

GOSAT/TANSO-FTS バンド 4 スペクトルデータからの N₂O プロファイル導出可能性の検討

久世・齋藤研究室 07T0644C 新美宏昭

1. はじめに

一酸化二窒素 (N₂O) は、きわめて長寿命な化学種であり、主要な温室効果ガスの一つである。また、成層圏においては、窒素酸化物の供給源として成層圏オゾン層の消長に重要な役割を果たしている。現在、対流圏大気中の N₂O 濃度の観測は地上 (船上も含む) 観測が主である。しかし、N₂O の温室効果による気候変動や成層圏オゾン層の消長の議論をする際には、人工衛星による全球規模での対流圏・成層圏 N₂O 濃度分布の観測が非常に有用である。

本研究では、人工衛星 GOSAT に搭載されている TANSO-FTS センサーのバンド 4 (熱赤外バンド) スペクトルデータから N₂O 濃度を導出する手法について検討した。これまでリトリーバルにあまり用いられてこなかった N₂O 吸収帯 ν₁ (中心波数 1285cm⁻¹) を用いて、東経 140°付近における N₂O 濃度の緯度分布を導出し、N₂O 濃度の鉛直プロファイルの導出可能性を検討した。

2. 使用データ

本研究では、2009 年 4 月 7 日に日本の東を通るパスで観測された、計 129 個の GOSAT/TANSO-FTS のバンド 4 スペクトルデータを使用した。リトリーバルに必要な N₂O 濃度の先験値及びその他の気体成分の濃度は U.S. Air Force Geophysics Laboratory (AFGL) のデータを用いた。

3. リトリーバル手法

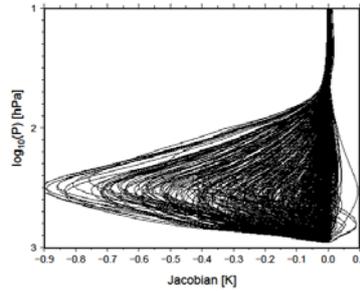
GOSAT/TANSO-FTS で得られるデータは太陽及び地球からの放射スペクトルである。放射スペクトルから気体濃度を導出することは逆問題の一種であり、リトリーバルとはこの逆問題の解を推定することである。本研究では、N₂O 濃度リトリーバル手法としてベイズ理論に基づいた最適解の導出方法 (非線形最大事後確率推定法、non-linear MAP 法) を採用した^[1]。最大事後確率推定法では、最適解 $\hat{\mathbf{x}}$ は以下の式で表される (線形の場合)。

$$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{x}_a + (\mathbf{K}^T \mathbf{S}_e^{-1} \mathbf{K} + \mathbf{S}_a^{-1})^{-1} \mathbf{K}^T \mathbf{S}_e^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{K} \mathbf{x}_a)$$

ここで、 \mathbf{F} はフォワードスペクトル、 \mathbf{y} は観測スペクトル、 \mathbf{x}_a は先験値、 \mathbf{S}_e は観測誤差分散・共分散行列、 \mathbf{S}_a は先験値の分散・共分散行列、 \mathbf{K} はリトリーバル対象の気体濃度 (ここでは N₂O 濃度) のヤコビアン行列 (対象気体の濃度を各層で単位量変化させた場合の大気上端における放射輝度の変化量) である。本研究では、大気を 110 層に分けて放射伝達計算を行い、フォワードスペクトルおよびヤコビアン行列を求めた。

4. リトリーバル波数帯の選択

N₂O 吸収帯 ν₁ には、CH₄ の吸収帯が重なっているが N₂O による吸収も強い波数帯 1220-1340cm⁻¹ (以降、「波数帯 1」と呼ぶ) と、N₂O 以外の大気分子の吸収の影響は小さいものの N₂O による吸収も弱い波数帯 1120-1220cm⁻¹ (「波数帯 2」) がある。波数帯 1、波数帯 2、それぞれについてヤコビアン行列を計算し、各気圧高度におけるリトリーバル感度を確認した (図 1)。各波数帯について、試験的に N₂O リトリーバルを行ってみたところ、波数帯 2 ではヤコ



ビアン行列の値が小さく、N₂O 濃度に対する感度が弱すぎるため、安定したリトリーバルが行えないことがほとんどであった。

図 1. 波数帯 1 で計算したヤコビアン行列

5. N₂O 濃度の緯度分布

2009 年 4 月 7 日に日本の東を通るパスのうち、北半球の 1 地点における N₂O プロファイルを図 2 に示す。図 2 のリトリーバル結果には、対流圏界面付近に N₂O 濃度が異常に高くなっている特徴が見られ、現状のリトリーバル手法では、圏界面より上の高度の N₂O 濃度リトリーバルが難しいことが示唆される。図 3 に、700 hPa から 200 hPa の各高度帯で緯度 20 度毎に平均した N₂O 濃度分布を示す。200 hPa では、低緯度で N₂O 濃度が高く、中高緯度で低くなっており、低緯度では対流圏性の大気を、中高緯度では成層圏性の大気を見ていると考えられる。300~500 hPa では、低緯度の N₂O 濃度が高く導出されているが、これはおそらくバンド 4 スペクトルの精度に起因していると考えられる。700 hPa では、北半球の方が南半球より N₂O 濃度が高い傾向が見られる。これは西太平洋船舶観測における N₂O 緯度分布と似ている^[2]。

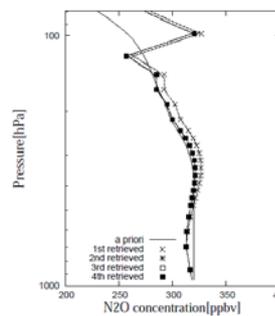


図 2. N₂O 濃度プロファイル

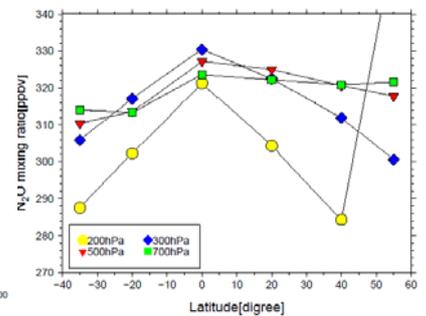


図 3. N₂O 濃度の緯度分布

6. まとめ

GOSAT/TANSO-FTS バンド 4 の N₂O の ν₁ 吸収帯を利用した N₂O 濃度の高度プロファイル導出可能性を検討した。バンド 4 の波数 1220-1340cm⁻¹ (波数帯 1) のスペクトルデータを用いて N₂O 濃度を導出したところ、低高度 (~700 hPa) においては、船舶観測で得られた N₂O 濃度緯度分布と似た傾向を示した。

【参考文献】

- 1) 齋藤尚子, 今須良一, 太田芳文, 丹羽洋介: 温室効果ガス観測衛星 (GOSAT) の熱赤外波長における二酸化炭素鉛直プロファイル導出アルゴリズム, 日本リモートセンシング学会誌 Vol.28, No.2, pp. 161-177, 2008.
- 2) K. Ishijima, T. Nakazawa, S. Aoki: Variations of atmospheric nitrous oxide concentration in the northern and western Pacific, *Tellus*, 61B, 408-415, 2009.