

2A09

つくば地上高分解能 FTS を用いた太陽直達光大気吸収スペクトルの測定と CO₂1.6 μm 帯のリトリーバル解析

(神戸大院・総合人間¹、国立環境研²、名大・太陽地球環境研³、神戸大・発達⁴)
○大山博史^{1,2}、森野勇²、長浜智生³、町田敏暢²、杉本伸夫²、中根英昭²、中川和道⁴

【はじめに】 国立環境研究所では、高分解能フーリエ変換分光計(FTS, Bruker IFS 120HR)を用いて、太陽直達光による大気微量成分の吸収スペクトルを定常的に観測している。温室効果ガス及びオゾン層破壊関連物質濃度を導出するために、2001年より本装置によって、中赤外領域の光学フィルターを用いた定常観測を開始した。近年、温室効果ガスの変動を把握することの重要性が増しているが、太陽直達光による観測では、オゾン層破壊関連物質に比べて CO₂や CH₄の報告は Yang et al.[1], Washfelder et al.[2]等ごくわずかであり、大気吸収スペクトルの解析方法も発展途上にある。温室効果ガスの観測には、他の大気微量成分の吸収線による妨害が少ない近赤外領域が注目されており、本研究では近赤外領域における太陽光大気吸収スペクトルを観測するために観測装置を改良し、観測スペクトルのリトリーバル解析により CO₂濃度の鉛直分布及びカラム量を求めた。

【観測及び解析方法】 近赤外領域における温室効果ガスの効率的な観測を行うために、2004年より 4500-7000 cm⁻¹の光学フィルターを新たに導入し、観測条件の最適化を行った。その結果、波数分解能 0.015 cm⁻¹ (optical pass difference: 60 cm)、積算回数 10 回(約 10 分)で定常的に観測を行うことにした。

大気吸収スペクトルの解析には、NASA JPL で開発されたリトリーバル解析プログラム SEASCRAPE PLUS (Remote Sensing Analysis Systems, Inc.)を使用した。朝から夕方まで観測を行った 2004年8月10日と 2005年3月30日の観測スペクトルについて解析を行った(この両日は、つくば上空において航空機による直接観測(in-situ 観測)を実施)。スペクトルの前処理として、CO₂の(30012)-(00001)帯(band origin: 6348 cm⁻¹)のうち 6300-6347 cm⁻¹(P-branch)の波数領域を切り出した。この領域には、CO₂の吸収以外に太陽のフラウンフォーファー線が多く存在するため、アメリカ国立太陽観測所の太陽光観測から取得された再解析データを用いてフラウンフォーファー線を取り除いた。ただし、視線方向における太陽との相対的な運動によってフラウンフォーファー線のドップラーシフトが起こるため、その影響を補正した。そして、装置分解能の最適化及び観測スペクトルの波数の較正を行った。フラウンフォーファー線を完全に補正できていない波数領域については、重みを小さくすることによってリトリーバル解析から除外した。解析に必要な気圧・気温・H₂O 濃度の鉛直分布は、高層気象台(館野)のレーウィンゾンデ観測値を用いた。また、CO₂濃度の鉛直分布の初期推定値については、つくばの気象研タワー(高度 0.2 km)、相模湾上空の航空機観測(高度 1, 2, 3, 4, 5.5, 7 km)、三陸上空の大気球による成層圏大気サンプリングの観測データに、経年変動 + 季節変動を仮定してフィッティングしたモデル計算値を用いた。

【解析結果】 リトリーバル解析は、初期推定値とその拘束条件に大きく依存する。初期推定値の不確定性を0~40 kmの全ての高度においてCO₂濃度の1%に設定した場合には、濃度変化の大きい対流圏大気境界層内(高度約2 kmまで)において初期推定値からの拘束が強くなってしまうため、高度0 kmでCO₂濃度の3%、5 km以上で1%、その間は直線補間した値を用いた。2004年8月10日11:35(波数分解能: 0.015 cm⁻¹)の観測データについて、この条件で解析を行った結果を図1、2に示す。スペクトルのCO₂吸収部分における残差は2%程度であり、残差の大きい(≧5%)波数領域は重みを小さくしている。アベレーシングカーネル(ある高度について他の高度からどの程度の情報が得られるかを示す指標)は高度1 kmに最も高い感度を持ち、高度分解能は4 km程度であった。これは、スペクトルから鉛直分布について多くの情報が得られる高度が1 kmであることに対応しており、大気境界層内の変動を観測できることを示している。求めたCO₂濃度の鉛直分布からカラム量を導出した。また、各高度におけるCO₂濃度を乾燥大気の個数密度で加重平均してカラム平均濃度を求めた。本解析から得られたカラム量及びカラム平均濃度は、in-situ 観測(高度3 kmまで)[3]+ モデル計算から求めた値と1%の範囲内で一致した。同様の解析を2005年3月30日の観測データについても行ったが、解析から得られた両日の鉛直分布やカラム量について系統的なずれがあるため、詳細な検討を行っている。次に、CO₂濃度の日変動解析を行った。導出したCO₂濃度の日変動は、気象研究所における気象観測タワーのCO₂連続観測値と同様の傾向を示した。

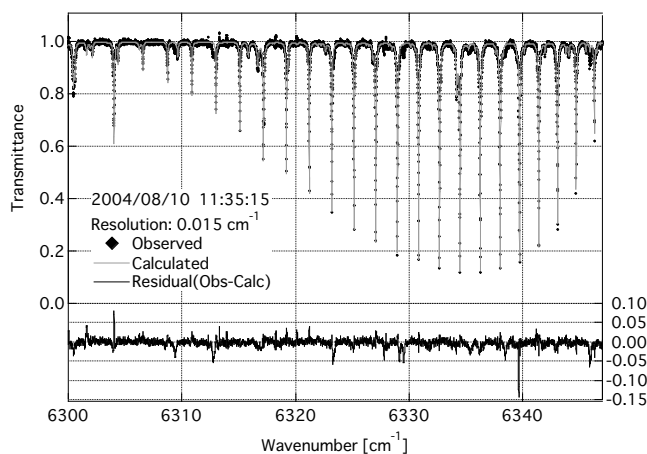


図1. 波数分解能0.015 cm⁻¹、CO₂ (30012)-(00001)バンドの観測スペクトル及びフォワードモデルで計算したスペクトルとその残差

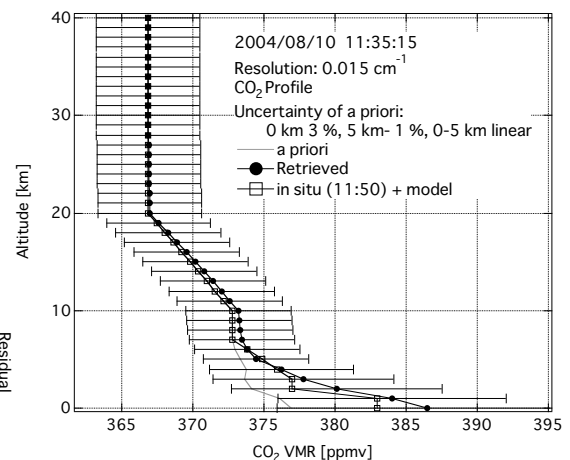


図2. リトリーバル解析から得られたCO₂濃度の鉛直分布及びin-situ + モデルの鉛直分布

【参考文献】

- [1] Yang, Z., et al., *Geophys. Res. Lett.*, 29(9), 1339(2002)
- [2] Washenfelder R. A., P. O. Wennberg and G. C. Toon, *Geophys. Res. Lett.*, 30(23), 2226(2003)
- [3] 須藤 他, 第15回大気科学シンポジウム研究集会講演集(2005)