

# EORC

2014年度  
地球観測研究センター一年報  
Annual Report 2014 No.18

地球観測研究センター

Earth Observation Research Center (EORC)

## 2014 年度 地球観測研究センター 年報 目次

はじめに	中村 健治 …… iii
1. ALOS 利用研究	
1.1 ALOS 利用研究プロジェクトの成果概要（平成 26 年度版）	島田 政信 ……3
1.2 ALOS-2 データを用いた PolSAR データ解析、災害解析、および新たな利用	大木 真人 ……5
1.3 L-band SAR を用いたバイオマス推定	渡邊 学 ……7
1.4 Monitoring tropical forest carbon foot prints by PALSAR:Present and future outlooks	Rajesh Bahadur Thapa ……9
1.5 PALSAR-2 を用いた干渉 SAR による地形、地形変動および散乱源変動の観測の高精度化と SAR の校正実験検証への応用	夏秋 嶺 ……15
1.6 ブータンヒマラヤにおける氷河湖拡大に氷河縮小と地理的環境が与える影響の評価	永井 裕人 ……19
2. GOSAT 利用研究	
2.1 GOSAT 利用研究プロジェクトの総括	中島 正勝 ……23
2.2 GOSAT 観測データの品質向上のための校正・検証に関する研究	川上 修司 ……29
2.3 GOSAT TANSO プロダクトの校正評価	塩見 慶 ……33
2.4 GOSAT-TANSO-FTS による高精度大気スペクトル導出手法の研究	須藤 洋志 ……35
3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究	
3.1 TRMM/GPM 利用研究の成果概要	沖 理子 ……39
3.2 全降水マップアルゴリズムの開発、GCOM-W/AMS2 高次アルゴリズムの開発、及び、データ利用促進	可知 美佐子 ……43
3.3 GPM/DPR 高次アルゴリズムの開発、全球降水マップアルゴリズムの開発、EarthCARE 高次アルゴリズムの開発（Joint-Simulator）	久保田拓志 ……47
3.4 GPM/DPR L1B アルゴリズムの維持改訂、TRMM/PR L1 アルゴリズムの維持改訂	正木 岳志 ……49
3.5 GPM 打ち上げ前検証データの解析	金子 有紀 ……51
3.6 EarthCARE 利用研究の成果概要	沖 理子 ……55
3.7 EarthCARE/MSI を主たる目的としたアルゴリズムの開発	福田 悟 ……57

3.8 EarthCARE 高次アルゴリズム I/O ルーチンの開発	野牧 知之	59
3.9 TRMM PR Climate Data Record (CDR) の開発	金丸 佳矢	61
4. GCOM 利用研究		
4.1 GCOM-C アルゴリズム開発と利用研究	村上 浩	67
4.2 SGLI 陸圏プロダクトに関する研究	小野 祐作	71
4.3 GCOM-C 海洋アルゴリズムの評価と衛星データの水産資源管理への応用	山口 寿史	75
4.4 SGLI 雲・エアロゾルアルゴリズムの最適化、および衛星センサの 複合利用による雲成長過程のリモートセンシング	永尾 隆	77
4.5 GCOM-C 地表面温度プロダクト検証に向けた Flux Tower のデータ解析	宮崎 理紗	81
4.6 積雪を対象としたマイクロ波放射伝達モデル・アルゴリズムの検討	筒井 浩行	85
4.7 GCOM-W1/AMSR2 L1R プロダクトのバージョンアップ	前田 崇	91
5. 分野横断型利用研究		
5.1 横軸・水循環研究グループ活動成果	可知 美佐子・沖 大幹	99
5.2 横軸研究・気候モデル連携研究グループ 5 年間の活動成果報告	佐藤 正樹・久保田拓志・青梨 和正	103
6. 将来の利用推進ミッションの研究		
6.1 地球観測データの統融合による農業分野への利用技術開発および実証	大吉 慶	107
付録		
2014 年 EORC 研究成果発表		111
関連略語集		123

---

はじめに

技術参与 中村 健治

2014年5月にALOS-2「だいち2号」が種子島宇宙センターから成功裏に打ち上げられた。ALOS-2はALOSの後継として、より柔軟な観測モードを持つLバンドSARのPALSAR-2を搭載している。PALSAR-2は多数の観測モードを持つために、打ち上げ後の校正作業は大きな作業であったが、ほぼ順調に進み、データ提供も開始された。データ利用のPIも非常に多数となっている。ALOS-2の偉力は地表面の詳細観測であり、詳細な地図作成だけでなく、災害監視にも大きな期待がかかっている。実際、9月に噴火し大きな災害をもたらした御嶽の噴火についても観測を行っている。

GCOM-Wは順調にデータ収集を行っており、AMSR2は世界トップの性能をもっており、北極海監視などに期待された力を示している。また世界の衛星搭載マイクロ波放射計網が若干衰退気味の中、米国NOAAへのデータ提供も始まった。GCOMシリーズの次の衛星であるGCOM-Cの開発も進んでいる。米国のAqua衛星搭載のAMSR-Eは2012年12月以来の低速回転モードでの運用が継続された。

GOSATは2009年の打ち上げ以来、貴重かつ新しいデータを提供してきたが、太陽電池パドルの不具合が発生し、観測が制限されている。その一方、観測を継続発展させるGOSAT-2の開発が進んでいる。

TRMMは燃料枯渇から大気圏突入が真近となった。定常運用は夏に終了し、秋には特殊な運用モードでの観測実験が行われた。このような運用終了末期における特殊運用は、今までに無い経験であったといえよう。

GPM主衛星は2014年2月の打上げ以来、順調な観測を継続している。二周波降水レーダ(DPR)は、初期チェックを越え、機器は順調に稼働しているがKu帯レーダに地面クラッタが予想以上に高いことが判明した。DPRはフェーズドアレイレーダであり、ビーム走査のためのアンテナ素子への位相コードを変えることでほぼ対処でき、残りはデータ処理で対処された。DPRはTRMMのPRのデータの継続の任務も担っているが、そこではデータの整合性が不可欠となる。現在、若干の不整合があり、TRMM PRを含めて、校正法の見直しを行っている。精度の高い校正はJAXAの強みの一つであり、関係者の努力に期待したい。

このように、長期観測を行ってきた衛星には不具合や寿命末期運用などはあるものの、未だ「若い」衛星は順調な観測を行っているといえてよい。また次期衛星のGOSAT-2やGCOM-Cは開発が進んでいる。しかしながら、GOSAT-2、GCOM-Cの次の地球観測衛星については不透明である。現在、これまでの地球観測衛星のデータ利用が限られたものになっているという強い批判がある。政府の「出口」重視路線のもとで積極的な民間利用の拡大が求められている。一つの衛星計画には数百億円のオーダーの経費が掛かることから、プロダクトであるデータの幅広い利用が必要であることは当然であろう。しかし、衛星搭載の地球観測は最先端の技術開発である。また検証法やアルゴリズムの開発も新たなチャレンジである。その一方、民間が使えて、かつ利益を出すことのできるようなデータは、衛星による多種多様な生産物の中の一部である。この意味では、地球観測衛星計画は衛星データのシーズ開拓の面が大きいと言えよう。シーズ開拓では幅広い研究的利用がまずある。その中から使えるデータが厳選される。この中間には現業利用がある。現業利用は利益を出すものではないが、社会インフラに寄与する。衛星データは当然ながら地球規模であるから、国際的社会インフラに寄与するといってもよからう。民間利用を含めた新たな利用を開拓するにはある種のセールスが必要であろう。この方

---

はじめに

向での努力も始まっている。

衛星ミッションにとらわれない、横断的研究も進められた。モデルシミュレーションの時空間分解能が衛星データと同じレベルになってきており、衛星データとの直接の比較からモデルの評価がなされている。また、単独の衛星データのみを使うのではなく、モデルによるデータ同化も含めた高度なデータセットの作成も進んでおり、これは大きな方向の一つとなっている。

我が国の衛星地球観測も、1987年の海洋観測衛星 MOS-1 以来の長い歴史を持っており、測器も成熟のフェーズに入ってきている。この中で、SAR による地表面データや、マイクロ波放射計による海水分布データ、また GSMaP による全球降水マップなど、商用利用に耐えるレベルのデータも出てきている。「出口」重視も、地球観測衛星データが幅広い利用に耐えるものであることが実証されたためである、と考えることができよう。これから逆に、衛星による地球観測技術をさらに高めることが、多くの「出口」を作ることに通じると考えられよう。今後のさらなる研究開発を期待したい。

# 1. ALOS利用研究

## 1.1 ALOS-Gr の 2014 年度の総括

島田 政信

1. ALOS-2 校正検証：本年度の最大のイベントは ALOS-2 の打ち上げ及び校正検証業務である。2014 年 5 月 24 日日本時間午後 0 時 5 分 14 秒に予定と寸分の狂いもなく、やや湿潤の大気を切り裂きながら轟音とともに上昇する飛翔体は、まさに昇竜である H2A/ALOS-2 であり、その後正常に軌道に投入され、ALOS-2/PALSAR-2 の業務が開始された。PALSAR-2 はアンテナ展開ののち、初画像取得、初期ミッションチェック、しかる後の 8 月 4 日に初期校正が開始された。ALOS-2 は ALOS の後継機であり、センサとしては PALSAR-2 を搭載している。

PALSAR-2 はスポットライト、ストリップ、ScanSAR モードを有し、大小合計 6 モードある。以降の 3.5 ヶ月でこれらのモードを校正検証するために、1) 校正機器の開発と日本国内サイトへ設置（選定も含む）、2) CVST サイトの設定+アラスカサイトの設定、+ブラジルサイトの設定、3) アンテナパターンの推定、4) 校正の実施、5) 高次成果品の作成（特に、森林成果物と干渉成果物の作成）を行った。結果は、PALSAR-2 の初期校正期間における校正検証結果は、十分に良好な結果を収めた。具体的には、1) 生データの SNR は 13dB（PALSAR 比 +5dB）、2) 幾何学精度（5.3m）、3) クロストーク（-40dB）、4) レンジアンビギュイティ、等、干渉精度の大幅向上、森林監視精度の向上、極域観測などで感度の向上が確認された。合わせて、初期校正時期以降に発生した災害（口永良部島（8/3）、広島県豪雨（8/20）、御嶽山噴火（9/29）、長野県北部地震（11/22）、桜島噴火（12/B）、阿蘇山噴火（1/5）、徳島県南部地震（2/5）などの緊急観測に対応した）。11 月 20 日に校正検証確認会を実施し、11 月 25 日から一般にデータ提供を開始した。PALSAR-2 は PALSAR よりも画像のサイズが大きく、ハンドリング上の困難、外来雑音、アジマスアンビギュイティの改善点として残留しており、改善の検討が進行中である。それらを差し置いても、PALSAR に比べて大幅に感度の向上がなされており、地震や火山噴火に伴う地殻変動、森林監視、北極監視、火曜監視などでの応用が強く見込める。

2. ALOS-3D：ALOS/PRISM データを用いた全世界 10m、30m 高精度 DEM の作製プロジェクトを進行中であり、2014 年末までに 7138 tiles(全数約 22000Tile)を完成した。NTT Data/Pasco/Restec と共同でデータ作成、販売が進行中である。

3. 先進光学衛星：80cm/70km、ボディポイント方式の衛星計画が予算化され、2019 年度打ち上げを目指してプロジェクトが開始された。2015 年 5 月からの、国産光学衛星の空白期間がようやく埋まることとなった。

4. 将来 L-band SAR：ALOS-2 後継の SAR の一形態として、また 2020 年代の先進的な SAR の一形態としての反射板型 SAR（広観測幅）の開発と高頻度化により高い精度の地殻変動抽出を可能にする技術、より高度な応用として、ポラリメトリック・インターフェロメトリック観測による森林樹高の開発を検討している。ドイツとの共同開発を進めているが、平成 27 年度にどのようにプロジェクト化・予算化するかが課題である。宇宙基本計画で明記された先進 SAR 衛星に近い衛星である。

5. Pi-SAR-L2 校正と運用：平成 25 年度にアンテナ部の 85MHz 化が完成し、本年度は校正実験と Pi-

---

## 1. ALOS 利用研究

SAR-L2 の校正をすすめた。Pi-SAR-L2 はアンテナ部が完全 85MHz を有したことで、SAR 画像の校正精度、画質がともに大きく向上している。RA5 で募集した合計 34 人分の PI 用フライトが進行中であり、第 2 回 PI 会議を実施し、これまでの成果の確認と今後の実験計画について打ち合わせを行った。双方で、処理解析記述が向上するとともに、解析に対する思考に幅が出てきており、従来の単一シーンでの解析から時系列解析、同一日の複製データ解析に広がってきており、今後の 3D-T 解析に移行中であることがうかがえる。

6. その他：競争的資金（基盤研究 C）に基づく研究（1 件）の実施している。

7. 論文発表や賞：査読済み論文合計 18 件（主著 8 件、共著 10 件）であり、今年は高 IF の Remote Sensing Environment (RSE) を多く占めている。また、2009 年出版の Shimada, Masanobu; Isoguchi, Osamu; Tadono, Takeo; Isono, Kazuo, "PALSAR Radiometric and Geometric Calibration," TGRS, vol. 47, no. 12, pp. 3915-3932, December 2009 が 2014 Highest Impact Paper Award を受賞した。

---

## 1.2 ALOS-2 データを用いた PolSAR データ解析、災害解析、および新たな利用

大木 真人

### 1. はじめに

ALOS/PALSAR は PolSAR (多偏波 SAR) 観測が可能な世界初の衛星搭載 SAR であり、後継機である ALOS-2/PALSAR-2 も PolSAR 観測モードを有している。いずれの衛星も、PolSAR 観測にはデータ発生量や送受信タイミングの観点から他のモードよりも分解能や観測幅に制約があるが、PALSAR ではグラントレンジが典型的なオフナディア角のケースで約 27m であったところ、PALSAR-2 では 6.8m に向上した。PolSAR モードは地上の偏波散乱特性が全て取得でき、それが高分解能化することで、より地上の状態が詳細に把握できると期待される。

また、PolSAR の利用には限定しないが、ALOS-2 は災害監視を主目的の 1 つとしており、ALOS と比べ短い回帰周期、高い分解能、早い観測タスキングが可能となっている。

以上から、本年度では PALSAR-2 の PolSAR 解析による情報抽出について、これまで課題となっている誤判別の多い土地被覆について解析方法の改善の検討を行った。また、災害については夏季の豪雨や火山活動により PALSAR-2 の緊急観測がたびたび実施されたため、画像からの情報抽出を目的とした判読や画像処理を実施した。

また、SAR データを新たな分野で利用し、裾野を広げる共同研究も複数進めている。初等・中等教育分野では、これまで未整備だった ALOS-2 データを利用できる教育用ソフトウェアや教材の開発を実施した。また、芸術分野においては、PALSAR-2 の特性を生かした芸術表現の開発と実践を行った。

### 2. 研究手法と結果

Lバンドの PolSAR データからの情報抽出では市街地 - 森林や裸地 - 水域の区別が困難とされるが、これまでの PALSAR データ等での研究から、InSAR (干渉 SAR) 解析を組み合わせた PolInSAR 解析や、画像の統計情報の利用によってこれを改善することができると考えられる。本年度はこのうち画像の統計情報を用いた市街地 - 森林の分離を PALSAR-2 データで試みた。苫小牧の PolSAR テストデータに対して教師データを与え、機械学習 (ランダムフォレスト法) によって分類を行い、統計情報を用いない分類と、画像のテクスチャ情報を加えて改善した分類の結果を比較した。その結果、森林、市街地を含む 5 クラスの分類で、分類結果の精度を示す  $\kappa$  係数は 0.6 から 0.89 に改善し、森林と市街地の誤分類率は 19% から 9% に減少した (図 1)。

災害監視については、本年度は夏季の豪雨による河川の増水 (一部氾濫) や、活動中の火山のモニタを行った。このうち、西之島の噴火では、PALSAR-2 画像で陸地の変化状況を確認でき、島の南側は 6 月以降に海岸線が後退していること、北側は陸地が拡大していることが確認された (図 2)。画像から推定した陸地の面積は、12/24 で 2.31km<sup>2</sup> である。

新たな利用の分野では、日本宇宙少年団との共同研究により、教育用衛星画像解析ソフトウェア EISEI (平成 21 年度宇宙利用促進調整委託費により開発) を ALOS-2 データ (PALSAR-2 L1.1/1.5/2.1、CIRC L1 データ) に対応するよう改修し、これをセットにした配布教材を作成し配布した。また、金沢美術工芸大学との共同研究では、PALSAR-2 に写し込んだ CR (コーナー反射鏡) を星に見立て、町をキャンバスに大地に星座を描く「だいちの星座」プロジェクトを遂行し、筑波市、守谷市それぞれで 100 人を超える市民や子供が参加した。

---

### 1. ALOS 利用研究

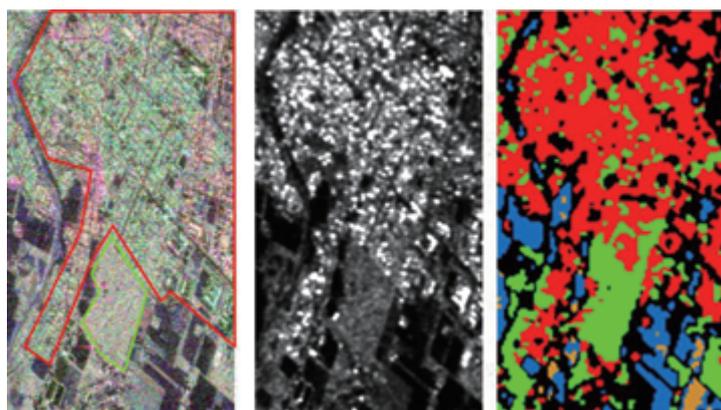


図 1: (a) PALSAR-2 の PolSAR 解析画像、(b) テクスチャ画像、(c) 分類結果（緑：森林、赤：市街地）

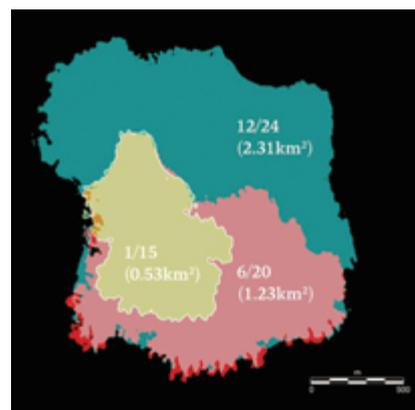


図 2: PALSAR-2 観測画像観から推定した西之島の陸地面積 (2014 年)

### 3. 成果と今後の展望

本年度の活動により、PALSAR-2 の PolSAR データによる森林・市街地分離の精度向上が確認された。画像の統計情報を用いた本解析は、PALSAR-2 で分解能が向上して市街地の構造が見えることで初めて可能になったものであり、幅広い分野で利用拡大につながると期待される。より多くの情報を引き出せる PolInSAR 解析を行うことと、より広範囲のデータに適用することが今後の主な課題となる。

災害監視においても、分解能の向上が浸水域や火山活動の監視の詳細化に寄与していると考えられ、例えば西之島の面積の推定結果は海上保安庁や国土地理院による航空観測の結果とほとんど一致しており、またそれらの航空観測が実施されていない日には代替として実際に PALSAR-2 データが活用されている。今後の課題としては、今年度あまり実施されなかった偏波情報を用いた解析や、より迅速で分かりやすい情報発信の方法も検討が挙げられる。

教育分野においては、特に開発した教育用のソフトウェアは ALOS-2 データを扱える数少ないフリーソフトという点で重要であり、講習会などでより普及させることが重要となる。美術分野では、衛星を用いた芸術表現技術が確立しつつあり、またメディアの関心も高く、地域活性化やリモートセンシング技術の広報・普及にも効果があったことから、今後も発展的に継続する。

## 1.3 L-band SAR を用いたバイオマス推定

渡邊 学

## 1. はじめに

Lバンド SAR の信号は、X や C バンドと比べて波長が長く、森林樹冠部をある程度透過することから、森林バイオスマップの作成が期待されている。本研究の目的は、L-band SAR データのみを用いて、精度よく森林バイオマス推定を行う手法を探ることにある。本年度は、研究計画書に5つの実行計画を書いたが、そのうち計画1では良い結果が得られなかった。そこで、計画2と3をキャンセルし、代わりに計画6を行った（詳細はプレゼンテーションで示す）。計画4、5、6の概要と結果を以下に示す。

## 2. 結果

計画4) PALSAR/PALSAR2 データを用いて、PolInSAR 手法を用いたバイオマス推定についての検討を行う。

北海道苫小牧市にある国有林で、航空機搭載 L-band SAR を用いて行った実験から、森林樹冠部の電波減衰量が 0.3-1.1dB/m と見積もられた。この値と PALSAR の干渉データから得られた位相を用いて樹高推定を行ったところ、7～14% 程度の精度で樹高推定ができる可能性が示された（表1）。

樹種	偏波		樹高 (m) (測定値)	樹高 (m) (位相より 見積もり)	差 (%)
広葉樹	2偏波 データ	HH	9.2	5.6	-39.1
		HH		7.3	-20.7
	4偏波 データ	HH		8.5	-7.6
		VV		12.5	35.9
		HH		7.9	-14.1
VV	6.4	-30.4			
アカエゾ マツ	2偏波 データ	HH	9.5	10.2	7.4
		HH		14.6	53.7
	4偏波 データ	HH		4.8	-49.5
		VV		6.4	-32.6
		HH		7.1	-25.3
VV	8.3	-12.6			

表1 PALSAR の干渉データ（位相）と電波減衰量を使って推定された樹高

計画5) 地上設置型レーダを用いた樹木測定による、森林バイオマス推定精度向上の検討を行う。

地上設置型 L バンドレーダによる、モノスタティックとバイスタティックレーダシステムの開発を行った。予備免許が総務省から降りたことから、2015年1月より筑波宇宙センターで実験を行った。その結果、森林とその下に置いたコーナー反射鏡からのレーダ反射を確認することができた（図1）。

計画6) L-band SAR 4 偏波パラメータと相関の強い、森林パラメータを探す。

計画1-3では、L-band SAR で得られる4偏波パラメータとバイオマスの相関をさまざまな地域やさまざまな樹種で調べようと計画したが、良い相関を得ることができなかった。これより、4偏波パラメー

## 1. ALOS 利用研究

タが実際の森林のどのパラメータと相関を示すかを調べるために、航空機 LiDAR から得られる代表的なパラメータと 4 偏波データから得られる代表的なパラメータの相関を調べた。その結果、L バンドの HV 偏波後方散乱係数 ( $\sigma_{HV}^0$ ) はバイオマスでは 0.33 の相関を示したのに対し、90th percentile (重みづけ樹高) では 0.89 と、よい相関を示した (図 2)。

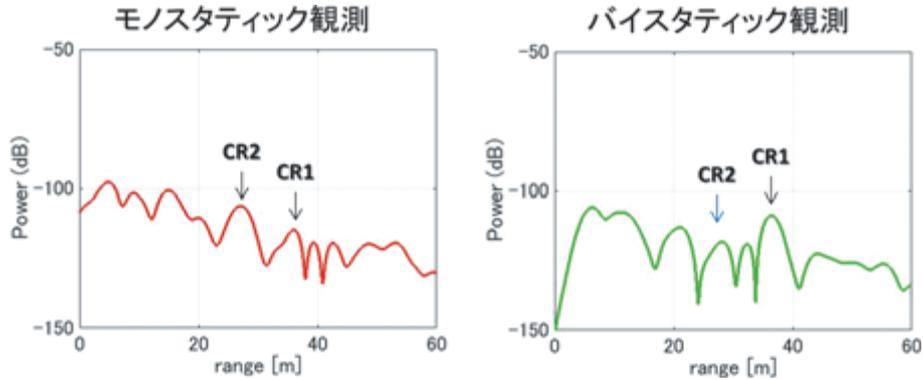


図 1 地上設置型モノ & バイスタティックレーダで得られた、森林下コーナー反射鏡からのレーダ反射

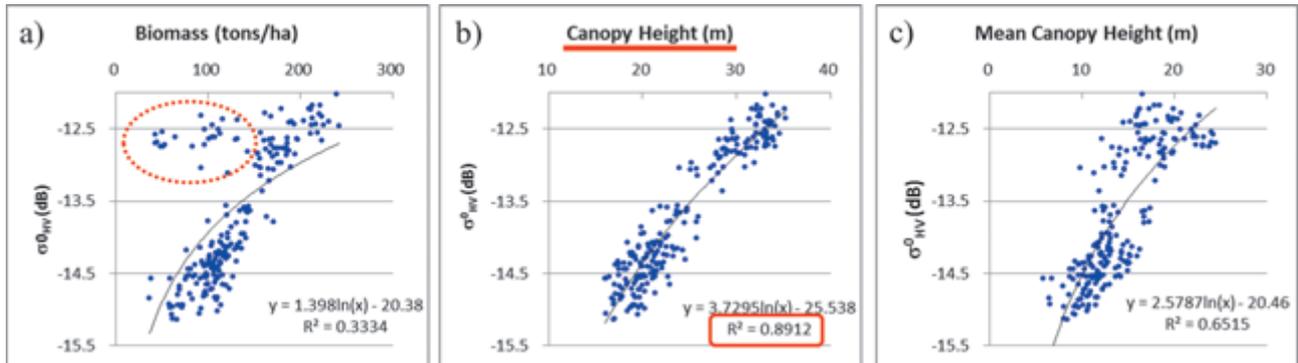


図 2 後方散乱係数 ( $\sigma^0$ ) と LiDAR パラメータの相関

---

## 1.4 Monitoring tropical forest carbon footprints by PALSAR: present and future outlooks

Rajesh Bahadur Thapa

### 1. Introduction

Remote sensing and modeling techniques offer a practical means to monitor forest cover, analyze dynamics of forest cover change, examine the implications of forest policies, visualize the future patterns of forest cover, and relate the patterns to carbon stock density [1–4]. Evidence shows that light detection and ranging (LiDAR) allows accurate measurements of geographically referenced vertical forest structures, including canopy height, volume, and biomass [3]. Using LiDAR data, an allometric model for AFCS can be developed with a relatively small amount of field measurements and modeling results can be employed to extend the field data, providing a spatially extensive and detailed source of forest attribute information for calibrating an AFCS predictive model with PALSAR data covering larger areas [5]. However, direct estimation of AFCS from PALSAR data often faces saturation problems in higher biomass regions. Consideration of temporal SAR data analysis, inclusion of more polarizations, and engaging of machine learning algorithms can solve the saturation problem and improve AFCS estimations [5]. In addition to remote sensing techniques, spatial modeling techniques are required for visualizing and quantifying the future trend of AFCS [1]. Future trends depend on the past processes of deforestation consolidating the relationships between time, space, and causes. Spatial model [1] incorporates these relationships and extrapolates the likelihood of forest spatial patterns to the future offering a platform to examine the implications of different forest policies in AFCS so that appropriate measures to control deforestation and retain the AFCS can be formulated. In this research, we aim to create a baseline AFCS map using PALSAR mosaic data and estimate the future likelihood of AFCS patterns with different forest policy scenarios for a tropical forest in Asia. Riau Province located in the central Sumatra of Indonesia is selected as a study site.

### 2. Method

Considering the large size (9 million ha) of the study area, both field measurements and airborne LiDAR surveys were conducted in 2012 and 2013. Due to differences in forest structure and the associated biomass in different land use and land cover (LULC) types, we include natural forest (peat-swamp, dry moist, mangrove, and regrowth) and plantations (acacia, oil palm, rubber, and coconut). In the field measurement campaigns, a total of 87 field measurement plots were established accommodating forest stands of all ages from mature to recently regrown. The details of field measurements, plot specification, and allometric equations used to derive aboveground biomass (AGB) are provided in [3, 4]. The amount of AFCS for each plot was considered as 47% of the field measured AGB [4]. A total of 8000 ha of land surface was covered in the airborne LiDAR campaigns. Details of the LiDAR instruments, survey mechanism, and data processing method are explained in [3]. In this research, the LiDAR allometric model (eq. 1) developed by [3] was used to create additional AFCS plots. This procedure created 2,716 additional field equivalent plots making in a total of 2,803 plots for calibration and validation of the PALSAR based AFCS high resolution baseline map.

$$\begin{aligned} \text{AFCS Mg C ha}^{-1} = & 259.488 - (146.373 \times \text{MCH}) + (4.738 \times \text{MCH}^2) - (4.881 \times \text{Cover}) + (3.513 \times \\ & \text{MCH\_cover}) - (0.0954 \times \text{MCH}^2\_cover) - (1.583 \times \text{QMCH\_cover}) + (22.568 \times \\ & \text{P50}) + (26.118 \times \text{P90}) \end{aligned} \quad (1)$$

where, MCH = mean canopy height, Cover = forest cover as a percentage of all returns above the MCH, MCH\_cover = MCH × Cover, MCH<sup>2</sup>\_cover = MCH<sup>2</sup> × Cover, QMCH\_cover = quadratic MCH × Cover, P50 and P90 are the 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles of canopy height, respectively.

Using these plots data, the 25m PALSAR mosaic data for the year 2009 and 2010 were processed applying machine learning algorithm. That provided a highly accurate high spatial resolution AFCS baseline map. The AFCS mapping uncertainty (23.47 Mg C ha<sup>-1</sup>) is very low as compared to the contemporary studies in tropical forest regions. Details of the mapping process can be found in [5]. To create expected AFCS footprints in the future, the forest cover map for 2010 and scenarios maps for 2015, 2020, 2025, and 2030 from [1] were used. Three scenarios were considered: business as usual (BAU), governance – forest conservation (G–FC), and governance – concession for industrial plantations and selective logging (G–CPL). The BAU scenario assumes that the deforestation process will continue with the same past trend everywhere in the province, and therefore, AFCS removal will occur in the corresponding deforested areas. The demand and supply of forest landscapes and the forest policies that impacted the deforestation trend in the past will continue. In the G–FC scenario, the deforestation process does not follow the past trend and, in the future, will only occur beyond the conservation area. In this case, the forest carbon stock remains untouched inside the conservation areas. The G–CPL scenario includes the concession area allocated for industrial plantations and selective logging where future deforestation processes will be confined to the concession areas only, and therefore, the AFCS will be untouched outside this area. Scenario-wide AFCS maps were created for 2015 to 2030 in five-year intervals.

### 3. Results and discussion

Figure 1 shows the AFCS baseline map for the study area in which interesting spatial patterns of AFCS ranging from > 0 to 334 Mg C ha<sup>-1</sup> can be observed. The spatial patterns in the map show that the majority of the areas have a carbon density between 100 and 200 Mg C ha<sup>-1</sup>. The high-density areas are mostly dominant along the north to south eastern and a margin of the western part of the province. The central parts from north to south show low carbon density. These patterns are formed by natural and plantation forests. The low-density areas are mostly covered by plantation forests, agricultural lands, and urban forestry while the higher density areas align with the natural intact forests, including peat swamps, dry moist, and

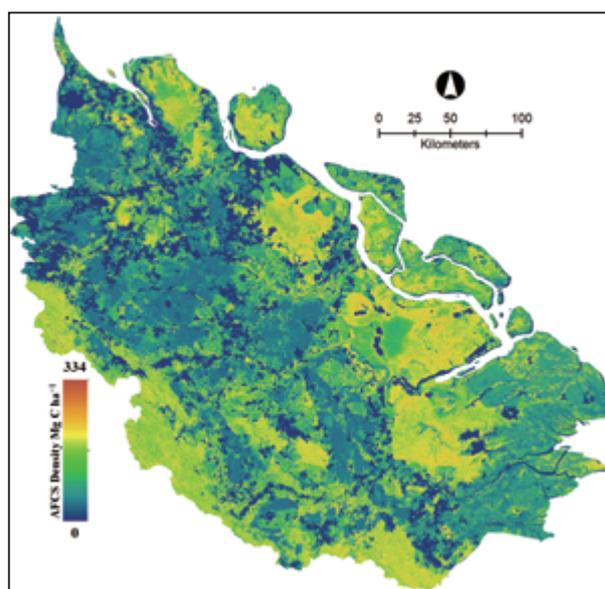


Figure 1. AFCS map of Riau Province.

regrowth forests. The slightly high density of AFCS observed in the islands located in the central-east part and the southeast margins of the province are of mangrove forests. The natural forest areas only cover 3.68 million hectares that store 265.57 million tons of AFCS. The natural forest AFCS density accounts for 71.99 Mg C ha<sup>-1</sup> province-wide.

Figure 2 shows the maps of conservation areas, concession areas, an AFCS map for natural forest cover for 2010, and scenario-wide simulated AFCS maps for the years 2015, 2020, 2025, and 2030. The difference in the spatial pattern of the AFCS areas between the BAU and the other two scenarios are obvious. If the historical deforestation trend continues without any policy intervention as evidenced by the BAU scenario, the AFCS will be consistently released from the major forest areas by 2030. The AFCS removal will likely happen from the environmentally sensitive areas, including the conservation areas, peat-swamp areas in the northeastern part of the province, and the dry-forest areas in the southwestern part of the province. This means that the ongoing land use change activities are extremely serious and immediate sustainable measures are required for forest protection. The spatial patterns of AFCS in the G-CF scenario are slightly similar to those of the BAU, except in the conservation areas. The remaining spatial AFCS lands are quite large in the G-CF scenario due to the impact of the forest conservation policy. All the remaining forests in the conservation areas in 2010 remain untouched, and so does the AFCS in the future. However, deforestation pressure will likely occur beyond the conservation areas, rapidly releasing AFCS in the sub-regions located in the northern part of the province by 2015 and 2020. The governance scenario (G-CPL) produced better spatial patterns of AFCS distribution in the province as compared to the former scenarios. AFCS removal will likely occur only inside the lands allocated for concession. If this policy is implemented without modification, all the sub-regions will still have a considerable amount of AFCS even by the end of 2030.

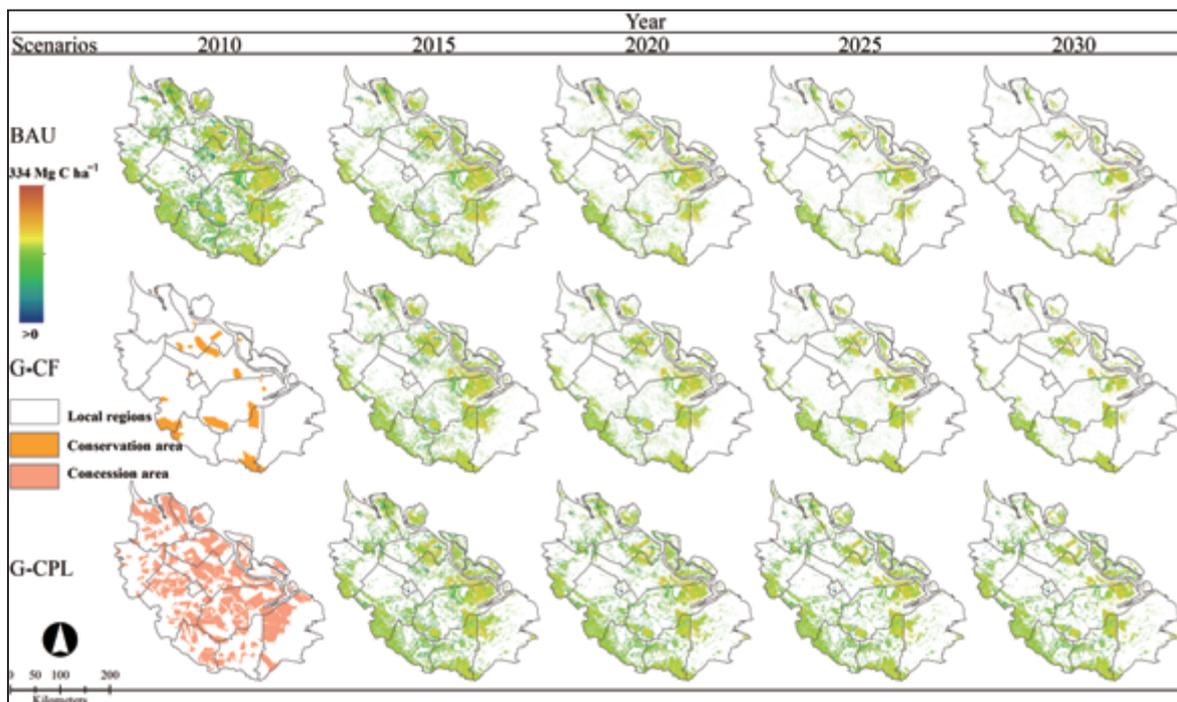


Figure 2. AFCS patterns from 2010–2030 according to the three forest policy scenarios.

Figure 3 presents the expected AFCS emission from the province through 2030 in five-year intervals for each scenario. The impact of the various scenarios in the estimated AFCS emission is dynamic at different time periods. If the current trend continues as evidenced by the BAU, more than 75% of the current AFCS will likely be released to the atmosphere by the end of 2030. The trend shows that the AFCS removal will be faster in earlier years where two thirds of this forest carbon will be in the air in the next 10 years. This could result in adverse environmental consequences globally. The G-CF as compared to the BAU scenario shows some chance of making an impact by reducing the AFCS released by 2% in 2015, doubling the percentage in 2020 till about 8.5% in 2030. However, the AFCS trend of the G-CPL scenario is expected to be surprisingly different from those of the other scenarios. This scenario gradually slows down the forest carbon emission from the stocks by controlling the deforestation as compared to the other scenarios. In the G-CPL scenario, the estimated AFCS release will likely be about 31% in 2030, a reduction of 2.5 times as compared to the BAU scenario. It is noteworthy that the G-CPL scenario likely delays the carbon emissions by a further 15 years whereas a similar amount is expected to release in 2015 under the ongoing process as indicated by the BAU scenario. If we consider the BAU scenario as a reference, the G-CF and G-CPL scenarios will likely save 23.0 and 120.7 million tons of AFCS, respectively, from deforestation by the end of 2030. Detailed methods and results analysis are provided in [5].

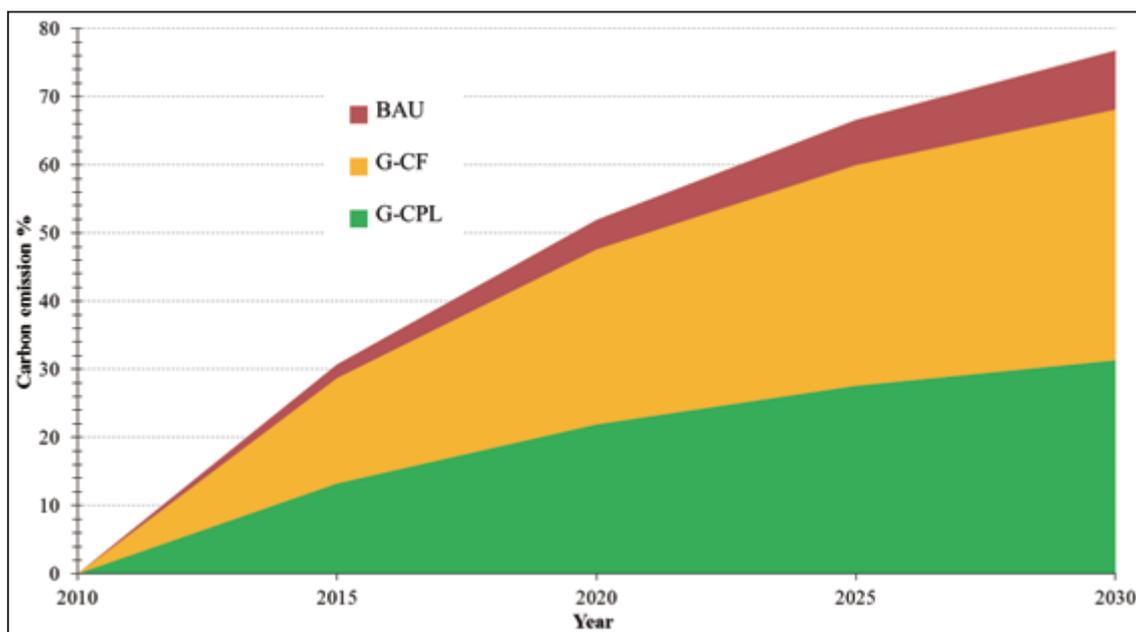


Figure 3. Scenario-wide estimated AFCS emissions due to deforestation in the province for over the next two decades.

## References

1. Thapa, R. B., Shimada, M., Watanabe, M., Motohka, T., & Shiraishi, T. (2013), The tropical forest in South East Asia: Monitoring and scenario modeling using synthetic aperture radar data. *Applied Geography*, 41, 168–178.

2. Thapa, R. B., Itoh, T., Shimada, M., Watanabe, M., Motohka, T., & Shiraishi, T. (2014), Evaluation of ALOS PALSAR sensitivity for characterizing natural forest cover in wider tropical areas. *Remote Sensing of Environment*, 155, 32–41.
3. Thapa, R. B., Watanabe, M., Motohka, T., Shiraishi, T., & Shimada, M. (2014), Calibration of aboveground forest carbon stock models for major tropical forests in central Sumatra using airborne LiDAR and field measurement data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*, 8 (2), 661-672.
4. Thapa, R. B., Watanabe, M., Motohka, T., & Shimada, M. (2015), Potential of high-resolution ALOS-PALSAR mosaic texture for aboveground forest carbon tracking in tropical region. *Remote Sensing of Environment*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2015.01.007>.
5. Thapa, R. B., Motohka, T., Watanabe, M., & Shimada, M. (submitted), Mirrors of the tropical forests carbon footprints in central Sumatra: mapping, measurement, and the future contest. *Environment International*.

## 1.5 PALSAR-2 を用いた干渉 SAR による地形・地形変動および散乱源変動の

観測の高精度化と SAR の校正検証への応用

夏秋 嶺

### 1. はじめに

ALOS-2 の打ち上げ成功により、L-バンド SAR 衛星を利用した従来より高分解能かつ高頻度の地球観測が可能となった。SAR の利用方法の中でも、地殻変動を計測する差分干渉 SAR は、地震や火山活動の推定だけでなく未知の断層の発見や地盤沈下の推定といった様々な場面で利用されており、今後も発展が期待されている。従来の干渉 SAR においては干渉性の低い地域の存在や観測期間の隔たりからくる干渉位相の曖昧な領域が存在し、定量的な解析が困難な領域が存在していた。本研究では、従来は計測が困難であった斜面が急峻な地域や干渉性が低い地域での、干渉 SAR による精度の高い計測を可能にすることを目標とする。

### 2. 研究計画

研究期間を通じての目標は電離層や対流圏の遅延成分や、地表面の状態といった SAR 干渉画像の外乱要因をより精度よく校正することである。2014年度は、PALSAR-2 により得られた SAR 画像に対し、既存の干渉処理および位相、振幅の物理的な考察から求められる統合的な地形・散乱源情報の抽出手法を適用することを目標とした。

### 3. 研究内容

従来の干渉処理手法として、複素相互相関による位置合わせ、振幅画像と既知の地形図との比較による位置合わせを利用した位置合わせ手法、マルチルック処理による平均化を行った。また、筆者は過去に振幅画像から推定した干渉縞の位相差を利用した位置合わせ処理を提案しているため、これを PALSAR-2 の干渉処理に適用し、PALSAR-2 における従来手法と提案手法の比較をおこなった。

この提案手法は、従来の相互相関および既知の地形を元に位置合わせを行った干渉画像中の位相特異点 (Residue と呼ばれる) が存在している地点が局所的な水蒸気遅延や地形など何らかの理由により周囲とオフセット量が異なっていると考え、その地点において再度位置合わせを行うというものである。位置合わせ結果を評価するために、Residue の消滅だけでなく陰影からの形状知覚 (Shape from Shading: SFS) を用いる。これは、SFS により位置合わせ後の位相差がどのような値になるかを位相画像から独立して推定することができるためである。求めた推定位相差と、位置合わせ後の干渉画像の位相差の違いが最も小さい状態が、正しく位置合わせを行われたと判定することで、より高い干渉精度を確保するというものである。

### 4. 研究結果

図 1 に従来手法および提案手法で作成した干渉画像を示す。使用した観測データは震災前 2014 年 10 月 2 日、震災後が 11 月 27 日の観測である。従来手法でも干渉性が非常に高いことがわかる。図 2 はそのうち下中央部の干渉縞が密になっている部分を拡大したものである。両画像ともマルチルック処理、フィルタ処理のいずれも適用していない。従来手法ではフィルタ処理なしでは干渉縞があいまいで断層位置や変動量が直感的にも把握できないが、提案手法によって干渉縞がより明瞭になっている

## 1. ALOS 利用研究

ことがわかる。図3に図1の干渉画像に対応するコヒーレンス画像、およびコヒーレンス値の比較グラフを示す。提案手法の方が干渉性の低い領域が減っていることがわかる。コヒーレンス値の平均は0.3から0.32への増加に留まるが、干渉縞としての地殻変動の検出能力の向上が見て取れる。

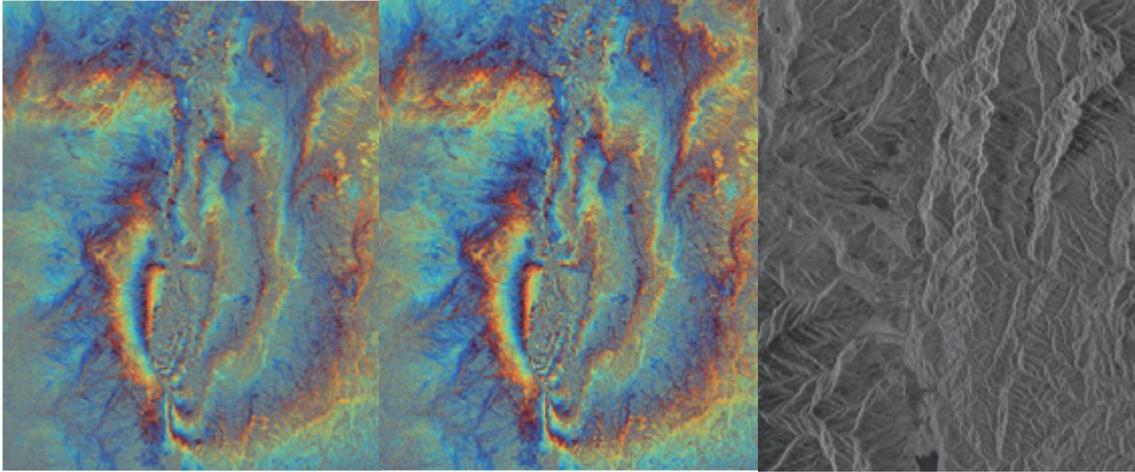


図1 2014年11月22日発災の長野県北部地震前後に観測したALOS-2/PALSAR-2の差分干渉画像。  
左：従来手法、中：提案手法、右：強度画像

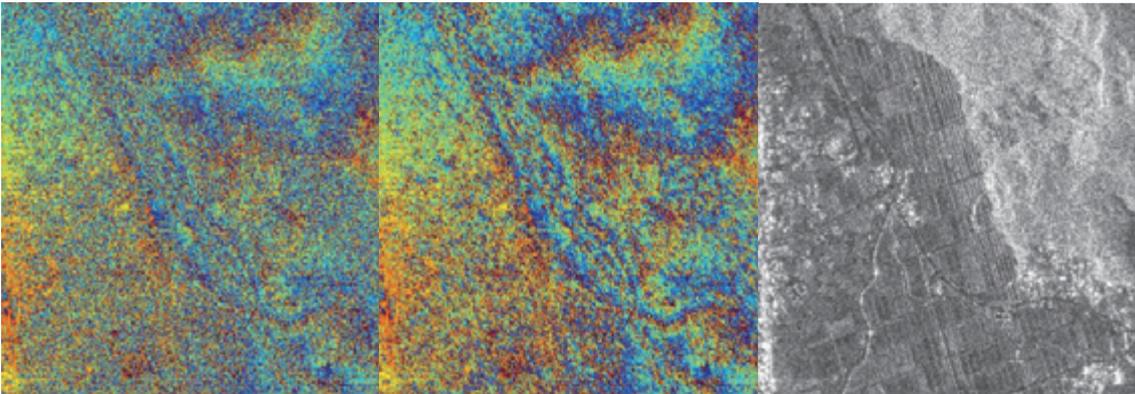


図2 図1の下中央部における干渉画像。左：従来手法、中：提案手法、右：強度画像

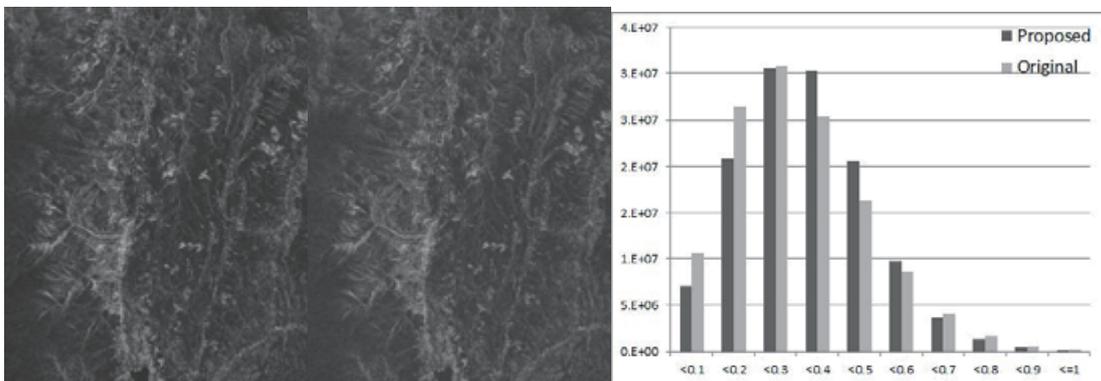


図3 図1の干渉画像のコヒーレンス画像および比較グラフ

図4は2014年8月の口永良部島新岳の噴火に際して行った差分干渉処理の結果である。この噴火においては火口周辺の限られた領域でのみ地形の変位が認められ、特に火口内（火口底部ではなく側壁と考えられる）は火口の外部とは異なる位相値を表した。火口内の全ピクセルの位相の平均値は従来の手法で2.29ラジアン、一方で提案手法の場合は2.26ラジアンとほとんど変わらなかった。この位相変化は衛星の視線方向に対する約4.3cmの伸長に相当する火口の沈降が起こったと考えられる。一方で、火口内の位相値の分散については、従来手法で2.26、提案手法で1.97と提案手法の方が向上していた。すなわち、提案手法を用いた方が火口内の沈降の量としてはより信頼度が高いと考えられる。

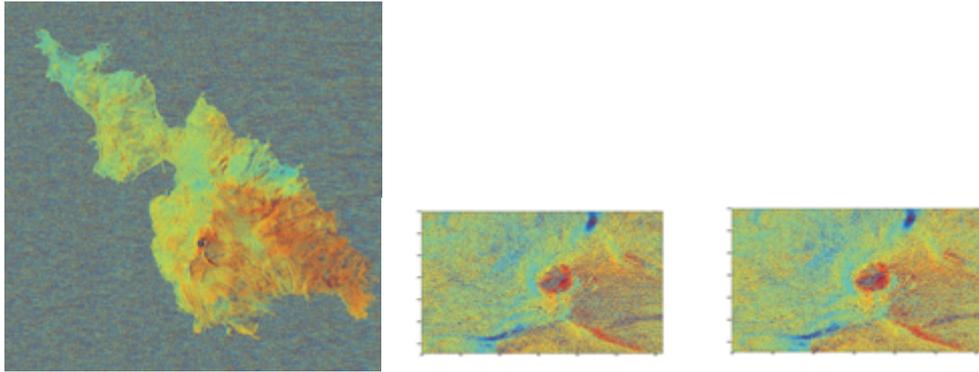


図4 左：口永良部島の差分干渉画像、中：従来手法の火口部、右：提案手法の火口部

図5はフィリピン、マヨン火山における差分干渉結果である。この火山も2014年9月に噴火し、こちらは溶岩の流出があったと報じられた。この噴火の前後に観測されたPALSAR-2画像はScanSARモードのもののみであったため、ScanSAR-ScanSAR干渉処理による噴火の評価を試みた。その結果、火山山頂付近において位相値の変化を認めたものの、周囲の陸地にも同程度の位相変化が見られたため、水蒸気等の遅延成分の分離ができておらず、数値としての地形変位は算出できなかった。一方で、コヒーレンス画像を見ると山頂付近に限り大きな干渉性の低下が認められたため、山頂付近において岩石の崩落や溶岩の流出といった地表面の著しい変化があったものと考えられる。

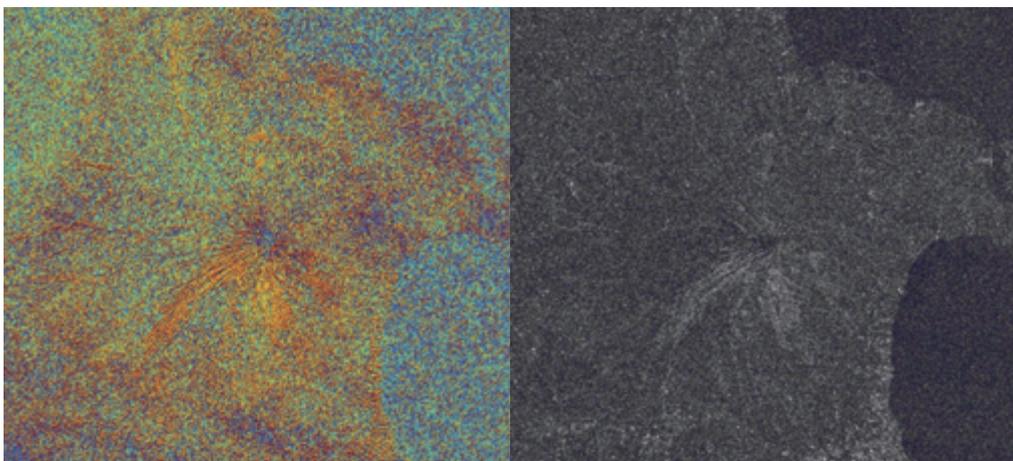


図5 フィリピン、マヨン山における ScanSAR-ScanSAR 差分干渉結果  
左：位相画像、右：コヒーレンス画像

## 5. 今後の展望

PALSAR-2 は、その高頻度の観測と短い垂直基線長のために地殻変動の詳細な検出が可能である。また、提案手法を利用することで、従来の平均化フィルタの適用をせずとも、気象条件等が良ければ高い分解能の干渉画像を作成することが可能である。一方で、現在の提案手法の実装状態では、地表面の区分化が十分にできておらず、違う種類の散乱源であっても無視して位置合わせをしてしまう、電離層や水蒸気遅延の影響が大きく補正できない、といった問題点がある。今後は、これらの改善を進めることで、より精度の高い地殻変動検出の実現を目指す。

### 2014 年度内の発表文献

- [1] K. Terabayashi, R. Natsuaki and A. Hirose, “Ultrawideband Direction-of-Arrival Estimation Using Complex-Valued Spatiotemporal Neural Networks,” IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Vol. 25, No. 9, Sep. 2014.
- [2] R. Natsuaki and A. Hirose, “Changes of dominant scatterers and propagation paths as a possible origin of singular points in radar interferometry: Experimental analysis,” 2014 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp. 290 - 293, Jul. 2014.
- [3] R. Natsuaki and M. Shimada, “Local co-registration method for creating accurate SAR interferogram in mountainous regions,” Symposium on Geodesy for Earthquake and Natural Hazards (GENAH) 2014, Jul. 2014.
- [4] R. Natsuaki, M. Watanabe, T. Motooka, M. Ohki and M. Shimada, “Report of ALOS-2 / PALSAR-2 Launch and Its Recent Status,” Asian Conference On Remote Sensing (ACRS) 2014, Oct. 2014.

## 1.6 ブータンヒマラヤにおける氷河湖拡大に氷河縮小と地理的環境が与える影響の評価

永井 裕人

### 1. はじめに

氷河湖決壊洪水は社会インフラや住居に甚大な被害を与える場合があり、ブータンヒマラヤではいくつもの防災関連事業が行われてきた。しかしこれらはすでに拡大した氷河湖を対象に実施されており、そもそもどのような氷河湖が拡大しやすいかは、科学的な理解に至っていない。リモートセンシングを利用し、拡大する可能性を事前に広域評価できれば、山岳国における防災対策に大きく資すると期待される。

### 2. 研究計画

本研究では、氷河湖決壊洪水の危険度を上げる可能性のある湖拡大プロセスについて、衛星データを用いて地球科学的な知見を見出し、将来大きく拡大する可能性のある氷河湖を特定するために注目すべき地理的要素と解析方法を見出すことを目指す。ブータンヒマラヤではこれまでに ALOS 画像を用いた詳細な氷河・氷河湖データベースが別々に構築された。これらを統合し、氷河湖拡大に寄与する要因を解析し、リモートセンシングによる氷河湖拡大可能性の評価手法を開発する。そのため、今年度は氷河データベースの精度評価および氷河・氷河湖の基本的統計情報のまとめ・考察を行った。

### 3. 研究内容

既に完成している氷河データベースは ALOS/PRISM 画像を利用した世界的にも精度の高い抽出を行っているが、解析者による目視判読・手動抽出に依存している。したがって、他機関によって作成された氷河台帳と比較し、抽出の妥当性を検証し、誤差要因の考察を行った。

さらに上記氷河データベースと同じ ALOS 画像で作成された氷河湖データベース（図 1）は、既に EORC のウェブサイトにて公表されているが、互いに関連付られていない。これらを統合し、一つの氷河・氷河湖データベースとして扱えるように整理する。さらに、氷河湖の空間分布およびその時系列変化を解析し、拡大する氷河湖と氷河分布との関係性を考察する。

### 4. 研究成果

異なる台帳から得られた氷河輪郭の重複度を表す指標をもとに、ALOS 画像によって作成された氷河台帳（AL）（図 1）を ICIMOD（IC）、ランドルフ（RD）、GAMDAM（GM）が提供する台帳と比較した。AL に対して IC と GM の氷河抽出結果は比較的よく一致しているのに対し、RD では大きくずれている氷河輪郭が多いという結果が得られた。RD は 1970 年代に写真測量によって得られた地形図から作製されており、氷河の切り分けなども十分に修正されておらず、他のすべての台帳と著しく一致しない抽出結果であった。IC はランドサット画像から NDSI 等によって自動的に抽出しており、一方の GM は同画像の手動抽出によって作成している。自動手動の違いはあるが、両者ともグーグルアースの高分解能衛星で氷河輪郭を修正する作業を行っており、これが岩屑被覆や急峻な崖の多い地形では重要な役割を担うと考えられる。

次に、ALOS 画像によって抽出された湖の輪郭を 1980 年前後に取得された SPOT 画像と比較し、過

---

## 1. ALOS 利用研究

去約 30 年での拡大状況を把握した。2 時期について湖と氷河との接触の有無で分類したところ、引き続き接している湖 (86)、途中で離れた湖 (58)、最初から離れている湖 (317)、新しくできた湖 (36) に分類された。これらについて 30 年間の拡大率を比較したところ、拡大し続ける湖の特徴として (1) 氷河と引き続き接していること、(2) 氷河末端が岩屑に覆われていること、(3) 標高が低いこと、(4) 氷河の標高分布幅が広いことが見出された。一方で、東西方向での分布や標高分布には特徴が見られず、氷河表面の傾斜にも顕著な傾向は見られなかった。

## 5. 今後の展開

今後の課題としては、拡大する湖を有する氷河について、周辺の地形などに注目し、他の氷河との相違点をさらに分析することが挙げられる。また、査読中の海外誌論文が受理され次第、それを引用文献として、氷河データベースもウェブ公開する予定である。

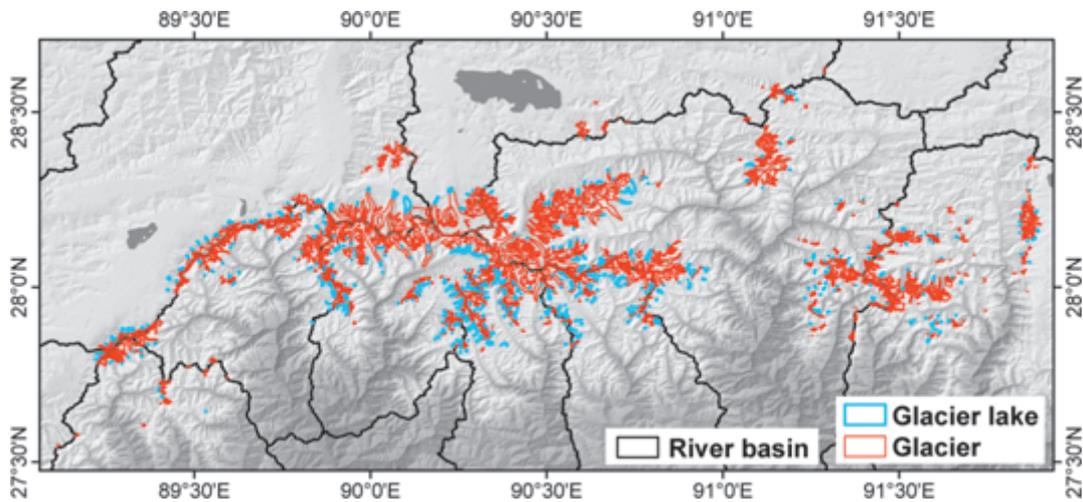


図 1) ALOS によって抽出されたブータンヒマラヤにおける氷河と氷河湖

## 2. GOSAT 利用研究

## 2.1 GOSAT 利用研究プロジェクトの総括

中島 正勝

### 1. はじめに

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite) は、温室効果ガスの中でも温暖化への寄与が大きい二酸化炭素とメタンの大気中濃度の全球分布を宇宙から高精度に観測するための衛星である。軌道上では打ち上げ環境並びに軌道上環境によりハードウェア特性に地上試験時との相違及び経年変化が生じる。またデータの蓄積に伴い地上試験時には知りえなかった事象が発生することが多々ある。特に GOSAT は JAXA として初となるフーリエ変換分光計を搭載しており、かつ短波長赤外域をフーリエ変換分光計にて測定する衛星は世界初であるため、軌道上での知見に乏しい。そのため、軌道上校正として衛星に搭載した校正源並びに代替校正によりデータの精度を保証する必要がある。GOSAT の利用研究はこれらの校正を行い輝度スペクトル精度を保証・維持しレベル2プロダクトである二酸化炭素濃度並びにメタン濃度の算出精度を目標精度を達するとともに、より良い精度を目指してアルゴリズムを研究、作成していくことを第一の目的とする。

GOSAT は 2009 年 1 月 23 日に打ち上げられ、2014 年 2 月 (定常運用終了審査会) に定常運用を完了、後期利用段階に移行した。TANSO レベル 1B プロダクト (輝度スペクトル) は 2009 年 10 月から一般に公開され、2015 年 2 月現在は V161.161 が提供されている。レベル 2 プロダクト (FTS SWIR の二酸化炭素・メタンのカラム平均濃度) は 2010 年 2 月から一般提供され 2015 年 2 月現在は、V2.21 (2014/5/14 まで) および V2.31 (2014/6/16 以降) が提供されている。FTS TIR レベル 2 プロダクト (二酸化炭素及びメタン濃度プロファイル) は 2012 年 3 月 30 日に V00.01 のプロダクトを約 8 か月分公開した後、偏光補正等を施した V01.01 を、2014 年 7 月より RA PI に公開し、レビューを受けている。問題がなければ一般向けに公開する。レベル 4 プロダクトである全球の月別・地域別の二酸化炭素およびメタン吸収排出量 (正味収支) を推定した結果が 2015 年 1 月 29 日にバージョンアップされて公開されている。

2014 年 5 月 25 日に太陽電池パドルの片翼の回転が停止し 1 翼での観測となったが、太陽電池の劣化等が設計予測より小さく全機能を動作させての運用を行っている。また、本件の発生後 TANSO-FTS の ZPD (光路差ゼロ) 位置の変動レートが大きくなる事象が発生したが、ZPD 位置に 800 フリンジのバイアスをかけることで安定して運用している。この状態での装置関数を作成し国立環境研究所に提供した。また、2015 年 1 月 26 日に、潤滑剤の特性変化により制御則のパラメータ調整範囲を超えたと判断し、ポインティングミラーを主系から冗長系に切り替えて運用を継続している。

### 2. 研究計画

「全球地球観測システム (GEOSS) 10 年実施計画」において地球規模の環境問題の解明に資するとの中期計画に基づき、平成 26 年度は、GOSAT の後期運用を継続し、温室効果ガス (二酸化炭素、メタン) に関する観測データを取得し、国内外のユーザへの提供を行うとともに、関係機関等と連携した利用研究・実証を通じ、観測データの利用の拡大を行うことが年度計画である。本計画に基づき、GOSAT 利用研究においては、校正検証によるプロダクトの品質の維持・向上を継続するとともに、TANSO-FTS の熱赤外バンドを利用する高次プロダクトを作成するためのアルゴリズム開発、精度検証、プロダクト作成と公開を行う。

また、1 号機よりも目標達成時期が早い GOSAT-2 において、打ち上げ後の校正検証を速やかに実施

## 2. GOSAT 利用研究

するための利用研究系の準備を進める。

### 3. 研究内容と成果

#### 3.1 校正

校正を継続して実施し、L1 プロダクトの品質を向上すべくアルゴリズム改良を実施した。

レベル1 プロダクトである輝度スペクトルの校正は、ハードウェアが元々持つ特性の補正に加えて軌道上での経年変化、軌道上異常事象などスペクトルに影響を及ぼす事象の補正がある。

平成 26 年度においては、TANSO-FTS レベル 1B プロダクトに関して下記の補正を追加した。

##### ①ハードウェア特性の補正

###### a) プリアンプ位相遅延補正

- 入力強度に依存した位相遅延とその変化（事象は平成 25 年度に判明）による非線形性の補正を EM、試作モデルなどによる地上試験データと実観測データから推定しアルゴリズムに取り込んだ。

###### b) サンプリング不等間隔補正のパラメータ変更

- サンプリングレーザと干渉計のアライメントずれ並びにサンプリングレーザの 0 クロス点の検出のジッタなどによりサンプリング間隔が不等になり系統誤差を持つ事象に対してこれまで補正パラメータを提供してきたが、そのパラメータを見直し処理に反映した。

##### ②経年変化の補正

TANSO-FTS の絶対感度の変化を確認するため、国立環境研究所、NASA/JPL OCO-2 チームと共同で、2014 年 6 月 17 日～6 月 29 日に、NASA アームストロングリサーチセンターおよび米国ネバダ州 Railroad Valley (RRV) において代替校正評価を実施、各センサの観測輝度と地上測定データからのシミュレーション輝度との比較を行うことで感度の変化を算出、輝度換算係数（大気による吸収補正済）に加えてバンド別に劣化補正係数の算出・提供を実施した。RRV での観測から算出した感度変化は図 1 の通りである。

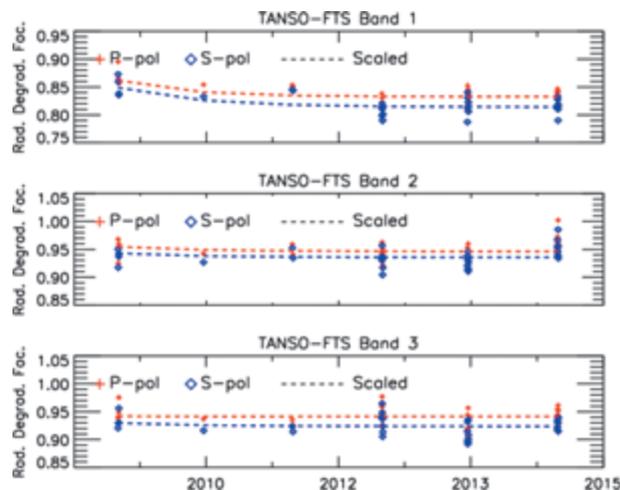


図 1 Railroad Valley における代替校正による TANSO-FTS (バンド 1～3) の感度変化

## 2. GOSAT 利用研究

### ③軌道上で発生した異常事象への対応

#### a) ZPD (Zero Path Difference) シフト

ZPD 位置にバイアスを持たせたことにより走査の一方の端では本来の走査幅よりも狭くなり波数分解能が劣化する。そのため、所定の波数分解能を得るためにもう一方の側の情報を用いて狭くなった分を補償するアルゴリズムを生成した。ユーザからの意見を取り込み改良を実施し、従来よりもスペクトル質が向上したことを確認した。

#### b) TANSO-FTS ポインティングミラーの指向ずれ

TANSO-FTS のポインティングミラー指向ずれに関し、ずれ量が安定していることから2週間分のデータから算出したずれ量を観測立案時に取り込み目的の観測点を  $0.4^\circ$  以内のずれで指向できるようにした。

#### c) ポインティングミラー切り替えに伴う B 系の特性評価

ポインティングミラーの B 系への切り替えにあたって、輝度、分光特性、ポインティング精度について A 系との相違について評価した。輝度、分光特性については A 系と相違なく、レベル 1 アルゴリズムは A 系と同様のものが使用可能と判断した。一方ポインティング精度は A 系とは異なる傾向を示しており、今後評価を継続、誤差角の安定度から補正データの提供もしくは立案時の補正を考慮していく。

## 3.2 検証

長期間、地上から大気中の二酸化炭素、メタンのカラム量を取得することを目的に、佐賀大学に設置した大気観測用超高分解赤外フーリエ干渉分光計（通称：地上 FTS）を使用して 2011 年 7 月から継続的に測定を実施、検証への利用とともに TCCON の 1 サイトとしてデータを提供している。

また、JAMSTEC の船舶に船舶搭載大気微量成分カラム平均濃度測定装置を搭載し、2010 年より船舶の運行経路に沿って海上での二酸化炭素気柱量を測定している。本年度は 2014 年 11 月～2015 年 2 月に西太平洋及び南太平洋にて二酸化炭素及びメタンのカラム量データを取得、精度評価を行った。その結果精度等まだ十分とは言えずさらに詳細な検討が必要である。

なお、海面付近の  $XCO_2$  と気柱量との関係推定を行ったが、カラム量のばらつきが大きいことから明確な関係をまだ見いだせていない。海上データの蓄積、データ処理方法などの改良を行っていく必要がある。

## 3.3 TIR を利用した高次プロダクト

熱赤外データ等の高次処理については、熱赤外バンドからの二酸化炭素及びメタン濃度プロファイルの導出アルゴリズムについて使用波長範囲の追加、水蒸気や気温の同時推定などの見直しを実施 (V01.01)、RA PI へ公開し、一般公開に向けてプロダクト検証を実施した。また、GOSAT-TIR スペクトルを用いて推定した海面温度 (SST) を用いて、ブイのデータとの比較等 TIR バンドの安定性評価を実施した。

## 3.4 利用推進

データ利用を推進するため、データ利用者の利便性向上を目的に以下の変更等を実施した。

## 2. GOSAT 利用研究

- ① データフォーマットについて、複数の場所にあった同一データの統合などを実施。
- ② スペクトルに輝度データを追加し、ユーザが自身で計算する必要をなくした。
- ③ TIR の視野角 0° 相当のスペクトルを作成し、主に気象ユーザが精度を維持したまま計算処理を早くすることを可能とした。
- ④ SWIR 偏光ミューラー行列そのものをフォーマットの中に入れることで、ユーザが計算を行うことなく行列を使用することを可能とした。

### 3.5 データ利用

校正検証を通じてデータの精度向上を図ってきたことにより濃度算出精度は目標を大きく上回り、世界の大都市等においてその周辺よりも二酸化炭素濃度が高い傾向が見られ、その濃度差と化石燃料消費量データから算出した濃度差との間に正の相関があることから、「いぶき」は大都市等における化石燃料消費による二酸化炭素濃度の上昇を捉えている可能性が高く、衛星で二酸化炭素濃度を観測することが、化石燃料による温室効果ガス排出（インベントリ）の監視ツールとして有効利用できる可能性があることが分かった。（平成 26 年 12 月にプレスリリースを実施。）図 2 に人為起源と推定される CO<sub>2</sub> 濃度を示す。

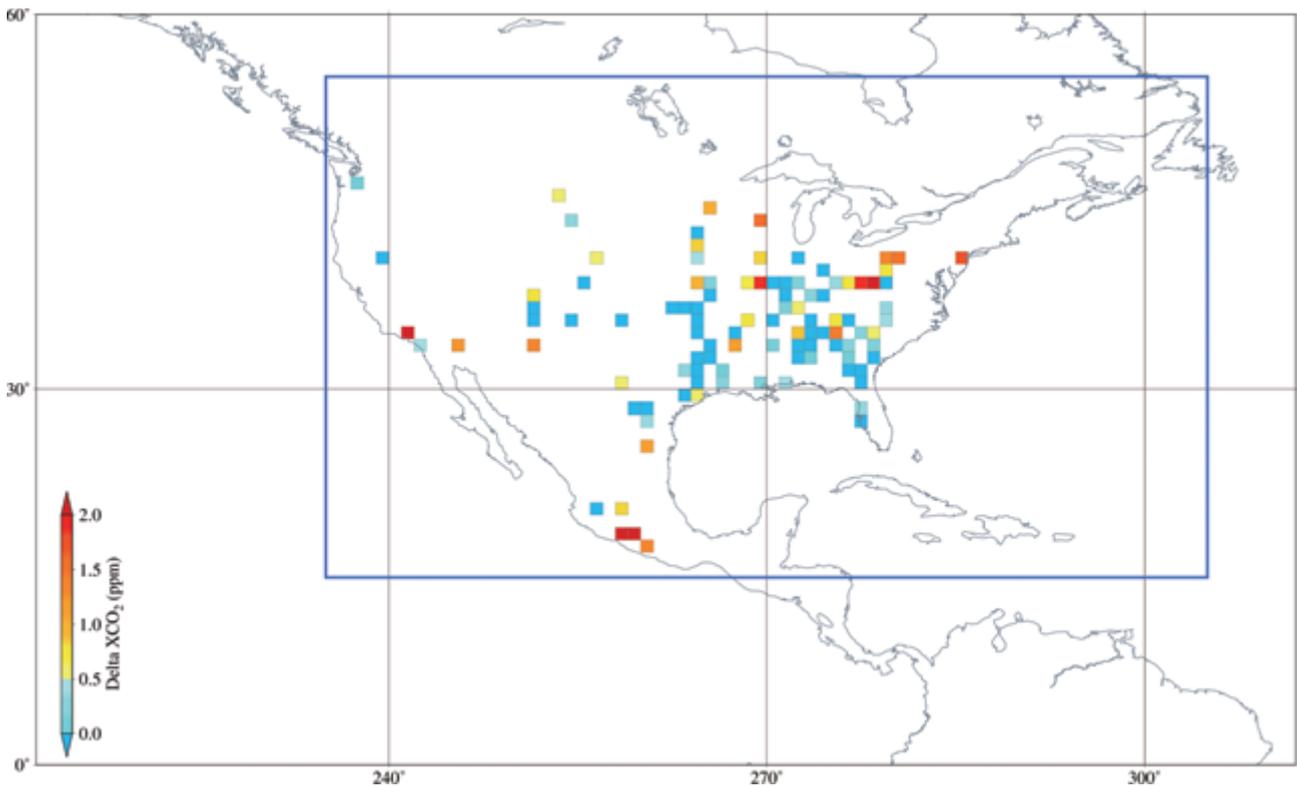


図 2 「いぶき」により高濃度（平成 21 年 6 月～平成 24 年 12 月の平均）の人為起源 CO<sub>2</sub> が観測された領域（1 度グリッド。赤道で 100km グリッドに相当。25 個以上の「いぶき」データがあるグリッドのみ表示。）と人為起源 CO<sub>2</sub> 濃度推定量

#### 4. 今後の展望

代替校正実験などを通じて L1B プロダクト品質の維持向上に努めるとともに、L1B アルゴリズムの改良点の有無の検討を行い、要すれば改良を行うことでより高い精度のプロダクト生成を目指す。また、最近衛星からの植生クロロフィル蛍光観測が可能になったことにより、GOSAT, OCO-2, GOME-2 などのデータから植物の光合成に伴う CO<sub>2</sub> 吸収量である総一次生産 (GPP) との関係も盛んに研究されていることから、陸域炭素循環へのデータ利用について研究を行うことを考える。また、大気中の二酸化炭素濃度上昇とともに、海洋の酸性化が指摘されており、大気 - 海洋間の CO<sub>2</sub> 交換に関する研究を進めていく。

さらに、衛星等による二酸化炭素等大規模排出源の監視に関する研究を進め、その成果の GOSAT 及び平成 29 年度打ち上げ予定の GOSAT-2 への応用を進め。

また、2号機のアルゴリズム開発も念頭におき熱赤外域による雲ダスト特性算出アルゴリズムの検討を行う。

## 2.2 GOSAT 観測データの品質向上ための校正・検証に関する研究

川上 修司

### 1. はじめに

温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT: Greenhouse gases Observing SATellite）「いぶき」は、2009年1月23日に打ち上げられ、主要な温室効果ガスである二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）とメタン（CH<sub>4</sub>）の気柱平均濃度（XCO<sub>2</sub>, XCH<sub>4</sub>）を宇宙から観測している衛星である。GOSATは2009年4月から定常的に観測データの取得を開始し、CO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>の全球濃度分布の導出し、6年以上の観測データを一般公開している。

GOSATで観測されているXCO<sub>2</sub>, XCH<sub>4</sub>の検証は、独立な観測装置かつより精度の高いデータを用いる必要があり、主に陸上に設置された高分解能フーリエ変換分光計（FTS）による観測データのネットワークであるTCCON（Total Carbon Column Observing Network）のデータを使っている。JAXAでは、TCCONサイトを、佐賀大学で運用している。また、GOSATで取得されている海洋上のデータは、陸域とは異なったサンダリント観測方式で取得されたものである。GOSATのXCO<sub>2</sub>, XCH<sub>4</sub>の検証に利用できるデータは主に陸上に限られ、海洋上のXCO<sub>2</sub>およびXCH<sub>4</sub>を独立に検証するために、海洋上で検証データを取得している。

### 2. 研究計画（第3中期などの中期計画と、今年度の計画の概要）

年度計画は、GOSATの後期運用を継続し、温室効果ガス（二酸化炭素、メタン）に関する観測データを取得し、GOSATの観測データについて、国内外のユーザへの提供を行うとともに、民間・関係機関等と連携した利用研究・実証を通じ、観測データの利用の拡大を行うことである。このため、衛星データの校正・検証用の観測機器を用いて検証データを取得するために、代替校正実験の際に、小型FTSを用いて検証データを取得する。陸域平野部での検証データを取得するため、佐賀大学本庄キャンパスに配置してある高分解能FTSを用いて、検証データを継続的に取得する。海洋上のGOSATの検証データを取得するために船舶に観測機器を搭載し、データを取得する。

### 3. 研究内容

#### 3.1 GOSAT データ検証のための地上高分解能FTSによる二酸化炭素およびメタンの気柱量の長期観測

高分解能FTS（Bruker, IFS 125HR）を使用し、佐賀にて、XCO<sub>2</sub>, XCH<sub>4</sub>を継続的に測定している。このFTSは、佐賀大学内に設置した12ft貨物コンテナ内に収められ、コンテナ天井部に設置した太陽追尾装置（Bruker, A547N）により光源となる太陽直達光を導入している。太陽追尾装置は、時刻・位置をもとに太陽位置を計算し、太陽を補足した後、4象限検出器によりFTSに入射される太陽光の強度が最大になるように方位角および仰角方向にモーターを動かす機構で追尾している。データの取得波数領域は、3900-14000 cm<sup>-1</sup>（InGaAs 及び Si）で、ビームスプリッターとしてCaF<sub>2</sub>を使用し、波数分解能は、0.02 cm<sup>-1</sup>（MOPD = 45 cm）で観測している。取得されたスペクトルデータに、TCCON共通のスペクトルフィッティングアルゴリズム（GFIT）を適用して、XCO<sub>2</sub>, XCH<sub>4</sub>およびその他の大気微量成分（CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO, H<sub>2</sub>O, HDO, HF）カラム平均濃度導出を行っている、2011年6月から佐賀大学本庄キャンパス内で測定を開始し、2014年1月までのGOSATの定常運用期間及びその後の後期運用期間も佐賀において測定を継続している。また、長期観測においては、装置の性能を維持することが重要であるため、定期的にガスセルを用いて変調効率と位相誤差の評価を実施して、装置関数が安定しているこ

## 2. GOSAT 利用研究

とを確かめている。

### 3.2 GOSAT データを用いた大気-海洋間の炭素収支推定のための船舶による全球 CO<sub>2</sub> 濃度観測

地球温暖化、気候変動問題に資する気候変動予測やデータ統合・解析には、時空間的に密度の高い海洋観測データが強く求められている。特に二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) のデータについては、水温、塩分等の物理量基本パラメータに次いで必要とされている。北太平洋と北大西洋については測線が多く、時空間的に密な観測値が得られている。一方、南太平洋、南大西洋、インド洋、南大洋については測線が少なく、未だに CO<sub>2</sub> の観測空白域が多く存在する。一方、衛星観測では全球のデータが均一に取得できることから、衛星で取得できる海面表層の衛星データを組み合わせて面的に海洋上の CO<sub>2</sub> 収支を推定する手法を開発できれば、観測空白域での海洋の CO<sub>2</sub> 収支の推定に役立つと考えられる。

研究船「みらい」等で実施している海上表層大気中の CO<sub>2</sub> 濃度 ( $X_{CO_2}^{surf}$ ) 測定、および太陽光を用いた CO<sub>2</sub> 大気カラム平均濃度 ( $X_{CO_2}^{col}$ ) 測定を実施し、海洋におけるそれらの CO<sub>2</sub> の関係を推定する。これらの船舶データセットから  $X_{CO_2}^{surf}$  と  $X_{CO_2}^{col}$  の関係を求めることで、人工衛星により観測された  $X_{CO_2}^{col}$  から全球の  $X_{CO_2}^{surf}$  を推定することができる。水温 (SST) 等の人工衛星 (GOSAT) で観測可能な物理量を用いて、海水中の CO<sub>2</sub> 濃度 ( $X_{CO_2}^{sea}$ ) 推定し、人工衛星 (GOSAT) データから大気-海洋間の CO<sub>2</sub> 交換量 (フラックス)  $F_{\infty} (X_{CO_2}^{sea} - X_{CO_2}^{surf})$  を推定する。

GOSAT によって観測されている大気中の二酸化炭素およびメタンのカラム平均濃度 ( $X_{CO_2}$ ,  $X_{CH_4}$ ) の検証を行うためには、それとは独立な観測手法から得られたより精度の高いデータを用いる必要がある。GOSAT の目標精度はそれぞれ 1% および 2% である。現在、GOSAT の  $X_{CO_2}$ ,  $X_{CH_4}$  の検証に利用できるデータは主に陸上に限られ、陸上に設置された高分解能フーリエ変換分光計 (FTS) によるデータと民間航空機に搭載された CO<sub>2</sub> 濃度連続測定装置による空港周辺のデータのみである。一方、GOSAT で取得されている海洋上のデータは、陸域とは異なったサンダリント観測方式で取得されたものであり、海洋上の  $X_{CO_2}$  および  $X_{CH_4}$  を独立に検証する必要がある。本研究では、光スペクトラムアナライザを用いた小型の装置を採用し、船舶搭載型大気中二酸化炭素およびメタン気柱量測定小型装置として、測定の自動化を図り、船舶に搭載して測定を実施した。これまで、海洋地球研究船「みらい」による 2 回の航海 MR12-02 (Leg 1: 2012 年 6 月 4 日 -6 月 24 日と Leg 2: 6 月 25 日 -7 月 12 日)、および MR12-03 (2012 年 7 月 17 日 -8 月 29 日) 等で実施してきた。より多様な海域で多くの検証データを得るために、「しんかい 6500」世界一周航海「QUELLE 2013」に参加し、データ取得を試みた。さらに、MR14-01,02 (2014 年 1 ~ 3 月) に参加してデータを取得した。

## 4. 研究成果

### 4.1 GOSAT データ検証のための地上高分解能 FTS による二酸化炭素およびメタンの気柱量の長期観測

佐賀における観測結果を 2011 年 7 月からの  $X_{CO_2}$  の時系列図として図 1 に示す。 $X_{CO_2}$  については光合成の活発な夏期に極小値をとり、冬季に濃度が増加する明瞭な季節変化が観測されている。地上 FTS データと GOSAT データで、緯度経度  $\pm 2$  度の矩形及び  $\pm 30$ min の条件でマッチアップをとって検証を行った。この結果、バイアス 0.35 ppm、RMS 2.5 ppm であった。NIES が実施した TCCON サイトを複数使った検証結果 ( $-1.2 \pm 2$  ppm) と比較すると、佐賀では、バイアスはばらつきの範囲内で同程度であるが、ばらつきが若干大きい。エアロゾル量が比較的大きいサイトであるが、地上 FTS と

## 2. GOSAT 利用研究

GOSAT データの差が、エアロゾル量と明確な相関を持たなかったため、明確なエアロゾルの影響は受けてないと考えられる。

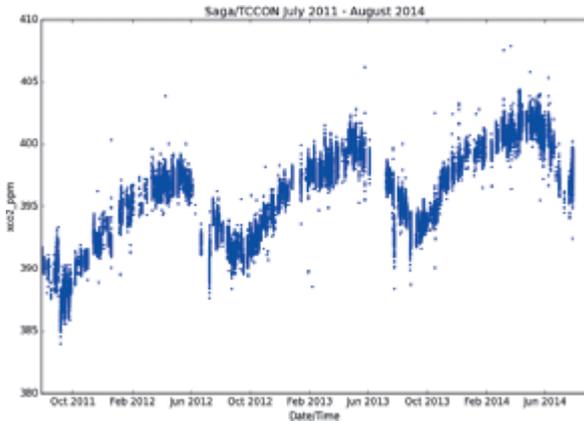


図 1 佐賀の XCO<sub>2</sub> の時系列図

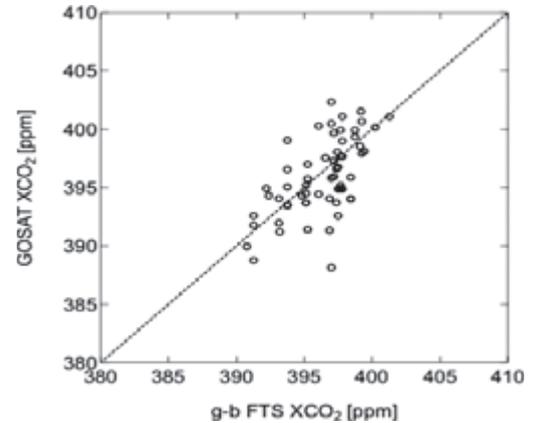


図 2 地上 FTS による GOSAT の検証

#### 4.2 GOSAT データを用いた大気-海洋間の炭素収支推定のための船舶による全球 CO<sub>2</sub> 濃度観測

GOSAT の海洋上データの検証を実施し、GOSAT の海洋上のデータは、バイアス 1.12 ppm、ばらつき 2.26 ppm の結果を得た。地上 FTS による検証結果と比較して、バイアスが若干高いが、ばらつきの範囲内であるため、海上のデータが地上データと比較して差はないと考えられる。ただし、船舶での測定方法など違いなどさらに詳細な検討は必要である。GOSAT データから海上の吸収排出量を推定する手法を検討するためのデータ取得し、 $X_{CO_2}^{surf}$  と  $X_{CO_2}^{col}$  の関係を推定をこころみたが、現場測定に比べてカラム量のばらつきが大きいことで明確な関係は見いだせなかった。引き続き海上でのデータ取得を継続するとともに、データ処理の工夫、測器の改善を実施していく。

このような関係を海域毎に導出できると、今までデータが少なかった海域について、人工衛星データを用いた時空間分解能が高い CO<sub>2</sub> 交換量の観測ができると地球シミュレータなどを用いたモデル研究へ大きく貢献できる。

### 5. 今後の展望

毎年 6 月に実施する代替校正実験にて、可搬型 FTS を用いて検証データを取得する。佐賀にて地上 FTS を用いて検証データを取得を継続する。これらの活動を継続しつつ、あらたな活動として、GOSAT, OCO-2, GOME-2 などから植生のクロロフィル蛍光の観測が可能になり、植物の光合成に伴う CO<sub>2</sub> 吸収量である総一次生産 (GPP) との関係も盛んに研究されている。このような陸域炭素循環へのデータ利用の促進を図っていききたい。

引き続き、「みらい」にて、MR15-04 (平成 27 年 11 月 5 日～平成 28 年 1 月 28 日) として、東部熱帯インド洋でデータ取得を実施する。大気中の二酸化炭素濃度上昇とともに、海洋の酸性化が指摘されており、大気-海洋間の CO<sub>2</sub> 交換に関する研究に貢献できるようなデータ利用の促進を図っていききたい。

## 2.3 GOSAT TANSO プロダクトの校正評価

塩見 慶

## 1. はじめに

GOSAT は打ち上げから 6 年を経過し、現在、後期利用段階にある。レベル 1 校正作業として、処理アルゴリズムの改訂、レベル 1 プロダクトの精度向上、および精度評価を実施している。

GOSAT は温室効果ガス観測センサ TANSO-FTS と、雲・エアロソルセンサ TANSO-CAI を搭載し、打上げ後、輝度、幾何、分光特性の観点からセンサ特性を表す軌道上校正データの取得と、観測データからその軌道上の変動を評価し、レベル 1 処理アルゴリズムの改訂や補正情報として提供してきた。本発表では、校正評価結果と校正手法の高精度化について報告する。

## 2. 研究計画（第 3 中期などの中期計画と、今年度の計画の概要）

GOSAT が後期利用段階に入り、校正精度を維持し更なる高精度化に取り組むとともに、次号機 GOSAT-2 の校正計画等に対して必要な反映を行っていく。GOSAT の目標精度は、感度については SWIR (FTS-B1 ~ B3, CAI) : 校正手法間で 10% 以内の評価ができていること、TIR (FTS-B4) : 0.3K、幾何については FTS : 4km (3 $\sigma$ )、CAI : 2.8km (3 $\sigma$ ) である。

## 3. 研究内容

## 3.1 FTS ポインティング鏡 B 系校正評価

FTS のポインティング鏡 (A 系) の静定状態が悪くなって来たことを受け、B 系への切換えを 2015 年 1 月 26 日に行った。初期評価を終え、環境研と確認後、2 月 13 日に LIB データリリースを行った。評価のポイントは A 系使用時との性能比較 (違いはポインティング鏡と光路切換え鏡) である。表 1 に評価結果をまとめる。輝度、分光特性については変化が無い (校正精度範囲以内) と言える。幾何については目標精度内であるが、A 系とは異なるバイアスがあり、一定値のアライメント補正により改善されると考えられる。数日分のデータにより評価しているため、代替校正実験 (2015 年 6 月) を含む校正データを取得して、今後も評価を継続していく。

表 1. B 系切換え後の初期校正評価

FTS 評価項目	B 系初期評価結果
輝度 (A 系との比較)	(1) 太陽照度校正 (拡散板 BRDF の影響あり) 校正精度内で変化なし B1P~-2%, B2P~-1%, B3P~-2%, B1S,B2S,B3S<-1% (2) サハラ砂漠 校正精度内で変化なし (2) 深宇宙校正・黒体校正輝度・海面水温 B4 変化なし
幾何 (絶対精度)	(1) 視野カメラ位置標定 <3.5km (3 $\sigma$ ) (補正後 <1.2km (3 $\sigma$ ) となる見込み)
分光特性 (A 系との比較)	(1) B2 装置関数校正 FWHM 変化なし (2) 太陽フラウンホーファ線位置 波長精度変化なし

## 2. GOSAT 利用研究

### 3.2 月校正手法の高精度化

GOSAT では月校正は年 2 回（本番、バックアップ）実施している。当初、位相角が 2～5 度の満月に最も近い月を観測対象としていたが、2011 年から位相角 7 度付近の月を観測対象とすることとしたが、FTS の視野に月を半分はすこととなった。2012 年からは、直前の FTS 幾何評価結果からポインティングミラーをオフセットさせて月を指向することにした。その結果、2012 年、2013 年と位相角 7 度付近の月を FTS 視野内に収めること（0.6 画素程度）ができた。

これまで FTS 月校正解析における不確実性が大きかった。これまで瞬時視野角 FWHM を仕様値 15.8mrad を適用していたが、PQR 出荷時の試験データに基づき各バンドに適用した（約 5% 程度小さい）。これにより、各バンドでの絶対校正値は、RRV 代替校正結果との整合性が良くなり、5% 以内で一致することが確認できた。

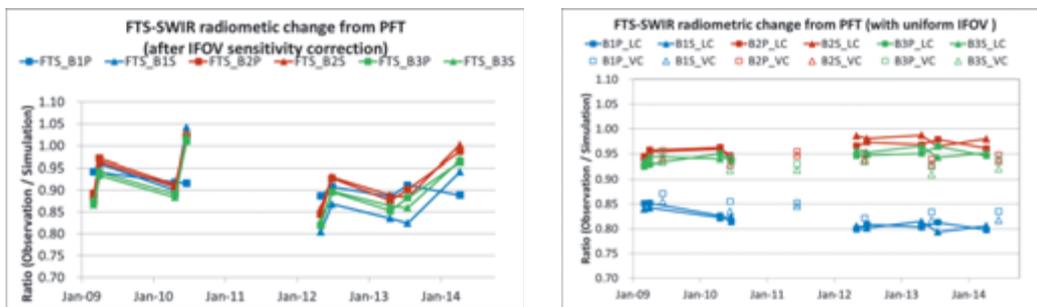


図 1. 月校正による FTS 感度評価結果

(左図) これまでの評価結果、(右図) PQR 出荷時試験データに基づく FWHM を適用

## 4. 研究成果

ポインティング鏡 B 系切換えによる校正精度の評価を行い、初期評価として A 系との違いが無いことがわかり、L1B データリリースを行った。校正評価を継続することにより、L1B の品質を保証することができた。FTS 月校正手法を高度化し確立することにより校正精度を向上することができた。CAI については、5 年分データの幾何評価を行い、特に画素端で 0.5 画素程度改善する幾何補正パラメータを決定し、3 月のバージョンアップで反映する。GOSAT-2 における地上試験での性能取得や運用に対して必要な反映を行っていく。

## 5. 今後の展望

NASA OCO-2 が今年 7 月に打上げられ、リモートセンシングによる CO<sub>2</sub> 観測を継続し、校正から精度をつないでいく必要がある。現在、代替校正実験、月校正、において同期観測、TCCON（地上 FTS）サイトでの検証を計画している。また 2017 年度には GOSAT-2 の打上げを予定しており、打上げ前、打上げ後の校正計画に対して GOSAT で得られた知見を反映していく必要がある。

2009 年打上げ直後の感度変動については注意して調べる必要がある。推定要因としては、打上げ前試験での値付け、検出器アライメント、検出器感度劣化等が考えられる。GOSAT-2 への反映については、初期校正（打上げ後 6 ヶ月、3 ヶ月間の観測データ）でできることについて GOSAT での知見に立って計画をブラッシュアップしていく。

## 2. GOSAT 利用研究

## 2.4 GOSAT-TANSO-FTS による高精度大気スペクトル導出手法の研究

須藤 洋志

## 1. はじめに

観測装置特性に起因する系統的な誤差源を同定し、誤差を低減もしくは除去する補正アルゴリズムを開発し、TANSO-FTS で観測されるスペクトルの質を高精度化することが本研究の目的である。

## 2. 研究計画

最終目標は、観測装置特性に起因する系統誤差を低減することである。本年度はこれまで研究において判明している誤差要因：Band1 における非線形特性、及び 2014 年 5 月末に発生した GOSAT-LLM 事象に対応するために取り入れた ZPD バイアスに対する補正アルゴリズムの開発を実施し、従来プロダクトに対する改善効果を評価する。

## 3. 研究内容

昨年度研究において、Band1 におけるアナログ回路非線形として入力強度に依存しコンデンサの容量が変化する事象の他に、入力強度に依存した位相遅延量が存在することを実験的に明らかとした。本特性は回路依存性があることから、軌道上データを基に、フライト品の位相遅延量の推定を行い、パラメータ化を行った。ZPD バイアスが付加されたインターフェログラムは、バイアス分の干渉情報が失われているため、分光分解能の低下を招く。そのため、失われた情報を復元するアルゴリズム開発を行った。これら非線形及び ZPD バイアス補正に対する新しい補正処理を適応したスペクトルサンプルを作成し、新アルゴリズム適応前後における L2 (RemoTeC v2.3.5 を使用) の改善効果を評価した。

## 4. 研究成果

図 1 に軌道上データから導出した入力強度に対する位相遅延量を示す。また、図 2 には ZPD バイアス補正のために導出した重み関数を示す。

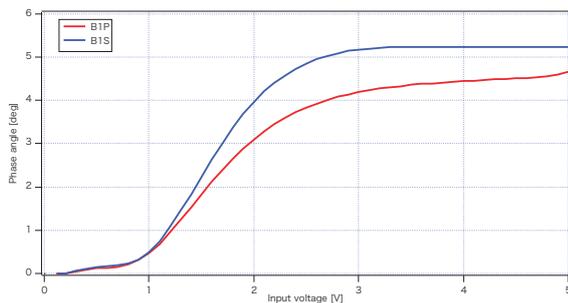


図 1：入力強度に対する位相遅延特性

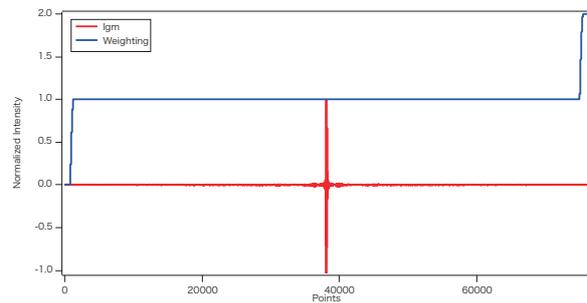


図 2：インターフェログラムに対する重み

ZPD バイアス補正を行うためには、片側の情報から必要な情報を復元する必要がある。しかし、インターフェログラム上に不連続点が存在する場合、新たな誤差を生み出すことから、不連続点が無くなるよう、重みの変曲点において  $\cos$  関数を適応することとした。上記アルゴリズムを用い処理された L1 プロダクトに対し、L2 での評価を実施した結果を図 3、図 4 示す。なお、本研究では、Lamont 上空

## 2. GOSAT 利用研究

におけるデータを評価対象とし、評価指標として、 $\text{CHI}^2$ （観測スペクトルと forward 計算における差：小さい方が良い）を使用した。図3より、V200\_pre においては全般に v161 に比べ減少している。このことは、V200\_pre においては、V161 より比べスペクトルにおける歪みが減少していることを示唆している。一方、一部のデータにおいては、V200\_pre にて悪化している点見受けられる（図4：特に植生が活性な時期）。理由として、本評価で使用している L2 では SIF（蛍光発光量）を考慮できていないため、蛍光発光に伴う吸収線強度の変化は、スペクトルの歪みとして認識される。その結果、 $\text{CHI}^2$  が悪化する結果となった。L1 プロダクトの精度向上に伴う、L2 アルゴリズムの高度化は今後の課題となる。

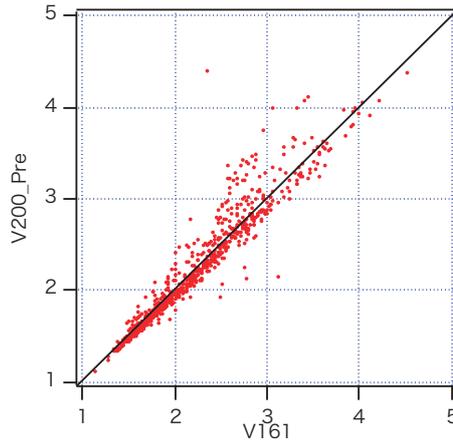


図3：従来プロダクトと新プロダクトとの  $\text{CHI}^2$  の比較

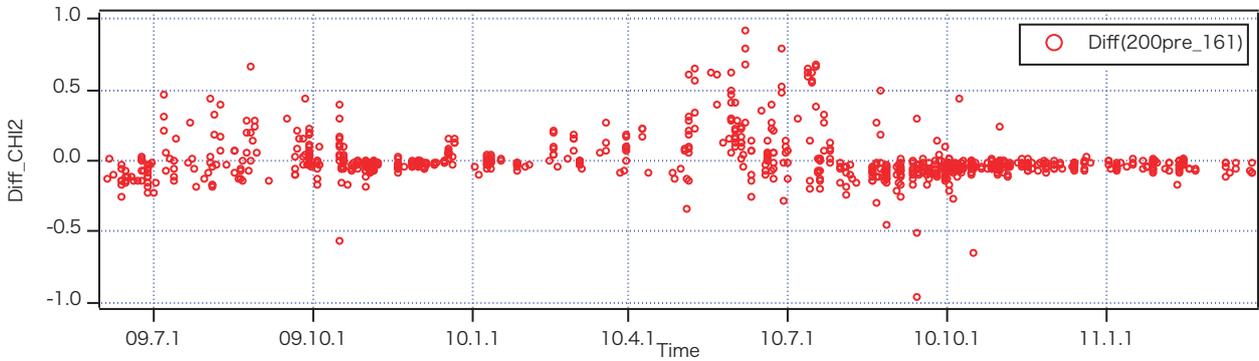


図4：従来プロダクトとサンプルプロダクトとの  $\text{CHI}^2$  の差の時系列変動

## 5. 今後の展開

総合的なプロダクト精度向上のためには、L2 との連携が不可欠であるため、L1-L2 間のフィードバックを高めつつプロダクト精度向上を図る。

### 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

### 3.1 TRMM/GPM 利用研究の成果概要

沖 理子

#### 1. はじめに

TRMM/GPM 利用研究では、降水を観測するミッションとして熱帯降雨観測衛星 (TRMM) については、データ提供の継続と地球科学研究、利用促進を行った。運用 17 年目に入っていた TRMM は燃料の枯渇により平成 26 年 10 月 7 日に PR の後期運用を終了し、それ以降、実験観測 (End of Mission) を実施している。平成 26 年 2 月末に打上げられた全球降水観測 (GPM) ミッション衛星については、アルゴリズム開発、校正検証を行うとともに、データ利用につなげるため利用促進を行った。また衛星観測、地上観測、モデルの統合利用を進め、水循環、防災、気候等の分野での課題解決に向けた貢献のため、関連する EORC 横軸研究、CEOS 等国际枠組みへの協力を実施した。

#### 2. TRMM

##### (1) TRMM/PR プロダクト (バージョン 7) の長期データ評価

2011 年 7 月にリリースされた TRMM/PR バージョン 7 プロダクトの維持として、PR レベル 1 (L1) データの外部校正器 (ARC) による校正実験を実施した。今年度は実験を 3 回実施し、L1 校正精度が妥当であることを確認した。また気候変動研究のため、高度変更前後ならびに冗長系切り替えの推定降水量の差を軽減した PR 長期データ作成に関する検討、評価を継続実施した。また、GPM/DPR プロダクトとの相互校正・検証を実施し、DPR アルゴリズムの PR への適用準備を行った。TRMM End of Mission 実験実施のため、NASA との調整や実験用アルゴリズムの準備などを行うとともに、PR 実験を実施し、実験期間のデータの処理を行った。

##### (2) 全球降水マップ (GSMaP)、大気潜熱加熱率データセット等研究プロダクトの作成

TRMM 台風速報、JAXA/EORC 台風データベース、潜熱加熱率プロダクト等の研究プロダクトの提供を、その画像閲覧ウェブページの運用とともに継続した。「世界の雨分布速報 (GSMaP\_NRT)」システムの公開を継続し、定常処理システムに関しては、GPM 版 GSMaP と同じデータにバージョンアップした。

全球降水マップデータセットについて、GPM マッププロダクト用アルゴリズムを適用したプロダクトを、GPM 主衛星打ち上げ以前の期間の 2011 年 1 月から 2014 年 2 月までについて作成した。

諸々の広報画像を作成 (2014 年台風事例、広島豪雨、等) し、TV の報道番組において、海外の豪雨事例に関して、3 回採用された。ユーザ登録数については、2015 年 1 月末の登録者数:1214 件、お試し利用 (商用):14 件に増加した。お試し利用枠組みから、損害保険ジャパン日本興亜株式会社と RESTEC の共同でミャンマーにおける天候インデックス保険での利用が開始された。定常的に高解像度版画像を作成して常時公開するシステムを 2015 年 1 月に構築した。現在、テレビ朝日報道ステーション、ウェザーマップが利用している。

#### 3. GPM

##### (1) アルゴリズム開発

GPM データのリリースに向けた DPR・GSMaP アルゴリズムの改良をスケジュール通り、着実

---

### 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

に実施し、ミッション運用系にコードを提出し、アルゴリズム開発者・気象庁を対象とした4月の Limited release (1)、PI を対象とした7月の Limited release (2) を経て、リリース精度の達成確認後、9月に一般にプロダクトを提供した。

現在の GSMaP 準リアルタイムプロダクトでは観測から4時間遅れで提供だが、データ提供をもう少し早くして欲しい、という要求が、アジアの気象機関や洪水コミュニティから多くあった。そのため、本年度後半から、データ提供時間を短縮した GSMaP 速報版 (GSMaP\_NOW) システムの開発に着手し、早く受信できるデータ中心で待ち合わせ時間を短縮した。当面はひまわり域のみを対象として、現在、観測から30分後にひまわり域の降雨マップを作成するシステムを、試験運用中。今年度にシステム構築を完了、検証を行い、来年度の早い時期に試験公開を開始する予定。

## (2) 校正検証

校正としては、初期チェックアウト完了以降、9/2のデータリリースまで、打上げ後目標精度確認のため、外部校正を計19パス実施した。以降、次期アルゴリズム改良のため、外部校正を計7パス実施した。

検証としては、DPR については、TRMM/PR を基準とするリリース精度の評価ならびに達成を確認。アメダス雨量計を基準とするミニマムサクセスを評価し、達成の見込みを得た。GSMaP については、気象庁のレーダーアメダス解析雨量を基準に評価し、リリース精度の達成を確認した。また蔵王での地上検証用 Ka 帯レーダによる検証を実施した。

## 4. 地球科学研究・利用促進 (TRMM/GPM 共通)

### (1) 降水ミッション科学研究公募等共同研究

科学研究公募に基づく委託・共同研究を実施した。第7回の研究公募による28課題を平成25年4月から開始したが、平成26年6月に遅延提案2件を採択し、合計30件の共同研究を実施している。また気象庁・気象研究所と、降雨レーダを含めた衛星降水観測データのより先進的なデータ同化を目的として、共同研究を継続した。

### (2) シンポジウム・ワークショップ開催

WMO/CGMS 国際降水ワーキンググループ (IPWG) の第7回ワークショップを平成26年11月に筑波で、JAXA がホストして開催した。参加者は128名。うち28名が、並行して開催された IPWG トレーニングセミナーに参加した。JAXA OPEN API 活動への協力し、日本気象協会と新規プロダクトの検討を実施した。CEOS 降水コンステレーション国際ワークショップ(平成26年11月)を日本で開催した。また、NASA と共に各種 CEOS 会合に対応した。2015年2月に JAXA, NASA, NICT の共催で TRMM シンポジウムを開催した。来場者数は194名(速報値)。

### (3) 共同研究等

JAXA 約款による試行利用14件(民間企業)、民間企業との共同研究、国内外の研究機関・省庁との協定や受託業務を実施した。なお、2014年9月以降、GPM のデータポリシー適用により、お試し利用の枠組みは終了、研究利用と同様に無償で利用可能となった。

---

## 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

気象庁との協定では、2014年4月よりJAXAからGPMデータの提供を開始した。2014年8月より台風解析におけるGPM/GMIデータの現業利用を開始した。気象研究所との共同研究では、降雨レーダを含めた衛星降水観測データのより先端的なデータ同化に関する研究を継続した。

日本気象協会との共同研究第二期として、より幅広いメディア（パソコンサイトのtenki.jpの記事掲載など）での衛星画像・データの利用を進めるための共同研究を開始。2014年度は2件の記事が掲載された。

水資源機構との共同研究では、2014年3月からGSMaP)データのデータ表示システムが公開された。

土木研究所およびIDI（IFNet事務局）とJAXAとの三者協定では、ICHARMは、ユネスコの受託業務「ユネスコパキスタン洪水管理支援プロジェクト」においてインダスIFASを2014年6月から運用中。IDIは、GFASのGSMaP入力への切り替えおよびスマートフォン対応版を準備中。来年度以降の作業計画に関して、実施細目の見直しを実施中。

文科省地球観測技術等調査研究委託事業「食糧安全保障に向けた衛星入力を活用した環太平洋域での広域収量推定および短期予測の試み」(千葉大樋口准教授代表)(2013年10月～2016年3月)に参加し、GSMaPの食料安全保障への利用を推進した。

#### (4) GPM 利用検討委員会

GPMデータの利用者からなるGPM利用検討委員会を開催し、GPMプロジェクトの進捗報告を行うと共に、ユーザー要望等についての議論を行った。

#### (5) 広報

平成26年4月のオバマ大統領来日時に、日本科学未来館のジオコスモスにおいてGPM主衛星・GSMaP動画を上映し、野口宇宙飛行士が説明。平成26年6月にGPMプレス勉強会を開催。2月にTRMMプレス勉強会を開催。TRMM運用終了に関する記事が2件掲載された。GPMでは新聞報道4件、TV報道2件、雑誌掲載4件。各学会での展示、イベント対応をした。

### 5. 連携協力・将来計画等

国際的な取り組みとして地球観測委員会（CEOS）の仮想コンステレーション（VC）の降水コンステレーション（PC）活動に、GPM計画と連動して、NASAとJAXAで共同議長を務め参画している。

またGPM後の将来計画として、「降水観測レーダの高度化のための要素技術研究」を、本部レベル研究として実施した。

### 6. 今後の予定

TRMMについては、PR長期データ作成に関する検討、評価を継続実施するとともに、DPRアルゴリズムのPRへの適用を検討する。またTRMM End of Mission 実験を実施し、実験期間のデータの処理を継続する。GPMについては2015年9月に予定されているDPR/複合/GMIプロダクトのリリースに向けたアルゴリズム改良やGSMaP速報版の開発を継続するとともに、校正検証を継続してプロダクトの品質を保証する計画である。

---

### 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

### 3.2 全球降水マップアルゴリズムの開発、GCOM-W/AMSR2 高次アルゴリズムの開発、及び、データ利用促進

可知美佐子

#### 1. はじめに

本研究では、現在整備されている世界の雨分布速報（GSMaP\_NRT）システムの維持改訂と、GPMに向けた全球降水マップアルゴリズム開発を行う。また、GCOM-W/AMSR2の高次アルゴリズムの開発と検証を行う。また、これらの衛星について、高次プロダクトの検証、応用利用に関する共同研究を、国内外で進め、利用者の拡大に努める。

#### 2. 今年度の計画

TRMMに関しては、まずGSMaPに関しては、EORCのGSMaPシステムおよびWebサイトについて維持改訂、GPM版GSMaPプロダクトへの切り替え、過去期間の再処理を実施する。GPMに関しては、GPMマップ班の活動・進捗をとりまとめ、ミッション運用系に提出するデータリリース用アルゴリズムの試験・検証を実施し、コードを提出すると共に、次期アルゴリズム改良に向けた活動を行うと共に、GPM打上げ後の広報画像対応を行う。GCOM-Wに関しては、AMSR2プロダクトのバージョンアップのためのアルゴリズム改訂及び検証を行う。海洋・大気分野の研究プロダクトの要求基準を定義し、評価を行い、EORCにおいて定常処理を行う。

外部との協力では、JAXA GHRSSSTサーバを維持・改訂し、海面水温プロダクトの準リアルタイム提供、CEOS海面水温バーチャルコンステレーションに参加し、日本からのインプットの実施、国際降水ワーキンググループ（IPWG）国際ワークショップの開催などの国際協力に加え、土木研究所、IFNet、日本気象協会等と、GSMaPの検証、応用利用、利用促進に関する共同研究を進める。

将来計画については、GPMおよびGCOM-W後継のミッションおよびセンサについて、国内ミッション要求の検討を行い、米国コミュニティと連携を進める。

さらに、今年度の途中に追加になった作業として、GSMaP速報版の開発、宇宙海洋連携の海水・海面水温に関する新規プロダクトを開発し、外部との連携研究、および社会利用の実施、ひまわり8号データの処理システムを構築、TRMMの17年を総括するシンポジウムの開催があった。

#### 3. 今年度の研究成果

今年度もGSMaP準リアルタイム版（GSMaP\_NRT）の公開を継続し、各種の広報画像を作成した。ユーザ登録数は2015年1月末現在で1214件であり、昨年度の同時期に比べて500件近くの増加となった。なお、将来の商用利用を目的とした試行利用（2014年9月以降は、ポリシー変更により新規はない）の枠組みから、損害保険ジャパン日本興亜株式会社とRESTECの共同でミャンマーにおける天候インデックス保険での利用が開始され、2014年12月にプレスリリースされた。

2014年9月に、GPM版GSMaPのデータが一般公開され、これにあわせて、GSMaP\_NRTについてもGPM版GSMaPと同じデータにバージョンアップした。ただし、既存の利用者の便宜を考慮し、フォーマットは以前のものと同じとしている。また、これまでオフライン的に更新していた標準処理版（GSMaP\_MVK）、雨量計補正版（GSMaP\_Gauge）についても、観測から3日後の定常提供を開始した。

2014年夏季は災害が多かったこともあり、テレビの報道番組からの緊急リクエストが多く、対応が

間に合わないケースもあったため、定常的に高解像度版画像を作成し、最近 10 日分を ftp サイトで常時公開するシステムを構築した。

GPM 版 GSMaP については、GPM マップアルゴリズム開発チーム（GPM マップ班）で開発してきた。9 月の一般リリースについては、アルゴリズムバージョン 6（プロダクトバージョン 3）のプロダクトを公開した。リリースにあたっての精度評価を、日本域レーダアメダスデータを利用して実施した。2014 年 4 月 1 日～6 月 30 日の RMSE の時系列では、GSMaP\_Gauge は常に目標精度の 0.7mm/h を下回っており、この期間の平均 RMSE は 0.29mm/h であった。また、GSMaP\_MVK の平均 RMSE は 0.33mm/h で、両者ともに目標精度を達成した（図 1）。また、GPM 主衛星打ち上げ以前の期間の全球降水マップデータセットについて、最新の GPM 版 GSMaP アルゴリズムを適用した GSMaP 気候プロダクトの作成に着手し、現在 2011 年 1 月から 2014 年 2 月までについて作成が完了している。

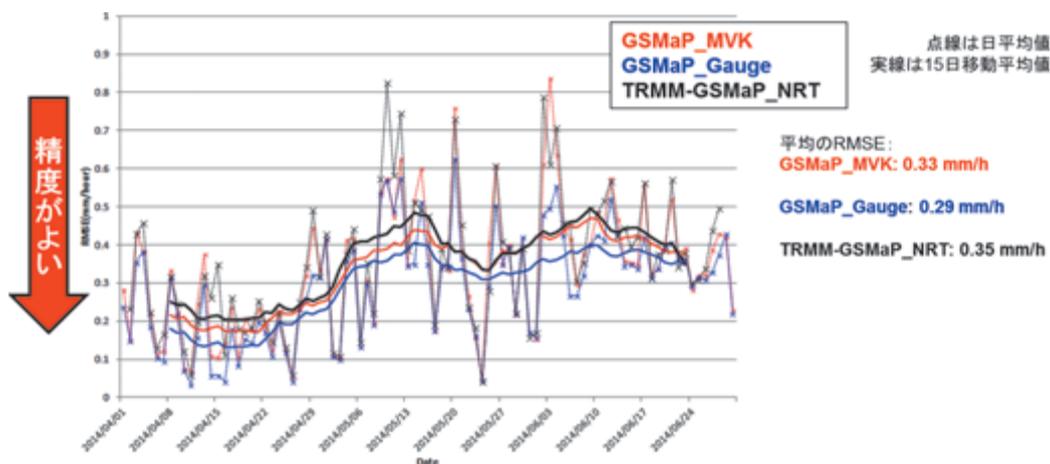


図 1 GPM 版 GSMaP のレーダアメダスによる比較検証結果

GSMaP 速報版（GSMaP\_NOW）は、現在の GSMaP 準リアルタイムプロダクトは観測から 4 時間遅れで提供しているが、データ提供時間を短縮してほしいという要求が、アジアの気象機関や洪水コミュニティから多くあったため、開発に着手した。基本的な構造は、気象庁直接受信の AMSU、AMSR2 直接受信、GMI、気象庁からのひまわりデータなど早く受信できるデータ中心で待ち合わせ時間を 1 時間以内に短縮したことと、雲移動ベクトルによる未来方向への外挿を 1 時間程度することで、観測から 30 分後にひまわり域の降雨マップ（0.1 度格子、1 時間平均）を作成することができる。現在システムを、試験運用中であり、今年度にシステム構築を完了、検証を行い、来年度の早い時期に試験公開を開始する予定である。またひまわり域のデータの評価を行った上で、ひまわり域以外への拡張について検討する。

AMSR2 のアルゴリズムの改訂・検証に関しては、2015 年 3 月末のデータリリース確認会に向けた改訂を準備している。レベル 1 輝度温度プロダクトの改訂を反映すると共に、可降水量アルゴリズムについては、不自然な不連続を改善した。雲水量アルゴリズムについては、他物理量依存性を軽減した。降水量アルゴリズムについては、GPM 版 GSMaP で導入した地形性降雨補正を、AMSR2 標準処理に導入した。海面水温については補正係数を変更した。海上風速は弱風域での過大推定、強風域での過大推定を改善した。さらに、研究プロダクトとして採用された全天候海上風速（6GHz や 10GHz の低周波数帯を使うことで、台風などの下の強風域の風速も推定可能）、10GHz SST（10GHz を使うことで、

より細かい空間分解能の海面水温を算出可能。ただし、低温域は精度が悪い) について、公開のための準備を行っている。

今年度途中から、宇宙海洋連携の一環で、海氷と海面水温分野の利用研究・推進を実施している。EORC においては、GCOM-W や ALOS チームと協力し、GPM 主衛星データを使った新たなプロダクトの開発を行った。GMI 海面水温 (図 2) は、AMSR2 の研究プロダクトである 10GHz SST のアルゴリズムを GMI の 10GHz に適用したもので、精度は 10℃ 以上の水温で RMSE が 0.76 であり、AMSR2 10GHz SST の目標精度を満たしているため、現在、データ提供の準備を行っている。また、GMI 海氷密接度は AMSR2 海氷密接度アルゴリズムを GMI に適用したものの、DPR 海氷密接度は DPR の Noise Power と AMSR2 海氷密接度のマッチアップから定義した関係式から海氷密接度を算出したものである (図 3)。とくに DPR 海氷密接度は、AMSR2 海氷密接度の空間分解能 10km よりも細かな 5.2km 分解能での算出が可能であり、2014 年 12 月に「しらせ」へ配信している AMSR2 海氷密接度のバックアップとして、国立極地研究所への配信を実施した。また、EORC のオホーツク海氷ホームページも画像を追加する予定である。また、衛星海面水温データの活用について、JAMSTEC と協力して、ひまわり 8 号や AMSR2, MODIS, GMI 等の海面水温を JAMSTEC の海中天気予報モデルに定常的に同化するための計画をまとめ、来年度に実施するための準備を行っている。

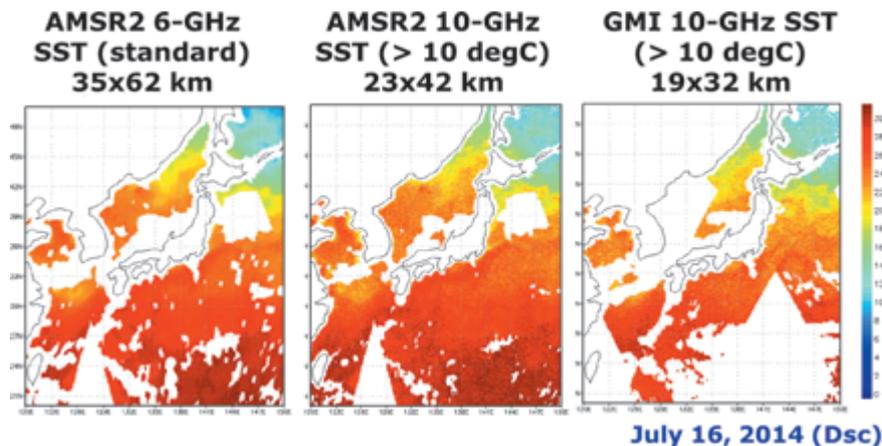


図 2 AMSR2 標準海面水温 (左)、AMSR2 10GHz 海面水温 (中)、GMI 海面水温 (右)

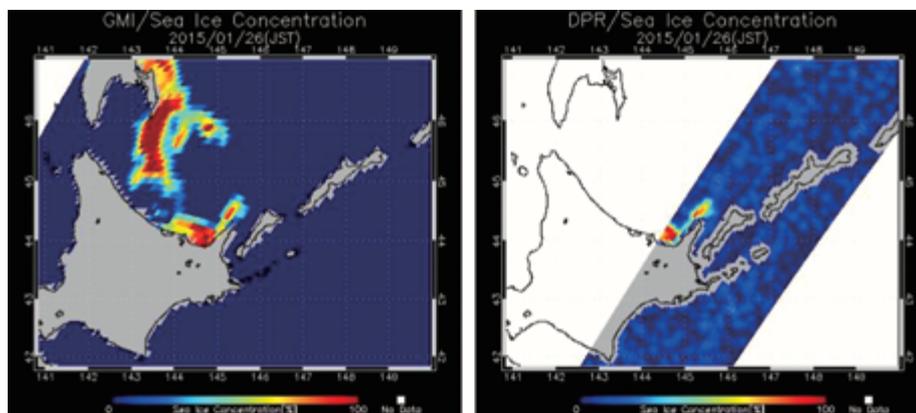


図 3 GMI 海氷密接度 (左)、DPR 海氷密接度 (右)。2015 年 1 月 26 日。

#### 4. 来年度への課題及び計画

TRMM/GPM 関係では、GPM-GSMaP のアルゴリズム改訂を予定している。マイナーバージョンアップとしては、AMSR2 のレベル 1 輝度温度改訂に伴う対応の実施、新規衛星 (DMSP-F19) の導入を予定している。また、メジャーバージョンアップとして、NPP-ATMS の導入、DPR による降水物理量データベースの導入を 2014 年 9 月の DPR 次期バージョンリリース以降に計画しており、新データベースの評価および検証作業を行う。また、GSMaP 気候プロダクトについては、2000 年 3 月以降の過去期間の処理を実施する。2000 年 3 月以前は、静止気象衛星 IR の複合データが公開されていないため、当面は実施の予定はない。GSMaP 速報版については、作成プロダクトの検証を行い、定常運用を開始する。また、ひまわり域外への拡張についても検討する。GPM 海洋プロダクトについては、データの定常作成と公開を継続する。

GCOM-W 関係では、今年度末～来年度初めにかけて実施するアルゴリズム改訂後の標準プロダクトおよび研究プロダクトについて、定常的な精度評価と検証を継続する。また、AMSR-E データに AMSR2 最新アルゴリズムを適用した AMSR-E/AMSR2 気候データセットを作成する。

宇宙海洋連携では、ひまわり 8 号による SST プロダクトの公開、JAMSTEC との協力による衛星海面水温データの海洋モデルへの同化研究について着手する。ただし、これらについては、現在予算の担保がないので、獲得のための努力が必要である。

各共同研究の継続と新規コミュニティの開拓を実施する。現在、GSMaP のローカルカスタマイズや検証に関して議論をしている国際総合山岳開発センター (ICIMOD) との MoU を締結に向けての調整が必要となる。

### 3.3 GPM/DPR 高次アルゴリズムの開発、全球降水マップアルゴリズムの開発、 EarthCARE 高次アルゴリズムの開発 (Joint-Simulator)

久保田 拓志

#### 1. はじめに

全球降水観測計画 (GPM) 主衛星には、二周波降水レーダ (DPR) が搭載されている。DPR は TRMM 搭載の降雨レーダ (PR) の後継である 13.6GHz のレーダ (KuPR) に、高感度観測のための 35.5GHz のレーダ (KaPR) を追加したものである。GPM は DPR による高精度観測に加えて、日米共同開発の GPM 主衛星とマイクロ波放射計 (マイクロ波イメージャやサウンダ) を搭載した、国際パートナー機関が提供する副衛星が連携し、複数衛星による全球降水マップ (GSMaP) を準リアルタイムで利用者に提供することも目的とする。

また雲エアロゾル放射ミッション (EarthCARE ミッション) では、物理量推定アルゴリズム開発に利用可能で、数値気象・気候モデルでの EarthCARE 観測データの利用を推進する役割を果たす、EarthCARE データシミュレータ「Joint-Simulator」を開発している。Joint-Simulator は、数値気象・気候モデルの大気データを入力して模擬 EarthCARE データを出力する機能を持つ。

#### 2. 研究計画

2014年2月28日に GPM 主衛星が種子島から打上げられ、GPM の高次アルゴリズム開発スケジュールでは、4月にアルゴリズム開発者・気象庁を対象とした Limited release (1)、7月に PI を対象とした Limited release (2) を経て、リリース精度の達成確認後、9月に一般にプロダクトを提供する計画となっている。そのため、今年度の研究計画として、開発スケジュールに従って、初期データリリース用アルゴリズムの開発を完了し、地上システム系にアルゴリズム提出する。Joint-Simulator による EarthCARE アルゴリズム評価を実施する。気象研との共同研究のもと Joint-Simulator による気象庁非静力学モデルの検証を実施する。

#### 3. 今年度の研究内容および研究成果

DPR アルゴリズム開発については、4～7月に Limited data release 用アルゴリズムの担当モジュール (サイドローブ対策コード、Vertical Profile Module) のコードを提出した。8月にはデータリリース用アルゴリズムの担当モジュールの開発を完了し、コードを提出した。また審査会 (5月) や確認会 (8月) での DPR 検証結果を作成した。DPR 高次プロダクトは、GPM アルゴリズム開発計画書に規定されている、リリース精度は、全て達成していることを確認した。図はリリース精度評価の一例である。またミニマムサクセスに関する気象庁のアメダス雨量計による評価を実施し、ミニマムサクセス達成の見込みを得た。9月のデータ一般公開後は、2015年9月に予定されているアルゴリズムバージョンアップにむけて、サイドローブ対策コード、ならびに、Vertical Profile Module モジュールの改良コードの開発を進めている。

GSMaP のマイクロ波放射計アルゴリズムについて、担当する SSMIS ならびに SSM/I 用初期データリリース用アルゴリズムを開発し、ミッション運用系に提出した。また AMSU 用アルゴリズムの改良について、PI と協力して進めた。

EarthCARE 高次アルゴリズム開発の活動としては、東大グループと連携して、NICAM-SPRINTARS

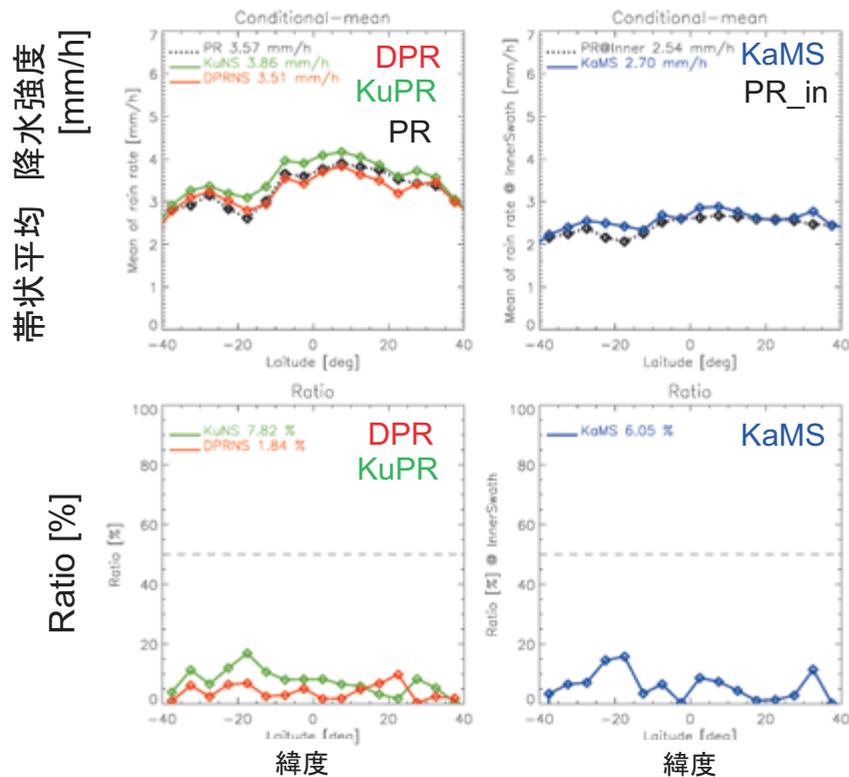
### 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

のデータからエアロゾルも含む EarthCARE L1 模擬データを作成し、それをアルゴリズム開発者に提供して評価を実施した。

また NICAM や気象庁非静力学モデルの雲・降水過程の検証ならびにデータ同化手法の開発（横軸）、post-GPM ミッション検討、ドップラライダの予報インパクト実験（本部レベル研究）も実施した。

#### 4. 今後の展望

2015 年 9 月に予定されている DPR プロダクトのバージョンアップに向けて、担当モジュール（サイドローブ対策コード、Vertical Profile Module）の改良を進める。またそれ以降の予定されている GSMaP プロダクトのバージョンアップに向けて担当アルゴリズムの改良を進める。Joint-Simulator では、EarthCARE 高次アルゴリズム評価を継続して検討する。気象研との共同研究のもと Joint-Simulator による気象庁非静力学モデルの検証ならびに GPM/DPR のデータ同化に向けた研究を実施する。



図：2014 年 6～7 月の海上における DPR プロダクトと TRMM/PR プロダクトの比較。上段は帯状平均値の比較。下段は差の割合（%）。KuPR と DPR（左）は 0.7～30mm/hr の強さ、KaPR（右）は 0.7～10mm/hr の強さの条件付き平均で比較。

### 3.4 GPM/DPR L1B アルゴリズムの維持改訂、TRMM/PR L1 アルゴリズムの維持改訂 正木 岳志

#### 1. はじめに

全球降水観測計画（GPM）は、GPM 主衛星とマイクロ波放射計を搭載したコンステレーション衛星を組み合わせ、全球の降水量を高精度かつ時空間的に高分解能で観測する国際協力ミッションである。JAXA/NICT が開発した二周波降水レーダ（DPR）と、NASA が開発したマイクロ波放射計を搭載した GPM 主衛星は、2014 年 2 月 28 日 3 時 37 分（JST）種子島宇宙センターより打上げられた。

DPR 処理アルゴリズムにおいては、レベル 1（L1）アルゴリズムを JAXA が、レベル 2（L2）アルゴリズムを日米合同アルゴリズム開発チームが開発してきた。L1 アルゴリズムのうち、受信エコーの受信電力への工学値変換、リミットチェック、幾何情報算出等を主な目的としたレベル 1B（L1B）アルゴリズムは、主に EORC が開発しており、打上げ以降メジャーバージョンアップとして 2 回改訂を行った。

TRMM/PR は 2014 年 10 月 7 日を以って後期運用終了となったが、それ以降試験的な運用を続けている。

#### 2. 今年度の計画

DPR 外部校正実験を複数回実施し、L1 校正係数を決定することを目標とする。また、TRMM/PR L1 アルゴリズムにおいては、PR 外部校正実験による校正結果を基にアルゴリズムの維持改訂を行うことを目標とする。

#### 3. 今年度の研究成果

初期チェックアウト終了後、DPR 外部校正実験を GPM/DPR プロジェクトチームより引き継ぎ、夏期、冬期を合わせて計 24 回の実験を実施した。現時点の外部校正評価結果では、KuPR 受信系評価結果に負のオフセットバイアスが確認されている。

一方、校正の評価指標の一つである後方散乱断面積（ $\sigma^0$ ）を確認した結果、TRMM/PR の  $\sigma^0$  とよく整合していることが分かった。そのため、現時点では DPR 外部校正器もしくは校正評価方法に何らかの不整合が生じている可能性があるかと判断し、打ち上げ前の地上試験で得られた校正係数を現標準プロダクトへ適用している。今後、年度末までに外部校正実験を数回実施し、校正係数を決定する予定である。

TRMM/PR においては、2014 年 4 月、10 月、2015 年 2 月に計 21 回の外部校正実験を実施し、校正評価結果からセンサの状態は健全であることが分かった。

#### 4. 来年度への課題及び計画

来年度は継続的な DPR 外部校正の実施（春期、秋期の 2 時期を予定）、必要に応じた校正係数の変更を課題とする。特に校正係数の妥当性の評価については、これまでに実施してきた衛星搭載系の経年変化に係るハードウェアの観点からの絶対校正に加えて、降水強度や  $\sigma^0$  など自然現象の影響評価への拡充も検討する。

TRMM/PR においては、DPR 外部校正から得られた知見の Version 8 再処理プロダクトへの反映のため、これまでの外部校正結果の整理・再評価及それに伴う L1 アルゴリズム改修が課題となる。

---

### 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

### 3.5 GPM 打上げ前検証データの解析

金子 有紀

#### 1. はじめに（研究の背景、目的など）

GPM 主衛星に搭載された DPR は、Ku 帯レーダ（以後 KuPR）と Ka 帯レーダ（以後 KaPR）により降水を二周波で同時観測し、DPR 降水量推定アルゴリズムにより、弱い降水や降雪まで含めた高精度の降水プロダクトを導出する。

DPR の降水量推定アルゴリズムでは、入力であるレーダ反射因子に対して、適当な雨滴粒径分布を与え、降水の密度、落下速度などの降水粒子パラメータを仮定した上で、降水推定の元となる等価レーダ反射因子 ( $Z_e$ ) と降水粒子による減衰係数 ( $k$ ) を計算している。

融解層（雪から雨への相変化のある層）ではマイクロ波帯電波の減衰・散乱が大きいことはよく知られており、その散乱はミー散乱の効果が大きく、数値的に計算できるレイリー散乱から大きく外れる。このため、融解層内における Ka 帯電波の散乱・減衰特性の実測による把握は DPR 降水量推定アルゴリズムにおいて不可欠である。

そこで、JAXA は GPM 地上検証用 Ka 帯レーダを 2 台導入して各地で対向観測を行ってきた。対向 Ka 帯レーダ観測は Ka 帯での  $Z_e$  と  $k$  を両方とも独立に観測することができ、DPR アルゴリズム中で用いるパラメータ  $Z_e$ 、 $k$  および融解層モデルの検証が可能となる。これにより DPR 降水量推定アルゴリズムの精度向上への寄与が期待される。

#### 2. 研究計画（第 3 中期などの中期計画と、今年度の計画の概要）

GPM/DPR 検証は、JAXA が中心となって行う、DPR アルゴリズム検証のための地上観測キャンペーン（検証計画内では打上げ前検証と位置付けているが、打上げ後も活動を継続している）と、打上げ後に JAXA および RA PI が個別に実施するプロダクト検証（検証計画では打上げ後検証と位置付けている）に分けられる。

##### 2.1 アルゴリズム検証

今年度は秋季に蔵王へ地上検証用 Ka レーダを移設し、二度目の融解層観測を実施した。降雪時期前に融解層が降下してくる時期を狙い、蔵王山の中腹と麓にそれぞれ Ka レーダを設置し、高低差を利用して 2 台のレーダで融解層を挟むように対向して観測を行う。2014 年度は対向観測の基線下の高度の異なる三地点にビデオゾンデを地上用に改造した機器（G-PIMMS）を設置し、地上での降水粒子を撮像観測して、粒子フェーズ、数密度、1 分積算降水量と地上温湿度のセットを得る。この観測から、融解層における  $Z_e$ 、 $k$  と、実際の降水粒子情報との関係・組み合わせを得て、アルゴリズム中の融解層の鉛直構造モデルの妥当性を検証する。今年度の研究計画は、昨年度観測で取得したデータの解析に加え、今年度の観測を実施し初期解析を行うことである。

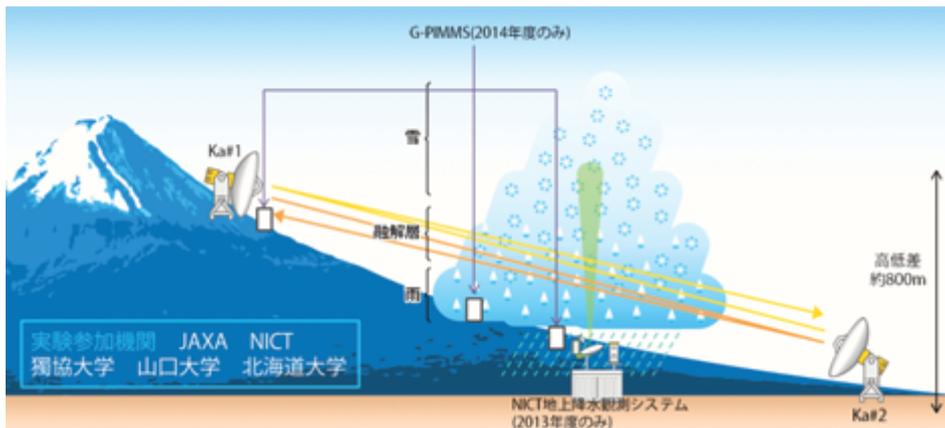


図1 融解層観測の模式図（注：2台のKaレーダは2013年度と2014年度で入れ替わっている。図中のシリアル番号は2013年度版）

## 2.2 プロダクト検証

厳冬期は、DPR 検証の一環として蔵王に設置している Ka レーダを鉛直上方に向け DPR 同期観測を行い、降雪のデータを取得し、KaPR プロファイルとの比較を行うことで KaPR の健全性を確認する。また、今年度の冬は GPM/DPR 打上げ後の初の降雪シーズンとなるため、各地の降雪の地上観測データを収集し、DPR プロダクト内のパラメータ等が妥当であるかを調査する。

## 3. 研究内容

Ka レーダによる融解層の対向観測は今年度で3回目である。2012年に実施した富士山観測は気象条件が整わず空振りとなった。2013年度に実施した蔵王観測は、気象条件は申し分なかったが、レーダの不具合が頻発したに加え、観測精度が不十分であった。EORCとして果たすべき大きな役割は、観測計画の立案と実行である。2011年より移動を繰り返しているKaレーダは不具合が度々発生しており、観測を実施するためには今年度もKaレーダのメンテナンスに多くの時間を割く必要があった。3回目となった今年度の観測では、過去2回の教訓を踏まえてKaレーダのビーム合わせ方法、外部校正方法などを考案し、実施した。

## 4. 研究成果

### 4.1 蔵王観測

今年度の前半は、2013年度蔵王観測で得たデータの解析とKaレーダの不具合原因の追究に費やした。感度低下時のFFT前の生データと校正結果を合わせると、送信系/受信系/信号処理系での故障ではないと判断でき、不具合箇所は送信系放射器から受信系の初段アンプまでであると特定した。2014年度観測でも長期的感度低下が起こったが、この判断を基に不具合対応を行い、だましましではあるものの観測を完遂できた。この不具合とは別に数10分スパンでの感度低下も発生していたが、それは処理系での問題であった。

2013年度観測でのKaレーダ観測結果の解析を進めた結果、鉛直方向にレーダ反射因子が大幅に変化する融解層のkの算出において、対向ビームを慣例的に上下にずらしていたことにより観測精度が

満たせないということが判明した。その後、急ぎ 2014 年度観測の準備を進めると同時に、2013 年度に Ka レーダと同時に観測を行った測器のデータ解析を進めたが、Ka レーダの結果があつてこそなので、2014 年度の結果と合わせて 2013 年度の結果を活用する。以下は 1 例である。

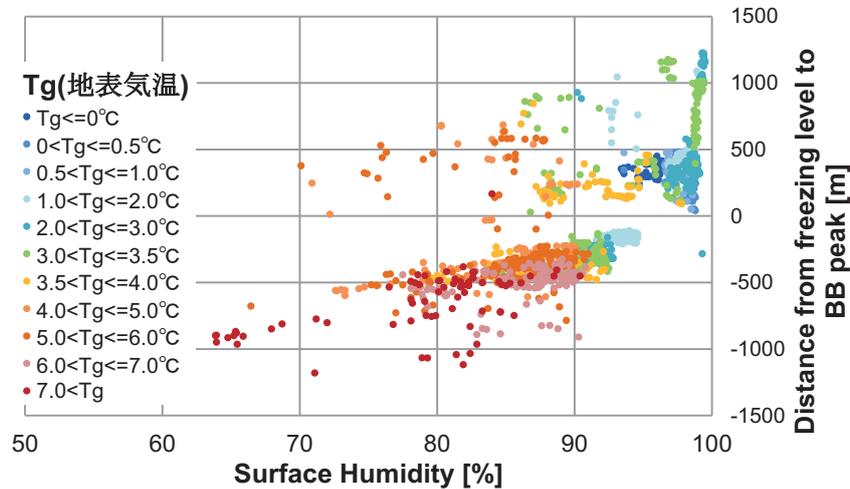


図 2 2013 年度観測のデータから得られた地上温湿度と融解層高度との関係

2014 年度の融解層をターゲットとした対向での観測は 11/13 ~ 12/12 の約一か月間 (IOP1) と、2/27 ~ 3/13 の 2 週間 (IOP2) にわたり行った。IOP2 は現時点で未実施であるため、IOP1 の成果について述べる。

2013 年度の結果から、本観測における二台の Ka レーダのビームの仰角方向の要求角度精度が 0.1 度以内であるとわかったため、これまでビームの完全対向を避ける目的から (送信アンプの雑音が相手の受信にのってしまうため) 仰角で相対的に 0.5 度程度ずらしていたのを、方位角方向にずらすことで、解析エラーの要因を抑えた。

二台の Ka レーダによる地上検証は、融解層での  $k$ 、 $Z_e$  の測定を重要な目的としており、 $k$ 、 $Z_e$  の測定に十分な精度で観測を行えたことが今年度の大きな成果である。

今回の蔵王観測用に開発された G-PIMMS は、二次元ビデオディストロメータ (2DVD) とビデオゾンデの間の性能を有しているが、2DVD より格段に安価であり、メンテナンスの手間もかからない。同時に、従来の放球ビデオゾンデを基にしているため、画像解析のノウハウはビデオゾンデのものをそのまま適用することができる。さらに、電子天秤によって雨量を同時に測定し、1 分平均値ではあるが時々刻々の粒子の平均密度を測定することが可能になっている。このような測器は他になく、今後も降水粒子の微物理現象の理解に役立つことが期待される。

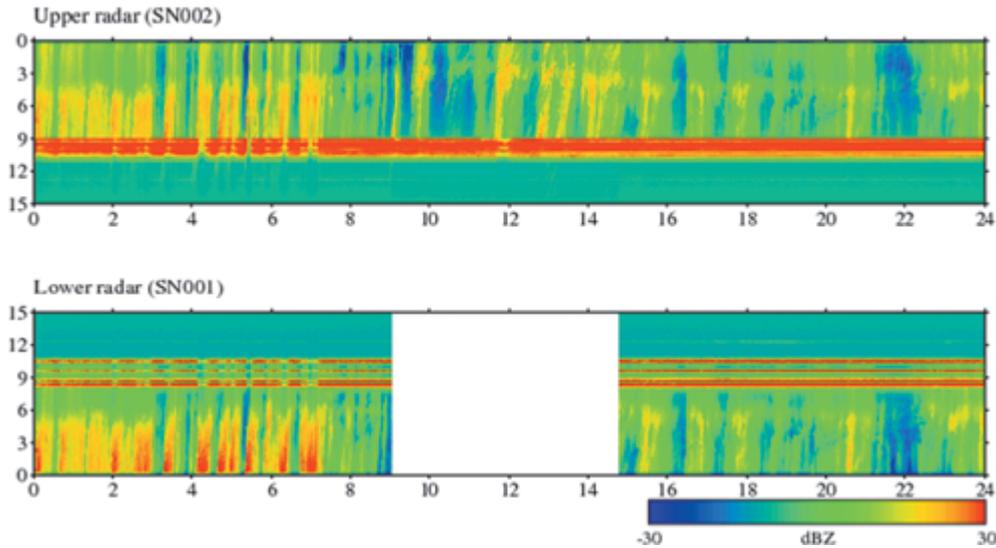


図 3 2014/11/14 の事例。上図が山側、下図が下側のレーダ反射因子。横軸が時間、縦軸が距離、色がレーダ反射因子強度 [dBZ] を表す。(獨協大中村教授作成)

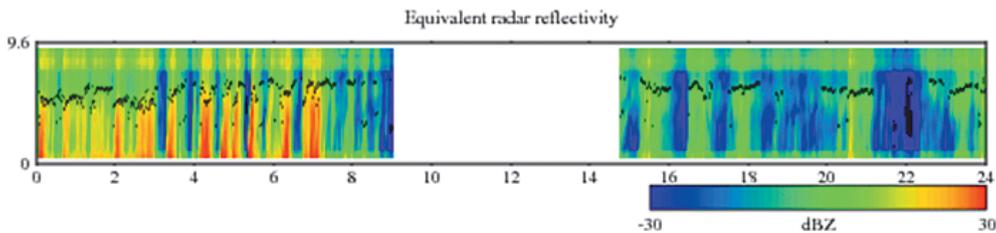


図 4 図 2 の事例から計算された等価レーダ反射因子。図中の黒点は  $Z_e$  の傾きが最も急になる高度を融解層上端と定義したときの先端。(同上)

#### 4.2 プロダクト検証

GPM/DPR は降雪観測がチャレンジングな目的となっており、地上検証を通して DPR の降雪観測のクオリティを評価することは重要である。しかし、日本付近の二周波での観測頻度は約 9 日間に 2 回未満であり、約 4 か月間の降雪シーズンに 20 回飛来すればよいほうである。さらにそのうち、DPR 飛来時に DPR で検出可能な降雪があった事例となると、数回である。その数回の事例について、Ka レーダとのプロファイル比較、粒子判別の比較、降水量での比較等を行った。

#### 5. 今後の展望

2015 年度にはこれまでの地上検証観測キャンペーンの総まとめとして、アルゴリズム内のモデルと実測値との比較を行う。秋季から冬季は、海洋研究開発機構の地球観測船「みらい」に Ka レーダを搭載し、純粋海洋上の降水あるいは Maritime-Continent 相互作用のもたらず降水をターゲットに観測を行う。プロダクト検証は続行し、定量的検討が行えるデータを蓄積する。また、協力機関の取得した観測データを活用してプロダクト検証に取り組む。

### 3.6 EarthCARE 利用研究の成果概要

沖 理子

#### はじめに

EarthCARE は、雲・エアロゾルの 3 次元分布を観測し、相互作用を含めたその地球放射収支に関するプロセスを明らかにし、気候変動予測精度を向上させることを目的とした日欧共同計画である。EarthCARE 利用研究では、アルゴリズム開発は試作・開発を、校正・検証についてはプロダクト検証計画の策定を行った。利用研究として国内 EarthCARE サイエンスチームや EarthCARE 委員会の運営を通じて、また ESA（欧州宇宙機関）とアルゴリズム開発・科学研究について JADE（Joint Algorithms Development Endeavour）/ JMAG（Joint Mission Advisory Group）を共同運営した。これらを通じてユーザとの密な連携を継続した。

#### (1) アルゴリズム開発

##### ① プロダクト表改訂、アルゴリズム開発

JAXA が提供する標準高次（レベル 2）プロダクトは、CPR 単体、ATLID 単体、MSI 単体、CPR-ATLID 複合、CPR-ATLID-MSI 複合、4 センサ複合プロダクトの 6 種類である。委託研究によるアルゴリズム開発研究者からなるサイエンスチームの運営を通し、アルゴリズムの開発・試作を継続実施した。単センサ・2 センサアルゴリズムについては昨年度完成させた出力ツールキットを実装した Ver0.15 に対して、MOS 処理システムに準拠したアルゴリズム Ver0.16 を提出した。昨年度末、MOS 処理システムに準拠したコード Ver0.16 が PI から提出されたが、4 月に、提出された Ver0.16 コードの動作確認を実施した。平成 27 年 3 月に、Joint-Simulator を L1b テストデータとして処理時間要求（1 プロダクト 1 軌道 30 分）を満たすコード Ver0.17 が提出される予定である。

##### ② ATBD（アルゴリズム理論説明書）の維持改訂

昨年度作成しホームページ等に公開した ATBD B 改訂に対して、C 改訂を実施した。

##### ③ Joint- シミュレータ開発

アルゴリズム開発の一環として Joint- シミュレータ開発を継続した。これは EarthCARE 各センサの観測データを統合的にシミュレートできるソフトウェアで、全球雲解像大気モデル（NICAM）のデータを用いて模擬センサデータ開発を行っている。今年度は L2 アルゴリズム評価のために、L1b 模擬データ（CPR、ATLID、MSI）を開発者へ提供した（10 月）。特に大きな進展として、エアロゾルと偏光解消度からのシミュレーションが可能になったことが挙げられる。上述のように、それを受けて開発者による L2 アルゴリズムの初期評価を実施し、その結果として処理時間要求を満たすコード Ver0.17 が提出される予定である。

#### (2) 校正・検証

打上げ後の検証実施計画書を作成するために、検証 PI から 10 月に提出された計画書第一案をレビューし、第 1 回検証リーダ会合を開催した。第一案をもとに検証実施計画書案を作成した。今後、検証リーダの指摘事項に対応した計画書案が検証 PI から年度末に提出される予定である。

更に検証 RA において多くの提案があった「A-train 衛星と同期したフィールド実験」の計画に必要な、衛星通過位置の予測情報を提供するウェブサイト、検証サイトと衛星位置（距離、天頂角、方位角等）

### 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

の幾何情報計算機能、A-train 衛星の予測軌道を自動マップ化、等の拡充を行った。また EarthCARE と CloudSat シミュレーション軌道によるマッチアップ解析を実施した。

### (3) 利用研究・利用促進

#### ① サイエンスチームの運営

委託・共同研究によるアルゴリズム開発者からなるサイエンスチームを組織、運営した（H24～アルゴリズム 6 件、H25～検証 14 件）。サイエンスチーム会合（6 月、1 月）の開催を通じて、開発スケジュールに沿って着実にアルゴリズム開発を実施するとともに、打上げ後の地上検証実施計画書作成の作業を進めた。

#### ② EarthCARE 専門家会合 2014

ESA と協力して EarthCARE 専門家会合 2014 年 9 月 17～19 日に日本科学未来館にて開催した。山本理事、ESA Goudy 氏（Head of Observation Projects Department）はじめ、国内外から 114 名が参加し、アルゴリズム開発の現状や課題や検証候補について発表・議論された。

#### ③ ESA との日欧合同科学者会議（JMAG: Joint Mission Advisory Group）

ESA と共同で、JADE および JMAG を 9 月に開催し、欧州との調整を行った。

#### ④ データ利用機関調整

共同研究や定例会議を通じてユーザ機関（気象庁等）と連携を継続した。エクストラサクセスとして、気象衛星センターとの共同研究締結、ひまわりプロダクト開発の事業化、気象研究所との外部資金応募、ひまわりエアロゾル導出アルゴリズムの開発着手、統合エアロゾルシステム設計に着手した。

#### ⑤ データ提供システムの開発

利用研究系システムの整備の一環として、研究プロダクト画像作成ならびに提供のためのシステムのプロトタイプを作成した。

#### ⑥ 広報・普及

ウェブページでの情報発信、学会等での展示を実施した。

### まとめ

EarthCARE 利用研究は、アルゴリズム提出、Joint-Simulator の開発を計画通りに実行することができた。来年度は入力ツールキットを実装した Ver2.0 の開発、ESA L1 フォーマットに対応したテストデータの開発を目指す。RA による 2 年間の研究活動の集大成として、PI と連携して検証実施計画書案を作成した。エクストラサクセスとして、検証実験用ウェブサイトの充実化、CloudSat 軌道とのマッチアップ解析を行った。来年度は検証準備委員会を組織し、検証実施計画の精緻化、新規検証候補の検討する。サイエンスチーム会合、合同科学者会議（JMAG）を運営し、EarthCARE 専門家会合 2014 を開催した。来年度は引き続きサイエンスチーム会合、EarthCARE 委員会、JMAG 等を運営し、ユーザ機関との密な連携を継続する。

### 3.7 EarthCARE/MSI を主たる目的としたアルゴリズムの開発

福田 悟

#### 1. はじめに

雲エアロゾル放射ミッション (EarthCARE) は JAXA, NICT, ESA の共同ミッションで、2018 年の打ち上げを予定している。CPR (雲レーダー)、ATLID (大気ライダー)、MSI (イメージャ)、BBR (放射計) の 4 つの測器が搭載予定であり、前者 2 つは能動型、後者 2 つは受動型の測器である。本研究では、光学イメージャである MSI 用のエアロゾル導出アルゴリズムの開発をおこなっている。本年度は、機械学習の手法をもちいて、地域別、月別のエアロゾルモデルを作成した。また、それ以外の作業として、MSI アルゴリズムのひまわり 8 号への試行をおこなった。また、MTSAT-2 データに対して、最小反射率法での地表面反射率プロダクトの作成とエアロゾル・インデックスの導出、そして BRDF プロダクトの作成をおこなった。

#### 2. 機械学習の手法による地域別・月別のエアロゾルモデルの作成

衛星からエアロゾルの光学特性を導出する際は通常ルックアップテーブルをもちいることが多い。ルックアップテーブル作成のとき、いくつかのエアロゾル特性 (複素屈折率など) に対してなんらかの仮定をおく必要がある。多くの場合、AERONET (AErosol RObotic NETwork) などの地上観測で得られた値を用いる。しかし、そのような地上観測点は離散的にしか存在せず、衛星による連続的な観測に適用するためにはなんらかの手法を使ってマッピングしなければならない。そこで本研究では、クラスタリングとサポートベクターマシンという、機械学習の手法をもちいて、月別および地域別のエアロゾルモデルの分布図の作成をおこなった。まず、クラスタリングと呼ばれる手法をもちいて、AERONET による観測をいくつかのグループに分類した。そして、その後分類に用いたクラスタを教師データとし、各種の衛星データ、およびモデルの出力値から、クラスタリング結果への対応付けをサポートベクターマシンでおこなった。衛星データとしては、そのときの分類結果の一例を図 1 に示す。これは 2009 年 6 月の結果を分類したものである。また、サポートベクターマシンによる分類の妥当性を確認するために、交差検定をおこなった。

#### 3. MTSAT-2 からの最小反射率、エアロゾル・インデックス、BRDF プロダクトの計算

ひまわり 8 号衛星からエアロゾルを導出する事前準備として、MTSAT-2 への最小反射率法による地表アルベドの推定、エアロゾル光学的厚さの指標となるエアロゾル・インデックスの導出をおこなった。導出されたエアロゾルインデックスは、対応する日付の黄砂観測と整合的なものであった。そして時間毎の地表面反射率の整合性を確認するために、BRDF プロダクトを作成した。BRDF モデルとしては、Hotspot 付きの Roujean モデル (Maignan et al., 2004) をもちいた。

#### 4. ひまわり 8 号対応

2014 年に打ち上がったひまわり 8 号のデータからエアロゾルの導出をおこなうことを計画している。今年度は試験的に海上での解析をおこなった。アルゴリズムとしては 2 チャンネル法 (Higurashi and Nakajima, 1999) に基づくパッケージ (REAP) をもちいた。図 2 に初画像の解析結果をしめす。左側がエアロゾルの光学的厚さで、右側がオングストローム指数である。

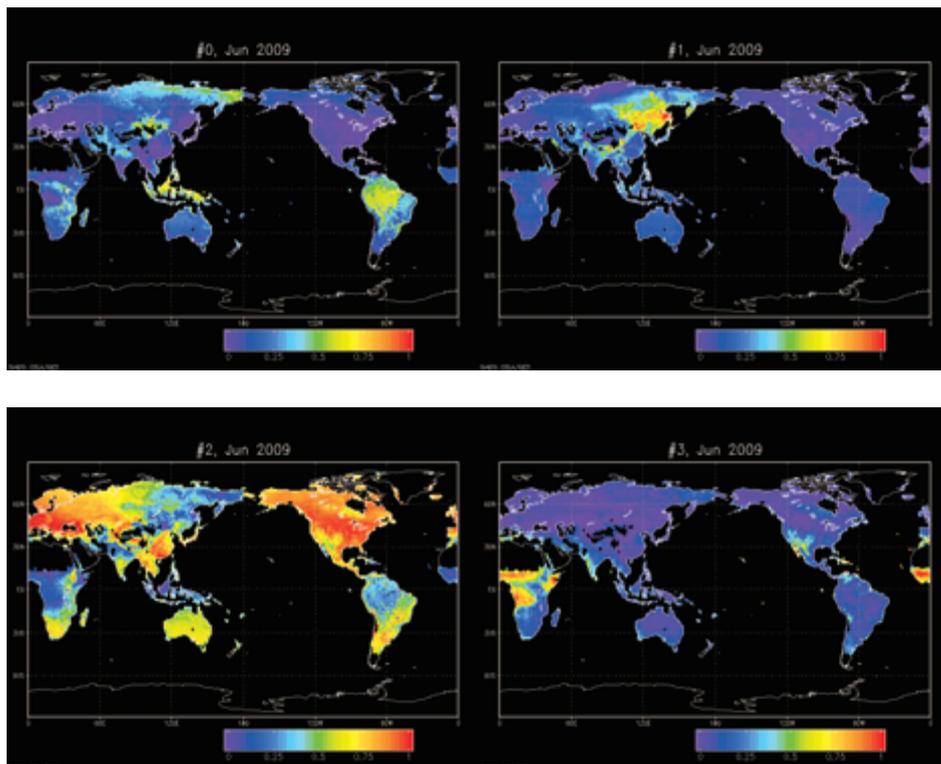


図1:機械学習による領域別、月別のエアロゾルモデルの例。2009年6月のもの左上から右下に向かって、グループA,B,C,Dの4つに分類されている。

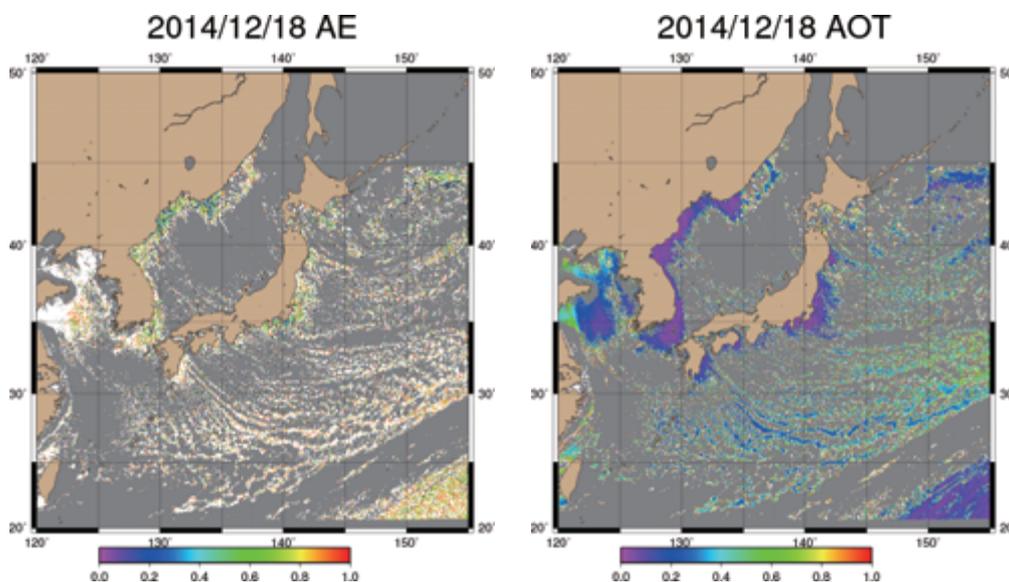


図2:ひまわり8号、初画像の解析結果。2014年12月18日の画像を解析したもの。エアロゾルの光学的厚さ(左)および、オングストローム指数(右)

### 3.8 EarthCARE 高次アルゴリズム I/O ルーチンの開発

野牧 知之

#### 1. はじめに

EarthCARE 高次アルゴリズムの開発を進めるために、ミッション運用系システムが要求するソフトウェア開発ガイドラインに基づく I/O ルーチンや入力データの作成をすすめている。このほか、検証実験を支援するための将来の衛星通過予測や、衛星間のマッチアップ調査のトピックスについてとりあげる。

#### 2. 高次アルゴリズム I/O ルーチンの開発

EarthCARE 高次アルゴリズムの I/O 部分において、入力データとして要求される L1 データについて、CloudSat/CPR データを用いる方法、および衛星データシミュレータにおける出力データを用いる方法、を用いて、模擬的なデータを作成することをすすめている。L1 模擬データは、実際のプロダクトフォーマット記述書 (PDD) にもとづいて HDF5/netCDF4 形式で作成をおこなう。これにより、高次アルゴリズム開発環境において従来は入力用にバイナリデータを用いたアルゴリズム開発を行っていたのに対して、今後は実際の処理システムを模擬した処理環境を前提とした動作試験やベンチマークをおこなうことができるようになる。これは、ミッション運用系がアルゴリズム開発側にガイドラインとして求めるソフトウェアの I/O の規定や処理時間要求を達成するための開発業務に有用である。また、CPR 高次アルゴリズムにおける I/O モジュールの作成に関しても今年度におこなった。

#### 3. 軌道表示ウェブシステムの開発

PI による地上検証実験計画をサポートするために、昨年度に、現在運用中のクラウドサット衛星の軌道要素をもとに、将来の衛星通過予測位置を表示(グーグル™ アースおよびグーグルマップ)するツールを EORC で作成し、PI 向けのウェブサイト上で公開した。

今年度は、CloudSat 衛星のほかに、CALIPSO、GCOM-W、Aqua、Terra 等の衛星についての予測軌道に対応した。

また、地上サイトにおける衛星位置の幾何情報(直下点距離、天頂角、方位角)を計算する機能を搭載した。

©Google

なお、このような衛星将来軌道を表示する機能やツールは、他ウェブサイトやアプリケーション等でも利用可能なものがある(例、NASA/LaRC Satellite Overpass Predictor 等)。本システムでは、PI による地上検証実験計画をサポートするため、地上の詳細な拡大地図にまで表示を対応させること(グーグルアース等の利用)、TLE データの更新にあわせて予測位置情報を更新し、過去データとの差異に関する情報を提供すること(マヌーバなどの影響を実験計画に反映しやすくするため)、を念頭において設計した。

#### 4. 衛星間マッチアップ情報公開の検討

EarthCARE の他衛星データによるデータ検証機会がどの頻度なのかを知るために、CPR を搭載する

---

### 3. TRMM/GPM/EarthCARE 利用研究

CloudSat を例に、EarthCARE の軌道との近接頻度を調査するとともに、将来リアルタイムに情報公開するためのシステムの検討をはじめている。

近接頻度を調査には、EarthCARE の想定軌道を用いている。これは、軌道高度 393km 付近、回帰周期 25 日、1 回帰総周回数 389 周とし、うち 1 周がディセンディングで東京都小金井市付近を通過する条件を選んで模擬的に作成したものである。

### 3.9 TRMM PR Climate Data Record (CDR) の開発

金丸 佳矢

#### 1. はじめに

熱帯降雨観測衛星 (TRMM) に搭載された降雨レーダ (PR) の降雨観測は 17 年に及ぶ。また、2014 年 2 月に全球降水観測計画 (GPM) の主衛星が打ち上げられ、二周波降水レーダ (DPR) による降雨観測の継続が期待されている。PR と DPR は降水の鉛直構造や降水タイプといった降水特性を観測することが可能で、海陸を問わず他の衛星センサよりも正確な降水量推定が出来る。したがって、PR やそれを引き継ぐ DPR の長期観測データを活用することで降水量や質を含めた十年規模以上の地球水循環変動を検知することが期待される。そのためには観測データの品質が長期にわたって安定していることが不可欠だが、TRMM PR は 2001 年 8 月の衛星高度変更、2009 年 6 月の PR 冗長系切替、に起因するデータ品質の不連続が存在する。本研究は、これらのデータ品質の不連続を軽減して気候解析に利用可能な気候データセット (Climate Data Record; CDR) を開発・整備することを目的とする。

#### 2. 研究計画

TRMM PR の降水 CDR は、衛星高度が 400 km かつ冗長系切替以前 (2001/09-2009/05) のデータを基準として品質が一様なデータセット、と定義する。衛星高度変更前 (1997/12-2001/08) や冗長系切替後 (2009/06-2014/07) データについては、PR の降水 CDR の品質に似せた (影響軽減) データの作成を行い、その影響評価を行った。影響軽減データの作成は PR 受信電力プロダクト内で行い、それを入力とした複数のプロダクトから PR 降水プロダクト (Iguchi et al. 2009) が得られる。

#### 3. 研究内容

##### 3.1 高度変更前期間の影響軽減データの開発

高度変更に伴う PR の観測データの品質変化は先行研究によって以下の影響が挙げられており、(1) 衛星高度増加に伴う感度低下、(2) 水平分解能の増加に伴うメインローブ高度上昇、(3) スキャン後半にビーム mismatch が発生する。(2) と (3) は、PR の降水量推定のアンゲルビン依存性を変化させるが、衛星直下付近のアンゲルビンへの影響は小さいことが先行研究で示されている。ただし、(1) の影響は衛星直下付近のアンゲルビンにも含まれる。そこで、今年度は (1) の影響を軽減したデータの作成およびその評価を行った。高度変更前の影響軽減データの作成方法は Shimizu et al. (2009) の手法をもとに改良して行った。

##### 3.2 冗長系切替後期間の影響軽減データの開発

冗長系切替前後を比較すると、PR の観測した雑音電力が低下した。そのため PR の雨の最小検出感度にわずかな差が生じたが、その影響は未知のままである。そこで、冗長系切替後の雑音電力にオフセットを加えた影響軽減データの作成、およびその評価を行った。

#### 4. 研究成果

高度変更前の影響軽減データ作成を 2000/1 の 1 か月行い、その影響評価をした。高度変更に伴う感度低下 (雨頻度の減少) を再現したが、高度変更前後で雨頻度に不連続が生じた。この原因を追究し

たところ、水平分解能の変化を考慮する必要があることが分かった。水平分解能の変化は PR が観測する散乱体積をわずかに変化させる。このわずかな変化は、特に雨域の端で受信電力値の増加をもたらすことが簡易的な理論計算から確認できた。感度低下に加え簡易的に水平分解能の変化を考慮して影響軽減データの作成を行うと、雨頻度の不連続は軽減する傾向にあることが確かめられた(外部発表1)。

冗長系切替後の影響軽減データ作成を 2010/1 の 1 か月行い影響評価をした。雑音電力の増加に伴う雨頻度の減少を再現し、冗長系切替前後の明らかな不連続は見られなかった。複数の変数についても不連続が軽減され、ここでの手法に一定の効果があることが分かった。

今年度の成果を踏まえて、先行研究と今年度の結果をもとに、PR の降水 CDR(試作)を作成した(図1)。標準プロダクトで 17 年時系列を作成すると、高度変更前後の不連続が大きい。これは 3.1 で述べた (2) と (3) の影響が大きい。PR の降水 CDR は高度変更の影響が小さなビームスキャンの使用(衛星直下付近のみ)と、影響軽減データから見積もられた高度変更前 (-0.5%) と冗長系切替後 (-1.0%) の降水量バイアスを加えて作成した。

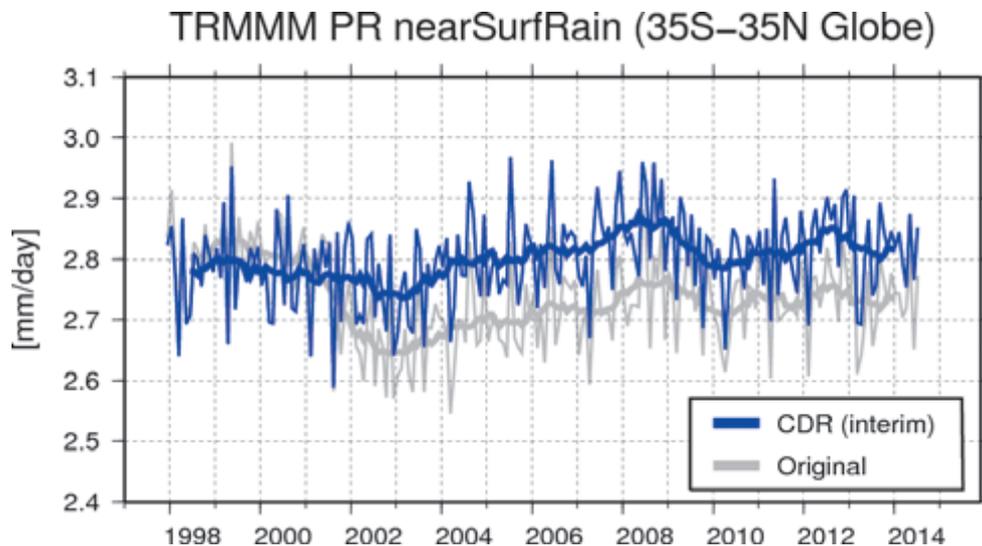


図1 全球平均(35S-35N)の地表面付近降水量の時系列。細(太)線は月平均(13か月移動平均)を示す。青色はPRの気候CDRの試作版、灰色はPR標準プロダクトで作成。

図2はPRの降水CDRを他の衛星降水プロダクトと比較した降水量偏差の時系列を示す。TMIはTRMMに搭載されたマイクロ波放射計から降水量を推定する(Kummerow et al. 2011)。TMIとPRの観測幅は異なっているため、使用するTMIのデータはPRの衛星直下付近の観測幅(約40km)に狭めた。GPCPは地上雨量計に加え、マイクロ波放射計や赤外放射計を複数組み合わせたデータである(Adler et al, 2003)。図2からPRはTMIやGPCPと比較して異なる時間変動をもつことが分かる。TMIとPRの観測幅をほぼ同じとしているため、サンプリングエラーによるものではないことが確認できる。GPCPはマイクロ波放射計から降水量推定が行われていることから、TMIと似た時間変動をもつ。したがって、PRと他の降水プロダクトの時間変動が異なる原因は、観測測器の違いによるものであることが分かる。プロダクト間の違いを詳細に比較すると、降水量の時間変動の違いは海上の降水量変動の違いを反映していることが分かった。

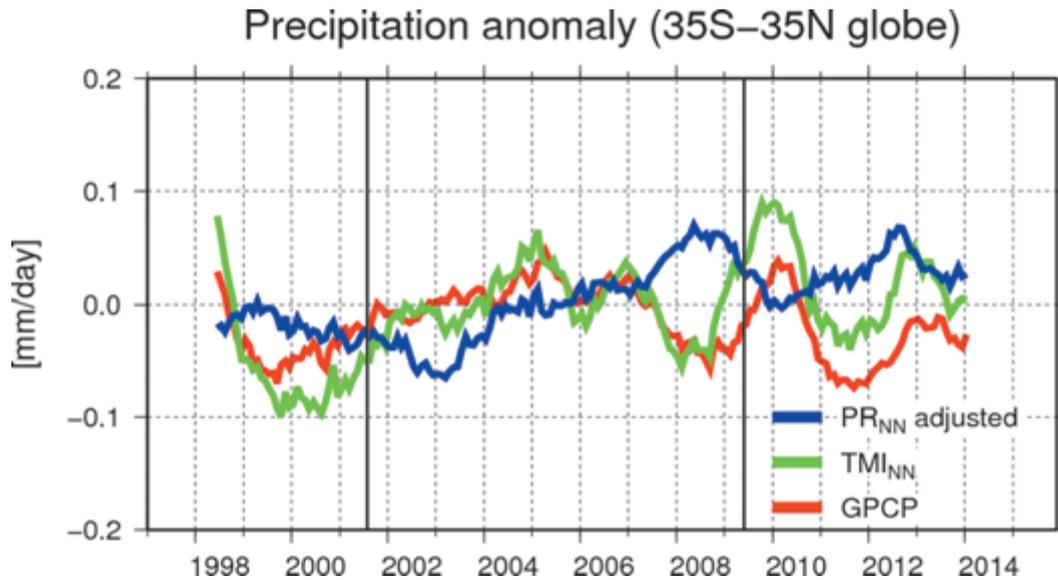


図2 全球平均(35S-35N)の複数の降水プロダクトの時系列。各線は月平均(13か月移動平均)を示す。青色はPRの気候CDRの試作版、緑はTMI、赤はGPCPをそれぞれ示す。データはそれぞれの2002-2008年の平均からの偏差。

## 5. 今後の展望

高度変更前の水平分解能変化の効果は、現状では調整パラメータとなっている。当該パラメータの妥当性の検証が不可欠である。この検証のためにPRの特別観測実験のデータを利用した解析を行う予定である。2001年8月に行われた高度変更後、TRMM衛星は402.5kmの高度を維持してきたが、2014年7月に高度維持のための燃料が枯渇した。そのため、衛星高度は地球の大気摩擦によって徐々に高度を落としている。しかし、PRの通常観測が可能な高度は固定されており高度変更前350kmまでは正常な観測を行うことが出来ない。衛星が402.5kmから350kmまで降下する間、PRはいくつかの特別観測実験を行っている。その中のひとつにDense Sampling実験があり、PRのビームスキャンを従来の3倍あるいは4倍密にしてデータを取得している。水平分解能の効果을直接的に評価するためには、高分解能データを使用して分解能変化を仮想実験することが挙げられる。このための元データとしてDense Sampling実験データを適用する予定である。

冗長系切替後の影響についても、手法の改善、長期処理や地域ごとによる影響評価を行う必要がある。冗長系切替の影響軽減データは降水頻度が減少しているにもかかわらず降水量が増加している地域が存在する。PRの降水量推定は、降水減衰量や降雨タイプにも影響を受けるため、影響軽減プロダクト内におけるそれらの変化を調査する予定である。

PRの長期変動がマイクロ波放射計ベースの降水量プロダクトと異なる原因を追究するために、更なる解析を行う。PRと他の降水プロダクトの差はEl nino期に大きくなることが知られている。該当する期間に着目した解析を行うことで、どのような物理的背景に基づいて差が生じているのか、その原因を明らかにさせたい。

## 6. 参考文献

- S. Shimizu, R. Oki, T. Tagawa, M. Hirose, “Evaluation of the Effects of the Orbit Boost of the TRMM Satellite on PR Rain Estimates” *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 87A, pp. 83-92, 2009
- T. Iguchi, T. Kozu, J. Kwiatkowski, R. Meneghini, J. Awaka, and K. Okamoto, “Uncertainties in the Rain Profiling Algorithm for the TRMM Precipitation Radar” *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 87A, pp. 1-30, 2009.
- C.D. Kummerow, S. Ringerud, J. Crook, D. Randel, and W. Berg, “An Observationally Generated A Priori Database for Microwave Rainfall Retrievals” *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 28, pp. 113-130, 2011
- Robert F. Adler, George J. Huffman, Alfred Chang, Ralph Ferraro, Ping-Ping Xie, John Janowiak, Bruno Rudolf, Udo Schneider, Scott Curtis, David Bolvin, Arnold Gruber, Joel Susskind, Philip Arkin, and Eric Nelkin, 2003: The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979–Present). *J. Hydrometeor.*, 4, 1147–1167.

## 7. 外部発表

1. 金丸ほか「TRMM PR 気候データセット整備に向けた軌道高度変更補正データの作成」A362、日本気象学会、福岡、2014年10月

## 4. GCOM 利用研究

## 4.1 GCOM-C アルゴリズム開発と利用研究

村上 浩

### 1. はじめに（研究の背景、目的など）

地球環境変動観測ミッション（GCOM）気候変動観測衛星（GCOM-C）は、多くのプロダクトの生成を通じて地球環境の包括的な監視・理解を得ることを目指している。GCOM 利用研究グループでは、ミッションサクセスクライテリアの達成（プロダクト作成と精度の達成）や気候変動研究への貢献、プロダクトの利用価値向上を目的として、外部研究機関と協力しながらアルゴリズム開発・改良、校正検証と、地球環境変動の監視、解明、予測向上等に関わる利用研究を実施している。

第3章で紹介する陸面反射率プロダクト（RSRF：GCOM-C 標準プロダクト）は、それ自体が多くの陸域研究者に利用されるだけでなく、他の陸植生関連標準アルゴリズムの入力や大気パラメータ推定時の下端条件としての参照データにもなり、これを精度良く推定することは関連する多数の GCOM-C プロダクトの精度目標の達成や目指す利用研究の実現に必須である。

GCOM-C プロダクトの利用価値を高める上で GCOM-C の多波長高解像度とひまわり 8 号の高時間頻度のデータを組み合わせて地球環境観測を行うことが効果的である。本年度はそのための相互校正やプロダクト作成に向けた解析準備を実施している。

### 2. 研究計画（中期計画と、今年度の計画の概要）

FY2016 の GCOM-C 打ち上げに向け、FY2013～FY2016 は「打ち上げ準備フェーズ」として、担当する陸大気補正、光合成有効放射（PAR）、クロロフィル a 濃度（Chl-a）等のアルゴリズム開発と処理コード作成や、公募により選定した研究者（PI）やミッション運用部門と連携した処理インタフェースの構築や試験、基礎データ収集と打ち上げ後の校正検証準備、利用研究準備等を実施している。このうち、FY2014 の計画は以下である。

- (1) 公募研究者（PI）間の連携推進と、GCOM-C 打ち上げに向けた利用検討や検証観測計画の詳細化（GCOM-C の PI、環境研、気象研、水研等と連携）
- (2) 陸面大気補正アルゴリズム（RSRF 推定）の開発（GCOM-C の PI と連携）
- (3) 日本周辺海域（東北沖あるいは東シナ海を想定）における海色時系列データ作成検討（水研と連携）
- (4) ひまわり 8 号の解析準備（相互校正等の初期解析）（気象衛星センター・気象研と連携）

このうち、(1) については 9 月に GCOM-C の PI を中心としたミニワークショップを開催し、打ち上げ後の利用や検証観測計画について議論と調整を実施した。利用コミュニティー拡大に向けた GCOM-C 計画の学会等への情報発信のため、国内・外の学会で計画の紹介を行った（[1], [3], [4], [6]）。それ以外にも本年度は、地球環境変動監視に関わる利用研究の一環として AMSR-E と AMSR-2 による 12 年間のデータを用いた海洋域の変動解析を行い海洋学会で発表した [5]。(3) については (2) および (4) のボリュームが増えたため未達成であり、来年度以降に実施する予定である。(2) と (4) の内容について下記に記す。

## 4. GCOM 利用研究

### 3. 研究内容

#### 3.1 陸面大気補正アルゴリズムの開発

2012年に開催した大気補正・エアロゾルワークショップの結果に基づき、GCOM-Cの陸大気補正はJAXAがPIの成果を取り込みながら、MODISで行われているような標準的なアルゴリズムから更に先進的なアルゴリズムへステップ・バイ・ステップで開発することになっている。FY26において打ち上げ版として以下の仕様で開発し、処理システムに提供した。

- (a) 当日～1か月程度の過去の大気上端輝度データ（LTOA）を入力
- (b) 複数日（24日～32日）のLTOAを用い、時間方向に大気の変動が大きく陸面は比較的安定と仮定し、陸面の双方向反射係数（BRF）を推定（初期値として過去最近日のBRFを利用）し、翌日以降利用する初期値参照用データとして保存
- (c) 近紫外・青・赤バンドの処理日に相当するBRFを用いて他のバンドを大気補正し、陸面反射率プロダクト（RSRF）を出力

打ち上げ後の精度目標達成に向けてBRFの関数形等の今後見込まれる改善が取り込めるアルゴリズムにするため、今回のバージョンではBRFテーブルの作成と複数日のデータを用いるといった陸面大気補正に特有のフローの構築に重点を置いてコード作成を行った。

本年度は上記の大気補正アルゴリズムに加えて、地上システムの審査会で新たに要請された定点校正検証用のLTOAデータ切り出し処理のための処理コードの作成と地上システムへの提供も行った。定点校正検証用のサイト地点は打ち上げ後も変化する可能性があるため、サイトの位置と範囲のリストをテキストファイルとして容易に差し替えできるようにインタフェースを作成した。

#### 3.2 次期静止衛星の解析準備

2014年10月7日に打ち上げられたひまわり8号は、静止気象衛星では初めて可視～短波長赤外に0.5～2km解像度の複数バンド（470nm, 510nm, 640nm, 860nm, 1610nm, 2260nm）を持つため、十分な相互校正を行うことによって、一部のGCOM-Cアルゴリズムを適用することやプロダクトの複合利用ができると考えられる。本年度は予定していた(a)に加え、(a)の結果を用いて(b)も実施することができた。

- (a) 海洋域のバンド間相対校正：ひまわり8放射計（AHI）の波長応答に対応した放射伝達（Pstar3）による大気分子散乱、エアロゾル散乱等の参照テーブル作成
- (b) 海色（Chl-a）推定試験：AHIの波長応答による感度試験とChl-a推定係数準備

また、ひまわり8号打ち上げ前には韓国の静止海色衛星を用いたエアロゾル特性の評価等も行い([2])、多時刻データの利用の試行を行った。

図1はバンド間相対校正結果の一例である。異なる2日でもほぼ同じY/X比を示しており（別の日の図はここでは示さない）、特段の空間依存性等も認められないことから、データ取得スケジュールにより2シーンのみの解析であるため結果は暫定的であるが、輝度プロダクトの値は比較的安定しているものと推測される。

### 4. GCOM 利用研究

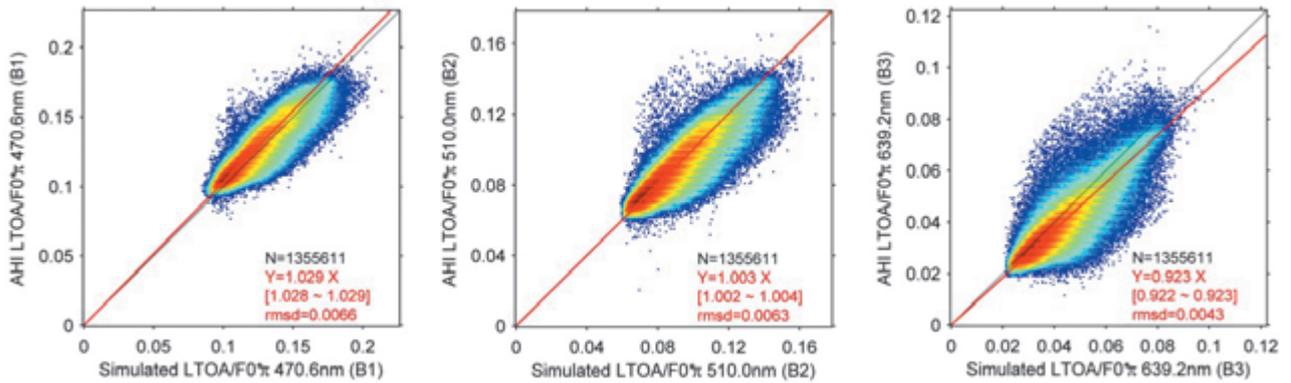


図1 ひまわり8号初画像(2014/12/18)におけるバンド間相対校正結果。左、中、右図はそれぞれバンド1、2、3の大気上端反射率のシミュレーション値(X軸)とひまわり観測反射率(Y軸)の比較。シミュレーション値はひまわり8号によるバンド4(860nm)とバンド5(1.6 $\mu$ m)観測値からエアロゾルの散乱光とその波長特性を推定し、MODISの可視波長の海面反射率と放射伝達コード(Pstar3)を用いて推定。

図2はChl-a推定試験の一例である。別途行ったひまわり8バンド波長の海色へ感度試験から、Chl-aの低レンジや高レンジで従来の海色センサより感度が低いことがわかっている。ひまわりのChl-aは沿岸のシグナルの強い領域ではMODISのChl-aに良く対応しているが、外洋ではノイズが大きくなっており、感度試験の予想と整合している。今後10分毎のデータの平均化などによる改善等の検討を行う予定である。

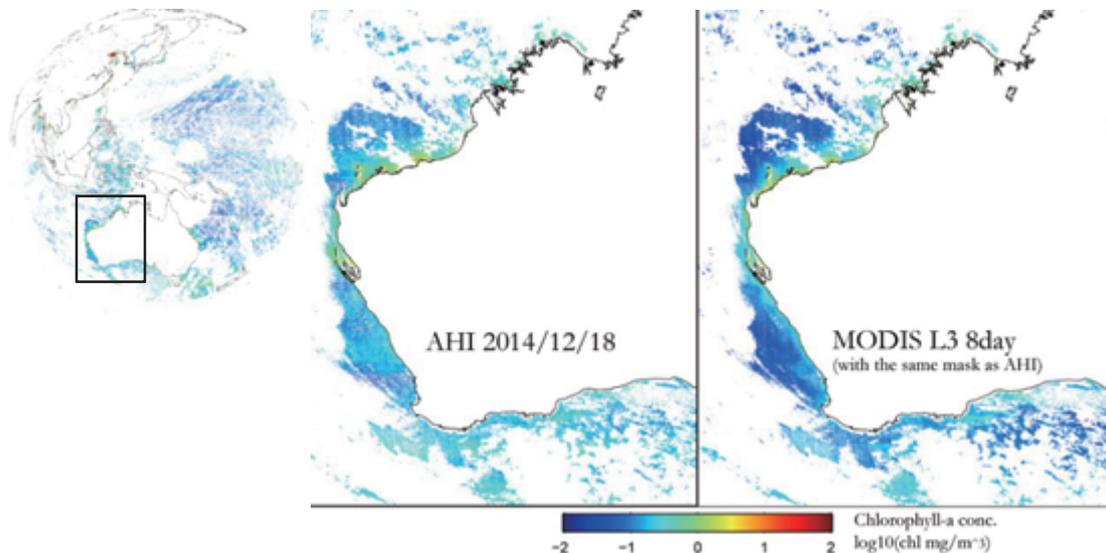


図2 ひまわり8号初画像(2014/12/18)によるChl-aの推定例。左図はひまわり可視域、中図は左図の矩形領域の拡大、右図はMODISプロダクトのChl-a。値のスケールバーを図の下側に示す。

#### 4. 研究成果（直接的成果、波及効果：利用研究 Gr の目標、本部目標に対する貢献、社会ニーズへの貢献など）

実施項目（1）PI 間連携推進、利用・検証情報交換により、打ち上げ前の検証観測計画の作成が行えると共に、打ち上げ後の研究者間の連携の促進とより効果的な検証観測が実施でき、精度目標達成や目指す地球環境変動等の利用研究の実現に資すると考えられる。実施項目（2）ではスケジュールに沿ったアルゴリズムの地上システムへの提供により地上システム開発に貢献すると共に、打ち上げ後のサクセスクライテリア（精度目標）達成に向けて今後の改善が取り込めるプログラムにすることができた。また、実施項目（4）によって次年度から本格的に進める予定のひまわり 8 利用研究に向けた準備ができたことで、GCOM-C で目指す地球環境変動の監視、解明、予測向上等を効果的に進めることや、外部研究機関等と連携したエアロゾル等の環境情報作成等に繋がる。

#### 5. 今後の展望（今後の研究計画、利用構想など）

FY2015 も前述の「打ち上げ準備フェーズ」（FY2013～FY2016）の計画を実施する。FY2015 の計画における重点項目としては、打ち上げ年度 FY2016 が近づいていることから、高次処理コードのブラッシュアップや、打ち上げ後の検証・代替校正観測・手法の詳細化と、それに加え、GCOM-C 打ち上げ後の利用を効果的に進めるために EORC 横軸研究や他ミッションと連携した研究（プロダクト開発・検証や利用研究）を進める計画である。

また、FY2015 はひまわり 8 号のデータが本格的に取得できるようになることから、本年度実施した解析準備をベースにして、代替校正、GCOM-C と複合利用しうるプロダクトの開発、GCOM-C との複合利用に向けた利用手法の検討等を気象研等の外部機関と連携して進めることで、地球環境変動の監視、解明、予測向上等への貢献に繋げる構想である。

#### 関連する FY26 外部発表

（査読付きプロシーディングス）

- [1] Hiroshi Murakami, “JAXA’s activities for environmental health monitoring”, Proc. SPIE 9259, Remote Sensing of the Atmosphere, Clouds, and Precipitation V, 925905 (November 8, 2014); doi:10.1117/12.2084691.
- [2] Hiroshi Murakami, Yoko Kiyomoto and Hiroaki Sasaki, “Estimation of aerosol spectral characteristics by GOCI hourly observations”, Proc. SPIE 9261, Ocean Remote Sensing and Monitoring from Space, 926107 (November 8, 2014); doi:10.1117/12.2068671.

（学会・学術集会）

- [3] Hiroshi Murakami, Development of GCOM-C1 land surface reflectance product, 2014 年 4 月, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会
- [4] H. Murakami, M. Hori, T. Y. Nakajima, M. Toratani, Y. Honda, M. Kuji, and T. Aoki, PREPARATION OF GCOM-C1 SCIENCE MISSION, 2014 年 7 月, IGARSS2014
- [5] 村上浩, 今岡啓治, AMSR-E と AMSR-2 による海洋変動観測, 2014 年 7 月, 日本海洋学会
- [6] H. Murakami, Preparation Status of GCOM-C, 2014 年 12 月, 韓日海色ワークショップ 2014

#### 4. GCOM 利用研究

## 4.2 SGLI 陸圏プロダクトに関する研究

小野 祐作

## 1. はじめに

2016年度に多波長光学放射計（SGLI）を搭載した気候変動観測衛星（GCOM-C）が打ち上げられる予定である。植生指数、地上部バイオマス、葉面積指数（LAI）、光合成有効放射吸収率（FAPAR）、地表温度などのSGLI陸圏プロダクトは、多くの陸域生態系モデルで採用されているパラメータである。SGLI陸圏プロダクトのアルゴリズムは、地球環境変動観測ミッション（GCOM）第4回公募研究で採択された主任研究者（PI）が開発し、地球観測研究センター（EORC）がSGLI向けに実装する。但し、LAIとFAPARのアルゴリズムは、EORCがPIと共同で開発している。本研究では、GCOM-Cの打ち上げ前のSGLI陸圏プロダクトに関する準備を目的とし、今年度は以下の2つを実施した。

- ① SGLI陸圏プロダクトの打ち上げ版コードの開発
- ② SGLI向けLAI・FAPAR推定アルゴリズムの開発

## 2. 研究計画

- ① SGLI陸圏プロダクトの打ち上げ版コードの開発

今年度9月末にPIよりアルゴリズム基準書(ATBD)とサンプルコードが提出された。これら进行分析し、SGLI向けに実装する。更に、SGLI模擬データを利用して、性能を試験する。

- ② SGLI向けLAI・FAPAR推定アルゴリズムの開発

葉面積指数（LAI）は、単位地表面あたりの葉の片側の総面積（ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ）で定義され、多くの陸域生態系モデルで採用されているパラメータの1つである。ここで、MOD15などの既存の衛星LAIプロダクトでは、植生指数もしくは放射伝達モデルを利用して、多波長（単方向）観測データより上層植生（林冠を構成する高木）も下層植生（林床に生える草本と低木）も含むLAIが推定されている。一方で、Biome-BGCなどの陸域生態系モデルでは、LAIが上層植生と下層植生で区別されている場合が多い。従って、衛星LAIプロダクトでLAIが上層植生と下層植生で区別されていれば、陸域生態系モデルの精度向上に貢献できる。また、現場LAIデータでは、LAIが上層植生と下層植生で区別されているが、計測が比較的容易な上層植生のLAIが殆どである。従って、衛星LAIプロダクトでLAIが上層植生と下層植生で区別することは、開発したアルゴリズムを検証するためにも重要である。本研究では、SGLIの多方向観測機能（可視（674nm）と近赤外（869nm）の2チャンネルに直下と軌道方向 $\pm 45$ 度の2方向）に着目して、LAIを上層植生と下層植生で区別して推定するアルゴリズムを検討している。

林冠を平行平板（葉の傾き分布を一様で仮定）、林床をランベルト面で近似した場合の林床における反射の寄与係数 $\Psi_u$ は、以下の式で表すことができる。

$$\Psi_u(\Omega_o) = w \cdot \rho_u \cdot \exp\left(-\frac{G(\Omega_o)}{\cos\theta_o} \cdot l_o\right)$$

ここで、 $\Omega_o$ は観測方向、 $\theta_o$ は観測天頂角、 $l_o$ は上層植生のLAI、 $\rho_u$ は林床の反射率、 $w$ は入射光の重み係数である。 $G$ は単位葉群の投影面積であり、葉の傾き分布が一様のときは定数（0.5）である。尚、 $G(\Omega_o)/\cos\theta_o$ は、消散係数として定義される。観測天頂角が、直下から斜方になると、消散係数は高くなるため、林床における反射の寄与係数は小さくなる。また、上層植生のLAIが高くなっても、

## 4. GCOM 利用研究

林床における反射の寄与係数は小さくなる。従って、観測天頂角が直下と斜方のときの反射率は、上層植生の LAI と林床の反射率に感度があると考えられる。尚、このときの波長は、上層植生における反射の寄与係数が小さい可視が適当であると考えられる。更に、上層植生の LAI が既知であれば、林冠と林床を平行平板（葉の傾き分布を一様で仮定）で近似した場合の波長が可視と近赤外のときの反射率は、下層植生の LAI に感度があることは自明である。尚、このときの観測天頂角は、消散係数が小さい直下が適当であると考えられる。本研究では、モンテカルロ・レイトレーシング法を利用した 3 次元放射伝達モデルである FLiES と Terra&Aqua/MODIS データを利用して上記を実証する。

### 3. 研究内容

#### ① SGLI 陸圏プロダクトの打ち上げ版コードの開発

今年度 9 月末に PI より提出された ATBD とサンプルコードを分析し、SGLI 向けに実装した。更に、SGLI 模擬データを利用して、性能を試験した。

#### ② SGLI 向け LAI・FAPAR 推定アルゴリズムの開発

FLiES を利用して、図 1 に示す林分構造における反射率を模擬した。樹冠を円錐（針葉樹）もしくは回転楕円体（広葉樹）、幹を円柱、林床をランベルト面もしくは平行平板で近似した。樹冠の内部に葉が一様に分布しているが、その中心に寸法が半分の円錐（針葉樹）もしくは回転楕円体（広葉樹）が定義され、その内部に枝が一様に分布していると仮定した。単葉の反射率・透過率と幹枝の反射率は、LOPEX93 の計測データを Terra&Aqua/MODIS のバンド 1（645nm）と 2（859nm）の応答関数で重み付き平均することで計算した。センサ天頂角（度）を 0 から 70 の 5 間隔、センサ方位角（度）を 0 から 180 の 10 間隔、太陽天頂角（度）を 0 から 70 の 5 間隔、上層植生の LAI（ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ）を 0.0 から 8.0 の 0.5 間隔、林床をランベルト面で仮定した場合の林床の反射率を 0.00 から 1.00 の 0.05 間隔、林床を平行平板で仮定した場合の下層植生の LAI（ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ）を 0.0 から 8.0 の 0.5 間隔、土壌の反射率を ASTER spectral library の計測データより計算した。尚、枝の面積密度とシュートクランピングの程度を示す定数は、文献値を参照した。

上記で作成したルックアップテーブル（LUT）を利用して、Terra&Aqua/MODIS の多波長・多方向観測データと土地被覆図（GlobCover）より国立環境研究所（NIES）富士北麓フラックス観測サイトのカラマツ林（密な針葉樹林）を含む東アジアにおける LAI を推定した。また、NDVI も計算した。尚、Terra&Aqua/MODIS の多波長・多方向観測データは、処理対象日 ± 8 日間の MOD09GA（大気補正済み地表面反射率プロダクト）よりセンサ天頂角が 0 度と 45 度に近いデータを検索することで作成した。



図 1 林分構造

### 4. GCOM 利用研究

#### 4. 研究成果

##### ① SGLI 陸圏プロダクトの打ち上げ版コードの開発

実装したコードの性能は、許容範囲内であった。

##### ② SGLI 向け LAI・FAPAR 推定アルゴリズムの開発

林床をランベルト面で近似した密な針葉樹林において、波長が可視、センサ天頂角が直下と斜方 45 度のときの反射率は、上層植生の LAI と林床の反射率に感度があるが、上層植生の LAI が高くなるに従い、林床の反射率への感度が小さくなる（図 2）。また、林床を平行平板で近似した密な針葉樹林において、上層植生の LAI が既知、波長が可視と近赤外、センサ天頂角が直下の反射率は、下層植生の LAI に感度があるが、上層植生の LAI が高くなるに従い、下層植生の LAI への感度が小さくなる（図 3）。

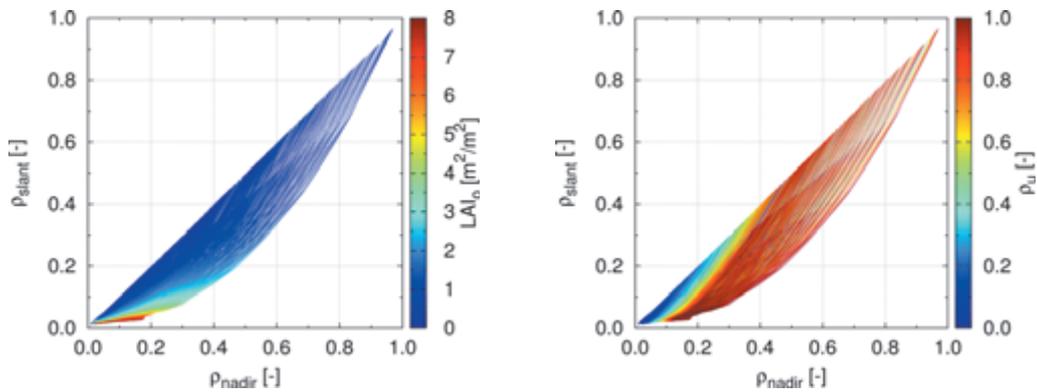


図 2 波長が可視、センサ天頂角が直下と斜方 45 度のとき反射率と上層植生の LAI（左）と林床の反射率（右）の関係（林床をランベルト面で近似した密な針葉樹林）

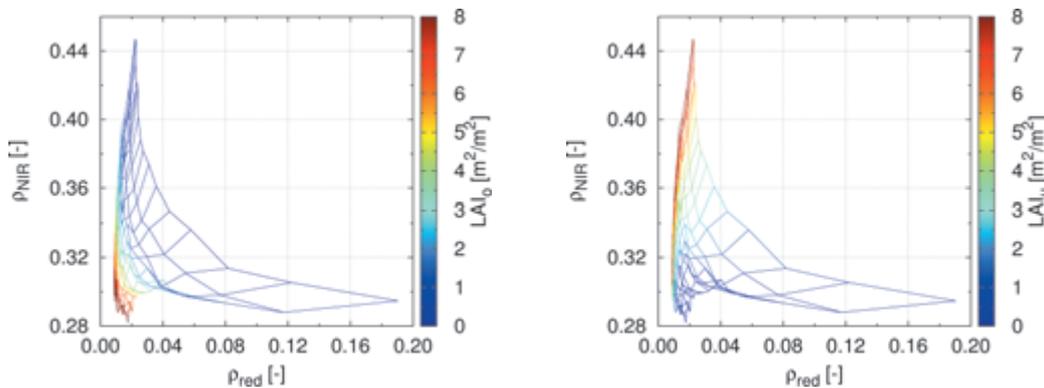


図 3 波長が赤と近赤外、センサ天頂角が直下のときの反射率と下層植生の LAI（左）と下層植生の LAI（右）の関係（林床を平行平板で近似した密な針葉樹林）

Terra&Aqua/MODIS データより推定した NIES 富士北麓フラックス観測サイトのカラマツ林における上層植生と下層植生の LAI は、現場 LAI データと比較して妥当な値であるが、上層植生の LAI が高く推定されたときは、推定された下層植生の LAI の標準偏差が大きい（図 4）。また、Terra&Aqua/MODIS データより推定した東アジアにおける上層植生と下層植生の LAI の和は、NDVI と比較して妥当な関係であった（図 5）。

#### 4. GCOM 利用研究

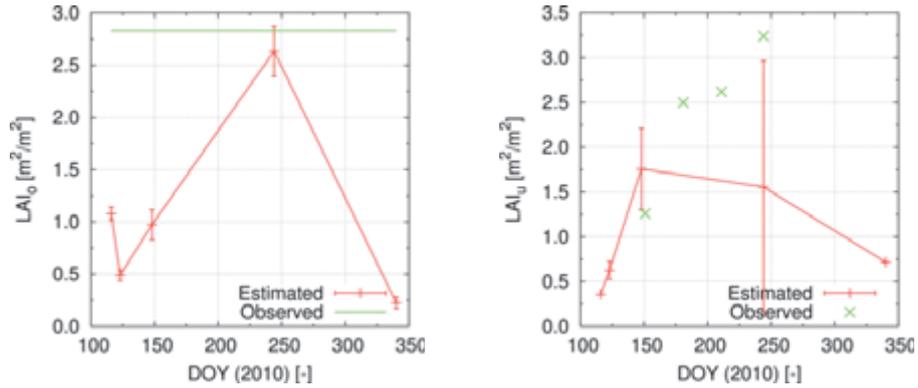


図4 Terra&Aqua/MODIS データより推定した NIES 富士北麓フラックス観測サイトのカラマツ林（密な針葉樹林）における上層植生の LAI（左赤）と下層植生の LAI（右赤）および現場で計測された上層植生の LAI（左緑）と下層植生の LAI（右緑）

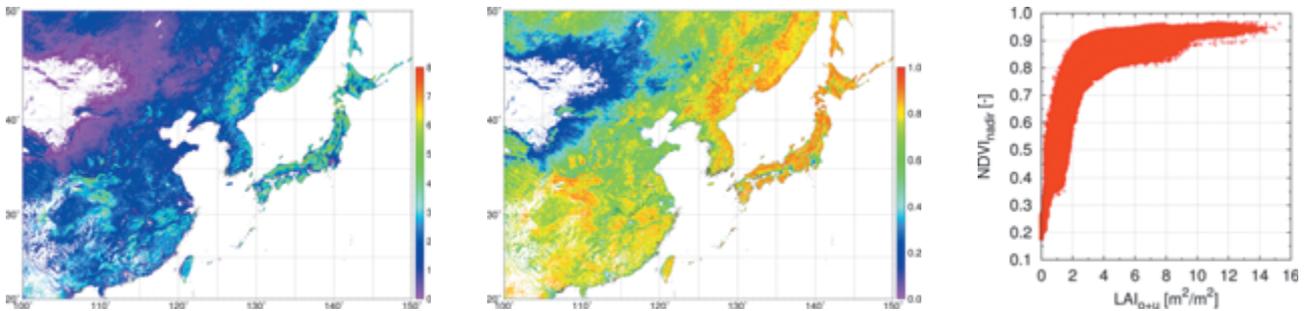


図5 Terra&Aqua/MODIS データより推定した東アジアにおける上層植生と下層植生の LAI の和（左）と NDVI（中）および上層植生と下層植生の LAI の和と NDVI の関係（右）

## 5. 今後の展望

### ① SGLI 陸圏プロダクトの打ち上げ版コードの開発

NEC によるシステム試験および PI のアルゴリズム更新に対応しながら、開発した打ち上げ版コードを改良していく予定である。

### ② SGLI 向け LAI・FAPAR 推定アルゴリズムの開発

現場 LAI データおよび既存の衛星 LAI プロダクトと比較することで、開発した LAI 推定アルゴリズムを検証する予定である。また、上層植生と下層植生で区別された LAI に着目して、新しい FAPAR 推定アルゴリズムを検討する予定である。

## 4.3 GCOM-C 海洋アルゴリズムの評価と衛星データの水産資源管理への応用

山口 寿史

## 1. はじめに

気候変動観測衛星 GCOM-C/SGLI は 2016 年度に打ち上げが予定されており、解像度が 200m の観測モードを持つため、海洋では沿岸域での利用が期待されている。今年度は第 4 次 RA の 2 年目に当たり、打上げに向けたアルゴリズムが 9 月末に提出された。そこで今年度は、PI より提供された打上げに向けた GCOM-C/SGLI の海洋アルゴリズムの実装を行い、その性能試験を行った。

また、衛星データの水産資源管理への応用として、豊後水道沿岸で有害渦鞭毛藻赤潮時の光学観測を行うとともに、赤潮時の現場観測データを用いて、GCOM-C の赤潮検知アルゴリズムの検証を行った。

## 2. 海洋アルゴリズムの性能試験と精度評価

2014 年度 9 月末に第 4 次 RA の PI から海洋アルゴリズムが提出され、標準アルゴリズムは海洋大気補正、海水固有の光学特性が提出された。今年度は海洋標準プロダクトを対象にして、GLI をベースにしたシミュレーションデータを使用し実行確認を行った。入力と出力のファイル形式は HDF5 形式であり、各 PI より提出されたアルゴリズムのコードに組み込んだ。また、出力ファイルにピクセル・ライン数などの次のプロダクト生成の処理に必要なアトリビュートを付与した。海洋の標準アルゴリズムから生成されるプロダクトは、以下の 3 つのグループにまとめた (図 1)。O1 グループは、海面水温、O2 グループは大気エアロゾル、正規化海面射出輝度、光合成有効放射、そして O3 グループは、クロロフィル a、懸濁物、有色溶存有機物で構成されグループ毎に処理するように変更した。

O1 と O2 グループは、解像度 250m と 1km の L1B のシーンデータを入力データに使用し、O3 グループは、O2 の出力パラメータである正規化海面射出輝度を入力データに使用した。各グループの衛星データの処理時間と最大使用メモリは、許容範囲内に収まっていた。今後は、各アルゴリズムの検証作業を、JASMES 等のデータで行う予定である。

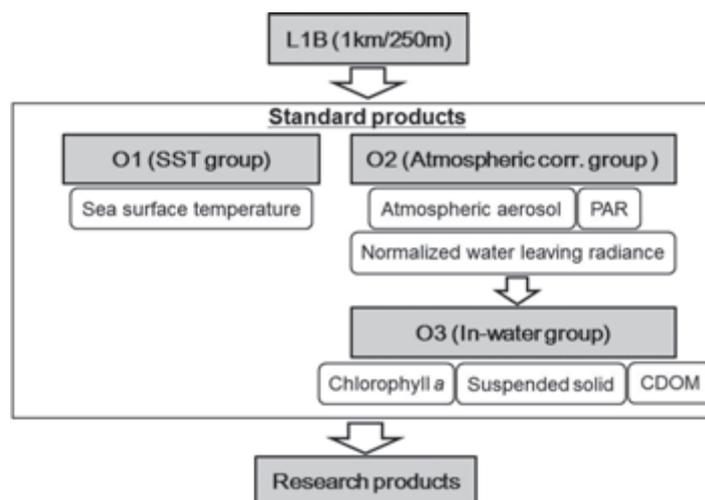


図 1：海洋標準プロダクト処理フロー

### 3. 豊後水道沿岸海域の赤潮観測

沿岸域では、植物プランクトンが大増殖し海面の色が変わる赤潮がしばしば起こる。特に渦鞭毛藻類などの有害藻類の赤潮が起こると、水産資源に被害を与える。大分県と愛媛県の沿岸に面する豊後水道は、魚類の養殖が盛んな海域であるが、有害赤潮によって養殖業に被害が出ている。赤潮を衛星海色データから検知することができれば、被害を軽減できるとともに、各研究機関の赤潮モニタリングの負担を軽減することができる。昨年度は大分沿岸で渦鞭毛藻類の垂表層ブルーム下での光学観測を行ったが、表層の有害渦鞭毛藻赤潮の知見が不足していた。2014年は、5月の段階から有害渦鞭毛藻のカレニア・ミキモトイの細胞が確認されたことから赤潮が多発すると予想されたため、カレニア・ミキモトイの赤潮時の光学特性を把握するため、6～8月の間に大分沿岸で赤潮中期、最盛期、収束期に船舶観測を行う計画を立てた。しかしながら大分沿岸では大規模な赤潮は発生せず、一方で愛媛県沿岸では6月上旬から7月下旬までに、被害総額が一億円を超える赤潮が発生していた。そこで7月中旬に、遊子沿岸と吉田湾で赤潮観測を行った。遊子沿岸のカレニア・ミキモトイ赤潮は収束状態であったが、吉田湾では湾奥が赤褐色に染まっている状態であった。吉田湾の表層のクロロフィル a は、 $137.2\text{mg m}^{-3}$  と高濃度でありカレニア・ミキモトイの細胞数は  $11400\text{cell ml}^{-1}$  であった。リモートセンシング反射率は  $565\text{nm}$  付近にピークが見られ、強い植物プランクトンの吸収が見られた。GCOM-Cの赤潮検知アルゴリズムを、吉田湾のカレニア・ミキモトイ赤潮の現場で使用すると植物プランクトンと懸濁物や有色溶存有機物が混じった状態と判別され赤潮を検知することが出来なかった。

今後、赤潮の光学データを使用し、赤潮のモデル化、懸濁物や有色溶存有機物が豊富に存在する海域でも、赤潮検知アルゴリズムを改良する必要があると考えられた。

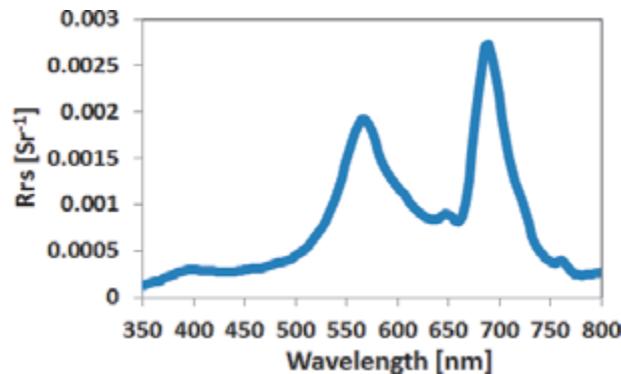


図 2：吉田湾のカレニア・ミキモトイ赤潮時のリモートセンシング反射率（Rrs）

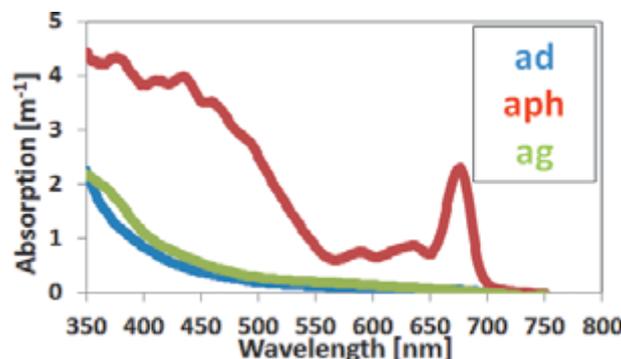


図 3：吉田湾のカレニア・ミキモトイ赤潮時の表層のデトリタス（ad）、植物プランクトン（aph）、そして有色溶存有機物（ag）の吸収係数。

### 4. GCOM 利用研究

#### 4.4 SGLI 雲・エアロゾルアルゴリズムの最適化、および衛星センサの複合利用による 雲成長過程のリモートセンシング

永尾 隆

##### 1. はじめに

気候変動観測衛星（GCOM-C）の開発は、全球地球観測システム（GEOSS）の社会利益分野への貢献など、地球システムの包括的理解を目的としている。GCOM-Cは多波長光学放射計（SGLI）を搭載し、雲エアロゾル、海色、植生などを全球規模で長期間継続観測することで、放射収支・炭素循環の理解と予測に貢献する。GCOM-Cは第3期中期計画に沿って2016年度の打上げが予定されており、それに向けたGCOM-C利用研究グループの今年度の課題は、高次処理アルゴリズム打上げ版コードの開発と打上げ後の検証・解析に向けた準備である。また、ひまわり8号の利用研究もグループ課題のひとつである。

以上を背景とし、個別研究に2本の柱を設定した。ひとつは、「SGLI 雲エアロゾルアルゴリズムの最適化」である。PIらと連携してアルゴリズムをSGLIに最適化させ、高精度・高品質なプロダクトを提供することで、雲・エアロゾルの長期変動の定量的議論の基盤づくりに貢献する。もうひとつは、SGLI 雲特性アルゴリズム開発の先にある「雲成長過程のリモートセンシング」である。雲レーダやマイクロ波センサとの複合観測や高空間分解能観測による情報と知見を積極的に活用してSGLIやひまわり8号センサなどの可視赤外イメージャによる雲微物特性の鉛直・水平分布およびその時系列観測を成し、雲成長過程の理解とモニタリングに貢献する。

##### 2. 研究計画

個別研究の2本の柱を踏まえ今年度の計画を下記の通り定めた。

- 1) SGLI 雲エアロゾルアルゴリズムの実装：GCOM-CのアルゴリズムPIらから提出される雲フラグ・雲特性・非偏光エアロゾル特性の各アルゴリズムに、SGLIデータおよび補助データのインタフェースを組み込み、打上げ版コードの候補版を作成する。
- 2) 雲水平不均質性によって生じる雲特性推定のバイアス誤差の調査：雲特性プロダクトの品質や検証に関わる問題として、画素内の雲不均質性が雲特性（雲光学的厚さ、雲粒有効半径、雲頂温度）の推定にバイアス誤差を引き起こすことが先行研究で指摘されている。今年度は、Land-sat8の高空間分解能データを利用してSGLI雲特性プロダクトに起こり得る雲不均質性起因のバイアス誤差の特徴を模擬・調査する。
- 3) SGLI 雲粒有効半径プロダクトの水雲の雲粒粒径鉛直分布に関する解釈：SGLIの雲粒有効半径プロダクトや観測輝度から雲粒粒径鉛直分布を推定する手法の実現可能性検討を外部研究者と連携して数値雲モデルなど用いて行う。またこの研究の将来的な適用を見据え、SGLI雲特性アルゴリズムのひまわり8号への適用準備を行う。

##### 3. 研究内容

上記の研究計画1)–3)それぞれについての研究内容と結果を示す。

- 1) 本年度9月にGCOM-CのアルゴリズムPIらから提出された雲フラグ・雲特性・非偏光エアロゾル特性の各アルゴリズムにSGLIデータと補助データのインタフェースを実装した。処理速度向上やメモリ節約などの改良を施し、地上系システムの負荷軽減に貢献した。雲特性アルゴリズム

#### 4. GCOM 利用研究

ムに雲種識別アルゴリズムを組込んだ。SGLI 観測輝度模擬データを入力として、雲フラグ・雲特性・非偏光エアロゾル特性プロダクトの模擬データを作成した（図 1）。これらをもとに、アルゴリズム最適化に向けた検討と作業を PI らと連携して進めた。また PI ら（東海大）と連携して、GCOM-C プロジェクト下で整備された全天カメラシステムを用いた雲フラグプロダクトの検証手法を開発した。

- 2) SGLI 観測における画素内の雲水平不均質性に起因する雲特性推定のバイアス誤差を、Landsat8 の高空間分解能データを使って模擬・調査した。その結果、このバイアス誤差は「晴域の混入」に起因するものと「雲微物理特性自体のばらつき」に起因するものに分けられることを突き止めた。さらに、これらのバイアス誤差を画素内の輝度の分散・共分散行列の関数としてモデル化し、SGLI の実観測データからこのバイアス誤差を逆推定するためのアルゴリズムも開発した（図 2）。
- 3) 外部研究者（NASA/JPL、理研など）と協力して、可視赤外イメージャによる雲粒粒径鉛直分布推定の実現可能性を検討した。さらに、数値雲モデル・放射伝達コード・雲特性アルゴリズムを用いた事前計算に基づいて、MODIS 雲粒有効半径プロダクトから水雲の雲粒粒径鉛直分布を推定するアルゴリズムを試作し（図 3a）、結果を CloudSat/CPR プロダクトと統計的に比較した（図 3b）。また本研究の将来的な適用を見据え、SGLI 雲特性アルゴリズムのひまわり 8 号への適用準備を行っている。

#### 4. 研究成果

今年度の研究結果から得られる成果をまとめる。

- 1) 雲フラグ、雲特性、非偏光エアロゾル特性アルゴリズムの打上げ版コードを作成し、GCOM-C 打上げ準備に貢献した。全天カメラシステムによる雲フラグプロダクトの検証手法の開発は、打上げ後の早急な検証作業およびデータリリースに寄与する。
- 2) 画素内の雲水平不均質性に起因する雲特性推定のバイアス誤差の調査結果および開発した逆推定手法は、SGLI 雲特性プロダクトの検証や空間分解能の異なる可視赤外センサ間での雲特性プロダクトを複合利用する際の結果の解釈に役立つ。
- 3) SGLI などの可視赤外観測から雲粒粒径鉛直分布推定が可能であることを示した。SGLI の広い観測幅、ひまわり 8 号の時系列観測などの利点により、雲エアロゾル相互作用にも関連する雲成長過程の理解に貢献できるデータが提供できると期待できる。

#### 5. 今後の展望

打上げ版コードの作成および SGLI 模擬データを用いた試走により、プロダクトの高精度・の高品質化に向けた新たな課題が明らかになった。来年度も PI らと連携して各アルゴリズムの SGLI への最適化を進める。本年度開発した 2 つのアルゴリズム（雲水平付不均質性に起因する雲特性推定のバイアス誤差の逆推定法、可視赤外観測からの雲粒粒径鉛直分布推定法）を高精度化・プロダクト化を目指す。また、ひまわり 8 号への適用も進める。本研究による雲フラグ・雲特性・非偏光エアロゾルの各アルゴリズムに関する知見は、SGLI のみならず JAXA の他の環境観測衛星センサ（EarthCARE/MSI、GOSAT/CAI など）でも適用可能であり情報共有を進めたい。可視赤外イメージャを軸とした雲成長過程リモートセンシングのために、EarthCARE 搭載センサや GCOM-W の複合利用の検討も進める。

---

#### 4. GCOM 利用研究

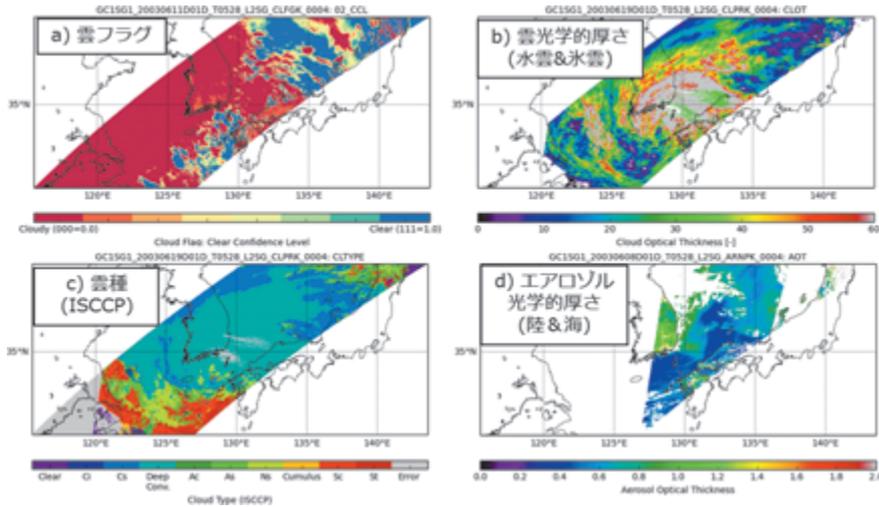


図1 SGLI 観測輝度模擬データを入力にして作成した SGLI 雲フラグ・雲特性・非偏光エアロゾルプロダクト: a) 雲フラグ、b) 雲光学的厚さ、c) ISCCP 定義による雲種、d) エアロゾル光学的厚さ

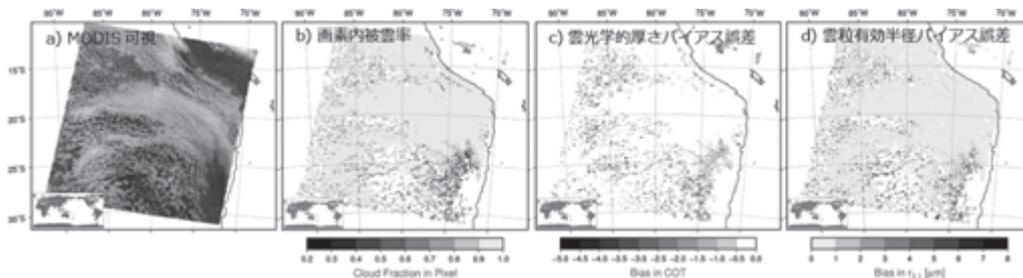


図2 新規開発したアルゴリズムの MODIS 観測への適用例: a) MODIS 可視反射率。アルゴリズムで推定した b) 画素内の被雲率、c) 雲水平不均質性に起因する雲光学的厚さの推定のバイアス誤差、d) 雲水平不均質性に起因する雲粒有効半径の推定のバイアス誤差。

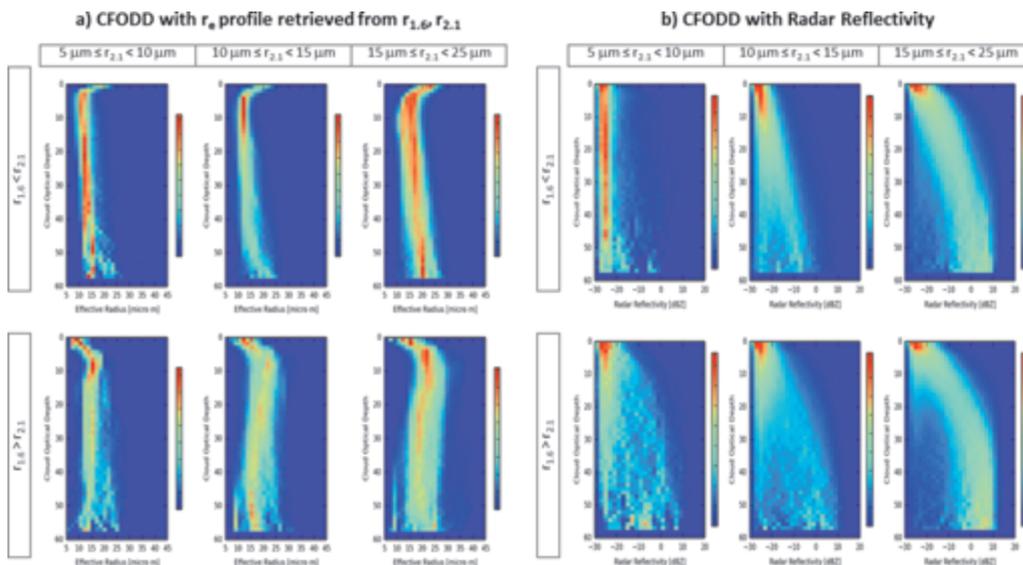


図3 a) 新規開発したアルゴリズムで MODIS 雲特性プロダクトから推定した水雲の雲粒有効半径鉛直分布に関する Contoured Frequency by Optical Depth Diagram (CFODD)。b) 同時期の CloudSat/CPR レーダ反射率プロダクトから作成した CFODD。

4. GCOM 利用研究

### Publication

1. Letu, H., T. M. Nagao, T. Y. Nakajima, and Y. Matsumae, 2014: Method for validating cloud mask obtained from satellite measurements using ground-based sky camera. *Applied Optics*, 53, 7523-7533.
2. Nagao, T. M., T. Y. Nakajima, H. Letu, and H. Okamoto, 2014: Cloud microphysical properties as seen from spaceborne passive multi-spectral imagers: interpretation in terms of vertical and horizontal inhomogeneity by using modeling and other spaceborne instruments. *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan*, 12, Tn\_1-Tn\_6, 2014.
3. Nakajima, T. Y., T. M. Nagao, H. Letu, and H. Okamoto, 2014: Synergistic use of spaceborne active sensors and passive multispectral imagers for investigating cloud evolution processes. *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan*, 12, Tn\_19-Tn\_24, 2014.

## 4.5 GCOM-C 地表面温度プロダクト検証に向けた Flux Tower のデータ解析

宮崎 理紗

## 1. はじめに

2016 年度打ち上げ予定の気候変動観測衛星 (GCOM-C) は、多波長光学放射計 (SGLI) を搭載し、長期間全球規模で地球環境や気候の変動を観測することができるリモートセンシング衛星である。大気圏・陸圏・海洋圏・雪氷圏の多分野に渡る 29 個の標準プロダクトが定義されており、現在各プロダクトに対する校正検証を行うための準備が進められている (1 月 PI 合同 WS)。

本研究では、陸圏標準プロダクトの一つである地表面温度 (LST) の検証に向けた地上データ解析を行っている。解析結果を用いて、気温から地表面温度を推定する補正式を構築することで、キャンペーン観測に比べ時間的・空間的に幅広く、データ数が格段に増える地上データを用いた新しい検証手法の確立を目的としている。

## 2. 研究計画

衛星データを用いて「地球環境のモニタリング、モデリング及び予測の精度向上に貢献する」(第 3 中期計画) ために、SGLI 標準プロダクトの精度・品質評価を行うためのシステムを構築することを計画している。

今年度の主な計画は、

- ①陸圏標準プロダクト LST に対する新しい検証手法を検討すること
- ②今年度末に予定されている校正検証計画書の改訂に向け、現状の検証手法に対し PI や関係者にヒアリングして取りまとめを行うこと

であった。この他にも、リモセン基本技術の習得や高次アルゴリズムの地上処理情報の取りまとめを行う。

## 3. 研究内容

新しい LST の検証手法として、全球規模で定常的に観測されている気温データから推定した LST を検証用の観測値として用いることで、時間的・空間的に幅広く、豊富なデータ数を用いて検証が行えることを目的としている。そのために本研究では、フラックスタワーのデータを用いて気温から LST を推定する補正式の構築を行っている。

データ解析の対象サイトとして、広葉樹林・針葉樹林・草地の被覆を代表する 3 箇所のフラックスタワーを選出した。SGLI データの検証に用いるためには、できる限り均質な観測サイトである必要がある。そのため、AmeriFlux と AsiaFlux に登録されている広葉樹林、針葉樹林、草地の観測サイト (計 263 地点) の中から、高度データ (GTOPO30) と土地被覆分類データ (GlobCover2009) を用いてできるだけ均質な観測サイトとして表 1 に示す 3 サイトを選出し、解析を行った。

地表面の熱収支の式をもとに、LST に強く影響を与える日射量と風速を変数として、LST と気温の関係を簡略化した補正式を構築した。

$$T_s = \frac{1}{\alpha} \frac{R_n}{U} - \beta + T_a$$

$$(\alpha = c_p C_H, \beta = l\beta_e(q_{SAT} - q_a)/c_p)$$

## 4. GCOM 利用研究

ここでは  $T_s$  は地表温度、 $T_a$  は気温、 $R_n$  は正味放射、 $U$  は風速、 $c_p$  は定圧比熱、 $C_H$  はバルク係数、 $l$  は気化の潜熱、 $\beta_e$  は蒸発効率、 $q_{SAT}$  は飽和比湿、 $q_a$  は比湿である。

$\alpha, \beta$  はサイトごとに決まる定数とみなし、各サイトにおける  $\alpha, \beta$  を観測データの解析から決定した。 $(\alpha, \beta$  が被覆や樹種に応じて共通の代表値を設定できるか、それらの代表値の間で物理的な関連性が存在するかどうか、ということに対しては、今後他の複数のサイトで同様の解析を行うことで検証していく予定である。)

#### 4. 研究成果

フラックスタワーサイトで観測された気温を正味放射・風速で補正した結果、RMSE は広葉樹林サイトで  $0.9^\circ\text{C}$ 、針葉樹林サイトで  $1.6^\circ\text{C}$ 、草地サイトで  $1.7^\circ\text{C}$  の精度で LST を推定することができた (図 1 のカラー)。これは単純に気温との比較 (図 1 の灰色) から LST を推定した場合の誤差 (それぞれ  $1.4^\circ\text{C}$ 、 $3.9^\circ\text{C}$ 、 $6.6^\circ\text{C}$ ) に比べ、非常に小さくなっている。特に草地サイトでの推定誤差の改善が大きい。これは草地では日変化・季節変化に対して風速の変化幅が大きく、風速に応じた大気の状態が地表と大気との温度差に強く影響しているためと考えられる。

風速と日射量の補正から推定した LST の推定精度 ( $0.9 \sim 1.7^\circ\text{C}$ ) は SGLI のリリース精度 ( $3^\circ\text{C}$ ) に比べ十分に小さい。

また、9月のPI検証WS、1月のPI合同WSでの議論を反映した、校正検証計画表の改訂を行い、各PIや関係者に展開した。(改訂した校正検証計画表は今年末に改訂予定の校正検証計画書に反映させる予定である。) 地上処理情報に関しては、1月までに提出された各プロダクトのアルゴリズムに対する評価結果を反映した表を地上系システム (MOS) に提出済みである。

表 1 本研究で解析の対象とした Flux Tower サイト。広葉樹林・針葉樹林・草地の代表サイトとして選出した。各サイトの地上データを用いて算出した推定式の各係数と、本研究で推定した LST の観測値に対する RMSE も付記してある。

被覆	Flux Tower サイト情報			結果		
	Site Name	Site code	Flux network	推定式の係数		推定 LST RMSE [ $^\circ\text{C}$ ]
				$\alpha$	$\beta$	
広葉樹林	Willow Creek	US-WCr	AmeriFlux	131.6	0.07	0.9
針葉樹林	Metolius	US-Me6	AmeriFlux	30.9	0.8	1.6
草地	Yanco	AUY	AsiaFlux	7.3	1.0	1.7

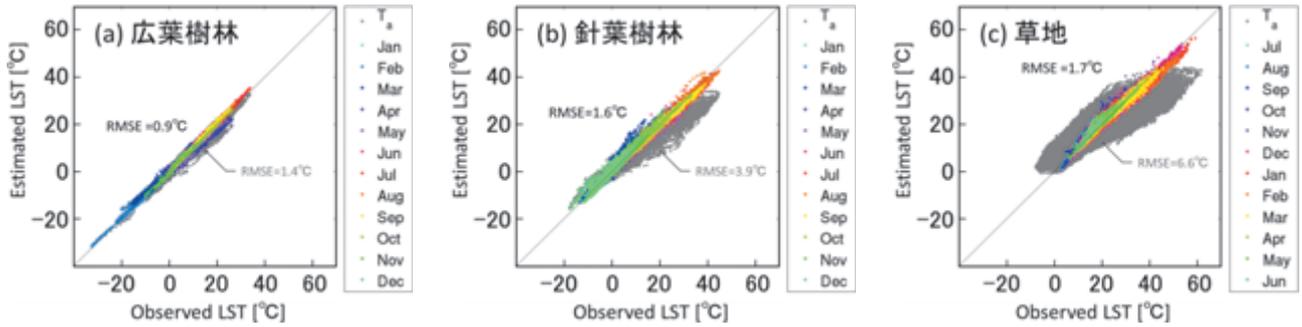


図1 気温から推定した地表面温度（縦軸）と観測された地表面温度（横軸）との比較。(a) 広葉樹林：Willow Creek、(b) 針葉樹林：Metolius、(c) 草地：Yanco。灰色は気温と直接比較した場合（RMSE= (a) 1.4°C, (b) 3.9°C, (c) 6.6°C）、カラーは風速と日射量で補正した気温を用いて推定した場合（RMSE= (a) 0.8°C, (b) 1.6°C, (c) 1.7°C）。

## 5. 今後の展望

本研究で進めている LST 検証に関する今後の展望として、

- ① 同被覆他サイトで同様の地上データ解析を行い、推定式の係数の物理的意義（土壌水分や被覆に対する依存性など）を決定する
- ② JASMES（JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies）用の LST 準リアルモニタリングの比較用地上データとして本研究で推定した LST を提供する

ことを予定している。①はモデリング及び予測の精度向上に、②は衛星データによる LST のモニタリングの精度向上に貢献することを目標とする。

また、再来年度の打ち上げに向け、他プロダクトの検証手法の詳細化、高次プロダクト処理情報の取りまとめ、準リアルモニタリング HP の改良についても引き続き進める予定である。

## 謝辞

GTOPO30 : <https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>

GlobCover2009 : <http://due.esrin.esa.int/globcover/>



AmeriFlux

Willow Creek (US-WCr)



AsiaFlux

: P. Bolstad & A. Desai

Metolius (US-Me6)

: B. Law

Yanco (AUY)

: J. Walker, J. Beringer, C. Rudiger, E. Daly & H. Tsutsui

## 参考文献および関連する外部発表

PI 合同 WS : [http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM/meeting/jointpi2014/index\\_j.html](http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM/meeting/jointpi2014/index_j.html) (2015年1月、東京)

宮崎、堀、村上、中島孝 : 「GCOM-C/SGLI プロダクトの校正検証計画概要」、秋季気象学会 P391 (2014年10月、博多)

宮崎、堀、村上 : 「気温から推定する地表面温度を用いた新しい検証手法の検討」、生態系セミナー <http://pen.agbi.tsukuba.ac.jp/~RStiger/hiki/> (2015年1月、国立環境研究所)

## 4. GCOM 利用研究

## 4.6 積雪を対象としたマイクロ波放射伝達モデル・アルゴリズムの検討

筒井 浩行

### 1. はじめに

積雪が地球規模の水循環変動や気候変動に及ぼす影響を定量的に理解するためには、全球スケールで、かつ時・空間的に連続した積雪水量をモニタリングする必要がある。しかしながら積雪深アルゴリズム等によるマイクロ波に基づく積雪水量の推定には多くの課題が残っており、その解決が必要である。さらに近年、永久凍土域における活動層の増大とそれに伴う温室効果ガスの放出・森林減退の拡大が深刻化しているが、その評価を行うためには、積雪に覆われた土壌の水分量とその凍結を積雪と共に正確に評価する必要がある。そこで本研究では、これらの課題を評価するために、積雪深アルゴリズムの再構築と積雪・凍土を対象としたデータ同化システムを開発することを目標としている。

### 2. 研究計画

第3期中期目標 [1. 宇宙利用拡大と自律性確保のための社会インフラ] における「地球環境のモニタリング、モデリング及び予測の精度向上への貢献」を目標に、今年度から来年度にかけて、AMSR2積雪深標準プロダクト改良のための開発者への支援を行う。また今年度は、積雪・凍土を対象としたマイクロ波放射伝達モデルを開発し、それに基づく乾雪を対象とした積雪深アルゴリズムを検討する。さらに来年度以降、乾雪に、ある程度の湿雪を評価することのできるモデルを加え、積雪深アルゴリズムを再構築する。また積雪・凍土を対象としたデータ同化システムを開発し、アルゴリズムのみでは解決できない課題について検討する。さらに同化システムと積雪深アルゴリズムを併用し、積雪に覆われた土壌の水分量変化とその凍結を考慮して積雪深推定精度の向上を図る。また同目標における「共通的な地上システム等の開発・運用」を目標に、AMSR2 土壌水分・積雪深標準プロダクトの検証のための AMSR2 観測実験サイト（シベリア・オーストラリア・モンゴル）における陸面水文量データの品質チェックを行い、整理する。

### 3. 研究内容

#### 3-1. 自身のマイクロ波放射伝達モデル・アルゴリズムに関する検討

##### 3-1-1. 積雪・凍土を対象としたマイクロ波放射伝達モデルの開発

これまでは、積雪マイクロ波放射伝達モデル（以下、RTM）として単層モデルを用い、多くの積雪・土壌パラメータに仮定値を用いていた。また植生や凍土などの積雪深推定に影響を与える要素は、RTMに組み込まずにルックアップテーブル（以下、LUT）を作成する段階で考慮していた。このように現実と大きく乖離するモデルによりアルゴリズムを構築していたため、評価が不十分な影響因子の誤差のしわ寄せが他の要素に影響を与え、推定精度の向上にはなかなか結びつかなかった。そこで本研究では、RTMをより現実に近づかせることから検討を行った。

**【層構造】** 現在の RTM は、アルゴリズムにおける LUT 数の削減を考え、半無限土壌層の上に単層の積雪が被覆されたシンプルな層構造を適用していた。本研究では、将来的な分布型流出モデル（WEB-DHM-S）との結合を想定し、本モデルで用いられている SiB2 の層構造に整合させ、積雪層を表層（新雪 0-2cm）・中間層（しまり雪 0-15cm）・最下層（ざらめ・しもざらめ雪層）の 3 層構造とした。また

## 4. GCOM 利用研究

土壌凍結や土壌からのマイクロ波射出を考えるために、4層（0～-10cm, -10～-20cm, -20～-40cm, -40～-60cm）の根茎層を考えた。

**【積雪密度】**現在のRTMでは、積雪密度を200 kg/m<sup>2</sup>に仮定しているが、実際の積雪では、エイジング効果により下層程、積雪密度が増大することを考慮し、表層・中間層・最下層、それぞれに100 kg/m<sup>2</sup>・200 kg/m<sup>2</sup>・300 kg/m<sup>2</sup>の積雪密度を設定した。

**【積雪含水率】**本年度の計画では、乾雪のみを対象としたRTM・アルゴリズムを検討する予定であったが、予定を変更し、Debye-Like Semi-Empirical Model (Arslan *et al.*; 2001)を適用し、アルゴリズムにおいて、ある程度の湿雪を評価することができるように改良した。

**【植生水分量】**現在、植生水分量による光学的厚さの影響は、RTMに組み込まれておらず、MODIS NDVIから経験式により求めた光学的厚さをRTMにより計算したLUTに付加する形式をとっている。本研究では、MODIS LAI（葉面積指数）から植生パラメータ  $b' \cdot x$  を Paloscia and Pampaloni (1988)・Ulaby and Wilson (1985)の理論により算定するプロセスをRTMに組み込んだ。

**【地表面粗度】**一般的にマイクロ波領域では、雪面粗度による表面散乱を無視するため、これまではRTMに考慮していなかった。しかし土壌凍結や土壌からのマイクロ波射出を考える上で、積雪との境界面となる土壌表面の表面散乱は重要な要素となる。そこで土壌表面にAdvanced integral equation model (AIEM, Wu *et al.*; 2008)を導入し、土壌表面における表面散乱を評価するスキームを導入した。

**【凍結土壌】**これまでは、DMRT (Tsang; 1992)により土粒子と氷、それぞれの複素比誘電率から凍結土壌層の消散係数  $K_e$ ・単一散乱アルベド  $\omega$  を求め、凍結土壌層と積雪層から成るRTMを作成してLUTを計算し、凍結土壌域に適用していた。しかし本研究では、Dobsonの式に氷の項を加え、凍結土壌の複素比誘電率を算定するプロセスをRTMに直接組み込んだ。

### 3-1-2. 積雪・凍土を対象とした積雪深アルゴリズムの検討

#### (1) 積雪深アルゴリズム再構築の検討

新たに開発したRTMに基づき積雪深アルゴリズムを再構築するためには、最適な各種パラメータを設定する必要がある。そこで各種パラメータの設定を行った。

**【雪粒子の成長】**雪粒子成長モデルは幾つか存在するが、附属データ数の制限を考慮し、根雪の経過日数から雪粒子成長を評価することのできる Sturm and Benson (1997)のモデルの適用を考えた。サンプル数は少ないが、過去、シベリア検証サイトにおいて取得した雪粒子サイズとの検証を行い、比較的良好な整合が確認されたため、本モデルを採用した。

**【植生水分量】**全球の多様な植生を評価するためには、様々な植生タイプの植生パラメータ ( $b', x$ ) を決定する必要がある。最盛期の植生パラメータを提案した先行研究は、多く存在するが、地表面が積雪により覆われる直前の枯渇期の植生パラメータを研究した事例はほとんど無い。そこで東京大学附属農場（西東京市）の観測圃場において、地上マイクロ波放射計により様々な植生タイプ（枝豆・燕麦・小麦・コーンなど）からのマイクロ波放射輝度温度を植生水分量・温度と共に観測し、枯渇期における植生パラメータを算定した。さらに算定した枯渇期の植生パラメータ ( $b', x$ ) を ESA Glob Cover データセットの植生タイプに当てはめて、植生パラメータの全球マップを作成した。また LAI（葉面積指数）としては、地表面が積雪により覆われる前の9月中旬のMODIS LAI データセットと用いた。

## 4. GCOM 利用研究

【凍土】凍土域の判定には、NSIDC Permafrost/Ground ice map を用いた。これまで凍土域であっても土壌の表層タイプ、含水率や水平方向の連続性によりマイクロ波による積雪推定に影響を及ぼさないケースがあることを NSIDC SWE（積雪等価水量）を用いた分析により把握しているため、アルゴリズム検証改良過程において、その点についても検討したいと考えている。またアルゴリズムのみでは、凍結土壌の評価を行うことが困難であるが、精度の良い凍土・積雪データ同化システムが開発された場合、その出力をアルゴリズムに適用したいと考えている。

【土性・土壌の密度・間隙率】AIEM による地表面散乱を評価する上で、土性（砂/粘土）・土壌密度・間隙率が重要なパラメータとなる。そこで、土性（砂/粘土）・土壌密度の全球データとして、Harmonized World Soil データベースを用いた。また間隙率については、土壌密度 ( $\rho_s$ ) を関数とした ISLSCIP の間隙率算定式を用い、全球データを作成した。

【土壌水分・地温】これまで土壌水分を 3%、地温は推定雪温と同じという仮定を用いていた。しかし、マイクロ波放射伝達モデルを積雪のみでは無く、土壌も評価できるよう改良したため、土壌水分・地温もパラメータとして評価する必要がある。しかし、積雪下の土壌水分・地温の全球データはほとんど無い。そこで GLDAS Community Land Model (CLM) の土壌水分・地温全球データを用いた。

#### (2) チベット高原における疎らな積雪分布評価手法

チベット高原には、疎らな積雪分布が形成される。これに対して、マイクロ波リモートセンシングに基づく積雪深アルゴリズムは、地表面を一様に被覆する過大な積雪を推定してしまう。これはチベット高原の土壌が乾燥・凍結しているのに対し、土粒子の複素比誘電率が、氷粒子の複素比誘電率とほぼ等しいため、マイクロ波センサが、疎らに分布する乾雪と乾燥・凍結した土壌を区別することができないことが原因と考えられる。マイクロ波によるチベット高原における積雪の過大推定を解消するために、チベット高原における乾雪と乾燥・凍結した土壌との微小な体積散乱の相違をマイクロ波の高周波帯と低周波帯の輝度温度の比により検知する手法を見出した。さらに乾雪を透過し土壌表面付近の情報を検知する 19GHz 帯と土壌表層内部を検知する 6GHz 帯との比によりチベット高原における土壌の凍結を検知するための手法を見出した。

しかし、本手法を検証するための地上観測データがほとんど存在しないため、10m の高空間分解能を有する AVNIR2 データを用い、高原上の積雪分布を求め、3,205 ピクセルを対象に、積雪深アルゴリズムによる積雪分布との適合率（雪の有無）を検証した。その結果、74% の適合率を確認し、本手法を積雪深アルゴリズムに適用した。

本研究の計画時点では、現行の積雪深アルゴリズムを改良することを想定していたが、RTM の大幅な変更に伴い、根本的にアルゴリズムを見直す必要があることが分かり、現在、多くの LUT の整備とアルゴリズムの書き換えを行っている。

### 3-2. AMSR2 積雪深標準プロダクトに関する検討

#### (1) 積雪深推定誤差の原因に関する調査

今年度末の AMSR2 積雪深標準プロダクトの改訂に向け、積雪深推定誤差の原因について東ユーラシア 197 地点を対象に調査を行った。その結果、誤差の原因が、プロダクトの森林評価と実際の森林との乖離、森林以外の植生の評価不足、凍土の評価不足やアルゴリズムでは解決が困難な雪面融解・積

## 4. GCOM 利用研究

雪内の水分残留・氷板などにあることを理解し、プロダクト開発者に報告した。その結果、プロダクト開発者により特に森林の評価に改良が施された。

#### (2) チベット高原における疎らな積雪分布推定手法の提案と導入

AMSR2 積雪深標準プロダクトによる推定結果にも、チベット高原における積雪深の過大推定が生じていた。そこで前述のチベット高原における疎らな積雪分布評価手法の適用を考えたが、本プロダクトには、土壤凍結の評価プロセスが考慮されていなかったため、乾雪と乾燥凍結土壌との相違の検知手法のみを用い、同 AVNIR2 データに基づく積雪分布との適合率（雪の有無）が最も高くなる閾値を求め（最適閾値 1.03）、チベット高原の積雪分布を推定した。その結果、高原特有の疎らな積雪分布を再現することができた。この結果をプロダクト開発者に報告した結果、本手法が AMSR2 積雪深標準プロダクトに採用された。

#### (3) AMSR2 積雪深標準プロダクトによる積雪深長期推定検討

SSM/I から AMSR2 までの 25 年を超えるマイクロ波輝度温度データセットを用いて、AMSR2 積雪深標準プロダクトにより全球を対象とした長期積雪深推定を行うための準備検討を行った。SSM/I・SSMIS には存在しない 10GHz が、AMSR2 積雪深標準プロダクトにおいて使用されているため、10GHz の輝度温度を 19GHz から求めるための変換式について AMSR2 積雪深検証サイト 1,007 地点を対象に 2002 年 10 月から 2011 年 3 月（10 年間）にかけて、AMSR-E データで検討した。本変換式により得られた輝度温度を積雪深標準プロダクトに入力した場合の積雪深をチェックし、さらに SSM/I・SSMIS へ拡張する必要があるが、本年度末に AMSR2 積雪深標準プロダクトの改訂が予定されていたため、本検討は、その改訂後に行うよう方針を変更した。また 25 年を超える全球積雪深長期マップを、どのように活用できるかをもう少し具体的に考えた上で、検討の継続を判断したいと考えている。

### 3-3. AMSR2 観測実験サイトにおける観測データの品質チェックと定常的取得

AMSR2 シベリア検証サイト（ロシアサハ共和国ヤクーツク 7 地点）では、2002 年 10 月から現在までの 12 年分の積雪深観測データを取得している。本年度は、2013 年 10 月から 2014 年 5 月までの積雪深データの品質を現地積雪断面写真との比較を通じた品質チェックを行った。また AMSR2 オーストラリア検証サイト・モンゴル検証サイトの観測データについては、同時に、気温・相対湿度・気圧・地表面放射温度の品質を確認することのできる日射量・放射量の理論値との比較を行い、その品質をチェックした。

## 4. 研究成果

- (1) 積雪・凍土を対象としたマイクロ波放射伝達モデルを開発した。
- (2) 日本の気象に密接に関わるチベット高原の積雪水量の定量的モニタリングへの貢献を考え、AMSR2 積雪深標準プロダクトへチベット高原特有の疎らな積雪分布を再現する手法を適用した。以上は、僅かではあるが、第 3 期中期目標 [1. 宇宙利用拡大と自律性確保のための社会インフラ] における「地球環境のモニタリング、モデリング及び予測の精度向上」に貢献できたのではないかと考えている。

## 4. GCOM 利用研究

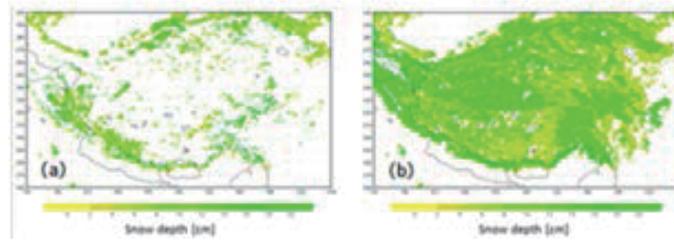


図-1 チベット高原積雪分布の推定結果：(a) 改良 AMSR2 積雪深標準アルゴリズム、(b) 現行アルゴリズム

(3) シベリア検証サイトの積雪深データ（12年分）の品質を確認し、データベースとして整理した。本データは、近々、一般公開される予定にあり、第3期中期目標「1. 宇宙利用拡大と自律性確保のための社会インフラ」における「共通的な地上システム等の開発・運用」に僅かではあるが貢献できたのではないかと考えている。

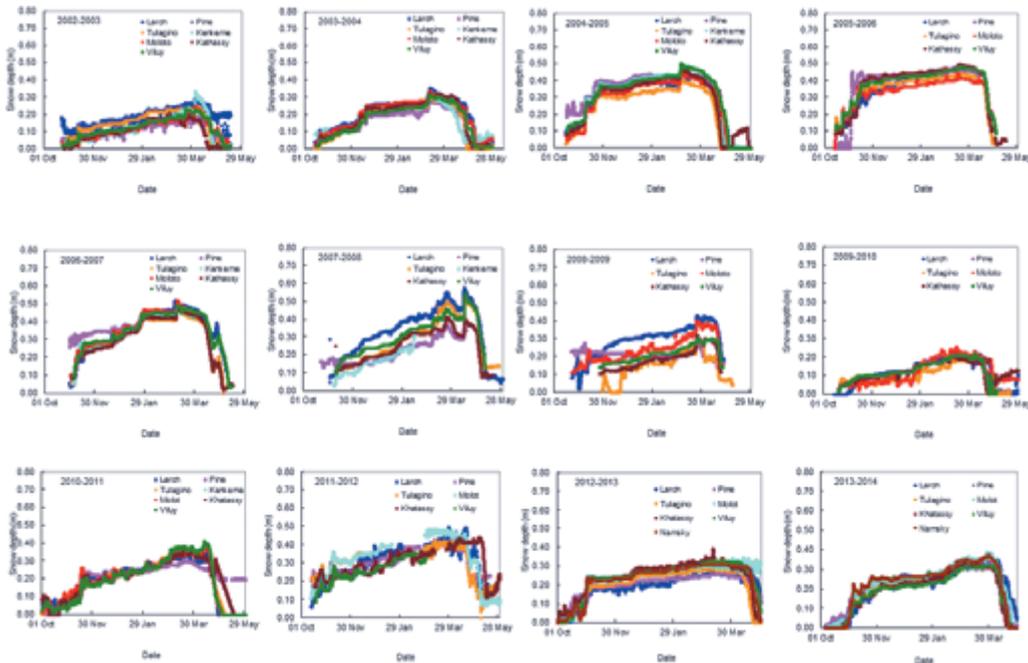


図-2 シベリア検証サイトにおける積雪深地上観測データセット

### 5. 今後の展望

本研究では、積雪深アルゴリズムの再構築と積雪・凍土を対象としたデータ同化システムの開発を目標としている。これらを併用することにより、積雪のみでは無く、その下の土壌についても評価し、積雪量とその下の土壌の水分量変化や凍結度合を全球スケールでモニタリングしたいと考えている。さらに可能であれば深刻化する永久凍土域における活動層の増大とそれに伴う温室効果ガスの放出・森林減退の拡大についても解析したいと考えている。

### 4. GCOM 利用研究

## 4.7 GCOM-W1/AMSR2 L1R プロダクトのバージョンアップ

前田 崇

## 1. はじめに

AMSR2 のように単一の主反射鏡を複数の周波数の受信器で共有するマイクロ波放射計の場合、同一時刻の観測に由来する観測値であっても、各周波数の観測領域・感度は大きく異なる（図1）。この観測領域・感度の違いを解消しないまま複数の周波数の輝度温度を使ってアルゴリズムを開発しても、潜在的な誤差要因は残ったままになる。AMSR2 では観測したままの（観測領域・感度の違いが残ったままの）輝度温度プロダクトである L1B プロダクトに対して、周波数間の観測領域・感度の違いを補償した輝度温度プロダクトとして L1R プロダクトが定義されている。L1R プロダクトの検証を通じて周波数間の観測領域・感度の違いを最小化することは、自身の研究（陸面物理量のリトリーバル）にも大いに資するところであり、昨年度から取り組んでいる L1R プロダクトの品質の向上のための検討を今年度は更に発展させ、新バージョンを公開することができた。本稿では今年度の検討結果を中心に述べる。

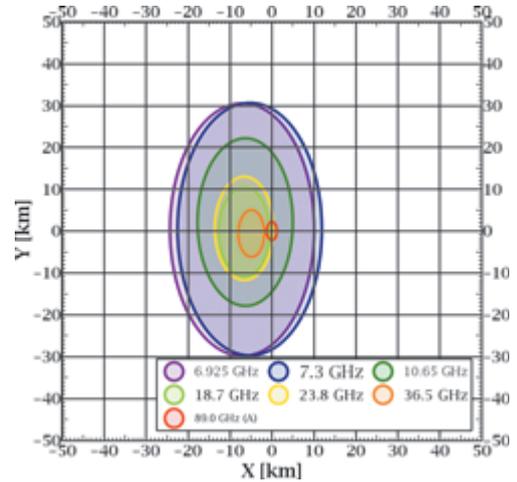


図1. 1回の観測でのアンテナパターンの大きさを中心位置

## 2. L1R プロダクトの概要と今年度における改善の検討

周波数間の観測領域・感度の違いは、アンテナパターンの違いに起因している。従って、周波数間の観測領域・感度の違いを解消するには、アンテナパターンの違いを解消すればよい。例えば、6.925 GHz の大きなアンテナパターンに対して、89 GHz の小さなアンテナパターンは数秒程度の時間差で密集している。これらを全体として 6.925 GHz のアンテナパターンに精度よく近づけるための適切な重み係数を求める（重み付け手法は Backus-Gilbert 法と呼ばれる）。各 89 GHz のアンテナパターンで観測された輝度温度をこの重み係数で合成すれば、6.925 GHz のアンテナパターンで疑似的に観測された（リサンプリングされた）89 GHz の輝度温度が求まる（図2）。

複数の小さなアンテナパターンで大きなアンテナパターンを正確に模擬するために研究すべき課題は、以下の3点である。

1. 軌道上から地球に投影したアンテナパターンの可能な限り正確な再現
2. 目標とする大きなアンテナパターンを模擬するための小さなアンテナパターンの合成範囲の最適化
3. Backus-Gilbert 法には、スムージングファクター ( $\kappa$ ) と呼ばれる、合成結果の品質を決定するためのパラメータが定義されているが、その最適化

1, 2 については昨年度に検討を行い、新バージョンの L1R プロダクトを生成するプログラムへの実

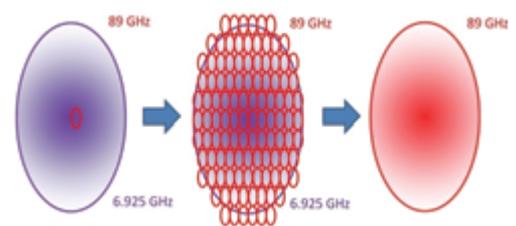


図2. L1R プロダクトの概念（89 GHz のアンテナパターン群で 6.925 GHz のアンテナパターンを近似する例）

## 4. GCOM 利用研究

装も完了している。今年度は3に関する検討を進めた。

まず、アンテナパターン  $G_i$  で観測された輝度温度を  $T_{Bi}$  とする ( $i=1, \dots, N$ )。  $G_i$  に覆われるアンテナパターン  $F$  で観測されるはずの輝度温度  $\hat{T}_B$  を

$$\hat{T}_B = \sum_{i=1}^N a_i T_{Bi}$$

と表し、重み係数  $a_i$  を求める方法が Backus-Gilbert 法である。Backus-Gilbert 法では、予め決めておいた  $\kappa$  に対して、 $\sum a_i = 1$  という制約条件の下で

$$\text{Fit Error} = \int_S \left| F(\rho) - \sum_{i=1}^N a_i G_i(\rho) \right| dS$$

が最小になるような  $a_i$  を求める。Fit Error とは実際に合成されたアンテナパターンと、目標とするアンテナパターンの「見え方」の違いである。Fit Error が 0 であれば両者は完全に同じ「見え方」を持ち、 $a_i$  と  $G_i$  によって  $F$  が完璧に再現できたことを意味する。 $\kappa$  を最適化するための1番目の要請は「真に Fit Error を最小にする  $\kappa$  であること」である。

一方、 $a_i$  は正・負いずれの値も取りうる。例えば、 $G_i$  の両側に  $G_{i+1}$  と  $G_{i-1}$  が位置し、それらが  $G_i$  とほとんど重なる場合を考える。 $G_i$  に観測される領域を  $G_{i+1}$  や  $G_{i-1}$  も強い感度で観測しており、 $F$  を再現する上で  $G_i$  に覆われた領域における  $G_{i+1}$  と  $G_{i-1}$  の影響を緩和する必要があるならば、 $G_i$  に対応する  $a_i$  は負になる。ただ、|負の  $a_i$ | の和が増えると、 $\sum a_i = 1$  という制約条件から大きな絶対値を持つ  $a_i$  が増え、その  $a_i$  に対応する  $G_i$  が Fit Error をもたらし領域を含む可能性がより高まる。その結果、Fit Error をもたらし領域を観測した  $T_{Bi}$  が  $a_i > 0$  ( $a_i < 0$ ) なら  $\hat{T}_B$  を求める上で過大 (過小) に評価され、 $\hat{T}_B$  を意図しない値にしてしまう (悪影響を及ぼす)。通常の条件では Fit Error を 0 にすることはできないため、「|負の  $a_i$ | の和を増やさないこと」が  $\kappa$  を最適化するための2番目の要請となる。|負の  $a_i$ | の和がどの程度増えたかは  $\sum |a_i|$  を使って評価した。|負の  $a_i$ | の和が増えるにつれて、 $\sum |a_i|$  は増加する。

どの程度の  $\sum |a_i|$  の増加が許容されるかは地球のどこを観測しているかに依存するはずである。例えば、 $F$  を再現するための  $G_i$  で観測された  $T_{Bi}$  の範囲が広い場合を考える。Fit Error をもたらし領域を観測した  $T_{Bi}$  が大きな値であれば、たとえ  $|a_i|$  が小さくても  $a_i T_{Bi}$  が  $\hat{T}_B$  に及ぼす悪影響は無視できなくなる。従って、 $T_{Bi}$  の範囲が広いほど、許容される  $\sum |a_i|$  の上限は小さくなる。

一方、 $F$  を再現するための  $G_i$  によって観測された  $T_{Bi}$  の範囲が狭い場合、 $T_{Bi}$  はお互いにある程度の相関を持っている。このため  $\sum |a_i|$  の増加を抑制することが優先され、Fit Error が真に最小でなくなったとしても、そのことが  $\hat{T}_B$  に及ぼす悪影響は小さい。極端な例では、もし  $T_{Bi}$  が全て  $\bar{T}_B$  で等しければ、 $\hat{T}_B$  は Fit Error の値に関わらず  $\bar{T}_B$  になる。従って、 $T_{Bi}$  の範囲が広い場合に設けた  $\sum |a_i|$  の上限は、 $T_{Bi}$  の範囲が狭い場合でも適用可能であるといえる。

$F$  と  $G$  の周波数の組み合わせに関わらず、陸と海の境界部分では  $G_i$  によって観測された  $T_{Bi}$  は広範囲に分布する。このような地域は  $\sum |a_i|$  の上限を決めるには最適である。AMSR2 の場合、全球に分布する島などが GCP (Ground Control Point) に指定され、幾何補正のために使用されている。このことから、観測されたままの輝度温度が格納された L1B プロダクトをリファレンスとして、 $\kappa$  を様々に変化させて得られる L1R プロダクトを GCP の周りに展開し、結果を比較した。比較にあたり、 $\kappa$  に対して以下の4つのルールを定義した。

#### 4. GCOM 利用研究

- i. 常に真に Fit Error を最小にする  $\kappa$  を用いる。この場合、負の  $a_i$  の発生は無制限に許容される。
- ii. 常に  $\sum |a_i| \leq 2$  の条件下で Fit Error を最小にする  $\kappa$  を用いる。
- iii. 常に  $\sum |a_i| \leq 1.5$  の条件下で Fit Error を最小にする  $\kappa$  を用いる。
- iv. 常に  $\sum |a_i|=1$  の条件下で Fit Error を最小にする  $\kappa$  を用いる。この場合、負の  $a_i$  の発生は一切許容されない。

図3はGCPの一つであるハワイ諸島の周りにL1Bプロダクト、ルールi~ivに基づいて決めた $\kappa$ を使って得られたL1Rプロダクトを展開した結果である。L1Bプロダクトは6.925 GHz Vチャンネル、従って比較対象のL1RプロダクトもFとGを6.925 GHz Vチャンネルのアンテナパターンとした。

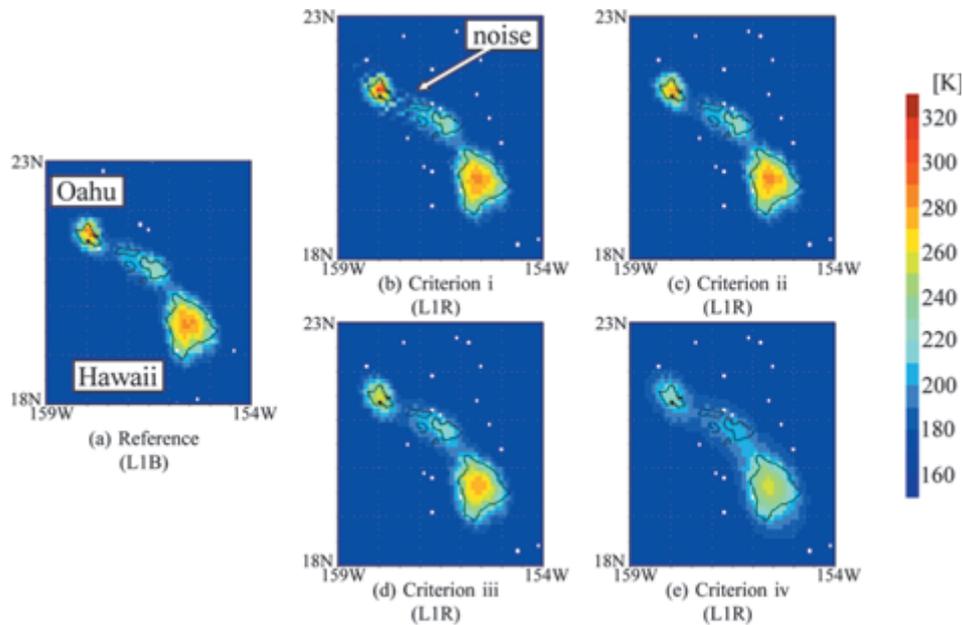


図3. GCPの一つであるハワイ諸島にL1Bプロダクト、ルールi~ivに基づいて生成したL1Rプロダクトを展開した結果。L1Bプロダクトは6.925 GHz Vチャンネル、L1RプロダクトはFとGを6.925 GHz Vチャンネルとしたもの。

まず、リファレンスデータとルールiに基づいて生成されたL1Rプロダクト [図3 (a) と (b)] を比較すると、矢印が示すように、海域に高い $\hat{T}_B$ がノイズとして現れている。ノイズとして現れている $\hat{T}_B$ から見れば、高い $T_{Bi}$ が観測された島の部分が大きなFit Errorをもたらしている領域で、それに対応する $a_i$ が大きな絶対値を持っており、これがノイズの原因である。いずれにせよ、このようなノイズを含むL1Rプロダクトを生成するルールiはL1Rプロダクトを生成するルールとして明らかに不適である。

次に、リファレンスデータとルールivに基づいて生成されたL1Rプロダクト [図3 (a) と (e)] を比較すると、後者は明らかに前者に比べてなまった分布になっている。これは、ルールivでは負の $a_i$ の発生を一切許容しなかったためにFit Errorの値が無視できない程に大きくなってしまい、L1Rプロダクトの $\hat{T}_B$ がFによって観測されたものとは最早言えなくなっていることを意味する。すなわち、島の部分の $\hat{T}_B$ から見れば、海域の低い $T_{Bi}$ が不適切に大きな $a_i$ によって合成されており、ルールivも明らかに不適である。

最後にルールiiとiiiが残るが、図3 (a) と (c) および (d) を特にオアフ島とハワイ島に着目して

比較すると、図3 (d) がややなままっているように見える。従って、ルール ii に基づき、 $F$  と  $G$  の組み合わせ、またスキャン上の  $F$  の位置に合わせて  $\kappa$  を動的に変化させて  $a_i$  を求め、新バージョンの LIR プロダクトを生成することにした。

### 3. 品質評価

図4 (a)、(b) は L1B プロダクトにおいて 6.925 GHz H チャンネルと 18.7 GHz H チャンネルの輝度温度差 ( $\Delta T_B$ ) の 2014 年 3 月の平均値を昇交、降交軌道別にマッピングしたものである。これらの図では 6.925 GHz H チャンネルと 18.7 GHz H チャンネルの観測領域は調整されていない。特に陸域で  $\Delta T_B$  は高い空間分解能で描画されているように見えるが、これは単に 6.925 GHz H チャンネルの輝度温度の変化を背景として 18.7 GHz H チャンネルの輝度温度の変化が目立っているに過ぎない。特に黒線で描かれた海岸線に着目すると、2つのチャンネルの観測領域が異なるため、その海岸線の周りに青線で示された  $\Delta T_B$  が低い部分 (6.925 GHz H チャンネルの観測領域が 18.7 GHz H チャンネルの観測領域よりも先に海域を含んだ) と、赤線で示された  $\Delta T_B$  が高い部分 (18.7 GHz H チャンネルの観測領域が 6.925 GHz H チャンネルの観測領域よりも先に海域を完全に覆った) が現れ、海岸線が縁どられたように縞状になっている。

一方、図4 (c)、(d) は LIR プロダクトにおいて  $F$  を 6.925 GHz H チャンネルのアンテナパターンとした 6.925 GHz H チャンネルと 18.7 GHz H チャンネルの輝度温度差 ( $\Delta \hat{T}_B$ ) の 2014 年 3 月の平均値を昇交、降交軌道別にマッピングしたものである。これらの図では2つのチャンネルの観測領域は 6.925 GHz H チャンネルのアンテナパターンのサイズに調整されており、 $\Delta \hat{T}_B$  はそれぞれの地点における2つのチャンネルのマイクロ波放射特性差を  $\Delta T_B$  よりも正確に表していると言える。実際、縞状の海岸線も現れていない。

もし、 $a_i$  の計算に誤りがある場合、これらの縞状の海岸線は完全には除去できないはずである。ここで示された事例と同様、全ての  $\hat{T}_B$  の組み合わせについて縞状の海岸線が現れないことを確認した。

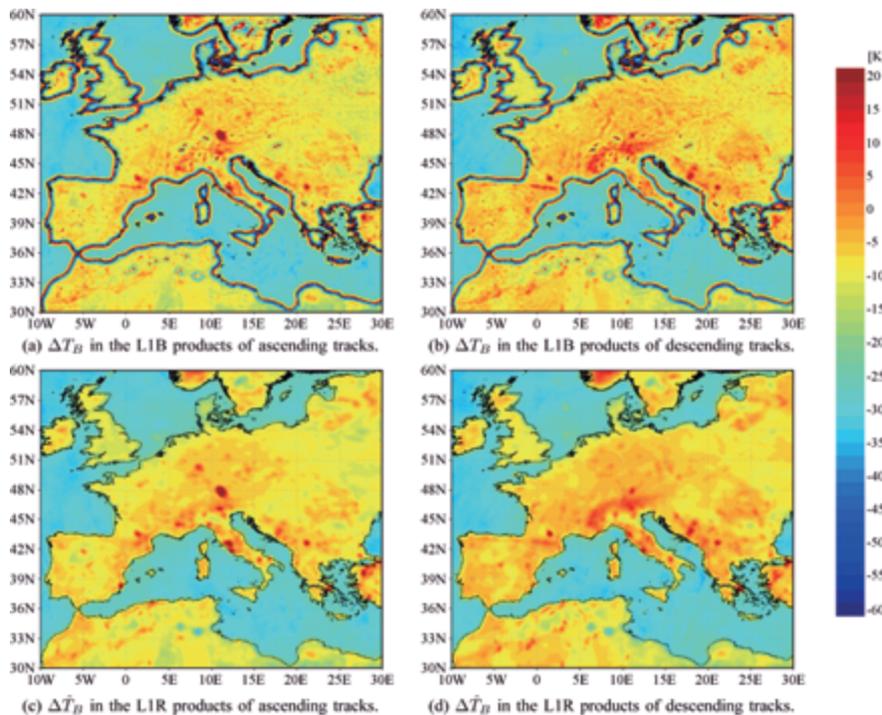


図4. 2014年3月の輝度温度差の分布

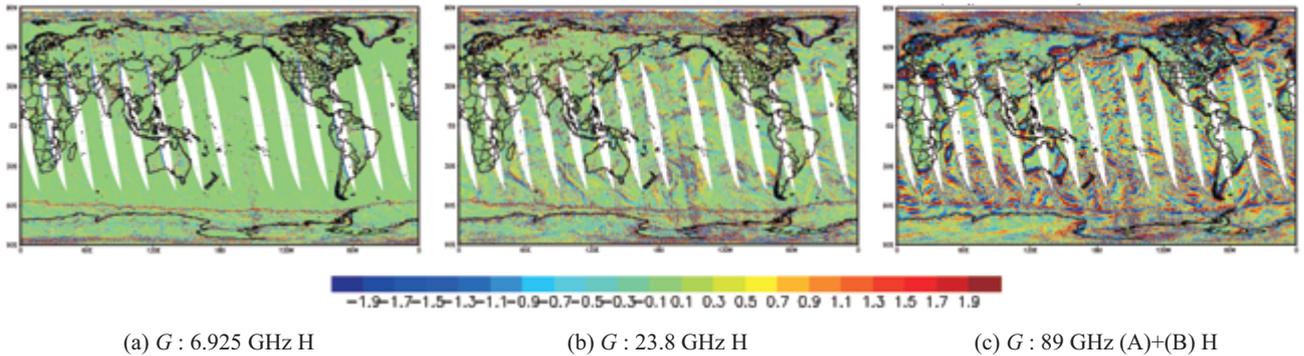


図5. 2014年8月15日昇交軌道におけるL1Rプロダクトバージョン間差異

次に、2014年8月15日の昇交軌道における現行バージョン（1.1）と新バージョン（2）のL1Rプロダクトの差分を図5に示す。図5は全てFを6.925 GHz Hチャンネルのアンテナパターンとしている。バージョン間の差異はGがFよりも小さいほど大きく概ね2K以下となった。昨年度、今年度の検討で数学的により正しく重み係数が求められていることは間違いなく、この差がより真値に近づいた結果であると考えている。

## 5. 分野横断型利用研究

---

## 5.1 横軸・水循環研究グループ活動成果

可知 美佐子・沖 大幹

### 1. はじめに

横軸水循環 RG では、統合的な水資源管理の実現のための信頼のおける水循環情報の提供を目標として、EORC 陸面水循環シミュレーション・システム (YEE) の構築を行っている。第一期 (FY20-24) において、東大から移植した陸面水循環シミュレーション・システム (Today's Earth) を、EORC にて衛星や客観解析値の入力を追加した上で、モデルのバージョンをアップデートし、Yesterday's Earth at EORC (YEE) として構築し、約 2 日遅れで定常的に動くシステムとして平成 24 年 12 月より運用を開始した。平成 25 年度から第二期 (FY25-29) を開始し、本システムを定常システムとして運用し、出力画像やデータを、本研究に興味を持つ研究者に対して提供することを計画している。

### 2. 今年度の計画

YEE システムについて、新しい気象庁再解析データ (55 年再解析) および衛星観測データに基づく定常処理を実施し、水循環データの定常処理を実施する。陸面モデルの高解像度化 (陸面 50km、河川域 25km) や、氾濫面積割合の算出等の新機能導入による改良を行い、全球中規模河川に対応可能な、より詳細な洪水モニタリングや予警報システムに向けた情報を公開するシステムを構築する。

当初予定からの変更点は、昨年度まで全球 1 度格子 (約 100km) 版 YEE システムを運用してきたが、大規模河川でないと洪水予報警報に利用できないことが明確になったため、予定を 2 年前倒しし、今年度に全球高解像度化 (陸面モデルが 0.5 度格子 (約 50km) で、河川モデルが 0.25 度格子 (約 25km)) を実施することとした。これにより、全球の大規模～中規模河川域における水循環モニタリングや予警情報が可能となる。

### 3. 今年度の研究成果

JRA-55 は、平成 26 年 3 月 10 日より高解像度 (0.5 度格子相当) のものが提供開始された。また、これまで入力に利用していた気象庁 JRA25/JCDAS データについては、1/29 に JRA-55 の準リアルタイム版データ (1.25 度格子版) の公開が開始、2 月末に JRA-25/JCDAS データ提供が終了した。このため、まず、1 度格子版の定常処理システムの入力データを JRA-55 の 1.25 度格子データに切り替え (平成 26 年 2 月)、その後、0.5 度格子版の YEE の定常処理に切り替える際に、JRA-55 も TL319 版に切り替える (平成 27 年 4 月予定)。

YEE システムの高解像度化については、東大より、全球 0.5 度格子で動作可能な陸面モデルの提供を受け、EORC の YEE システム環境に移植した (図 1)。これにあわせて、外力として利用する JRA55 TL319 版の気象データについて、0.5 度格子で作成した。また、JRA-55 では予報値データが 3 時間毎になったため、YEE への入力間隔を 3 時間 (解析値はこれまで通り 6 時間) に変更。YEE の出力は 1 時間毎となる。

---

## 5. 分野横断型利用研究

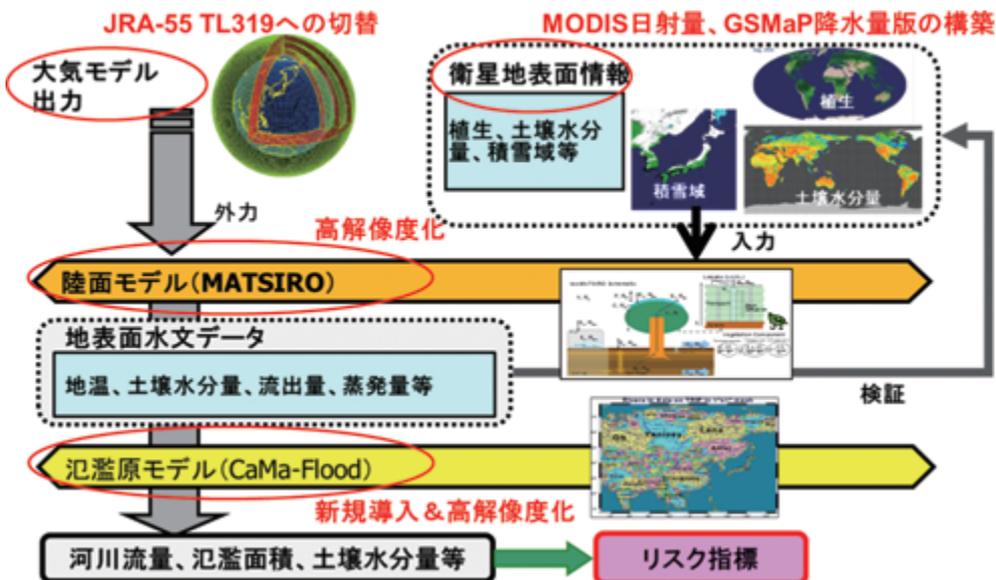


図1 FY26のYEEシステムの概要。赤字は改良部分。

氾濫原モデルの導入について、既存の河道網モデル（TRIP2：1度格子）から、氾濫面積割合等を出力可能な、東大の河川氾濫原モデル（CaMa-Flood：0.25度格子（Yamazaki et al., 2011））への切り替えを実施した。CaMa-Floodモデルについては、昨年度に1度格子版YEE & JRA-25 入力の出力を使って検討を行っていたが、今年度に JRA-55 入力を利用した検証（図2）および定常システムへの導入を行った。

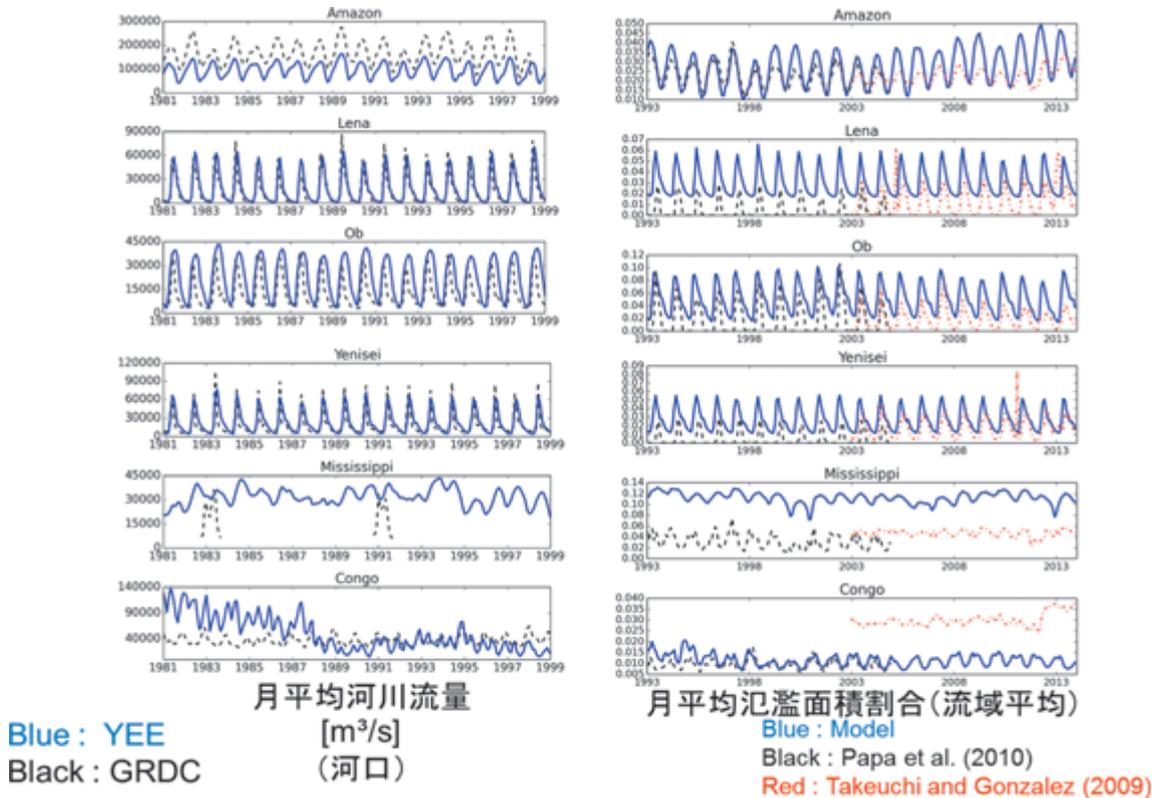


図2 CaMa-Floodによる河川流量および氾濫面積割合の検証例。

新規定常処理システムとして、全球 0.5 度格子陸面モデル、および、0.25 度格子氾濫原モデルの組み合わせで、定常処理システムを構築した。現在、0.5 度格子 Forcing データの作成は完了し、1958 年 1 月からの過去期間について処理を実施中で、1979 年 12 月まで完了。

CaMa-Flood の出力からは、水面標高も計算可能であり、この検証についても検討を行った。検証データには、衛星高度計（河川は Topex/Poseidon、湖等は ERS-1/2, Envisat, Jason-1, GFO も利用）から作成したデータベースである HYDROWEB（2002 年～2008 年の期間について、データ間隔約 1 ヶ月）を利用した。アマゾン川で初期的に行った検証結果（図 3）では、平均の相関係数は 0.946 と非常に高く、RMSE は 3.7m だった。散布図ではアマゾン川本流とネグロ川での違いが出ているが、河道断面パラメータを全球一様の経験式で定めているため、推定方法を改善すれば解決すると思われる。

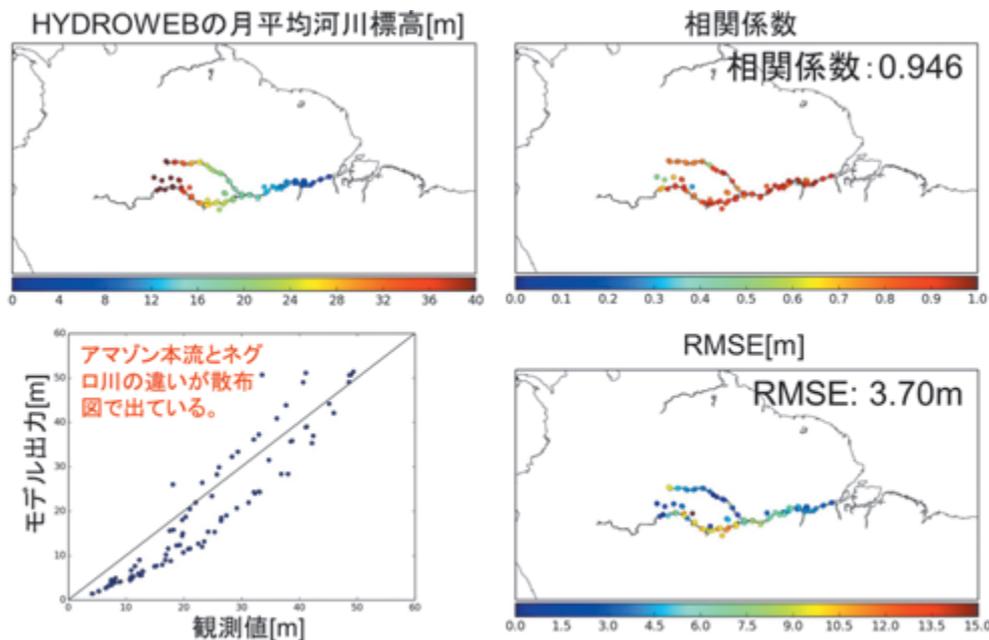


図 3 CaMa-Flood による水面標高のアマゾン川での検証例（2002-2008）。

#### 4. 来年度への課題及び計画

来年度は、YEE システムについて、FY26 に構築した、全球 50km 陸面モデル（河川域は 25km）を定常運用し、55 年以上にわたる長期データセット（衛星データ利用のデータについては、15 年程度）を公開する。このために、システムの定常運用の安定と検証評価を行い、新たに河川流量、氾濫面積割合の検証ページを追加する。

また、10 年後の全球 1km 格子版 YEE システムの構築（図 4）に向けて、来年度から、ローカルで 1km 格子版 YEE システムの構築に着手する計画とした。まずはデータが揃っている日本域について、FY27-28 の 2 年間をかけて、1km 格子版 YEE システムを構築する。これにより、日本国内の一級河川での水循環監視、水災害把握を実現する。

#### 5. 分野横断型利用研究

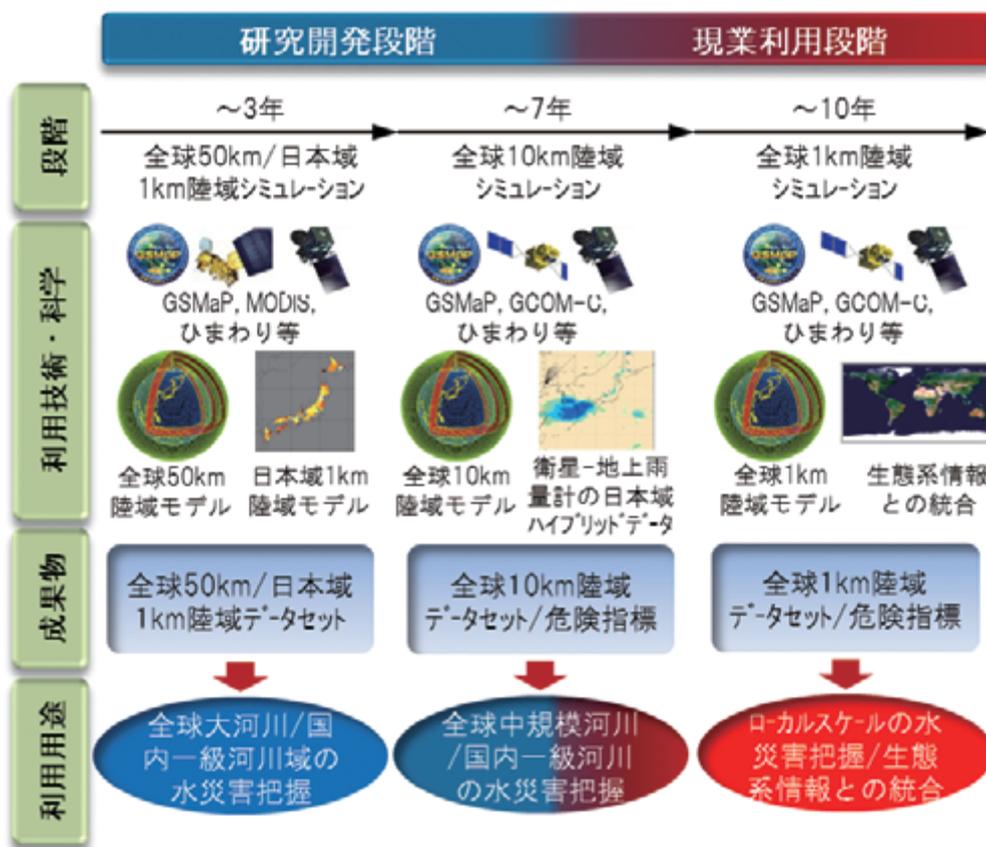


図4 水循環研究の今後10年間の展開計画

## 5.2 横軸研究・気候モデル連携研究グループ5年間の活動成果報告

佐藤 正樹・久保田 拓志・青梨 和正

### 1. はじめに

地球温暖化に代表される気候変動予測に利用される数値気候モデルにおいて、雲・降水過程の扱いには不確定要素が多いことが指摘されている。衛星リモートセンシング観測による気候モデルの雲・降水過程の検証がますます重要になっている。近年、衛星観測によって推定された物理量による気候モデルの検証だけでなく、衛星データ・シミュレータを用いた検証方法が利用されるようになっていく。衛星データ・シミュレータは、数値モデルの仮想的な大気データから、衛星センサの疑似観測データを出力し、疑似観測データと実際の観測データを比較・検証することで、数値モデルの問題点をより明確にすることができる。

また雲・降水過程をより現実的に表現しながら地球大気をシミュレーションする世界最先端の全球雲解像数値大気モデル（NICAM）が佐藤正樹 RG リーダのグループにより開発されてきた。今後を展望すると、NICAM のみならず世界各国の研究機関で雲を解像する全球雲解像大気モデル（GCRM）が開発されると予想される。そのため、EORC の横軸研究としてミッション横断的な気候モデル連携プロジェクト研究を立ち上げ、現在 EarthCARE 利用研究で開発を進めている衛星データ・シミュレータ Joint-Simulator を EarthCARE 以外のセンサにも展開し、GCRM と衛星データの連携を推進する。本研究グループのアウトプットは、GCRM の検証に役立つ衛星プロダクトを整備・作成・公開すること、およびその衛星プロダクトによる GCRM の雲・降水過程の検証・改良の結果とする。

### 2. H22 年度～ H23 年度の研究成果

本研究活動は H22 年度にスタートしたが、H22 年度に GCRM 検証用衛星プロダクトの試作とそのデータによる NICAM 検証についての検討し、H23 年度には、Joint-Simulator の他センサへの展開として、ある特定事例のマイクロ波放射計や降水レーダのシミュレーションデータの作成を行った。また岡本創教授（九州大学）よりご提供頂いた CloudSat/CALIPSO merged データを EORC 内の計算機に整備すると同時に、端野典平博士（東京大学）からそのための解析ツール（MATLAB コード）のご提供を受け、その内容を確認した。

### 3. H24 年度の研究成果

H24 年度は、TRMM データによる NICAM 検証として、NICAM データ（水平分解能 3.5km）から Joint-Simulator で TRMM PR/TMI/VIRS simulation データ作成：8 日間分（2008 年 6 月 17 日～6 月 24 日）を作成し、T3EF（TRMM の VIRS と TMI を PR の観測位置でまとめたデータセット、Matsui et al. 2009）との比較・検証を実施した。また同期間で、Aqua と Terra 衛星に搭載されている CERES データによる NICAM 検証も実施した。CloudSat/CALIPSO merged データについては、2006.6-2007.5 へ拡張し、1 年分の GCRM 検証用データを作成した。上記で作成・整備した衛星データ、ツールおよび解析結果の Joint-Simulator 利用者への公開のために、ホームページを作成した。

---

## 5. 分野横断型利用研究

#### 4. H25 年度の研究成果

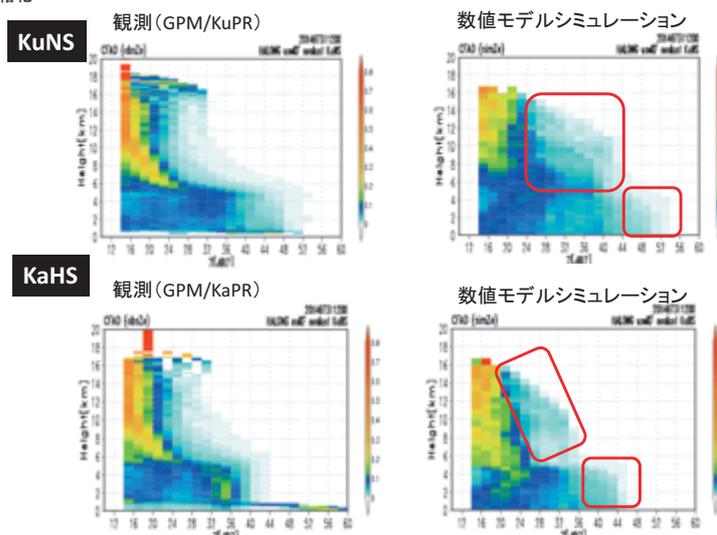
H25 年度は、TRMM データによる NICAM 検証を継続し、マイクロ波の放射計算に関するバグの修正を行い、計算の再計算を行った。また今年度から新たに、気象庁非静力モデル（JMA-NHM）の雲微物理過程を Joint-Simulator により検証する活動を始めた。本活動は、気象研究所との共同研究「衛星雲・降水観測データのデータ同化システムの構築に関する共同研究」の一部として実施している。Joint-Simulator の JMA-NHM データ用インターフェースツール（Mri2nc）の改良・拡張を実施し、2008 年の JMA-NHM データの検証として、TRMM を中心に、出力についての初期検討をした。さらに衛星搭載降水レーダの入射角を考慮した処理を実現するために、気象庁非静力学モデルのグリッドデータを、TRMM/PR 観測ビームの入射角を反映させて空間内挿および時間内挿して NetCDF 出力させる幾何変換ツールを開発した。また昨年度から引き続き、作成・整備した衛星データ、ツールおよび解析結果の Joint-Simulator 利用者への公開のために、ホームページを整備した。

#### 5. H26 年度の研究成果

H26 年度は、昨年度から引き続き、JMA-NHM の雲微物理過程を Joint-Simulator により検証する活動を実施した。TRMM データによる検証は事例を増やし、2012 年の台風 15・16・17 号に対して評価を行った。本年度は新たに 2014 年に打ち上げられた GPM 主衛星に搭載された二周波降水レーダ（DPR）による検証を、2014 年の台風 8・11 号を対象として実施した。また気象研究所との共同研究でマイクロ波放射計（GCOM-W）データを入力として気象研のデータ同化システム（EnVA）を開発しているが、そのシステムに GPM/DPR データを入力に追加するための準備的な解析を実施した。今後は 2014 年台風 11 号（HALONG）を対象に GPM/DPR データ同化を進める予定。昨年度から引き続き、作成・整備した衛星データ、ツールおよび解析結果の Joint-Simulator 利用者への公開のために、ホームページを整備した。

#### ・台風事例の解析（2014年台風11号:HALONG）

各高度の反射因子を2dBZごとに区切った各ボックス内でのデータ数をカウントし、それを各高度のデータ総数で規格化



GPM/DPR データによる JMA-NHM 検証例：  
レーダ反射因子を横軸、高度を縦軸とした CFAD の比較。

#### 5. 分野横断型利用研究

## 6. 将来の利用推進ミッションの研究

## 6.1 地球観測データの統融合による農業分野への利用技術開発および実証

大吉 慶

### 1. はじめに

食料安全保障は、自然・人為的に多数の人々の安全を脅かす気候変動、貧困、自然災害、公衆衛生などと同様に、安全保障の観点からは非伝統的安全保障と位置付けられている。様々なリスクから食料増産、輸入、備蓄などの施策によって食料供給を確保することは重要な役割である。食料安全保障上のリスクを評価する上で、地球観測は広域の情報を即時的に取得でき、早期警戒情報や収量予測情報などの情報が国内外で必要とされている。

本研究では地球観測データの食料安全保障分野での活用を目的として、複数衛星プロダクトや地上データ、社会統計データを統融合して農業監視システムを構築し、作物の生育状況や収量を推定するための利用研究を実施した。具体的には農林水産省との協定や、アジア開発銀行（ADB）との技術協力プロジェクト、GEO、SAFEなどの枠組みを利用し、衛星データとソフトウェア・システムが一体となったパッケージの開発・実証を行い、国内外の利用機関に対して農業統計作成の効率化や早期警戒の能力向上を通じて衛星データの利用促進を行った。

### 2. 海外での地球観測衛星データの食料安全保障への利用

ALOS/ALOS-2 データと水稲作付面積推定ソフトウェア（INAHOR: 稲穂）をパッケージ化し、全球農業監視イニシアチブ（GEOGLAM）/アジア稲作監視（Asia-RiCE）やSAFE、ADBプロジェクトを活用して、フィリピン、ベトナム、タイ、ラオス、インドネシアなどに技術移転し、精度評価およびチューニングを実施している。本ソフトウェアの利用には作物暦に基づいたデータ選択や、パラメータ設定をする必要がある。詳細な現地調査結果に基づいてこれらを最適化して、インドネシア、日本で検証を行ったところ、約80%の精度であった。また、ScanSARモードを用いた広域観測では閾値が入射角に依存すると考えられるため、入射角ごとに閾値を最適化したところ、入射角を考慮することで分類精度が向上することを確かめた。さらに、高頻度で観測可能なMODISデータも併用することでさらに推定精度を向上することを確認した。次年度はこれらの成果をINAHORにフィードバックし、推定精度を向上させる計画である。

東南アジア各国の水稲作況把握能力を向上するため、GSMaPによる降水量やAMSR-2による土壌水分量、ひまわりによる干ばつ指数などの農業気象データを提供する農業気象情報システム（JASMIN）について、今年度は各国の主要穀倉地帯を特定してカスタマイズした。また、これまでの参加機関・国（ASEAN+3食料安全保障システムプロジェクト、ベトナム、インドネシア、タイ）に新たにフィリピンを追加し、合計4カ国の米作況情報（Outlook）を参加機関と協力して作成し、FAOへ毎月情報提供している。また、干ばつと共に東南アジアでの農業被害の大部分を占める洪水状況を把握するため、AMSR2による冠水域図を試作し、RADARSAT-2により特定された高空間分解能での冠水域と一致していることを確認した。

### 3. 日本での地球観測衛星データの食料安全保障への利用

日本は世界第1位の農産物純輸入国であり、食料自給率はカロリーベースで39%（金額ベースで65%）となっている。したがって、海外の作況情報を収集することは我が国の食料安全保障において必

---

## 6. 将来の利用推進ミッションの研究

要不可欠である。農水省との協定に基づいて、農業気象情報閲覧システム（JASMAI）を運用し、主要穀倉地帯の土壌水分量、降水量などの情報を継続的に提供している。今年度は農水省との利用評価により、新たに植生指標と降水量を追加し、情報提供インターフェイスも改良した。また、農業気象プログラムだけでなく、作物収量に関わるより高次の情報提供ができるように衛星による農業気象データを利用した収量推定・予測モデルの構築を行った。小麦、大豆の主要輸入先（米国、カナダ、オーストラリア、ブラジル）に対して各国の穀物統計を利用して重回帰分析を行った。対象とした作物・地域はほぼ全て降水量と PAR を用いることで高精度のモデル ( $R^2 > 0.9$ ) を構築することができた。しかしながら、カナダの小麦については精度の良いモデル構築ができなかった。他の地域と異なり、積雪量や雪融け時期が収量と大きく関わっているため、これらを考慮できるパラメータ、モデルが必要と考えられる。

#### 4. まとめ

地球観測データを利用して食料安全保障上のリスクを分析・評価するための基盤となる情報や情報提供システムのための技術開発・実証を行った。また、GEOGLAM/Asia-RiCE、SAFE、アジア開発銀行などとのプロジェクトを通じて、水稻監視手法の各国に社会実装を進め、日本の衛星データやソフトウェアの利用促進を行った。今後は現在社会実装を進めているソフトウェアやシステムについて、利用者から収集した新たなニーズに応えるため、例えば複数センサを用いて水稻の生育状況の定常的かつ高頻度でモニタリング手法などの開発を行う。また、世界の作物の作況を推定する上での基盤となる耕作地分布や作物暦は、空間分解能、精度とも現在不十分であるため、このような基盤情報を構築するための基礎的な技術開発についても推進する。また、これらの研究開発を効率的に進めるため農業関連機関などと協力して実施する。

# 付録

## 1. 論文発表

T.Tadono/H.Ishida/F.Oda/S.Naito/K.Minagawa/H.Iwamoto 2014/5/15 PRECISE GLOBAL DEM GENERATION BY ALOS PRISM TC IV Symposium

計盛正博 2014/4/29 マイクロ波イメージャ観測の海上風速情報の大気湿度解析への利用 (Applications of ocean surface wind direction signals in microwave imager observation for atmospheric humidity analysis) 日本地球惑星科学連合2014年大会(JpGU2014)

Michito Sakai/Haruyoshi Katayama/Junpei Murooka/Masafumi Kimata/Yasuhiro Iguchi 2014/5/6 Dark current measurement of Type-II superlattice infrared focal plane array detector

濱本昂 2014/4/22 宇宙技術を用いた環境監視イニシアチブの概要 Overview of Space Applications for Environment (SAFE) initiative) 7th IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing &

木村俊義 2014/4/24 衛星搭載多波長放射計の技術と地球観測 宇宙・天文光学EXPO

木村俊義 TDB JAXA Earth Observation research using Satellites for climate change The Climate Symposium 2014

木村俊義 2014/5/15 JAXAの衛星による海洋観測と北極海への取組みについて 第56回学術講演会

木村俊義 2014/5/15 JAXAの地球観測計画とFuture Earthへの展開 第56回学術講演会

久保田拓志/正木岳志/可知美佐子/沖理子/井口俊夫/高藪緑 2014/6/20 GPM主衛星搭載二周波降水レーダのアルゴリズム初期評価結果 宇宙応用シンポジウム

久保田拓志/吉田直文/瓜田真司/井口俊夫/瀬戸心太/Robert Meneghini/阿波加純/花土弘/木田智史/沖理子 2014/9月 Evaluation of precipitation estimates by at-launch codes of GPM/DPR algorithms using synthetic data from TRMM/PR observations IEEE Journal of serected topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing

有方卓/京野孝史/藤井慧/三浦広平/秋田勝史 2014/7/14 Metalorganic chemical vapor deposition growth of high quality InAs/GaSb

Haruyoshi katayama/Tomoko Takekawa/Masafumi Kimata/Hiroshi Inada/Yasuhiro Iguchi 2014/6/30 Measurement of absorption/external quantum efficiency of InAs/GaSb Type II superlattice Infrared physics and technology

今岡啓治/可知美佐子/武藤太郎/関三恵子/藤井秀幸 2014/6月 AMSR2観測の概要と特徴 日本航空宇宙学会誌

A. Nonomura/Y. Uehara/T. Masuda/T. Tadono 2014/8/1 Impact of mid-high rise buildings on summer air temperatures in the coastal city of Takamatsu in southwestern Japan Urban Climate

Rajesh Bahadur Thapa, Manabu Watanabe, Takeshi Motohka, and Masanobu Shimada 2014/9/24 Monitoring deforestation trend and future outlooks of the aboveground forest carbon stocks in Central Sumatra using ALOS-PALSAR mosaic data Amsterdam, Netherlands

D. Sakaizawa/T. Kubota/R. Oki/P. Baron/S. Ishii/K. Mizutani/M. Yasui/K. Okamoto 2014/9/4 Wind retrieval error characterisation in best-case conditions for the study of a spaceborne infrared coherent lidar in Japan 32回レーザセンシングシンポジウム

室岡純平/鈴木桂子/今井正/木村俊義/浅井和弘 2014/9/4 ISS搭載樹冠高計測用ライダー  
実現に向けて 32回レーザーセンシングシンポジウム

村上浩/清本容子/佐々木宏明 2014/10/15 Estimation of aerosol spectral characteristics by  
GOCI hourly observations SPIE Asia-Pacific Remote Sensing 2014

堀雅裕/青木輝夫/谷川朋範/朽木勝幸/庭野匡思/山口悟/的場澄人 2014/8/13 Dependence  
of thermal infrared emissive behaviors of snow cover on the surface snow type Bulletin of  
Glaciological Research

本岡毅/吉田俊也/柴田英昭/田殿武雄/島田政信 2014/11月～ Mapping Aboveground  
Biomass in Northern Japanese Forests Using the ALOS PRISM Digital Surface Model IEEE  
Transactions on Geoscience and Remote Sensing

本岡毅/島田政信/Yumiko Uryu/Budi Setiabudi 2014/11月～ Using time series PALSAR  
gamma nought mosaics for automatic detection of tropical deforestation: A test study in Riau,  
Indonesia Remote Sensing of Environment

平形麻紀/沖理子/岡本創/萩原雄一郎/早坂忠裕 2014/10/1 Comparison of Global and  
Seasonal Characteristics of Cloud Phase and Horizontal Ice Plates Derived from CALIPSO with  
MODIS ECMWF Journal of Atmospheric and Oceanic Technology

谷川朋範/堀雅裕/青木輝夫/朽木勝幸/庭野匡思/八久保晶弘/山口悟/的場澄人/Knut  
Stamnes 2014/11/25 北海道および北西グリーンランド氷床においてブリュースター幾何条件  
下で測定された積雪偏光特性の現場測定 (In situ measurements of polarization properties of  
snow surface under the Brewster geometry in Hokkaido, Japan and northwest Greenland ice  
sheet) Journal of Geophysical Research -Atmosphere

Nan Chen/Wei Li/Knut Stamnes/谷川朋範/堀雅裕/青木輝夫 2014/10/21 GCOM-C1/SGLI  
雪氷ミッションのための雪氷面状の雲識別:グリーンランド氷床における検証 (Cloud mask over  
snow/ice covered areas for the GCOM-C1/SGLI cryosphere mission: validations over Greenland)  
Journal of Geophysical Research -Atmosphere

渡邊学 Multi-temporal Fluctuations in L-band Backscatter from a Japanese Forest IEEE  
Trans. Geosci. Remote Sensing

Thapa, R. B/Watanabe, M/Motohka, T/Shimada, M/Shiraishi, T 2015/2/9 Calibration of  
aboveground forest carbon stock models for major tropical forests in central Sumatra using  
airborne LiDAR and field IEEE Journal of selected topics in Applied Earth Observations and  
Remote Sensing, 8(2), 661-673

Thapa, R. B/Watanabe, M/Motohka, T/Shimada, M 2015/1/28 Potential of high-resolution  
PALSAR mosaic texture for aboveground forest carbon tracking in tropical region Remote  
Sensing of Environment 160. 122-133

可知美佐子 2015/2/1 Use of satellite observations for operational oceanography: recent  
achievements and future prospects Journal of Operational Oceanography

RESTEC/EORC 2014/12/1 Japan's efforts to promote global health using satellite remote  
sensing data from the Japan Aerospace Exploration Agency for prediction of infectious diseases  
and air quality Geo Spatial Health

Sumiko Anno, Keiji Imaoka, Takeo Tadono, Tamotsu Igarashi 2014/11/28 Assessing the  
Temporal and Spatial Dynamics of the Dengue Epidemic in Northern Sri Lanka using Remote  
Sensing Data, GIS and Statistical Analysis Geophysics & Remote Sensing,

花木なるみ/村松加奈子/落合史生/醍醐元正/曾山典子/田殿武雄 他 2015.4月  
ALOS/AVNIR-2多時期データを用いた奈良県・京都府南部における竹林の抽出 日本リモートセンシング学会誌

## 2. 口頭発表

Takeo Tadono/Junichi Takaku/Ken Tsutsui 2014/7/18 ALGORITHM DEVELOPMENT OF HIGH RESOLUTION GLOBAL DSM GENERATION BY ALOS PRISM International Geoscience and RemoteSensing Symposium

Takeo Tadono/Haruyuki Ishida/Fumiko Oda/Shino Naito/Junichi Takaku/Ken Tsutsui 2014/7/18 NEW GLOBAL DSM DATASET GENERATION BY ALOS PRISM International Geoscience and RemoteSensing Symposium

Takeo Tadono/Junichi Takaku/Ken Tsutsui 2014/5/15 GENERATION OF HIGH RESOLUTION GLOBAL DSM FROM ALOS PRISM TC IV Symposium

永井裕人/田殿武雄/藤田耕史/坂井亜規子/縫村崇行 2014/5/15~16 ブータンヒマラヤにおける氷河分布に対する気候と地形の影響(Climatic and topographic influences on glacier distribution in the Bhutan Himalaya) 第56回(平成26年度春季)学術講演会

加藤勇気/小野里雅彦/田殿武雄/堀雅裕/塩見慶 2014/5/15~16 超解像処理技術の衛星画像への適用に関する一検討 第56回(平成26年度春季)学術講演会

島田政信 2014/4/29 ALOS/PALSARによる新全球森林・非森林マップ(2007-2010) New Global Forest/Non-Forest Maps from ALOS PALSAR data (2007-2010) 日本地球惑星科学連合2014年大会(JpGU2014)

前田崇 2014/4/28 Standard Dataset of Brightness Temperature Resampled by Antenna Pattern Matching for Microwave Radiometer AMSR2 on GCOM-W1 Satellite EGU General Assembly 2014

島田政信 2014/6/3 PALSAR-2 and Pi-SAR-L2 - Multi frequency Polarimetric Sensitivity on Disaster EUSAR2014

渡邊学 2014/4/29 台風26号による伊豆大島土砂災害の観測 日本地球惑星科学連合2014年大会(JpGU2014)

山口寿史/村上浩/宮村和良 2014/5/2 In situ observation of harmful dinoflagellate bloom in the eastern coast of Kyushu, Japan EGU 2014

久保田拓志/井口俊夫/瀬戸心太/阿波加純/瓜田真司/吉田直文/沖理子 2014/4/29 Initial validation results of Dual-frequency Precipitation Radar on Global Precipitation Measurement Core Observatory 日本地球惑星科学連合2014年大会(JpGU2014)

村上浩 2014/4/29 GCOM-C陸面反射率プロダクトの開発 (Development of GCOM-C1 land surface reflectance product) 日本地球惑星科学連合2014年大会(JpGU2014)

川上修司/深町拓也/奥村浩/新井康平 2014/5/15 Saga site report and low resolution spectrometer (Optical Spectrum Analyser and FTS) Annual Joint NDACC-IRWG & TCCON Workshop 2014

島田政信 2014/5/16 ALOS/PALSARによる新全球森林・非森林マップ(2007-2010) New Global Forest/Non-Forest Maps from ALOS PALSAR data (2007-2010) 第56回学術講演会

島田政信 Masanobu Shimada, Manabu Watanabe, Takeshi Motooka, and Masato Ohki  
2014/7/16 CALIBRATION AND VALIDATION OF PI-SAR-L2 AND CROSS-CALIBRATION  
WITH ALOS-2/PALSAR-2 IGARSS2014

島田政信 Masanobu Shimada<sup>1</sup>, Takuya Itoh<sup>2</sup>, Takeshi Motooka<sup>1</sup>, Manabu Watanabe<sup>1</sup>, Tomohiro  
Shiraishi<sup>1</sup>, Rajesh Thapa<sup>1</sup>, and Richard Lucas<sup>3</sup> 2014/7/16 NEW GLOBAL FOREST/NON-  
FOREST MAPS FROM ALOS PALSAR DATA (2007-2010) IGARSS2014

渡辺学 2014/5/16 LバンドSAR4偏波パラメータを用いた森林バイオマス推定の試み 第56回  
学術講演会

久保田拓志/可知美佐子/沖理子/青梨和正/牛尾知雄/重尚一/高藪緑 2014/7/29 Global  
Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) product in the GPM era and its validation AOGS  
11th Annual Meeting

久保田拓志/沖理子/可知美佐子/正木岳志/金子有紀/古川欣司/井口俊夫/中村健治/高藪緑  
2014/5/24 全球降水観測計画(GPM)二周波降水レーダ(DPR)の初期検証結果 日本気象学会  
2014年度春季大会

金丸佳矢/増永浩彦 2014/5/21~24 熱帯季節内振動に伴う海面断水偏差形成における海上  
風背景場の役割 日本気象学会2014年度春季大会

計盛正博 2014/7/28 AMSRとAMSR2を用いた高風速条件での海面マイクロ波輝度温度に見ら  
れる非対称な特性についての研究 (A study on asymmetric features of oceanic microwave  
brightness temperature in high surface wind speed condition using AMSR and AMSR2)

上野雅史 2014/6/2 SOIダイオード方式非冷却赤外線イメージセンサ

辻幸洋/稲田博史/町長賢一/Sundararajan Balasekaran/三浦広平/猪口康博/勝山造/片山晴  
善/木股雅章 2014/9/17~20 窒素プラズマ処理によるInAs/GaSb超格子の表面酸化抑制  
Suppression of surface oxidation on InAs/GaSb superlattice by nitrogen plasma treatment 第75  
回応用物理学会秋季学術講演会

玉川恭久 2014/6/25 赤外線光学技術の特徴と応用事例 第6回シンポジウム

大中道崇浩 2014/6/19 Uncooled IRFPA technology at Mitsubishi Electric

荒井頼子 2014/6/9 GPM、GCOM-W等による降水等の天候情報の保険分野等への適応 平  
成26年技術成果報告会

古田竜一 2014/6/9 ALOS-2等を用いた国土強靱化に向けたインフラ保全のための情報提供  
平成26年技術成果報告会

山之口勤 2014/6/9 北極圏監視システムにおける海洋データセットの利用 平成26年技術成  
果報告会

奥村俊夫 2014/6/9 GEO GLAM等へ向けた稲作等の作況見通し情報の利用 平成26年技術  
成果報告会

石井景子 2014/6/9 ALOS-2データの校正検証 平成26年技術成果報告会

Sundararajan Balasekaran/稲田博史/三浦広平/辻幸洋/町長賢一/右田真樹/猪口康博/勝山  
造 2014/9/17~20 Effect of surface pretreatments on the performance of InAs/GaSb  
superlattice MWIR photodiodes 第75回応用物理学会秋季学術講演会

大木真人/本岡毅/島田政信 2014/6/3 Mosaicking of ALOS/PALSAR polarimetry data and its  
application to land-cover monitoring in Japan area EUSAR2014,Berlin

児玉哲哉 2014/6/27 どうする！日本の地球観測 公開シンポジウム「航空宇宙、船舶海洋分野等における、研究開発と利用応用の橋渡しとバランス～双方向の流れを目指して～」

夏秋嶺/廣瀬明 2014/7/14 Changes of dominant scatterers and propagation paths as a possible origin of singular points in radar interferometry: Experimental analysis International Geoscience and RemoteSensing Symposium

夏秋嶺/島田政信 2014/7/24 Local co-registration method for creating accurate SAR interferogram in mountainous regions International Symposium on Geodesy for Earthquake and Natural Hazards

可知美佐子/村上浩/今岡啓治 2014/7/30 JAXA's GHRSSST Activities and Validations of the AMSR2 Ocean Products Infrared physics and technology AOGS 2014

可知美佐子/今岡啓治/前田崇/直木和弘/沖大幹 2014/7/28 Current Status of AMSR2 on Board the GCOM-W1 Satellite AOGS 2014

可知美佐子/直木和弘/堀雅裕/前田崇/今岡啓治 2014/7/14 STATUS OF VALIDATION OF AMSR2 ON BOARDED THE GCOM-W1 SATELLITE IGARSS2014

可知美佐子/久保田拓志/正木岳志/沖理子/井口俊夫/中村健治/高藪緑 2014/9/22 Status of the Global Precipitation Measurement (GPM) mission in Japan Status of the Global Precipitation Measurement (GPM) mission in Japan

可知美佐子/久保田拓志/沖理子/青梨和正/牛尾知雄/重尚一/高藪緑 2014/6/20 GPMに向けた全球降雨マップ(GSMaP)開発と今後の計画 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(SANE)

可知美佐子/久保田拓志/沖理子/青梨和正/牛尾知雄・妻鹿友昭/重尚一・山本宗尚 2014/7/17 RECENT IMPROVEMENTS IN THE GLOBAL SATELLITE MAPPING OF PRECIPITATION (GSMAP) IGARSS2014

小山孝一郎/児玉哲哉 2014/6/27 大きな地震の電離圏前駆現象に関する研究-現在および将来- 公開シンポジウム「航空宇宙、船舶海洋分野等における、研究開発と利用応用の橋渡しとバランス～双方向の流れを目指して～」

奥山新/今岡啓治 2014/7/17 POST-LAUNCH INTERCALIBRATION AMONG SPACEBORNE MICROWAVE RADIOMETERS INCLUDING AMSR2 AND GMI IGARSS2014

今岡啓治/前田崇/奥山新/笠原希仁/伊藤徳政 2014/7/14 STATUS OF BRIGHTNESS TEMPERATURE PRODUCT AND CALIBRATION OF AMSR2 IGARSS2014

可知美佐子/久保田拓志/正木岳志/金子有紀/沖理子/井口俊夫/中村健治(獨協大学)/高藪緑(東大) 2014/4/30 Status of the Japanese Global Precipitation Measurement (GPM) Research Project EGU General Assemble 2014

可知美佐子/村上浩/今岡啓治/柴田彰 2014/4/30 Japanese GHRSSST activities and the AMSR2 SST Validations EGU General Assemble 2014

前田崇/今岡啓治 2014/7/15 GCOM-W1 AMSR2 LEVEL 1R PRODUCT: DATASET OF BRIGHTNESS TEMPERATURE RESAMPLED BY ANTENNA PATTERN MATCHING IGARSS2014

村上浩/堀雅裕/中島孝/虎谷充浩/本多嘉明/奈良女子大学:久慈誠/気象研:青木輝夫 2014/7/14 GCOM-C科学ミッションの準備状況 (PREPARATION OF GCOM-C1 SCIENCE MISSION) IGARSS2014

村上浩/今岡啓治 2014/9/15 AMSR-EとAMSR-2による海洋変動観測 2014年日本海洋学会  
秋季大会

平形麻紀/岡本創/萩原雄一朗/早坂忠宏/沖理子 2014/7/30 Development of  
EarthCARE/CPR Hydrometeor Particle Type Algorithm AGOS 11th Annual Meeting

福田悟/塩見慶/川上修司/中島映至/竹中栄晶/吉田幸生/横田達也/菊地信弘 2014/7/7~11  
Implementation and Validation of AOT Retrieval Algorithm for GOSAT/TANSO-CAI and  
Comparison of Them with AOT Used in TANSO-FTS Algorithm 14th Conference on  
Atmospheric Radiation

福田悟/中島映至/竹中栄晶 2014/7/28~8/1 Determination of Ground Albedo and Aerosol  
Characteristics for Aerosol Remote Sensing of EarthCARE/MSI AGOS 11th Annual Meeting

植松明久/矢島由貴江/中島康裕/伊藤徳政/JAXA COMPIRAチーム 2014/11/12~14 海面高  
度計ミッション(COMPIRA)における干渉型高度計のセンサ検討について (Investigation of  
interferometric altimeter sensor for the Japanese altimetry mission, COMPIRA) 第58回宇宙  
科学技術連合講演会

計盛正博 2014/9/23 高風速時における海面マイクロ波輝度温度の非対称性 (Asymmetric  
features of oceanic microwave brightness temperature in high surface wind speed condition)

児玉哲哉 2014/7/24 宇宙からの地震先行現象の観測 ワークショップ「巨大地震の準備過程  
の理解にむけて」

永井裕人/田殿武雄/藤田耕史/坂井亜規子/縫村崇行 2014/9/20 ブータンヒマラヤにおける  
氷河台帳の比較 (Comparison of glacier inventories in the Bhutan Himalaya) 雪氷研究大会  
(2014・八戸)

永井裕人 2014/9/20 山岳氷河研究における衛星データ利用のこれから 雪氷研究大会  
(2014・八戸)

富山信弘/杉村敏郎/奈佐原顕郎/田殿武雄 2014/5/15 土地被覆分類図高精度化のためのリ  
ファレンスデータ整備手法(その2) —既存のRS画像・分類情報の有効活用による整備— 第5  
6回学術講演会

小林健一郎/渡邊知弘/道津正徳/段理紗子/奈佐原顕郎/田殿武雄 2014/5/15 土地被覆分  
類図高精度化のためのリファレンスデータ整備手法(その1) —現地写真情報に基づく整備— 第  
56回学術講演会

島田政信 2014/9/3 Global forest observation using the L-band SAR on ALOS and ALOS-2

栗原幸雄/柴田彰 2014/9/15 静止気象衛星ひまわり8、9号に向けたSSTアルゴリズムの開発  
2014年度日本海洋学会秋季大会

山口寿史/村上浩/宮村和良 2014/9/13~17 大分沿岸における亜表層有害渦鞭毛藻ブルー  
ムの光学特性 2014年度日本海洋学会秋季大会

平形麻紀/久保田拓志/沖理子/岡本創/下田陽久 2014/9/23 Recent status of the  
JAXA/EarthCARE algorithm development SPIE Remote Sensing 2014

平形麻紀/岡本創/萩原雄一朗/沖理子 2014/9/18 Development of Hydrometeor Particle  
Type Classification derived from Space-borne Radar and Lidar EarthCAER Workshop 2014

K.Shiomi/S.Kawakami/H.Suto/A.Kuze/M.Nakajima 2014/5/5~7 GOSAT on-orbit status over  
5-year nominal operation SPIE Remote Sensing 2014

Kei Shiomi/Satoru Fukuda/Hiroshi Suto/Akihiko Kuze/Shuji Kawakami/Masakatsu Nakajima  
2014/9/17~19 Introduction of cloud and aerosol observations by GOSAT and GOSAT-2  
EarthCARE Workshop 2014

川上修司/大山博史/塩見慶/深町拓也/坂下真規/奥村浩/新井康平/森野勇/内野修  
2014/10/23 GOSATデータ検証のための地上高分解能FTSによる二酸化炭素およびメタンの気  
柱量の長期観測(その2) 日本気象学会 2014年度秋季大会

川上修司/塩見慶/須藤洋志/久世暁彦/Patrick W. Hillyard/Tomoaki Tanaka/James  
Podolske/Laura Iraci/Randal T. Albertson 2014/12/18 The total column of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>  
measured with a compact Fourier transform spectrometer at NASA Armstrong Flight Research  
Center and Railroad Valley, Nevada, USA AGU 2014 Fall meeting

前田崇/今岡啓治/可知美佐子/筒井浩行/笠原希仁/伊藤徳政/沖大幹/下田陽久 2014/9/23  
Current Status of the Global Change Observation Mission 1st-Water "SHIZUKU"(GCOM-W1)  
and the Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2) SPIE Europe Remote Sensing  
2014

堀雅裕/Nan Chen/Wei Li/Knut Stamnes/青木輝夫 2014/9/22 全天カメラデータを用いた  
GCOM-C/SGLI雲識別アルゴリズムの検証 (The validation of GCOM-C/SGLI cloud mask  
algorithm by using an all sky view camera)

石元裕史/増田一彦 2014/12/16 赤外サウンダデータを利用した火山性エアロゾル複素屈折  
率の推定 (Estimation of volcanic ash refractive index from satellite infrared sounder data)  
2014 AGU fall meeting

青木輝夫/朽木勝幸/庭野匡思/堀雅裕/谷川朋範/島田利源/Knut Stamnes/Wei Li/Nan Chen  
2014/7/27 GCOM-C/SGLI snow products applied to Greenland ice sheet with MODIS data  
AGOS 11th Annual Meeting in Sapporo

青木輝夫/朽木勝幸/八久保晶弘/山口悟/Martin Schneebeli 2014/8/3~7 Near-infrared  
photometry (NIP), Shortwave-infrared photometry (SWIR) and Aoki's grain size (AGS)  
Intercomparison of Snow Grain Size Measurements Workshop: Results

夏秋嶺 2014/10/28 Report of ALOS-2 / PALSAR-2 Launch and Its Recent Status Asian  
Conference On Remote Sensing

筒井浩行 2014/10/14 GCOM/AMSR2の現状 (Present Status of the Global Change  
Observation Mission 1st-Water "SHIZUKU" (GCOM-W1) and the Advanced Microwave  
Scanning Radiometer 2 (AMSR2))

筒井浩行 2014/9/23 AMSR2積雪深プロダクトの検証とその高度化 (Validation of the AMSR2  
snow depth products toward its sophistication)

Rajesh Bahadur Thapa, Manabu Watanabe, Takeshi Motohka, and Masanobu Shimada  
2014/10/27-31 Models for aboveground forest carbon stock estimation in tropical region using  
airborne lidar ACRS 2014

平形麻紀/沖理子/岡本創/萩原雄一郎/早坂忠裕 2014/10/23 CALIPSO及びTRMMによる  
CloudSat雲粒子タイプ識別アルゴリズムの改良 日本気象学会2014年度秋季大会

平形麻紀/久保田拓志/沖理子/仁尾友美/布田光彦/Tobias Wehr/Micheal Eisinger 2014/11/4  
Overview and Status of ESA-JAXA Joint Mission EarthCARE Data Products and Distribution  
System CloudSat/CALIPSO Science Team Meeting

塩見慶/久世暁彦/須藤洋志/川上修司/中島正勝 2014/10/21 GOSAT後期利用における現  
状と試み -L1処理と運用 日本気象学会2014年度秋季大会

片岡文恵/樋口理子/久世暁彦/塩見慶/川上修司/須藤洋志/Robert O. Knuteson 2014/10/21  
航空機搭載S-HISデータ、および海面水温を用いたTANSO-FTS熱赤外バンドの評価 日本気象  
学会2014年度秋季大会

福田悟/塩見慶/川上修司/吉田幸生/菊地信弘/横田達也/網代正孝/竹中栄晶/中島映至  
2014/10/21~ GOSAT/TANSO-GAIから得たエアロゾルの光学的厚さとTANSO-FTSから得ら  
れたエアロゾルの光学的厚さの比較 日本気象学会2014年度秋季大会

金丸佳矢/木田智史/久保田拓志/可知美佐子/沖理子/井口俊夫/高藪緑 2014/10/21~23  
TRMM PR気候データセット整備に向けた軌道高度変更補正データの作成 日本気象学会2014  
年度秋季大会

田殿武雄/織田史子/石田治行/内藤詩乃/岩本裕之/皆川健太 2014/11/6 ALOS/PRISMデー  
タによる全球高精度デジタル3D地図の整備と初期検証 日本リモートセンシング学会2014年度  
秋季大会

加藤勇氣/田殿武雄/小野里雅彦/堀雅裕/塩見慶 2014/11/6 閾値処理付き最尤法による衛  
星画像の超解像処理 日本リモートセンシング学会2014年度秋季大会

野々村敦子/谷口雄亮/田殿武雄 2014/11/6 ALOS/PALSARデータと建物密集度との関係分  
析 日本リモートセンシング学会2014年度秋季大会

山口寿史/村上浩/宮村和良/小林拓/Eko Siswanto/石坂丞二 2014/10/28 Optical  
characteristics of harmful dinoflagellate bloom in the coast of Oita, South-western Japan  
Ocean Optics 2014

堀雅裕/村上浩/今岡啓治/小野祐作/谷川朋範/原田昌朋/佐久間史洋/他12名(RESTEC、千  
葉大、気象研、筑波大、JAMSTEC、奈良女子大) 2014/10/23 GCOM-C観測プロダクトの検証  
に向けた地上観測機材の校正・性能評価の取り組み 日本気象学会2014年度秋季大会

堀雅裕/杉浦幸之助/谷川朋範/青木輝夫/朽木勝幸/庭野匡思/榎本浩之 2014/12/5  
AVHRR・MODISデータを用いた長期北半球積雪分布の解析 (Analysis of long-term northern  
hemisphere snow cover extent using AVHRR and MODIS data) 第5回極域科学シンポジウム

堀雅裕/杉浦幸之助/谷川朋範/青木輝夫/朽木勝幸/庭野匡思/榎本浩之 2014/9/22 衛星  
データを用いた長期北半球積雪分布データセットの試作と精度評価 (Prototyping and validation  
of long-term northern hemisphere snow cover extent products) 雪氷研究大会 (2014・八戸)

堀雅裕/杉浦幸之助/谷川朋範/青木輝夫/朽木勝幸/庭野匡思/榎本浩之 2014/7/21  
Prototyping of hemispherical snow cover extent products toward the Japanese global change  
observation mission GCOM-C 1st International Satellite Snow Products Intercomparison  
workshop

堀雅裕/青木輝夫/Knut Stamnes/谷川朋範/朽木勝幸/Wei Li/Nan Chen 2014/7/14 GCOM-  
C1/SGLI SNOW PRODUCTS AND VALIDATION PLANS IGARSS2014

堀雅裕/青木輝夫/Knut Stamnes/谷川朋範/朽木勝幸/Wei Li/Nan Chen 2014/4/29 気候変  
動研究のためのGCOM-C/SGLIによる全球雪氷観測と検証計画 (Global snow and ice cover  
observations using GCOM-C1/SGLI for studying climate changes) 日本地球惑星科学連合  
2014年大会(JpGU2014)

渡辺学 2014/11/7 森林樹冠部のLバンドSAR信号減衰量測定 日本リモートセンシング学会  
2014年度秋季大会

本岡毅/島田政信/植松明久/大木真人/小澤悟/首藤泰雄/知識柔一/夏秋嶺/星野宏和/八幡忠良/山川史郎/山元透/吉野良子/渡邊学 2014/11/7 次世代Lバンド合成開口レーダ衛星による新たな地球観測ミッションの提案 日本リモートセンシング学会2014年度秋季大会

永井裕人/田殿武雄 2014/11/10 Introduction of ALOS World 3D –Global dataset of high resolution topography and colored images– 5thDigital Earth Summit 2014

Tobias Wehr/Michael Eisinger/Alain Lefebvre/平形麻紀/久保田拓志/沖理子/富田英一 2014/11/4 Status of the ESA-JAXA EarthCARE Mission CloudSat/CALIPSO Science Team Meeting

Kei Shiomi 2014/11/10 Space-based greenhouse gas monitoring by GOSAT 5thDigital Earth Summit 2014

Masanobu Shimada 2014/12/15 Global Earth Monitoring using the L-band SAR, ALOS-2/PALSAR-2 AGU2014

Hiroto Nagai, Jinro Ukita, Takeo, Tadono, Chiyuki Narama, Tsutomu, Yamanokuchi, Nobuhiro Tomiyama, Akiko Sakai, Koji Fujita 2015/3/3 Glacial lake inventory on Bhutan using ALOS data: Part II. Coupling analysis of changes in lake and glacier International Symposium on Glaciology in High Mountain Asia

Kei Shiomi/Shuji Kawakami/Akihiko Kuze/Hiroshi Suto/Taichiro Hashiguchi/Fumie Kataoka/Riko Higuchi/Carol Bruegge/Florian M. Schwandner/Lars Chapsky 2014/12/19 Radiometric trend of lunar calibration compared with vicarious calibration for GOSAT AGU Fall Meeting 2014

小野祐作/村上浩/小林秀樹/奈佐原顕郎/梶原康司/本多嘉明 2014/12/15~19 Development of a LAI estimation algorithm for GCOM-C/SGLI AGU Fall Meeting 2014

谷川朋範/堀雅裕/青木輝夫/Wei Li, Nan Chen, Knut Stamnes 2014/12/3 MODISデータを用いた北西グリーンランド氷床における積雪アルベド・表面温度の監視 (Monitoring of snow albedo and ice surface temperature in the north-west Greenland ice sheet by using MODIS images)

村上浩 2014/12/11 Preparation Status of GCOM-C Journal of Geophysical Research – Atmosphere

可知美佐子/前田崇/筒井浩行/今岡啓治 2014/11/17 Observation of water-related parameters by GCOM-W/AMSR2 7th Workshop of IPWG

本岡毅/島田政信/大木真人 2015/1/21 人工衛星だいち2号の高性能合成開口レーダによる地球観測 つくばテクノロジーショーケース2015

久保田拓志/沖理子/可知美佐子/小嶋正弘 2015/1/21 全球降水観測計画による高精度・高頻度な衛星降水観測 SATテクノロジー・ショーケース 2015

久保田拓志 2015/3/24~26 宇宙からの降水災害低減に向けた研究開発 平成27年電気学会全国大会

可知美佐子/堀雅裕/本岡毅/久保田拓志/沖理子/今岡啓治/伊藤徳政 2014/12/3 全球降水観測(GPM)計画および水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)による高緯度観測 日本気象学会2014年度秋季大会

可知美佐子/久保田拓志/青梨和正/牛尾知雄/重尚一/妻鹿友昭/山本宗尚/高藪緑  
2014/10/23 GPM全球降雨マップ(GPM-GSMaP)の初期検証評価 日本気象学会2014年度秋季  
大会

可知美佐子 2014/12/1 Observations of the Earth's Environment from Space and its  
Contributions to Climate Change Issues COP20日本パビリオンサイドイベント

可知美佐子 2014/12/2 Water Cycle and Cryosphere COP20日本パビリオンサイドイベント

正木岳志/久保田拓志/沖理子/小嶋正弘/古川欣司/三浦健史/改井洋樹/井口俊夫/花土弘/  
吉田直文/東上床智彦 2014/7/13~18 DEVELOPMENT OF LEVEL ! ALGORITHM OF DUAL  
FREQUENCY PRECIPITATION RADAR (DPR) FOR THE GLOBAL PRECIPITATION  
MEASUREMENT(GPM) International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2015

正木岳志/久保田拓志/沖理子/小嶋正弘/古川欣司/三浦健史/改井洋樹/井口俊夫/花土弘/  
吉田直文/東上床智彦 2014/11/12~14 DPR レベル1アルゴリズム開発・改良と校正状況  
第58回宇宙科学技術連合講演会

川上修司/塩見慶/須藤洋志/久世暁彦/Patrick W. Hillyard/Tomoaki Tanaka/James  
Podolske/Laura Iraci/Randal T. Albertson 2015/3/4 Compact Automated FTS at the Desert  
Playa for Satellite Validation of the Total Column CO2 and CH4 フーリエ変換分光法会議(FTS)

可知美佐子 2014/11/10 Water-related Disasters and Precipitation Remote Sensing from  
Space Digital Earth Summit 2014

可知美佐子 2014/5/27 Observation from Space -GPM & GCOM-W "SHIZUKU" 7th GEOSS  
Asia Pacific Symposium

可知美佐子 2014/10/16 「宇宙から雨と雪を測る」～全球降水観測(GPM)計画～ 平成26年  
度土木研究所講演会

小野祐作/村上浩/小林秀樹/奈佐原顕郎/梶原康司/本多嘉明 2015/3/18~22 東アジアの均  
質な森林における衛星多方向観測データによる林冠と林床を区別したLAIの推定 第62回目日  
本生態学会鹿児島大会

Sumiko Anno/Keiji Imaoka/Takeo Tadono/Tamotsu Igarashi/Subramaniam Sivaganesh/Selvam  
Kannathasan/Vaithehi Kumaran/Sinnathamby Noble Surendran 2014/11/7 Remote Sensing  
Applied to the Analysis of Spatial and Temporal Patterns of Dengue Incidence Based on  
Ecological and Socio Economic and Demographic Factors in Sri Lanka 12th Biennial  
Conference of Pan Ocean Remote Sensing Conference

田殿武雄/島田政信 2014/11/29 陸域観測技術衛星(ALOS, ALOS-2)による地表面水文量に  
関わる観測 2014土壤水分ワークショップ

Sumiko Anno/Keiji Imaoka/Takeo Tadono/Tamotsu Igarashi/Subramaniam Sivaganesh/Selvam  
Kannathasan/Vaithehi Kumaran/Sinnathamby Noble Surendran 2014/12/9 Characterization of  
the Temporal and Spatial Dynamics of the Dengue Epidemic In Northern Sri Lanka ISPRS  
Technical Commission VIII Symposium

### 3. 出版

濱本昂 2014年1月初旬 第35回アジアリモートセンシング会議(ACRS)「JAXA特別セッション:  
宇宙利用セッション;農業と技術融合(地球観測+測位)」報告 写真測量とリモートセンシング

#### 4. その他

---

K.Shiomi/S.Kawakami/A.Kuze/H.Suto/R.Higuchi/M.Yoshida/F.Kataoka/K.Kowata 2014/5/6  
Evaluation of GOSAT TANSO Level 1 products in nominal operation IWGGMS-10

---

渡辺学 2014/7/14 Estimation of cause of ice jam flooding in sub-arctic regions using  
PALSAR full polarimetry data IGARSS2014

---

筒井浩行 2014/12/3 GCOM-W/AMSR2積雪深標準プロダクトの現状 (Current Status of the  
GCOM-W/AMSR2 Snow Depth Standard Product)

---

永尾隆/フスリート/中島孝 2014/12/17 Impact of Cloud Vertical and Horizontal Inhomogeneity  
on Multi-Spectral Retrieval of Liquid Water Cloud Properties: A Study of the GCOM-W/SGLI  
Cloud Retrieval Product by Using A-Train and Landsat-8 Measurements AGU Fall Meeting  
2014

---

可知美佐子 2014/12月 宇宙から雨と雪を測る～全球降水観測(GPM)計画 北大理学部同窓  
会誌

---

関連略語集	
(1) Institutes & Organizations	(1)機関&団体
AIST National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (Japan)	国立研究開発法人産業技術総合研究所
ASF Alaska Satellite Facility	アラスカ衛星施設
CEOS Committee of Earth Observation Satellites (International)	地球観測衛星委員会
CNES Centre National d'Etudes Spatiales (France)	フランス国立宇宙研究センター
ECMWF European Center for Medium-Range Weather Forecast	ヨーロッパ中期予報センター
EOC Earth Observation Center (JAXA/EORC, Japan)	地球観測センター
EORC Earth Observation Research Center (JAXA, Japan)	地球観測研究センター
ERSDAC Earth Remote Sensing Data Analysis Center (Japan)	財団法人資源・環境観測解析センター
ESA European Space Agency	欧州宇宙機関
ESRIN European Space Research Institute	欧州宇宙研究所
GA Geoscience Australia	オーストラリア地球科学局
GEO Group on Earth Observation	政府間地球観測作業部会
GISTDA Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Thailand)	タイ地理情報宇宙開発機構
GPCC WMO's Global Precipitation Climatology Center (International, in Germany)	全球降水気候センター
GSFC Goddard Space Flight Center (NASA, USA)	ゴダード宇宙飛行センター
GSI Geographical Survey Institute (Japan)	国土地理院
GSJ Geological Survey of Japan (AIST, Japan)	地質調査総合センター
HEEIC Hiroshima Earth Environmental Information Center (Hiroshima, Japan)	広島地球環境情報センター
IARC International Arctic Research Center (at University of Alaska Fairbanks, USA)	国際北極圏研究センター
INPA Brazilian National Institute of the Amazon	国立アマゾン研究所
IGOS Integrated Global Observing Strategy	統合地球観測戦略
INPE Brazilian National Institute for Space Research	ブラジル国立宇宙研究所
IOCCG International Ocean Color Coordinating Group (International)	国際海色研究グループ
JAFIC Japan Fisheries Information Service Center	社団法人漁業情報センター
JAMSTEC Japan Marine Science and Technology Center	国立研究開発法人海洋研究開発機構
JAROS Japan Resources Observation System Organization	財団法人資源探査用観測システム研究開発機構
JAXA Japan Aerospace Exploration Agency	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

JCG Japan Coast Guard	日本沿岸警備隊
JHD Hydrographic Department of Japan	海上保安庁海洋情報部
JICA Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JMA Japan Meteorological Agency	気象庁
JPL Jet Propulsion Laboratory (NASA, USA)	米国ジェット推進研究所
JRC Joint Research Center of European Commission	欧州委員会共同研究センター
JWA Japan Weather Association	財団法人日本気象協会
LAPAN National Institute of Aeronautics and Space of Indonesia	インドネシア国立航空宇宙研究所
LIPAP Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics (China)	中国科学院大气物理研究所中科院
MAFF Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (Japan)	農林水産省
METI Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan)	経済産業省
MEXT Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (Japan)	文部科学省
MOE Ministry of Environment (Japan)	環境省
MRI Meteorological Research Institute (JMA, Japan)	気象庁気象研究所
MSFC Marshall Space Flight Center (NASA, USA)	マーシャル宇宙飛行センター
MWR Ministry of Water Resources (India)	インド水資源省
NASA National Aeronautics and Space Administration (NASA, USA)	アメリカ航空宇宙局
NASDA National Space Development Agency of Japan	宇宙開発事業団(現JAXA)
NCEP National Center for Environmental Prediction (NOAA/NWS, USA)	国立環境予測センター
NIAES National Institute of Agro-Environmental Sciences (Japan)	農業環境科学研究所
NICT National Institute of Information and Communications Technology (Japan)	国立研究開発法人情報通信研究機構
NIED National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (Japan)	防災科学技術研究所
NIES National Institute for Environmental Studies (Japan)	国立研究開発法人国立環境研究所
NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration (DOC, USA)	アメリカ海洋大気庁
NWS National Weather Service (NOAA, USA)	国立測候所
PWRI Public Works Research Institute (Japan)	土木研究所
RAL Rutherford Appleton Laboratory (UK)	ラザフォードアップルトン研究所
RESTEC Remote Sensing Technology Center (Japan)	財団法人リモート・センシング技術センター
SAC Space Activity Commission (Japan)	宇宙開発委員会

SAPC Satellite Applications and Promotion Center (JAXA, Japan)	衛星アプリケーション推進センター
SSC Swedish Space Corporation	スウェーデン宇宙公社
TKSC Tsukuba Space Center (JAXA, Japan)	筑波宇宙センター
TMD Meteorological Department of Thailand	タイ気象局
UCSB University of California, Santa Barbara (USA)	カリフォルニア大学サンタバーバラ校
UKMO UK Met Office	イギリス気象局
WMO UN's World Meteorological Organization (International, in Switzerland)	世界気象機関

(2) Projects	(2)プロジェクト
CEOP Coordinated Enhanced Observing Period	統合地球水循環強化観測計画
GAME GEWEX Asian Monsoon Experiment	GEWEXアジアモンスーン実験計画
GBFM Global Boreal Forest Mapping Project	寒帯林マッピングプロジェクト
GCMAPS Global Carbon Cycle and Related Mapping based on Satellite Imagery Program	炭素循環に関するグローバルマッピングとその高度化に関する国際共同研究
GEWEX Global Energy and Water Cycle Experiment	全球エネルギー・水循環観測計画
GOIN Global Observing Information Network	地球観測情報ネットワーク
GFM Global Rain Forest Mapping Project	全球熱帯雨林マッピングプロジェクト
PEACE Pacific Exploration of Asian Continental Emission	アジア大陸からの大気物質放出に関する太平洋域探査プロジェクト
SPF Stratospheric Platform	成層圏プラットフォーム
WCRP World Climate Research Program	世界気候研究計画
WOCE World Ocean Circulation Experiment	世界海洋循環実験

(3) Satellites and spacecraft	(3) 人工衛星と宇宙船
ADEOS Advanced Earth-Observing Satellite ("Midori", Japan)	地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」
ADEOS-II Advanced Earth-Observing Satellite-II ("Midori-2", Japan)	地球観測技術衛星「みどりII」
ALOS Advanced Land-Observing Satellite ("Daichi", Japan)	陸域観測技術衛星
Aqua Earth-Observing System PM-1 (USA)	アクア衛星
DMSP Defense Meteorological Satellite Program (USA)	軍事気象衛星プログラム
DRTS Data Relay Test Satellite ("Kodama", Japan)	データ中継技術衛星「こだま」
ENVISAT Environment Satellite (Europe)	ESA環境観測衛星「エンビサット」
ERS-1,2 ESA Remote Sensing Satellite-1, 2	ヨーロッパリモートセンシング衛星-1,2
GCOM Global Change Observation Mission	地球環境変動観測ミッション

GOSAT Greenhouse Gases Observing Satellite (“Ibuki”, Japan)	温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」
GPM Global Precipitation Measurement	全球降水観測計画
GOES Geostationary Operational Environmental Satellite (USA)	静止実用環境衛星
ISS International Space Station	国際宇宙ステーション
JEM Japanese Experiment Module (in ISS, “Kibo”)	日本実験棟「きぼう」
JERS-1 Japanese Earth Resources Satellite-1 (Fuyo-1)	地球資源衛星1号「ふよう1号」
LANDSAT Land Remote Sensing Satellite (USA)	ランドサット衛星
MOS Marine Observation Satellite	海洋観測衛星
NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)	アメリカ海洋大気庁
SPOT Satellite Pour d’ Observation de la Terre (France)	スポット衛星(仏国)
Terra Earth Observing System AM-1 (USA)	地球観測システムAM1
TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission (USA)	熱帯降雨観測衛星

(4) Instruments	センサ
AMSR Advanced Microwave Scanning Radiometer ( in ADEOS-II)	高性能マイクロ波放射計
AMSR-E Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (in Aqua)	改良型高性能マイクロ波放射計
AVHRR Advanced Very-High-Resolution Radiometer (NOAA)	改良型超高分解能可視赤外放射計
AVNIR Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer (in ADEOS)	高性能可視赤外放射計
AVINIR-2 Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer-2 (in ALOS)	高性能可視赤外放射計2型
CERES Clouds and the Earth’s Radiant Energy System (in EO-1, TRMM, Terra, Aqua)	雲及び地球放射エネルギー観測装置
DPR Dual-frequency Precipitation Radar (in GPM)	二周波降水レーダ
GLI Global Imager (in ADEOS-II)	多波長光学放射計
GMI GPM Microwave Imager (in GPM)	GPMマイクロ波イメージャ
ILAS Improved Limb Atmospheric Spectrometer (in ADEOS)	改良型大気周縁赤外分光計
ILAS-II Improved Limb Atmospheric Spectrometer-II (in ADEOS-II)	改良型大気周縁赤外分光計-II
IMG Interferometric Monitor for Greenhouse gases (in ADEOS)	温室効果気体センサ
LIS Lightning Imaging Sensor (in TRMM)	雷観測装置

MODIS Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (in Terra, Aqua)	中分解能画像スペクトロメータ
MSS Multi-Spectral Scanner (in LANDSAT)	マルチスペクトル走査放射計
OCTS Ocean Color and Temperature Scanner (in ADEOS)	海色海温走査放射計
OPS Optical Sensor (in JERS-1)	光学センサ
PALSAR Phased-Array L-band Synthetic-Aperture Radar (in ALOS)	フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダー
Pi-SAR Polarimetric Interferometric Synthetic-Aperture Radar	航空機搭載合成開口レーダー
POLDER Polarization and Directionality of the Earth's Reflectances (in ADEOS-II)	表面反射偏光計
PR Precipitation Radar (in TRMM)	降雨レーダー
SAR Synthetic-Aperture Radar (in JERS-1 etc.)	合成開口レーダー
SeaWiFS Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (in Orb View-2, SeaStar)	海洋観察広視野センサ
SMMR Scanning Multispectral Microwave Radiometer (in Nimbus-7)	走査型多周波マイクロ波放射計
SMILES Superconducting Submillimeter-wave Limb Emission Sounder (in ISS/JEM)	超伝導サブミリ波リム放射サウンダ
SSM/I Special Sensor Microwave/Imager (in DMSP)	機械走査型マイクロ波放射映像センサー
SWIR Short-Wave Infrared Radiometer (in JERS-1/OPS)	短波長赤外
TMI TRMM Microwave Imager (in TRMM)	TRMMマイクロ波イメージャ
VIRS Visible Infrared Scanner (in TRMM)	可視赤外イメージャー・放射計
VNIR Visible and Near-Infrared Radiometer (JERS-1/OPS)	可視近赤外放射計

(5) Computers and information	(5) コンピュータと情報
DCW Digital Chart of the World	世界のデジタルチャート
DEM Digital Elevation Model	デジタル標高モデル
DSM Digital Surface Model	数値地表モデル
DTM Digital Terrain Model	デジタル地形モデル
EOIS Earth-Observation Information System	地球観測情報システム
EOSDIS Earth-Observation Satellite Data Information System	地球観測システムデータ・情報システム
GIS Geographic Information System	地理情報システム
GMT Generic Mapping Tool	汎用地図作成ツール
HDF Hierarchical Data Format	階層データ・フォーマット
ISS Information-Service System	情報サービスシステム

(6) Conferences and Meetings	(6)会議とミーティング
APRSAF Asia-Pacific Regional Space Agency Forum	アジア太平洋地域宇宙機関会議
IAGA International Association of Geomagnetism and Aeronomy	国際地球電磁気・超高層物理学協会
IGARSS International Geosciences And Remote Sensing Symposium	国際地球科学およびリモートセンシングシンポジウム
JPTM Joint Project Team Meeting (of Sentinel Asia)	センチネルアジア(SA)共同プロジェクトチーム会合
PIERS Progress In Electromagnetics Research Symposium	電磁波工学研究の進歩に関する国際会議
SPIE International Society for Photo-optical Instrumentation Engineers	国際光工学会

(7) Others	(7) その他
DAS Data-Analysis System	データ解析研究系システム
DCS Data-Collection System	データ収集システム
DT Direct Transmission (system)	直接伝送系
GCM General Circulation Model	大気大循環モデル
GCP Ground Control Point	地上基準点
MDR Mission Data Recorder	ミッション記録装置
MOU Memorandum of Understanding	覚書
RA Research Announcement	研究公募
SST Sea-Surface Temperature	海面水温



本印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針の判断基準を満たす紙を使用しています。  
印刷はVOC(揮発性有機化合物)が少ない植物性大豆油インキを使用しています。

This document is provided by JAXA.