第３章
研究

3. 1　国立大学法人化以前の研究（1995～2004）

3. 1. 1 「３研究部門・開発運用部制」による研究

この期間は、センサ･大気放射研究部門（竹内、高村、久世）、地球環境情報解析研究部門（三輪、建石、本多）、データベース研究部門（新藤、近藤、唐、梶原）、およびデータベース開発運用部（安田、岡山、旭、石山、本郷、黄、池田）の体制で研究活動が行われた。1996年の第２回外部評価や毎年の運営委員会、センター内のメンバー間の議論を通じ、センタープロジェクトとして「リモートセンシングによるアジアの環境変動地域のモニタリング」を設定した。CEReSの研究は、このプロジェクトを中心として個々の研究グループが推進する研究と、このプロジェクトを共通テーマとし、外部研究機関と協力して推進する研究の２本立てで行われた。当時も、社会的、経済的に激変するアジア地域は、環境の面からも地球規模の相互作用を含めて、もっとも重要度が高い地域の一つとして注目されていた。植生環境を中核として、水圏や大気圏の変動を衛星・地上データの解析を通じて明らかにすることで学際的、分野横断的な研究を積極的に推進することを目指した研究活動が行われた。

とくに、1997（平成９）年度より科学技術振興事業団・戦略基礎研究の研究領域「地球変動のメカニズム」において、本多准教授を研究代表者とする研究課題「衛星観測による植物生産量推定手法の開発」が採択された。これは国レベルの戦略的基礎研究推進事業として研究テーマをトップダウン的に設定して行われた公募研究であり、CEReSでは本プロジェクトをセンター研究プロジェクトの中心課題（略称モンゴルプロジェクト）として位置づけ、支援を行った。

この研究では、草本植物を中心に反射率や輝度温度などの計測可能な物理量の評価から植物生産量など２次物理量の推定手法とその精度を明らかにすることができ、その後のリモートセンシング技術・手法の展開に大きな示唆を与えた。とくに、中・低解像度衛星センサによる草原バイオマス量推定において移動多点現地観測データ（図3.1）の有用性が高いこと、BRF（Bidirectional Reflectance Factor）モデルにより衛星データから草地植生の草丈算出が行えることを示した研究成果（山本、近田、梶原、本多ら、1997、2001）は、全球でのバイオマス推定に大きく貢献するものであった。本プロジェクトは５年の契約研究期間を終了し、その後公募された発展型研究「全球高精度植生バイオマス推定の実用化」へと継続された。

図3. 1　マンダルゴビ空港における植生の二方向性反射率特性（BRDF）の計測[9]

CEReS内の他グループからの関連する研究成果としては、AVHRRの植生指数に含まれる雲などのノイズを時間軸での移動窓処理で除去する手法の開発（朴、建石、松岡、1999）、中国華北平原での冬小麦地帯での連続観測から熱収支の日変化や季節変化を明らかにした研究（Shen, Kondoh, et al., 2002）、

9　https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/report/heisei13/pdf/pdf04/04_2/004.pdf

オアシスなど植生被覆が大きく変動する地域で適用可能なハイブリッド植生指数の提案と優位性（Ishiyama, Kajiwara, et al., 1997）、インドネシアの森林火災の排煙についてGMS、AVHRRのデータにテクスチャ解析の手法により定量化を行った研究（Asakuma, Kuze, Takeuchi, et al., 2002）、1992年１年間のAVHRRデータを用いてアジア全域の土地被覆を１km分解能でデータ化して提供した成果（Wen and Tateishi, 2001）、近赤外域でのBRFから積雪層の雪粒径および不純物濃度を導出するアルゴリズムの開発と地上検証（Tanikawa, Aoki, and Nishio, 2002）、地上実験からNDVIと植生被覆率の関係を求め、AVHRRデータからモンゴル全域の月ごとの植生被覆率を推定した研究（Purevdorj, Tateishi, Ishiyama, and Honda, 1998）など、多様な視点からの研究成果が得られている[10]。

2003年３月発行の第３回自己点検・外部評価報告書では、各部門・グループでの成果を次のような研究テーマにまとめ、それぞれのテーマについて目的や成果、外部協力、研究費、今後の方針、論文や学会発表について報告している。

◆大気環境研究グループ
- 衛星データの大気補正手法の改良とアジア各地のエアロゾル光学特性の研究（竹内・久世・高村）
- 衛星データプロダクト検証用大気データセットの作成と観測ネットワークの構築（高村・竹内・久世）
- リモートセンシング用センサ基礎技術に関する研究（久世・竹内・高村）

◆植生環境研究グループ
- アジアの土地被覆モニタリング（建石・石山・本多・黄）
- 乾燥地の植生モニタリングに適した植生指数アルゴリズムの開発とその検証（石山・建石・梶原）
- 高波長分解能、高空間分解能データによる植生生理・生化学情報の検出（本郷・本多・石山）
- 北西太平洋における外洋波浪のモニタリング ―大気－海洋CO_2ガス輸送素過程の解析―（杉森・浅井・千賀・浅沼）
- 北西太平洋大気－海洋間CO_2ガス輸送FLUXのモニタリング ―全球のCO_2ガスFLUXの機構と変動解明に向けて―（杉森・浅井・千賀・浅沼）

◆リモートセンシング基礎研究グループ
- 自然環境を構成する要素のグランドトゥルースデータの取得・収集とデータベース化（三輪・岡山）
- 光の散乱とゆらぎにおけるリモートセンシング基礎研究（岡山・三輪）

◆GIS/RS応用研究グループ
- 乾燥・半乾燥地域における環境問題に関する研究 ―中国の水文環境に関する研究―（新藤・近藤・唐）
- リモートセンシングによる植生・水文状態量、フラックスの推定（近藤・樋口*）
- アラブ首長国連邦の水文学的研究（新藤・唐・近藤）
- 環境研究のための地理情報データベースの構築と運用（近藤・新藤・唐・中山大地*）

*COE研究員

◆データベース構築研究グループ
- 衛星データ処理技術の高度化について（橋本・黄・本多・建石）
- 観測データの表現・統合・融合方法についての研究（黄・建石・橋本）

◆モンゴルプロジェクト研究
- 衛星観測による植物生産量推定手法の開発（プロジェクト総論）（本多・梶原・橋本・高村・黄・本郷）
- 検証機材の開発（本多・梶原）
- 植物生産量推定モデル（本多・梶原・橋本・高村・黄・本郷）

10　CEReS外部評価報告書2003年３月

1995～2003年の間のCEReS関連論文として、現在までの引用回数が比較的多いものを表3.1にまとめた。引用回数は2024年８月のGoogle Scholarのデータによる。下線部がCEReSの専任教員である。

表3. 1　引用回数が比較的多いCEReS関連論文（1995～2003）

・Takamura, T., Sasano, Y., and Hayasaka, T. (1994). Tropospheric aerosol optical properties derived from lidar, sun photometer, and optical particle counter measurements. Applied Optics, 33(30), 7132-7140. (162 citations)
・Kuze, H., Kinjo, H., Sakurada, Y., and Takeuchi, N. (1998). Field-of-view dependence of lidar signals by use of Newtonian and Cassegrainian telescopes. Applied Optics, 37(15), 3128-3132. (56 citations)
・Purevdorj, T. S., Tateishi, R., Ishiyama, T., and Honda, Y. (1998). Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. International Journal of Remote Sensing, 19(18), 3519-3535. (1036 citations)
・Asai, T., Ke, S., and Kodama, Y. M. (1998). Diurnal variability of cloudiness over East Asia and the western Pacific Ocean as revealed by GMS during the warm season. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 76(5), 675-684. (61 citations)
・Aoki, T., Aoki, T., Fukabori, M., Hachikubo, A., Tachibana, Y., and Nishio, F. (2000). Effects of snow physical parameters on spectral albedo and bidirectional reflectance of snow surface. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 105(D8), 10219-10236. (330 citations)
・Kunte, P. D., Wagle, B. G., and Sugimori, Y. (2001). Littoral transport studies along west coast of India–A review. International Journal of Marine Science, Vol.30(2) (50 citations)
・Ogi, M., Tachibana, Y., Nishio, F., and Danchenkov, M. A. (2001). Does the fresh water supply from the Amur River flowing into the Sea of Okhotsk affect sea ice formation?. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 79(1), 123-129. (98 citations)
・Chen, W., Kuze, H., Uchiyama, A., Suzuki, Y., and Takeuchi, N. (2001). One-year observation of urban mixed layer characteristics at Tsukuba, Japan using a micro pulse lidar. Atmospheric Environment, 35(25), 4273-4280. (73 citations)
・Murayama, T., Masonis, S. J., Redemann, J., Anderson, T. L., Schmid, B., Livingston, J. M., Russell, P. B., Huebert, B., Howell, G., McNaughton, C. S., Clarke, A., Abo, M., Shimizu, A., Sugimoto, N., Yabuki, M., Kuze, H., Fukagawa, S., Maxwell-Meiyer, K., Weber, R. J., Orsini, A., Blomquist, B., Bandy, A., and Thornton, D. (2003). An intercomparison of lidar-derived aerosol optical properties with airborne measurements near Tokyo during ACE-Asia. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 108(D23). (104 citations)
・Yoshii, Y., Kuze, H., and Takeuchi, N. (2003). Long-path measurement of atmospheric NO_2 with an obstruction flashlight and a charge-coupled-device spectrometer. Applied Optics, 42(21), 4362-4368. (50 citations)
・Nakajima, T., Sekiguchi, M., Takemura, T., Uno, I., Higurashi, A., Kim, D., Sohn, B. J., Oh S. N., Nakajima, T. Y., Ohta, S., Okada, I., Takamura, T., and Kawamoto, K. (2003). Significance of direct and indirect radiative forcings of aerosols in the East China Sea region. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 108(D23). (186 citations)
・Kunte, P. D., Wagle, B. G., and Sugimori, Y. (2003). Sediment transport and depth variation study of the Gulf of Kutch using remote sensing. International Journal of Remote Sensing, 24(11), 2253-2263. (40 citations)

3.1.2　共同利用研究（1995～2003）

全国共同利用センターの重要な活動の一つとして共同利用研究がある。環境分野におけるリモートセンシングの活用と応用分野の拡大を目的として、毎年、全国の国立・公立・私立大学、国立・公立研究機関、およびこれらに準ずる国内外の研究者を対象として共同利用・研究会を公募し、その成果報告会としての研究会「CEReS環境リモートセンシングシンポジウム」を開催している。創立から法人化前（1995～2003年度）の共同利用の件数と参加人数の推移を表3.2に示す。また、共同利用を行った研究機関の種類内訳（1995～2007年度）の統計を表3.3に示す。

表3. 2　共同利用の件数と参加人数の推移（1995～2003）

年度	H 7 1995	H 8 1996	H 9 1997	H10 1998	H11 1999	H12 2000	H13 2001	H14 2002	H15 2003	計
件数	19	44	66	50	53	33	33	30	35	363
人数	29	66	99	94	116	81	72	71	71	699

表3. 3　共同利用を行った研究機関の種類内訳（1995～2007）

研究機関の種類	研究者所属機関数 平成７～19年度	割合 %
千葉大学部局	7	4
国公立大学	60	36
私立大学	28	17
工業高等専門学校	4	2
文科省系研究機関	9	6
それ以外の政府系研究機関	23	14
地方自治体関係研究機関	12	7
民間（研究）機関	15	9
外国大学	5	3
外国研究機関	4	2
合　計	167	100

TOPICS　モンゴルプロジェクトとその成果

平成９（1997）年から平成18（2006）年にかけて、本多嘉明准教授（当時助教授）を研究代表者としてJSTの下記の２つの研究課題を連続して実施した。

（Ⅰ）戦略的基礎研究推進事業 研究領域「地球変動のメカニズム」（CREST）における研究課題「衛星観測による植物生産量推定手法の開発」平成９～13（1997～2001）年度。

（Ⅱ）戦略的創造研究推進事業 研究領域「発展・継続研究」（SORST）における研究課題「全球高精度植生バイオマス推定の実用化 ―衛星による多方向観測を利用した高精度バイオマス推定の実用化―」平成14～18（2002～2006）年度。

これらの研究課題は「リモートセンシングによるアジアにおける環境変動地域のモニタリング」をセンター全体のプロジェクトとして掲げていたCEReSの研究においてコアプロジェクトとして位置づけられていた。

研究課題（Ⅰ）では、ほぼ均一で平坦なマンダルゴビからウランバートルに至るモンゴル草原をおもな観測エリアとして設定し、以下の成果を得た。

（Ⅰ－１）モンゴル草原における大面積検証サイトの運用および検証データ収集手法の確立

大陸規模、あるいは全球を高頻度観測する人工衛星センサーは、必然的に地上解像度が数百ｍから１km程の中程度解像度センサー（AVHRR LAC、１km分解能など）となる。このような解像度のデータと直接比較し得る地上観測データの取得方法は確立されていなかった。本研究ではこれを可能とする観測機器を開発し、観測手法を確立した（図3.2）。観測はモンゴル国立リモートセンシングセンターの協力を得て実施した。この観測サイトはNASAの衛星地球観測プロジェクト（EOS）の公式検証サイトとして登録された。

（Ⅰ－２）モンゴル草原における高精度なバイオマス推定モデルの開発

上記の観測サイトにおいて、草本植物のバイオマスを人工衛星データから推定するアルゴリズムを確立した。また、草丈をパラメータとして用いると推定精度が向上することを実証し、衛星データから草丈を推定するアルゴリズムを構築した。さらに、世界で初めて種々の土地被覆における二方向性反射係数（BRDF）を地上実測する機材および手法を開発した。これらを用い、モンゴル草原サイトの異なる植生タイプについて数年にわたって二方向性反射データとバイオマス量を実測し、これらの間に密接な関係があることを明らかにした。この知見に基づき、植物の３次元構造を人工衛星から把握することで、バイオマス推定精度向上が可能であることを示した。また、既存の衛星データを解析し、衛星データから二方向性反射データを取得できることを示した。

（Ⅰ－３）二方向性反射データの観測機材の開発

二方向性反射データを利用することができれば、これまでの衛星観測よりも葉面積指数（LAI）や樹木の分布状況などのより詳しい植生情報が得られるという期待から、当時は二

図3. 2　産業用ラジオコントロールヘリコプターに観測機材を搭載し、大面積のスペクトル観測を可能とする機材を開発した。右図の樹木エリアはおよそ横30 m×縦20 mである。

方向性反射データが盛んに研究されるようになった時期であった。しかし、世界的に見ても二方向性反射モデルの提案と実験室あるいは人工的な小領域の二方向性反射計測が精一杯であり、数十cm四方の対象しか観測できず、農地や草原の草本植生しか対象とできないような機材による観測結果が報告されるのみであった。また、通常の衛星観測の複数パスを利用した指数も提案されていなかった。すなわち、実際の植生を満足に実測することができなかったことが一番の問題点であった。本研究では、実際の植生と二方向性反射データを結び付け、森林や湿地帯なども観測対象とすることができ、かつ十分な観測視野面積を確保できる観測機材を開発した。

研究課題開始時期の1997年頃においては、野外で使用でき、移動体に取り付けられるような軽量かつポータブルの分光放射計はまだ存在しておらず、その開発から行った。また、非破壊で草地のバイオマスを計測するため、レーザースキャナとロボットアームを併用した野外使用できる３次元形状計測装置の開発など、この研究プロジェクトでは多くの野外観測機材を開発することから始める必要があった。

その後、2002年から実施した研究課題（Ⅱ）においては、研究課題（Ⅰ）で得た知見をもとに、観測対象として森林を含む陸域植生全体に広げ、モンゴルにとどまらず、日本国内、北米大陸、東南アジア、オーストラリア等において大面積の観測対象の二方向性反射データおよび植生群落の３次元形状データの収集を行った。その際、研究課題（Ⅰ）で開発した観測機材を、観測方向を制御しつつ観測対象の静止画、動画、分光反射率計測、レーザースキャナによる３次元計測を行えるように大幅に改良した。このプロジェクトを通じて収集された各種植生を対象とする膨大なデータから、植生の３次元構造を考慮したバイオマス推定アルゴリズムを開発した。アルゴリズム開発に付随して、限られた二方向性反射実測サンプルデータから任意の観測ジオメトリにおける見かけの反射率を取得できるシミュレータの開発も行った。その他、カゲ指数、水ストレス指数、LST推定手法の開発も行った。

研究課題（Ⅱ）で得られた知見は、2017年12月にJAXAにより打ち上げられたGCOM-C/SGLIセンサのプロダクトである地上バイオマス（AGB）、カゲ指数（SI）、地表面温度（LST）のアルゴリズムに反映されている。とくに、地上バイオマスプロダクトでは、この研究で取得した種々の森林の二方向性反射データの分析がアルゴリズムの基礎となっている。

（梶原康司、本多嘉明）

3. 2　国立大学法人化から20周年までの研究（2004～2016）

3. 2. 1 「プロジェクト制」による研究推進（2004）

2004（平成16）年４月から国立大学が法人化され、大学運営においても明確な目的意識と自立的な行動が求められるようになり、これを具現化するものとして大学の中期目標・中期計画が位置づけられた。CEReSでも法人化と設立後10年時限の終了に向けてセンター内に「基本構想検討・推進委員会」を設けて所属教員全員の討議も踏まえ、次のような基本構想を得た[11]。

1）目標と方向性を明確にするため、研究を具体的なプロジェクトとして推進する
2）これに対応して、研究組織を分野制から領域制に変え、研究体制を弾力化する
3）共同利用施設としての機能により外部との研究連携を強化する。衛星データのアーカイブをその中核として位置づける
4）これまで以上に研究成果の社会還元を果たすために地域貢献、社会貢献を推進する

こうした検討を経て、従来の３研究部門制を廃し、「リモートセンシング基盤研究領域」と「リモートセンシング複合研究領域」の２領域を設けた。センターとしての統一課題として「衛星データによる地球表層環境の時空間情報の統合化による環境変動の解明」を設定、そのアプローチとして以下の４つのプロジェクト（PJ）を推進することとした。

PJ1 「衛星データによる地球表層環境変動の実態把握とその要因解析」
PJ2 「衛星データによるユーラシア大陸の植生３次元構造の変遷を中心とする表層・植生・土地被覆変動の研究とデータ解析・処理手法、検証データ観測手法の研究」
PJ3 「衛星データと地上観測ネットワークによる放射収支の評価と大気パラメータの長期変動」
PJ4 「地域社会に役立つリモートセンシングの実現 ―多様な空間情報のシナジーによる社会基盤情報の発信―」

上述したように、2005年のヨサファット准教授の着任後、新たに

PJ5 「円偏波合成開口レーダ搭載小型衛星の開発」

が加わり、また2008年10月からウェザーニューズ社の支援によって

PJ6 「地球温暖化と気象・海洋情報の活用」（寄付研究部門）

が加わった（2011年３月に終了）。

3. 2. 2 「プログラム制」による研究推進（2010）

この間、2008（平成20）年に外部評価が行われ、そこで様々な観点からCEReSの研究のあり方についての討議が行われた。さらに、2009年には新たに開始されることとなった共同利用・共同研究拠点としての申請のために第２期の中期目標・中期計画期間（2010～2015年度）における研究体制についてセンター内で集中的な討議を行い、同時に同年12月に開催した第15回のCEReS国際シンポジウムにおいて第１期における都合６つのプロジェクト研究の総括と見直し

11　2008（平成20）年3月外部評価報告書 P74

を行った。引き続き、これらプロジェクトを継承・発展する新たなプログラム（PG）として

PG1　先端的リモートセンシング

PG2　情報統合

PG3　衛星利用高度化

の３つを策定し、2010年からは共同利用・共同研究を含むセンター全体の研究をこの新プログラムに基づいて実施した。主要な研究テーマと担当教員を以下にまとめた。

3プログラムによる研究推進体制（2015年度の自己点検・外部評価資料による）

【PG1　先端的リモートセンシングプログラム】

- 円偏波合成開口レーダの環境応用／円偏波合成開口レーダ搭載航空機・小型衛星開発（ヨサファット教授）
- 革新的なデータ取得を可能とする新しいリモートセンシング装置の開発と実証（久世宏明教授）
- 衛星観測と地上観測を融合利用したグローバル大気環境研究（入江仁士准教授）
- 次期地球観測衛星GCOM-Cの検証と植生データ解析のためのアルゴリズム開発（本多嘉明准教授・梶原康司講師）

【PG2　情報統合プログラム】

- ひまわり８号をはじめとする全球静止気象衛星データの整備、校正、高次解析（樋口篤志准教授）
- 地理空間データ蓄積共有システムCEReS Gaiaのシステム構築と国際的運用（建石隆太郎教授）
- GOSAT衛星による全球の二酸化炭素とメタン濃度の導出と濃度データの検証・解析（齋藤尚子助教）
- 国際地上大気観測ネットワークSKYNETによる多点観測（入江仁士准教授）
- 気候診断系に関わるバーチャルラボラトリ（VL）の形成（４大学連携）（久世宏明教授、樋口篤志准教授ほか）

【PG3　衛星利用高度化プログラム】

- 問題解決を目指した日本・アジア域における環境変動に関する研究（近藤昭彦教授、本郷千春准教授）
- 災害からの復興、よりよい地域創りを目指した研究者とステークホルダーの協働（近藤昭彦教授）
- UAVによる近接リモートセンシング（近藤昭彦教授）
- 食料安全保障のためのリモートセンシングとGISの活用、アジア域への展開（本郷千春准教授）

国立大学法人化（2004）から第２期中期目標・中期計画期間の終了（2015）までの期間に公刊されたCEReS関連論文のうち、引用回数が比較的多い論文を表3.4にまとめた。

表3. 4　引用回数が比較的多いCEReS関連論文（2004～2015）

・Wakabayashi, H., Matsuoka, T., Nakamura, K., and Nishio, F. (2004). Polarimetric characteristics of sea ice in the Sea of Okhotsk observed by airborne L-band SAR. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 42(11), 2412-2425. (132 citations)
・Kim, D. H., Sohn, B. J., Nakajima, T., Takamura, T., Takemura, T., Choi, B. C., and Yoon, S. C. (2004). Aerosol optical properties over East Asia determined from ground-based sky radiation measurements. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 109(D2). (265 citations)
・Kim, D. H., Sohn, B. J., Nakajima, T., and Takamura, T. (2005). Aerosol radiative forcing over east Asia determined from ground-based solar radiation measurements. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 110(D10). (123 citations)
・Susaki, J., Yasuoka, Y., Kajiwara, K., Honda, Y., and Hara, K. (2006). Validation of MODIS albedo products of paddy fields in Japan. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(1), 206-217. (65 citations)
・Xiao, J., Shen, Y., Ge, J., Tateishi, R., Tang, C., Liang, Y., and Huang, Z. (2006). Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. Landscape and Urban Planning, 75(1-2), 69-80. (970 citations)
・Nakajima, T., Yoon, S. C., Ramanathan, V., Shi, G. Y., Takemura, T., Higurashi, A., Takamura, T., Aoki, K., Sohn, B. J., Kim, S. W., Tsuruta, H., Sugimoto, N., Shimizu, A., Tanimoto H., Sawa, Y., Lin, N. H., Lee, C. T., Goto D., and Schutgens, N. (2007). Overview of the Atmospheric Brown Cloud East Asian Regional Experiment 2005 and a study of the aerosol direct radiative forcing in east Asia. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 112(D24). (292 citations)
・Shalaby, A. and Tateishi, R. (2007). Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. Applied Geography, 27(1), 28-41. (1263 citations)
・Comiso, J. C. and Nishio, F. (2008). Trends in the sea ice cover using enhanced and compatible AMSR-E, SSM/I, and SMMR data. Journal of Geophysical Research: Oceans, 113(C2). (591 citations)
・Saitoh, N., Imasu, R., Ota, Y., and Niwa, Y. (2009). CO_2 retrieval algorithm for the thermal infrared spectra of the Greenhouse Gases Observing Satellite: Potential of retrieving CO_2 vertical profile from high-resolution FTS sensor. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 114(D17). (93 citations)
・Amini, J. and Sumantyo, J. T. S. (2009). Employing a method on SAR and optical images for forest biomass estimation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47(12), 4020-4026. (76 citations)
・Letu, H., Hara, M., Yagi, H., Naoki, K., Tana, G., Nishio, F., and Okada, S. (2010). Estimating energy consumption from night-time DMPS/OLS imagery after correcting for saturation effects. International journal of Remote Sensing, 31(16), 4443-4458. (259 citations)
・Imaoka, K., Kachi, M., Fujii, H., Murakami, H., Hori, M., Ono, A., Igarashi, T., Nakagawa, K., Oki, T., Honda, Y., and Shimoda, H. (2010). Global Change Observation Mission (GCOM) for monitoring carbon, water cycles, and climate change. Proceedings of the IEEE, 98(5), 717-734. (289 citations)
・Takenaka, H., Nakajima, T. Y., Higurashi, A., Higuchi, A., Takamura, T., Pinker, R. T., and Nakajima, T. (2011). Estimation of solar radiation using a neural network based on radiative transfer. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 116(D8). (148 citations)
・Al-Hanbali, A., Alsaaideh, B., and Kondoh, A. (2011). Using GIS-based weighted linear combination analysis and remote sensing techniques to select optimum solid waste disposal sites within Mafraq City, Jordan. Journal of Geographic Information System, 3(04), 267. (152 citations)

・Tateishi, R., Uriyangqai, B., Al-Bilbisi, H., Ghar, M. A., Tsend-Ayush, J., Kobayashi, T., Kasimu, A., Hoan, N. T., Shalaby, A., Alsaaideh, B., Enkhzaya, T., Gegentana, and Sato, H. P. (2011). Production of global land cover data – GLCNMO. International Journal of Digital Earth, 4(1), 22-49. (214 citations)

・Nuarsa, I. W., Nishio, F., and Hongo, C. (2012). Rice yield estimation using Landsat ETM+ data and field observation. Journal of Agricultural Science, 4(3), 45. (91 citations)

・Alimuddin, I., Sumantyo, J. T. S., and Kuze, H. (2012). Assessment of pan-sharpening methods applied to image fusion of remotely sensed multi-band data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 18, 165-175. (122 citations)

・Nuarsa, I. W., Nishio, F., Hongo, C., and Mahardika, I. G. (2012). Using variance analysis of multitemporal MODIS images for rice field mapping in Bali Province, Indonesia. International Journal of Remote Sensing, 33(17), 5402-5417. (62 citations)

・Irie, H., Boersma, K. F., Kanaya, Y., Takashima, H., Pan, X., and Wang, Z. F. (2012). Quantitative bias estimates for tropospheric NO_2 columns retrieved from SCIAMACHY, OMI, and GOME-2 using a common standard for East Asia. Atmospheric Measurement Techniques, 5(10), 2403-2411. (112 citations)

・Johnson, B. A., Tateishi, R., and Hoan, N. T. (2013). A hybrid pansharpening approach and multiscale object-based image analysis for mapping diseased pine and oak trees. International Journal of Remote Sensing, 34(20), 6969-6982. (136 citations)

・Tateishi, R., Hoan, N. T., Kobayashi, T., Alsaaideh, B., Tana, G., and Phong, D. X. (2014). Production of global land cover data – GLCNMO2008. Journal of Geography and Geology, 6(3), 99-122. (180 citations)

・Ouma, Y. O., and Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. Water, 6(6), 1515-1545. (677 citations)

3. 2. 3　共同利用研究（2004～2015）

共同利用研究は、プログラム研究、萌芽的な内容のものも含む一般研究、研究会、および2014年度から新たに開始した国際共同研究に分かれており、毎年、大気・海洋・雪氷・水循環・植生・土地被覆などの衛星データの解析や付随する地上観測研究等の幅広いテーマで40～50件の研究を実施した。また、共同利用研究発表会としてCEReS環境リモートセンシングシンポジウムを毎年２月中旬頃に開催した。2004～2015年度における共同利用の件数と参加人数の推移を表3.5にまとめた。

表3. 5　共同利用の件数と参加人数の推移（2004～2015）

年度	H16 2004	H17 2005	H18 2006	H19 2007	H20 2008	H21 2009	H22 2010	H23 2011	H24 2012	H25 2013	H26 2014	H27 2015	計
件数	36	36	43	45	48	47	44	47	44	49	57	57	553
人数	94	79	98	153	183	172	162	112	88	107	128	131	1,507

TOPICS　地球温暖化寄付研究部門

CEReSの地球温暖化寄付研究部門は、株式会社ウェザーニューズ社の寄付により2008（平成20）年10月に発足し、約３年間の研究活動を行った。千葉大学では医学部などでは寄付研究部門の実績があったが、自然科学系部局としては初めてであり、発足に至るまでに西尾文彦センター長を中心にCEReSの教員会議や運営協議会などで慎重な検討を重ねた。予定契約期間である平成23年３月までという限られた期間内に、リモートセンシングを活用した地球温暖化研究において学術的にも、また研究の社会貢献の面からも最大の成果を達成できるよう、運用面での規程などを整備した。その骨子は、寄付研究部門をセンターのプロジェクト６として新たに位置づけ、既存のプロジェクト１～５との研究上での交流を図り、CEReSの専任教員が寄付研究部門の教員と協力して研究を推進する点にあった。平成20年10月には石橋博良客員教授と長 康平教員（助教相当）が着任し、翌平成21年２月からは常松展充客員准教授も参加して全メンバーによる活動が開始された。

寄付研究部門では、地球温暖化の影響への対策・適応に関して、環境リモートセンシング研究センターと交通と気象との関連を中心とする研究に取り組んだ。同時に、産学連携の研究の場として、大学を拠点とした研究活動と社会における実利用との接点としての活動を行った。具体的には、次のような研究項目を立てて研究活動を展開した。

⑴　北極海航路の開拓と開発研究

⑵　マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結モニタリング

⑶　リモートセンシングと数値モデルを利用した温暖化研究と社会的還元

⑷　次世代円偏波合成開口レーダ搭載小型衛星の開発と温暖化・災害情報の提供方策

⑸　空間情報による気象災害の素因解析とその知識ベース化

⑹　衛星および地上計測による大気・気象パラメータの収集と気候変動研究への応用

⑺　高精度全球気象衛星データの作成と活用方策

平成16年の国立大学法人化後、大学と企業との協力のあり方については様々な議論が行われ、また色々な形での努力が続けられた。この地球温暖化寄付研究部門においても、ほぼ毎月実施された連絡会と幹事会における議論やその他の協議の場を通じて、大学側からも企業側からも積極的な提案と調整が行われた。上記の各テーマの研究活動については、次に示す一連のシンポジウムにおいて研究成果の公開を行った。

2009年６月15日（月）　CEReS寄付研究部門公開シンポジウム　13：00～17：30
　けやき会館３F　―地球温暖化現象の解明・対策・適応への挑戦―

2009年12月15日（火）～16日（水）　第15回CEReS国際シンポジウム
　けやき会館３F

2010年６月９日（水）寄付研究部門公開シンポジウム　13：00～17：30
　けやき会館３F　―地球温暖化現象の解明・対策・適応への挑戦―

2010年10月21日（木）～23日（土）　第16回CEReS国際シンポジウム
　沖縄県名護市　The 16th CEReS International Symposium on Climate Change-Studies through Activities of SKYNET and Virtual Laboratory for Climate Diagnostics

2010年５月、本寄付研究部門の開設と運営にあたって中心的な役割を担った石橋客員教授が逝去された。ウェザーニューズ社の関係者を含めて石橋客員教授逝去後の寄付部門の運営について集中的な協議を行い、その結果、選考委員会の議を経て同年９月には後任として宮部二朗客員教授が就任することとなった。その後、年末にかけて各研究テーマの進展状況を確認、CEReSとウェザーニューズ社との共同研究のあり方について議論を行い、寄付研究部門は2011年３月末をもって予定通り終了すること、その後は、両者間での包括的な協定に基づき、継続が必要な研究テーマについて共同研究を行っていくことについて合意が得られた。なお、2011年３月18日には船橋埠頭の三代目南極観測船「しらせ」艦上において成果を振り返る寄付部門シンポジウムを予定していたが、３月11日に発生した東日本大震災による千葉県湾岸の液状化、計画停電の影響により中止のやむなきに至った。このシンポジウムで発表を予定していた各報告の内容については、「寄付研究部門報告書」（図3.3）としてとりまとめ、公表した。

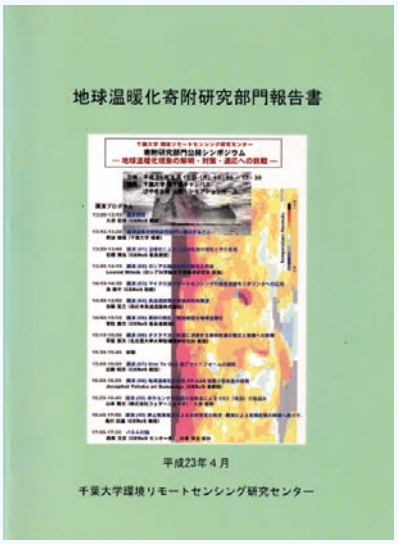

図3. 3　寄付研究部門報告書

3. 3　20周年から現在までの研究（2016～2024）

3. 3. 1　第３期に向けての大学改革

1990年代初頭のいわゆるバブル崩壊以降、30年間にわたって日本が経済的に停滞している中、大学を改革することにより技術革新を産むことが経済界から強く望まれるようになった。そのため、文部科学省は大学改革の動きを第２期中期目標・中期計画期間（2010～2015年度）に強め、大学改革に前向きな大学に予算を増やし、そうでない大学の予算は漸減させるという基本方針を策定した。この改革は、法人化以降に強化された学長のリーダーシップのもとに推進されるものであり、千葉大学でも大学の2015～2021年のビジョンと、それに基づく計画TOKUHISA PLAN（学長名：徳久剛史に因む）を決定した。この中の一つが“世界最高水準の研究分野の戦略的強化”である。すなわち、千葉大学で最も重点投資すべき研究分野を「戦略的重点研究強化プログラム」と称して６課題を選定し、CEReSから提案したリモートセンシングの研究分野「先端マイクロ波リモートセンシング拠点形成」もこの内の一つに選ばれた。

先端マイクロ波リモートセンシング拠点形成[12]

本研究プロジェクトでは、小型衛星群による大陸規模地殻変動と環境の観測を目的として、100 kg級の人工衛星の開発に取り組んでいます。この小型衛星には、我々が独自に開発した円偏波合成開口レーダ（CP-SAR）と呼ばれるセンサを搭載します。このセンサで用いるマ

12　https://imo.chiba-u.jp/academic/program/index.html

イクロ波は、雲、霧、煙などを通過するため、曇天や夜間に関係なく観測できます。24時間全天候型のセンサであることが大きな利点です。

本事業では、CP-SARの性能を確認するために、CN235機に搭載した飛行実証実験により、世界初の円偏波画像の取得に成功しました。第２期中期目標期間内での実績は、世界に先駆け小型・軽量、且つ円偏波を送信できるCP-SARを開発したことです。本拠点では、令和３年度までにグローバル環境・災害観測用の小型衛星CP-SAR及び運用ネットワークを実現するため、国内外のSAR画像信号処理、応用等の関連研究者の人材交流を推進し、グローバル災害・環境監視に役立てていきます。

2015（平成27）年６月から８月にかけ、第２期中期目標・中期計画期間の共同利用・共同研究拠点の期末評価および第３期（2016～2021年度）への継続申請の審査が行われた。本センターは評価結果S, A, B, Cの中のAと評価され、第３期における拠点の継続も認可された。この期末評価を通じて明らかになった本センターの今後の改善点は次の通りである。

・この期末評価のために、本センターは衛星データのダウンロードファイル数の増加を共同利用の意義の説明に使っていたが、今後は共同利用により得られた研究成果の例示が説明に必要である。
・拠点の意義は、データの公開そのものではなく、データ公開あるいはセンター独自の手法などを通じた異なる分野の研究者のコーディネートによる新しい研究の推進とその成果である。第３期ではこの拠点の意義に応えられるように研究活動をさらに進める必要がある。

3.3.2 「研究部門制」による研究推進

2021年10月から従来の３プロジェクト制（先端的リモートセンシング、情報統合、利用高度化）を発展的に改組し、先端センシング部門、環境診断部門、環境予測部門、統合解析部門、および社会実装部門の５研究部門体制に移行した。

2024（令和６）年度における５研究部門の内容、主担当教員は下記のようになっている。

①先端センシング部門…センサ開発、観測システム開発、観測データからの情報抽出法の開発など、計測技術に関する先端的な研究を行う。（入江、ヨサファット、本多、梶原）

②環境診断部門…衛星観測、地上観測データベースを活用し、地球環境の変動とその要因を解明する研究を行う。（市井、齋藤、楊、山本）

③環境予測部門…様々なリモートセンシングデータに基づき数値シミュレーションやビッグデータ解析を活用した環境予測研究を行う。（服部、小槻、岡崎）

④統合解析部門…リモートセンシングデータを中心とした地球環境情報を統合的に解析し、地球環境理解のさらなる深化に資する。（樋口、濱田 篤*、金丸佳矢**）

⑤社会実装部門…様々なステークホルダーとの協働を通してリモートセンシング研究の成果を社会実装し課題解決を行う。（本郷、木村篤史*）

*客員准教授、**客員研究員

2016～2020年のCEReS全体の論文・著書等の研究業績や国内外学会での研究発表の状況を表3.6に、トムソンロイターのWeb of Scienceによる統計を表3.7にまとめた[13]。また、2016～2021年に公刊されたCEReS関連論文のうち、引用回数が比較的多いものを表3.8にまとめた。

表3. 6　論文・著書等の研究業績や国内外学会での研究発表の状況（2016～2020）

年度	H28 2016	H29 2017	H30 2018	R 1 2019	R 2 2020	合計
研究者数	27	30	33	37	31	
著書	19	11	18	25	2	75
査読論文	70	81	115	105	79	450
解説その他	5	3	2	4	4	18
学会研究会発表	328	387	379	440	129	1,663
うち国際学会	142	193	179	225	75	814
うち国内学会	186	194	200	215	54	849

表3. 7　トムソンロイターのWeb of Scienceによる統計（2016～2020）

年度	H28 2016	H29 2017	H30 2018	R 1 2019	R 2 2020	合計
WoS論文数	43	58	75	84	49	309
一人当たり	1.59	1.93	2.27	2.27	1.58	1.95
Top10％論文	2	7	13	13	4	39
Top 1％論文	0	0	2	1	0	3
それ以外の論文	37	50	59	65	35	246
ESI対象外	4	1	3	6	10	24
国際共著	18	33	46	53	21	171
国際共著率	41.9%	56.9%	61.3%	63.1%	42.9%	55.3%

表3. 8　引用回数が比較的多いCEReS関連論文（2016～2021）

・Luo, Q., Gao, S., Sobhy, M., Sumantyo, J. T. S., Li, J., Wei, G., Xu, J., and Wu, C. (2016). Dual circularly polarized equilateral triangular patch array. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 64(6), 2255-2262. (58 citations)
・Irie, H., Muto, T., Itahashi, S., Kurokawa, J. I., and Uno, I. (2016). Turnaround of tropospheric nitrogen dioxide pollution trends in China, Japan, and South Korea. SOLA, 12, 170-174. (57 citations)
・Sharma, R. C., Tateishi, R., Hara, K., Gharechelou, S., and Iizuka, K. (2016). Global mapping of urban built-up areas of year 2014 by combining MODIS multispectral data with VIIRS nighttime light data. International Journal of Digital Earth, 9(10), 1004-1020. (118 citations)
・Kausarian, H., Sri Sumantyo, J. T., Kuze, H., Aminuddin, J., and Waqar, M. M. (2017). Analysis of polarimetric decomposition, backscattering coefficient, and sample properties for identification and layer thickness estimation of silica sand distribution using L-band synthetic aperture radar. Canadian Journal of Remote Sensing, 43(2), 95-108. (88 citations)

13　第7回自己点検・外部評価資料 P17

• Cong, N., Shen, M., Piao, S., Chen, X., An, S., Yang, W., Fu, Y. H., Meng, F., and Wang, T. (2017). Little change in heat requirement for vegetation green-up on the Tibetan Plateau over the warming period of 1998–2012. Agricultural and Forest Meteorology, 232, 650-658. (55 citations)

• Jung, M., Reichstein, M., Schwalm, C. R., Huntingford, C., Sitch, S., Ahlstrom, A., Arneth, A., Camps-Valls, G., Ciais, P., Friedlingstein, P., Gans, F., Ichii, K., Jain, A. K., Kato, E., Papale, D., Poulter, B., Raduly, B., Rodenbeck, C., Tramontana, G., Viovy, N., Wang, Y. P., Weber, U., Zaehle, S., and Zeng, N. (2017). Compensatory water effects link yearly global land CO_2 sink changes to temperature. Nature, 541(7638), 516-520. (606 citations)

• Köhler, P., Guanter, L., Kobayashi, H., Walther, S., and Yang, W (2018). Assessing the potential of sun-induced fluorescence and the canopy scattering coefficient to track large-scale vegetation dynamics in Amazon forests. Remote Sensing of Environment, 204, 769-785. (98 citations)

• Razi, P., Sumantyo, J. T. S., Perissin, D., Kuze, H., Chua, M. Y., and Panggabean, G. F. (2018). 3D land mapping and land deformation monitoring using persistent scatterer interferometry (PSI) ALOS PALSAR: Validated by Geodetic GPS and UAV. IEEE Access, 6, 12395-12404. (50 citations)

• Yang, W., Kobayashi, H., Wang, C., Shen, M., Chen, J., Matsushita, B., Tang, Y., Kim, Y., Bret-Harte, M. S., Zona, D., Oechel, W., and Kondoh, A. (2019). A semi-analytical snow-free vegetation index for improving estimation of plant phenology in tundra and grassland ecosystems. Remote Sensing of Environment, 228, 31-44. (48 citations)

• Kotsuki, S., Kurosawa, K., and Miyoshi, T. (2019). On the properties of ensemble forecast sensitivity to observations. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 145(722), 1897-1914. (35 citations)

• Diaz, S., Settele, J., Brondizio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Kate A. Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnar, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Chowdhury, R. R., Shin, Y. J., Visseren-Hamakers, I., Willis, K. J., and Zayas, C. N. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. Science, 366(6471), eaax3100. (1909 citations)

• Jung, M., Koirala, S., Weber, U., Ichii, K., Gans, F., Camps-Valls, G., Papale, D., Schwalm, C., Tramontana, G., and Reichstein, M. (2019). The FLUXCOM ensemble of global land-atmosphere energy fluxes. Scientific data, 6(1), 74. (469 citations)

• Xiao, J., Chevallier, F., Gomez, C., Guanter, L., Hicke, J. A., Huete, A. R., Ichii, K., Ni, W. J., Pang, Y., Rahman, A. F., Sun G. Q., Yuan, W. P., Zhang, L., and Zhang, X. (2019). Remote sensing of the terrestrial carbon cycle: A review of advances over 50 years. Remote Sensing of Environment, 233, 111383. (400 citations)

• Miaogen, S., Jiang, N., Dailiang, P., Yuhan, R., Huang, Y., Wei, Y., Zhu, X., ..., Liang, E., and Yanhong, T. (2020). Can changes in autumn phenology facilitate earlier green-up date of northern vegetation?. Agricultural and Forest Meteorology, 291, 108077. (52 citations)

• Kreher, K., Van Roozendael, M., Hendrick, F., Apituley, A., Dimitropoulou, E., Frieß, U., ..., Hoque, S., Irie, H., Jin, J., ..., Zhang, C., and Zhao, X. (2020). Intercomparison of NO_2, O_4, O_3 and HCHO slant column measurements by MAX-DOAS and zenith-sky UV–visible spectrometers during CINDI-2. Atmospheric Measurement Techniques, 13(5), 2169-2208. (98 citations)

• Kim, J., Jeong, U., Ahn, M. H., Kim, J. H., Park, R. J., Lee, H., ..., Ja-Ho Koo, J. H., Irie, H., Hayashida, S., ..., McElroy, C. T., and Choi, Y. (2020). New era of air quality monitoring from space: Geostationary Environment Monitoring Spectrometer (GEMS). Bulletin of the American Meteorological Society, 101(1), E1-E22. (220 citations)

• Yamamoto, Y., Ichii, K., Higuchi, A., and Takenaka, H. (2020). Geolocation accuracy assessment of Himawari-8/AHI imagery for application to terrestrial monitoring. Remote Sensing, 12(9), 1372. (47 citations)

・Verhoelst, T., Compernolle, S., Pinardi, G., Lambert, J. C., Eskes, H. J., Eichmann, K. U., ..., Hansen, G. H., Irie H., Jepsen, N., ..., Gonzalez, M. T. and Zehner, C. (2021). Ground-based validation of the Copernicus Sentinel-5p TROPOMI NO_2 measurements with the NDACC ZSL-DOAS, MAX-DOAS and Pandonia global networks. Atmospheric Measurement Techniques, 14(1), 481-510. (235 citations)

・Chandra, N., Patra, P. K., Bisht, J. S., Ito, A., Umezawa, T., Saigusa, N., Morimoto, S., Aoki, S., Janssens-Masnhout, G., Fujita, R., Takigawa, M., Watanabe, S., Saitoh, N., and Canadell, J. G. (2021). Emissions from the oil and gas sectors, coal mining and ruminant farming drive methane growth over the past three decades. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 99(2), 309-337. (54 citations)

・Portner, H. O., Scholes, R. J., Agard, J., Leemans, R., Archer, E., Bai, X., ..., Handa, C., Hickler T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Ute, J., ..., Ning, W., and Ngo, H. (2021). IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. (441 citations)

3. 3. 3　共同利用研究（2016～2024）

共同利用研究は、プログラム研究、萌芽的な内容のものも含む一般研究、研究会、国際共同研究、2019年度に新たに開始したプログラム研究・研究会（プログラム研究を強化させるための研究会）に分かれている。毎年、大気・海洋・雪氷・水循環・植生・土地被覆などの衛星データの解析や付随する地上観測研究等の幅広いテーマで40～50件の研究を実施している。共同利用研究発表会としてCEReS環境リモートセンシングシンポジウムを毎年２月中旬頃に開催している（図3.4；2021、2022年度は新型コロナ禍のため対面開催は中止し、オンラインで開催）。2016～2024年度における共同利用の件数と参加人数の推移を表3.9に、また共同利用研究者の所属機関別内訳を表3.10に示す。

表3. 9　共同利用の件数と参加人数の推移（2016～2024）

年度	H28 2016	H29 2017	H30 2018	R 1 2019	R 2 2020	R 3 2021	R 4 2022	R 5 2023	R 6 2024	計
件数	56	49	51	57	55	61	61	62	66	518
人数	158	118	130	154	133	148	141	121	175	1,278

表3. 10　共同利用研究者の所属機関別内訳（2016～2024）

年度	H28 2016	H29 2017	H30 2018	R 1 2019	R 2 2020	R 3 2021	R 4 2022	R 5 2023	R 6 2024
千葉大学（部局）	3	3	5	7	4	5	6	5	6
国公立大学	32	25	30	37	32	26	18	20	29
私立大学	13	10	17	11	9	6	5	6	9
大学共同利用機関法人	1	0	0	2	1	1	1	1	2
独法等公的研究機関	10	5	7	13	11	11	8	7	7
民間機関	11	10	7	6	4	3	5	6	7
外国機関	14	10	12	11	13	21	15	20	24
その他	2	2	0	4	4	4	4	4	5
計	86	65	78	91	78	77	62	69	89

図3. 4　2023年２月16日開催の第25回CEReS環境リモートセンシングシンポジウムの集合写真。
３年ぶりに対面開催が実現できた。

3. 4　国際シンポジウム

CEReSでは、発足以来、全国共同利用機関として研究レベルの向上を図るため国際化を積極的に推進し、表3.11に示すように毎年度、CEReS国際シンポジウムを開催して現在に至っている。「アジア域の環境変動のモニタリング」を主テーマとしているためアジア各国からの参加者が多いが、欧米からの参加者も得ている。開催場所は千葉大学のけやき会館や自然科学研究科の大会議室などが多いが、近年では千葉大学がインドネシア姉妹校７校と開催している国際会議IJJSS（Indonesia Japan Joint Scientific Symposium）との共催でインドネシアのジャカルタやバリでの開催も行っている。

表3. 11　CEReS主催国際シンポジウムの年度別開催状況（1995～2020）

年度	開催日	回数	シンポジウム名称	開催場所	参加者
Ｈ７年度	1995年８月 29～31日	第１回	国際植生モニタリング The CEReS International Symposium on Vegetation Monitoring	千葉大学 けやき会館	160名
Ｈ８年度	1997年１月 29～31日	第２回	乾燥・半乾燥地域の環境問題におけるリモートセンシングの役割 The CEReS International Symposium on the Role of Remote Sensing for the Environmental Issues in Arid and Semi-Arid Regions	千葉大学 大学院自然科学研究科 大会議室	口頭発表 40件
Ｈ９年度	1997年11月 ５～７日	第３回	アジアの水文環境 The CEReS International Symposium on Hydro-Environment in Asia	千葉大学 大学院自然科学研究科 大会議室	口頭発表 48件

年度	開催日	回数	シンポジウム名称	開催場所	参加者
Ｈ９年度	1998年１月21～23日	第４回	衛星データの大気補正とその地球環境への応用 The CEReS International Symposium on the Atmospheric Correction of Satellite Data and Its Application to Global Environment	千葉大学けやき会館	90名
H10年度	1998年12月10～11日	第５回	衛星観測による草原植生モニタリング The CEReS International Symposium on Global Change in East Asia – Vegetation Monitoring –	千葉大学けやき会館	72名
H11年度	1999年12月13～15日	第６回	海色リモートセンシングと炭素循環 The CEReS International Symposium on Ocean Color Remote Sensing and Carbon Flux	千葉大学けやき会館	口頭発表29件
H12年度	2001年２月22～23日	第７回	大気のリモートセンシングと衛星データの検証 The CEReS International Symposium on Remote Sensing of Atmosphere and Validation of Sattellte Data	千葉大学けやき会館	63名
H14年度	2003年３月10日	第８回	雪氷圏およびオホーツク海とその海氷に関する国際リモートセンシングシンポジウム The CEReS International Symposium on Remote Sensing of Cryosphere, Okhotsk Sea and Sea Ice	千葉大学けやき会館	46名
H15年度	2003年12月16～17日	第９回	アジアにおける環境変動のモニタリング The CEReS lntemaIional Symposium on Remote Sensing – Monitoring of Environmental Change in Asia	千葉大学けやき会館	91名
H16年度	2005年２月17～18日	第10回	衛星および地上観測データによる放射収支と大気パラメータの研究 ―アジアにおける長期傾向の理解に向けて The CEReS International Symposium on Radiation Budget and Atmospheric Parameters Studied by Satellite and Ground Observarion Data – Toward the Understanding of Long Term Trend in Asia	千葉大学けやき会館	109名
H17年度	2005年12月13～14日	第11回	地球環境の理解のための衛星データの最大限活用 The CEReS International Symposium on Remote Sensing “Maximizatin of the Use of Satellite Data for Understanding the Earth Environment”	千葉大学けやき会館	102名

年度	開催日	回数	シンポジウム名称	開催場所	参加者
H18年度	2007年１月10日	第12回	次世代の衛星搭載センサを利用した植生のバイオマス推定 The CEReS International Symposium and International Workshop on “Global Estimation of Biomass using the Next Generation Sensor”	東京大学生産技術研究所 An 棟	13名
H19年度	2007年10月29～30日	第13回	アジア地域における災害モニタリングと影響緩和 The CEReS lntemaIional Symposium on Remote Sensing “Disaster Monitoring and Mitigation in Asia”	千葉大学 けやき会館	91名
H20年度	2008年11月13～14日	第14回	気候変動をより理解するための大気リモートセンシングおよびSKYNETワークショップ The CEReS International Symposium and SKYNET Workshop on “Remote Sensing of the Atmosphere for Better Understanding of Climate Change”	千葉大学 けやき会館	84名
H21年度	2009年12月15～16日	第15回	環境リモートセンシングの成果と新たな挑戦 The CEReS International Symposium on Remote Sensing “Achievement and New Challenge of Environmental Remote Sensing”	千葉大学 けやき会館	94名
H22年度	2010年10月21～23日	第16回	SKYNETおよび４大学連携VLの活動を通じた気候変化研究 The CEReS International Symposium on Climate Change Studies through Activities of SKYNET and Virtual Laboratory for Climate Diagnostics	沖縄県名護市 ホテル ゆがふいん おきなわ	36名
H23年度	2012年３月１日	第17回	マイクロ波リモートセンシングによる環境診断 Microwave Remote Sensing for Environmental Diagnosis	千葉大学 けやき会館	60名
H24年度	2012年10月24日	第18回	環境モニタリングと関連研究のアジアネットワーク（IJJSS） Asian Network for Environmental Monitoring and Related Studies	千葉大学 工学部10号棟 会議室	70名
H25年度	2013年７月４～５日	第19回	国際スカイネットワークショップ International SKYNET Workshop 2013	千葉大学 人文社会系 研究棟	50名

年度	開催日	回数	シンポジウム名称	開催場所	参加者
H25年度	2013年８月８～９日	第20回	第１回リモートセンシング用小型衛星国際シンポジウム（SOMIRES2013） Symposium on Microsatellites for Remote Sensing（SOMIRES2013）	千葉大学アカデミックリンクセンター	70名
H26年度	2014年８月22日	第21回	第２回リモートセンシング用小型衛星国際シンポジウム Symposium on Microsatellites for Remote Sensing（SOMIRES2014）	インドネシアバリ島	60名
H26年度	2014年10月29日	第22回	CEReS国際シンポジウム／第６回インドネシア・日本共同科学シンポジウム（IJJSS） The CEReS International Symposium／The 6th Indonesia Japan Joint Scientific Symposium 2018（IJJSS2018）	インドネシアジョグジャカルタ	84名
H27年度	2015年12月１～２日	第23回	CEReS20周年記念合同シンポジウム Symposium on Microsatellites for Remote Sensing（SOMIRES2015）	千葉大学けやき会館	136名
H28年度	2016年11月21～24日	第24回	CEReS国際シンポジウム／IJJSS、第４回小型衛星合同シンポジウム The CEReS International Symposium／IJJSS and Joint Symposium on Microsatellites for Remote Sensing（SOMIRES2016）	千葉大学けやき会館人文社会系研究棟	211名
H29年度	2017年５月26日	第25回	CEReS国際シンポジウム／MOLI国際ワークショップ The CEReS International Symposium／International Workshop on Vegetation Lidar and Application from Space 2017	千葉大学松韻会館	45名
H29年度	2017年11月24日	第26回	CEReS国際シンポジウム／合同（第５回小型衛星シンポジウム（SOMIRES2017）、第２回先端マイクロ波リモートセンシングシンポジウム） The CEReS International Symposium／The 5th Symposium on Microsatellites for Remote Sensing（SOMIRES2017）, The 2nd Symposium on Innovative Microwave Remote Sensing	インドネシアジャカルタ	20名

年度	開催日	回数	シンポジウム名称	開催場所	参加者
H30年度	2018年10月９～11日	第27回	CEReS国際シンポジウム／第８回インドネシア・日本共同科学シンポジウム（IJJSS） The CEReS International Symposium／The 8th Indonesia Japan Joint Scientific Symposium 2018（IJJSS2018）	インドネシア ジャカルタ	100名
R01年度	2019年11月14～15日	第28回	CEReS国際シンポジウム／第９回インドネシア・日本共同科学シンポジウム（IJJSS） The CEReS International Symposium／The 9th Indonesia Japan Joint Scientific Symposium 2019（IJJSS2019）	インドネシア バリ島	230名
R01年度	2020年１月27日	第29回	CEReS国際シンポジウム／MOLI国際ワークショップ The CEReS International Symposium／International Workshop on Vegetation Lidar and Application from Space 2020	千葉大学 松韻会館	43名

一例として、下に2016（平成28）年11月に開催した第24回CEReS国際シンポジウム／第４回小型衛星シンポジウム（SOMIRES 2016）を報じたCEReSニュースの記事と集合写真（図3.5）を引用しておく。

平成28年11月21日から24日にかけ、２年に１度の千葉大学とインドネシアの大学との共同科学シンポジウム（IJJSS; Indonesia Japan Joint Scientific Symposium）が千葉大学で開催されました。このシンポジウムは両国の研究者や大学院生が交流を行う機会を提供する場でもあり、今回は当センターの３つのシンポジウムを同時開催しました。各シンポジウム合計で29のセッションが設けられ、情報通信やリモートセンシングを含むセンシング、地球科学、災害と減災、医学・薬学、教育、経済学、食料と水など幅広い分野にわたって160近い論文の発表がけやき会館と人文社会系総合研究棟で行われました。この様子は、CEReSニュースレター2016年11月号（No.132）でも紹介しています。プログラムおよびプロシーディングは、下記CEReSウェブサイトをご参照ください。

http://www.cr.chiba-u.jp/Documents/symposiums/symp2016/Proceedings-CEReS-IntlSympo24-IJJSS2016.pdf

図3. 5　2016年11月に千葉大学で開催した第24回CEReS国際シンポジウムの集合写真

TOPICS　気候診断系に関わるバーチャルラボラトリー（VL）の形成

昨今の異常気象と地球温暖化、地球シミュレータ稼働（2007年当時）等の新しい状況下で、温暖化に関する人工衛星リモートセンシングデータの収集・解析、およびその共同利用者への供給は研究者コミュニティへの貢献のみならず、社会への情報還元の意味からも非常に意義が大きい。こうした背景の中、2007年度より地球気候系の診断を行うため、我が国において気候・環境研究を推進している４研究センター（2007年当時）；東京大学気候システム研究センター（現：東京大学大気海洋研究所）、名古屋大学地球水循環研究センター（現：名古屋大学宇宙地球環境研究所）、東北大学大気海洋変動研究センター、およびCEReSが共同してバーチャルラボラトリー（VL）を形成し、各センターの特色と研究資産を生かした研究と教育を分担・連携して行うこととなった（図１）。VLとして気候診断に関わる重要な課題に取り組み、地球温暖化イニシアチブ、水循環イニシアチブ、地球観測統合システム（GEOSS）等の我が国における重要課題に貢献すること、また、連携形成によって学生や若手研究者の現場教育と育成のために、機関の枠を超えたセミナーや研究会・講習会を開き、我が国における当該分野の研究・教育レベルの向上に努めること、を目標に掲げてきた。なお、このVLの枠組みは日本初の共同利用研を束ねる連携であったことは特筆すべき点である。

VLの中のCEReSの役割（VL-CEReS）は人工衛星データ収集、特に世界の主要な静止気象衛星データの収集・処理・公開である。VL設立当初は　1.（少なくとも）近年10年の６基の静止気象衛星データのアーカイブ　2.グリッド化（緯度経度直行座標系への幾何補正）とセンサ校正アルゴリズムの開発（および適用）　3.個々の衛星・（全球合成）データの公開サーバ群の立ち上げと運用（図２）、が活動の柱であり、CEReSでは計算機・データベース委員会の活動と一体となって対応にあたった。

過去データは(株)ビジョンテックを介してNOAA、EUMETSATにデータ要求を行い、LTOテープに収録されたlevel 1bデータを読み出した後、関連研究者からのアドバイスを受けグリッド生成用幾何補正プログラムを独自に作成し、グリッドデータ生成処理を実施した。リアルタイム分は株式会社ウェザーニューズ（WNI）との連携強化により、WNIがリアル

タイム取得するMTSAT、GOES-E、GOES-Wデータを提供して頂き、それらのデータを準リアルタイムで処理することでグリッド化を進めた。さらにVL開始に合わせ、中国静止気象衛星FY-2シリーズ受信装置を導入、同じく準リアルタイム処理を進めた。こうした積極的な活動により2010年度には過去10年以上の主要な静止気象衛星データの収集・処理・公開がほぼ完了し、当初の目的を達成した。

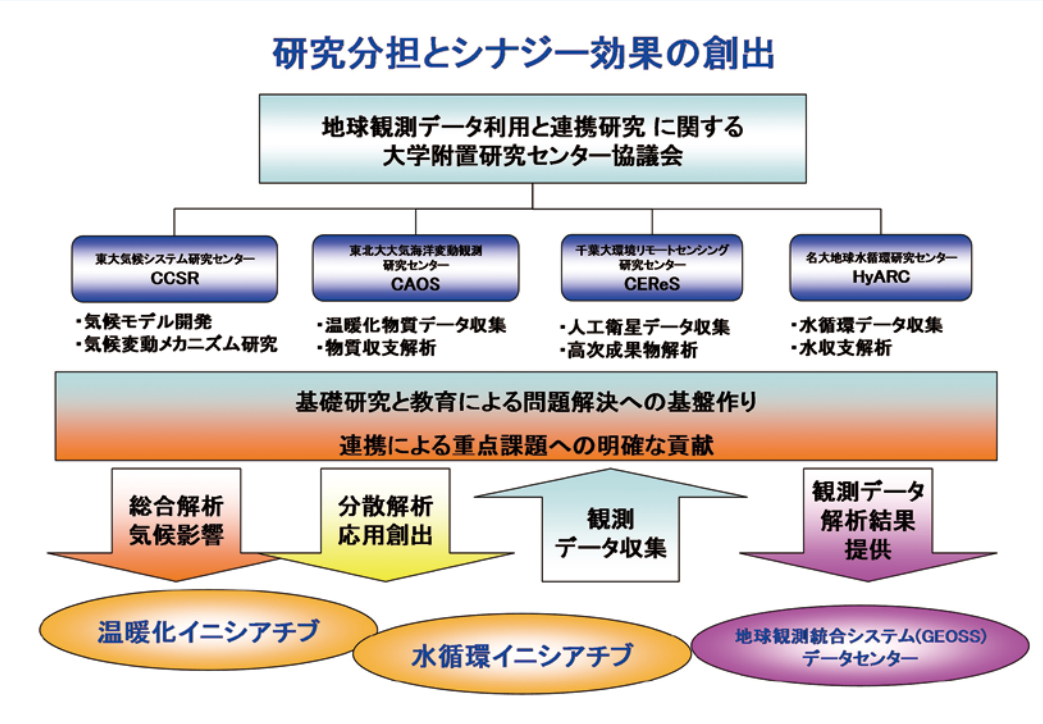

図1　VL開始時に作られた各研究センターの役割

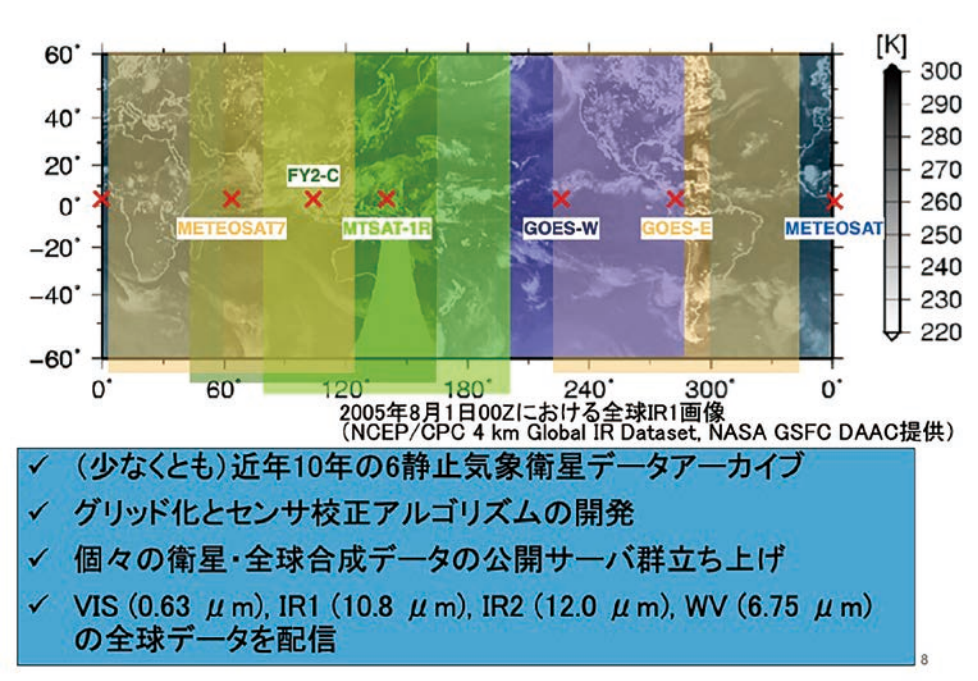

図2　VL-CEReSでの静止気象衛星データアーカイブ説明時に使ったスライド

VL-CEReSの長期静止気象衛星データアーカイブが気象庁でも評価され、同庁が所有する過去のひまわりデータ（GMS-1～GMS-5）が無償で提供された。提供されたひまわりデータもグリッド化を施し、ひまわり観測域では40年以上、他の観測域でも30年以上の静止気象衛星データを保有・公開するに至った（表１）。このような経緯があり、現在のひまわり８・９号データのCEReSからの研究目的での提供は、VLでの活動がベースとなっていると言ってよい。

表1　2024年３月末現在での静止気象衛星データ公開状況

Current GEO archive in CEReS

	*1: 3hourly data only			ftp://hmwr127.cr.chiba-u.ac.jp/						
Asia 1 (HIMAWARI)	GMS1*1 198103-198406	GMS2*1 198112-198409	GMS3*1 198409-198912	GMS4 198912-199506	GMS5 199506-200305	GOES9 200305-200507	MTSAT1R 200506-201007	MTSAT2 201006-201507	H-08 201507-202212	H-09 202212-NOW
Asia 2 (FY2 Series)	ftp://fy.cr.chiba-u.ac.jp/					FY2-C 200605-200809	FY2-D 200809-201512	FY2-E 201512-201901	FY2-G 201902-202403	
Asia 3 (Meteosat -IODC)	ftp://meteosat.cr.chiba-u.ac.jp/ , but IP restricted server access due to EUMETSAT data policy.			MFG5 199804-200702				MFG7 200607-201703	MSG1 201702-202201	MSG2 202201-NOW
EU-Africa (0Deg)		MFG4 198912-199402	MFG5 199402-199707	MFG6 199610-200212	MFG7 199806-200607	MSG1 200401-200612	MSG2 200609-NOW	MSG3 201212-201802	MSG4 201802-NOW	MTG1 Not Yet
America (GOES-EAST)	ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/			GOES08 199409-200303		GOES12 200304-201004		GOES13 201004-201801	GOES-R 201712-NOW	
Pacific (GOES-WEST)	ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/		GOES07 -199509	GOES09 199507-199807	GOES10 199807-200606		GOES11 200606-201112	GOES15 201112-201811	GOES-S 201812-202301	GOES-T 202210-NOW

(as of 31 Mar., 2024)

Himawari 8/9 HS: ftp://hmwr829hs.cr.chiba-u.ac.jp/ (only restricted IP), gridded data: ftp://hmwr829gr.cr.chiba-u.ac.jp/ (anyone can access)
GOES-R (3rd Gen. GOES-East: netCDF (FD, GLM only) ftp://goes3g-est.cr.chiba-u.ac.jp) (anyone can access)
GOES-S –T (3rd Gen. GOES-West: netCDF (FD, GLM only) ftp://goes3g-west.cr.chiba-u.ac.jp) (anyone can access)

1

こうしたデータ提供の他にも、CEReSの特色ある活動として放射国際観測ネットワークSKYNETの維持・強化、CO_2衛星観測・モデリングに関する連携等を通じ、VL参加機関の連携が強化されている。

VLのもう一つの柱として教育活動があり、これまで講習会を毎年欠かさず実施している。４機関の持ち回りであることから各機関４年に一度の実施となり、実施機関にとって過度な負担にならず、マンネリにならない（毎回新しいトピックを入れる）仕組みと言える。CEReSがこれまで実施した講習会は以下の通りである。

・第２回VL講習会：2008年９月10日～12日。千葉大学、参加者37名
「衛星観測データ解析の基礎を学ぶ」高村教授、本多准教授の座学に加え、Linux上でMTSAT、MODIS、TRMMデータの簡単な解析を実施。詳しくはCEReS Newsletter No.34（2008年９月）を参照。

・第６回VL講習会：2012年９月18日～19日。千葉大学、参加者37名
「エアロゾルと大気補正」高村教授、久世教授、入江特任准教授の座学に加え、SKYNETデータを用いたエアロゾルパラメータの導出演習を実施。詳しくはCEReS Newsletter No.82（2012年９月）を参照。

・第10回VL講習会：2016年９月20日～21日。千葉大学、参加者53名

「日本の地球観測衛星を知ろう」日本が打ち上げた、または計画中のミッションについてJAXAおよび関係機関から研究者を招聘し講演。ひまわり８号データ解析を演習で実施。詳しくはCEReS Newsletter No.130（2016年９月）を参照。

・第14回VL講習会：2021年３月８日～９日。オンライン、参加者104名
「気候変動研究におけるリモートセンシングの役割」８つのテーマのオンデマンド講義に加え、Pythonでのひまわり８号データ解析、Google Earth Engineを用いた陸面データセット解析演習（共にオンライン）を実施。詳しくはCEReS Newsletter No.184（2021年３月）を参照。

・第18回VL講習会:2025年３月３日～４日、千葉大学。機械学習等を演習内容にする予定。

こうした講習会に参加した若手が育ち、現在の気候変動研究やVL活動に貢献する例も多く出てきている。VL活動を支援する経費は開始当初は、毎年概算要求を行う必要のある特別経費であったが、その後一般経費化されたことで共同研究拠点間の連携らしい息の長い活動として継続することができている。気候変動研究は言うまでもなく今後も重要であり、引き続き安定かつ継続した支援が望まれる。

（樋口篤志）