

GOSAT TANSO-FTS SWIR データ解析で得られる CO₂ 気柱量の誤差評価 ～ 可能な限り雲を除外し、晴天と近似した場合 ～

*吉田幸生、江口菜穂、横田達也 (国立環境研究所)

1. はじめに

2008 年度打上予定の温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite) は CO₂, CH₄ の全球分布を観測することを目的とした衛星であり、環境省・宇宙航空研究開発機構 (JAXA)・国立環境研究所の共同プロジェクトとして開発が進められている。GOSAT のメインセンサである TANSO-FTS (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation - Fourier Transform Spectrometer) は、短波長赤外域に 3バンド (0.76, 1.6, 2.0 μm 帯)、熱赤外域に 1バンド (5.56 ~ 14.3 μm) の計 4バンドを持ち (分光分解能 0.27 cm⁻¹、観測視野 直径約 10.5 km)、それぞれ太陽光の地表面散乱光、地球からの熱放射を観測することで、CO₂, CH₄ の気柱量や濃度プロファイルの推定を行う。短波長赤外域 3バンドによる観測データの解析を担当する国立環境研究所では、光学的に厚い雲の存在しないシーンに対して、CO₂ の吸収帯が存在する 1.6 μm 帯の測定スペクトル (波数範囲 6180 ~ 6380 cm⁻¹、但し、太陽 Fraunhofer 線と重なっている波数点は除く) から、CO₂ 気柱量を導出するアルゴリズムを開発した。光学的に厚い雲はサブセンサである TANSO-CAI (Cloud and Aerosol Imager; 水平分解能 0.5/1.5 km) により検知される。FTS 解析において、光学的に薄い雲 (巻雲等) の影響を補正しながら気柱量を求める手法も開発されているが、打ち上げ直後の処理アルゴリズムとしては、こういった光学的に薄い巻雲の存在するシーンも検知・除外し、可能な限り晴天に近いシーンのみを解析の対象とする。ここでは、実際の定常処理でも使用される『水蒸気 1.87 μm 帯を利用した巻雲検知法』により晴天であると判断されたシーンに対して、CO₂ 気柱量誤差を評価した。

2. 水蒸気 1.87 μm 帯を利用した巻雲検知法

TANSO-FTS 2.0 μm 帯には水蒸気の強吸収帯である 1.87 μm 帯の端の部分が含まれる。この波数域では、雲がなければ水蒸気により地表に入射した太陽光が全て吸収されるため、衛星には有意な反射光が到達しないが、雲が

ある場合には、雲による散乱光は雲よりも上層に存在する水蒸気の影響しか受けないため、有意な輝度が観測されることになる。巻雲のように対流圏上層に存在する雲は、光学的に薄いものの、それよりも上層に存在する水蒸気量が極端に少ないため、巻雲からの反射光が衛星で観測されることが期待される。この巻雲検知法では、TANSO-FTS 2.0 μm 帯の SNR をもとに閾値を設定し、水蒸気強吸収域の平均輝度が閾値を上回った場合に巻雲があると判断する。FTS の SNR はバンド内に入射する光の積算輝度に依存するため、太陽天頂角やバンド内の平均的な地表面アルベドに依存するものの、感度実験の結果、TANSO-FTS の装置性能では、波長 0.55 μm における光学的厚さが 0.01 のオーダーの巻雲が検知できることが判った。なお、CALIOP データを用いて GOSAT の観測条件における晴天域 (光学的厚さ 0.01 以下の巻雲含む) を評価したところ、全球年平均で約 11 % であった (Eguchi and Yokota, GRL, revised)。

この手法は大気中の水蒸気量が極端に少ない場合や、2.0 μm 帯における地表面アルベドが極端に大きい場合に、巻雲が存在しなくとも『ある』と誤判断してしまうことがある。雲のあるシーンを可能な限り除くという目的には即しているが、実際の使用にはこのような誤判断を低減する工夫が必要である。

3. CO₂ 気柱量誤差の評価

CO₂ 気柱量の推定は Maximum a posteriori (MAP) 法を用いる。MAP 法は推定誤差を解析的に計算することが出来るという特徴を持っている。CO₂ 気柱量誤差は主として装置の SNR に依存して決まる。TANSO-FTS は太陽天頂角 30 度、地表面アルベド 0.3 の時に SNR = 300 を達成するように設計されており、このとき CO₂ 気柱量の先験情報に含まれる誤差を 10 % とすると、MAP 法による推定誤差は大凡 ± 0.7 % である。また、検出限界の光学的厚さの巻雲を無視したことで CO₂ 気柱量推定値に生じるバイアス誤差は約 0.2 % である。当日は季節毎の CO₂ 気柱量推定誤差の全球分布を示す。