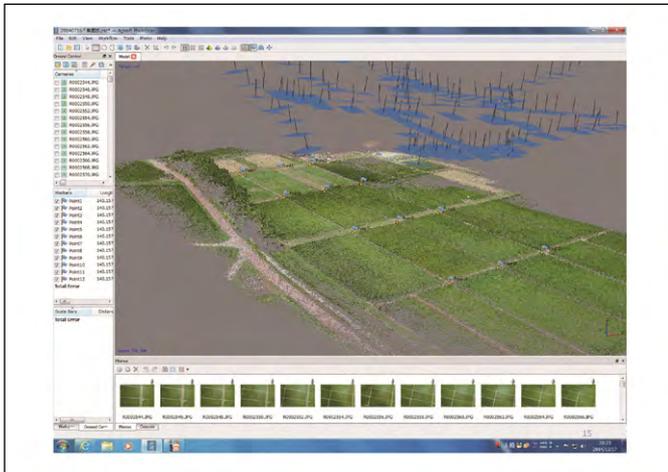


## 分析手法

空撮画像のモザイク、オルソ化、DSMの作成は、SfM: Agisoft社 PhotoScan

NDVIはArcGISの空間分析ツールで算出した後、GIS (ESRI社 ArcGIS) などでオルソ化、モザイク画像を作成

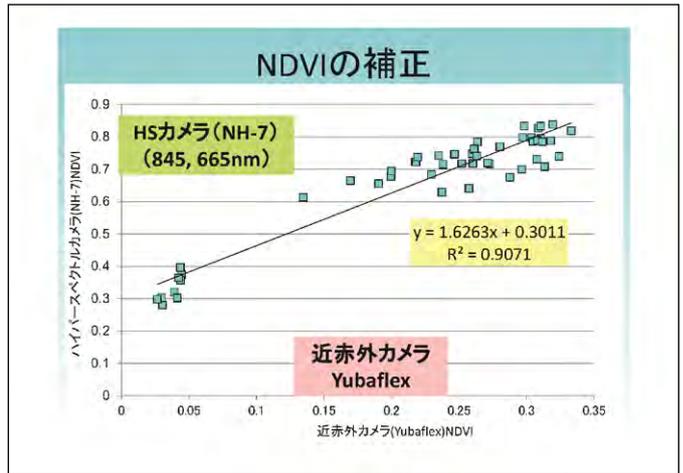
- 水稲部だけのNDVIを得るために、NDVI > 0を植生域とし、水域の植生を排除



### 分析手法

空撮画像のモザイク、オルソ化、DSMの作成は、SfM : Agisoft社 PhotoScan

- NDVIはYubaflex専用ソフトで解析した後、GIS (ESRI社ArcGIS) 上でオルソ化、モザイク画像を作成
- 水稲部だけのNDVIを得るために、NDVI > 0 を植生域とし、水域・土壌を排除

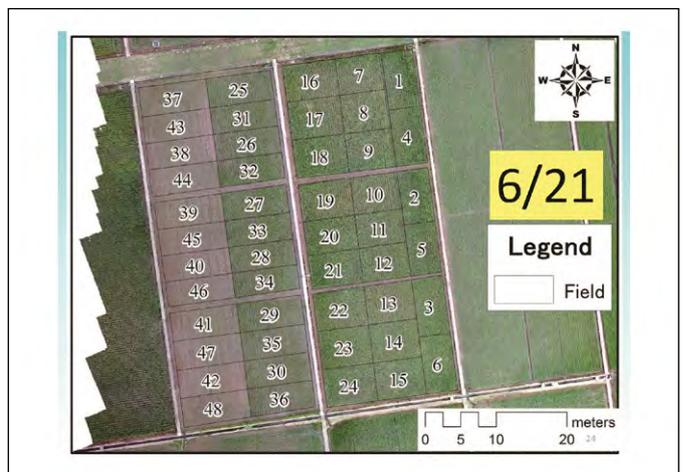
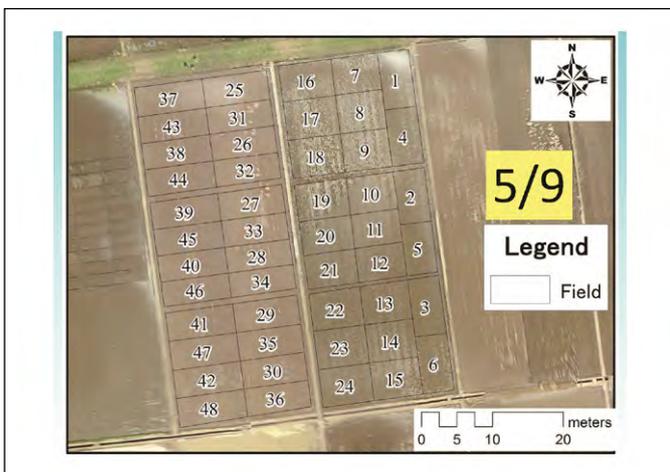
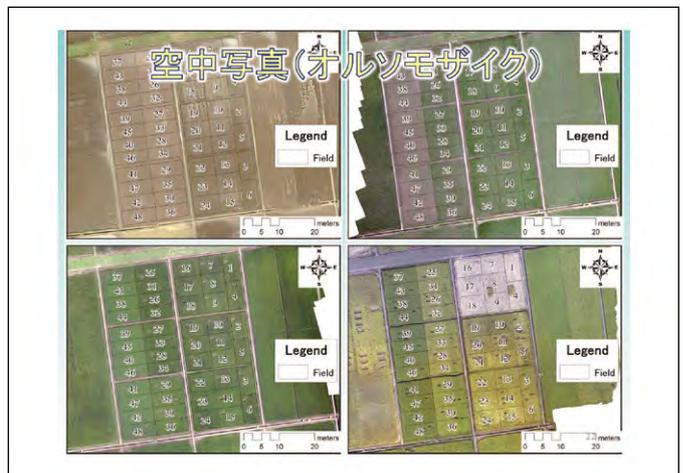


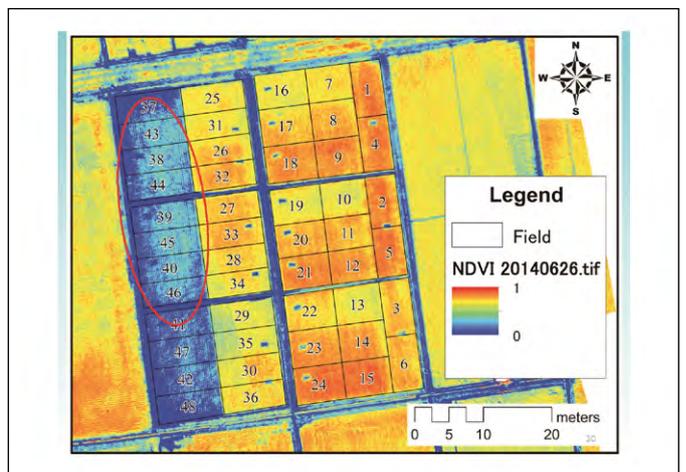
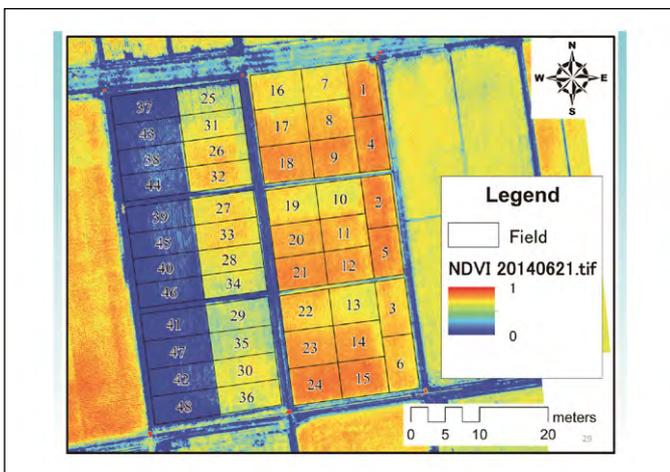
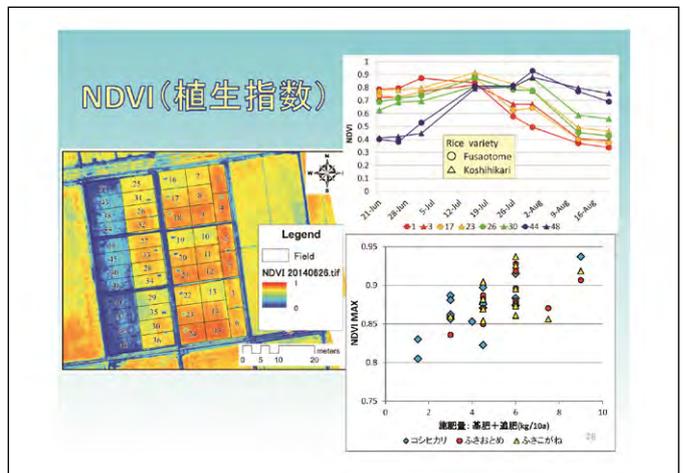
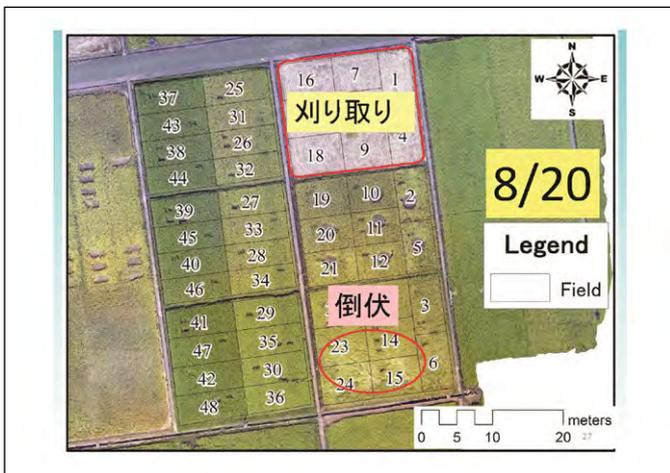
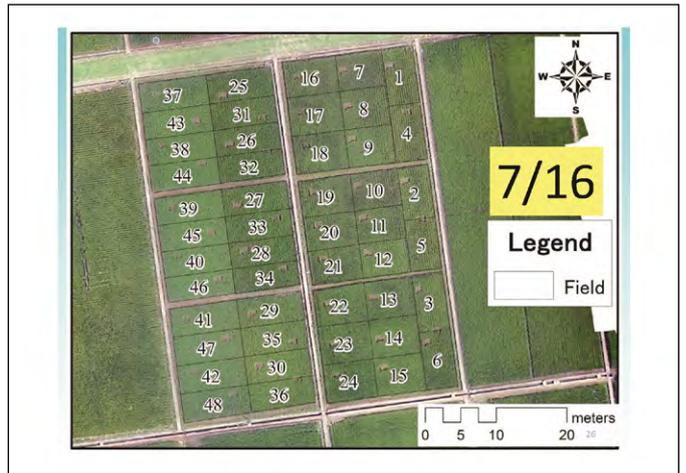
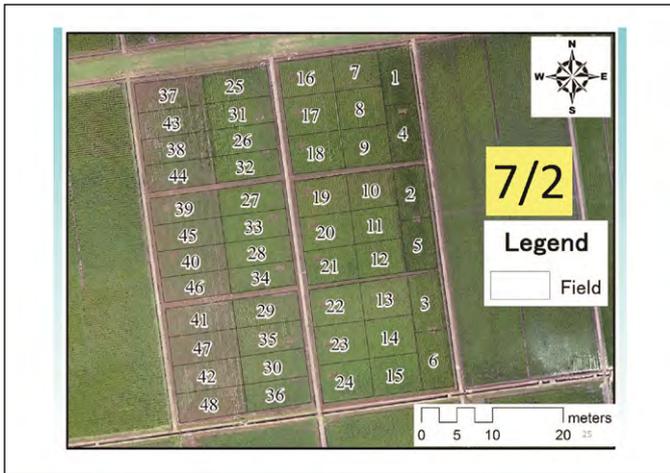
### 生育状況実測データとUAV観測データ

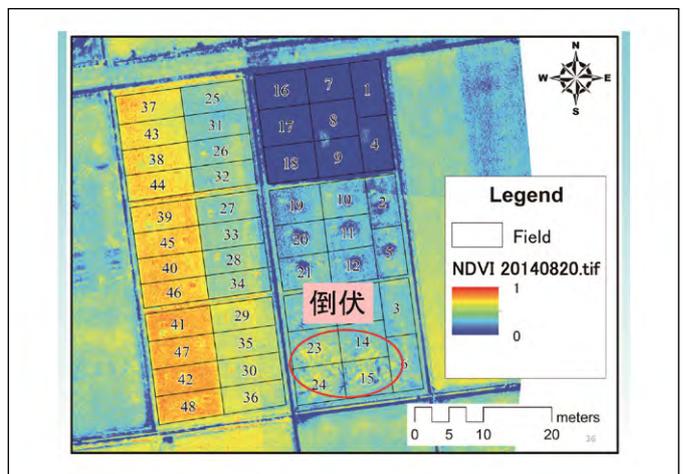
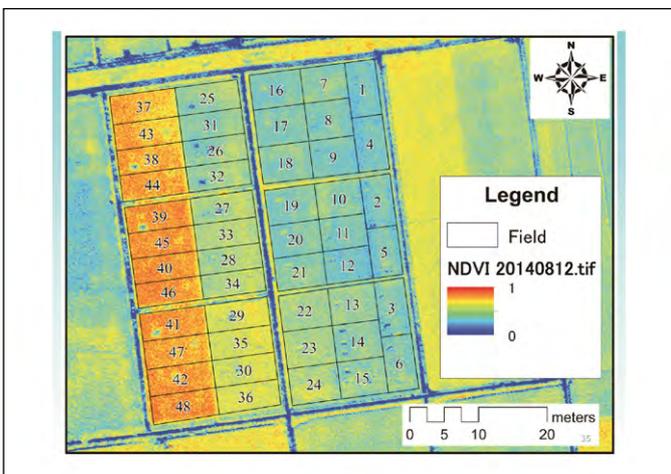
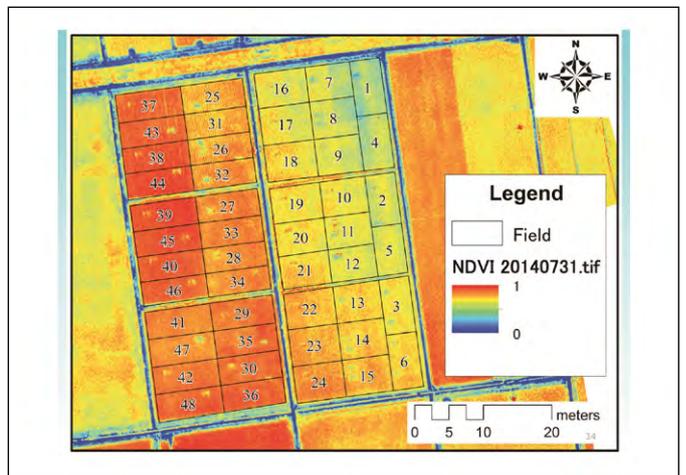
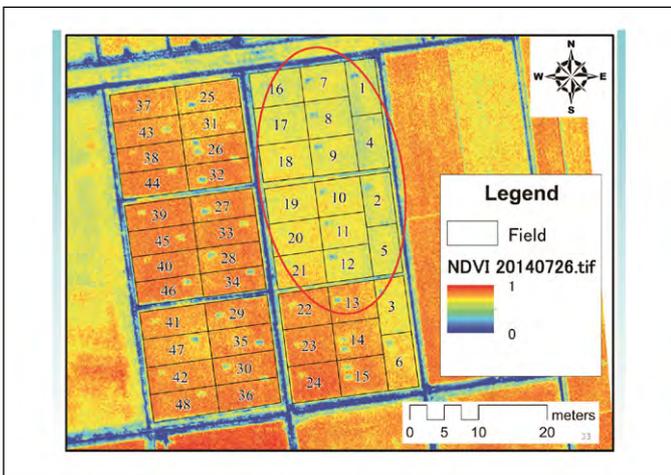
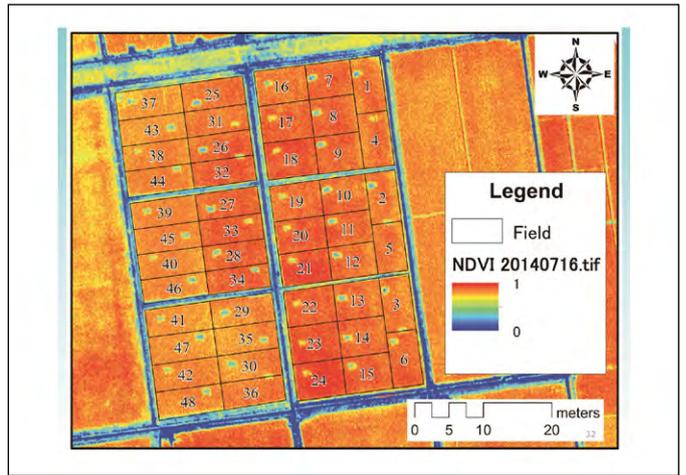
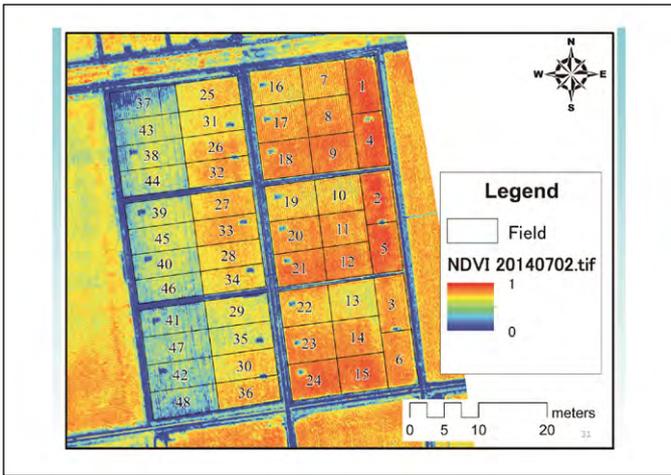
調査日		空撮:赤, 生育実測							
5/9	5/10	5/11	5/12	5/13	5/14	5/15	5/16	5/17	5/18
5/19	5/20	5/21	5/22	5/23	5/24	5/25	5/26	5/27	5/28
5/29	5/30	5/31	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6	6/7
6/8	6/9	6/10	6/11	6/12	6/13	6/14	6/15	6/16	6/17
6/18	6/19	6/20	6/21	6/22	6/23	6/24	6/25	6/26	6/27
6/28	6/29	6/30	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7
7/8	7/9	7/10	7/11	7/12	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17
7/18	7/19	7/20	7/21	7/22	7/23	7/24	7/25	7/26	7/27
7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6
8/7	8/8	8/9	8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15	8/16
8/17	8/18	8/19	8/20	8/21	8/22	8/23	8/24	8/25	8/26

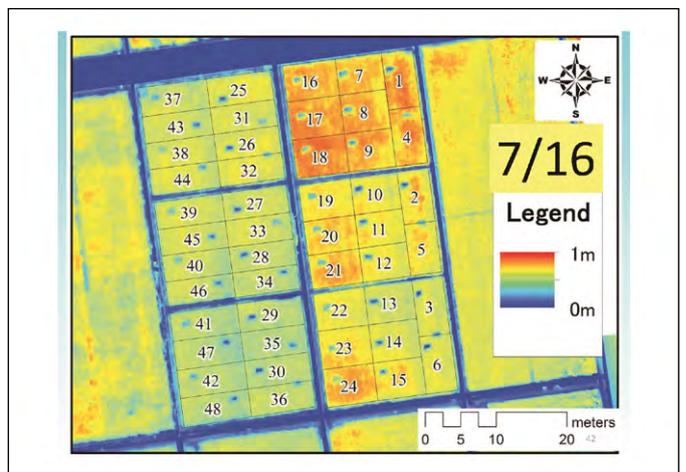
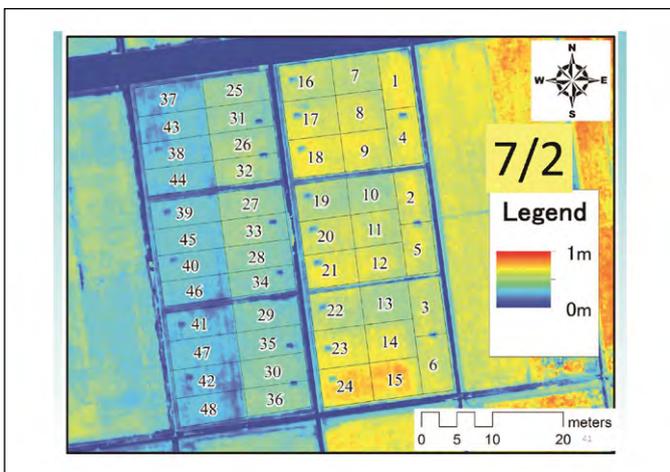
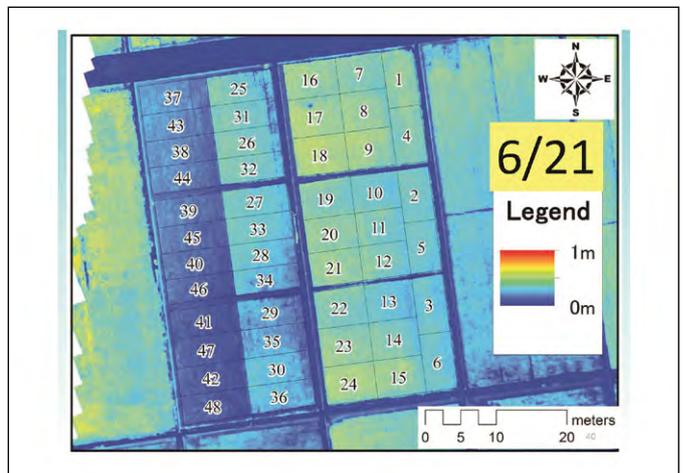
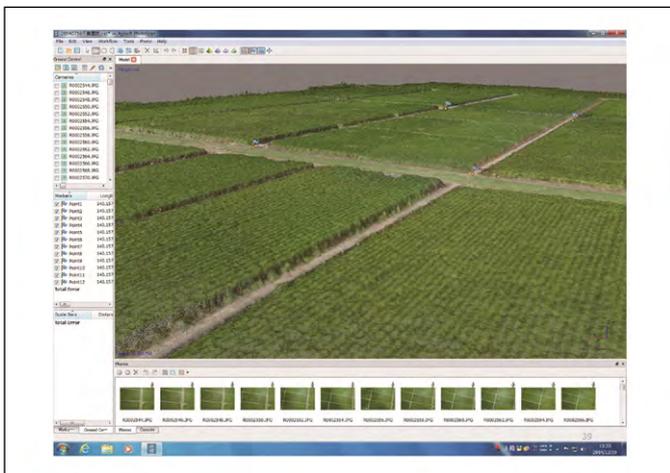
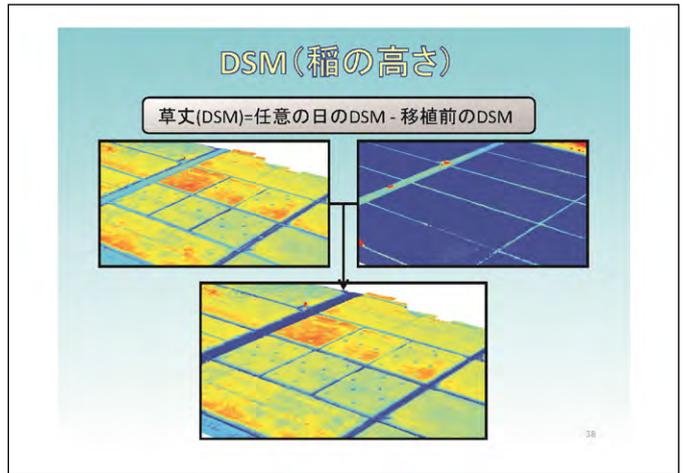
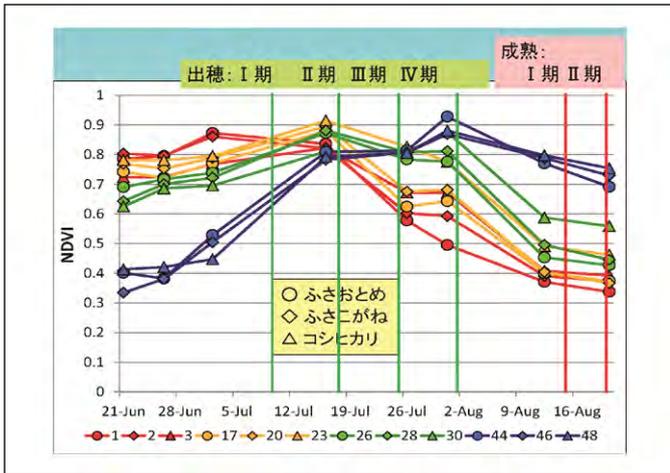
観測日は同じではない。  
→実測日に合わせて線形補間

Rice variety  
○ Fusaot  
△ Koshih



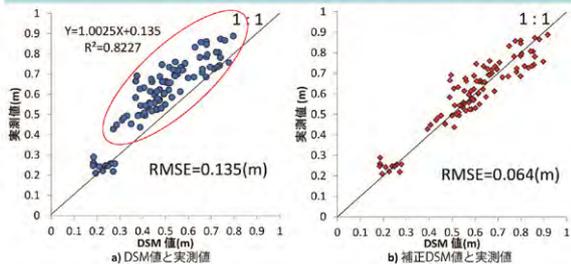






### DSMと実測草丈の相関

- ほぼ傾きが1の相関がある。
- 切片の分だけ、補正を行うことで精度向上(草丈 $\geq 0.4\text{m}$ )

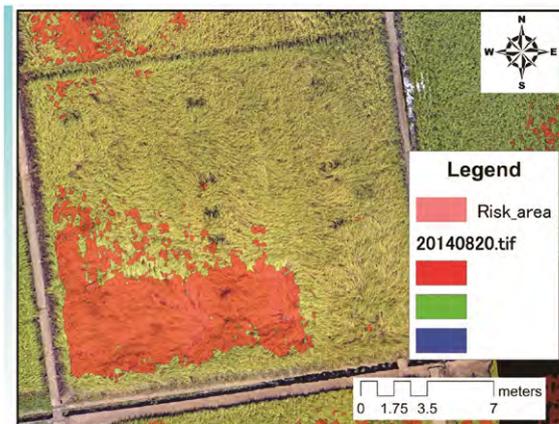
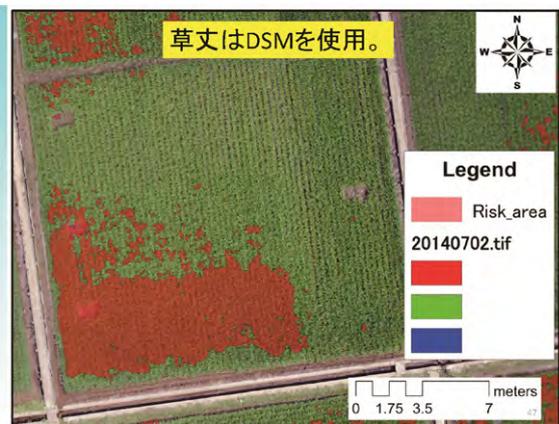


### 既存の生育推定手法の適用 (倒伏リスク、収量予測)

### 倒伏リスク評価

- コシヒカリは倒伏のリスク大
  - 出穂前の草丈(稲の高さ)からリスクを評価できる
- ① 幼穂形成期の草丈が、70cm以上
  - ② 出穂前13~14日の草丈が84cm以上
- (県央農林総合事務所・水稻栽培管理情報、JA金沢市版より)
- ①or②のどちらか一方でも当てはまれば、リスクエリアとする。

草丈はDSMを使用。

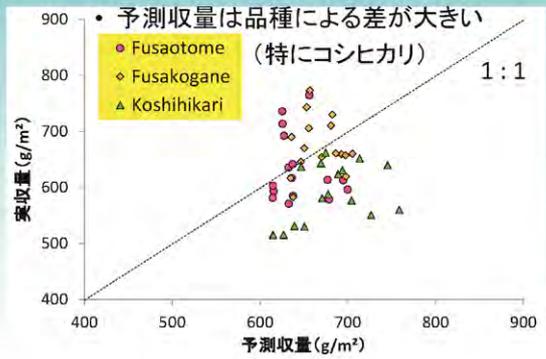


## 収量の予測

- 収量 =  $0.7828 \times SR \times NDVI - 2.04(T - 21.3)^2 + 282$   
 SR = 登熟期間中の日射量  
 T = 登熟期間の平均気温  
 NDVI (出穂期)  
 脇山ほか (2003) より

今回は最寄りのアメダス観測点(千葉)のデータを使用。  
 日射量データは無いため、日照時間より推定。  
 (桑形 (2005) の推定式を利用)

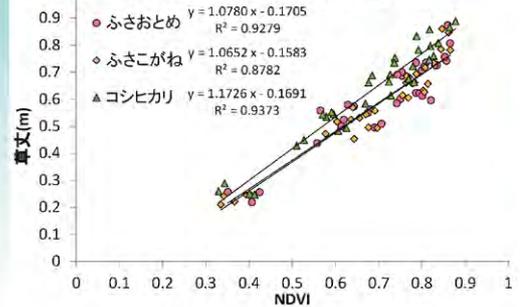
## 収量の予測結果と実測値



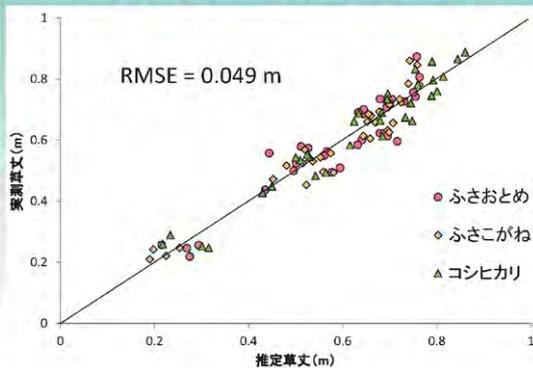
## 生育推定手法の考案 (草丈、倒伏リスク、LAI)

## 草丈の推定

- NDVI観測値をもとに、出穂までの草丈を推定  
 →同様に、草丈よりNDVIも推定できる。



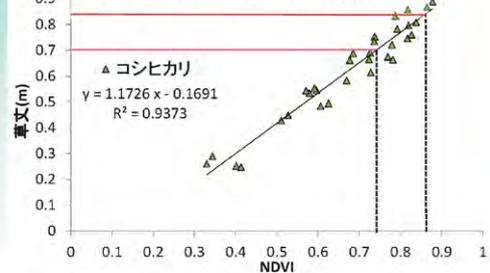
## 草丈の推定: 実測値と推定値

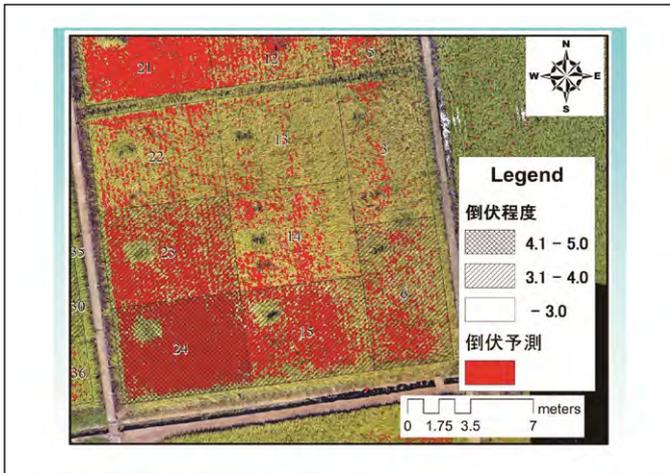


## コシヒカリの倒伏リスク推定

- 草丈での推定手法に基づきNDVIを用いて推定。

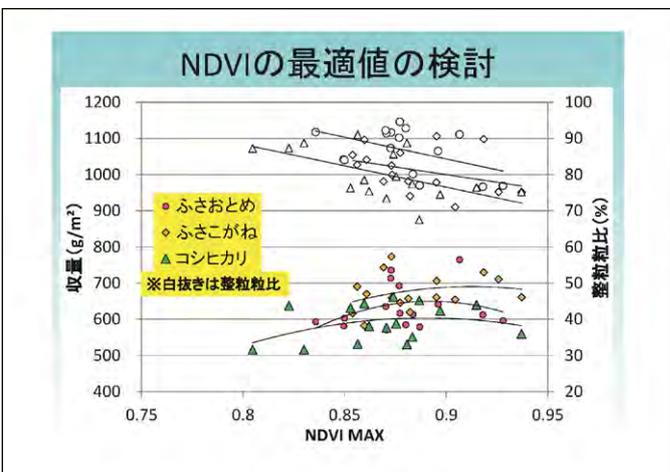
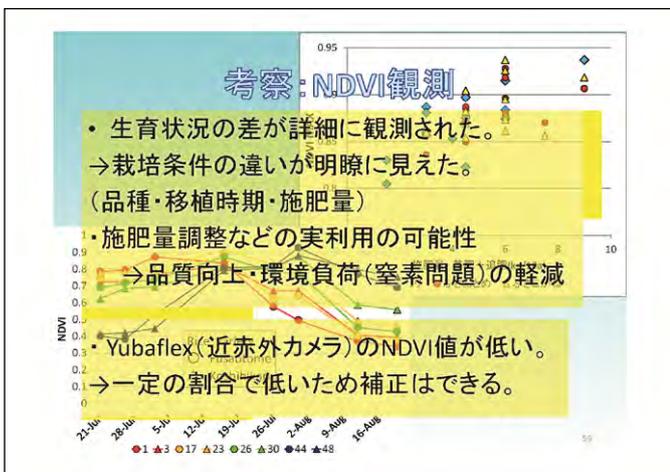
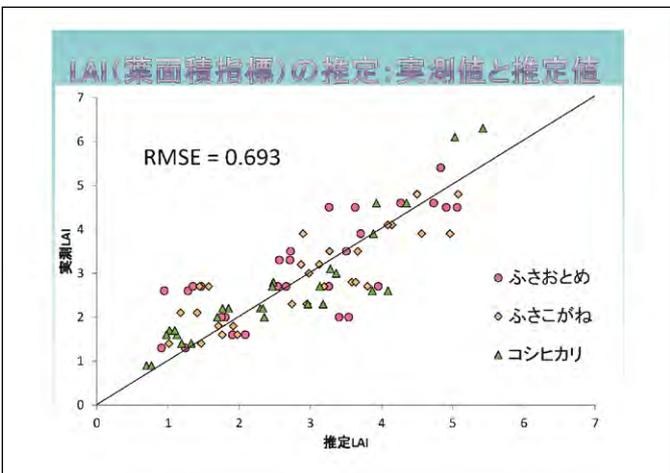
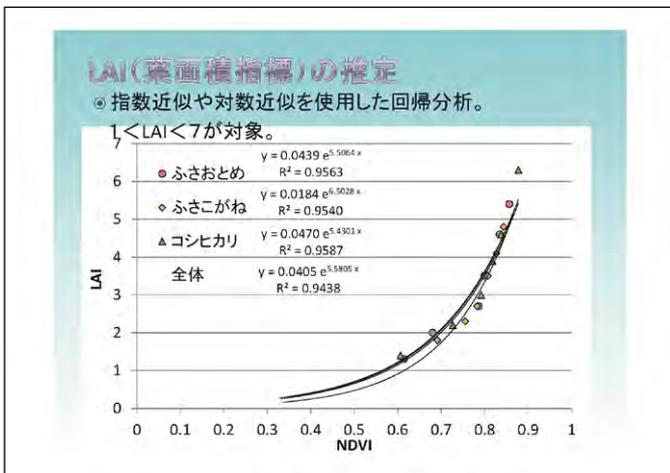
- ① 幼穂形成期のNDVIが、0.74以上
- ② 出穂前13~14日のNDVIが0.86以上





### LAI (葉面積指標) の推定

- NDVIからのLAIを推定する手法がリモートセンシングではよく用いられる。
  - 衛星画像からの推定
- LAIは地表面の状態を示す、データの1つでフラックスモデル、バイオマス推定などのインプットデータとしても重要
- NDVIとLAI実測データとの相関関係からLAI推定モデル(回帰式)を構築した。



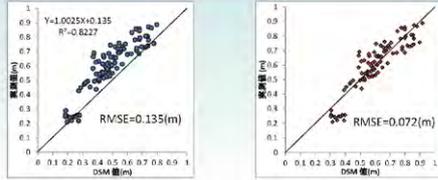
### 考察: DSM観測

- ・ 稲丈を高い精度で観測することができた。

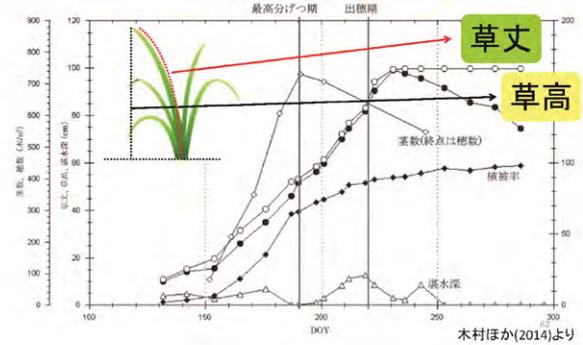
#### 問題点・課題

全体的に実測値に比べて低い値を計測したものが多かった。

→DSMと地上観測の草丈の観測方法の差  
稲の状況の差(風や、たわみ)、**草丈と草高**

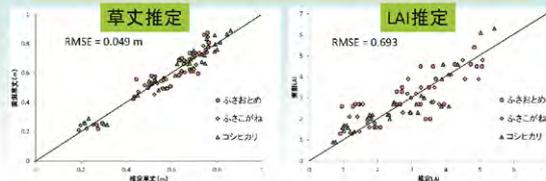


### 草丈と草高 Plant length and plant height



### 考察: 生育推定

- ・ 草丈、倒伏予測、LAIともに精度は高い。
  - ・ LAIは草丈の推定などと比較して、推定精度が劣る。
- 作成した回帰式の問題。  
実測データは一部を刈り取ったもので計測。



### 結論

- ・ 栽培条件の異なる区画ごとに生育状況の差がNDVI観測結果に現れている。  
⇒施肥管理に利用可能。草丈、LAIの推定が可能
- ・ DSMでは誤差数cmで、草丈を計測できた。  
⇒倒伏予測が可能(コシヒカリ)
- ・ 収量予測では、品種ごとに予測モデルを構築する必要性が示唆された。
- ・ 以上のように、RCマルチコプターでの観測は、データ品質も良く、観測だけでなく観測結果をもとに、モデルの検証や構築を行うことができる。

### RCマルチコプター(UAV)観測の利点

- ①非破壊で面的(広範囲)な観測が可能
- ②撮影した画像に雲などは入らない  
⇒観測・データの確実性
- ③雨・風さえなければいつでも観測可  
⇒任意のタイミングのデータ
- ④高い時間・空間分解能の画像
- ⑤観測にかかるコストは安価
- ⑥観測から解析までの速度  
SfMを有効利用⇒準リアルタイムデータ

### おわりに

- ・ 今回は簡便な方法であるが、生育状況の違いが確実に観測されていることを確認した。
- ・ 確立された計測方法をもとに、モニタリングを継続し、観測事例を積み重ねる。
- ・ 推定モデルの向上のため、複数日で実測データと同時観測を行う。

【話題】

# APMによる低コスト自律飛行 マルチコプター構築法

田中 圭 (日本地図センター)

## 自律飛行可能なマルチコプター

### DJI系



PHANTOM 2 Vision+  
162,000円



INSPIRE 1  
390,000円



S1000 + A2 + DATALINK  
600,000円

### APM(Pixhawk)系



Quantum NOVA  
32,000円



3DR IRIS+  
130,000円

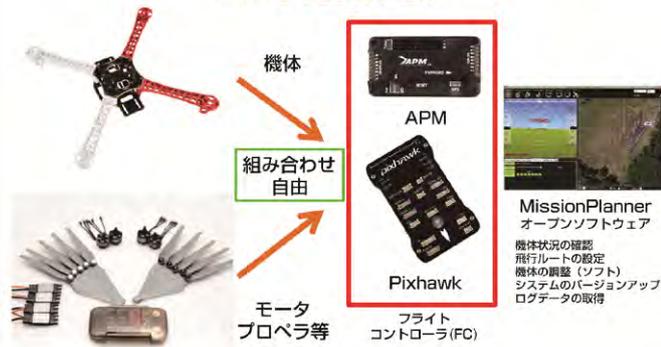


Zion EX700  
400,000円

## APM(Pixhawk)系マルチコプター

ArduPilotMega

DIY的な要素が強い



- 機体購入
- 必要な機材 (プロポ, バッテリー)
- ケーブル類の接続
- Mission Plannerの接続
- プロポの割り当て
- フライトプランの作成
- フライト
- 修正&改造

## NOVAの購入

HobbyKing (香港) から購入 (\$269)

プロポなしを選択すること

→ 付属の送受信機は日本国内の技適を取ってない、  
日本国内で使用すると、電波法に抵触の可能性。



[http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_S5141\\_Quantum\\_Nova\\_FPV\\_GPS\\_Waypoint\\_Quadcopter\\_PNF\\_.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_S5141_Quantum_Nova_FPV_GPS_Waypoint_Quadcopter_PNF_.html)

## 【参考】CX-20 (NOVAと同型機)

クエスト (日本) から購入可 (41,000円)

Auto Pathfinder GPS 搭載 RC マルチコプター **Quest**



<http://quest.co.jp/rc/multi.html>

## NOVAの購入

注文してから1~2週間程度で届く。  
関税(数百円程度)がかかる。



## 必要な機材

### 1) プロポ

【必要】 CH6以上の送受信機

【操縦】 国内の主流 mode1

欧米の主流 mode2 ←初めての操作する方: mode2がおすすめ

【おすすめセット】

送信機: Futaba 8J

受信機: R2008SB

価格: 24,000円程度



### 2) バッテリー

【必要】 LiPo battery: 3S 2200~2700mAh

価格: 2,000~4,000円程度

## ケーブル類の接続

### 1) 機体の分解

- 六角ドライバー (2.0mm)
- 六角ドライバー (1.5mm)
- プラスドライバー



## ケーブル類の接続

### 1) 機体の分解: コンパスのケーブルを忘れないように外す。

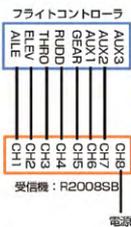


## ケーブル類の接続

### 2) フライトコントローラと受信機の接続

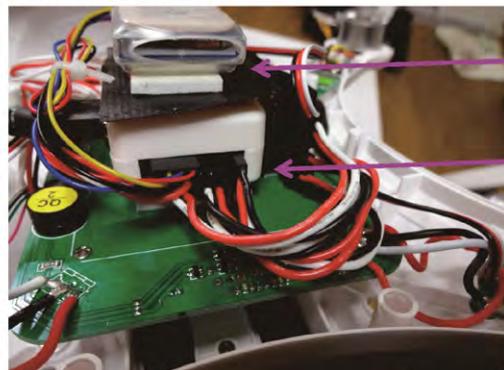


受信機: R2008SBを  
取り付け。



## ケーブル類の接続

### 3) 受信機の固定



厚目の両面テープで、  
しっかり固定する。

厚目の両面テープで、  
しっかり固定する。

### Mission Planner の設定

#### Mission Planner

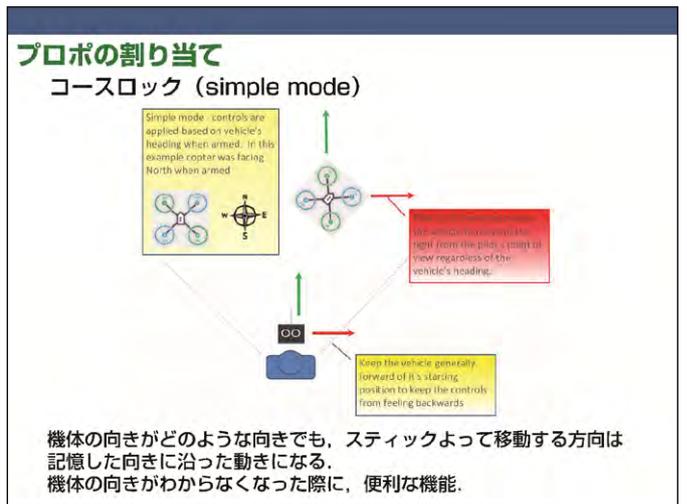
機体のパラメータ調整, ファームウェアのバージョンアップ, オートパイロットのルート設定等を行うソフトウェア.

<http://ardupilot.com/downloads/?category=4>



### Mission Planner の設定

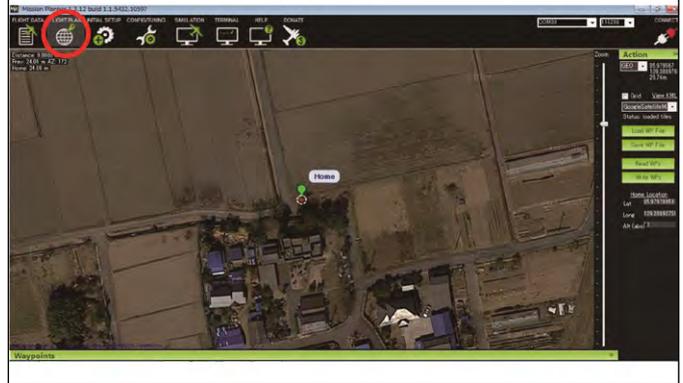
USB のみで接続すると, 機体からピーピーと音が鳴る.  
 ・電圧低下機能が働くため  
 上記+バッテリー 接続すると, 音は鳴りやむ.



# フライトプランの作成 Home設定

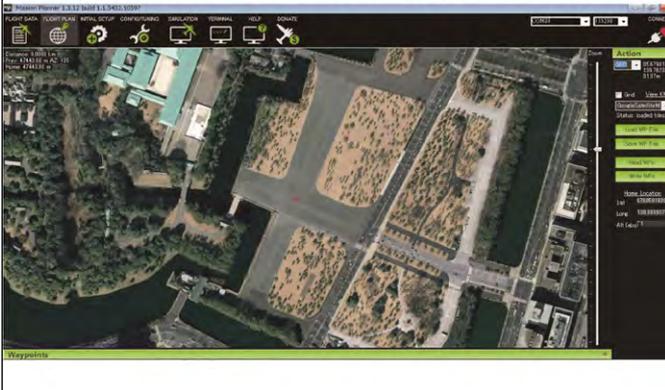
## フライトプランの作成 (Home設定)

1) FLIGHT PLAN をクリック。



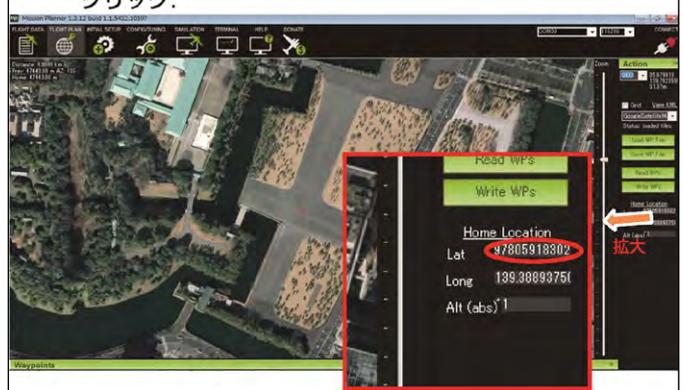
## フライトプランの作成 (Home設定)

2) Home (離陸地点) に設定したい場所まで地図を移動する。



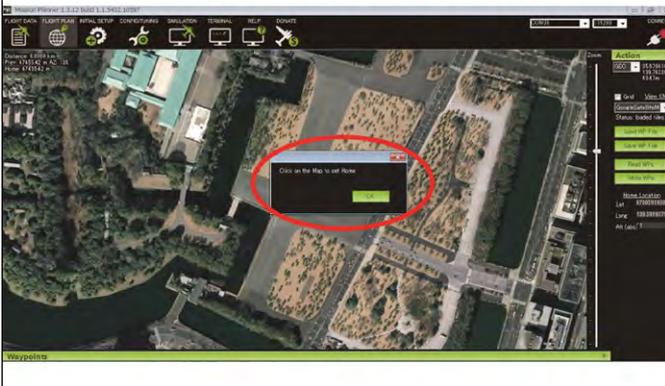
## フライトプランの作成 (Home設定)

3) 地図を移動したら、画面右側のLatの数値 (赤丸) をクリック。



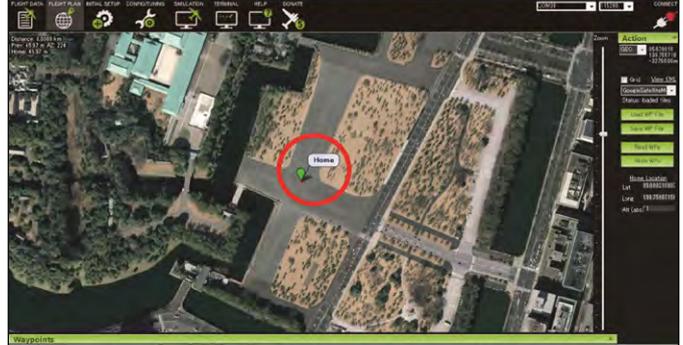
## フライトプランの作成 (Home設定)

4) メッセージが表示されるので、「OK」をクリック。



## フライトプランの作成 (Home設定)

5) 地図上のどこかをクリックすると、そこが「Home」に設定。

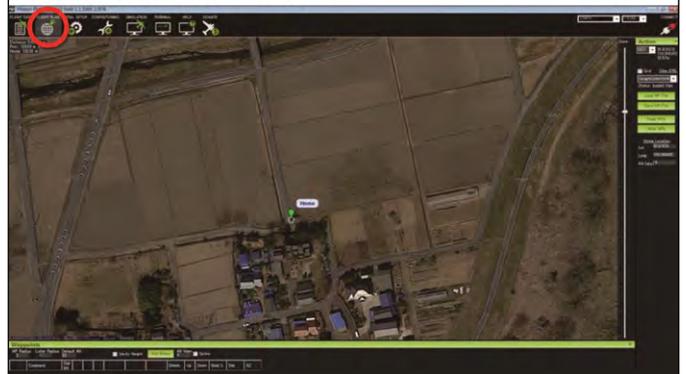


これでルートを設定したほうが、距離計算が正確。

# フライトプランの作成 WayPoint設定

## フライトプランの作成 (WayPoint設定)

- 1) FLIGHT PLAN をクリック.
- 2) Homeの設定 (前述).



## フライトプランの作成 (WayPoint設定)



- 3) 地図上で右クリック → Auto WP → Survey (Gridv2)

## フライトプランの作成 (WayPoint設定)

Survey (Gridv2)の画面が表示される



- 4) マウスを使って、飛行する場所に移動する。地図の拡大縮小は、マウスホイールで行う。

## フライトプランの作成 (WayPoint設定)



- 5) 赤丸の「BOX」を選択して、範囲をドラッグする。範囲選択が終わると、自動でルートが設定される。

## フライトプランの作成 (WayPoint設定)



- 6) 赤枠の所で、撮影カメラの選択、対地高度、角度、飛行速度の設定が可能。

## フライトプランの作成 (WayPoint設定)

Move Box : 対象範囲の移動  
 Edit Box : 対象範囲の編集 (図形の編集)

チェックオフ

7) プランが作成できれば、  
 「Accept」をクリック。

飛行距離、飛行時間等の確認。

## フライトプランの作成 (WayPoint設定)

8) WAYPOINT以外の命令がある場合は削除。ただし、最後に「Return-to-Launch」があると離陸地点に帰還。RTLがないと、最後のWP地点でホバリング。

TAKE OFF, DO SET CAM TRIGGER, LANDをDelete xで削除  
 WAYPOINTの右のコラムに待機時間を入れる

## フライト

Armed

Disarmed



- 1) LoiterでArmedを行う。  
 GPSの水平誤差が2.0m以下にならないとArmedできない。
- 2) ある程度の高さまで上昇させ、オートパイロットをOnにする。
- 3) オートパイロットをOff、フライトプランが終了するとLoiterに戻る。

\* 自律飛行中にフライトモードを変更すると、オートパイロットはOffになり、オートパイロットはリセットされる。  
 \* オートパイロット、Loiter時にRTLにするとRTLが優先される。RTLを解除すると、もとのフライトモードに戻る。

## フライト



Armed すると点灯

赤・緑ともに点灯すれば、離陸可能

## 改造

ハンドキャッチ時のシャットダウンに便利。

日本開閉器工業  
 トグルスイッチ  
 400円程度

On / Off のスイッチ

## 改造

GPSの受信感度を上げる。

→ GPSの裏側にアルミ箔を貼る。

【注意】ショートしないように周辺のコード類を確認。



【話題】

# UAV 運用における ヒヤリハット体験の共有

田中 圭 (日本地図センター)

## ヒヤリハット

事故が起きそうな状況に出会い、ヒヤリ・ハットしたことを記録し、その原因を究明し、再び同じような状況にあっても事故ならないようにする。



統計的に示した法則

### ハインリッヒの法則



1 : 29 : 300

「重大」以上の事故が1件あったら、その背後には、29件の「軽微」な事故が起こり、300件の「ヒヤリハット」が潜んでいる。

引用：Wikipedia

### ヒヤリハット事例



**【状況】**  
目視飛行時に、高台の松と接触し、墜落の危険性が生じた。結果的には帰還することができた。

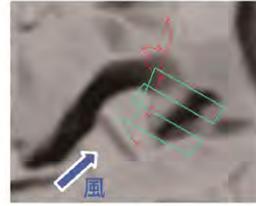
**【原因】**  
操縦者が機体と松との位置関係を正確に把握していなかったため。



**【対策】**  
十分な高度を保った上で、樹林域の飛行を行うこと。

**【被害】**  
カーボンプロペラの破損。  
機体全体に松ヤニの付着。

### ヒヤリハット事例



**【状況】**  
オートパイロットにおいて、機体がホバリング状態に陥り、操縦が困難な状況になった。

**【原因】**  
地形によって、上昇気流（向かい風）が発生したため。



**【対策】**  
1) 事前に風の影響（風上に向かわないように）を考慮したルート設定を行う。

2) 風防を装着。

### ヒヤリハット事例



**【状況】**  
トビ（猛禽類）が機体に接近し、接触しそうになった。

**【対策】**  
周囲を飛ぶ鳥の動向に注意を払う。  
超音波装置で鳥を遠ざける。

### ヒヤリハット事例



**【状況】**  
バッテリーベルトのゆるみによって、機体の墜落の可能性があった。

**【原因】**  
機体のバランスを取るため、ベルトを仮留めを行った。その後、本留めすることを忘れ、フライトさせてしまった。

**【対策】**  
飛行前の確認。

## ヒヤリハット事例

### 【状況】

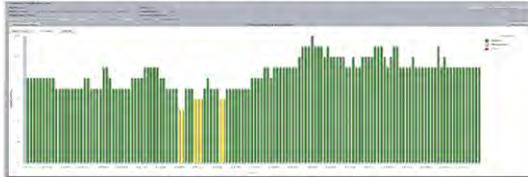
機体が突如、フライアウェイ（暴走）に陥り、墜落しそうになった。

### 【原因】

GPS衛星の補足が不足していたことが考えられる。

### 【対策】

事前にGPS衛星の補足数を予想すること。



## ヒヤリハット事例

### 【状況】

機体を下ろす際に、バランスを失い、墜落しそうになった。

### 【原因】

垂直降下。\*マルチコプターは「下降、上昇気流に弱い」。

### 【対策】

下降時は前後左右またはらせん状に動かしながら操縦する。



## ヒヤリハット事例

### 【状況】

オートパイロットの状況で、機体の高度が低下し、樹木に接触しそうになった。

### 【原因】

対地高度の入力ミス。

### 【対策】

入力後の再確認 → 飛行前の確認。



## げんかつぎ

### 【Wikipediaより】

他人から見れば何の効果もなさそうに思える行為でも、本人が「これはげんかつぎだ」と思って行っている行為ならばそれはげんかつぎであると言える。



- ・帽子
- ・長袖作業着

・大きな墜落事故を起こしていない  
(ヒヤリハットは数回経験)

・近所や通行人の目線が違う

・プロペラから身を守る

← 気温35度越えの日

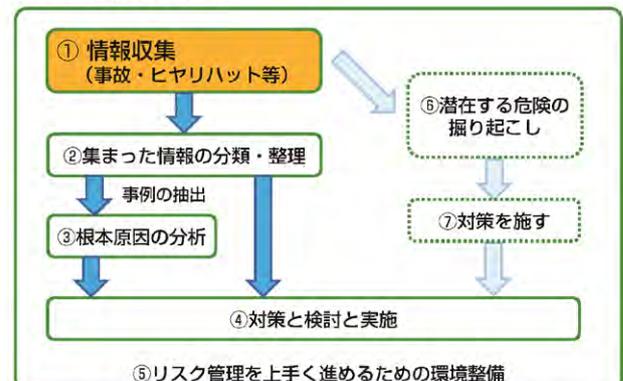
## 目標

UAVにおける安全管理・確保のため、  
墜落やヒヤリハット事例をデータベース化

多くの事例内容から、未然に危険を察知する  
知識を身につけ、安全に配慮した運用の実施

まずは、会員内で情報の共有を目指す!!

## リスク管理の概要



国土交通省 (2009) 事故、ヒヤリ・ハット情報の収集・活用の進め方

## 情報収集

### 情報の種類

『墜落情報』・『ヒヤリハット情報』

→ 1件の事故の背後には、多くのヒヤリハットが潜在ヒヤリハットの段階で対策をとり、**事故を未然に防ぐ。**

### 入力情報の簡略化

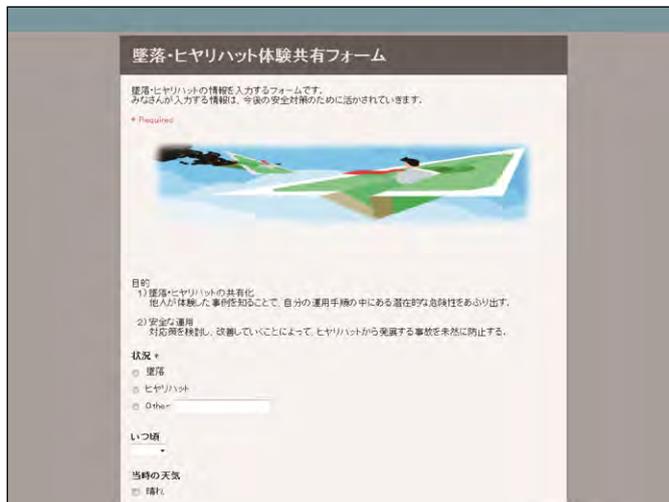
・落ち込んでいる気分、手間の掛かる入力は負担になる。

### 匿名性を担保

・場所、日時など操縦者が特定できる詳細な情報は聞かない。

### オンライン

・Googleドライブを使用 ← 費用がかからない。



## 入力項目

状況 **必須**

墜落  ヒヤリハット  その他

いつ頃

月単位

当時の天気

晴れ  曇り  その他

風速 (参考: ビューフォート風力階級表) **必須**

0.2m/s以下  0.3~1.5m/s ...

場所 (記述)

例えば、山間部、海岸など

## 入力項目

機体名 **必須**

墜落・ヒヤリハットの状況 (記述) **必須**

原因 (記述)

その後の対策 (記述)

## 情報登録 → 会員 (メーリングリスト) に自動配信



## 墜落情報・ヒヤリハット一覧

会員であれば、自由に閲覧可能

日時	状況	機体名	場所	風速	天気	備考
2014-11-06	墜落	Phantom 1	山間部	0.2m/s以下	曇り	機体名がボウエン・スキッド、コムス、プロペラーなどを変更した時点で飛行可能な状態になった。
2014-11-07	ヒヤリハット	Cessna 172	海岸	0.3~1.5m/s	晴れ	その後の対策: 機体の運用や飛行させた時に気づいた、なぜか電が落ちて、特に飛行途中で飛行しているような場合は要注意。山間で飛行する際は、周囲を飛行機に注意を払ってください。
2014-11-08	ヒヤリハット	Phantom 1	山間部	0.2m/s以下	曇り	機体名がボウエン・スキッド、コムス、プロペラーなどを変更した時点で飛行可能な状態になった。

## 第 17 回 環境リモートセンシングシンポジウム

場所 千葉大学けやき会館 3階 レセプションホール  
2階 会議室 2、3階 会議室 4

日時 2015年2月20日(金) 9:00~18:00

<聴講無料：聴講希望の方は事前登録をお願いします。>

申し込み先は、[kyoudo@ceres.cr.chiba-u.ac.jp](mailto:kyoudo@ceres.cr.chiba-u.ac.jp) です。会場での当日の参加も受け付けます。

### —プログラム—

9:00-9:10 開会の挨拶 建石センター長 (3階 レセプションホール)

【講演 1】 9:10-11:50 (3階レセプションホール)

(座長 1-4: ヨサファット、5-8: 入江仁士) (発表: 15分、質疑: 5分)

(1) 9:10-9:30

無人小型飛行体搭載用ミニライダーの開発

椎名達雄 (千葉大学・融合科学研究科)

(2) 9:30-9:50

地震防災の避難上の特異事情を含む首都圏の重要課題域と減災対策

一高規格道路と広域避難所を埋設した閉口型津波防災松林丘陵の鎌倉への提案—

金子大二郎 ((株) 遥感環境モニター)

(3) 9:50-10:10

光学センサ画像と SAR 画像の統合利用による浸水被害の量的把握

篠原崇之 (東京工業大学・総合理工学研究科)・松岡昌志

(4) 10:10-10:30

マイクロ波放射計、散乱計及びメソ気象モデル WRF を用いた洋上風力資源量推定手法の開発

香西克俊 (神戸大学・大学院海事科学研究科)・大澤輝夫

(5) 10:30-10:50

雲レーダ FALCON-I と CloudSAT 搭載 CPR の比較観測

鷹野敏明 (千葉大学・工学研究科)・鹿野隼人・井浦太一・河村洋平・中田裕之・高村民雄

(6) 10:50-11:10

雲レーダとマイクロ波放射計による雲水量の観測

高村民雄 (千葉大学・グランドフェロー)・鷹野敏明

(7) 11:10-11:30

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（千葉大学・客員教授）・森山雅雄・本多嘉明・梶原康司

(8) 11:30-11:50

ISS-IMAP により観測されたプラズマバブル発生の季節・経度依存性

中田裕之（千葉大学・工学研究科）・高橋 明・鷹野敏明・齊藤昭則・坂野井健

12:00-13:00 昼食

【講演 2】 13:00-16:50 （3階 レセプションホール）

（座長 9-13：樋口 篤志、14-19：本多嘉明）（発表：15分、質疑：5分）

(9) 13:00-13:20

多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質リトリバルの研究

青梨和正（気象庁・気象研究所）

(10) 13:20-13:40

インド亜大陸北東部の転倒ます雨量計網による TRMM 2A25 直接検証

寺尾 徹（香川大学教育学部）・林 泰一・村田文絵・木口雅司・山根悠介・福島あずさ

(11) 13:40-14:00

SKYNET データを利用して得られた雲・エアロゾルの光学的特性

青木一真（富山大学・理工学研究部）

(12) 14:00-14:20

光学・レーダー観測と衛星画像データによる火山爆発噴煙の解析

木下紀正（鹿児島大学・教育学部）・土田 理・眞木雅之・飯野直子・金柿主税

(13) 14:20-14:40

SfM 多視点写真測量による地形データの TLS を用いた精度検証

早川裕弐（東京大学・空間情報科学研究センター）・加藤 顕・小花和宏之

(14) 14:40-15:00

全球 ASTER 時系列 DEM・オルソ画像データセットの開発とその応用

浦井 稔（千葉大学・客員教授）

(15) 15:00-15:20

酸素 A バンドを利用した植物の蛍光スペクトル計測

増田健二（静岡大学）・斎藤隼人・眞子直弘・久世宏明

(16) 15:20-15:40

地上と衛星の統合的な観測による植生フェノロジーの大陸間比較

永井 信 (海洋研究開発機構・地球表層物質循環研究分野)

(17) 15:40-16:00

リモートセンシング・地上観測の融合研究を目指すトレーニングコースの試み:

森林分野地上検討活用研究会

柴田英昭 (北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター)・吉田俊也・日浦 勉・加藤 顕・  
中路達郎・中村誠宏・梶原康司・本多嘉明

(18) 16:00-16:20

森林域における効率の良い現地調査手法の開発

加藤 顕 (千葉大学・園芸学研究科)・梶原康司・本多嘉明・Christopher Gomez・建石隆太郎・  
ヨサファット

(19) 16:20-16:40

UAV (無人航空機) を用いた森林の二方向性反射特性に関する実測的研究

～植物の季節変化に注目して～

松山 洋 (首都大学東京・都市環境科学研究科)・酒井健吾・山本遼介・長谷川宏一・泉 岳樹

16:50-17:50 【ポスターセッションコアタイム】

18:00-19:30 懇親会

(けやき会館3階 レセプションホール 参加費 3000円 (学生は2000円))

---

【UAV リモートセンシング研究会】9:10- (2階 会議室2、3)

(座長: 近藤昭彦)

9:10-10:00 サロン [ルーム1] 2階会議室3

マルチコプター機体展示、シミュレーションソフトウェアによる操縦講習、他

10:00-10:10 報告会【開会の辞】[ルーム2] 2階会議室2

10:10-11:30 報告会【環境計測】[ルーム2] 2階会議室2

小型 UAV を用いた水稻生育の簡易モニタリング

田中 圭・近藤昭彦 (千葉大学)

ラジコン電動マルチコプターを使用した近接画像からの水稻生育状況モニタリング

濱 侃・早崎有香・田中 圭・近藤昭彦 (千葉大学)

ラジコン電動マルチコプターを用いた空間線量率の三次元計測  
早崎有香・濱 侃・田中 圭・近藤昭彦（千葉大学）

UAV-SfM と地上レーザーを用いた森林構造の把握  
加藤 顕（千葉大学）・早川裕弐（東京大学）・小花和宏之（千葉大学）

11:30-13:30 昼食・サロン [ルーム1] 2階会議室3  
[話題]APM による低コスト自律飛行マルチコプター構築法（田中 圭）

13:30-14:50 報告会【防災】[ルーム2] 2階会議室2  
防災に利用するローコスト UAV の性能評価  
齋藤 修（茨城大学）

沿岸域災害調査と適応策策定のための UAV の利用  
安原一哉・田村 誠・齋藤 修（茨城大学）

UAV と SfM-MVS を用いた斜面崩壊の発生と地形変化に関する解析  
ー阿蘇山を対象としてー  
齋藤 仁（関東学院大学）・小花和宏之・ヨサファット（千葉大学）・  
内山庄一郎（防災科技研）・早川裕弐（東京大学）・泉 岳樹・山本遼介・  
松山 洋（首都大学東京）

空撮画像を用いた広島土砂災害の3次元モデル構築の試み  
河野洋行・篠原崇之・松岡昌志（東工大）

15:00-16:20 報告会【測量・SfM】[ルーム2] 2階会議室2  
UAV 空撮画像を用いた被災建物の3次元モデル構築  
傳田真也・松田薫元・劉ウェン・山崎文雄（千葉大学）

廉価な小型電動マルチコプタと SfM 技術を用いた写真測量精度の検証  
岡本淳之介・島崎彦人（木更津高専）

UAV と SfM-MVS を用いたナミビア季節湿地の形状分析  
水落裕樹・奈佐原顕郎（筑波大学）

小型 UAV 測量システムを用いた海食崖侵食量の計測  
小花和宏之（千葉大学）・早川裕弐（東京大学）

16:20- サロン [ルーム1] 2階会議室3  
[話題]UAV 運用におけるヒヤリハット体験の共有（田中 圭）

---

【ポスターセッション】(3階 会議室4) コアタイム 16:50-17:50 掲示時間 9:30-17:50  
ポスターサイズ: A0版

- (1) UAV 搭載 CP-SAR システムにおける FPGA 間通信の実装  
難波一輝 (千葉大学・融合科学研究科)・文屋 勝・飯塚 慧・ヨサファット
- (2) 甲府盆地における小スケール気象データと土地条件との関連性  
尾藤章雄 (山梨大学・教育学研究科)
- (3) ラオス・ナムグム川流域における SAR データを用いた水稻の生育推定  
牧 雅康 (東北工業大学・環境エネルギー学科)・本郷千春
- (4) インドネシア・チタルム川流域チヘア灌漑地区における水稻生産特性  
本間香貴 (京都大学・農学研究科)・本郷千春
- (5) インドネシア地域における衛星データを使用した海面応力と熱交換の関係  
大澤高浩 (ウダヤナ大学)・本郷千春
- (6) 黒ボク土で土壤炭素から GEC、リン酸吸収係数が推定可能な理由の解明  
丹羽勝久 ((株)ズコーシャ 総合科学研究所)・本郷千春
- (7) GOSAT FTS TIR Ver. 01.00 データの全球規模解析の初期結果  
江口菜穂 (九州大学 応用力学研究所)・齋藤尚子
- (8) LiDAR を用いた森林バイオマス資源のエネルギー利用可能量の推定  
有賀一広 (宇都宮大学・農学部)・加藤 顕
- (9) 衛星画像処理用大気パラメータ計算のための放射伝達モデルの比較  
飯倉善和 (弘前大学・理工学研究科)・眞子直弘・久世宏明
- (10) 赤外吸収を用いたガス可視化技術の開発  
染川智弘 (レーザー技術総合研究所)・眞子直弘・久世宏明
- (11) cloudsat/cpr を用いた熱帯域の雲気候学  
高橋 洋 (首都大学東京・都市環境科学研究科)・山地萌果
- (12) 衛星搭載可視・赤外データを用いた GSMaP 降雨判定手法の開発  
山本宗尚 (京都大学・理学研究科)・重 尚一・広瀬民志・樋口篤志

- (13) 衛星画像を用いた宗谷暖流沿岸域における海表面アルベドの導出  
朝隈康司（東京農業大学・生物産業学部）
- (14) 対流圏オゾンおよび微量成分観測における短波長域地表面アルベドの影響評価  
野口克行（奈良女子大学・研究院自然科学系）・入江仁士・北 和之
- (15) NICAM-TM を用いた二酸化炭素・メタンの大気輸送シミュレーション  
丹羽洋介（気象庁・気象研究所）・澤 庸介・町田敏暢・松枝秀和・坪井一寛・今須良一・佐藤正樹
- (16) ハイパースペクトルイメージングカメラのリモートセンシングへの応用に関する研究  
高良洋平（エバ・ジャパン株式会社）・安藤史識・藤森雄大・近藤昭彦・本多嘉明・梶原康司・本郷千春・ヨサファット・眞子直弘・久世宏明・野呂直樹
- (17) GCOM-C/SGLI センサによる総生産量推定アルゴリズムの開発  
村松加奈子（奈良女子大学・研究院自然科学系）
- (18) 火星ダスト類似エアロゾルの物理・光学特性測定  
千秋博紀（千葉工業大学・惑星探査研究センター）・小林正規・久世宏明・眞子直弘・はしもとじょーじ・椎名達雄・野口克行
- (19) 総生産量推定のための全球土地被覆分類データの FLUX サイト情報を使用した検証方法  
曾山典子（天理大学・人間学部総合教育研究センター）・村松加奈子
- (20) 湿地再生の可能性評価に向けた印旛沼低地排水路および休耕田における水生生物の分布  
富田和弘（東邦大学・理学部）・西廣 淳・近藤昭彦
- (21) 中国河北平原における近年の主要農産物の農事暦変化  
愈 江（千葉大学・CEReS）・沈彦俊・近藤昭彦
- (22) ALOS-2 画像を用いた長野県神城断層地震の被害把握  
劉 ウェン（千葉大学・工学研究科）・山崎文雄
- (23) MODIS を用いた東北地方の長期モニタリング  
朴 鍾杰（東京情報大学）
- (24) MODIS を用いた北海道の水田抽出  
朴 鍾杰（東京情報大学）

- (25) 千葉県北部における過去 130 年間の草原の変遷と現存植との関係  
野田 顕 (東邦大学・理学部)・西廣 淳・近藤昭彦
- (26) 火山 CO2 センサ開発  
大前宏和 ((株)センテナシア)
- (27) 光学観測データ解析による奈良におけるエアロゾルの研究  
舟田亮子 (奈良女子大学・大学院)・西谷沙貴・川下温子・藤本梨沙・久慈 誠
- (28) i-Skyradiometer による雲の光学特性の導出について  
片桐秀一郎 (東北大学・理学研究科附属大気海洋変動観測研究センター)・早坂忠裕
- (29) 群落構造が異なる作物種における NDVI および LST を用いた乾燥ストレス程度の推定  
井関洸太郎 (独) 農業生物資源研究所)・小林利行・内藤 健・友岡憲彦・眞子直弘・  
久世宏明・建石隆太郎
- (30) 小型衛星搭載用電子温度密度測定器 EDTP の開発  
宮崎貴大 (千葉大学)・ヨサファット・阿部琢美・中園智幸・小山孝一郎・児玉哲哉
- (31) 千葉県の生物多様性情報のマッピング—生命のにぎわい調査団データを用いた解析—  
鈴木裕也・中村光一・手塚祐介・渡辺 翼・小田豪生・原田一平・原慶太郎 (東京情報大学)・  
御巫由紀
- (32) 南相馬市における非耕作農地と農地土壌放射性物質濃度の把握  
堀内雄太・宮原喜彦・原田一平・浅沼市男・原慶太郎 (東京情報大学)・近藤昭彦
- (33) 衛星データを用いた東北の災害復旧モニタリング  
浅沼市男 (東京情報大学)・朴鍾杰・原田一平

第 17 回 CReS 環境リモートセンシングシンポジウム  
資料集

編集 千葉大学環境リモートセンシング研究センター  
共同利用研究推進委員会

〒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

電話 043-290-3832 FAX 043-290-3857

URL <http://www.cr.chiba-u.jp/>

印刷 (株)ハシダテ