

多角観測データに基づく GCOM - C1/SGLIのための地上バイオマス推定アルゴリズムの開発
DEVELOPMENT OF ABOVE GROUND BIOMASS ESTIMATION ALGORITHM FOR GCOM-C1/SGLI BASED ON MULTI-ANGLE OBSERVATION DATA

梶原 康司^{1*}
Koji Kajiwara^{1*}

¹ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
¹Centre for Environmental Remote Sensing, Chiba University, Japan

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) will launch new Earth observation satellite GCOM-C1 in near future. GCOM-C1 will be equipped Second-generation Global Land Imager (SGLI) as core sensor. Since SGLI can observe nadir and off-nadir angle with along track direction simultaneously, it is expected to retrieve forest Above Ground Biomass (AGB) using bi-directional spectral data.

For the estimation of forest AGB, difference of bi-directional reflectance of each observation angle caused by forest canopy structure will be key information.

Authors have been developed basic AGB estimation algorithm for SGLI. This algorithm is based on the empirical model related to the relationship between reflectance shift on the Red-NIR plane for different viewing angle and AGB.

Since the algorithm requires the bi-directional reflectance on fixed observation geometry, we have also developed bi-directional reflectance simulator, BiRS, which employ not only sun-target-sensor geometry but also forest structure based on canopy structure model.

Keywords: Second Generation Global Imager (SGLI), Multi-angular observation, Forest canopy, Biomass Estimation

地上及び衛星リモートセンシングによって推定された北西グリーンランド氷床上 SIGMA-A における積雪粒径

Snow grain size retrieved with ground and satellite-based remote sensing at SIGMA-A on northwestern Greenland ice sheet

朽木 勝幸^{1*}, 青木 輝夫¹, 庭野 匡思¹, 本吉 弘岐², 的場 澄人³, 山口 悟², 谷川 朋範⁴, 島田 利元⁵

Katsuyuki Kuchiki^{1*}, Teruo Aoki¹, Masashi Niwano¹, Hiroki Motoyoshi², Sumito Matoba³, Satoru Yamaguchi², Tomonori Tanikawa⁴, Rigen Shimada⁵

¹ 気象研究所, ² 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター, ³ 北海道大学低温科学研究所, ⁴ 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター, ⁵ 千葉大学大学院理学研究科

¹Meteorological Research Institute, ²Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ³Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ⁴Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, ⁵Graduate School of Science, Chiba University

Snow grain size is one of the most important physical parameters which represent the qualitative snow surface condition. A metamorphosis of snow grains such as sintering or melting causes a snow grain growth, thus the estimation of snow grain size is useful for detecting signs of snowmelt. Snow grain size can be remotely sensed from the near-infrared albedo or reflectance. Furthermore, the vertical information of snow grain size also can be estimated using the wavelength dependence of the photon penetration depth. The snow grain size derived from the shorter wavelength contains the information on a deeper snow layer than those from the longer wavelength. To validate the remote sensing of snow grain size and its vertical profile, snow grain sizes retrieved with ground and satellite-based remote sensing using different spectral channels at 865, 1240 and 1640 nm were compared with in-situ measurements at the SIGMA-A site (78°03'N, 67°38'W, 1,490 m a.s.l.) on northwestern Greenland ice sheet during June 26 to July 16, 2012.

The ground-based remote sensing are from spectral albedos measured with a spectrometer, while the satellite-based remote sensing are from reflectances at the top of the atmosphere by Terra/Aqua MODIS. The snow grain sizes retrieved from both the ground and satellite-based method were consistent well for the same spectral channels with the root mean square differences of less than 0.1 mm. This result implies that the algorithms for snow grain size retrieval were reasonable each other. In-situ measured snow grain size was defined as the width of the narrow portion of broken crystals. On July 4 and 5, melt forms with the radius of 0.5 mm beneath surface hoar of 0.15 mm were measured with snow pit work. The snow grain radii derived from the 1640, 1240 and 865 nm channels were 0.1, 0.25 and 0.6 mm, respectively, which agreed with the in-situ measured profile of snow grain size. During July 6 to 9, the top 10 cm snow layer was mainly composed of melt forms around 0.50 mm. The remotely sensed snow grain radii were 0.1, 0.6 and 1.1 mm for the 1640, 1240 and 865 nm channels, respectively. The overestimation at 865 nm might be result from the reduction in the snow reflectance by the ice layers observed in near snow surface. The underestimations at 1640 nm were also reported in previous studies when the grain size was large. The size derived from the 1640 nm channel would be affected by the microstructures on snow crystal surface as well as the grain size itself due to the smaller penetration depth for large snow grains. After the rainfall event from July 10 to 13, the extreme melt was detected as the increase of the MODIS-derived snow grain radii up to 0.4, 1.0 and 1.3 mm for the 1640, 1240 and 865 nm channels, respectively.

キーワード: 積雪粒径, リモートセンシング, MODIS, グリーンランド

Keywords: snow grain size, remote sensing, MODIS, Greenland

海洋生態系および生物地球化学変数の衛星観測 Satellite observation of marine ecosystem and ocean biogeochemistry

平田 貴文^{1*}, 鈴木光次¹, 山中康裕¹

Takafumi Hirata^{1*}, Koji Suzuki¹, Yasuhiro Yamanaka¹

¹ 北海道大学

¹Hokkaido University

The oceans absorb approximately 25-30% of anthropogenic carbon dioxide released into the atmosphere. While physics, as represented by temperature and wind speed etc., contribute to carbon flux between the atmosphere and the ocean, marine biota also plays a significant role via photosynthesis on fixation and export of the carbon within the surface ocean and from the surface to the deep ocean, respectively. Especially, the photosynthesis requiring the carbon dioxide in its process can even accelerate the ocean absorption of the carbon dioxide. An ability of the carbon fixation and the export is dependent on photosynthesizing microbe, or phytoplankton. While a large-sized phytoplankton such as diatom fixes and exports the carbon faster than other phytoplankton, coccolithophore even releases the carbon dioxide during its calcium fixation, reducing a net amount of its carbon fixation. Therefore, variability in marine ecosystem structure would, at least partly, explain spatial or temporal anomaly of the carbon flux within the ocean. Currently, the ocean colour remote sensing is only a practical means to observe marine biological and biogeochemical variables with considerable frequency for the large-scale oceans. Under the JAXA GCOM-C project, we have been developing novel algorithms to observe the marine ecosystem structure (especially phytoplankton community structure) and other biogeochemical variables. In this presentation we show these observed by satellite as well as a comparison with the state-of-the-art marine ecosystem model.

キーワード: 生物地球化学, 海洋生態系, 衛星観測, 海色

Keywords: Biogeochemistry, Ocean Ecosystems, Satellite observation, Ocean color

多様な人工衛星による林野火災監視 Wildfire monitoring utilizing multiple satellites

中右 浩二^{1*}
Koji Nakau^{1*}

¹ 北海道大学理学研究院
¹Hokkaido University

林野火災は世界各国において深刻な森林破壊の要因であると共に、大量の二酸化炭素の放出源となっている。二酸化炭素の放出量は、化石燃料燃焼による温暖化効果ガスの1/4~1/2に匹敵する。林野火災のかなりの割合が人為起源であるため、林野火災は自然災害だけでなく、人間による抑制が可能な気候変動要因でもある。日本では、大きな林野火災でも焼失面積は数km²程度だが、北極域では一つの落雷を発端に東京都よりも広い面積が焼失し、火勢が強いと消防活動が困難となる。他方、東南アジアでは焼畑により多数の火災が生じるために消防活動が困難である。それゆえ早期に林野火災を把握して消防を効率化することが重要である。そのためには、様々な波長、様々な解像度を持つ複数の赤外線観測衛星を用いて林野火災を監視する体制が必要である。さらに消防の効率化には、各国の現地消防隊員へ必要な情報を届ける通報システムが必要である。そこで筆者は、開発中の人工衛星 (UNIFORM/VOL, GCOM-C1/SGLI, ALOS2/CIRC) に対応した林野火災検出アルゴリズムを開発するとともに、既存衛星 (MODIS, Terra/ASTER) に対応する改良型アルゴリズムを開発した。さらに筆者は、本アルゴリズムを用いてインドネシア泥炭地域火災通報システムを実装した。今後は南部アフリカにおける社会実装に上記の複数衛星による林野火災監視システムを実装してゆく。

キーワード: 人工衛星, 森林火災, 自然災害, 国際協力, 社会実装

Keywords: Satellite, Wildfire, Disaster, International Collaboration, Social Imprementation

衛星観測データを用いた穀倉地帯の農業気象モニタリング

Monitoring of agrometeorological information in major grain belts using global satellite data

藤井 秀幸^{1*}, 堀 雅裕², 今岡 啓治²

Hideyuki Fujii^{1*}, Masahiro Hori², Keiji Imaoka²

¹ 東京大学, ² 宇宙航空研究開発機構

¹The University of Tokyo, ²Japan Aerospace Exploration Agency

The JAXA Satellite Monitoring of Agrometeorological Information (JASMAI) is a monitoring system of major grain belts with global satellite products, which provides information on soil moisture, solar radiation, surface temperature, and snow cover at 62 countries and regions in near real-time. In this presentation, more detail will be introduced.

キーワード: 衛星観測, 干ばつ

Keywords: satellite observation, drought

静止気象衛星 MTSAT-2, Fengyun-2E を用いた雲粒有効半径の観測

Retrieval of effective particle radius of clouds using MTSAT-2 and Fengyun-2E satellite data

遠藤 寛也^{1*}, 奥 勇一郎², 馬 偉強¹, 石川 裕彦¹
Hiroya Endo^{1*}, Yuichiro Oku², Weiqiang Ma¹, Hirohiko Ishikawa¹

¹ 京都大学防災研究所, ² 大阪市立環境科学研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ² Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences

大気中の微小粒子(エアロゾル)は雲凝結核や氷晶核として雲の生成過程に大きく関与している。例えば、エアロゾル粒子が増加すると雲粒の大きさ(雲粒有効半径)は小さくなることが知られている。雲粒有効半径が減少すると雲の光学的厚さの増加・雲の長寿命化など雲特性に変化を生じ、地球の放射収支に対して重大な影響を与え得ると考えられている。また、エアロゾル粒子の増加はアジアモンスーンの降水特性にも変化をもたらすと指摘されている(Ramanathan et al., 2005; Lau et al., 2006)。しかし、エアロゾルと雲の関係およびその気候影響について依然として科学的理解は十分ではない。この原因の1つは、広域にわたり高時間分解能で雲粒径分布を算出する方法が十分に確立されていないことにある。

そこで本研究では、広域かつ高時間分解能での観測が可能な静止気象衛星に着目し、MTSAT-2(ひまわり7号)およびFengyun-2E(風雲2E号)を用いた雲粒有効半径算出手法を開発した。

光学的に厚い氷雲を対象として、3.7 μm 帯雲反射率から雲粒有効半径を推定する手法がすでに極軌道衛星NOAA/AVHRRを用いて開発されている(Kaufman and Nakajima, 1993)。本研究ではこの手法を静止気象衛星に拡張した。はじめに、NOAA/AVHRR用に開発された手法をそのまま静止気象衛星 MTSAT-2 や Fengyun-2E に適用したところ、MTSAT-2 と Fengyun-2E で矛盾する算出結果が得られた。そこで、(1)衛星センサーの応答関数を考慮しパラメータ値を再設定する、(2)雲粒の散乱特性を考慮した算出アルゴリズムを導入するなどの改良を加え、静止気象衛星に適用可能な算出手法を新しく構築した。すでに手法が確立されている極軌道衛星 Terra/MODIS の雲粒有効半径プロダクトと算出結果を相互比較することで、本手法が妥当であることを確認した。

最後に、エアロゾルによる深刻な大気汚染が指摘されている南アジア地域において、Fengyun-2Eを用いて2012年の雲粒有効半径の観測を行った。その結果、大陸上よりも海洋上で雲粒有効半径が大きくなるという一般的な特徴を確認することができた。また、夏季モンスーンシーズンの開始とともに大陸上で雲粒有効半径が大きくなる、7月から9月にかけてアラビア海北部で雲粒有効半径が小さくなるなどの雲粒有効半径の季節変化を明瞭にとらえることができた。

静止気象衛星 MTSAT-2 および Fengyun-2E を用いた雲粒有効半径算出手法を確立したことにより、従来行われてきた極軌道衛星による観測よりも広域かつ高時間分解能でアジア・オセアニア地域における雲粒有効半径の観測を行うことが可能となった。

キーワード: 衛星観測, 静止気象衛星, 雲粒有効半径, エアロゾル間接効果

Keywords: Satellite observations, Geostationary meteorological satellite, Effective particle radius of clouds, Aerosol indirect effects

A-Train による、NICAM で再現された雲放射強制力の評価 Evaluation of cloud radiative forcing simulated by the NICAM with A-Train

端野 典平^{1*}, 佐藤正樹¹, 萩原雄一朗², 久保田拓志³, 松井俊久⁴, 那須野智江⁵, 岡本創²
Tempei Hashino^{1*}, SATOH, Masaki¹, HAGIHARA, Yuichiro², KUBOTA, Takuji³, MATSUI, Toshihisa⁴, NASUNO, Tomoe⁵,
OKAMOTO, Hajime²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 九州大学応用力学研究所, ³ 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター, ⁴ NASA Goddard Space Flight Center, ⁵ 海洋研究開発機構

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, ³ JAXA Earth Observation Research Center, ⁴ NASA Goddard Space Flight Center, ⁵ Japan Agency for Marine-earth Science and Technology

Global satellite observation provides valuable information not only to the retrievals of physical quantities relevant to aerosol and clouds but also to the evaluation of these simulated by GCMs and cloud resolving models. We discuss synergetic use of A-Train satellite observations to evaluate cloud and precipitation fields simulated by a global cloud-resolving model (GCRM). Our previous efforts were made in evaluating cloud microphysical quantities by comparing simulated satellite signals against observation. However, for the context of climate prediction, it is crucial to understand the differences in terms of the radiation energy budget. In this presentation, effective ways to evaluate the relationships between vertical profiles of active sensors and TOA cloud radiative forcing are discussed.

The outputs from the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) are run through a satellite signal simulator (Joint Simulator for Satellite Sensors) to simulate CloudSAT/CALIPSO/CERES data. This study uses a merged dataset for CloudSat and CALIPSO, and CERES SSF level2 is co-located to the grid. A simple CloudSat cloud-type scheme is applied to the observed and simulated merged dataset. Then, the cloud radiative forcing will be evaluated for each cloud type.

キーワード: 全球雲解像モデル, A-Train, 雲放射強制力, 衛星データシミュレータ

Keywords: global cloud-resolving model, A-Train, cloud radiative forcing, satellite data simulator

CALIPSO 衛星で捉えた中緯度海上高気圧周りの下層雲分布

Low cloud distributions around anticyclone observed by the CALIPSO satellite in the mid-latitude ocean

広瀬 民志^{1*}, 西 憲敬¹, 萩原 雄一郎²Hitoshi Hirose^{1*}, Noriyuki Nishi¹, Yuichiro HAGIHARA²¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 九州大学応用力学研究所¹Graduate School of Science, Kyoto Univ., ²Research Inst. for Applied Mechanics Kyushu Univ.

全球規模での雲量の変動は地球の放射収支に大きな影響を与えるため、将来の気候変動を解析する上で欠かせない要因である。特に下層雲は厚さが数百メートル程度しかないものも存在するため鉛直方向の空間解像度に制約のある全球モデルでの解析が難しく、下層雲量の変動を支配する要因を探るために古くから多くの先行研究がおこなわれてきた。Wood and Bretherton (2006) では海上境界層の上部にできる逆転層の強さが、下層雲量の季節変動を非常に強く支配しているという結果を示している。そのメカニズムを簡潔に説明すると、海上境界層が強い逆転層を伴うほど海からの水蒸気フラックスを逆転層で捉えやすく、その結果境界層の上部に強固な下層雲が形成されるというものである。

しかし海上下層雲に関する先行研究の多くは下層雲が支配的な亜熱帯の大陸西岸におけるものがほとんどで、上層雲が被覆するために衛星データを用いた下層雲の解析が難しくなる中緯度域における解析はまだ十分に進められているとはいえない。さらに亜熱帯海上の先行研究では月平均の時間スケールで行われていたため逆転層の強さのみで下層雲量の変動を記述することが可能とされていたが、中緯度域では移動性擾乱が卓越するためより短い時間スケールでの解析が必要になってくる。そのような時間スケールにおいては大規模下降流や海面付近の暖気・寒気移流、海上風速など逆転層の強さ以外の要因も改めて考慮する必要があると考えられる。そこで本研究ではまず手始めに6時間ごとの再解析データを用いて、先行論文で下層雲量の主要な支配要因と報告されている海上境界層上部の逆転層の強さと移動性擾乱の中緯度海上における分布特性を、月内変動以下の時間スケールで解析した。その結果中緯度域においては高気圧周りで逆転層強度が強く、低気圧周りで逆転層強度が弱くなるという移動性擾乱と逆転層の強さの間の明瞭な対応関係が存在することを示すことができた。

逆転層の強さだけでなく中緯度海上の下層雲もまた高・低気圧周りで特徴的な分布を示すという結果が Norris and Iacobellis (2005) で報告されている。しかしこの先行論文では雲頂高度を衛星観測の赤外輝度温度から推定しているため高さ情報の精度が低く、また海上の下層雲の観測に船舶による目視観測を利用しているため解析範囲が比較的船舶による観測数が多い北太平洋に限定されてしまっており、観測期間も7月と1月のみに限定しておこなわれていた。

下層雲の高さは下層雲を上部に捉える境界層内の対流構造に強く影響を与えるので、下層雲の解析をおこなう上で重要な要因であると考えられる。そこで本研究では新たに雲の鉛直方向の分布を観測可能な CALIPSO 衛星データを解析に用いることで、高・低気圧周りの下層雲のより詳細な鉛直構造の解析をおこなった。その結果中緯度海上の高気圧周りにおいて、大規模下降流が強い領域ほど雲頂高度が低くなるという下層雲の高度分布の特徴が捉えられた。また北太平洋では夏季には亜熱帯高気圧、冬季には大陸からの寒気の移流が海上境界層の構造に強く影響を与えているため、南太平洋とは高・低気圧周りの下層雲分布が異なる特徴を持つという結果が得られた。当日はさらに逆転層の強さや大規模下降流、海面付近の寒気・暖気移流などの海上境界層雲の構造を支配する環境場の違いによる、下層雲面積や下層雲の可視光学的厚さへの影響についても発表する予定である。

雲マスクデータに関しては CALIPSO 標準雲マスク VFM ではなく、Hagihara et al.(2010) で新たに開発された雲マスクスキームによる結果を使用している。このスキームは、VFM によるエアロゾルやノイズを雲とする誤判定等の問題点を克服し、結果下層での雲量の過大評価が改善されていることが確認されている (Rossow and Zhang., 2010)。本研究は JSPS 科研費 22340133 衛星搭載アクティブセンサーによる雲微物理特性導出とその生成機構の解明 (代表 岡本創) で作成したデータの提供を受けたものである。

キーワード: 下層雲, 中緯度, CALIPSO, 高気圧, 逆転層, 海上境界層

Keywords: low cloud, mid latitude, CALIPSO, anticyclone, inversion, marine boundary layer

GOSAT/TANSO-CAIのエアロゾルアルゴリズムについて Aerosol algorithm of GOSAT/TANSO-CAI

福田 悟^{1*}, 竹中栄晶², 中島映至²

Satoru Fukuda^{1*}, Hideaki Takenaka², Teruyuki Nakajima²

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²The University of Tokyo/Atmosphere and Ocean Research Institute

GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite) is an Earth observing satellite, launched in January 2009. The satellite equips two sensors, TANSO-FTS (Thermal And Near-infrared Sensor for carbon Observations ? Fourier Transform Spectrometer) and TANSO-CAI (Thermal And Near-infrared Sensor for carbon Observations ? Cloud and Aerosol Imager). TANSO-FTS is a primary sensor of the satellite devoted to measuring concentrations of greenhouse gasses such as carbon dioxide and methane. On the other hand, TANSO-CAI is a secondary sensor and the purpose of this is to detect clouds and aerosols with four bands, 380 nm, 674 nm, 870 nm, and 1600 nm, from near ultraviolet to near infrared. The precision of retrieval of greenhouse gases gets lower, when an area is contaminated with clouds or aerosols but greenhouse gases are retrieved without any consideration for clouds or aerosols. Aerosol retrieval is also important for understanding the direct and indirect influence of aerosols on climate as assessed by the IPCC-AR4.

In this study, we have developed an aerosol remote sensing algorithm to implement for operational process. Over the ocean area, two-channel method (Higurashi and Nakajima; 1999, 2000) is implemented. Both of Aerosol Optical Thickness (AOT) and Angstrom Exponent (AE) are retrieved by use of 674 nm and 870 nm. Over the land area, we use a modified Kaufman (MK) method, which is a modified version of Kaufman method (Kaufman et al., 1997) and retrieved AOT with use of 380 nm. It is difficult to estimate the ground reflectance with use of minimum reflectance (MR) method because of the observation frequency is not enough for TANSO-CAI case. In MK method, we use NDVI, which is calculated by MR of 674 nm and 870 nm, and the MR of 674 nm to estimate the reflectance of 380 nm. The relationships between NDVI, MR of 674 nm and 380 nm are determined empirically.

It is thought that the values of retrieved AOT are influenced by the assumptions of characteristics of aerosol particle, such as mode radius and standard deviation of particle size distribution function, single scattering albedo (SSA) and aerosol layer height. These parameters are fixed in the current version of operational algorithm. We performed sensitivity tests to study such assumptions do not cause a significant error for retrieval other than the assumption of SSA. Mode radius and standard deviation of particle size distribution function do not produce large errors even if they are fixed in the algorithm. However, SSA is thought to be the reason of large error if they are far from real value. We have calculated correlation coefficient between AOT of CAI and AOT of AERONET(AERosol ROBotic NETwork) in condition that both SSA is fixed and SSA is from averaged value of AERONETS. The result shows that correlation coefficients are improved in some sites, but in some other sites, correlation coefficients are not improved. We need to investigate this result further.

We further discuss a use of the 1600-nm channel as a reference band of Kaufman method to estimate the ground reflectance at 680 nm to retrieve AOT at 680 nm.

キーワード: エアロゾル, リモートセンシング, GOSAT, TANSO-CAI

Keywords: aerosol, remote sensing, GOSAT, TANSO-CAI

衛星リモートセンシングにおける一般化されたエアロゾル特性推定あるゴリズムの開発

Development of generalized satellite remote sensing algorithm for aerosol properties.

橋本 真喜子^{1*}, 中島映至¹, 竹中栄晶¹, 日暮明子²

Makiko Hashimoto^{1*}, Teruyuki Nakajima¹, Hideaki Takenaka¹, Akiko Higurashi²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 国立環境研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, ² National Institute for Environmental Studies

In late years, high accurate multiple-wavelength, multiple-angle observation data have been obtained by ground-based spectral radiometers and multi wavelength imager sensors on board the satellite. Associated with the situation, the optimized multi-parameter remote sensing method by Bayesian theory has become popularly used (Turchin and Nozik, 1969; Rodgers, 2000; Dubovik *et al.*, 2000). With the progress of computing technology, this method has been combined with radiation transfer calculation numerically solved each time in iteration for solution search, without using LUT (Look Up Table), as shown by successful examples of a flexible and accurate remote sensing (Dubovik *et al.*, 2011).

We are developing a new Bayesian type inversion method, which combine the MAP method (Maximum a posteriori method) in Rodgers (2000) with the Phillips-Twomey method (Phillips, 1962; Twomey, 1963) as a smoothing constraint for the state vector.

Defining a radiance (measurement) vector at TOA by L and a geophysical (state) parameter or vector determining radiance by u , we express the observation as follows: $L = f(u) + e$, where e is the error caused by several error sources (observation error, modeling error in radiance and error in numerical calculation), and f is the forward operator to model the observation. L and u are defined in the target region determined by spatial and temporal dimensions, (x, y, t) . Then, the cost function (E) is expressed as the sum of those of MAP method and of Phillips-Twomey method:

$$E = (L - f)^T S_e^{-1} (L - f) + (u - u_a)^T S_a^{-1} (u - u_a) + \text{SUM}_k [w_k |A_k + D_k u|^2]$$

where, T is the transposed matrix, S_e and S_a are the covariance matrix for the observation operator, respectively. u_a is a priori (climatic) value. A_k indicates boundary condition in a certain region. D_k is a quadratic differential operator for structural variables. w_k is a factor chosen to give appropriate relative weighting to the constraints. To minimize the cost function, we used a Newton method, and the solution may be obtained by several iterations. In our algorithm, L is the radiance observed by satellite and u is the aerosol properties: as of now, the aerosol optical depth (AOT) of fine particles, sea salt particles and dust particles, and the soot fraction in fine particles.

We conducted numerical tests for the retrieval of aerosol properties for GOSAT CAI imager data, to test this algorithm. In this test, we used the simulated radiance data observed by a satellite (5 by 5 grid) using a radiation transfer calculation model, Rstar code (Nakajima and Tanaka, 1986, 1988) assuming wavelengths of 380, 674, 870 and 1600 [nm], atmospheric condition of the US standard atmosphere, fine particle AOTs as 0.2, sea salt particle AOTs as 0.0 and dust particle AOTs as 0.1 for all grids.

For the test, we set to our algorithm each initial and a priori value, (0.001, 0.1) for fine particles and (0.001, 0.5) for dust particles, respectively. We gave the value corresponding to 10% error in measurements for S_e , and the value assuming that a priori AOT has |0.1| differences for S_a .

We calculated the difference between simulated true values and retrieval values of AOT; $dAOT = [(retrieval\ value) - (true\ value)] / (true\ value)$. The result of the experiment shows the algorithm could retrieve AOT of fine and dust particles, and $dAOT$ of fine and dust particles are about -0.15 and +0.07 under the present condition of test experiment, and it was confirmed that our new algorithm works and can derive AOT with a certain accuracy. We will test several other conditions by numerical test, and discuss the information content of several parameter needed for retrieval (e.g. S_e , S_a , w) and the boundary condition and errors included in the retrieval algorithm.

キーワード: 衛星リモートセンシング, エアロゾル

Keywords: Satellite remote sensing, Aerosol

三次元離散雲の放射収支算定に関わる放射伝達解法の研究

Development of a radiative flux evaluation program with a 3D Monte Carlo radiative transfer code

大方めぐみ^{1*}, 中島映至¹, ハワード パーカー², デイビッド ドノヴァン³
Megumi Okata^{1*}, Teruyuki Nakajima¹, HOWARD, W. Barker², DAVID P. Donovan³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² カナダ気象局, ³ コーニンクレッカ気象研究所

¹University of Tokyo Atmosphere and Ocean Research Institute, ²Meteorological Service of Canada, ³Koninklijk Netherlands Meteorological Institute

地球気候モデリングにおいて、これまで雲は平行平板状の形状を持つとして放射収支が計算され、それに基づいて大気の加熱率などが計算されてきた。しかし、計算機技術の進歩に伴ってモデルの空間分解能が数 km 以下になり始めるとこのような近似が力学計算に問題を起こすことが議論され始めてきた。また、鉛直方向の雲の構造を測定できる能動型センサーを搭載した CLOUDSAT 衛星や CALIPSO 衛星からの観測によって、3 次元的に有限の広がりを持つ離散雲の構造が得られるようになった。本研究では、広帯域の太陽放射フラックス計算が取り扱える 3 次元モンテカルロ放射伝達コードの開発を行い、Sekiguchi and Nakajima (2008) の k 分布パラメータの実装も行った。不均質な雲を含んだ大気での放射フラックスや加熱率の鉛直プロファイルを見積もるために、このコードを使用した。3 次元の雲の消散係数の場を構築するために、以下の 3 つの方法を試みた。1 つ目は乱数によって作成されたランダムに分布した雲とタイル状の雲を分布させたもの、2 つ目はピン法を用いた雲微物理モデルと結合した非静力モデルによる数値シミュレーションの結果、3 つ目は最適雲情報プロファイリング法 (MIDPM) を用いたものである。3 次元雲システムの 2 つ目の構築は、気象庁 NHM 非静力学モデルにピン法雲モデルを組み込んだモデル (Iguchi et al., 2008; Sato et al., 2009, 2012) を用いたカリフォルニア沖での夏の層雲の数値シミュレーションによって行われた。数値シミュレーションは、30 km × 30 km × 1.5 km の周期境界条件の領域で水平、鉛直グリッドが 100m、20m のものと 300m、20m の解像度で行われた。それぞれの分解能で 2 つの異なるセルシステムは、異なる凝結核 (CCN) 濃度でシミュレーションされた。分解能 100m の場合、領域平均した雲の光学的厚さ <COT> と標準偏差 COT は、雲核数の少ない Pristine case では 3.0 と 4.3 であり、雲核数の多い Polluted case では 8.5 と 7.4 である。MIDPM 法では、CLOUDSAT 衛星の軌道に沿った雲レーダー CPR のフットプリントでの CLOUDSAT/CPR と AQUA/MODIS イメージャのプロダクトによる観測パラメータのペアのライブラリをまず作成した。この観測パラメータのライブラリは、CPR のレーダー反射因子 dBZe(z) の鉛直分布と MODIS の多波長イメージャ MSI のスペクトル放射輝度、雲の光学的厚さ (COT)、粒子の有効半径 (RE)、雲頂温度 (Tc) である。CPR の軌道にない MODIS のピクセルでの MODIS 雲パラメータ (COT, RE, Tc) をライブラリのものと比較し、偏差が最小となる組を選択し、最も一致するレーダー反射因子の鉛直プロファイルを選び出した。ここでは、2007 年 7 月 2 日のカリフォルニア沖での夏の層雲のデータを用いた。これらの 3 次元雲システムに関して、本研究で作成したモンテカルロ放射伝達コードを用いて 0.5、1.6、2.1 μm の波長での放射場の計算を行った。本研究では 0.5 μm の反射率の 3 次元放射場の結果と平行平板大気 (PP) との差、IPA との差を比較した。IPA (Independent Pixel Approximation) は各ピクセルの平行平板大気の放射場を計算して全領域で平均する近似法である。結果として、全ての雲場で平行平板大気より IPA 近似の方が精度が良い事がわかった。特に、現実雲場を再現している、NHM+ACB モデルや MODIS+CPR の結果の中でも、平行平板大気との差は最大で 0.040 であり、IPA との差は 0.010 であった。これは、波長 0.5 μm で概算すると、太陽放射フラックスに換算して、それぞれ、30Wm⁻² と 10Wm⁻² である。また、NHM+ACB モデルの分解能の違いから、高分解能ほど IPA 近似の精度が悪くなることがわかった。タイル状雲で、これらの雲に近い雲を構築し、定量的に調べるため、検証したところ IPA 近似では、入射角が 0° のとき雲の層厚に依存し、入射角が大きいつま雲の雲量に依存することがわかった。雲粒の有効半径を考慮した計算から得られたデータ、NHM+ACB モデルによる雲場での 3 次元放射特性の検証、また MODIS+CPR での 3 次元雲場での放射特性の検証の試みは初めてであり、このような現実雲を考慮した 3 次元放射場の計算を行いより現実的な雲の放射特性を知る必要がある。また、このような 3 次元雲をタイル状雲などで再現し、雲の放射特性を定量的に調べる必要がある。さらに、全ての波長で計算を行い波長積分する必要も行っていくことも今後の課題である。

キーワード: モンテカルロ, 放射伝達, 放射フラックス, 三次元雲, 衛星観測, モデル

Keywords: Monte Carlo, radiative transfer, radiative flux, 3D cloud, satellite observation, model

GPM/DPR アルゴリズム開発のための Ka 帯 FMCW レーダによる地上降水観測計画 Dual Ka-band radar field campaign for GPM/DPR algorithm development

中川 勝広^{1*}, 西川 将典², 中村 健治², 金子 有紀³, 花土 弘¹, 民田 晴也², 沖理子³

Katsuhiro Nakagawa^{1*}, NISHIKAWA, Masanori², NAKAMURA, Kenji², KANEKO, Yuki³, HANADO, Hiroshi¹, MINDA, Haruya², OKI, Riko³

¹ 独立行政法人 情報通信研究機構, ² 名古屋大学地球水循環研究センター, ³ 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

¹National Institute of Information and Communications Technology, ²Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ³Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency

GPM (全球降水観測計画) の主衛星に搭載される DPR (二周波降水レーダ) による降水強度推定アルゴリズムの開発・検証を行うために、独立行政法人宇宙航空研究機構 (以降、JAXA) は 2 台の Ka 帯 FMCW レーダ (以降、Ka レーダ) を開発し、平成 22 年度から日本各地で衛星の打ち上げ前地上検証観測 (以降、打ち上げ前地上検証実験) を実施している。また、打ち上げ前地上検証実験に先立ち、独立行政法人情報通信研究機構 (以降、NICT) は、平成 21 年度に移動式地上降水観測システムを開発し、沖縄での比較検証実験を行い、打ち上げ前地上検証実験の開始に伴い 2 台の Ka レーダと共に観測を実施している。

2 台の Ka レーダの送信周波数は、ともに 35.25GHz、レーダ方式は周波数変調 (FMCW) 方式である。1 台のレーダに送信と受信の直径 1.2 m のオフセットパラボラアンテナを備えている。アンテナビーム幅は 0.6 °以下である。

この 2 台の Ka レーダを対向する場所に設置し、レーダ間の降水を観測することにより、Ka 帯における等価レーダ反射因子 Z_e と減衰係数 k の関係 (k - Z_e 関係) を観測から明らかにすることを目的としている。降雨に関しては、沖縄、筑波において実施し、降雪に関しては、長岡、札幌で実施する。また 2 台の Ka レーダを富士山の 5 合目と麓に設置し、2 台のレーダの間に融解層を挟んだ観測も試みた。

今回は、Ka レーダによる地上降水観測計画と観測結果について報告する。

キーワード: GPM/DPR, 地上検証, Ka レーダ, k - Z 関係

Keywords: GPM/DPR, Ground Validation, Ka-band Radar, k - Z relationship

衛星からのUV・Vis同時分光観測による下部対流圏オゾン量導出シミュレーション ～エアロゾルによる影響

Estimation of errors due to aerosol scattering on the remote sensing of the lower tropospheric ozone with measurement of

板橋 良平^{1*}, 北和之¹, 野口克行², 入江仁士³

Ryohei Itabashi^{1*}, KITA, Kzuyuki¹, NOGUCHI, Katsuyuki², IRIE, Hitoshi³

¹茨城大学, ²奈良女子大学, ³千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

¹Ibaraki University, ²Nara Woman's University, ³Chiba University CeRES

1. 背景

下部対流圏オゾンは光化学スモッグを引き起こす光化学オキシダントの主成分であり高濃度になると人体や農作物に被害を及ぼす。また、近年、日本ではオゾン前駆気体の減少に反してオゾン量は増加傾向にあるため、急速な経済発展に伴い大気汚染物質の排出量が増加しているアジア大陸からの広域汚染の影響が示唆されている。

このような広域汚染を観測する有効な手法として人工衛星によるリモートセンシングが挙げられる。しかし、従来の衛星リモートセンシングでは未だ下部対流圏オゾン量の観測実例はない。そこで、下部対流圏オゾンの観測手法として紫外(UV)・可視(Vis)同時分光観測が提案されている。

2. UV・Vis同時分光観測

UV・Vis同時分光観測では紫外域・可視域2つの波長域で太陽からの後方散乱光スペクトルを観測する。下部対流圏では、主にレイリー散乱断面積の違いにより紫外域と可視域での光路長に有意な差を生じる。この光路差を利用し下部対流圏オゾン量の導出を試みる。

3. 目的

下部対流圏オゾン量をUV・Vis同時分光観測により精度よく導出するには、正確な光路長の推定が不可欠となる。正確な光路長の導出には放射伝達における種々の不確定要素を正しく推定することが重要である。本研究では、放射伝達計算の不確定要素のうち特にエアロゾル推定誤差が与えるAMF導出への誤差影響を推定すること、またその誤差の影響を減少させる可能性の検討を目的とする。

4. 検証方法

放射伝達計算に影響を与えるエアロゾルのパラメータを、高度毎の消散係数及びエアロゾルタイプの2種類として扱う。エアロゾルの性状・混合状態などは変化が大きく、個々の観測時の光路上のエアロゾルの光学特性を知ることは困難であるので、エアロゾルタイプとして(Hess et al., 1998)を参考に標準的なエアロゾルの化学組成、混合状態における光学特性を仮定する。さらに、モデル的な消散係数の高度分布としてつくばにおけるライダー観測に基づく月ごとの平均値を仮定し、その条件で計算されるAMFを真値とする。誤差解析のため、消散係数・エアロゾルタイプの条件を様々に変えてAMFを求め、真値の場合と比較を行いエアロゾル推定誤差が与えるAMFおよびオゾン量の導出誤差を推定する。AMFの計算には放射伝達モデルSCIATRAN(Rozanov et al., 2005)を使用する。さらに、分光観測によりO₄カラム量を導出することでエアロゾル光学厚を推定することにより、どのくらい誤差が小さくなるかについても検討する。結果については、講演会にて報告を行う。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金「可視紫外同時分光観測による地表境界層オゾンのリモートセンシング手法の開発」によるものです。また、つくばでのライダー観測によるエアロゾル消散係数データは、国立環境研究所清水氏らによるものを使用させていただきました。ここに記し感謝します。

キーワード: リモートセンシング

Keywords: Remote Sensing

リモートセンシングによる下部対流圏オゾン導出～地表面アルベド推定 Lower troposphere ozone derivation by remote sensing : earth surface albedo presumption in airplane observation

福寿 旅人^{1*}, 山口裕樹¹, 北和之², 板橋良平¹, 木名瀬健¹, 谷中郁哉¹, 田中美佐子¹, 入江仁士³, 野口克行⁴, 中山智喜⁵, 松見豊⁵, 永井智広⁶, 酒井哲⁶, 財前祐二⁶

Tabito Fukuju^{1*}, Yamaguchi, Yuki¹, Kita, Kazuyuki², Itabashi, Ryohei¹, Kinase, Takeshi¹, Yanaka, Humiya¹, Tanaka, Misako¹, Irie, Hitoshi³, Noguchi, Katsuyuki⁴, Nakayama, Tomoki⁵, Matsumi, Yutaka⁵, Nagai, Tomohiro⁶, Sakai, Tetsu⁶, Zaizen, Yuzi⁶

¹ 茨城大学大学院理工学部, ² 茨城大学理学部, ³ 千葉大学 CEReS, ⁴ 奈良女子大理学部, ⁵ 名古屋大学 STE 研, ⁶ 気象研究所
¹Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, ²The College of Science at Ibaraki University, ³Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ⁴Faculty of Science, Nara Women's University, ⁵Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ⁶Meteorological Research Institute

対流圏下部のオゾンは、大気汚染物質として人体の健康や農作物・生態系にとって重要である。その増加傾向は北半球で広く認められており、中国など新興国からの越境汚染が原因であると示唆されているが、その実態はまだ良くわかっていない。越境汚染など広域的な変化を観測するためには、衛星等からのリモートセンシングが有効であると考えられるが、下部対流圏オゾンの推定は従来困難であった。最近、衛星リモートセンシングによる下部対流圏オゾン観測の手法として、多波長同時分光観測ならびに紫外光マルチアングル観測の2つが提案されている。多波長同時同時分光観測では、オゾンが紫外・可視・赤外・ミリ波と異なる波長域の光を吸収し、かつ各波長域で吸収の高度依存性が異なることを利用し、その違いから下部対流圏オゾン濃度を推定する手法である。今回は、紫外域と可視域での太陽散乱光スペクトルを観測することにより、主にレイリー散乱強度の違いを利用して下部対流圏で生じる光路長の差から、下部対流圏オゾン量を導出する。紫外光マルチアングル観測は、直下および斜め方向(今回の観測では20°)からの太陽後方散乱光スペクトル観測を行い、この散乱角の違いによる光路長の差を利用して、下部対流圏オゾンを導出する方法である。

これら2つの手法について、2012年9月10日および13日に筑波上空にて航空機による検証実験を行った。航空機には、分光器 Maya2000pro とオゾン計を搭載し、25000ft と 2500ft の2つの高度で紫外・可視域での太陽後方散乱光スペクトル観測と比較のためのオゾンの直接観測を行った。地上からも、オゾンゾンデおよびオゾンライダーによってオゾン高度分布が観測され、またライダーや直接測定によりエアロゾルによる光散乱/吸収についても測定を行った。

正確な下部対流圏オゾン導出のためには、観測されたスペクトルからのオゾン導出および光路長のモデル計算をともに精度よく行う必要がある。地表面アルベドは、この両方にとって大きな不確定要因となり得る。本研究では、高度2500ftで観測した天頂方向・直下方向それぞれのスペクトルを用いて、実測に基づき様々な地表状態における地表面アルベドを推定した。観測されたスペクトルには、航空機周囲やその下方での散乱の影響を含んでいるため、本研究では、観測時の幾何学条件およびエアロゾルの条件を設定し、放射伝達モデル SCIATRAN (Rozanov et al., 2005) にて天頂方向・直下方向それぞれのスペクトル強度を計算し、観測されたスペクトルからエアロゾル散乱を考慮してアルベドを求めている。結果について講演会にて発表する。

謝辞:本研究は、科学研究費補助金「可視紫外同時分光観測による地表境界層オゾンのリモートセンシング手法の開発」によるものです。また、計算条件として設定したエアロゾル硝酸係数データは、国立環境研究所清水氏らによるものを使用させていただきました。ここに記し感謝します。

キーワード: 下部対流圏オゾン, リモートセンシング, 地表面アルベド

Keywords: lower troposphere ozone, remote sensing, earth surface albedo

小型衛星群による地圏 - 大気圏 - 電離圏観測

Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Observation by Small Satellite Constellation

児玉 哲哉^{1*}, 鴨川 仁², 小山 孝一郎³

Tetsuya Kodama^{1*}, Masashi Kamogawa², Koichiro Oyama³

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東京学芸大学, ³ 国立成功大学

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Tokyo Gakugei University, ³Kyushu University

ELMOS 小型衛星群の検討状況について発表する。

キーワード: 小型衛星群, 地圏, 大気圏, 電離圏, GPS 掩蔽, 数値予報

Keywords: Small Satellite Constellation, Lithosphere, Atmosphere, Ionosphere, GPS occultation, Numerical Weather Prediction

宇宙からのドップラーウィンドライダー測定 Doppler wind lidar measurement from space

石井 昌憲^{1*}, 佐藤正樹², 岡本幸三³, 沖理子⁴, Baron, Philippe¹, 石橋俊之³, 西澤智明⁵, 久保田拓志⁴, 平形麻紀⁴, 岩崎俊樹⁶

Shoken Ishii^{1*}, SATO, Masaki², Okamoto, Kozo³, Oki, Riko⁴, Baron, Philippe¹, ISHIBASHI, Toshiyuki³, Tomoaki Nishizawa⁵, KUBOTA, Takuji⁴, HIRAKAT, Maki⁴, IWASAKI, Toshiki⁶

¹ 情報通信研究機構, ² 東京大学, ³ 気象研究所, ⁴ 宇宙航空研究開発機構, ⁵ 国立環境研究所, ⁶ 東北大学

¹National Institute of Information and Communications Technology, ²University of Tokyo, ³Meteorological Research Institute,

⁴Japan Aerospace Exploration Agency, ⁵National Institute for Environmental Studies, ⁶Tohoku University

風の鉛直分布は、多くの大気現象で基本となる気象要素である。約 1300 の気象観測所から、気圧、風、温度、湿度のプロファイルを取得するために、ラジオゾンデを上げられている。しかし、海上の気象点は非常に少なく、観測点のほとんどは陸域にある。可視・赤外イメージャ、あるいはマイクロ波スカトロメータによって、特定の高度の風データを宇宙から取得できる。しかし、数値予報分野あるいは大気物理分野等では、3次元に風を測定できる観測システムを実現することが望まれている。本発表では、日本の衛星搭載ドップラーライダーについて報告し、さらに、衛星搭載ドップラーライダーを実現するに向けた活動について紹介する。

キーワード: 風測定, 衛星搭載ライダー, ドップラーライダー, 気候モデル, 数値予報

Keywords: wind measurement, spaceborne lidar, Doppler lidar, global climate model, weather prediction

全球衛星降水マップの作成と全球降水観測計画に向けた発展 Production of Global Satellite Mapping of Precipitation and Evolution for the Global Precipitation Measurement Mission

可知 美佐子^{1*}, 久保田 拓志¹, 木田 智史¹, 牛尾 知雄², 重 尚一³, 青梨 和正⁴, 岡本 謙一⁵, 沖 理子¹

Misako Kachi^{1*}, Takuji Kubota¹, Satoshi Kida¹, Tomoo Ushio², SHIGE, Shoichi³, Kazumasa Aonashi⁴, OKAMOTO, Ken'ichi⁵, Riko Oki¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 大阪大学, ³ 京都大学, ⁴ 気象研究所, ⁵ 鳥取環境大学

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Osaka University, ³Kyoto University, ⁴Meteorological Research Institute, ⁵Tottori University of Environmental Studies

日本における衛星全球降水マップ作成のためのアルゴリズムは、2002-2007年にかけて科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業（CREST）の資金で実施された Global Mapping of Precipitation (GSMaP) プロジェクトの成果を継承して、開発が進められている。GSMaP プロジェクトは、熱帯降雨観測衛星（TRMM）の降雨レーダによる観測成果を生かし、複数の衛星に搭載されたマイクロ波放射計観測をベースに、静止気象衛星の赤外センサによる観測等も利用して、高解像度かつ高頻度の全球の降雨分布を作成するプロジェクトであり、出力する GSMaP プロダクトは、0.1 度格子で 1 時間単位となる。さらに、GSMaP プロダクトの準リアルタイム版（GSMaP_NRT）が、2008 年 10 月から JAXA で運用を開始され、観測から約 4 時間後に、ブラウザ画像とバイナリデータが、JAXA の GSMaP ウェブサイトから利用可能となっている（<http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>）。初期の GSMaP アルゴリズムは、マイクロ波イメージャのみを入力としていたが、利用可能なマイクロ波イメージャの減少に対応するため、2010 年 6 月 14 日以降、米国の防衛気象衛星プログラム（DMSP）の 16 号機および 17 号機に搭載のマイクロ波イメージャ・サウンダ SSMIS（SSM/I の後継）のデータを導入した。さらに、米国の NOAA19 号および欧州の MetOp-A 衛星に搭載のマイクロ波サウンダ AMSU-A/MHS についても、2011 年 8 月 1 日から導入されている。

継続的かつ長期的な降雨データセットの必要性の観点から、最近、GSMaP 再解析版（GSMaP_MVK V5.222）が作成され、公開されている。再解析版は、現在、2000 年 3 月から 2010 年 11 月の期間が利用可能となっており、将来更新される予定である。GSMaP_MVK プロダクトは、GSMaP_NRT プロダクトと比較して、入力データとアルゴリズムの両方の点で、少し異なる。GSMaP_MVK は、準リアルタイム処理ではないので、利用可能なすべてのマイクロ波放射計（イメージャ、イメージャ・サウンダ、サウンダ）のデータを利用している。さらに、マイクロ波放射計と静止衛星 IR データの複合アルゴリズムの Morphing とカルマンフィルタの処理において、時間的に順方向の処理だけでなく、逆方向の処理も行っている。GSMaP_NRT および GSMaP_MVK プロダクトは、JAXA の GSMaP ウェブサイト経由で、登録ユーザーに対して配布されている。洪水予警報や気象サービスを始め、幅広い分野の利用者が登録している他、アジアやアフリカ等の発展途上国における利用実証も複数進んでいる。

GSMaP アルゴリズムの開発は、元々、TRMM の後継・拡大ミッションである全球降水観測（GPM）計画のために始まった。日米共同開発の GPM の主衛星は 2014 年初めに打上げを予定しており、GSMaP プロダクトの改良版が、JAXA が作成する GPM プロダクトの一つとなっている。新しいバージョンのアルゴリズムは、マイクロ波イメージャおよびサウンダのアルゴリズムやデータベースにさまざまな改良が加えられている他、雨量計データによる補正の導入が予定されており、準リアルタイムと標準の処理において、0.1 度格子の時間雨量、および、雨量計で補正した時間雨量を出力する他、いくつかの品質フラグを出力する。また、月平均降雨プロダクトも、0.1 度格子で出力する。

キーワード: 衛星観測, 降水量, 高解像度, 高頻度, GSMaP, GPM

Keywords: satellite observation, precipitation, high-resolution, high-frequent, GSMaP, GPM

地上雨量計を併用した衛星からの高時空間分解能全球降水マップ (GSMaP_Gauge) Gauge Adjusted Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP_Gauge)

牛尾 知雄^{1*}, 吉田 智¹, 重尚一³, 青梨和正⁴, 久保田 拓志², 可知 美佐子², 沖 理子²

Tomoo Ushio^{1*}, Satoru Yoshida¹, Shoichi Shige³, Kazumasa Aonashi⁴, Takuji Kubota², Misako Kachi², Riko Oki²

¹ 大阪大学, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 京都大学, ⁴ 気象研究所

¹Osaka University, ²JAXA, ³Kyoto University, ⁴MRI

Precipitation is one of the most important parameters on the earth system, and the global distribution of precipitation and its change are essential data for modeling the water cycle, maintaining the ecosystem environment, agricultural production, improvements of the weather forecast precision, flood warning and so on. The GSMaP_MVK is a product of surface rainfall rate with 0.1 degree and 1 hour resolution on a global basis using the data from microwave radiometers on low earth orbit and infrared radiometers on geostationary orbit, and has been widely used through internet. However, some validation results from the hydrological model show that the GSMaP_MVK sometimes underestimates the surface rainfall rate. In this presentation, the GSMaP_Gauge which is a gauge adjusted product to the GSMaP_MVK for climatological studies are introduced, focusing particularly on structure and performance of the algorithm and some initial evaluation tests. Additionally, the concept and theoretical basis of the near real time product of the GSMaP_Gauge named as GSMaP_Gauge_NRT is introduced.

キーワード: 降水, 衛星, GPM

Keywords: Precipitation, Satellite, GPM

TRMM/3G68 による熱帯での降水の半日周期 Semi-diurnal variation of precipitation over the tropics analyzed from TRMM 3G68 data

井上 豊志郎^{1*}, 濱田 篤¹
Toshiro Inoue^{1*}, HAMADA, Atsushi¹

¹ 大気海洋研究所
¹ Atmosphere and Ocean Research Institute

熱帯における深い対流雲や降水の日変化は衛星や地上観測データから多くの研究者によって調査されてきている。多くのモデルではこの日変化の再現性は十分とは言えない。一方、雲システム解像モデル (NICAM) では水惑星の実験ではあるが、富田等 (2005) や安永等 (2011) によって降水の半日周期がシミュレートされている。三浦等 (2007) は海陸分布を与えた NICAM の実験で、2006 年 12 月の MJO の再現をした。この時行われた空間分解能 3.5km の実験の解析から降水の半日周期が見られた。ここでは、TRMM に搭載された TMI や PR 及び静止衛星の赤外データを用いて半日周期の解析を行った。

調和解析を TRMM/3G68 の TMI データに適用し、熱帯域での日変化と半日変化の分布を調べた。日変化の振幅は南部アフリカ、マダガスカル及びアマゾン域で大きかった。半日周期の振幅は南部アフリカ、アマゾン域及び西太平洋域で大きかった。南部アフリカやアマゾン域での半日周期は午後に最大のピークが現れ、明け方に第二のピークが出現することが TMI 及び PR から解析された。また PR データから第一ピークは対流性の降水で、第二ピークは層状性の降水が主であることが分かった。赤外データからは第一ピークは多数の深い対流雲の大きさが急激に拡大している時間と対応し、第二ピークは低温の雲の大きさが再拡大する時間と一致していた。

キーワード: TRMM, 降水, 半日周期, NICAM
Keywords: TRMM, precipitation, semi-diurnal variation, NICAM

ニューラルネットワークを用いた対流圏水蒸気トモグラフィーの試みに関する研究 Study of tropospheric tomography for water vapor distribution with Neural Network

廣木 暁充^{1*}, 服部 克巳¹, 廣岡 伸治¹
Akimitsu Hiroki^{1*}, Katsumi Hattori¹, Shinji Hirooka¹

¹ 千葉大学

¹Chiba University

近年、ゲリラ豪雨やそれに伴う洪水、斜面崩壊といった気象地盤災害が多く報告されており、降水システムの監視解明が求められ研究がなされている。局所的な現象の把握には、可搬型レーダーによる降水量の把握が重要であり、気象研究所や大阪大学などで実用化研究が行われている。しかし、インドネシアやフィリピンといった発展途上国では、レーダー網による観測はコストや維持管理の点で、現状では実現が困難である。GPS 電波や衛星放送の電波を用いた水蒸気トモグラフィーは、その簡便さから前述の国ではレーダーに代わる降水状況モニタリングシステムとして有効であると思われる。大雨や落雷の被害をもたらすような雨雲の発達が起こるときには周囲からの水蒸気の流入がある。このような気象学的に重要な水蒸気の分布や水蒸気の流れの様子は GPS 測定が可能である。従来の GPS 気象学は PWV が用いられている。トモグラフィーもモデル依存性のものが使われていた。本研究ではモデル依存性の無い残差最小化学習ニューラルネットワーク (RMTNN) のアルゴリズムを用いて、GPS データと AMeDAS 観測データから 3 次元水蒸気分布の再構成を試みた。シミュレーション結果は、GPS データから 3 次元水蒸気分布が推定できる能力があることを示した。詳細は講演時に発表する。

将来型地球観測衛星を用いた雲の観測 Cloud observation by next generation Earth observing satellites

中島 孝^{1*}, 永尾隆¹, 胡斯勒図¹, 石田春磨², 松前義昭¹

Takashi Nakajima^{1*}, Takashi M. Nagao¹, Husi Letu¹, Haruma Ishida², Yoshiaki Matsumae¹

¹ 東海大学, ² 山口大学

¹Tokai University, ²Yamaguchi University

気象研究や気候研究において、雲の成長消滅過程と放射特性の解明が不可欠となっている。衛星観測は全球規模の範囲を短い時間間隔で網羅することから、時空間変動が大きい雲の観測に適している。例えば1980年代から始まったNOAA衛星搭載可視赤外受動型センサ AVHRRにより、雲の光学特性（光学的厚さ）、微物理特性（雲粒サイズ、相）、幾何情報（雲頂高度）が推定されてきた。1990年代に入ると日本の「みどり」と「みどり2」にそれぞれ搭載されたOCTSとGLIや、米国のTerra及びAqua衛星に搭載されたMODISが主に使用されるようになった。近年になると、レーダやライダー等の能動型センサが衛星に搭載されるようになり、雲の鉛直断面観測が可能になるなど、雲観測は新たな局面に入ってきた。将来的には、高性能可視赤外受動型センサを搭載したGCOM-C衛星シリーズ（日本）と世界初のドップラー機能を有するレーダが搭載されたEarthCARE衛星（日欧共同）が包括的な雲観測の切り札として期待され、鋭意開発が進められている。GCOM-CとEarthCAREは、それぞれ雲特性の長期データセットの作成、鉛直構造や鉛直モーション観測による雲プロセスの解明に資するよう設計されており、明瞭な役割分担があると同時に、両者の相補的利用による高度な雲観測も計画されている。このような新しい雲観測は、ピン型雲モデルや非静力学モデルなどの各種モデルの開発研究と協調しつつ進められ、その成果は気象予報や気候変動予測の精度向上に生かされる。

本発表では、現在稼働中の地球観測衛星が観測する最新の雲の姿を紹介し、さらに今後の衛星計画における科学的な新規点と目標、そして静止衛星やモデルとの協調的な研究についての議論を行う。

キーワード: 大気観測, 地球観測衛星, 雲特性

Keywords: Atmospheric observation, Earth observing satellite, cloud properties

日本域における静止衛星画像解析と時系列データに内在する隠れた周期性 Satellite Image Analysis for Channels covering East Asia Region and Hidden Periodicities for Time Series Data

清野 光弘^{1*}, 島袋知巳¹

Mitsuhiro Seino^{1*}, Shimabukuro, Tomomi¹

¹ 琉球大学理学部物質地球科学科

¹Department of Physics and Earth Sciences, Faculty of Science, University of the Ryukyus

Image analysis and time series analysis for MTSAT-2 images covering East Asia region of channels (IR1 and IR3) are discussed. The new time series data derived from fractal analysis of the time series images illustrated in 600x462 pixels from 2009 to 2010 are generated and power spectra for the ratio of cloud covers, water vapor, and space packing exponents with periodic peaks are calculated by using Fourier transform and periodicities of peaks in autocorrelation function are analyzed.

Chaotic behaviors of orbits for their time series data restructured with three dimensional space of states are observed. The branch points of the system, the points of intersections where the amplitude of the fluctuations in four moving average curves become smaller at the same time, are evaluated with the time interval related to the periodic peaks. The features of the branch points and between the ratio of cloud cover or the ratio of water vapor and the space packing exponent are described.

Correlations between time series data of hourly air temperature from 1991 to 2010 observed at Kobe station and Niigata station are discussed.

For time series data of hourly air temperature in 1996, 2000, 2009, and 2010, power spectra with periodic peaks are calculated by using Fourier transform, respectively. A first peak of power spectra is determined and time intervals between nearest neighbor peaks are evaluated. As a result, hidden periodicities are observed. In addition, the features of power spectra for the ratio of cloud covers and space packing exponents by image analysis and time series analysis for MTSAT-2 images covering East Asia region of channels IR1 in 2009 and 2010 are described and similarities between the hidden periodicities for time series data of hourly air temperature are suggested.

Keywords: MTSAT-2 images, Time Series Analysis, Fourier transform, continuous wavelet transform, hidden periodicities

北東アジア乾燥域における衛星 GRACE による陸水貯留量変化の検証 Terrestrial Water Storage in Northeastern Asia with GRACE satellite

小林 健史^{1*}, 浅沼順²
Kenshi Kobayashi^{1*}, Jun Asanuma²

¹ 筑波大学生命環境科学研究科, ² 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

¹Graduate school of Life and Environmental sciences, University of Tsukuba, ²CRiED, University of Tsukuba

Monthly measurements of time-variable gravity from the GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) satellite mission was used to investigate the temporal change of Terrestrial Water Storage (TWS) in the arid regions of Northeastern Asia, during the period of April, 2004 to December, 2010. The study area was a square between 40 degree N and 50 degree N, and between 90 degree E and 115 degree E, which includes most of Mongolia and a part of northern China.

The results show that decreasing trend of TWS was observed in mountainous areas and in Inner Mongolia, while TWS is fairly constant in the central area of Mongolia. These findings are consistent with the reported decrease of glaciers [Kadota et al., 2011] and the depletion of groundwater level in Inner Mongolia during the last several decades [Kitawaki, et al., 2010]. TWS observed in the central Mongolia does not contradict with hydrological characteristics of the region with dry climate, where precipitation almost equals evaporation [Kaihotsu et al., 2004], and groundwater level hardly shows noticeable change without excessive human influence.

Autocorrelation between TWS from GRACE and the surface soil moisture from the microwave remote sensing of AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer for Earth Observation System) [Fujii, et al., 2009] was investigated, where the latter was processed with the same filters used with GRACE. It was found that there is a higher correlation in the dry regions, which indicates that there is a possibility that TWS variations in dry regions depend mainly on that of the surface soil moisture. On the other hand, the soil moisture is well-correlated with TWS at 3 month earlier in the mountainous regions. This suggest linkage between snow and soil moisture in the region.

These results indicate the potential of GRACE to provide information on hydrological change, such as soil moisture, groundwater storage, glacier, etc, in the arid and semi-arid regions, even though variations of TWS are relatively smaller in the regions.

Keywords: arid region, Mongolia, Hydrological change, climate change, AMSR-E

Landsat 衛星を用いたシベリアの土地被覆変化の検出 Land-cover change detection in Siberia using Landsat

酒井 徹^{1*}, Alexander Fedorov², Shamil Maksyutov³, 大島和裕¹, 檜山哲哉¹, 山口靖⁴
Toru Sakai^{1*}, Alexander Fedorov², Shamil Maksyutov³, Kazuhiro Oshima¹, Tetsuya Hiyama¹, Yasushi Yamaguchi⁴

¹ 総合地球環境学研究所, ² 永久凍土研究所, ³ 国立環境研究所, ⁴ 名古屋大学

¹Research Institute for Humanity and Nature, ²Melnikov Permafrost Institute, ³National Institute for Environmental Studies,

⁴Nagoya University

Siberia is well known one of the most vulnerable areas for climate change. As a result of climatic change, large areas have undergone land cover change (e.g., ecological succession after forest fire and permafrost degradation), and the change affects ecological functions. It is important to monitor the process of the land cover change for understanding the role of terrestrial ecosystems in the carbon and water cycles, the frequency of natural disasters, and the impact of ecosystem services. Land cover map is used as the basis for ecosystem management, conservation and restoration activities. Therefore, timely and accurate land cover map is needed at the regional scale. In order to produce land cover map, remote sensing is a very useful tool for repetitive sampling over large areas. A method to produce the land cover map based on high temporal frequency sensors, such as MODIS and SPOT VGT, has already been established. However, the spatial resolution of 1 km limits the performance of land cover map. The land cover maps includes a potential source of error because of the heterogeneity of the landscape at the subpixel scale. According to a comparative study, the pixel-level classification accuracy is not high, ranging between 50 and 58%. Medium spatial resolution sensors, such as Landsat TM/ETM+, allows the direct comparison of the field plot with a 30 m image pixel. The objectives of this study is to produce accurate land cover map using Landsat, and to better understand the relation between climate change and land cover change.

キーワード: 土地被覆変化, 気候変動, シベリア, ランドサット衛星

Keywords: land cover change, climate change, Siberia, Landsat