

AMSR シリーズによる全球水循環の長期継続観測 Long-term continuous observation of global water cycle by AMSR series

沖 大幹^{1*}, 今岡 啓治², 可知 美佐子²
Taikan Oki^{1*}, Keiji Imaoka², Misako Kachi²

¹ 東京大学生産技術研究所, ² 宇宙航空研究開発機構

¹Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, ²Japan Aerospace Exploration Agency

In monitoring global environment and climate from space, the highest priority has been given to the continuity, frequency, and uniformity of the data records. These are also important to make satellite Earth observation an infrastructure in the society. The Global Change Observation Mission (GCOM) is designed to satisfy those needs. GCOM is a concept to perform global Earth observation from many perspectives, comprising of two polar-orbiting satellite series and spreading over three generations to achieve long-term and consistent data records. Two satellite series are GCOM-W (Water) and GCOM-C (Climate). The GCOM 1st ? Water (GCOM-W1) is the first satellite of the series and launched on May 18, 2012. The sole mission instrument on the satellite is the Advanced Microwave Scanning Radiometer-2 (AMSR2), which is a multi-frequency passive microwave radiometer system and serves as the major instrument to cover water-related geophysical parameters in the GCOM mission. AMSR2 is a successor instrument to the AMSR for the Earth Observing Systems (AMSR-E) and AMSR on the Advanced Earth Observing Satellite-II (ADEOS-II). Microwave radiometers have been playing an important role in measuring global water and energy cycles. Based on the accumulation of data records such as by the Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) and the Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I), the AMSR series made a significant progress in spatial resolution and frequency range. Although the characteristics of AMSR2 is similar to AMSR-E, the instrument had improved and enhanced in several important aspects such as calibration accuracy, spatial resolution, and reliability of instrument, as the latest instrument of the AMSR series. In addition to the basic product of brightness temperatures (Tbs), various water-related geophysical products are generated from Tbs obtained by AMSR2. They include integrated water vapor (total precipitable water), integrated cloud liquid water, precipitation, sea surface temperature, sea surface wind speed, sea ice concentration, soil moisture content, and snow depth. These products, as well as many geophysical parameters from the A-Train constellation and GCOM-C1, are expected to be utilized in many research areas covering water cycle and climate variability, and operational applications such as numerical weather forecast, drought monitoring, and fishery.

キーワード: 衛星, リモートセンシング, 水循環, マイクロ波放射計
Keywords: satellite, remote sensing, water cycle, microwave radiometer

GCOM-W1/AMSR2 による大気 - 海洋相互作用の観測 Observation of atmosphere-ocean interactions by AMSR2 on GCOM-W1

江淵 直人^{1*}, 日原 勉², 根田 昌典³, 香西 克俊⁴, 久保田 雅久², 大黒 篤司², 柴田 彰⁵, 富田 裕之⁶
Naoto Ebuchi^{1*}, HIHARA, Tsutomu², KONDA, Masanori³, KOZAI, Katsutoshi⁴, KUBOTA, Masahisa², OKURO, Atsushi², SHIBATA, Akira⁵, TOMITA, Hiroyuki⁶

¹ 北海道大学低温科学研究所, ² 東海大学海洋学部, ³ 京都大学大学院理学研究科, ⁴ 神戸大学大学院海事科学研究科, ⁵ 気象研究所, ⁶ 名古屋大学地球水循環研究センター

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²School of Marine Science and Technology, Tokai University, ³Graduate School of Science, Kyoto University, ⁴Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, ⁵Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, ⁶Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University

GCOM-W は、気候や水循環の変動メカニズムを解明するために必要となる観測データを全球規模での長期継続して観測するシステムの構築とその利用実証を行うことを目的とした日本の地球観測ミッションで、3基の衛星によって15年以上の連続したデータ取得を目指している。その1号機であるGCOM-W1(愛称「しずく」)が2012年5月に打ち上げられた。GCOM-W1には、マイクロ波放射計AMSR2が搭載されている。AMSR2は、2002年に打ち上げられた日本の地球観測衛星ADEOS-IIに搭載されたAMSRおよび同年打ち上げの米国の衛星Aquaに搭載されたAMSR-Eの後継機である。AMSR2は、地球からのマイクロ波放射を多周波、多偏波で観測し、それをもとに、鉛直積算水蒸気量、鉛直積算雲水量、降水量、海面水温、海上風速、海水密度、積雪量、土壌水分などが算出できる。本報では、AMSR2によって観測された海面水温、海上風速の初期データの精度評価について報告する。現時点で、現場観測データなどとの比較により、海面水温、海上風速とも目標精度をほぼ達成していることが明らかとなっているが、同時にいくつかの改良すべき点も指摘されている。また、大気-海洋相互作用分野での観測データの利用および、実利用の可能性について紹介する。

キーワード: リモートセンシング, 地球観測, 大気海洋相互作用, マイクロ波放射計, GCOM-W1, AMSR2

Keywords: Remote sensing, Air-sea interaction, Atmosphere-ocean interaction, Microwave radiometer, GCOM-W1, AMSR2

AMSR2による海水観測の高度化に関する研究 Sea ice algorithm improvement for AMSR2

長 幸平^{1*}

Kohei Cho^{1*}

¹ 東海大学

¹Tokai University

近年、北極海の海水面積の減少傾向が顕著となっており、温暖化との関連が指摘されている。2012年5月に打ち上げられた水循環変動観測衛星 GCOM-W1 に搭載された世界最高性能のマイクロ波放射計 AMSR2 は、2012年9月16日に衛星観測史上、北極海の海水面積が最小になったことを明らかにした。衛星搭載マイクロ波放射計の空間分解能は観測周波数に依存して 5km~50km 程度と決して高くないが、大気の影響を受けにくく、毎日、全球の海水分布を観測することができる。筆者らは、以前から衛星搭載マイクロ波放射計による海水観測の研究に取り組んでおり、現在は AMSR2 による海水観測の高度化に取り組んでいる。今回は、AMSR2 の初期解析結果について報告する。

通常、マイクロ波放射計による海水観測では、海水と開放水面におけるマイクロ波帯の放射輝度温度に 100K 程度差があることを利用し、マイクロ波放射計の観測フットプリント内の海水の割合(海水密度)を算定している。この海水密度推定アルゴリズムとしては幾つかの手法が開発されているが、AMSR2 の海水密度の標準アルゴリズムとしては、NASA の Josefino Comiso 博士の AMSR Bootstrap(以下 ABT)アルゴリズムが採用されている。筆者らは、Comiso 博士と協力しつつ、そのアルゴリズムのパラメータの最適化に取り組んでいる。これまでのところ、AMSR2 の観測データは順調に取得されており、AMSR2 の1世代前の AMSR-E に用いられてきた ABT アルゴリズムおよびパラメータで算定された海水密度は、他のセンサデータ等を比較してもほぼ妥当な値となっている。

衛星搭載マイクロ波放射計データを用いた海水密度推定における主な誤差要因には、大気による影響(Weather effect)と陸域の影響(Land effect)がある。Weather effect は水蒸気等の影響により、海水の無い開放水面が海水と同様な放射輝度温度を示し、海水域と推定されてしまう現象である。この現象は、観測輝度温度の特徴空間の閾値処理で低減することができる。しかし、筆者らは、AMSR2 の海水密度推定結果にも Weather effect による疑似海水域が抽出されていることを確認しており、閾値の最適化に取り組んでいる。また、Land effect については、長が開発した Land Filter の有効性が確認されており、すでに AMSR2 の処理アルゴリズムに実装されている。しかし、まだ、完璧とは言えず、この改良にも取り組んでいる。

また、マイクロ波放射計による薄氷域の検出も重要なテーマである。筆者らは、水の影響でマイクロ波帯の垂直偏波と水平偏波の観測輝度温度の差が大きくなることを利用し、AMSR-E データの

特徴空間から海水密度の高い薄氷域のみ抽出するアルゴリズムを2012年に開発した。同時観測の光学センサ MODIS との比較から、オホーツク海においては MODIS 状態で識別できる多くの薄氷域を AMSR-E データで自動識別できることがわかった。現在、このアルゴリズムを AMSR2 データにも適用し、初期評価を行っておりほぼ妥当な成果が出ている。

キーワード: 海水密度, オホーツク海, GCOM-W1, リモートセンシング

Keywords: sea ice concentration, Sea of Okhotsk, GCOM-W1, remote sensing

TRMM15年の科学的成果とGPMへの期待 Scientific progresses from 15 years observation of TRMM and expectations to the GPM

高数 縁^{1*}
Yukari Takayabu^{1*}

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 独立行政法人海洋研究開発機構
¹AORI, the University of Tokyo, ²JAXA, ³JAMSTEC

1997年11月に打ち上げられた熱帯降雨観測衛星 TRMM は、世界で唯一、宇宙からの降雨レーダー観測を実現し、既に15年に亘って雨の立体構造を集めてきた。初期画像からは、台風の眼の壁雲の上空 18 km の高さに降水粒子が観測されるなど、科学者を驚かせるような発見があった。

TRMM は、レーダーによる雨の立体構造の直接観測が最大の特長であるが、その他にも太陽非同期、マルチセンサー（降雨レーダー、マイクロ波放射計、可視赤外放射計、雷センサー、長波短波放射計）搭載、また15年の連続観測という特長をもつ。それらにより、熱帯亜熱帯域の雨量推定がより精確になったのみならず、様々な気象現象に伴う雨の違いをグローバルに捉えることに貢献した。各地の雨の鉛直構造や日変化、雷特性、季節変化などの特徴の理解が飛躍的に進み、雨をもたらす気象の仕組みがより明瞭になった。このようにして TRMM の15年観測は降雨の科学において大きな進展をもたらした。

一方、TRMM 観測は地球上のどこでどの高さまで湿潤対流によって熱が持ち上げられているかを明らかにし、地球大気の流れの解明や、気候モデルの検証にも役立っている。また、地上観測網の少ない地域における洪水予測などの水文分野での利用も検討されている。

本講演では、TRMM 15年観測による日本の科学研究成果を振り返る。また、2014年に打ち上げが予定されている全球降雨観測衛星計画（GPM：主衛星は二周波降雨レーダー（DPR）搭載、マイクロ波観測によるコンステレーション衛星群により3時間の時間分解能での全球降雨推定）への期待を議論したい。

謝辞：本講演では、JAXA PMM サイエンスチームメンバーの研究成果を紹介します。

キーワード: TRMM, GPM, 降雨レーダー, 降雨特性, 二周波降雨レーダー
Keywords: TRMM, GPM, Precipitation Radar, Precipitation Characteristics, Dual-frequency Precipitation Radar

GPM/DPR にも TRMM/PR にも使える降水強度推定アルゴリズムの開発 A developing precipitation retrieval algorithm for the GPM/DPR and the TRMM/PR

瀬戸 心太^{1*}, 井口 俊夫²
Shinta Seto^{1*}, IGUCHI, Toshio²

¹長崎大学, ²情報通信研究機構

¹Nagasaki University, ²NICT

2014年に運用開始予定の全球降水観測(GPM)計画主衛星には、二周波降水レーダ(DPR)が搭載される。DPRは、現在運用中の熱帯降雨観測衛星(TRMM)に搭載されている一周波の降雨レーダ(PR)の後継機にあたる。著者らは、DPR用の降水推定のための標準アルゴリズムを、PRの標準アルゴリズムを基礎として開発している。

降水レーダの観測は、降水強度よりも、雨滴粒径分布に直接的に依存する。一般に、雨滴粒径分布は指数分布やガンマ分布に従うと仮定され、2つの独立なパラメータで表現することができる。すなわち、粒径分布は2次元の平面上に存在する。一周波観測の場合には、同時に2つのパラメータを決めることができないため、レーダ反射因子 Z と降水強度 R の間のべき乗則(Z - R 関係)を与える経験的な手法がよく用いられるが、これは粒径分布をある1次元の曲線上に制約することに相当する。PRの標準アルゴリズムでは、減衰係数 k とレーダ反射因子 Z の間のべき乗則(k - Z 関係)を与えて、減衰の影響を補正する手法(Hitschfeld-Bordanの方法、HB法と略する)が用いられるが、これも粒径分布をある別の1次元の曲線上に制約することに相当する。なお、PRのような飛翔体搭載レーダの場合には、地表面散乱を利用した表面参照法によりパス積算減衰量(PIA)を推定することが可能であるから、これを用いて k - Z 関係を修正することができる。ただし、この修正は、表面参照法の精度に依存する。また、修正はすべてのレンジビンで同時に適用されるため、粒径分布を2次元の自由度で表現できるわけではない。このようにPRなど一周波観測による粒径分布の推定は、 Z の観測精度だけでなく、 k - Z 関係などの制約条件の精度にも依存する。

これに対して、二周波観測では制約条件を与えることなく、2つの独立のパラメータを推定できると期待されていた。しかし、理想的な条件においても、パラメータは一意には求まらない(Seto et al. 2011)。DPRの場合、低周波数側のKu帯の Z と、高周波数側のKa帯の Z の制約条件を、粒径分布パラメータの2次元平面上に書くと、2つの交点を持つ。すなわち、2つの解が存在する。レンジビンの数が N 個あれば、最大2の N 乗通りの解が存在する。さらに、数値計算上の誤差の蓄積や、 Z の観測誤差を考えると、制約条件なしに解を求めることは現実的でない。

現在開発中のDPR標準アルゴリズムでは、二周波観測が得られる場合においても、Ku帯、Ka帯のそれぞれについて、 k - Z 関係を仮定し、HB法を適用することで減衰補正を行う。これにより、減衰補正済のレーダ反射因子 Z_e が両周波数で得られる。次に、 Z_e の周波数間の比に着目することで、2つの粒径分布パラメータが求まる(DFR法)。通常は、ここで得られた粒径分布は、仮定した k - Z 関係を満たさない。そこで、粒径分布にあうように k - Z 関係を修正する。修正された k - Z 関係を用いて再度HB法とDFR法を適用する。このHB法とDFR法の組み合わせを繰り返すことにより、 k - Z 関係を改良することが可能である。

これをHB-DFR法と呼ぶ(Seto et al. 2013)。PRでの表面参照法を使った k - Z 関係の修正の場合とは違い、HB-DFR法ではレンジビンごとに独立に修正を行うことができる。このため、粒径分布を2次元の自由度で表現することができる。

HB-DFR法は、 k - Z 関係の修正がとまったと判断されるか、一定の繰り返し回数に達した時点で終了する。少なくとも前者の場合は、複数存在する解の中の一つを選択したことになるが、どの解が選択されるかは、最初に仮定した k - Z 関係に依存する。したがって、HB-DFR法では、 k - Z 関係をゆるやかな制約条件として用いていると説明できる。しかし、 Z の観測誤差のない理想的な条件においても、HB-DFR法の解は下方(レーダより遠方)に行くほど誤差が拡大する。これはHB-DFR法のような前進解法の特徴である。誤差の拡大をおさえるためには、表面参照法をあわせて使う必要がある。

本手法は、二周波の Z と表面参照法からレンジビンあたり2つの粒径分布パラメータを推定するという点で、既存の二周波降水レーダ用アルゴリズムと大きな違いはない。しかし、本手法は、「二周波の Z がそろわないレンジビンではDFR法による k - Z 関係の修正をしない」とするだけで、一周波観測、または減衰などの影響で一部のレンジビンで二周波のいずれかの Z が得られない場合にも容易に適用できるという利点がある。DPRの二周波観測は、ノーマルスキャンの中央部に限られており、それ以外はKu帯またはKa帯の一周波観測となるが、本手法を用いることで降水の平面構造を継ぎ目なく推定できることが期待できる。さらには、PRの観測にもDPRと同じアルゴリズムを適用することで長期にわたって同品質のプロダクトを作成することも視野に入れている。

キーワード: 降水, レーダ, 雨滴粒径分布, GPM, TRMM, DPR

Keywords: precipitation, radar, DSD, GPM, TRMM, DPR

新しいGSMaP MWI 陸上降水リトリバルアルゴリズム NEW GSMaP MICROWAVE IMAGER OVER-LAND PRECIPITATION RETRIEVAL ALGORITHM

青梨 和正^{1*}, 木田 智史²

Kazumasa Aonashi^{1*}, KIDA, Satoshi²

¹ 気象研究所, ² 宇宙航空研究開発機構

¹Meteorological Research Institute, ²JAXA

1. はじめに

全球的な降水分布を得るために、我々は、MWI 降水リトリバルアルゴリズムを Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) プロジェクトの下で開発してきた。このアルゴリズムは JAXA の準リアルタイム降水強度推定システムに採用されている (<http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index.htm>)。このアルゴリズムの基本的考えは、観測された MWI TB と最も合う TB の前方計算値を与える地上降水強度を求めることである。JAXA の準リアルタイム用の従来の陸上の降水リトリバルアルゴリズム (Aonashi et al, 2009) は、全般的には地上降水強度を過小評価する傾向があるが、PR よりも過大になる地点もある。

本研究の目標は、上記のバイアスを軽減する、新しい陸上リトリバルアルゴリズムを開発することである。このため、本研究は、MWI TB から TB と地上降水強度の関係に影響する降水物理量の指標を導出した。そして、この指標を使って、アルゴリズムの前方計算を補正した。また、我々は、この新アルゴリズムの検証を 2004 年の陸上の TMI, PR データを用いて行った。

2. 従来のアルゴリズムの記述

従来の TRMM MWI (TMI) 陸上リトリバルアルゴリズムは、前方計算部分 - 簡単な降水雲モデルとマイクロ波の放射伝達モデル (RTM) を使って、降水強度と輝度温度の関係を求める - と、リトリバル部分 - 37, 85 GHz の Polarization-corrected temperature (PCT37, PCT85) の depression と最も良く合う、前方計算値を与える降水強度を求める - から構成される。従来は、この前方計算に全球解析値の地表面・大気情報や統計的降水物理量モデルを使っていた。

このアルゴリズムは、低周波の輝度温度も使える海上のリトリバルアルゴリズムに比べて TRMM Precipitation Radar (PR) 地上降水強度 (Rainsurf) との対応が悪い。即ち、陸上の降水リトリバルは、全般的には Rainsurf 過小評価する傾向があるが、PR よりも過大になる地点もある。

3. 新しいアルゴリズムの方法

本研究は、MWI TB から TB と地上降水強度の関係に影響する降水物理量の指標を導出した。そして、この指標を使って、アルゴリズムの前方計算を補正した。

まず、PCT depression 対 Rainsurf の降水物理量依存性を調べるため、我々は、従来のアルゴリズムの降水雲モデルのパラメータに摂動を与えて、PCT depression と地上降水強度の関係を計算する実験を行った。その結果、PCT37 depression は固相、液相の降水層の厚みに感度を持つこと；PCT85 depression は、固相の厚みや固体降水の特性に非常に感度が高いこと；がわかった。

そこで、固体降水層の厚みの指標として、PCT85 depression と PCT37 depression の比 (R8537) を導入した (但し、R8537 は、85, 37 GHz depression からリトリバルした降水強度 (Rain85, Rain37) の比の形で表現した)。TMI R8537 は PR の固体降水の厚みと相関を示す。

また、FLH の間接的指標として、' 降水なしの PCT37 (PCT37nr) を利用した。これは、非降水域の PCT が、地表面温度の関数となることに基づく。

これらの指標 (R8537 と PCT37nr) に対する PCT37 depression 対 Rainsurf の依存性を 1998 年の TRMM データについてチェックした。その結果、PCT37 depression 対 Rainsurf は、主に PCT37nr に依存し、PCT37nr が高温なほど (Rain37/Rainsurf) が大きくなること；PCT85 depression 対 Rainsurf は、R8537 に非常に敏感なこと；がわかった。

上記結果に基づき、我々は、降水タイプ毎に、R8537 と PCT37nr でクラス分けした、1998 年の Rain37 と Rainsurf の線形回帰係数を求めた。そして、この回帰係数を用いてリトリバル値を補正するアルゴリズムを作った。

4. 検証結果

本研究は、この新アルゴリズムの検証を 2004 年の陸上の TMI, PR データを用いて行った。その結果、従来見られていた TMI リトリバルの PR に比した過小評価が緩和された。また、TMI リトリバルの陸上の帯状平均の誤差が、特に PCT37nr が低温になる冬半球側で軽減されている。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG39-06

会場:301A

時間:5月19日 17:30-17:45

キーワード: GSMaP, マイクロ波放射計, 降水リトリバル, TRMM, GCOMW1, AMSR2

Keywords: GSMaP, Microwave Imager, Precipitation retrieval, TRMM, GCOMW1, AMSR2

Performance of the GSMaP data over Vietnam and a case study of its correction by using artificial neural networks Performance of the GSMaP data over Vietnam and a case study of its correction by using artificial neural networks

Thanh Ngo-Duc^{1*}, Jun Matsumoto², Hideyuki Kamimera³, Hai Bui-Hoang¹, Hiroshi Takahashi²
Thanh Ngo-Duc^{1*}, Jun Matsumoto², Hideyuki Kamimera³, Hai Bui-Hoang¹, Hiroshi Takahashi²

¹Department of Meteorology, Hanoi University of Science, Vietnam, ²Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, Hachioji, Japan, ³International Centre for Water Hazard and Risk Management, Public Works Research Institute, Japan
¹Department of Meteorology, Hanoi University of Science, Vietnam, ²Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, Hachioji, Japan, ³International Centre for Water Hazard and Risk Management, Public Works Research Institute, Japan

The performance of the Global Satellite Mapping of Precipitation data (GSMaP - MVK version 5.222.1) is examined by comparing with the rainfall gauged at 57 meteorological stations of Vietnam and the gridded Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of Water Resources data (APHRODITE - V1003R1). Results show that correlation coefficients between GSMaP and rain-gauge observations for the period of 2001-2007 are commonly in the [-0.3,0.6] range, which are significantly lower compared to the [0.7,0.99] range of the APHRODITE data. The lowest correlated regions for GSMaP are located mainly in the coastal zone of Central Vietnam. An EOF analysis of the datasets shows that GSMaP well represents the first two principal rainfall regimes for Vietnam consisting of the May-October regime in North Vietnam and in the west side of the TruongSon mountain range; and the September-November rainfall regime in Central Vietnam. The first and the second eigenmodes of GSMaP respectively explained 83.95% and 11.12% of rainfall variances, which are in good agreement with APHRODITE. Both GSMaP and APHRODITE show topographic effects, which result in more precipitation in the windward side of the TruongSon mountain range during both summer and winter monsoon seasons. However, GSMaP largely underestimates the topographic effects on winter monsoon rainfall, particularly in the coastal zone of Central Vietnam. A case study of GSMaP correction by using artificial neural networks (ANN) is implemented over the ThuBon-VuGia basin in Central Vietnam. Validation results through spatial correlation, amplitude and Nash-Sutcliffe efficiency coefficient show that the ANN correction method significantly improves the GSMaP rainfall quality over the basin for both the dependent and independent periods of 2001-2005 and 2006-2007, respectively.

キーワード: GSMaP, satellite rainfall, artificial neural network, winter monsoon

Keywords: GSMaP, satellite rainfall, artificial neural network, winter monsoon

UAV を用いた GCOM-C1/SGLI (VNR) の陸域プロダクトの検証について LAND VALIDATION for GCOM-C1/SGLI (VNR) using UAV

本多 嘉明^{1*}

Yoshiaki HONDA^{1*}

¹ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

¹Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University, Japan

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) is going to launch new Earth observation satellite GCOM-C1 in near future. The core sensor of GCOM-C1, Second Generation Global Imager (SGLI) has a set of along track slant viewing Visible and Near Infrared Radiometer (VNR). These multi-angular views aim to detect the structural information from vegetation canopy, especially forest canopy, for estimating productivity of the vegetation. SGLI Land science team has been developing the algorithm for above ground biomass, canopy roughness index, shadow index, etc.

In this paper, we introduce the ground observation method developed by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in order to contribute the algorithm development and its validation. Mainly, multi-angular spectral observation method and simple BRF model have been developed for estimating slant view response of forest canopy. The BRF model developed by using multi-angular measurement has been able to obtain structural information from vegetation canopy. In addition, we have conducted some observation campaigns on typical forest in Japan in collaboration with other science team experienced with vegetation phenology and carbon flux measurement. Primary results of these observations are also demonstrated.

Keywords: UAV, Second Generation Global Imager (SGLI), Multi-angular observation, Forest canopy, Vegetation productivity

GCOM-C1 海洋プロダクト開発 GCOM-C1 ocean product development

村上 浩^{1*}

Hiroshi Murakami^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構

¹Japan Aerospace Exploration Agency

JAXA は 2015 年度打ち上げを目指し、地球環境変動観測ミッション (GCOM-C1) の衛星・センサーの設計、開発、試験をここ数年間で集中的に実施している。データプロダクトについても、JAXA および 2009 年夏に組織された GCOM-C1 最初の研究期間 (2009-2012 年度) の主要研究者 (PI) によって活発に行われてきた。2011 年度には PI からアルゴリズムの最初のバージョンが JAXA に提供され、JAXA/EORC の中で現場データおよびシミュレーション L1B データ (HDF5 フォーマット) を使用した処理試験などを通じて評価が行われている。2 期目の研究期間は 2013 年 4 月から 2016 年 3 月まで行われる予定であるが、そこでは打ち上げ後 1 年後に公開される標準プロダクトの初期バージョンのために標準アルゴリズム (と処理運用に用いられる処理コード) の開発および検証準備に重点を置いた研究が実施される。

GCOM-C1 の標準海洋プロダクトには、海面水温、海色 (正規化海面射出放射輝度 (nLw)、クロロフィル a 濃度 (CHL)、懸濁物質濃度、有色溶存有機物の吸収 (CDOM) および光合成有効放射がある。また上記のものに加え、研究プロダクトとして、固有の光学的性質 (IOP)、有光層深度、正味基礎生産、植物プランクトン機能別分類および赤潮検知が定義されており、これらの研究も活発に行われている。

SGLI は、1050km の観測幅を備えた 250m の空間分解能を持っており、従来の 1km の観測に比べて沿岸域のモニタリングを改善すると期待されている。外洋域の海色プロダクトは季節や年々変動を適切に示せる精度まで到達しているが、沿岸域は複雑な組成を持ち、陸起源のエアロゾルに強く影響されるため、海色推定結果の精度や安定性にまだ問題がある。これは、従来の外洋のエアロゾルタイプを候補にした大気補正や、nLw との全球での平均的な関係を用いた回帰式によって CHL 等を推定する手法について、沿岸域への適用に向けて改善する必要があることを示している。

そこで、日本周辺域 (例えば、陸奥湾、東京湾、有明海など) やニューカレドニア環礁などのいくつかの沿岸について、水中の光学的性質 (吸収および後方散乱のスペクトル) やエアロゾル特性に関する観測や過去の現場データの再解析を始めている。得られた光学特性のデータを IOP の推定と同じ水中光学モデルを用いて解析し、植物プランクトンや CDOM の吸収スペクトルの形や懸濁物質の散乱の波長勾配等について、それぞれの海域での特徴付けを行う。そしてその結果は、各沿岸域で衛星データ処理 (大気補正や IOP の推定) に反映されることになる。

全球観測センサである GCOM-C のプロダクトのためには、なるべく多くの典型的な海域をカバーできるように、このような特徴付けをなるべく多数行う必要がある。そのため、GCOM-C1 サイエンスチームだけでなく他の共同研究機関やお海外の協力機関等と連携して観測・研究を行なっていく必要がある。

キーワード: GCOM-C, SGLI, 海色, 衛星

Keywords: GCOM-C, SGLI, ocean color, satellite

GCOM-C1/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

堀 雅裕^{1*}, 青木輝夫², STAMNES, Knut³, 谷川朋範¹, LI, Wei³, CHEN, Nan³

Masahiro Hori^{1*}, AOKI, Teruo², STAMNES, Knut³, TANIKAWA, Tomonori¹, LI, Wei³, CHEN, Nan³

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 気象研究所, ³ スティーブンス工科大学

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Meteorological Research Institute, ³Stevens Institute of Technology

The "Global Change Observation Mission-Climate" (GCOM-C) is a project of Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) for the global and long-term observation of the Earth environment. The GCOM-C is a part of the JAXA's GCOM mission which consists of two satellite series, GCOM-C and GCOM-W (Water), spanning three generations in order to perform uniform and stable global observations for 13 years. The first generation of GCOM-C (GCOM-C1) carries a multi-spectral optical radiometer named Second Generation Global Imager (SGLI), which will have special features of wide spectral coverage from 380 nm to 12 micrometer, a high spatial resolution of 250m, a field of view exceeding 1000km, two-direction simultaneous observation, and polarization observation. The GCOM-C mission aims to improve our knowledge on the global carbon cycle and radiation budget through high-accuracy observation of global vegetation, ocean color, temperature, cloud, aerosol, and snow and ice. As for the cryosphere observation, not only snow and ice cover extent but also snow physical parameters are retrieved from SGLI data such as snow grain sizes at shallow layers, temperature, and mass fraction of impurity mixed in snow layer and so on. These snow physical parameters are important factors that determine spectral albedo and radiation budget at the snow surface. Thus it is essential to monitor those parameters from space in order to better understand snow metamorphosis and melting process and also to study the response of snow and sea-ice cover extent in the Polar Regions to a climate forcing such as global warming. This presentation will summarize the SGLI cryospheric products and validation plans.

キーワード: 積雪分布, 積雪粒径, 積雪不純物, 表面温度, リモートセンシング, GCOM

Keywords: Snow Cover, Snow Grain Size, Snow Impurity, Surface Temperature, Remote Sensing, GCOM

GCOMC 衛星計画の気候長期観測と雲科学への期待 Expectations for the GCOMC satellite mission on long-term climate observation and clouds science study

letu husi^{1*}, 永尾 隆¹, 中島 孝¹
husi letu^{1*}, Takashi Nagao¹, Takashi Nakajima¹

¹ 東海大学情報技術センター

¹Research and Information Center, Tokai University

Clouds are key observation target for calculating earth energy budget and climate change study. Satellite remote sensing can observe the earth surface and the atmosphere with wide range and frequently, it is an efficient way for monitoring change of cloud properties and cloud spatial distributions. The Global Change Observation Mission (GCOMC)/Second Generation Global Imager (SGLI) is a passive optical radiometer for monitoring climate change, which is scheduled to launch in around 2014 by the Japan Aerospace eXploration Agency (JAXA).

The GCOM-C mission measures essential geophysical parameters on the Earth surface and in the atmosphere to facilitate understanding of the global radiation budget. There are 19 channels, including two polarized VNR channels in SGLI. The SGLI sensor is an optical sensor capable of multi-channel observation at wavelengths from near-UV to thermal infrared. The SGLI consists of two radiometer instruments, the Visible and Near Infrared Radiometer (VNR) and the Infrared Scanner (IRS). SGLI-VNR is capable of observing polarized, non-polarized radiance and multi-angle scanning. Sensor characteristics of polarized and multi-angle scanning are very important for determining the ice cloud shapes and aerosol studies. In the GCOMC satellite mission, cloud properties such as the cloud optical thickness, the effective particle radii, and the cloud top temperature will be retrieved from SGLI-VNR data. The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) cloud product will be produced and cloud inhomogeneity of the warm water cloud will be discussed. This is one of the new sciences of the GCOM-C satellite mission in terms of cloud sciences. Furthermore, ice crystal scattering database will be developed for ice cloud remote sensing.

Long-term cloud remote sensing data is important on improving the accuracy of the climate model and climate change study. There was a 40 year time-series cloud remote sensing data observed by the satellite instruments such as NOAA/AVHRR, Terra-Aqua/MODIS, ADEOS-II/GLI, and NPP/VIIRS until now. GCOMC/SGLI will continue the current satellite mission to observe the cloud property and contribute to the long-term climate change study.

キーワード: GCOMC/SGLI, 雲の科学, 気候変動, 氷雲の形状

Keywords: GCOMC/SGLI, Cloud science, Climate change, Ice cloud shapes

モデルと衛星観測を活用した食糧安全保障パッケージ

Food security packaging with utilization of numerical modeling and satellites observations

樋口 篤志^{1*}, 田中 賢治², 本多 嘉明¹

Atsushi Higuchi^{1*}, Kenji Tanaka², Yoshiaki HONDA¹

¹ 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター, ² 京都大学 防災研究所

¹Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

衛星ベースの降水量, 日射量, 土壌水分, 積雪, 農事暦, 土地被覆, 作物情報等衛星ベースで使えるデータをフル動員し, これらのデータを陸域水文モデル・作物生長モデルを介して収量推定を行う計画案(食糧安全保障パッケージ)がまとまりつつある. 本発表では, この概要, および衛星プロダクトへの要求について言及したい.

キーワード: 食糧収量, 陸域水文モデル, 衛星観測

Keywords: yield estimation, hydrological modeling, satellite observation

次期ひまわり 8号・9号の計画及びプロダクト Status of Next Generation Japanese Geostationary Meteorological Satellites Himawari-8/9 and Their Products

横田 寛伸^{1*}, 国松 洋¹
Hironobu Yokota^{1*}, Hiroshi, Kunimatsu¹

¹ 気象庁

¹Japan Meteorological Agency

気象庁は、現行の静止気象衛星ひまわり 7号の後継機として、静止地球環境観測衛星ひまわり 8号及び9号を整備中である。ひまわり 8号は 2014 年に打ち上げて 2015 年より 7号に代わって観測を開始する予定であり、9号は 2016 年に打ち上げ予定である。

ひまわり 8号及び9号に搭載されるイメージャ (AHI) は、米国 GOES-R に搭載予定の ABI とほぼ同等であり、7号に比べて以下の点で観測性能が向上する。

- ・観測チャンネルの増加 (16 チャンネル)
- ・水平解像度の倍増 (可視 0.5~1km、赤外 2km)
- ・観測所要時間の短縮 (フルディスク 10 分毎)
- ・ラピッドスキヤンの標準装備

このようなイメージャの性能向上により、気象現象の監視、台風解析、数値予報の向上及び気候変動等地球環境モニタリングへの貢献が期待できる。気象庁では AHI のデータ利用手法の開発に取り組んでおり、衛星風 (AMV) の向上、火山灰や黄砂の検出等の開発を進めている。

ひまわり 8号及び9号の概要並びに AHI の応答関数 (ARF) やシミュレーションデータについては気象庁気象衛星センターのホームページで公開している。

<http://mscweb.kishou.go.jp/himawari89/index.html>

キーワード: ひまわり 8号, 静止気象衛星, AHI

Keywords: Himawari-8, geostationary meteorological satellite, AHI

気象庁における地球観測衛星データの利用

Use of earth observing satellite data at Japan Meteorological Agency

岡本 幸三^{1*}

Kozo OKAMOTO^{1*}

¹ 気象研

¹ Meteorological Research Institute

地球観測衛星は、気象庁において、数値予報、防災・環境監視、モデル・プロダクトの検証といった様々な業務・研究開発に利用されている。

ひまわりなどの静止気象衛星は、その高頻度観測・長期継続性・即時配信性能により、必要不可欠な観測手段である。しかし、観測波長域が可視・赤外域に限られるため、厚い雲の下層の情報や、気温・水蒸気・風・雲・降水の鉛直情報を得ることは難しい。一方、地球観測衛星に搭載されたマイクロ波センサーや、赤外多波長サウンダ、雲・降水レーダーは、これらの情報を提供するため、両衛星システムを相補的に利用することが極めて重要である。

例えば、マイクロ波イメージャは、曇天域においても海面水温や海水解析、積雪深解析、数値予報初期値作成、再解析などに使われている。台風解析においては、中心位置・中心気圧の推定は、ひまわりによる雲画像の利用が主であるが、中心が不明瞭な場合にはマイクロ波イメージャが有効であり、さらに TRMM/TMI を用いた最大風速推定も試みている。

数値予報では、データ同化によって初期値となる大気解析場の作成、モデル境界値データセットの作成、モデル・解析結果の検証に、衛星データは不可欠である。この20年間の数値予報精度は、衛星データの高精度化・多様化と、データ同化システムの高度化によって大きく向上した。例えば TRMM/PR や Cloudsat/CPR による雲・降水の鉛直分布情報は、モデルの検証に貢献している。またマイクロ波サウンダやイメージャ、ハイパースペクトル赤外サウンダによる輝度温度データや、GNSS 掩蔽による大気伝搬屈折データ、マイクロ波散乱計による海上風データを同化することにより、気温・水蒸気・風に関する情報を有効に活用し高精度な解析場が作成されている。しかし雲・降水に関する大気解析場の精度はまだ十分とはいえず、雲・降水域の赤外・マイクロ波センサーの輝度温度や、雲・降水レーダーの同化が重要な課題である。

キーワード: 衛星, 台風解析, データ同化, 気象庁

Keywords: satellite, typhoon analysis, data assimilation, JMA

雲エアロゾル放射ミッション「EarthCARE」のアルゴリズム開発とJAXAプロダクトの現状と今後の予定

Current status and future plan of the JAXA/EarthCARE algorithm development and production model

久保田 拓志^{1*}, 沖 理子¹, 平形 麻紀¹, 福田 悟¹, 野牧 知之¹, 木村 俊義¹, 中島 映至²

Takuji Kubota^{1*}, Riko Oki¹, Maki Hirakata¹, Satoru Fukuda¹, Tomoyuki Nomaki¹, Toshiyoshi Kimura¹, Teruyuki Nakajima²

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東京大学

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²The University of Tokyo

EarthCARE (Earth Clouds, Aerosols, and Radiation Explorer) is a joint Japanese-European mission, and the mission is designed to produce the maximum synergetic collaboration of European and Japanese science teams. For Level 2 and higher data products, Japan originally develops the algorithms to release as Japanese products from JAXA, although continuous exchanges of information will be conducted between Japan and Europe through the Joint Algorithm Development Endeavor (JADE). The JAXA/EarthCARE algorithm development team as Prof. T. Nakajima (University of Tokyo) as the lead scientist consists of Prof. H. Okamoto (Kyushu University) and Mr. Y. Ohno (NICT) for CPR; Dr. T. Nishizawa (National Institute for Environmental Studies) for ATLID; Prof. T.Y. Nakajima (Tokai University) for MSI; Prof. H. Okamoto for CPR-ATLID synergy and CPR-ATLID-MSI synergy; Prof. M. Satoh (University of Tokyo) for model simulation; and Prof. T. Nakajima (University of Tokyo) for Four-Sensor Synergy Algorithm. The EarthCARE team in JAXA determined a list of products that will be processed and released from Japan on July 2011. JAXA L2 products are divided between standard products and research products. JAXA standard products will be processed and released from JAXA Mission Operations System Office (MOS). Agreed with ESA in Operation Interface Agreement (OIA), L2a standard products will be provided by 24 hours after observation, and L2b standard products will be provided by 48 hours after observation. On the other hand, research products are defined to be more challenging variables, and they are further divided between ER products and LR products. The ER (an abbreviation for "EORC Research") products will be processed and released from JAXA Earth Observation Research Center (EORC). The timeline is not defined in JAXA, but will be done on best-effort basis. The LR (an abbreviation for "Laboratory Research") products will be processed and released from the cooperation with Japanese Laboratories (including universities and research institutes), which are also on best-effort basis.

キーワード: 雲, エアロゾル, 放射, 衛星, 雲プロファイリングレーダ

Keywords: Cloud, Aerosol, Radiation, Satellite, Cloud Profiling Radar

EarthCARE/MSI 雲アルゴリズムの開発: 雲シミュレーションとアクティブセンサを用いたリトリバルプロダクトの解釈

Development of cloud algorithm for EarthCARE/MSI: Interpretation of retrievals using cloud simulation and active sensors

永尾 隆^{1*}, 中島 孝¹, 石田 春磨², 鈴木 健太郎³

Takashi Nagao^{1*}, NAKAJIMA, Takashi Y.¹, ISHIDA, Haruma², SUZUKI, Kentaroh³

¹ 東海大学, ² 山口大学, ³ NASA Jet Propulsion Laboratory

¹ Tokai University, ² Yamaguchi University, ³ NASA Jet Propulsion Laboratory

雲が地球の放射過程や水循環における主要なプレイヤーであることはよく知られている。雲微物理過程の解明は気象・気候の科学的理解や数値モデルの予測精度向上の寄与するものであり、雲リモートセンシングによる雲微物理特性の空間的な分布や時系列変化を全球規模で把握に非常に有益である。Aqua/MODIS や ADEOS-II/GLI に代表される可視から熱赤外までを多波長観測できるパッシブセンサは、雲リモートセンシングで最もよく用いられてきたセンサのひとつであろう。パッシブセンサによる多波長観測データからは雲粒有効半径、雲光学的厚さ、雲頂温度を推定することができる。これらは雲の放射特性と密接に関わる重要な雲微物理量であると同時に、雲の凝結成長・衝突併合・降雨の成長過程のどの段階にあるかを示す指標としても有用である。しかしながら、推定された雲粒有効半径、雲光学的厚さ、雲頂温度を現実の雲構造や雲成長段階に関して解釈するのは容易ではない。なぜなら現実の雲は鉛直不均質な粒径分布とサブピクセルスケールの水平不均質構造を有しており、推定モデルで仮定される平行平板案な雲構造よりも複雑な場合がほとんどである。このことは、これらパッシブセンサ由来の雲微物理量を飛行機観測や気候予測モデルによる雲微物理量と比較する際に問題となる。

本発表では、数値雲モデルおよびアクティブセンサを利用してパッシブセンサ由来の雲微物理量の解釈を試みた最近の研究成果について報告する。まず、数値雲モデルを利用した雲リモートセンシングシミュレーションに基づいて、パッシブセンサ観測から推定される雲粒有効半径、雲光学的厚さ、雲頂温度の値が雲鉛直構造およびサブピクセルスケールの水平不均質構造からどのように決まるのかを明らかにする。この種のアプローチの利点は数値雲モデルで作られる雲の鉛直・水平構造が完全に分かっていることである。これは現実の観測では行えないものである。このアプローチの目標は雲粒有効半径、雲光学的厚さ、雲頂温度を雲微物理量の鉛直・水平構造の陽関数として表す近似モデルを構築することである。このような近似モデルはパッシブセンサ由来の微物理量を飛行機観測や気候予測モデルによる雲微物理量と比較するにおける差異の解釈に効果を発揮する。次に、アクティブセンサとパッシブセンサによる同時観測データに用いて、パッシブセンサ由来の雲粒有効半径・光学的厚さをアクティブセンサによる現実の雲の鉛直内部構造と統計的に関連付ける。このアプローチの目標は、雲粒有効半径・光学的厚さの値に対応する典型的な鉛直粒径分布を見つけ出すことである。ただし、このアプローチの難点はアクティブセンサ観測のみでは雲鉛直内部構造に関する雲微物理量を完全には知ることができない点にある。足りない情報は、先の数値雲モデルを用いた雲リモートセンシングシミュレーションで得られた知見によって補う必要がある。これらに加えて、発表では JAXA と ESA の共同ミッションである EarthCARE に搭載されるパッシブセンサ MSI のための雲アルゴリズムの開発状況についても報告する。EarthCARE には MSI の他に雲レーダ CPR、大気ライダー ATLID、広帯域放射計 BBR が同時搭載され、これらのセンサによる複合的な観測により雲・エアロゾルの鉛直構造と放射特性の解明に資するデータを提供する計画である。本研究で得られた知見は、EarthCARE ミッションによる複合観測の解釈にも貢献するものと考えている。

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)による二酸化炭素・メタン濃度の 全球分布の観測と炭素収支推定 Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT) for observing global CO₂ & CH₄ and for estimating carbon fluxes

横田 達也^{1*}, 菊地 信弘¹, 吉田 幸生¹, 井上 誠¹, 森野 勇¹, 内野 修¹, 佐伯 田鶴¹, 高木 宏志¹, Maksyutov Shamil¹, 河添 史
 絵¹, 網代 正孝¹

Tatsuya Yokota^{1*}, Nobuhiro Kikuchi¹, YOSHIDA, Yukio¹, Makoto Inoue¹, MORINO, Isamu¹, UCHINO, Osamu¹, SAEKI,
 Tazu¹, TAKAGI, Hiroshi¹, Shamil Maksyutov¹, KAWAZOE, Fumie¹, AJIRO, Masataka¹

¹ 国立環境研究所 地球環境研究センター

¹ Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)プロジェクトは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)・国立環境研究所(NIES)・環境省の三者が推進している。GOSATは2009年1月に打ち上げられ、その観測データは2009年6月より約4年間にわたって連続的に取得されている。観測データからは、晴天の観測地点における二酸化炭素とメタンのカラム平均濃度(レベル2 Ver.02.***)が導出されている。その導出精度は、地上設置の高分解能フーリエ変換分光器による温室効果ガス観測ネットワークTCCONの解析データを用いた予備的な検証解析結果では、二酸化炭素はバイアスが-1.2 ppm(約-0.3%)、パラツキ(1σ)が2.0 ppm(約0.5%)で、メタンはバイアスが-7 ppb(約-0.4%)、パラツキが12 ppb(約0.7%)である。また、ガス濃度が導出される地域や緯度帯は季節によって変化するが、地域によっては4年間の季節変化や年々増加量が求められている。すなわち、GOSATは地球の大気環境(温室効果ガス)の分布とその変動を監視している。

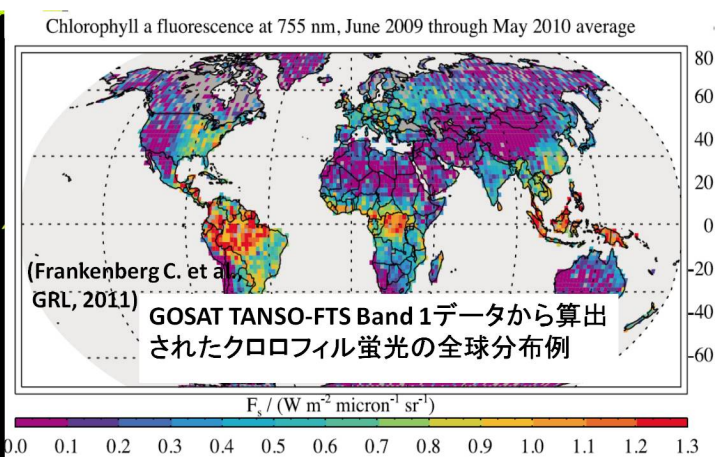
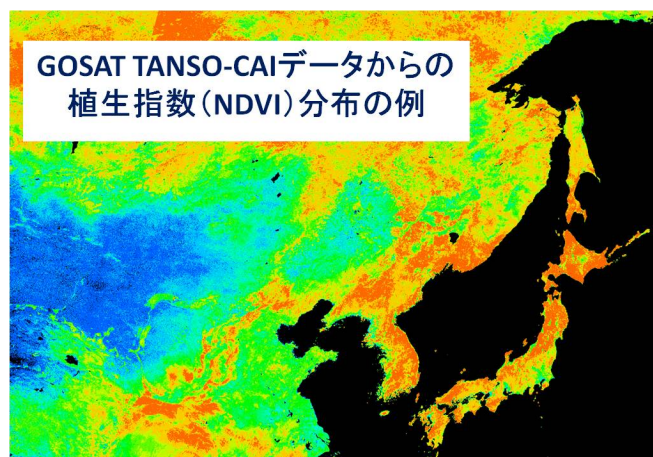
更にGOSAT観測データから推定された二酸化炭素カラム濃度データと地上観測データとを併せて利用することにより、月別・64地域別の二酸化炭素フラックス(ネット吸収排出量)推定値が求められる。2009年6月から2010年5月までのフラックス推定結果は、レベル4Aデータプロダクトとして、2012年12月に一般に公開された。これはいわば、亜大陸規模の地域における大気と陸域(陸域・植生域)との炭素のネットの交換量、さらに海洋では大気と海域間の炭素のネット交換量の推定にGOSATの観測データが役立ち、実績としてその推定精度が向上し、まさに大気・海洋・陸域の分野を包含した複合的な利用への一歩が進んだと言える。ただし、その推定精度は科学研究の観点からはまだ不十分であるため、今後の継続的な精度改良研究が必要とされている。

また、GOSATの観測データからは、植生指数(NDVI)(左図参照)が求められているとともに、植物クロロフィル蛍光の解析情報(右図参照)から、植物の光合成による炭素の純一次生産量(NPP)や有機物総生産量(GPP)を推定する研究も進められている。

以上のように、GOSATの観測データは、地球の大気環境とその変動の把握のみならず、大気-陸域、大気-海洋の炭素交換量の計測にも役立っている。今後、炭素収支推定において不確実性の大きい陸域生態系の応答モデルの改良にGOSATが役立つことが期待されている。

キーワード: 温室効果ガス, 二酸化炭素, メタン, 全球分布, 輸送モデル, 吸収源・排出源

Keywords: greenhouse gases, carbon dioxide, methane, global distribution, transport model, sources and sinks



超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES) のデータにもとづく中層大気科学 Middle atmospheric sciences using data from the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES)

塩谷 雅人^{1*}

Masato Shiotani^{1*}

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

The Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) aboard the Japanese Experiment Module (JEM) of the International Space Station (ISS) made atmospheric measurements of minor species in the stratosphere and mesosphere for about six months from October 2009 to April 2010. High-sensitivity measurements of SMILES had been performed by a receiver using superconductor-insulator-superconductor (SIS) mixers, cooled to 4.5 K by a compact mechanical cryocooler. Mission objectives are: i) Space demonstration of 4-K mechanical cooler and super-conductive mixer for the submillimeter limb-emission sounding in the frequency bands of 624.32- 627.32 GHz and 649.12- 650.32 GHz, and ii) global measurements with its high sensitivity for atmospheric minor constituents in the middle atmosphere (O₃, HCl, ClO, HO₂, HOCl, BrO, O₃ isotopes, HNO₃, CH₃CN, etc), contributing to the atmospheric sciences. Thus global and vertical distributions of about ten atmospheric minor constituents related to the ozone chemistry are derived. See Kikuchi et al. (2010) in more detail about the SMILES mission.

In this talk, we will introduce an overview of the SMILES measurements and show some observational results in association with middle atmospheric chemistry and dynamics. To support the SMILES observational results, we also used outputs from nudged chemistry-climate models (MIROC3.2-CTM and SD-WACCM) in a complementary way. One of the most unique characteristics of the SMILES measurements is that the data from SMILES can be used to capture the diurnal variation of atmospheric minor constituents such as O₃, ClO, HO₂ and BrO, since the ISS took the non-sun-synchronous orbit. In particular we will give some detailed view on the global pattern of diurnal ozone variations throughout the stratosphere as reported by Sakazaki et al. (2013). These results demonstrate that the SMILES high sensitivity measurements are expected to provide further insights into atmospheric chemistry and dynamics.

References

Kikuchi, K., et al. (2010), Overview and early results of the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES), *J. Geophys. Res.*, 115, D23306, doi:10.1029/2010JD014379.

Sakazaki, T., et al. (2013), Diurnal ozone variations in the stratosphere revealed in observations from the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) onboard the International Space Station (ISS), *J. Geophys. Res.*, in press.

キーワード: 中層大気, 衛星観測, 大気力学, 大気化学

Keywords: middle atmosphere, satellite measurements, atmospheric dynamics, atmospheric chemistry