

今後のライダー観測への期待  
 —主に GOSAT データの検証およびサイエンスの立場から—  
 Expectations for near future lidar observations  
 -From the standpoint of the GOSAT validation and science-

内野修<sup>1, 2, 3)</sup>, 森野勇<sup>1)</sup>, 横田達也<sup>1)</sup>

Osamu Uchino<sup>1, 2, 3)</sup>, Isamu Morino<sup>1)</sup>, Tatsuya Yokota<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>国立環境研究所 <sup>2)</sup>気象研究所 <sup>3)</sup>リモート・センシング技術センター

<sup>1)</sup> National Institute for Environmental Studies, <sup>2)</sup> Meteorological Research Institute

<sup>3)</sup> Remote Sensing Technology Center of Japan

### Abstract

Three-dimensional aerosol and cirrus cloud information is useful for the GOSAT product validation, and numerical weather and climate forecasting. If CO<sub>2</sub> DIAL can measure concentrations with an uncertainty of less than 1 ppm from the ground up to about 7 km, it will give significant contribution to the GOSAT validation as well as carbon cycle science.

### 1. はじめに

大気中の CO<sub>2</sub> や CH<sub>4</sub> のカラム量などを観測する温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) は 2009 年早期に打ち上げが予定されている<sup>1)</sup>。GOSAT のデータの検証およびサイエンスの立場から今後のライダー観測への期待を述べたい。

### 2. GOSAT で観測される CO<sub>2</sub> カラム量のバイアス補正のための全球エアロゾル、薄い巻雲の 3 次元分布観測とその再解析への期待

GOSAT のフーリエ変換分光器 (FTS) で観測された太陽近赤外光の地上および海上反射スペクトルデータから推定される CO<sub>2</sub> カラム量は、エアロゾル<sup>2)</sup>や薄い巻雲の存在によりバイアスが生じる。そのバイアスの大きさは、光学的厚さのみでなく、どの高度にエアロゾルが存在するかによっても大きく異なる。シミュレーションによると対流圏上部のダストや成層圏エアロゾルによる誤差が顕著となっている<sup>3)</sup>。これは太陽光が地表に到達する前に高々度に存在するエアロゾルによって散乱されるため光路長が短くなり CO<sub>2</sub> カラム量の過小評価に繋がるためと考えられる。

CO<sub>2</sub> カラム量に対するこのバイアスを補正するためには、エアロゾルや薄い巻雲の三次元分布のデータが必要である。GOSAT の雲・エアロゾルイメージャー (CAI) では 2 次元のエアロゾルのタイプ別 (硫酸塩とススの内部混合、海塩、ダストの 3 種類) の光学的厚さが算出されることになっている。

CO<sub>2</sub> カラム量の検証では、CO<sub>2</sub> と CH<sub>4</sub> のカラム量を小さな不確かさで観測できる地上設置の高分解能 FTS (以下 G-FTS と略記する) 観測サイトにおいて、スカイラジオメータによるエアロゾルの光学的厚さやライダーによる高度分布を測定することにより GOSAT データのバイアスを明らかにする予定である<sup>4)</sup>。G-FTS のないところでは、CAI の情報を基にするが、アルベドの高い陸域や海上のサングリント地点ではエアロゾルの導出は CAI では困難である。そこで、エアロゾルの輸送モデルを用いて推定することとしている<sup>5)</sup>。しかし、この輸送モデルはエアロゾルのタイプ別の発生量などのデータをもとに計算されることから、発生量や大気の輸送過程などによる誤差を有する。

これらを改善するには、CAI の他に、SKYNET、AERONET、ライダー観測網、CALIOP、MODIS のデータと 4 次元データ同化の手法を取り入れてより精度の高い全球 3 次元エアロゾル分布を求めるこ

とができれば CO<sub>2</sub> や CH<sub>4</sub> のカラム量のバイアス補正に反映できるものと考えられる。特にエアロゾルや巻雲の高度情報を提供できるライダー観測が期待される。

### 3. スカイラジオメータ・ライダーデータによるエアロゾルタイプなどの導出への期待

スカイラジオメータはエアロゾルの多波長における光学厚さ  $\tau(\lambda)$ 、光路中で平均化された粒径分布  $n(r)$  と複素屈折率  $m^*$ 、または、一次散乱アルベドと散乱位相関数が算出される。一方、偏光ラマンライダーで消散係数  $\alpha(z)$  と偏光解消度  $D(z)$  が求まる。スカイラジオメータ・偏光ラマンライダーを適切に処理すればエアロゾルのタイプを特定できる可能性がある。2 波長偏光ライダーにより、水溶性のエアロゾル（硫酸、硝酸エアロゾルなど）、海塩粒子、ダストの混合状態を推定した報告例もある<sup>6)</sup>。

昼間の観測を考えるとラマンライダーよりも高スペクトル分解能ライダーがより強力な手段となりうる。エアロゾルのタイプが同定できれば、GOSAT の CO<sub>2</sub> カラム量のバイアス補正やエアロゾル輸送モデルの検証にも役立つ。さらに、エアロゾルの放射強制力のより正確な見積もりや数値予報の改善にも繋がるものと期待される。

### 4. CO<sub>2</sub> DIAL や O<sub>3</sub> DIAL による GOSAT データ検証への期待

地上設置や将来の航空機搭載や衛星搭載を考えた CO<sub>2</sub> DIAL の開発が国内外で活発に行われている。GOSAT の CO<sub>2</sub> 濃度検証の立場から考えても CO<sub>2</sub> 濃度の観測の不確かさは 1ppm 以下が望ましい。これまでの数値シミュレーションでも地域(8 度 x10 度メッシュ)別の CO<sub>2</sub> 年収支の不確かさを地上観測データのみで推定した場合は、1 ppm 以下の不確かさで CO<sub>2</sub> 濃度を観測する必要がある<sup>7)</sup>。特に CO<sub>2</sub> の変動の大きい地上から 3~5 km までの CO<sub>2</sub> 濃度を 1 ppm の不確かさで観測できるライダーの開発に期待したい。

O<sub>3</sub> は GOSAT の熱赤外域の研究プロダクトではあるが、対流圏の O<sub>3</sub> が 10% の精度で全球観測できると科学的に十分意味がある。O<sub>3</sub> DIAL はすでにその精度を達成していることから GOSAT に同期した観測データは検証に十分役立つと期待される。O<sub>3</sub> DIAL は衛星データと併用することにより日本への越境汚染の早期検出にも役立つ。

### 参考文献

<sup>1)</sup> <http://www.gosat.nies.go.jp/index.html>

<sup>2)</sup> T. Houweling, W. Hartmann, I. Aben, H. Schrijver, J. Skidmore, G.-J. Roelofs, and F.-M. Breon, Evidence of systematic errors in SCIAMACHY-observed CO<sub>2</sub> due to aerosols, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 3003-3013, 2005.

<sup>3)</sup> 太田, 吉田, 横田, 衛星からの晴天域の近赤外太陽散乱光観測による二酸化炭素気柱量推定手法の検討—誤差評価と鉛直気圧グリッドの最適化—, *日本リモートセンシング学会誌*, 28, 152-160, 2008.

<sup>4)</sup> 森野, 内野, 工藤, 山口, 横田, GOSAT-TANSO 検証計画, *日本リモートセンシング学会誌*, 28, 204-210, 2008.

<sup>5)</sup> 中島, 中島, 日暮, 佐野, 高村, 石田, シュトゲンズ, GOSAT 衛星搭載イメージャー CAI を利用したエアロゾルと雲情報の抽出に関する研究, *日本リモートセンシング学会誌*, 28, 178-189, 2008.

<sup>6)</sup> T. Nishizawa, H. Okamoto, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, and K. Aoki, An algorithm that retrieves aerosol properties from dual-wavelength polarized lidar measurements, *J. Geophys. Res.*, 112, D06212, doi:10.1029/2006JD007435, 2007.

<sup>7)</sup> P.J. Rayner and D.M. O'Brien, The utility of remotely sensed CO<sub>2</sub> concentration data in surface source inversions, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 175-178, 2001.