

TANSO-FTS/GOSAT スペクトルデータの複合利用による境界層内 CO₂ 濃度の推定 Usage of synergetic band spectra observed by TANSO-FTS/GOSAT to estimate CO₂ concentration in the boundary layer

今須 良一^{1*}, 林洋司¹, 染谷有¹, 齋藤尚子², 松枝秀和³, 澤庸介³, 丹羽洋介³

Ryoichi Imasu^{1*}, HAYASHI, Yoji¹, SOMEYA, Yu¹, SAITOH, Naoko², MATSUEDA, Hidekazu³, SAWA, Yousuke³, NIWA, Yosuke³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ³ 気象庁気象研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ³ Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

CO₂ concentration near the surface is an important parameter for estimating the uptake speed into the forests and oceans, and/or emission strength over the urban areas. The greenhouse gas observing satellite (GOSAT) dedicated to observe atmospheric CO₂ concentration was launched in 2009 and has been operated for more than four years. The main band of its sensor can measure the columnar concentration of CO₂, however, they cannot be directly converted into the concentration near the surface. The objective of this study is to propose a method to estimate the CO₂ concentration in the lower atmosphere, particularly in the boundary layer based on the synergetic usage of thermal infrared (TIR) and short wavelength infrared (SWIR) band data. Generally, CO₂ emission and uptake occur near the surface, and the air is well mixed in the boundary layer during the daytime keeping the columnar concentration of the gas. However, CO₂ mixing ratio in the boundary layer is not determined only from the columnar concentration, i.e. the thickness of the boundary layer is necessary. It can be estimated from temperature (or potential temperature) profiles retrieved from TIR band spectra as well as the tropopause height. By combining CO₂ columnar concentration retrieved from SWIR band spectra, upper air concentration retrieved from TIR spectra, and the tropopause height and boundary layer thickness, CO₂ mixing ratio in the boundary layer can be estimated assuming the concentration in the stratosphere based on the yearly trend. We applied this method to a dataset obtained over the Kanto Plain during the GOSAT specific observation periods, and the results were validated using CO₂ mixing ratio data operationally observed at a ground based observation site of the meteorological research institute (MRI/JMA) in Tsukuba.

キーワード: 二酸化炭素, いぶき, 境界層, リトリバル

Keywords: carbon dioxide, GOSAT, boundary layer, retrieval

GOSAT TANSO-FTS SWIR プロダクトと小型気球搭載型 CO₂ 濃度計測装置 (CO₂ ゾンデ) から算出した XCO₂ の比較

Comparison of CO₂ column concentrations calculated from GOSAT SWIR and balloon-borne CO₂ instrument measurements

大内 麻衣^{1*}, 宮道光平¹, 松見 豊¹, 中山 智喜¹, 今須 良一²

Mai Ouchi^{1*}, Kouhei Miyaji¹, Yutaka Matsumi¹, Tomoki Nakayama¹, Ryoichi Imasu²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Solar-Terrestrial Environmental Laboratory, Nagoya University, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT: Greenhouse gases Observing SATellite) は、二酸化炭素 (CO₂) とメタン (CH₄) の全球分布及びその変動特性を理解することを目的としており、2009年1月23日の打ち上げ後、現在も観測を継続中である。GOSAT には「温室効果ガス観測センサー TANSO-FTS (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation-Fourier Transform Spectrometer)」が搭載されており、短波長赤外バンド (SWIR: Short-Wavelength Infrared) と熱赤外バンド (TIR: Thermal Infrared) を持っている。SWIR は、地表面から反射した太陽光を観測することで CO₂ のカラム平均濃度の導出が、また、TIR では地球大気・地表面からの放射を観測し、CO₂ の濃度プロファイルを導出することができる。導出されたこれらの GOSAT プロダクトは、CO₂ 吸収・排出量の推定や温室効果ガスによる気候変動への寄与の評価に役立つため、より高い精度が求められており、GOSAT プロダクトの不確かさを明らかにする検証が必要不可欠である。

そのため、本研究では、我々が独自に開発した小型気球搭載型 CO₂ 濃度計測装置 (CO₂ ゾンデ) を用いて得られた CO₂ 混合比から平均カラム濃度を算出し、GOSAT TANSO-FTS SWIR での観測から得られた CO₂ 平均カラム濃度との比較を行った。CO₂ ゾンデは、高度 10km までを観測領域としているため、それより上空は東北大学の中澤先生らのデータを使用して CO₂ 平均カラム濃度を算出した。今回比較に用いたデータは、関東 3ヶ所で GOSAT 衛星のオーバーパスと同期させ、13:00-14:00 に放球した CO₂ ゾンデの 4 データである。(2011年1月7日千葉県市原市、2011年1月31日茨城県守谷市、2012年6月30日茨城県守谷市、2012年7月30日千葉県白子海岸)

その結果、2011年に行った市原と守谷での検証では、森野ら¹⁾によって報告されている GOSAT の L2 プロダクト (V2.XX) のバイアス -1.20 ± 1.97 ppm (暫定値) を考慮に入れた場合、CO₂ ゾンデにより得られた CO₂ 平均カラム濃度は GOSAT プロダクトと概ね一致した。また、2012年に行った守谷と白子海岸での検証では、GOSAT の観測地点と CO₂ ゾンデ観測地点の距離によって、0.3-4.1ppm の差が出るという結果となった。今後の展望としては、CO₂ ゾンデのメリットを生かし、様々な場所で観測を重ね、より多くの地点で検証を行い、GOSAT プロダクトの検証に貢献したいと考えている。

¹⁾ 森野ら、改良した解析アルゴリズムで導出した GOSAT TANSO-FTS SWIR プロダクトとその検証解析、第 18 回大気化学討論会要旨集、A-2-13 (2012).

キーワード: 二酸化炭素, 気球観測, 衛星検証

Keywords: carbon dioxide, balloon-borne measurement, validation for satellite

森林/泥炭火災からのCO₂発生量リモートセンシング Remote sensing of CO₂ to evaluate the CO₂ emission from forest/peat-land fires

川崎 昌博^{1*}, 井上 元², 大橋勝文³
Masahiro Kawasaki^{1*}, Gen Inoue², Masafumi Ohashi³

¹ 総合地球環境学研究所, ² 東京大学, ³ 鹿児島大学
¹RIHN, ²University of Tokyo, ³Kagoshima University

The evaluation of CO₂ emission especially from peat-land is one of key issues of MRV (Measurement, Reporting and Verification). The surface temperature of peat-land fire is relatively low and it is frequently discounted in fire hot-spot data. The amount of carbon loss or CO₂ emission is difficult to estimate from the carbon stock change because it is accompanied by inhomogeneous and small subsidence. The loss in peat-lands occurs underground in some cases. So, the loss estimation from the flux observation superiors to the stock-change measurement.

The flux observation over forest is usually conducted by flux tower measurement (Eddy covariance method) for carbon budget of ecosystem which includes tree and soil processes. However, this measurement is limited to the homogeneous process, which is not the case for tropical peatland fire.

The CO₂ flux from fire can be measured by observing the CO₂ concentration and wind speed surrounding the area of interest. The remote sensing of CO₂ column amount (integrated CO₂ amount from surface to the space) can be done either from space on a satellite (GOSAT) or on the ground observing the direct solar spectrum. The authors have developed a fully automated optical fiber system to observe CO₂ emission continuously. Two instruments were installed at Banjar Baru and Palangka Raya in August-October, 2011. The CO₂ concentration difference between south/north sites and its diurnal variability will be discussed.

Observation of carbon-mono-oxide CO is expected to be a useful tool to identify between above and below-ground fires. Preliminary observation has been tried at Palangka Raya as well.

We thank M. Yamaguchi, K. Yamaguchi, T. Asanuma, K. Yoshikawa, K. Shibata (Meisei Electric Co.), Y. Matsubara, T. Abe (Sumitomo Co.), E. Muhammad and A. Sulaiman (BPPT), A. Usup (UNPAR) and A. Hadi (UNLAM) for their help and financial support from JST and GRENE-ei.

キーワード: 温室効果ガス, 熱帯域, カリマンタン, インドネシア, フラックス, 温暖化防止
Keywords: Green house gas, Tropical area, Kalimantan, Indonesia, Latent Flux, MRV

Analysis of Net Biome Productivity (NBP) from vegetation models and application to global atmospheric CO₂ inversion Analysis of Net Biome Productivity (NBP) from vegetation models and application to global atmospheric CO₂ inversion

Misa Ishizawa^{1*}, Shamil Maksyutov¹, Stephen Sitch², Anders Ahlstrom³, Mark Lomas⁴, Peter Levy⁵, Sam Levis⁶, Sonke Zaehle⁷, Nicolas Viovy⁸, Ning Zeng⁹

Misa Ishizawa^{1*}, Shamil Maksyutov¹, Stephen Sitch², Anders Ahlstrom³, Mark Lomas⁴, Peter Levy⁵, Sam Levis⁶, Sonke Zaehle⁷, Nicolas Viovy⁸, Ning Zeng⁹

¹NIES, Japan, ²University of Exeter, UK, ³Lund University, Sweden, ⁴University of Sheffield, UK, ⁵Centre for Ecology and Hydrology, UK, ⁶NCAR, USA, ⁷MPI- Biogeochemistry, Germany, ⁸LSCE, France, ⁹University of Maryland, USA

¹NIES, Japan, ²University of Exeter, UK, ³Lund University, Sweden, ⁴University of Sheffield, UK, ⁵Centre for Ecology and Hydrology, UK, ⁶NCAR, USA, ⁷MPI- Biogeochemistry, Germany, ⁸LSCE, France, ⁹University of Maryland, USA

The "top-down" estimation of the carbon flux through atmospheric CO₂ inversion relies on prior CO₂ flux information between the atmosphere and the earth surface, as well as the atmospheric CO₂ concentration measurements. Among the prior information, the terrestrial biosphere remains in large uncertainties. To provide better constraint of CO₂ inversion estimates, the modelled results of net biome productivity (NBP) from TRENDY project were analyzed and examined to apply for atmospheric CO₂ inversion.

In TRENDY, a number of the DGVMs (Dynamic Global Vegetation Models) were driven globally by common climate forcing and historical atmospheric CO₂ record to simulate for the period of 1901-2010, with three different scenarios aiming at reducing the uncertainties of land carbon budget. For our purpose, the modelled NBPs from the 8 DGVMs with scenario S2 (time-varying CO₂ and climate) were analyzed to derive the mean feature of contemporary terrestrial biospheric net carbon budget and mean response to the changing climate system/recent global warming.

On a global scale, the model-averaged NBP show inter-annual variations correlated with inter-annual climate phenomenon/ENSO, and also an upward trend which suggests a regime shift around 1970 towards an increase in land carbon gains. EOF analysis to the average TRENDY-NBP also shows an increasing trend in the principal component of EOF1 over the recent three decades along with inter-annual variations. That indicates the leading EOF spatial pattern might respond to a long-term change as well as inter-annual variability in the climate system. While the modelled NBP are increasing globally, the variance among the models is also increasing with time, reflecting the model divergence in the processes relevant to the climate change. By examining multiple EOF patterns, in conjunction with global characterises of NBP distribution and its uncertainties, we explore the application of information from the model-ensemble results to atmospheric CO₂ inversion.

キーワード: CO₂, terrestrial ecosystem, inverse modelling, climate change

Keywords: CO₂, terrestrial ecosystem, inverse modelling, climate change

気候変動メカニズム解明に向けた対流圏・成層圏における大気主成分濃度および同位体比の高精度観測

Precise observations of the atmospheric O₂/N₂, Ar/N₂ and their stable isotopes for understandings of the climate system

石戸谷 重之^{1*}, 村山 昌平¹, 菅原 敏², 森本 真司³, 田口 彰一¹, 坪井 一寛⁴, 松枝 秀和⁴, 後藤 大輔⁵, 近藤 裕昭¹, 青木 周司⁵, 中澤 高清⁵, 澤 庸介⁴, 丹羽 洋介⁴, 遠嶋 康徳⁶, 三枝 信子⁶, 青木 伸行¹, 加藤 健次¹, Patra Prabir⁷, 本田 秀之⁸
Shigeyuki Ishidoya^{1*}, Shohei Murayama¹, Satoshi Sugawara², Shinji Morimoto³, Shoichi Taguchi¹, Kazuhiro Tsuboi⁴, Hidekazu Matsueda⁴, Daisuke Goto⁵, Hiroaki Kondo¹, Shuji Aoki⁵, Takakiyo Nakazawa⁵, Yousuke Sawa⁴, Yosuke Niwa⁴, Yasunori Tohjima⁶, Nobuko Saigusa⁶, Nobuyuki Aoki¹, Kenji Kato¹, Prabir Patra⁷, Hideyuki Honda⁸

¹ 産業技術総合研究所, ² 宮城教育大学, ³ 国立極地研究所, ⁴ 気象研究所, ⁵ 東北大学, ⁶ 国立環境研究所, ⁷ 海洋研究開発機構, ⁸ 宇宙航空研究開発機構

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ²Miyagi University of Education, ³National Institute of Polar Research, ⁴Meteorological Research Institute, ⁵Tohoku University, ⁶National Institute for Environmental Studies, ⁷Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁸Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

大気中 O₂ 濃度 (O₂/N₂) の高精度観測は地球温暖化予測に必要となる炭素循環の解明の有力な手法として IPCC でも注目されている (e.g. Manning and Keeling, 2006)。一方、大気中 Ar 濃度 (Ar/N₂) は海洋貯熱量変動の指標となり得るため、 O₂/N₂ を用いた炭素循環解析の高精度化につながることを期待されている (e.g. Blaine, 2005)。また大気主成分 (N₂・O₂・Ar) 安定同位体比の高精度測定によって観測される成層圏大気主成分の重力分離からは、中層大気循環の経年変動の情報が得られることが示唆されている (Ishidoya et al., 2013)。以上を踏まえ、産業技術総合研究所では質量分析計を用いた O₂/N₂、Ar 濃度 (Ar/N₂) および N₂・O₂・Ar 安定同位体比の高精度連続測定装置を開発し、以下の研究に応用している。

- 1、つくば大気中 O₂/N₂、Ar/N₂ および N₂・O₂・Ar 同位体比連続観測
- 2、成層圏大気試料の O₂/N₂、Ar/N₂ および N₂・O₂・Ar 同位体比の高精度分析 (東北大学、宮城教育大学、国立極地研究所および宇宙科学研究所との共同)
- 3、C-130H 輸送機を用いた北西太平洋上自由対流圏大気中 O₂/N₂ の観測 (気象庁・気象研究所との共同)
- 4、波照間における大気中 Ar/N₂ の観測 (国立環境研究所との共同)
- 5、O₂ 濃度国際基準スケール確立に向けた高精度 O₂ 絶対濃度標準ガス調製法の開発 (産総研・計測標準部門との共同)

また東北大学および国立極地研究所との共同研究により燃料電池式 O₂/N₂ 連続観測装置の開発を行い (Goto et al., 2013)、産総研飛騨高山森林サイトでの観測に応用している。さらに O₂/N₂ の変動要因の詳細な研究のため、産業技術総合研究所および JAMSTEC の大気輸送モデルを用いた数値シミュレーションも実施している (Ishidoya et al., 2012a,b)。これらの研究を総合的に推進し、炭素循環・海洋貯熱量・中層大気循環の各変動をモニタリングすることで、気候変動メカニズムの解明を目指す。