

航空機観測及び数値モデルデータによる GOSAT 衛星のメタン濃度データの検証解析

久世・齋藤研究室
15YM1348 野々垣 亮介
指導教員 齋藤 尚子

1. 背景・目的

今日、地球温暖化は大きな環境問題となっている。メタンは二酸化炭素に次ぐ温室効果ガスであり、大気中のメタン濃度は 1750 年頃から 2011 年までに 722 ppb から 1803 ppb と 150%増加したと報告されている [IPCC AR5, 2013]。このような背景のもと、2009 年 1 月に、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンを観測することを主目的とした衛星 GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite) が打ち上げられ、8 年が経過した現在も観測を続けている。GOSAT による観測は長期的かつ全球を網羅することができるため、メタンの大気中の動態を明らかにする上で大変有効である。しかし、一般的に衛星による観測は、現場観測に比べて精度が劣るため、衛星データを科学的に利用するためにはデータ質の検証を行わなければならない。そこで本研究では、GOSAT 搭載の TANSO-FTS (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation-Fourier Transform Spectrometer) センサーの熱赤外バンド (TIR バンド) のスペクトルデータから導出されたメタン濃度データ (L2 プロダクト V1 データ [Saitoh et al., 2016]) と、航空機による高精度な観測データの比較を通して、TIR バンドのメタン濃度データの検証を行った。

2. 手法

まず、TIR バンドデータと CONTRAIL (Comprehensive Observation Network for TRace gases by AIrLiner) /GRENE 観測データ [Sawa et al., 2015]、全球大気輸送モデル NICAM-TM (Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model-based Transport Model) [Niwa et al., 2011] のメタンデータを用いて、北半球高緯度の上部対流圏、下部成層圏で等温面比

較を行った。TIR バンドデータと NICAM-TM メタンデータは航空機データに対して「距離差 $\pm 3^\circ$ 以内、観測時刻差前後 3 日以内」の条件で抽出し、対流圏界面からの温位差区分ごと (12.5 K ごと) に比較を行った。

次に、TIR バンドデータと南鳥島上空の気象庁航空機データ [Niwa et al., 2014] のメタン濃度の高度プロファイルの比較を行った。TIR バンドデータは「南鳥島から距離差 300 km 以内、航空機の観測から時刻差 72 時間以内」の条件で抽出した。航空機データが存在しない上空のメタン濃度は、航空機データに対して最近隣の CarbonTracker-CH₄ モデル [Peters et al., 2007] の濃度勾配を使用して仮定した。その上で、航空機データに TIR バンドのメタンのアベレージングカーネルを適用して比較を行った。

さらに、TIR バンドデータと広範囲の緯度帯で観測を行っている HIPPO (HIAPER Pole-to-Pole Observations) プロジェクト [Wofsy et al., 2011] の航空機データを用いて、メタン濃度の緯度分布の比較を行った。TIR バンドデータは「HIPPO の高度プロファイルの最下端データからの距離差 300 km 以内、観測時刻差 72 時間以内」の条件で抽出した。HIPPO データについても、気象庁航空機データの比較の場合と同様の方法で、TIR バンドのメタンのアベレージングカーネルを適用した。

3. 結果・考察

上部対流圏・下部成層圏 (UTLS) での比較

2012 年 4 月から 2013 年の 12 月までの月平均データを解析した結果、CONTRAIL/GRENE 観測データの成層圏のメタン濃度は 5、6 月に最小値をとり、11、12 月に最大値をとる季節変動を示した。同様に、東経 135°では TIR バンドデータの成層圏のメタン濃度には春夏に低く秋冬に高い典型的な季節変動のパターンが見られた。一方、モデ

ルデータには明瞭な季節変動は見られなかった。

北半球中緯度での高度プロファイル比較

図1に、2011年から2013年のTIRバンドデータ及び先験値（アプリアリ）データ[Saeki et al., 2013]と、気象庁航空機データのメタン濃度の季節平均値の差分の高度プロファイルを示す。冬季は対流圏中層及び下層において、TIRバンドデータと気象庁航空機データのメタン濃度の差分が平均0.5%程度で一致していた。春季、秋季も同様に、TIRバンドデータが気象庁航空機データに対して±1%以内で一致していた。一方で夏季は、高度が上がるにつれTIRバンドデータの気象庁航空機データに対する負バイアスが大きくなる傾向が見られる（503 hPa付近で $-1.2 \pm 0.2\%$ ）。これは、TIRバンドによる観測では、アジア大陸からの空気塊の輸送に起因する上空のメタン濃度の増加を捉えられていないことが原因である。

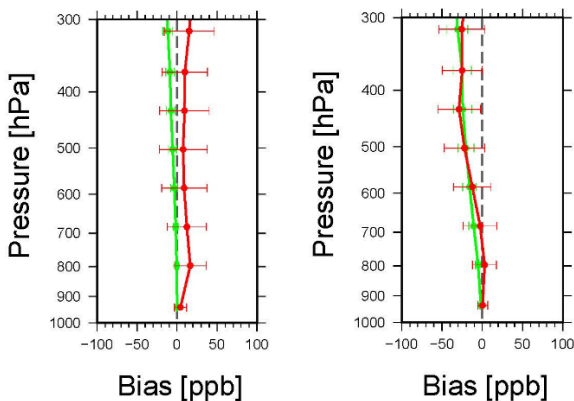


図1. 2011年から2013年のTIRバンドデータ（赤）及びアプリアリデータ（緑）と気象庁航空機データのメタン濃度の季節平均値の差分の高度プロファイル。左図が冬季（12-2月）、右図が夏季（6-8月）、エラーバーは標準偏差。

緯度分布の比較

図2に、TIRバンドデータとHIPPOデータの430 hPaのメタン濃度の差分の緯度分布を示す。低緯度から南半球中緯度については、どの季節においても、TIRバンドデータがHIPPOデータと概ね±1%以内でよい一致を示していた。一方、北半球中緯度の6月から9月では、TIRバンドデータがHIPPOデータに対して負バイアス（ -1.5% ）を持っていた。また、南半球高緯度の3、4月及び6月から9月に、TIRバンドデータが大きな正バイアス（最大75 ppb）を持っていた。さらに、このTIRバンドデータの正バイアスは、南半球高緯度全域で見られる特徴であることがわかった。

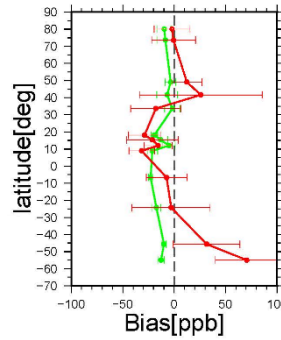


図2. 2011年6、7月の430 hPaでのTIRバンドデータ（赤）及びアプリアリデータ（緑）とHIPPOデータのメタン濃度平均値の差分。エラーバーは標準偏差。

先行研究との比較

本研究の結果が、TIRバンドのメタンデータと他衛星のメタンデータを比較した先行研究[Zou et al., 2016; Holl et al., 2016; Olsen et al., 2017]の結果と整合しているかを調べた。Zou et al. [2016]では、Aqua衛星に搭載されたAIRSとTIRバンドのメタン濃度データを比較し、熱帯から南半球中緯度で両者が±1%以内で一致することを示しており、本研究のTIRデータとHIPPOデータのメタン濃度の緯度分布比較と整合性が取れている。他の先行研究についても概ね本研究の結果と矛盾していないことがわかった。

4. まとめ

北半球高緯度の上部対流圏、下部成層圏で等温位面比較の結果、CONTRAIL/GRENE観測データの成層圏のメタン濃度は春夏に低く秋冬に高い典型的な季節変動のパターンが見られ、東経135°付近のTIRバンドデータのメタン濃度にも同様の季節変動が見られた。

次に、北半球中緯度でTIRバンドデータと気象庁航空機データのメタン濃度の高度プロファイルと比較したところ、夏季以外の季節の対流圏下層及び中層では、両者は±1%以内で一致していた。一方、夏季の対流圏中層では、TIRバンドのメタン濃度に1.2~1.5%の負バイアスが見られた。

さらに、TIRバンドデータとHIPPOデータのメタン濃度の緯度分布を比較したところ、低緯度から南半球中緯度の対流圏中層では、どの季節でも両者は概ね±1%以内で一致していた。しかし、南半球の高緯度の3、4月及び6月から9月のTIRバンドデータには大きな正バイアスが見られた。

今後、GOSAT/TANSO-FTSのTIRバンドのメタンデータを用いてメタンの動態研究を行う際には、本研究で評価した緯度、高度や季節に依存した濃度バイアスを考慮する必要があると言える。