

## 食糧収量予測のためのデータ同化システム Data assimilation system for food production estimation

樋口 篤志<sup>1\*</sup>, 佐々井 崇博<sup>2</sup>, 永井 信<sup>3</sup>  
HIGUCHI, Atsushi<sup>1\*</sup>, Takahiro Sasai<sup>2</sup>, Shin Nagai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, <sup>2</sup> 名古屋大学環境学研究科, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, <sup>2</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>3</sup>JAMSTEC

衛星プロダクトの高度化により, 日射量, 降水量, 土壌水分量が既に生成されている. 将来的にはこれらのプロダクトはより高解像度化, 高時間分解能化することにより, 陸域研究のニーズとして必要とされるより詳細な解像度, ならびに導出パラメータを増やすことができる. 近い将来にはこれらのプロダクトを元に, 天気予報と同じレベルである程度オペレーショナルにデータ同化を中心に食糧収量予測が行われる可能性がある. その際に高空間分解能光学センサデータや, SAR データが収量予測同化システムに対しどのように貢献しうるか, また地上検証体制も含めた検証システムはどうあるべきか, について議論したい.

キーワード: 陸域研究, リモートセンシング, 同化システム

Keywords: Terrestrial Studies, Remote Sensing, Data Assimilation

## 陸域サイエンス創出へ向けた複合衛星データ利用プログラムの可能性 The possibility of new science program creation for the land under the operational satellite programs

梶原 康司<sup>1\*</sup>

KAJIWARA, Koji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

<sup>1</sup>Center for Environmental Remote Sensing, Chiba Univ.

気象衛星・災害監視衛星などのオペレーショナルな衛星プロジェクトは今後も常に必要なものであり、国民の理解も得やすい。これらの衛星プログラムの開始時点で新たなサイエンス創出につながる計画を作り、当初から複合利用を考えるような研究者コミュニティをつくることの可能性について検討したい。

キーワード: 陸域, 衛星プログラム

Keywords: land, satellite program

## 次世代衛星水色観測ミッションの提案

### Satellite Mission Proposal for Ocean Color Observation in the Next Generation

平田 貴文<sup>1\*</sup>

HIRATA, Takafumi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学

<sup>1</sup>Hokkaido University

1978年10月24日にアメリカ航空宇宙局により打ち上げられた Nimbus-7 衛星に搭載される The Coastal Zone Color Scanner (CZCS) は、初めて沿岸海洋を含めた水圏の水色観測に照準を当てた衛星可視観測センサーであり、それまで広大な海洋で地道に行なわれていたブイや船舶や航空機による水色観測を劇的に変化させた。以来、水圏の生物および生物地球化学物質のオペレーショナルな遠隔観測の唯一的手法として水色衛星観測が世界で盛んに利用されてきた。我が国でも、1996年に JAXA によって打ち上げられた Advanced Earth Observation Satellite (ADEOS) に搭載の Ocean Color and Temperature Scanner (OCTS) や、その二世代目にあたる ADEOS-II に搭載の GLocal Imager (GLI) などで、水色衛星観測が度々行なわれてきた。この間、地球観測データの収集のみならず、水色解析サイエンス・チームの熟成や人材育成も行なわれ、我が国の水色衛星観測研究は世界のコミュニティの中で活躍・発展し、現在の JAXA による Global Climate Observation Mission-Climate (GCOM-C) に引き継がれている。一方、水色衛星観測事業は新たな時代にも突入している。これまで、水色衛星観測によって、海洋基礎生産者生物量の指標とされるクロロフィル-a (Chlorophyll-a, Chla) が主要変数として推定されてきたが、最近では海洋基礎生産力そのものや、植物プランクトンの生物地球化学的・生態学的に基づいた分類、赤潮発現の監視に加え、水中にある生物地球化学物質の光吸収・散乱特性といった物理化学的特性や海中における有光層深度など、数多くの変数の推定が試みられはじめた。このように、現在の水色衛星観測は、新たな科学につながる新規変数の観測の可能性を生みだしている。本発表では、気候変動・沿岸環境・陸水環境・水産資源・赤潮・災害などといった幅広い分野における問題解決に活躍することが期待される水色衛星観測の可能性に触れながら、それを実践・成功させるために必要なハードウェア的要求点などを研究者の立場から紹介し、我が国の水色研究コミュニティが一丸となって提案する次世代のための水色衛星観測ミッション案を紹介する。

キーワード: 水色, 衛星観測, 新規ミッション

Keywords: ocean color, satellite observation, New Mission

## 次世代の海氷リモートセンシングに何が求められるか？ The next step of the satellite remote sensing of sea ice

木村 詞明<sup>1\*</sup>, 直木和弘<sup>2</sup>, 江淵直人<sup>3</sup>  
KIMURA, Noriaki<sup>1\*</sup>, Kazuhiro Naoki<sup>2</sup>, Naoto Ebuchi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>3</sup> 北海道大学低温科学研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>3</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Satellite remote sensing is a powerful tool for monitoring sea ice, which is difficult to observe in the field. Especially, temporal and spatial variability of large-scale sea-ice extent and ice motion have revealed mainly by using data from passive microwave sensors. However, variability of ice thickness and contribution of small-scale ice processes have not yet been understood well. Those are essential for understanding sea ice nature and predicting the future change of ice cover.

Efforts to detect the ice thickness have been carried out using the passive microwave sensors based on the relation between ice thickness and ice surface condition. Additionally laser altimetry measuring the freeboard height of sea ice is also used for the ice thickness observation. On the other hand, there already are high-resolution sensors such as AVNIR-2, which provide the data sufficient to examine the small-scale ice processes. In these observations, a major problem is low frequency of observation. Based on these considerations, we will propose the new monitoring system of sea ice.

キーワード: 衛星リモートセンシング, 海氷  
Keywords: satellite remote sensing, sea ice

## 衛星搭載ライダーを目指して Towards the realization of spaceborne lidar mission program in Japan

石井 昌憲<sup>1\*</sup>, 西澤智明<sup>2</sup>  
ISHII, Shoken<sup>1\*</sup>, Tomoaki Nishizawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> 国立環境研究所

<sup>1</sup>National Institute of Information and Communications Technology, <sup>2</sup>National Institute for Environmental Studies

地球温暖化問題、越境大気汚染問題等、現在の様々な現象は、国境を越えて地球規模の広範囲に及ぶ。エアロゾルは、様々な場面で重要な役割を演じている。エアロゾルは、それ自身で光を散乱したり吸収したりすることで直接的に放射収支に影響を与える。また、関与する。エアロゾルは雲の凝結核となるので雲の生成や分布に影響を与えることで間接的に放射収支に影響を与える。さらに、エアロゾルは化学反応を通して変化しその光学的特性を変えることから、微視的観点からも放射収支へ影響を与える。エアロゾル観測は、気象要素観測のように広範囲にネットワーク的な観測は限定的で、全球規模でエアロゾルを観測するためには衛星観測が最も有望である。ライダーは、レーザ光を用いてエアロゾルや雲、風、大気微量成分を観測できるアクティブリモートセンシング技術である。JAXAの前身であるNASDAは衛星搭載ライダー ELISE (Experimental Lidar in Space Environment: ELISE) を計画した。ELISEは技術実証ミッションと、エアロゾルや雲を観測対象として宇宙から1年観測を行う世界初の本格観測ミッションを担っていた。しかし、様々な要因が重なり、ELISE計画は途中で中止された。ELISE以降、日本では米国や欧州のように大気科学を目的とした衛星搭載ライダーの計画はなく、日本独自の計画が望まれる。現在、2020年以降の地球観測衛星ミッションを検討するために、陸域、海域、大気の3分野において議論が開始され、大気分野においては、センサー候補の一つとして様々なライダー(風計測用ライダー、高スペクトラル分解ライダー、多波長偏光ライダー、スキャンングライダー、差分吸収ライダー)が検討されている。本発表では、現在検討が行われている将来の日本の衛星搭載ライダーについて報告をし、能動型光学センサーに興味を持つ大気科学分野や工学分野の研究者とともに様々なアイデアについて検討を行う。

キーワード: 衛星観測, ライダー, エアロゾル・雲, 風, 大気微量成分  
Keywords: spaceborne observation, lida, aerosol/cloud, wind, trace gas

## 新しい宇宙からの大気環境観測計画 ~ GMAP-Asia と APOLLO

### New proposals for observing atmospheric environment from space - GMAP-Asia and APOLLO

北和之<sup>1\*</sup>, 笠井康子<sup>2</sup>, 金谷有剛<sup>3</sup>, 秋元肇<sup>4</sup>, 大気環境観測衛星検討会<sup>5</sup>

KITA, Kazuyuki<sup>1\*</sup>, KASAI, YASUKO<sup>2</sup>, KANAYA, Yugo<sup>3</sup>, AKIMOTO, Hajime<sup>4</sup>, Working group for satellite observation of atmospheric environment,<sup>5</sup>

<sup>1</sup>茨城大学理学部, <sup>2</sup>情報通信研究機構, <sup>3</sup>海洋研究開発機構, <sup>4</sup>アジア大気汚染研究センター, <sup>5</sup>大気化学研究会

<sup>1</sup>Faculty of Science, Ibaraki University, <sup>2</sup>NICT, <sup>3</sup>JAMSTEC, <sup>4</sup>Asia Center for Air Pollution Research, <sup>5</sup>The Japan Society of Atmospheric Chemistry

今日、工業生産が先進国から新興国にシフトしていく中で、大気汚染が広域化し、対流圏オゾンの半球規模での増加やPM2.5をはじめとするエアロゾルなど大気汚染による健康リスクが地球の様々な地域で深刻な問題となっている状況が生まれている。また、オゾンやエアロゾルは地域規模～地球規模での気候変動に重大な影響を与えている。

日本においても、環境基準の不適合率が最も高い大気汚染物質がオゾンであり、窒素酸化物などオゾン前駆気体の濃度が低減傾向にあるにもかかわらず、全国の実に99%にのぼる測定局で環境基準が満たされていない。最近アジア大陸からの越境輸送が影響していると思われるオゾン濃度の増加が全国的に見られ、これまで見られなかった地域でもオゾン濃度が120 ppbを越える光化学スモッグ注意報が発令されている。

越境汚染など、広域的な大気汚染状況の理解と予測の基礎となる対流圏オゾンやエアロゾルおよびその前駆気体の分布を把握するには、衛星からのリモートセンシングが有効と考えられ、近年欧米においてGOME, SCIAMACHY, OMI, TESなどのセンサーが打ち上げられ、様々な成果を上げている。しかし、個々の都市ごとの汚染物質濃度を測定するためには水平分解能が不足していること、太陽同期軌道衛星に搭載されているため同じ地方時のみの観測に限定されていること、特にオゾンや汚染空気のトレーサーとして重要な一酸化炭素(CO)の地表～対流圏下部の濃度をより上空の濃度と分離して知ることができないことなど、いくつかの重大な問題点があり、その克服が求められている。

日本においては、これら大気汚染物質を主な対象とした衛星センサーは実現していなかったが、大気化学研究会の下に大気環境観測衛星検討会が発足し、上記のような問題点を克服する新たな衛星観測計画について検討を行っている。まず、静止衛星による大気環境観測を提案し、さらに国立環境研究所・気象研究所・海上技術安全研究所・石油産業活性化センターの委員が加わった静止大気観測ミッション検討委員会により静止大気・気象観測衛星ミッションGMAP-Asiaとしてまとめられ、宇宙航空研究開発機構(JAXA)に提案された。このミッションでは、波長分解能0.4nmの可視・紫外イメージング分光器および端数分解能0.6cm<sup>-1</sup>の中間赤外イメージングFTSを静止衛星に搭載することで、東・東南・南アジアを時間分解能1時間・水平空間分解能10km×10kmでカバーする観測を行い、オゾン・エアロゾル・CO・NO<sub>2</sub>・SO<sub>2</sub>・HCHO・HNO<sub>3</sub>などの大気汚染物質と前駆気体きめ細かい時間・空間的に連続した分布を捉えることを目標としている。それによって、時々刻々変化する汚染気体分布の全貌を捉えることで、大気輸送プロセスと大気光化学プロセスの双方をより定量的に理解することを可能にし、また観測された濃度場をモデルに同化することで信頼性の高い汚染状況の予測を実現することが期待される。さらにこの計画では、気温・水蒸気といった気象要素の3次元的な観測も行い、次世代型気象衛星観測センサーの技術実証という面でも重要な意味合いを持つ。

静止衛星観測は連続的な時間空間分布を明らかにできるという、他では代えがたい利点を持つが、観測地域が限られグローバルなデータが得られないこと、また静止衛星軌道が高度36,000kmと遠いため技術的な難しさなどの問題がある。そこで大気化学研究会大気環境観測衛星検討会では静止衛星と相補的な観測計画として、国際宇宙ステーション(ISS)に大気汚染観測センサーを搭載するAPOLLOミッションを提案している。APOLLOミッションでは、低高度(300-400km)の太陽非同期傾斜軌道というISSの特徴を活かし、様々な地方時における4km×4kmというさらなる高水平分解能での観測を実現することで、都市中核部・郊外・農村域など土地利用・人間活動による汚染物質前駆気体の濃度・排出量のきめ細かい分布を明らかにできると考えている。このミッションの最大の特徴として、可視・紫外、近～中間赤外、サブミリ波の同時分光観測により、多くの大気汚染物質・前駆物質の観測を可能にすると共に、これまで不可能であった地表～下部対流圏のオゾンおよびCO濃度を分離して観測することがあげられる。それによって直接人体や生態系に影響する地表でのオゾン濃度に加え、対流圏中層での越境汚染の様子や、気候影響に重要な対流圏上部でのオゾン分布が、初めて宇宙からそれぞれ独立に広域的に観測できる事ができると期待される。現在そのために必要となる可視・紫外、近～中間赤外、サブミリ波の同時リトリバル手法の検討を進めている。また、これらのセンサーを全て日本で短期間に作成することには無理があり、ISSならではの国際協力によって実現したいと考えており、NASA/JPLはじめ欧米との協力についても検討が進められている。

キーワード: 静止衛星, 国際宇宙ステーション, 下部対流圏オゾン

Keywords: Geostationary satellite, International space station, lower tropospheric ozone

## 静止軌道からの雲・降水観測の将来展望：静止衛星搭載マイクロ波センサへの期待 Future GEO missions for cloud and precipitation measurements by microwave instruments

増永 浩彦<sup>1\*</sup>, 中島 孝<sup>2</sup>, 今岡 啓治<sup>3</sup>, 牛尾 知雄<sup>4</sup>

MASUNAGA, Hirohiko<sup>1\*</sup>, NAKAJIMA, Takashi<sup>2</sup>, Keiji Imaoka<sup>3</sup>, USHIO, Tomoo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学 地球水循環研究センター, <sup>2</sup>東海大学 情報デザイン工学部, <sup>3</sup>宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター, <sup>4</sup>大阪大学大学院 工学研究科

<sup>1</sup>Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, <sup>2</sup>School of Information and Design Engineering, Tokai University, <sup>3</sup>Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>4</sup>Graduate School of Engineering, Osaka University

地球観測衛星の軌道は、主に太陽同期衛星が周回する低軌道 (LEO) と気象衛星「ひまわり」や米国 GOES 衛星等が運用される静止軌道 (GEO) の二種類に大別される。静止衛星は、同一地点の上空に留まり定常観測を行うことで高時間分解能を実現できる。しかし、静止衛星は地球から遠い軌道を周回するため空間解像度において技術的制約が厳しく、静止衛星搭載センサは現在のところ観測波長の短い可視・赤外を用いた受動センサに限られている。一方、打ち上げコストが相対的に低く地球を近距離から観測できる低軌道衛星は、マイクロ波の活用や新規技術 (能動センサなど) の導入において圧倒的な利点がある。熱帯降雨観測衛星 (TRMM) や CloudSat 衛星のような先端的リモートセンシング技術を積極的に実現してきた低軌道衛星ミッションに比べ、静止衛星搭載センサの基本設計は目立った技術革新を経ず、むしろ伝統的な観測手法の安定的継続を優先してきたと言える。

可視・赤外イメージャが衛星雲観測において最も有効な観測手段の一つであることは言うまでもない。一方、雲層下に隠れた降水粒子を直接検出することは可視・赤外波長帯では事実上不可能である。赤外放射から間接的に降水強度を推定するアルゴリズムは日々改良を重ねているが、雲頂温度だけから積乱雲と巻雲を判別する操作には原理的な困難が伴う。

降水の直接観測のためには、雲層を透過できるマイクロ波が圧倒的に優れている。都市型集中豪雨のように30分から1時間以内に急激に発達する積乱雲を監視する衛星観測手段を考えると、マイクロ波センサを欠く静止衛星は雨雲の検出能力に限界がある。しかし、現在運用中の衛星マイクロ波センサはいずれも低軌道衛星の弱点として上空通過頻度が低い (約2度/日) ため、常時監視装置としての実用性が薄い。両者の欠点を補う新たな観測手段として、静止衛星搭載マイクロ波センサが実現すれば、衛星による雲・降水モニタリングに画期的なブレイクスルーが期待される。

マイクロ波センサ (マイクロ波放射計ないしレーダ) を静止軌道で運用するには、解決すべき大きな課題が二つある。一点目は、雲・降水観測に耐えうる十分な空間解像度の確保である。低軌道マイクロ波放射計の実績と同程度の空間分解能を静止軌道で実現するためには、開口径15m規模のアンテナを軌道上で展開する必要がある。衛星地球観測においてこれほど大規模なアンテナを実現した例は国内外を問わず存在しないが、JAXAでは低周波数においては通信において展開型衛星開発の実績を有する。また、電波天文衛星を想定し同規模のアンテナ展開の技術的検討を行った実績があり、必ずしも夢物語ではない。また、国内外において静止衛星に向けた大型アンテナの検討は実施されている。さらに静止衛星搭載レーダ開発にあたっては、衛星高度増加に応じた送信電力の増強が要求され、低軌道衛星に比べて電力供給の負担は桁違いに大きくなる。第二の課題として、走査の効率性の問題がある。シングルビームで観測領域を順次走査すると走査完了に極めて長時間を要する恐れがあるため、マルチビーム走査や観測要求に応じて目標領域を絞るアダプティブ観測など、走査効率の向上を図る技術的な工夫が要求される。

静止衛星搭載マイクロ波センサのインパクトは、集中豪雨に代表される突発的な気象イベントの監視・予報利用に限らず、多くの潜在的応用例が考えられる。例えば、発生初期の台風の追跡精度向上が期待される。熱帯低気圧の発生過程をモニタリングする手段として、現在ではドボラック法のような衛星雲画像に基づく経験的なアプローチが主である。しかしすでに述べたように、雲画像は雲層下の降水の同定においてあくまで間接的な指標に過ぎない。可視赤外の衛星画像にマイクロ波による降水域の高時間分解能観測が加わることで、熱帯低気圧の発生初期またはその前駆的擾乱をはるかに高い信頼度を持って捉えることができるであろう。現実的な台風進路予報に役立つことはもちろん、現在でも未解明の点が多い熱帯低気圧発生機構の研究にとって、飛躍的な理解の深化を促す貴重な観測データを提供するであろう。また、気候モデルのアキレス腱ともいえる積雲パラメタリゼーションの精緻化に向け、その物理的根拠を与える雲対流と大規模場間の相互作用の検証にあたり希少な観測的資料を与える役割も期待される。

静止衛星観測における新たな可能性の開拓に向けて、大気化学分野を含めて複数のミッション提案が研究者の間で議論されている。現時点では数十年規模の長期計画を模索する非公式な検討段階ではあるが、装置開発技術者・気象研究者・現業予報官など関連分野全般の専門家が集い、密接な意見交換を交わしながらアイデアを具体化していきたい。

キーワード: 衛星リモートセンシング, 雲降水観測, 将来衛星計画

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



---

ATT34-07

会場:202

時間:5月20日 16:00-16:15

Keywords: Satellite remote sensing, cloud and precipitation measurements, future satellite missions



## 熱帯雨林観測のための低軌道傾斜角 SAR システム案 A Proposal on low inclination orbit SAR system for tropical rainforest monitoring

亀井 雅敏<sup>1\*</sup>, 小野誠<sup>1</sup>, 古田竜一<sup>1</sup>, 富山 信弘<sup>1</sup>, 小泉 英祐<sup>1</sup>, 小川崇<sup>1</sup>

KAMEI, Masatoshi<sup>1\*</sup>, Makoto Ono<sup>1</sup>, Ryoichi Furuta<sup>1</sup>, TOMIYAMA, Nobuhiro<sup>1</sup>, KOIZUMI, Eisuke<sup>1</sup>, Takashi Ogawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 一般財団法人リモート・センシング技術センター

<sup>1</sup> Remote Sensing Technology Center of Japan

### 1. Background

Mitigation and adaptation of climate change caused by greenhouse gases have been a serious issue for more than decades and forest has been focused in the context of REDD. In particular, the roll of tropical rainforest is more important than ever as a vast reservoir of carbon dioxide. Since monitoring area is global and wide, satellite is a key to realize true monitoring. This paper shows a result of a parametric study on SAR system to realize frequent and consistent monitoring based on our experience of a forest monitoring project in Brazil.

### 2. Requirement

Most of tropical rainforests lie in areas which are covered by thick cloud during rainy season and optical sensors are useless to realize timely monitoring. Time series analysis of tropical rainforest is a key technology to detect changes happening in the forest. We set the time series monitoring as well as frequent monitoring first priority in this proposal.

### 3. Proposed Solution

A space borne SAR sensor is the most possible and realistic instrument to meet the requirement. In order to maximize the information extracted from SAR data and track deforestation and degradation, capability of full polarimetry and differential interferometry is needed. In addition, P-band or L-band is preferable to detect volume scattering from tree canopy. The required specification of space borne SAR system can be summarized as below.

- a. Ground resolution is 20-30m.
- b. Revisit time to a certain area of interest is around 2 weeks.
- c. Time series of differential interferometry must be conducted within 3 month time difference.
- d. Full swath and full polarimetry in arbitrary incident angle.
- e. Ascend and descend coverage of arbitrary target area.

### 4. Proposed Orbit

In order to realize more frequent observation and cover tropical rainforest areas with limited observation resources, lower orbit inclination is preferable.

In the case of low orbit inclination, the direction of satellite orbit rotation will be opposite to the earth rotation direction around the sun. But it is possible to make sub orbit locus on the earth returns to same place in some time intervals, which makes SAR enable to provide repeated path interferometry pairs.

In our case study, an example of orbit inclination is 25.12 degree, which can meet the requirement and its recursion time is 49 days and locus distance is 23.7km. If the swath of SAR sensor onboard is designed as 120km, arbitrary target point in the orbit coverage is observed 5-10 times in different incident angle per recursion cycle, which means almost every 10 days target area is observed with out affected by cloud cover.

### 5. Proposed SAR antenna

The cylindrical parabola antenna (Not phased array) is preferable in order to make it simple and reduce its weight and power consumption. The parameter of the antenna will be as below.

Mass: 500-1,000kg

Solar power: 2kw (SAR power = 750w with 50% margin)

3 axis stabilized (apply yaw maneuver)

SAR antenna: extendable dual polarized antenna

### 6. SAR Interferometry

Interferometry pair can be obtained with recursion cycle data pairs because the satellite orbit is designed to revisit same point every recursion cycle. Since a target area is observed 5-10 times with different incident angle, interferometry pair, which was

ATT34-08

会場:202

時間:5月20日 16:15-16:30

obtained 49 days before, is frequently obtained for different incident angles as well. Frequent interferometry pair will provide more accurate change detection with differential interferometry and coherence evaluation.

#### 7. Full polarimetry in full swath

To realize full polarimetry, SAR signal transmission polarization must be switched like H pol to V pol and vice versa. Our study for full polarimetry is to operate pol. switch as burst mode, which realizes full swath in full polarimetry in any designed incident angles.

#### 8. Conclusion

Low inclination orbit SAR system without phased array antenna can realize frequent tropical rainforest observation with full polarimetry in full swath and provide frequent interferometry pairs.

Keywords: SAR, Tropical Rainforest, polarimetry, interferometry

## 雲・降水ミッションの将来展望 (能動センサ観測を主として) Future cloud and precipitation observation mission

高橋 暢宏<sup>1\*</sup>, 可知 美佐子<sup>2</sup>, 古川欣司<sup>2</sup>

TAKAHASHI, Nobuhiro<sup>1\*</sup>, KACHI, Misako<sup>2</sup>, Kinji Furukawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構

<sup>1</sup>NICT, <sup>2</sup>JAXA

### 1. はじめに

日本における衛星搭載の雲・降水観測能動センサ(即ちレーダ)開発は、世界的にも最先端の技術を有している。降水観測では、1997年に打ち上げられた熱帯降雨観測(TRMM)衛星搭載の降雨レーダ(PR)は世界初の衛星搭載降雨レーダである。その後継ミッションである全球降水観測(GPM)主衛星搭載の二周波降水レーダ(DPR)はTRMM/PRを二周波にアップグレードし、TRMM/PRのKu帯に加えてKa帯のレーダを備えており、より高精度の降水リトリバル、より高感度な観測を実現するものである。一方、EarthCAREは雲の影響を含む地球の放射バジェットを正確に推定することを目的としたミッションであり、W帯(94GHz)のレーダを搭載し世界初のドップラー速度計測機能を持つ。世界的にみると雲・降水を観測する衛星搭載レーダはJPLが2006年に打ち上げたCloudSat(W帯レーダ、ドップラー計測機能なし)があるのみである。

TRMMは現在までに全球の降水に関する多くの新たな知見を与えてきている。たとえば、レーダによる降水鉛直構造の情報により、衛星搭載のマイクロ波放射計による降水推定精度の大幅な改善(100%以上の誤差から20%程度の誤差へ)をもたらした。これにより、GSMaPのようなマイクロ波放射計観測を主とした高時間分解能の全球の降水マップへつながってきた。また、太陽非同期軌道の観測により降水システムの日変化の地域特性を明確にすることが可能となった。CloudSatでは、全球での雲の空間(水平・垂直)分布を初めて明らかにし、CALIPSO搭載のライダーと組み合わせることにより氷雲の識別および分布の情報も取得可能にしたほか、エアロゾルと雲の相互作用について新たな知見を与えた。

TRMMやCloudSatではこのような大きな成果をもたらしているが、まだ改善の余地があることも明らかになっている。まず、走査幅であるが、TRMMは約250°、CloudSatは直下のみであるため、全球をくまなくカバーしようとすると長時間が必要となる(実際CloudSatは全球をくまなく観測することを目的としていない)。観測感度について言えば、TRMMは約20dBZが最小受信感度であり、弱い降水や降雪を観測することが困難である。逆にCloudSatは-28dBZ程度の最小受信感度を有しているが強い降水には減衰や多重散乱さらにMie散乱の効果などにより定量的な推定は雲から弱い降雨に限られる。

### 2. 将来ミッション検討

雲・降水観測ミッションに対するアプローチとしては、科学的な動機・目的に対して、観測要求(センサ要求)をまとめ、ミッションの技術的な成立性の検討を行うとともに開発要素の識別および発展性をまとめた。これらの検討は主にGPMの利用検討委員会の枠組みで実施し、衛星ミッションの成立性の検討はJAXAのSE室に依頼した。まず、科学目的として重要であると認識されたものとしては、雲および降水の両方を含む観測による雲・降水システムの発達のプロセスの解明である。また、地球温暖化予測モデルにおいてもこの部分は最も改善の余地のある項目である。地球温暖化予測に関連して、降水量の変化や降水分布の変化は最も社会生活にインパクトを与えるものであるため、地球規模での精度の高い降水のモニタリングを長期間継続することも重要なことであるとの認識がなされた。同様に、台風やハリケーンの発生から消滅までを動的な情報を含めた総合的に理解を深めることは、地球温暖化研究において重要である。これらの科学目的・動機からミッションに対する要求をまとめた。観測要求としては、雲・降水をカバーするレーダ観測(ドップラー速度観測を含む)、ドップラーライダーによる大気運動の観測またはその代替として複数衛星によるTrain観測(NASAのA-Trainのような)、さらにTRMMやGPM以上の高頻度観測(広い走査幅、複数機観測)が必要となった。また、台風の観測に関しては、静止軌道からのドップラーレーダ観測が最も期待される観測であるが、技術的には今後10-20年の課題である。さらに具体的なレーダの検討としては、既開発のレーダの組み合わせやパルス圧縮技術の導入および走査型W帯レーダなどである。

これらをもとに既存の衛星バスへの搭載性(質量・消費電力など)およびロケット(H-IIAを想定)への搭載性および打ち上げ可能性の検討を実施した。その結果、既存のレーダをそのまま搭載する(例えば、GPM/DPRとEarthCARE/CPRの同時搭載)のはほぼ不可能に近いので、レーダを絞る必要が生じる(例えば、Ka帯レーダにパルス圧縮機能を付加して高感度化を実現する)。観測センサのトレードオフを行うとともに、開発要素の抽出を行う予定である。

キーワード: GPM, TRMM, EarthCARE, レーダ

## 地球観測戦略転換：小型地球観測衛星シリーズ化 Earth Observation Strategy by Small Satellites

児玉 哲哉<sup>1\*</sup>, 鈴木 睦<sup>2</sup>, 小原 隆博<sup>4</sup>, 小山 孝一郎<sup>4</sup>

KODAMA, Tetsuya<sup>1\*</sup>, SUZUKI, Makoto<sup>2</sup>, OBARA, Takahiro<sup>4</sup>, OYAMA, Koichiro<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>3</sup> 東北大理, <sup>4</sup> 台湾國立成功大学

<sup>1</sup>EORC/JAXA, <sup>2</sup>ISAS/JAXA, <sup>3</sup>Tohoku Univ., <sup>4</sup>NCKU

旧宇宙開発事業団の諮問委員会であった地球環境観測委員会の消失後、ようやく JAXA に地球圏総合診断委員会が設置されるに至った。しかしながら ADEOS、ADEOS-II の連続喪失以降、ようやく GCOM-W1 は本年打上げ、ALOS の観測は中断という状況にある。

一方、宇宙科学分野を除けば、経済産業省の主導による ASNARO 計画のみが実行されているが、小型衛星で実現可能なミッション提案を常に一定数確保し、H-IIA で打ち上げる衛星が枯渇しないように体制を整えておくことは、地球観測技術の継承・発展という点のみならず、常に一定数の衛星技術者（地球観測研究者）を維持しておくという点で極めて重要である。

地球観測ミッションの立案は、宇宙理学委員会のようなピア・レビュー（同業者間の相互評価）により互いにミッションを評価・改善・精選するプロセスを導入することによって、JAXA の理念である世界一流の研究開発の実現に貢献することが可能となる。

キーワード: 小型衛星, 小型科学衛星バス, ASNARO, SDS, 超小型衛星, 同業者評価

Keywords: Small Satellite, Small Scientific Satellite Bus, ASNARO, SDS, Microsatellite, Peer Review