

2019年5月29日(水)

[J] Eveningポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域) : M-SD 宇宙開発・地球観測

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P01] 気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明 (AMSR3)*増永 浩彦¹、江淵 直人²、田村 岳史³、芳村 圭⁴、青梨 和正⁵、計盛 正博⁶、斎藤 克弥⁷ (1.名古屋大学、2.北海道大学、3.国立極地研究所、4.東京大学、5.気象研究所、6.気象庁、7.漁業情報サービスセンター)**[MSD44-P02] 衛星搭載アクティブセンサによる降水観測***高橋 暢宏¹、高薮 縁²、古川 欣司³、沖 理子³、山本 晃輔³、金子 有紀³ (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2.東京大学 大気海洋研究所、3.宇宙航空研究開発機構)**[MSD44-P03] 小型降水レーダコンステレーション***古川 欣司¹、小川 俊明²、沖 理子¹、久保田 拓志¹、山地 萌果¹ (1.宇宙航空研究開発機構、2.日本電気株式会社)**[MSD44-P04] 円偏波SARの軌道上実証***スリスマンティヨ ヨサファットテトコ¹、久世 宏明¹、井村 信義¹ (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)**[MSD44-P05] Global wind measurement system using Doppler Wind Lidar and Imaging FTS***岡本 創¹、木村 俊義²、境澤 大亮²、石井 昌憲³ (1.九州大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.情報通信研究機構)**[MSD44-P06] 地球環境変動 (地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動) の監視・解明に関するミッション***本多 嘉明¹、青木 輝夫²、中島 孝³、虎谷 充浩⁴ (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.東海大学情報技術センター、4.東海大学大学院地球環境科学研究科)**[MSD44-P07] CO₂大規模点排出源観測衛星の提案***大山 博史¹、松永 恒雄¹、森野 勇¹、吉田 幸生¹、齋藤 誠¹ (1.National Institute for Environmental Studies)**[MSD44-P08] 地球の健康診断 - 温暖化対策効果の早期検証と大気汚染実態把握のためのSLCPイメージング分光観測-***笠井 康子¹、金谷 有剛²、谷本 浩志³、大気化学会 大気環境衛星検討委員会⁴ (1.情報通信研究機構、2.海洋研究開発機構、3.国立環境研究所、4.大気化学会 大気環境衛星検討委員会)**[MSD44-P09] 衛星搭載植生ライダー(MOLI)***浅井 和弘¹、平田 泰雅²、鷹尾 元²、下田 陽久³、本多 嘉明⁴、梶原 康司⁴、粟屋 善雄⁵、須崎 純一⁹、遠藤 貴宏⁶、松永 恒雄⁷、澤田 義人⁷、杉本 伸夫⁷、西澤 智明⁷、水谷 耕平⁸、石井 昌憲⁸、木村 俊義¹⁰、今井 正¹⁰、林 真智¹⁰、境澤 大亮¹⁰、室岡 純平¹⁰、三橋 怜¹⁰ (1.東北工業大学、2.森林総合研究所、3.東海大学、4.千葉大学、5.岐阜大学、6.リモート・センシング技術センター、7.国立環境研究所、8.情報通信研究機構、9.京都大学、10.宇宙航空研究開発機構)**[MSD44-P10] Estimation of forest resources by a dual-wavelength imaging LiDAR system***平田 竜一¹、澤田 義人¹、林 真智²、齋藤 英樹³、高橋 與明³、松永 恒雄¹ (1.国立環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.森林総合研究所)**[MSD44-P11] 陸域植生のSIF・PRIモニタリングのための高空間・波長分解能観測衛星の開発***野田 響¹、大政 謙次²、彦坂 幸毅³、市井 和仁⁴、小林 秀樹⁵、加藤 知道⁶、村岡 裕由⁷ (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.東京大学、3.東北大学、4.千葉大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構、6.北海道大学、7.岐阜大学)**[MSD44-P12] Satellite Observation of the Whole Atmosphere - Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2)***塩谷 雅人¹、齋藤 昭則¹、坂崎 貴俊¹、落合 啓²、パロン フィリップ²、西堀 俊幸³、鈴木 睦³、阿部 琢美³、前澤 裕之⁴、大山 伸一郎^{5,6,7} (1.京都大学、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.大阪府立大学、5.名古屋大学、6.オウル大学、7.国立極地研究所)

[MSD44-P13] Simulation studies for Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder-2 (SMILES-2)

*Philippe Baron¹、Satoshi Ochiai¹、Donal Murtagh⁵、Hideo Sagawa²、Akinori Saito³、Masato Shiotani³、Makoto Suzuki⁴ (1.National Institute of Information and Communications Technology、2.Kyoto Sangyo University、3.Kyoto University、4.Japan Aerospace Exploration Agency、5.Chalmers University of Technology, Sweden)

[MSD44-P14] 超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2の衛星搭載性検討

*落合 啓¹、バロンフィリップ¹、入交 芳久¹、西堀 俊幸²、鈴木 睦²、鶴澤 佳徳³、前澤 裕之⁴、真鍋 武嗣⁴、齊藤 昭則⁵、塩谷 雅人⁵ (1.情報通信研究機構、2.宇宙航空研究開発機構、3.国立天文台、4.大阪府立大学、5.京都大学)

[J] Eveningポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域) : M-SD 宇宙開発・地球観測

■ 2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ㊦ ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンピーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高藪 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会 (TF)」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

[MSD44-P01] 気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明 (AMSR3)

*増永 浩彦¹、江淵 直人²、田村 岳史³、芳村 圭⁴、青梨 和正⁵、計盛 正博⁶、斎藤 克弥⁷ (1.名古屋大学、2.北海道大学、3.国立極地研究所、4.東京大学、5.気象研究所、6.気象庁、7.漁業情報サービスセンター)

[MSD44-P02] 衛星搭載アクティブセンサによる降水観測

*高橋 暢宏¹、高藪 縁²、古川 欣司³、沖 理子³、山本 晃輔³、金子 有紀³ (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2.東京大学 大気海洋研究所、3.宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P03] 小型降水レーダコンステレーション

*古川 欣司¹、小川 俊明²、沖 理子¹、久保田 拓志¹、山地 萌果¹ (1.宇宙航空研究開発機構、2.日本電気株式会社)

[MSD44-P04] 円偏波SARの軌道上実証

*スリスマンティヨ ヨサファットテトコ¹、久世 宏明¹、井村 信義¹ (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

[MSD44-P05] Global wind measurement system using Doppler Wind Lidar and Imaging FTS

*岡本 創¹、木村 俊義²、境澤 大亮²、石井 昌憲³ (1.九州大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.情報通信研究機構)

[MSD44-P06] 地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション

*本多 嘉明¹、青木 輝夫²、中島 孝³、虎谷 充浩⁴ (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.東海大学情報技術センター、4.東海大学大学院地球環境科学研究科)

[MSD44-P07] CO₂大規模点排出源観測衛星の提案

*大山 博史¹、松永 恒雄¹、森野 勇¹、吉田 幸生¹、齊藤 誠¹ (1.National Institute for Environmental Studies)

[MSD44-P08] 地球の健康診断 -温暖化対策効果の早期検証と大気汚染実態把握のためのSLCPイメージング分光観測-

*笠井 康子¹、金谷 有剛²、谷本 浩志³、大気化学会 大気環境衛星検討委員会⁴ (1.情報通信研究機構、2.海洋研究開発機構、3.国立環境研究所、4.大気化学会 大気環境衛星検討委員会)

[MSD44-P09] 衛星搭載植生ライダー(MOLI)

*浅井 和弘¹、平田 泰雅²、鷹尾 元²、下田 陽久³、本多 嘉明⁴、梶原 康司⁴、粟屋 善雄⁵、須崎 純⁹、遠藤 貴宏⁶、松永 恒雄⁷、澤田 義人⁷、杉本 伸夫⁷、西澤 智明⁷、水谷 耕平⁸、石井 昌憲⁸、木村 俊義¹⁰、今井 正¹⁰、林 真

智¹⁰、境澤 大亮¹⁰、室岡 純平¹⁰、三橋 怜¹⁰ (1.東北工業大学、2.森林総合研究所、3.東海大学、4.千葉大学、5.岐阜大学、6.リモート・センシング技術センター、7.国立環境研究所、8.情報通信研究機構、9.京都大学、10.宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P10] Estimation of forest resources by a dual-wavelength imaging LiDAR system

*平田 竜一¹、澤田 義人¹、林 真智²、齋藤 英樹³、高橋 與明³、松永 恒雄¹ (1.国立環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.森林総合研究所)

[MSD44-P11] 陸域植生のSIF・PRIモニタリングのための高空間・波長分解能観測衛星の開発

*野田 響¹、大政 謙次²、彦坂 幸毅³、市井 和仁⁴、小林 秀樹⁵、加藤 知道⁶、村岡 裕由⁷ (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.東京大学、3.東北大学、4.千葉大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構、6.北海道大学、7.岐阜大学)

[MSD44-P12] Satellite Observation of the Whole Atmosphere - Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2)

*塩谷 雅人¹、齊藤 昭則¹、坂崎 貴俊¹、落合 啓²、バロン フィリップ²、西堀 俊幸³、鈴木 睦³、阿部 琢美³、前澤 裕之⁴、大山 伸一郎^{5,6,7} (1.京都大学、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.大阪府立大学、5.名古屋大学、6.オウル大学、7.国立極地研究所)

[MSD44-P13] Simulation studies for Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder-2 (SMILES-2)

*Philippe Baron¹、Satoshi Ochiai¹、Donal Murtagh⁵、Hideo Sagawa²、Akinori Saito³、Masato Shiotani³、Makoto Suzuki⁴ (1.National Institute of Information and Communications Technology、2.Kyoto Sangyo University、3.Kyoto University、4.Japan Aerospace Exploration Agency、5.Chalmers University of Technology, Sweden)

[MSD44-P14] 超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2の衛星搭載性検討

*落合 啓¹、バロン フィリップ¹、入交 芳久¹、西堀 俊幸²、鈴木 睦²、鷲澤 佳徳³、前澤 裕之⁴、真鍋 武嗣⁴、齊藤 昭則⁵、塩谷 雅人⁵ (1.情報通信研究機構、2.宇宙航空研究開発機構、3.国立天文台、4.大阪府立大学、5.京都大学)

気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明 (AMSR3) Monitoring climate variability and global water cycle and understanding their mechanisms (AMSR3)

*増永 浩彦¹、江淵 直人²、田村 岳史³、芳村 圭⁴、青梨 和正⁵、計盛 正博⁶、斎藤 克弥⁷

*Hirohiko Masunaga¹, Naoto Ebuchi², Takeshi Tamura³, Kei Yoshimura⁴, Kazumasa Aonashi⁵, Masahiro Kazumori⁶, Katsuya Saitoh⁷

1. 名古屋大学、2. 北海道大学、3. 国立極地研究所、4. 東京大学、5. 気象研究所、6. 気象庁、7. 漁業情報サービスセンター

1. Nagoya University, 2. Hokkaido University, 3. National Institute of Polar Research, 4. University of Tokyo, 5. Meteorological Research Institute, 6. Japan Meteorological Agency, 7. Japan Fisheries Information Service Center

長期・継続的かつ高頻度・高解像度・全天候観測に基づいた気候変動に伴う全球水循環変動のメカニズムの解明、および海水密度・積雪深・海面水温・降水量・水蒸気量・土壌水分など長期モニタリングによる気候変動・全球水循環変動の監視を目的として、衛星搭載マイクロ波放射計の観測を提案する。

マイクロ波放射計は地表面・海面・大気から放出されるマイクロ波の信号を測定し、放射輝度温度から様々なアルゴリズムを使って物理量を算出する。日本のマイクロ波放射計はAMSRシリーズと呼ばれ、これまで世界をリードしてきたセンサであり、海外の将来計画にも匹敵するものがなく、技術的な優位性も高い。気候変動・全球水循環変動のメカニズムを解明するために必要となる変数を、世界トップの高解像度で観測・提供する。具体的には、AMSR2で実現した世界最高の空間分解能を持った6-89 GHzの多周波・多偏波輝度温度観測に基づく全球水循環に関する物理量観測を継続・発展させる。同時に、新規に追加する高周波チャンネル帯（166/183 GHz）によって、全球降水量の変動把握に必要なではあるがAMSR2では推定できなかった固体降水（降雪量）を観測する。さらに超解像処理技術によりAMSR2では約50 km分解能で提供している海面水温プロダクトをAMSR3では約20 km程度とし、沿岸約20 km以遠が利用できる海面水温プロダクトの提供を目標としている。すなわち本提案は、AMSR-EおよびAMSR2により蓄積された観測実績を継続し安定的な全球マイクロ波観測データの供給を担うと共に、高周波チャンネル帯の開拓と実効的高解像度化という技術的新規性を兼ね備えている。

期待される科学成果として、冒頭に述べた主要物理量の高精度継続観測によるClimate Data Recordの作成とそれを生かした気候変動・水循環変動のメカニズムの研究、海洋深層循環変動の解明につながる海水の研究、短期予測モデルへのデータ同化、気候予測モデルの初期値・境界条件、検証評価への利用、などが挙げられる。これらを総合して気候変動に伴う全球水循環変動の実態を把握し、そのメカニズムを明らかにすることを通して、将来予測と対策に貢献する。世界トップレベルの観測精度・空間分解能を持つAMSRシリーズでのみ可能となるサイエンスが期待される。

期待されるアウトカムとしては、気象予報、防災分野における現業利用の継続および高度化、全球水循環変動・気候変動の予測精度向上、水資源管理、洪水・旱魃予測、農業への応用、沿岸域への漁場予測の拡張が挙げられる。具体的な実利用の展望は幅広い。一般社団法人漁業情報サービスセンターでは、NOAA衛星等の赤外センサとAMSRシリーズのマイクロ波放射計で観測したデータを用いて表面水温の情報を提供している。この利用事例については、平成25年度宇宙開発利用大賞を受賞しており、燃油が16%節約できた、漁業のICT化に大きく貢献した、等の効果が評価された。我が国が漁業技術先進国として存在感を示すためには必要不可欠なセンサといえる。気象予報分野では、気象庁の数値予報システムで、AMSRシリーズのデータが継続して利用されており、気象予報の精度維持・向上のためには、AMSR3の利用が必須である。AMSRシリーズのデータはNOAAやECMWF、豪州気象局などの10の海外気象機関でも現業で利用されている。北極海航路の利

活用の分野では、すでに、AMSR2の海氷観測データが、現状把握および短期・中長期の予測において利用されている。AMSR2による短期の海氷予測情報の精度の向上や、現在は精度が低く実用に至っていない中・長期の海氷予測精度向上に向けた海氷モデルの改良に貢献することで、北極海航路の開拓・運用に対する我が国の存在感を後押しする。シベリア沿岸域の資源開発にともない北極海航路の利用が進めば、今後さらにこの分野での利用は拡大すると期待できる。土壌水分量のデータは既に農業モニタリングの一指標として、欧米の企業は利活用を始め、情報提供まで行っている企業も存在する。我が国のリモートセンシング関連事業者でも、途上国の流域水循環モデルの構築にあたりAMSR2データを利活用している事例がみられることから、途上国支援という位置づけからもデータの継続性は重要であると考えられる。

キーワード：衛星地球観測、気候変動、全球水循環、マイクロ波リモートセンシング

Keywords: Satellite Earth Observation, Climate variability, Global water cycle, Microwave remote sensing

衛星搭載アクティブセンサによる降水観測

Precipitation Measuring Mission by Active Sensors

*高橋 暢宏¹、高藪 縁²、古川 欣司³、沖 理子³、山本 晃輔³、金子 有紀³

*Nobuhiro Takahashi¹, Yukari Takayabu², Kinji Furukawa³, Riko Oki³, Kosuke Yamamoto³, Yuki Kaneko³

1. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2. 東京大学 大気海洋研究所、3. 宇宙航空研究開発機構

1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. The Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI), 3. The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

全球的な雲降水システムの理解とそのモニタリングを目的とした、人工衛星搭載降水レーダのミッションの提案として全球降水観測計画（GPM）主衛星搭載の二周波降水レーダ（DPR）の性能を大幅に向上させたDPR2による降水観測を提案するものである。提案のベースとなるのは、熱帯降雨観測衛星（TRMM）搭載降雨レーダ（PR）およびによる20年以上の観測から得られた地球全体の降水に関する知見と継続観測によって得られた全球の降水レコードである。これらから、降水科学研究の新展開に向けた議論に基づくミッションを定義した。

基本となる考え方は、気候変動研究においては様々なスケールの現象を把握する必要があるということである。すなわち、地球温暖化問題に代表される気候変動については、地球全体の気候の変化だけでなく、温暖化による降水などの日常生活への影響まで含めて評価する必要がある、そのためには、降水について言えば地球の水循環を正確に把握する必要がある。降水観測を軸に考えても、降水量の把握だけでなく、雲から降水へ変化するプロセスや地球上に雨としてもたらずのか、または雪としてもたらずのか、さらに土壌の涵養能力を超える降水なのかどうか、といったプロセスまで把握することが次へのステップになる。このような研究を推し進めるためには、TRMMやGPMでの降水に特化した観測だけではなく、雲観測を含めた観測（システム）が必要になる。さらに、雲から降水への変化を正確に把握するためには、動的な情報を取得する必要があると考えている。一方で、TRMM・GPMと続く降水レコードの継続による気候学的な情報の取得やGSMaPに代表される全球降水マップの高度化も実利用的な面で必要になる。

TRMMやGPMで行ってきた国際的な協力を目を向けると、米国ではDecadal Surveyにおいて優先順位の高いdesignated observationとしてCCP(Cloud, Convection and Precipitation)やAerosolの観測が挙げられていることから、雲・降水観測を主眼においてミッション検討がスタートしている。Decadal Surveyにおいて例示された観測手法は走査型雲レーダやKa帯レーダによる雲の高感度観測とドップラー速度計測であり、ここで提案しているDPR2とは相補的である。また、Decadal Surveyでは国際的分担も強調されており、日米双方の技術を終結しそれぞれの目指す科学研究を達成することが最も実現性の高い解である。

よって、ここで提案するミッションはGPM/DPRをベースとして上述のような科学研究や実利用を実現するためのセンサを提案するものである。この提案では、米国との協力を念頭においたものとしている。

ここで提案するセンサは、DPRを高度化したセンサである（以下、DPR2と呼ぶ）。DPR2では、GaNなどの半導体素子開発の進展やパルス圧縮技術の導入により、感度をDPRの10倍から100倍（10から20dB）向上させることを計画しているほか、直下方向のドップラー速度の計測を目指している。感度の向上はDPRが弱い降雪に対して十分な感度を持っていないことを解消するために必要であるほか、雲レーダの感度範囲と十分に重なるようにするためである。感度向上のためのリソースは、感度向上以外にも走査幅の拡大などに振り分けることも可能であり（その分、感度は悪くなるが）、その場合には例えばDPR2観測のデータを直接GSMaPへ入力することも可能である。この感度のリソースの活用については、運用において自由度を持たせることも可能である。ドップラー速度計測のためには、レーダパルス間の相関を保つことが必要であるが、高速で移動する

人工衛星ではDPRのアンテナサイズでは十分な相関を得ることができず、少なくとも衛星進行方向へ2倍のアンテナサイズを有することが必要である。技術的には展開型アンテナを導入し、大口径アンテナ実現することになるが、大きな開発要素なる一方でドップラー速度にかかるレーダ制御や信号処理についてはEarthCAREの知見が使える。それ以外の性能については、既存の成熟した技術を応用することが可能であり、技術的なハードルは高くない。

キーワード：降水、レーダ、地球観測衛星

Keywords: Precipitation, radar, Earth observing satellite

小型降水レーダコンステレーション

Asian Small Precipitation Radar Constellation (ASPRC)

*古川 欣司¹、小川 俊明²、沖 理子¹、久保田 拓志¹、山地 萌果¹

*Kinji Furukawa¹, Toshiaki Ogawa², Riko Oki¹, Takuji Kubota¹, Moeka Yamaji¹

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 日本電気株式会社

1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. NEC Corporation

宇宙航空研究開発機構(JAXA)と日本電気株式会社(NEC)は、全球降水観測計画主衛星搭載二周波降水レーダ(GPM/DPR)の開発を行った。GPM/DPRは2014年に打上げられ、その観測データはJAXAが提供する世界の雨分布速報(GSMAP)に取り込まれるなど、様々に活用されている。GPM/DPRはマイクロ波放射計による降水観測に比べて、海上/陸上の区別なく高精度の観測が可能であり、降雨の高度プロファイルが取得可能であるなどの点で優れている。一方で、GPM/DPRは観測幅が比較的狭く、かつ1機しか運用されていないことから、同一地点の観測頻度が少ないことが課題である。本提案ではこの課題を解決するため、GPM/DPRを構成するKu帯降水レーダ(KuPR)をベースとして小型衛星に搭載可能な降水レーダを開発し、運用機数を増やすことにより同一地点の観測間隔を約6時間程度に短縮することを目標とする。なお、本降水レーダはNECが開発した小型衛星バスNEXTAR-300Lに搭載することを想定している。

本提案の小型降水レーダコンステレーションでは、GPM/DPRに対して同一地点の観測頻度を大幅に改善することができる。衛星機数は増加するが、降水レーダおよび衛星バスとも既開発品を活用すること、および比較的安価な小型衛星に搭載することで、システム全体のコストを抑制する。降水レーダおよび衛星バスとも既開発品を活用することを想定し、1機目の開発コストとして100億円以下(地上設備、打上げ、運用費除く)を目標とする。

本降水レーダの、実利用的展開としては、同一地点の観測頻度が増加することで、天気予報の精度向上、台風や集中豪雨による水害発生予測など防災面での活用が想定される。また、科学的には熱帯域の高頻度観測による、降水の日変化の研究に役立つと考えられる。なお、本降水レーダの観測データは東南アジア諸国(インドネシア、フィリピン、ベトナム等)などでも活用可能であり、関心のある国々に開発・打上げを分担してもらうことで、衛星コンステレーションを構築すること想定(ODAによる実現)している。

また、技術的展開としては、更なる小型化・低コスト化により、コンステレーション機数の増加を図り、更なる高時間分解能観測を図る。

キーワード：小型降水レーダ、コンステレーション

Keywords: Small Precipitation Radar, Constellation

円偏波SARの軌道上実証

In-orbit Payload Demonstration of Circularly Polarized SAR

*スリスマンティヨ ヨサファットテトオコ¹、久世 宏明¹、井村 信義¹

*Josaphat Tetuko Sri Sumantyo¹, Kuze Hiroaki¹, Nobuyoshi Imura¹

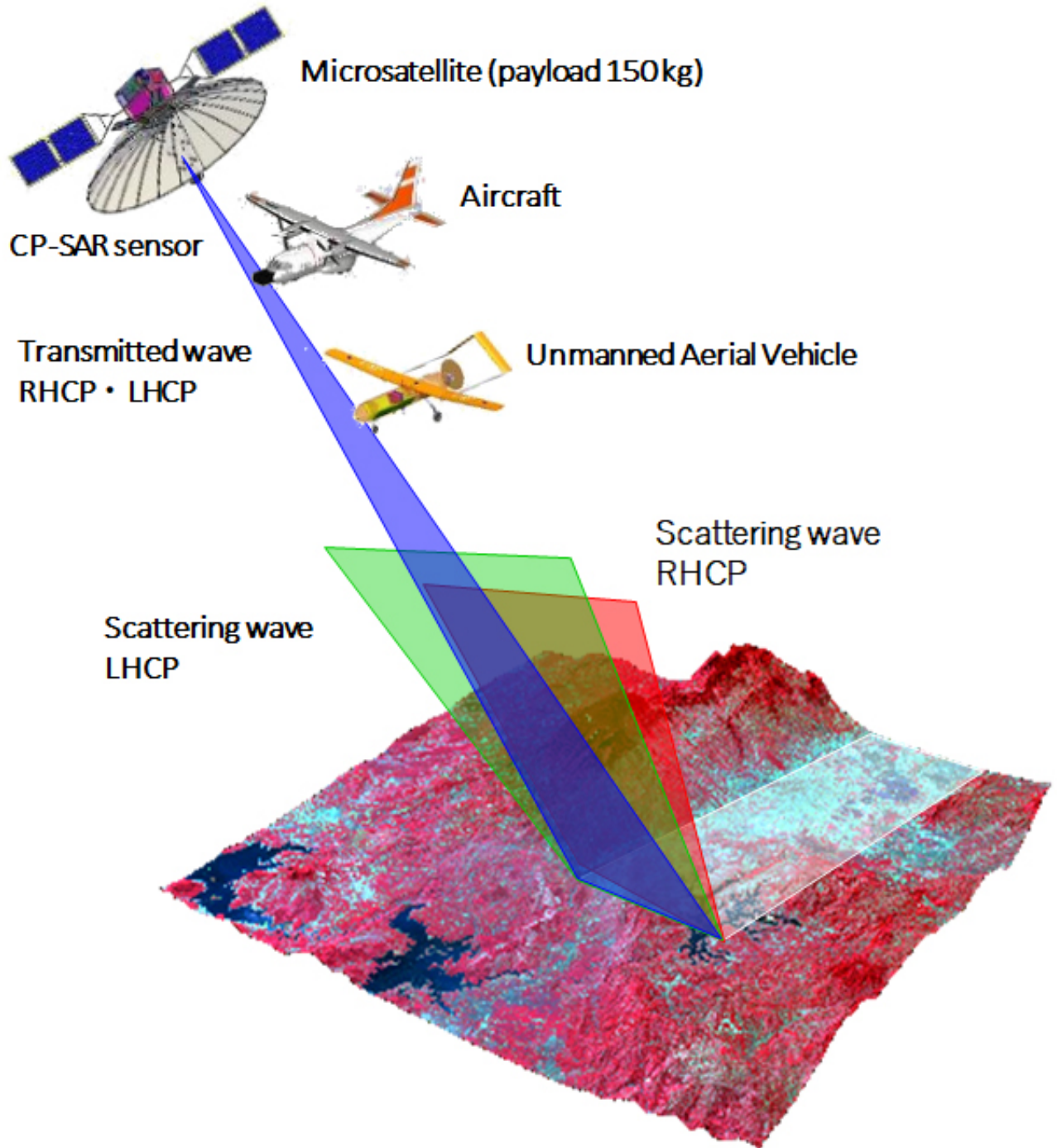
1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

現在小型円偏波SAR衛星の開発を進めているが、円偏波SARの航空機搭載による実証が成功したので、次のステップである軌道上での円偏波SARの実証を実施する。小型円偏波SAR衛星は、千葉大学が独自に開発した円偏波合成開口レーダセンサ（CP-SAR）を搭載する100kgクラスの小型衛星であり、火山活動に対する防災・減災機能の強化をはじめ、活断層、土砂崩れ、地震被害地域などの観測等のグローバル環境・災害監視、また新たなデータ利用等を創出し、衛星データ利用分野に関する質の高い教育研究を実現することを目的とする軌道上衛星システムである。

キーワード：合成開口レーダ、円偏波、リモートセンシング

Keywords: Synthetic Aperture Radar, Circular polarization, Remote sensing



Global wind measurement system using Doppler Wind Lidar and Imaging FTS

*岡本 創¹、木村 俊義²、境澤 大亮²、石井 昌憲³

*Okamoto Hajime¹, Toshiyoshi Kimura², Daisuke Sakaizawa², Shoken Ishii³

1. 九州大学、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 情報通信研究機構

1. Kyushu University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. National Institute of Information and Communications Technology

We propose global wind measurement system by using Doppler Wind Lidar (DWL) and FTS on Geostationary satellites. Wind as atmospheric circulation is the most important element in climate and weather studies. Air- and ship-traffic are also using wind information as most prioritized one to ensure their safe operation. Current systems cannot measure global distribution of winds. Recent progress of DWL technology made precise wind measurement possible in three-dimensional manner, limited to narrow swath over its orbit. A DWL-satellite was already launched by European Space Agency, and NASA is also planning to launch. In Japan, NICT and JAXA are studying DWL. Also, recent geostationary weather satellite made possible to distinguish wind distribution by altitude using water vapor band imagery. Measurement error is still large. The basic concept is to combine DWL and FTS on Geostationary satellites to complement each other. To cover the globe using geostationary orbit, we need about four satellites at each region. Using current weather satellite network is the most demanded approach. NASA, ESA and JAXA/NICT can make a strong network to maintain data from spaceborne DWLs to calibrate the results of retrieved wind from imaging FTS on Geostationary satellite. The requirement of spacial resolution for the system is 1km horizontal resolution, 300m height distribution, <1 m/s windspeed accuracy and wind vector.

キーワード：風、静止衛星、ライダ

Keywords: wind, Geostationary Satellite, lidar

地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション

Mission regarding monitoring and elucidation of global environmental change (global radiation forcing and ecological change that affect global warming)

*本多 嘉明¹、青木 輝夫²、中島 孝³、虎谷 充浩⁴

*Yoshiaki HONDA¹, Teruo AOKI², Takashi NAKAJIMA³, Mitsuhiro TORATANI⁴

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 東海大学情報技術センター、4. 東海大学大学院地球環境科学研究科

1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 3. Tokai University, Research & Information Center, 4. Tokai University, Earth and Environmental Systems

本提案の目的は長期・継続的な定量的モニタリングによる地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明である。光学（近紫外～熱赤外）イメージャの技術は将来の新たな光学センサに発展しうる基盤的な技術であり、世界的優位を保つために継続する必要がある。

SGLIの系譜となる光学イメージャは幅広い波長によって監視することにより、地球温暖化に伴って変わる気候システムの変動について現時点では予期していない変化も含め監視できる。また、予測されている気候変動の進行状況を正確に把握できることにより、温暖化抑制政策の効果の評価や、将来に向けた適応策の策定とその診断的な軌道修正を行っていくことができる。自国のセンサとして独自の情報源泉を持つことで、気候変動の状況把握に対して日本独自の判断材料を持てると共に、世界標準の情報として世界に発信することができ、気候変動における国際的な戦略を持つことができる。

キーワード：地球環境変動

Keywords: Global environmental change

CO₂大規模点排出源観測衛星の提案

Proposal of satellite for observing large point sources of carbon dioxide

*大山 博史¹、松永 恒雄¹、森野 勇¹、吉田 幸生¹、齊藤 誠¹

*Hirofumi Ohyama¹, Tsuneo Matsunaga¹, Isamu Morino¹, Yukio Yoshida¹, Makoto Saito¹

1. National Institute for Environmental Studies

1. National Institute for Environmental Studies

We propose an earth-observing satellite that aims to quantify amounts of atmospheric carbon dioxide (CO₂) emitted from large point sources (LPSs) such as thermal power plants and steel plants, which account for approximately 40% of energy-related CO₂ emissions in the world. In the Global Stocktake Process under the Paris Agreement, each country is required to report sources and sinks of greenhouse gases (inventory) with sufficient accuracy. However, there are large uncertainties in the CO₂ and methane (CH₄) emissions from the LPSs, especially for the developing countries. Space-borne observation could be useful for quantifying and verifying the emissions from the LPSs, given that it provides column abundances in and out a plume with high spatial resolution. With regard to the LPS observation of CH₄, several satellites with a footprint size of less than 1 km² are developed recently: GHGSat series (2016 and 2019, GHGSat Inc. in Canada), COOL (2020, Bluefield Technologies Inc. in the U.S.), and MethaneSAT (2021, Environmental Defense Fund in the U.S.). That kind of CO₂ satellite is, however, not planned. Our proposed satellite has an ability of measuring back-scattered solar spectra in the near-infrared region with a footprint size of less than 1 km x 1 km (if feasible, hundreds of meters by hundreds of meters) using an imaging grating spectrometer. Additionally, to increase the signal to noise ratio of the spectrum, the satellite is dedicated to a target observation mode that observe an area of ~50 km x ~50 km including the LPSs more than 2 min continuously by using a pointing mechanism as adopted for the Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) series.

キーワード : Satellite、Carbon Dioxide、Large Point Source

Keywords: Satellite, Carbon Dioxide, Large Point Source

地球の健康診断 -温暖化対策効果の早期検証と大気汚染実態把握のための SLCPイメージング分光観測-

Earth's health diagnosis - Imaging spectrometer of SLCP for early
verification of global warming countermeasure effect, and
understanding of status of air pollution -

*笠井 康子¹、金谷 有剛²、谷本 浩志³、大気化学会 大気環境衛星検討委員会⁴

*YASUKO KASAI¹, Yugo Kanaya², Hiroshi Tanimoto³, JSAC Satellite team⁴

1. 情報通信研究機構、2. 海洋研究開発機構、3. 国立環境研究所、4. 大気化学会 大気環境衛星検討委員会
1. NICT, 2. JAMSTEC, 3. NIES, 4. JSAC

人間活動により排出される短寿命気候汚染物質（SLCP（※））のインベントリ把握を行う衛星コンステ観測計画である。SLCPは大気汚染と気候変動の双方に複雑に関係しており、それらを紐解き効果的な改善を導く。SLCPはCO₂と比較し削減効果が短期的に得られるため、地球温暖化対策の新たな手法として、閣僚級の国際的取組みが2012年より開始された(CCAC)。また、大気汚染に起因する死亡者数は世界で370万人程度であり(WHOレポート2012),これは交通事故死者数の約3倍に相当する。特に我が国の早期死亡率はOECD国で最高レベルにあり事態は深刻である。また、農作物への影響も無視できない。

SLCPは排出源が局所的であり、実態把握のためには空間分解能1kmクラスの観測が必要であるが、技術的困難さのためこれまで存在していない。本提案SLCPイメージング分光計(UV/VIS/SWIR)は低軌道衛星に搭載、世界で初めての高水平分解能（目標：水平分解能1~2km）を実現する。さらに追加オプション機能としてMIR+MW分光観測シナジーにより、地上付近SLCP物質（特に健康被害に影響のあるオキシダント）検出を提案する。空間分解能から本センサは世界の大気汚染衛星観測の「標準機」としての機能を有し、本機が存在により、世界衛星を結んだコンステレーションが可能になる。これにより、世界中の衛星データを統合し、最高水準の科学的知見を得て、エビデンスに基づく施策を促すものである。（※）ここではCH₄, 対流圏オゾン, ブラックカーボン, PM_{2.5}等のほか、前駆物質としてのNO₂を想定。

キーワード：大気汚染、衛星、回折格子型イメージング分光計

Keywords: Air pollution, Satellute, Imaging spectrometer

衛星搭載植生ライダー(MOLI)

Spaceborne Vegetation lidar (MOLI)

*浅井 和弘¹、平田 泰雅²、鷹尾 元²、下田 陽久³、本多 嘉明⁴、梶原 康司⁴、粟屋 善雄⁵、須崎 純一⁹、遠藤 貴宏⁶、松永 恒雄⁷、澤田 義人⁷、杉本 伸夫⁷、西澤 智明⁷、水谷 耕平⁸、石井 昌憲⁸、木村 俊義¹⁰、今井 正¹⁰、林 真智¹⁰、境澤 大亮¹⁰、室岡 純平¹⁰、三橋 怜¹⁰

*Kazuhiro Asai¹, Yasumasa Hirata², Gen Takao², Haruhisa Shimoda³, Yoshiaki HONDA⁴, Koji Kajiwara⁴, Yoshio Awaya⁵, Junichi Susaki⁹, Takahiro Endo⁶, Tsuneo Matsunaga⁷, Yoshito Sawada⁷, Nobuo Sugimoto⁷, Tomoaki Nishizawa⁷, Kohei Mizutani⁸, Shoken Ishii⁸, Toshiyoshi Kimura¹⁰, Tadashi Imai¹⁰, Masato Hayashi¹⁰, Daisuke Sakaizawa¹⁰, Jyunpei Murooka¹⁰, Rei Mituhashi¹⁰

1. 東北工業大学、2. 森林総合研究所、3. 東海大学、4. 千葉大学、5. 岐阜大学、6. リモート・センシング技術センター、7. 国立環境研究所、8. 情報通信研究機構、9. 京都大学、10. 宇宙航空研究開発機構

1. Tohoku Institute of Technology, 2. Forestry and Forest Products Research Institute, 3. Tokai University, 4. Chiba University, 5. Gifu University, 6. The Remote Sensing Technology Center of Japan, 7. National Institute for Environmental Research, 8. National Institute of Information and Communications Technology, 9. Kyoto University, 10. Japan Aerospace Exploration Agency

ライダーは送信機にパルス・レーザを用いた光波レーダの総称であるが、衛星搭載ライダーは軌道上から地表面に向けて照射した光パルスの往復時間から精密な地盤高計測や森林の林冠高および三次元森林構造計測が可能となる。本文は、炭素循環や気候変動メカニズムにとって重要な役割を演じる地上部森林バイオマス（以下、AGB: Above Ground Biomassと称す）を地球規模で把握することを目的とした日本初の衛星搭載植生ライダー（MOLI: Multi-footprint Observation Lidar and Imager、以下MOLIと称す）ミッションの提案である。

ISS-JEM搭載MOLIミッションの目的はライダーの宇宙実証として、レーザ高度計の機能性能を十分に発揮して、高い精度でAGB評価に必要な林冠高/三次元森林構造情報を取得できる植生ライダーの確立を目指すと共に、MOLIデータをL-band SAR (ALOS-2/PALSAR-2等) データやGCOM-C/SGLIなどのパッシブ分光データと融合して、現状では信頼性が劣る高密度な熱帯林域でのAGB算出精度を飛躍的に高め、究極的に全球のAGB推定の高精度化のためのアルゴリズム開発を目指し、将来の実用衛星への指針を得ることにある。

ここで提案するMOLIライダーは、地表面傾斜に起因する林冠高計測での誤差低減を目的に、傾斜角度および方位角を自己決定できる機能を有している。パルス・レーザの出力光は、二分割された後に地表面に一对のフットプリントとして照射される。地上での各フットプリント径は25m、フットプリント間隔は約50mφ @along-track、約43m@cross-trackとなる。傾斜角度および方位角は、レーザショット毎、地上にalong-track方向に連続的に出現する多数のフットプリント対の中から、近接した3フットプリントに対する軌道-地上間の往復時間の差より求められる。送信出力は20mJ/パルス/フットプリント、繰り返し150Hz、パルス幅7nsec。受信系光学系の口径は0.45mφ、検出器は二次元Si-APD、A/D変換は帯域幅500MHz、12bit-Digitizer。同時搭載の高解像度イメージャは、R/G/NIRバンド、swath幅1000 m、地上解像度5 mで構成されており、林冠のサイズ、高さ、および圃場データに関する情報等を取得する。林冠高の計測精度は、地表面傾斜角<30度で<±3m (<15mの森林)あるいは<±25% (>15mの森林)。AGB観測精度は、<±20t/ha (<100t/haの森林)、<±25% (>100t/haの森林)をそれぞれ目標とする。現地調査は森林管理（台帳作成）にとって大事な作業であるが、熱帯林域では幾多の困難に出くわす。我々の試算によれば、MOLIの実現によりAGB現地調査回数・調査費用を1/2 ($\rho^2 = 0.5$ の場合、 ρ^2 :地上調査からMOLI推定値への回帰の決定係数)~1/5 ($\rho^2 = 0.8$)、最大1/10 ($\rho^2 = 0.9$)と劇的に削減の可能性がある。送信レーザはパルス光なので、当然のことながらAGB観測はalong-trackに沿った離散的な2列のフットプリント列となる。MOLIの短所としては、光センシングのために天候に大きく影響される。

一方、L-band SAR (ALOS-2/PALSAR-2等)は全天候観測が可能なためリアルタイムでの変化の抽出に優れているが、とくに近年、斜め観測によるデータの歪みの補正方法が改善されて以来、山岳地での森林解析精度も

上がりSARは大いに期待されている。半面、L-band SARは高密度な熱帯雨林すなわち、南米アマゾン流域、アフリカのコンゴ地域、東南アジア地域での熱帯林からの受信後方散乱信号は150t/h以上のAGBで飽和してしまう。その他、国内の閉鎖した成熟林では使えない、急峻な山岳地では不可視域による観測精度が劣化し、湿地林やマングローブでは水面による2回反射のためにバイオマス推定値が過大に評価されるなどの問題点がある。したがって、MOLIとSARが有する各々の長短所を有効に利用してそれぞれを補完することにより、高密度な熱帯雨林域でさえAGB観測精度を高められる。

さらにMOLIの実現は、ALOS-2/PALSAR-2を利用した森林減少の早期警戒システムであるJJ-FASTにとっても非常に有効な活用が期待できる。この伐採検出システムは森林減少面積の計測に注力を注いでおり、AGB計測の機能は有していない。MOLIデータとの融合は、伐採箇所の炭素放出量をも精密に算出可能となるであろう。

キーワード：ライダー、樹冠高、森林構造、森林バイオマス、L-バンドSAR、イメージャ
Keywords: Lidar, Canopy height, Forest structure, Forest biomass, L-band SAR, Imager

Estimation of forest resources by a dual-wavelength imaging LiDAR system

*平田 竜一¹、澤田 義人¹、林 真智²、齋藤 英樹³、高橋 與明³、松永 恒雄¹

*Ryuichi Hirata¹, Yoshito Sawada¹, Masato Hayashi², Hideki Saito³, Tomoaki Takahashi³, Tsuneo Matsunaga¹

1. 国立環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 森林総合研究所

1. National Institute for Environmental Studies, 2. Japan Aerospace eXploration Agency, 3. Forestry and Forest Products Research Institute

We propose a mission of a dual-wavelength imaging LiDAR system, which measure global forest resources such as canopy heights and forest biomass with high accuracy. The purpose of the mission is to clarify global carbon cycle, countermeasure climate change, and to protect biodiversity. They are useful to evaluate forest resources for REDD+ and MRV.

This system includes two new technologies. One is imaging LiDAR with modulating Laser light to measure spatial distribution of forest resource in a footprint. Another is dual-wavelength to detect ground surface with high accuracy. Measuring spatial distribution of forest in a footprint by modulating Laser Light gives us information about canopy height and biomass with high accuracy compared with the former sensor such as ICESat/GLAS. A dual-wavelength is able to detect forest surface and ground surface more correctly than the former sensor. This system can increase measurement accuracy for canopy height on a slope, which is difficult situation for evaluating canopy height by the former systems because the system is able to measure a shape of ground surface in the area of Laser irradiation. One of the objective of this mission is to evaluate canopy height with 1 m accuracy; the accuracy of canopy height of ICESat/GLAS was 5 m and that of MOLI will be 3 m.

陸域植生のSIF・PRIモニタリングのための高空間・波長分解能観測衛星の開発

Development of new satellite to monitor SIF and PRI of terrestrial vegetation with high spatial and wavelength resolutions

*野田 響¹、大政 謙次²、彦坂 幸毅³、市井 和仁⁴、小林 秀樹⁵、加藤 知道⁶、村岡 裕由⁷

*Hibiki M Noda¹, Kenji Omasa², Kouki Hikosaka³, Kazuhito Ichii⁴, Hideki Kobayashi⁵, Tomomichi Kato⁶, Hiroyuki Muraoka⁷

1. 国立研究開発法人国立環境研究所、2. 東京大学、3. 東北大学、4. 千葉大学、5. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、6. 北海道大学、7. 岐阜大学

1. NIES National Institute of Environmental Studies, 2. University of Tokyo, 3. Tohoku University, 4. Chiba University, 5. JAMSTEC, 6. Hokkaido University, 7. Gifu University

陸域生態系の植物の光合成量（一次生産量）の時空間変動の詳細かつ広域的な把握は、気候変動下の大気-生態系間の二酸化炭素（CO₂）交換量の監視、その知見による温暖化緩和策および適応策の策定、さらにそれら成果の評価に不可欠である。地球観測衛星は広域の生態系の構造と機能を把握する強力なツールであり、これまで、衛星観測により得られる正規化植生指標（NDVI）等の情報から一次生産推定が試みられてきた。しかし、これらの指標は植物の緑葉量を表すのみであり、気象に応じて日々変化する光合成活性の変化を反映せず、大きな不確実性を伴っていた。一方、近年、高波長分解能衛星センサーの登場により、光合成過程の中心である光化学系から発せられる微弱な光、いわゆる太陽光励起クロロフィル蛍光（Solar-induced chlorophyll fluorescence, SIF）の観測が可能になった。SIFは従来の植生指数よりも直接的に光合成活性を反映するとされている。また、光合成過程の光化学系では、キサントフィルサイクルが余剰なエネルギーを熱として放出する役割を果たす。キサントフィルサイクルの状態はPhotochemical Reflectance Index（PRI）と呼ばれる光学指標により生理学的理論に基づいて評価することができる。個葉レベルでの最新の研究では、光合成速度を推定するモデルにおいて、SIFとPRIの同時測定データの有効性が証明されている（Hikosaka and Noda 2019）。衛星観測スケールにおいても、光合成の生理学的メカニズムに基づいた一次生産量推定モデルの構築が必要とされる。しかし、衛星によるこれら2指標の同時観測は行われておらず、ESA（欧州宇宙機関）が2022年に打ち上げを予定しているFLEXミッションで計画しているのみである。さらに、現行衛星での観測は、いずれも植生以外の観測を主目的としたセンサーによる副次的な観測に過ぎない。そのため、空間解像度が非常に粗く、地上観測サイトでの微気象学的手法によるフラックス観測との間に大きなスケールギャップがあり、衛星観測SIFおよびPRIによる光合成活性の推定の大きな壁となっている。

本提案では、陸域植生のSIFおよびPRI、さらにNDVIをはじめとする従来の植生指数について、同時・同一視野で、かつ前例のない高空間分解能での観測をする新たな地球観測衛星の開発を提案する。この新規衛星で得られるデータと地上観測フラックスデータ等を融合し、高精度な一次生産量の推定モデルの構築を行い、全球の陸域植生に応用する。

キーワード：植生リモートセンシング、太陽光励起クロロフィル蛍光、キサントフィルサイクル

Keywords: vegetation remote sensing, solar-induced chlorophyll fluorescence, xanthophyll cycle

Satellite Observation of the Whole Atmosphere - Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2)

*塩谷 雅人¹、齊藤 昭則¹、坂崎 貴俊¹、落合 啓²、パロン フィリップ²、西堀 俊幸³、鈴木 睦³、阿部 琢美³、前澤 裕之⁴、大山 伸一郎^{5,6,7}

*Masato Shiotani¹, Akinori Saito¹, Takatoshi Sakazaki¹, Satoshi Ochiai², Philippe Baron², Toshiyuki Nishibori³, Makoto Suzuki³, Takumi Abe³, Hiroyuki Maezawa⁴, Shin-ichiro Oyama^{5,6,7}

1. 京都大学、2. 情報通信研究機構、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 大阪府立大学、5. 名古屋大学、6. オウル大学、7. 国立極地研究所

1. Kyoto University, 2. National Institute of Information and Communications Technology, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Osaka Prefecture University, 5. Nagoya University, 6. University of Oulu, 7. National Institute of Polar Research

The Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) launched by an H-IIB rocket with the H-II Transfer Vehicle (HTV) in September 2009 and attached to the Japanese Experiment Module (JEM) on the International Space Station (ISS) demonstrated high-sensitivity submillimeter limb-emission sounding of atmospheric observations. Though the observation period is limited to about 6 months (October 12, 2009- April 21, 2010) owing to the failure of a critical component, outstanding results have been achieved such as an identification of diurnal cycle of the stratospheric ozone, which had not been examined yet because of poor data quality in the previous satellite measurements. In addition by comparing SMILES data with existing observation data and results from the chemistry climate models, it has been recognized that we need a reference data for temperature, wind, and minor species with high precision to constrain the models. After the launch there has been discussions about the possibility to derive wind information from the Doppler shift of observed lines, and the necessity to have temperature information from adequate line selection. Thus we now recognize the potential of high-sensitivity observations about temperature and wind fields up to 150 km.

Based on the SMILES heritage, we propose a satellite mission to observe temperature and wind fields, and distributions of atmospheric minor species for the full diurnal cycle from the middle atmosphere (stratosphere and mesosphere) to the upper atmosphere (thermosphere and ionosphere) for a period of five years. SMILES-2 observations will enable us to obtain global information with unprecedented accuracy on the whole atmosphere including upper mesosphere and lower thermosphere where observation data have been lacking.

This mission has four science objectives:

(MO.1) To investigate the 4-D space-time structure of the diurnal variations (atmospheric tides) in view of dynamics, chemistry, and electromagnetic processes

(MO.2) To unveil the vertical propagation of synoptic-to-planetary scale disturbances from the middle atmosphere (non-migrating tides and stratospheric sudden warming events) to the upper atmosphere

(MO.3) To understand atmospheric variations due to energy inputs from the magnetosphere (particle precipitation and magnetic storm)

(MO.4) To provide benchmarks for whole atmosphere models and climate models with detailed description of the background thermal structure and distribution of minor species

Using observation data from the middle atmosphere to the upper atmosphere as a whole, we will be able to grasp the 4-D dynamical structure of diurnal variations (atmospheric tides) which are one of the most

essential variabilities in the earth' s atmosphere. For understanding climate change in view of chemical processes affecting the ozone layer, we will be able to utilize high-sensitivity measurements of the atmospheric minor species in a quantitative manner. In the upper atmosphere, a transition layer between the atmosphere and the outer space, we will be able to clarify a role of energy inputs from the magnetosphere from the temperature and wind observations. These outcomes including the atmospheric trace gas data will greatly contribute to improvement in reliability of chemistry climate models for future projection and accuracy of prediction models for space weather.

キーワード：中層大気、高層大気、衛星観測、気温、風

Keywords: middle atmosphere, upper atmosphere, satellite observations, temperature, wind

Simulation studies for Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder-2 (SMILES-2)

*Philippe Baron¹, Satoshi Ochiai¹, Donal Murtagh⁵, Hideo Sagawa², Akinori Saito³, Masato Shiotani³, Makoto Suzuki⁴

1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Kyoto Sangyo University, 3. Kyoto University, 4. Japan Aerospace Exploration Agency, 5. Chalmers University of Technology, Sweden

SMILES-2 is a mission prepared for the next call-for-proposals for JAXA/ISAS M-class scientific satellite mission. It aims at scanning the atmospheric limb from 20 to 160 km above the surface at frequencies near 700 GHz and 2 THz. It could provide the temperature and composition as well as, for the first time, the horizontal wind vector above 30 km, the atomic oxygen in its ground state above 90 km, and the atmospheric density and the geomagnetic field vector near the mesopause. The measurement performances have been assessed from numerical simulations. We will present the results obtained for the 3 radiometers.

Keywords: middle and upper atmosphere, wind, geomagnetic field, atomic oxygen

超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2の衛星搭載性検討 Feasibility of Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2) on an M-class satellite

*落合 啓¹、バロン フィリップ¹、入交 芳久¹、西堀 俊幸²、鈴木 睦²、鶴澤 佳徳³、前澤 裕之⁴、真鍋 武嗣⁴、齊藤 昭則⁵、塩谷 雅人⁵

*Satoshi Ochiai¹, Philippe Baron¹, Yoshihisa Irimajiri¹, Toshiyuki Nishibori², Makoto Suzuki², Yoshinori Uzawa³, Hiroyuki Maezawa⁴, Takeshi Manabe⁴, Akinori Saito⁵, Masato Shiotani⁵

1. 情報通信研究機構、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 国立天文台、4. 大阪府立大学、5. 京都大学

1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. Osaka Prefecture University, 5. Kyoto University

超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2は、太陽非同期の低軌道衛星に搭載し、サブミリ波のリム観測で中層から超高層大気の状態、風、大気成分を包括的に観測するミッションである。現在、JAXA宇宙科学研究所の公募型小型計画に対応した衛星計画として提案している。SMILES-2が実現すれば、高度分解能2.5 kmから5 km程度で、対流圏界面から下部熱圏(高度150 km程度まで)の温度分布、上部成層圏(30 km程度から)から下部熱圏の水平風分布、さらに、成層圏から中間圏に存在する水蒸気、オゾン、その他の微量成分の分布、下部熱圏の酸素原子の分布を、毎日、全球に近い領域で観測することができる。さらに、太陽非同期の衛星軌道により、1.5ヶ月から3ヶ月で24時間分のローカルタイムの大気を観測でき、日周変動成分を把握することができる。

大気パラメータの日周変動を捉えることがSMILES-2のもっとも重要な目標であり、それに必要な衛星軌道、観測精度、観測周波数帯域等を検討した。その結果、観測要求を満たすSMILES-2ミッションは、638 GHz帯、763 GHz帯と、2 THz帯の超伝導受信機を持ち、軌道高度550 km、軌道傾斜角66度の衛星に搭載し大気リムが観測できる仕様のもので考えている。リム観測は、軌道に沿っておよそ690 kmおきに太陽とは逆方向の大気を鉛直方向にスキャンする。水平風の風向・風速を得るために同じ大気を8分程度の時間をおいて2方向から観測する。これにより1日で約830点の鉛直プロファイルを取得する。期待される観測精度は別の発表にまとめられている。とくに風の観測精度は、それぞれの高度の典型的な日周変化の振幅と同程度かそれより少し良い程度と見積もられている。観測精度を良くするには、サブミリ波受信機の感度を高くするか、時間空間分解能を落とす必要がある。SMILES-2では積算できる観測データの数はそれほど多くないので、受信機感度を高くすることは必須である。SMILES-2に搭載することを考えている超伝導受信機は、サブミリ波ヘテロダイン受信機としては最高の感度をもつ受信機である。

SMILES-2は、2009年に国際宇宙ステーションのきぼうに搭載した超伝導サブミリ波リム放射サウンダのJEM/SMILESで培った技術を利用する。JEM/SMILESは、サブミリ波超伝導ヘテロダイン受信機を機械式冷凍機だけで冷却して地球観測に用いた初めてのミッションで、約半年間の観測に成功した。4 Kに冷却する機械式冷凍機の、宇宙での長期間運転実績は日本にないが、地上試験では4年以上の寿命が実証されている。JEM/SMILESの地上試験で、冷凍機の消費電力は153 W程度、JEM/SMILESペイロードは320 W程度が得られている。きぼうでの実験における消費電力の制約に比べると、SMILES-2で想定する小型衛星(宇宙研の公募型小型計画の衛星)での消費電力の制約はたいへん厳しい。SMILES-2が取る軌道の小型衛星では、ミッション部で常時利用できる電力が、軌道の日陰率が高い時期で323 W程度と見込まれている。JEM/SMILESの地上試験での消費電力より大きなリソースだが、SMILES-2ミッション部には、JEM/SMILESペイロードには含まれていなかったデータ通信系やデータレコーダなどが含まれるので、必要とする電力は大きい。その上、受信周波数のバンド数を増やすことによる冷凍能力の増加があり、3年から5年の運用を想定した場合、冷凍機の効率低下を補償するように入力電力を大きくする必要があるので、冷凍機の消費電力も大きくなると予想される。

SMILES-2の衛星搭載可能性においては、開発費用等に関する問題と共に、電力収支が成り立つかが最大の課

題と考えている。冷凍機の消費電力を低く抑えることが重要であり、そのための検討を行っている。冷凍機メーカーによる冷凍機やクライオスタット設計に関する検討の他、極低温部への熱流入の少ない超伝導受信機構成の開発や、放射冷却を利用してクライオスタット等を低温にする衛星システムの設計などである。また、冷凍機以外のSMILES-2ミッション部の機器の電力についても削減策を検討することで、トータルで電力収支を成立させることはできるだろうと考えている。

上記の課題を解決した上で、SMILES-2をJAXA宇宙科学研究所の次の公募型小型計画の募集に対して提案する予定である。

キーワード：衛星観測、中層大気、超高層大気、マイクロ波観測、極低温冷凍機、風観測

Keywords: satellite observation, middle atmosphere, upper atmosphere, microwave observation, cryocooler, wind measurement