

# 航空機観測データに基づいた GOSAT 衛星の 二酸化炭素鉛直濃度データの検証解析

久世・齋藤研究室  
14YM1321 木本 周平  
指導教官 齋藤 尚子

## 1. 背景・目的

今日、地球温暖化及びそれに伴う気候変動は人類にとって重要な環境問題のひとつになっており、過去 130 年間で 0.85°C の気温上昇が確認されている [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 (CO<sub>2</sub>) とメタン (CH<sub>4</sub>) を観測することを主目的とした衛星 GOSAT が打ち上げられた。GOSAT は広域で長期間連続的に CO<sub>2</sub> 濃度のコラム量及び鉛直濃度分布が観測できるため、GOSAT データを数値モデルによる CO<sub>2</sub> の発生源及び吸収源の推定に利用するなど、地球温暖化の原因物質の挙動を把握するうえで非常に有効なデータセットを提供できると期待される。

しかしながら、人工衛星によって取得されたデータは、一般的にはその場観測データと比較して確度や精度が劣っており、科学的利用の前にそのデータ質を検証する必要がある。そこで本研究では、GOSAT 搭載の TANSO-FTS 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 CO<sub>2</sub> 濃度データ (L2 プロダクト V1.0 データ) と、民間航空機による信頼性の高い CO<sub>2</sub> 観測データを比較し、TIR バンドから導出される CO<sub>2</sub> 濃度データの検証と、科学的解析での利用のためのデータの有用性の評価を目的として研究を行った。

## 2. 手法

航空機観測データに関しては、JAL 航空機による大気観測プロジェクトである CONTRAIL の CME によって観測された 2010–2012 年の CO<sub>2</sub> データ [Machida et al., 2008] と、Lufthansa 航空機による大気観測プロジェクトである CARIBIC のフラスコサンプリング及び連続観測の 2010–2011 年の CO<sub>2</sub> データ [Brenninkmeijer et al.,

2007] を使用した。

TIR バンドの CO<sub>2</sub> 濃度データの検証については、まず航空機の空港離着陸時に得られたデータに対して「距離差 300 km 以内、観測時間差 72 時間以内」の条件で近傍観測データを抽出し、空港上空における CO<sub>2</sub> 鉛直濃度分布の比較を行った。また航空機の水平飛行時の観測地点を Niwa et al. [2012] に倣い複数の領域に分割し、各領域について航空機の水平飛行時のデータ及び TIR データの月平均値を上部対流圏・下部成層圏別にそれぞれ計算し、CO<sub>2</sub> 濃度の水平分布を比較した。

次に、TIR バンドと航空機の上部対流圏における CO<sub>2</sub> 濃度の時系列データに対してハーモニック関数を適用して季節変動及び年増加率を計算し [Matsueda and Inoue, 1996]、3 年分の CO<sub>2</sub> 濃度の季節変動及び年増加率の比較・評価を行った。さらにアフリカ上空の TIR データに着目し、バイオマスバーニングに起因する CO<sub>2</sub> 濃度の上昇が見られるかについて解析を行った。

## 3. 結果

### CO<sub>2</sub> 濃度データの検証

図 1 に、2010 年の冬季及び夏季の成田空港近傍における TIR データ及び CONTRAIL データの比較結果を示す。図 1 から、中部対流圏 (500 hPa 付近) において TIR データの CO<sub>2</sub> 濃度に 4 ppm 程度の負バイアスがあることがわかる。一方、上部対流圏 (250 hPa 付近) においては、TIR データがアプリアリ (先験情報) データよりも CONTRAIL データと良い一致を示していることがわかる。2010–2012 年の 3 年間において、計 39 の空港で TIR データと CONTRAIL データの CO<sub>2</sub> 鉛直濃度分布の比較を行った結果、TIR バンドの CO<sub>2</sub> 濃度データのバイアスは、上部対流圏より中部対流圏の方が大きく、中部対流圏ではアプ

リオリデータのバイアスよりも大きいという特徴が見られた。また、濃度バイアスは季節依存性を持っており、春季・夏季では秋季・冬季よりも相対的にバイアスが大きいという傾向が見られた。

航空機の水平飛行時の上空データを用いた CO<sub>2</sub> 濃度の水平分布比較では、TIR データが CONTRAIL データに対して、アプリオリデータと同等かより良い一致を示すことがわかった。場所や季節によって多少傾向は異なるものの、2010 年の解析においては、北半球で概ね 0.5% 以内、南半球で概ね 0.1% 以内で TIR データが CONTRAIL データと一致した。

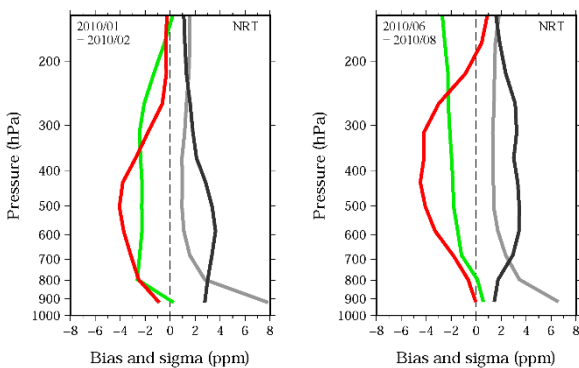


図 1 2010 年の成田空港近傍における TIR データ及びアプリオリデータの二酸化炭素濃度バイアス (CONTRAIL データとの差分) の平均値と標準偏差の高度分布。左図が冬季 (1-2 月)、右図が夏季 (6-8 月) の比較結果を示している。赤が TIR データのバイアス、緑がアプリオリデータのバイアス、黒が TIR データのバイアスの標準偏差、灰色がアプリオリデータのバイアスの標準偏差を表す。

### CO<sub>2</sub> 濃度の季節変動成分および年増加率

2010-2012 年の 3 年分のデータに基づいて、日本-オーストラリア間の上部対流圏における CO<sub>2</sub> 濃度の季節変動成分の抽出及び年増加率の算出を行った。TIR バンドと航空機の CO<sub>2</sub> データの緯度帯ごとの季節変動の特徴は概ね一致していたが、TIR バンドの CO<sub>2</sub> データの年増加率は航空機データの年増加率より 0.6 ppm 程度小さいことがわかり、アプリオリデータの年増加率も同様に低いことから、TIR バンドの CO<sub>2</sub> 濃度導出に利用するアプリオリデータの改善が必要であることが示唆された。

### バイオマスバーニングの CO<sub>2</sub> 濃度への影響

さらに、バイオマスバーニングが頻発する中央・南アフリカ上空に着目して、TIR バンドの CO<sub>2</sub> データの時系列解析を行った。図 2 は、バイオマ

スバーニングが頻発する領域 (アフリカ大陸 5-15°N 付近) の上空 (200-300 hPa) における、TIR データとアプリオリデータと CARIBIC データの CO<sub>2</sub> 濃度の時系列を示したものである。図 2 から、バイオマスバーニングによって CO<sub>2</sub> 濃度が上昇すると考えられる時期 (12-4 月) に、TIR データがアプリオリデータより高い濃度を示し、CARIBIC データと良い一致を示していることがわかる。この TIR データとアプリオリデータの CO<sub>2</sub> 濃度の乖離は、アプリオリデータでは再現できていないバイオマスバーニングに起因する CO<sub>2</sub> 濃度の上昇を TIR バンドによる観測が捉えられている可能性があることを示唆している。

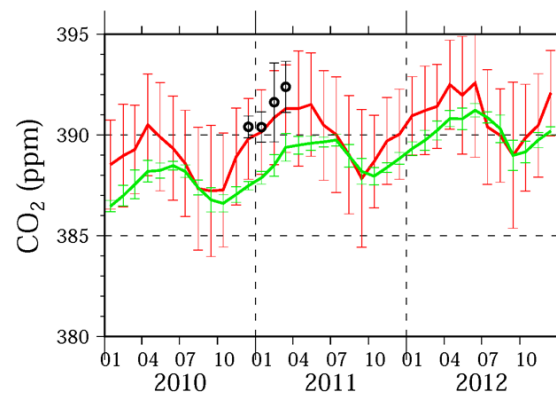


図 2 アフリカのバイオマスバーニング発生領域 (アフリカ大陸 5-15°N 付近) における上空 (200-300 hPa) の二酸化炭素濃度の 2010-2012 年の時系列 (月平均値)。黒が CARIBIC データ、赤が TIR データ、緑がアプリオリデータを表し、縦線はそれぞれのデータの標準偏差を示す。

### 4. まとめ

GOSAT/TANSO-FTS の TIR バンドで観測された CO<sub>2</sub> 濃度データ (V1.0) のデータ質を 39 の空港上空で検証した結果、対流圏中層に 1-2% 程度負バイアスがあることがわかった。一方、2010 年における上部対流圏での水平分布比較では、TIR データが航空機データと良い一致を示した。

上部対流圏の CO<sub>2</sub> データの時系列解析により、TIR データの CO<sub>2</sub> の季節変動は概ね妥当であるものの年増加率は低いことが明らかになった。長期間の TIR データを科学的解析に利用する際には留意が必要である。

アフリカ上空の CO<sub>2</sub> データの解析では、バイオマスバーニングの解析に TIR データが利用できる可能性が示唆された。今後は、燃焼起源の一酸化炭素データも併せて利用するなど、より詳細な解析が必要であると言える。