

CALIPSO 観測データを用いた静止衛星 split-window 観測による雲頂高度推定手法の 開発 Cloud-top Height Estimation Method by Geostationary Satellite Split-Window Measure- ments Trained with CALIPSO data

西 憲敬^{1*}; 濱田 篤²; 広瀬 民志³
NISHI, Noriyuki^{1*}; HAMADA, Atsushi²; HIROSE, Hitoshi³

¹ 福岡大学理学部, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 千葉大学 CEReS

¹Science Faculty, Fukuoka University, ²AORI, University of Tokyo, ³CEReS, Chiba University

We released a database of cloud top height and visible optical thickness (CTOP) with one-hour resolution over the tropical western Pacific and Maritime Continent, by using infrared split-window data of the geostationary satellites (MTSAT) (<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/ctop/>). We made lookup tables for estimating cloud top height only with geostationary infrared observations by comparing them with the direct cloud observation by CloudSat (Hamada and Nishi, 2010, JAMC). We picked out the same-time observations by MTSAT and CloudSat and regressed the cloud top height observation of CloudSat back onto 11 micro m brightness temperature (Tb) and the difference between the 11 micro m Tb and 12 micro m Tb of MTSAT. The database contains digital data and quick look images from Jul 2005 to real time and the area in 85E-155W (MTSAT2) and 20S-20N.

Though the CTOP dataset is particularly useful for the upper tropospheric clouds, it has one serious problem. The cloud radar onboard CloudSat cannot well detect the optically thin cirrus clouds composed of small ice crystals and misses a certain part of cirriform clouds in the upper troposphere. In order to overcome this weakness, we are now making next version of the CTOP by using the lidar data (CALIOP) onboard CALIPSO satellite. One problem on the use of lidar observation is that they observe very thin cirrus formed around the tropopause. The main purpose of CTOP dataset is to provide the top height of clouds that originate from cloud clusters including cumulonimbus and nimbostratus, not of in-situ cirrus clouds formed near the tropopause. To exclude the very thin tropopause cirrus, we define cloud-top height of CALIOP observation as the height at which the optical depth accumulated from the cloud top is 0.2, instead of the CALIOP cloud top itself. With this criterion we can succeed in estimating the top height of cirruiform clouds, but it has another problem for thick clouds like cumulonimbus. For such clouds, the height of accumulated optical depth 0.2 is considerably lower than the real cloud top, possibly due to rather small number of large cloud particles near the top. Therefore, the estimation using CloudSat data is closer to the real top for the thick clouds, while that using CALIOP data is closer for cirriform clouds. So we are now making a lookup table with using both CloudSat and CALIPSO data to estimate cloud-top heights both for thick and thin clouds seamlessly.

Keywords: cloud top, geostationary satellite, split window, cirrus, tropical meteorology

海上降雨検出精度向上のための静止気象衛星マルチチャンネルを用いた GSMaP の改良 Improvement of GSMaP with multi-channel geostationary meteorological satellite observation for oceanic precipitation

広瀬 民志^{1*}; 樋口 篤志¹; 妻鹿 友昭²; 牛尾 知雄²; 山本 宗尚³; 重 尚一³; 濱田 篤⁴
HIROSE, Hitoshi^{1*}; HIGUCHI, Atsushi¹; MEGA, Tomoaki²; TOMOO, Ushio²; YAMAMOTO, Munehisa K.³;
SHIGE, Shoichi³; HAMADA, Atsushi⁴

¹ 千葉大 CEReS, ² 大阪大学工学研究科, ³ 京都大学理学研究科, ⁴ 東京大学大気海洋研究所

¹CEReS, Chiba University, ²Department of Engineering, Osaka University, ³Department of Science, Kyoto University, ⁴AORI, The University of Tokyo

衛星全球降水マップ (GSMaP) は広域・高時間分解能の降水観測データの需要に応えるために複数台の衛星に搭載されたマイクロ波放射計の輝度温度観測から全球の降水量を推定している。さらにマイクロ波放射計搭載衛星の観測がない場所や時間帯では、静止気象衛星の赤外線観測から雲の移動ベクトルを計算し、前後の時間のマイクロ波観測で得た降雨域の移動先を推定することで1時間毎という高時間分解能の降水観測を可能にしている。しかしこの手法は環境場の風に鉛直シアがある場合降雨の移動先を誤認する危険性があり、また雲の移動ベクトルの推定には静止気象衛星の赤外1チャンネル (IR1) のみしか用いられていない。そこで研究代表者は静止気象衛星の赤外 (IR1)、水蒸気 (WV) チャンネルを用いて高時間分解能で全球の降雨確率を推定可能なデータ (降雨ポテンシャルマップ) を作成し、ポテンシャルマップを用いて GSMaP の降雨域を改良することで GSMaP の降雨域推定精度が向上するという結果を示した (地球惑星連合大会, 2014)。

IR1 と WV から得られる雲頂高度情報のみでは降水性の対流雲と非降水性の層状雲の分離が難しいため、従来の降雨ポテンシャルマップは背の低い雲に対しては降雨域推定精度が低いという課題を含んでいた。そこで本研究ではまず METEOSAT 第二世代衛星 (MSG2) に搭載されているマルチチャンネルの情報を加えることで降雨ポテンシャルマップを改良し、IR と WV のみでは捉えることが困難であった背の低い降水に対する感度を向上させることを試みた。MSG2 のマルチチャンネルの利用は今後打ち上げが予定されているひまわり 8号, 9号, GOES-R シリーズ, METEOSAT 第三世代衛星などの次世代静止気象衛星の利用に備える意味でも重要であるといえる。次に改良した降雨ポテンシャルマップの結果を GSMaP の降雨判定アルゴリズムに取り込むことで、GSMaP の降雨域、降水強度プロダクトを改良し、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 降雨レーダ (PR) を真値として改良した GSMaP の降雨域、降水強度の推定精度を検証した。また当日は改良前、改良後の GSMaP データを用いて海上のシアがある環境下における降水システムの移動を追跡する事例解析をおこなった結果についても説明する予定である。このような環境場では、静止気象衛星マルチチャンネルを用いた降雨域ポテンシャルマップの結果を取り込むことで、マイクロ波観測が使えない領域における GSMaP の降雨推定精度の向上が期待される。

静止気象衛星データとして MSG2, METEOSAT, GOES-West, GOES-East, MTSAT-1R を用いた。本研究で使用した静止気象衛星データは全て文部科学省特別教育研究経費プロジェクト「地球気候系の診断に関わるバーチャルラボラトリーの形成」の一環として作成され、千葉大学環境リモートセンシング研究センターが公開したものである。マイクロ波観測に基づく衛星降雨観測データとして GSMaP を用いた (GSMaP_MVK, GSMaP_NRT; v6.000.0)。GSMaP は科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」の研究課題「衛星による高精度高分解能全球降水マップの作成」による研究成果を利用し、JAXA/EORC によって作成されたものである。また降雨観測の真値として TRMM (PR; 2A25, V7) の地上降水強度を用いた。

キーワード: 静止気象衛星, 降水, GSMaP

Keywords: geostationary meteorological satellite, precipitation, GSMaP

偏光情報を利用した GOSAT TANSO-FTS SWIR 温室効果ガス濃度導出アルゴリズム A greenhouse gas retrieval algorithm for GOSAT TANSO-FTS SWIR using polarization information

菊地 信弘^{1*}; 吉田 幸生¹; 内野 修¹; 森野 勇¹; 横田 達也¹
KIKUCHI, Nobuhiro^{1*}; YOSHIDA, Yukio¹; UCHINO, Osamu¹; MORINO, Isamu¹; YOKOTA, Tatsuya¹

¹ 国立環境研究所
¹ National Institute for Environmental Studies

TANSO-FTS は温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT に搭載されている Fourier 変換分光計であり、2009 年 1 月の打ち上げ以来、現在も観測を継続している。TANSO-FTS は、短波長近赤外 (SWIR) の 3 つのバンドにおいて偏光 2 成分の太陽反射光スペクトルを測定している。この偏光情報を利用すれば、雲やエアロゾルの影響がより良好に補正され、温室効果ガス濃度の導出精度が向上することが期待される。現時点において、TANSO-FTS の偏光情報を利用した温室効果ガス濃度導出アルゴリズムはまだ実現されていない。本研究で、我々は初めて TANSO-FTS の実観測データから二酸化炭素のカラム平均濃度 (XCO_2) を導出した結果を提示する。

観測データを解析するとき最も重要な点の一つは、TANSO-FTS の偏光 2 成分の感度校正である。我々はすでに、TANSO-FTS の偏光感度に校正誤差がないという理想的な状況におけるシミュレーションにより、偏光情報の利用によってエアロゾル情報量が増加し、 XCO_2 の導出誤差が減少することを示している。現実には、偏光感度は打ち上げ前の地上試験によって決定された値から経年劣化する。打ち上げ後の偏光感度の校正係数が十分な精度で評価されていないと、仮に TANSO-FTS が持つ偏光情報を利用したとしても、 XCO_2 の導出精度が向上するどころか、むしろ低下する可能性がある。

そこで本研究では、複数の異なる手法で偏光感度の校正係数を評価し、 XCO_2 の導出結果を比較した。代替校正による校正値は Kuze et al. (TGRS, 2014) によって報告されている。これに基づく XCO_2 導出結果を図の青点で示す。これは 2011 年 6 月の一ヶ月間の XCO_2 導出値の緯度断面図である。我々はまた、衛星に搭載されている太陽照度校正用の拡散板の偏光特性を解析し、TANSO-FTS の偏光感度の校正係数を評価することも試みている。これに基づく XCO_2 導出値を同じ図の赤点で示す。両者を比較すると、代替校正を用いた XCO_2 導出値はサハラ砂漠で低濃度側にばらつく傾向が見られるが、拡散板を用いた場合にはそれが概ね解消されていることがわかる。また、代替校正を用いた場合には、南アメリカやアフリカ南部の一部で XCO_2 が高めに導出される領域が存在するが、拡散板を用いた場合にはそのような領域は見られない。

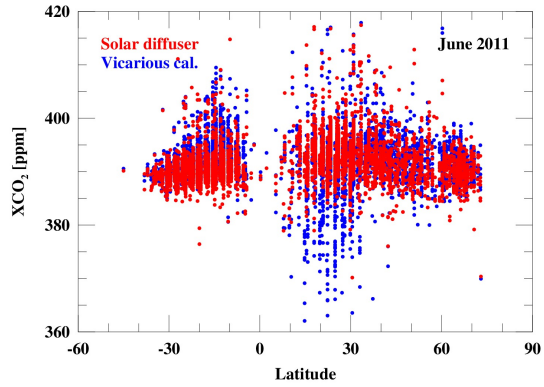
一ヶ月間、陸のみという限定されたデータではあるが、偏光情報を利用するアルゴリズムにおいては、校正係数によって XCO_2 導出値に顕著な差が生じることが分かった。今後は解析期間を増やすと共に、サンダリント観測を利用して評価した校正係数に基づく XCO_2 導出結果も比較検討する予定である。

キーワード: 衛星観測, 二酸化炭素, GOSAT
Keywords: satellite observation, carbon dioxide, GOSAT

ACG09-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 18:15-19:30



衛星搭載レーダ, ライダ, イメージャの複合利用による雲微物理特性抽出手法の評価
Evaluation of Satellite-Borne Radar, Lidar, and Imager Algorithm for Retrieval of Cloud Microphysical Properties

萩原 雄一郎^{1*}; 岡本 創¹
HAGIHARA, Yuichiro^{1*}; OKAMOTO, Hajime¹

¹九州大学応用力学研究所

¹Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Fukuoka, Japan

We developed algorithm for the retrieval of effective radius (R_{eff}) and cloud water content (CWC) of clouds by using collocated CloudSat 94 GHz cloud radar, CALIPSO lidar and MODIS imager. Main aim of the study is to evaluate uncertainties of the algorithm. The radar and lidar retrieval algorithm was initially developed by Okamoto et al., (2010) for ice cloud region detected by radar and lidar. And Sato and Okamoto (2011) extended the range of applicability to the ice regions detected radar or lidar. Then Okamoto et al., (2014) further extended the algorithm by introducing optical thickness (τ_{vis}) information from MODIS that can be applicable to both ice and water clouds, and rainy regions detected radar or lidar. Here RL and RLI denote radar or lidar algorithm and radar/lidar with τ_{vis} algorithm from imager (RLI). Major source of uncertainties in the RL is the treatment of radar only detected clouds and precipitation where lidar signal is totally attenuated and we introduced empirical formula in radar-only region derived from ground-based Doppler cloud radar observations.

In this presentation, cloud microphysics of convective clouds was analysed in September 10, 2006 over the Pacific Ocean. We examined the vertical distribution of R_{eff} , CWC, τ_{vis} as well as cloud water path (CWP). By using τ_{vis} as a constraint, R_{eff} is $\sim 50 \mu\text{m}$ smaller than RL results and $\sim 300 \mu\text{m}$ smaller than RL results in the water cloud region below $\sim 5 \text{ km}$. Responding to this trend, IWC was 0.5 g/m^3 larger and LWC was 0.01 g/m^3 larger compare to the RL ones. We also compared τ_{vis} and CWP between from MODIS, RL, and RLI.

Instead of retrieved τ_{vis} , MODIS reflectance was also combined with RL and we examined the uncertainties in the both versions of RLI algorithms, due to the possible variability of ice particle shape and orientations.

In 2017, the joint European and Japanese satellite mission EarthCARE, which will carry a Doppler cloud radar, high-spectral resolution lidar, multi-spectral imager, and broadband radiometer, is scheduled to launch. We discuss how to use Doppler information to reduce the retrieval errors. The algorithm described above will be adapted to the standard algorithm.

キーワード: 複合利用, レーダ, ライダ, イメージャ, 雲微物理
Keywords: synergy, radar, lidar, imager, cloud microphysics

EarthCARE/MSI 観測データを用いた雲解析アルゴリズム開発 Current status and development of Cloud analysis algorithms based on EarthCARE/MSI observation

高木 聖子^{1*}; 永尾 隆²; 石田 春磨³; Husi Letu¹; 中島 孝¹
TAKAGI, Seiko^{1*}; NAGAO, Takashi²; ISHIDA, Haruma³; HUSI, Letu¹; NAKAJIMA, Takashi¹

¹ 東海大学情報技術センター, ²JAXA/EORC, ³ 山口大学
¹Tokai University, Research and Information Center, ²JAXA/EORC, ³Yamaguchi University

雲・エアロゾルは放射収支や気候変動に重要な影響を与えることが知られている。しかし IPCC 第四次評価報告書によれば、雲・エアロゾル及びそれらの相互作用に関する知見不足は、気候変動予測に不確実性が生じる一因と認識されている。

EarthCARE (Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer) は、ESA・JAXA が共同で開発を進める地球観測衛星である。搭載される 4 つのセンサ (雲プロファイリングレーダ (CPR)、大気ライダー (ATLID)、多波長イメージャ (MSI)、広帯域放射収支計 (BBR)) は、これまで十分な観測が行われてこなかった雲・エアロゾルを全球的に観測し、両者の地球大気中における役割の理解に有用なデータを取得する。EarthCARE は雲・エアロゾルに関する知見不足を解消し、気候変動予測の精度向上に貢献する重要な観測である。

搭載される多波長イメージャ MSI は、可視 (0.67 μ m) から熱赤外 (12.0 μ m) までの複数波長において観測を行い、雲・エアロゾルの 3 次元的理解を目指す。MSI 観測データからは雲判別・雲物理量プロダクトを作成する。本研究では、前者は CLAUDIA [Ishida and Nakajima, 2009]、後者は CAPCOM [Nakajima and Nakajima, 1995; Kawamoto et al., 2001] を元に、アルゴリズムの開発を進めている。本発表では、アルゴリズム開発の現状と展望について紹介する。

キーワード: EarthCARE, MSI, 雲, エアロゾル
Keywords: EarthCARE, MSI, cloud, aerosol

ひまわり 8号から得られたエアロゾル光学特性の初期解析結果 Early phase retrieval of aerosol optical characteristics by Himawari-8

福田 悟^{1*}; 沖 理子¹

FUKUDA, Satoru^{1*}; OKI, Riko¹

¹ 宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター

¹ Japan Aerospace Exploration Agency / Earth Observation Research Center

Himawari-8 is a geostationary meteorological satellite launched in October 2014 by JAXA. It equips an imager, called Advanced Himawari Imager (AHI). Himawari-8/AHI is a latest imager as a geostationary satellite. For example, AHI has 16 bands from visible (0.47 μ m) to thermal infrared (13.3 μ m). Moreover, AHI can observe East Asia, South-East Asia, Oceania, and West Pacific area as often as 10 min. The resolutions of sensors are as fine as 0.5km for 0.64 μ m, 1.0km for 0.47 μ m, 0.51 μ m, and 0.86 μ m, and 2.0km for 1.6 μ m to 13.3 μ m. These high resolution and high frequent observation are very unique for geostationary satellite. We are selected as "Himawari-8's data quality evaluator" by JMA, and now JAXA is receiving Himawari-8's data.

In this study, we have retrieved aerosol characteristics from Himawari-8's data. As a package of aerosol retrieval, we used REAP (Higurashi and Nakajima, 1999), and retrieved aerosol optical thickness and Angstrom Exponent over the ocean. We need to assume some of the parameters of aerosol in the satellite remote sensing when we make Look Up Table. We have assumed bimodal-lognormal distribution as a size distribution. Mode radii and standard deviations are cited by Fukuda et al (2013)'s value. mode radius for coarse mode is 3.86 μ m and that for fine mode is 0.148 μ m. Standard deviation for coarse mode is 2.0 and that for fine mode is 1.56. Complex refractive indexes are calculated from AERONET (Aerosol Robotic Network) observations. We used AERONET data in Anmyon (126.330E, 36.539N), Baengnyeong (124.630E, 37.966N), Fukuoka (130.475E, 33.524N), Gangneung WNU (128.867E, 37.771N), Shirahama (135.357E, 33.697N), and Yonsei University (126.935E, 37.564N), and we calculated the average value; $1.51 + i*0.0226$ for 0.64 μ m and $1.53 + i*0.0233$ for 0.86 μ m. As a threshold of cloudiness, we applied CLAUDIA's threshold test concept. (Ishida et al., 2009) However, some of the thresholds are tuned for Himawari-8. We will also compare our result with ground truth obtained by AERONET.

キーワード: ひまわり 8号, エアロゾル

Keywords: Himawari-8, aerosol

GOSATによる温室効果ガス濃度導出のための熱赤外スペクトルデータを用いた雲検出手法 Cloud detection algorithm using TIR spectra for improving gas retrievals from GOSAT data

染谷 有^{1*}; 今須 良一¹; 塩見 慶²; 齋藤 尚子³
SOMEYA, Yu^{1*}; IMASU, Ryoichi¹; SHIOMI, Kei²; SAITOH, Naoko³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

¹Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ²Japan Aerospace Exploration Agency, ³Center of Environmental Remote Sensing, Chiba University

Thermal And Near-infrared Sensor for Observation (TANSO) onboard Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) consists of Fourier Transform Spectrometer (FTS) and Cloud and Aerosol Imager (CAI). Greenhouse gas concentrations are retrieved from the shortwave infrared (SWIR) bands and the thermal infrared (TIR) for scenes judged to be cloud and aerosol free through the cloud screening procedure with CAI observations. However, CAI does not operate during nighttime although TIR data can be obtained. Moreover, it has no sensitivity for cloud and aerosol heights which must be measured to decrease the currently reported gas concentration biases. Therefore, we developed an algorithm to detect optically thin clouds and dust aerosols with their heights from TIR data. The algorithm used in this study was based on a cirrus detection technique called CO₂ slicing method, modified as described below. The weighting functions which represent sensitivity profiles were calculated at each channel in the TIR band of GOSAT. The channels were reconstructed as sets of several spectral channels for each height level based on the peak heights of the weighting functions. Subsequently, the channel combinations were optimized based on simulation studies for several temperature profile patterns for each latitude and temperature at 500 hPa. The observed data were analyzed using these optimized channels. Global tropospheric cloud amounts and cloud properties such as cloud top heights and optical thickness were validated using CALIPSO data.

Monthly mean cloud amounts from GOSAT data were compared with those from CALIPSO. Results show some differences of cloud amounts and heights between GOSAT and CALIPSO, which might be caused by surface temperature biases, the difference of sensitivity of sensors, the inverse layer, and marine stratocumulus clouds. However, the horizontal distributions of clouds derived using the slicing method resembled those obtained from CALIPSO and it was revealed that the slicing method algorithm has high sensitivity compared with TIR threshold cloud screening which is currently adopted as the cloud screening method for GOSAT data in nighttime. Cloud properties were also compared for coincident observation between GOSAT and CALIPSO and the results showed that the accuracy of cloud detection is improved drastically by the new approach presented in this study. Clouds with optical thickness less than 0.1 are detectable using this method. Based on these results, the slicing method algorithm developed for this study seems to be useful for cloud screening. It is expected to improve the accuracy of greenhouse gas observations.

キーワード: 衛星リモートセンシング, 温室効果ガス, 巻雲
Keywords: satellite remote sensing, greenhouse gas, cirrus