

GOSAT 衛星の短波長及び熱赤外バンドの 二酸化炭素気柱平均濃度データの比較解析

久世・齋藤研究室
16YM1341 八田 寛道
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、現在も観測を行っている。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 (TIR) バンドからは、二酸化炭素とメタンの鉛直濃度分布が導出でき [Saitoh et al., 2009; Ohyama et al., 2013]、また、短波長赤外 (SWIR) バンドからは、気柱平均濃度 XCO_2 及び XCH_4 が導出できる [Yokota et al., 2009; Yoshida et al., 2011]。これら 2 つのバンドのデータを複合的に利用することで、発生源付近の下層の濃度を推定できるなど、炭素循環研究への貢献が期待される。

そこで本研究では、TIR バンドの二酸化炭素鉛直濃度分布データ (V1) [Saitoh et al., 2016] から XCO_2 を算出し、SWIR バンドの XCO_2 データ (NIES V 2.21、ACOS V7.3) [Yoshida et al., 2013; O'Dell et al., 2012]、全球大気輸送モデル NICAM-TM (Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model-based Transport Model) [Niwa et al., 2011, 2017] の XCO_2 データ、航空機観測 CONTRAIL (Comprehensive Observation Network for TRace gases by AIrLiner) プロジェクトの CME (Continuous CO_2 Measuring Equipment) による二酸化炭素鉛直濃度分布データ [Machida et al., 2008] から算出した XCO_2 データと比較し、TANSO-FTS の TIR バンドの二酸化炭素濃度データのデータ質の総合的な評価を行った。

2. 手法

本研究では、TIR バンドから導出された二酸化炭素の鉛直濃度分布データから、各高度について乾燥空気の数密度と二酸化炭素の数密度を計算し、これらを地表面から 0.1 hPa まで積分して XCO_2 を計算した。この際、空港上空の CONTRAIL/CME の二酸化炭素データとの比較に基づいて気圧層別 (地表面 \sim 200 hPa)、緯度帯別、季節別に算出した TIR バンドの二酸化炭素データのバイアス補正值 [Saitoh et al., 2017] を用いて、TIR バンドの二酸化炭素データの濃度バイアスを補正した上で XCO_2 を計算し、各データと比較を行った。

まず、昼間観測の TIR バンドと SWIR バンドの

XCO_2 データが両方揃っているデータセットを用いて、緯度分布の比較を行った。

次に、NICAM-TM の XCO_2 データと、TIR バンド及び SWIR バンドの XCO_2 データの領域内比較を行った。さらに、CONTRAIL/CME によって空港上空で取得された二酸化炭素鉛直濃度分布の航空機観測データから算出した XCO_2 データと、TIR バンド及び SWIR バンドの XCO_2 データの比較を行った。比較対象の TIR バンドと SWIR バンドの XCO_2 データは、CONTRAIL/CME の鉛直濃度分布の最下端データから観測地点距離差 300 km 以内、観測時刻差 72 時間以内の条件で抽出した。比較にあたり、TIR バンド及び SWIR バンドのアベレージングカーネルを適用し [Rodgers and Conner, 2003]、航空機観測データの鉛直分解能をそれぞれのバンドのデータの鉛直分解能に合わせた上で比較を行った。

3. 結果・考察

緯度分布の比較

北緯 10° – 30° の陸域を除いて、濃度バイアスを補正した TIR バンドの XCO_2 データと SWIR バンドの XCO_2 データは平均 $\pm 1\%$ 以内で一致した。北緯 10° – 30° の陸域では、昼間の TIR バンドの XCO_2 データが SWIR バンドの XCO_2 データよりも低く、夏季に最大 2% 程度の差があることが分かった。また、南半球陸域では TIR バンドの XCO_2 が SWIR バンドの XCO_2 より常に 0.5 – 1% 程度高い値となった。

領域内比較

図 1 に、本研究で着目した領域 ((a) サハラ砂漠、(b) インド、(c) ハワイ、(d) オーストラリア) を示す。図 2 に、2010 年から 2012 年の各領域における TIR バンド (昼間のみ)、SWIR バンド、アプリアリ (NIES-TM05)、NICAM-TM の XCO_2 の月平均濃度と、月毎の TIR バンドの比較データ数を示す。

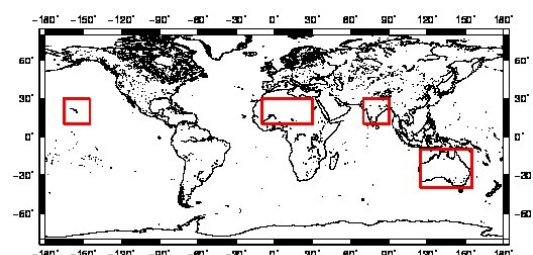


図 1. 本研究の比較領域

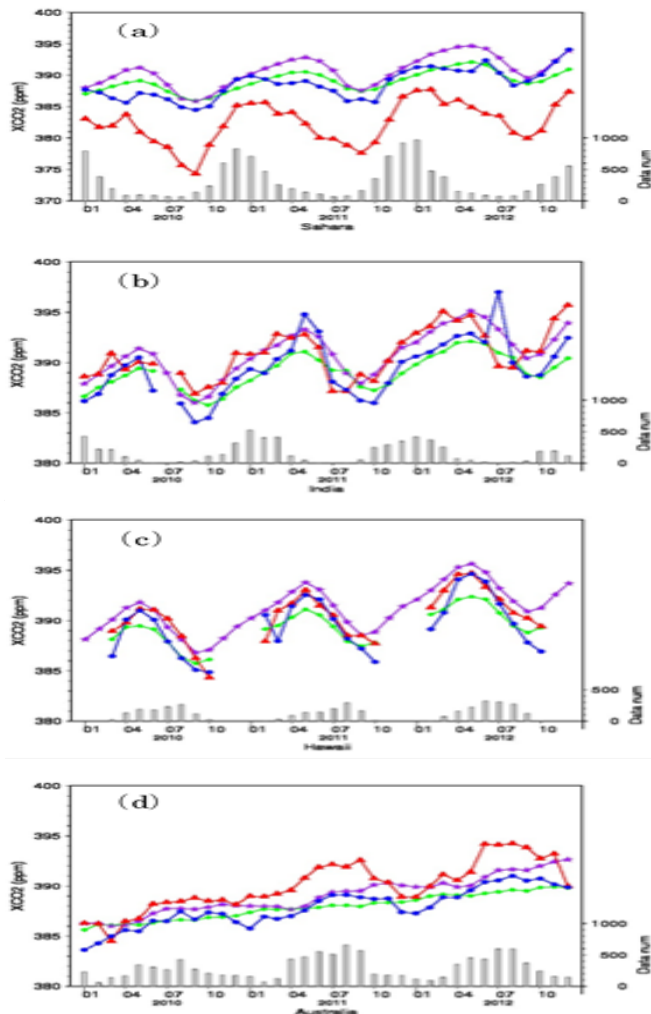


図2 2010年から2012年の(a)サハラ砂漠、(b)インド、(c)ハワイ、(d)オーストラリアにおけるTIRバンド(昼間のみ、赤線)、SWIRバンド(青線)、アプリオリ(NIES-TM05)(緑線)、NICAM-TM(紫線)のXCO₂の月平均濃度と、TIRバンドのデータの月毎の比較データ数(SWIRバンド、アプリオリも同データ数)を示す。

サハラ砂漠(a)では、SWIRバンドのXCO₂がNICAM-TMのXCO₂よりも低く、TIRバンドのXCO₂は両者より大幅に低いことが分かる。一方、同緯度帯であるインド周辺(b)ではこのような特徴は見られず、TIRバンドのXCO₂とNICAM-TMのXCO₂が良く一致していることが分かった。昼間観測のTIRバンドのXCO₂が非常に低い濃度である原因として、TIRバンドのリトリバル処理時に設定している地表面パラメータ(地表面温度、地表面射出率)が日中の地表面温度が極端に高くなるサハラ砂漠地域で適切に設定されていないためではないかと推察される。地上に二酸化炭素の強いソースがないハワイ(c)では、TIRバンドとSWIRバンドのXCO₂の差が0.2%以内であり、さらにNICAM-TMのXCO₂とも良く一致しており、今回着目した領域では三者が最も良い一致を示していた。オーストラリアでは、TIRバンドのXCO₂がSWIRバンド及びNICAM-TMのXCO₂よりも一貫して高くなっていることが分かった。このことより、Saitoh et al. [2017]で提案されているバイ

アス補正值に基づくTIRバンドの二酸化炭素データの濃度補正が、この領域では過補正の傾向にあることが示唆される。

航空機観測(CONTRAIL/CME)データの比較

すべての空港上空での比較結果は、TIRバンドのバイアス補正前のXCO₂とCONTRAILのXCO₂の平均濃度差は-2.33 ppm (-0.58%)、TIRバンドのバイアス補正後のXCO₂とCONTRAILのXCO₂の平均濃度差は-0.285 ppm (-0.07%)となった。バイアス補正により多くの空港で、バイアス補正前よりもバイアス補正後のTIRバンドのXCO₂とCONTRAILのXCO₂の差が小さくなることが確認できたが、TIRバンドの濃度バイアスを補正することでCONTRAILのXCO₂との差が逆に大きくなった空港(サンフランシスコ国際空港、福岡空港など)があった。このことから、同じ緯度帯、同じ季節でも空港位置によってTIRバンドの二酸化炭素データのバイアスが異なっており、緯度帯別、季節別に設定したバイアス補正值を一律に適用することには問題があることが示唆される。

CONTRAILデータを介したTIRバンドとSWIRバンドの比較では、SWIRバンドのXCO₂とCONTRAILのXCO₂の平均濃度差は-0.024 ppm (-0.006%)であることから、平均するとTIRバンド、SWIRバンドともに高い確度でXCO₂観測ができていると言える。しかしながら、空港上空の月平均値の比較結果の時系列から、TIRバンドのXCO₂とCONTRAILのXCO₂の濃度差とSWIRバンドのXCO₂とCONTRAILのXCO₂の濃度差の大小が一致していない月があることがわかった。SWIRバンドとTIRバンドのXCO₂に濃度差が見られる時の両データのデータ質を精査するためには、さらに別の信頼できる検証データを使用した比較を行う必要があると言える。

4. まとめ

全体として、北半球の海域とサハラ砂漠地域を除く陸域では、濃度バイアスを補正した上で算出したTIRバンドのXCO₂とSWIRバンドのXCO₂は平均±1%以内で一致していた。特に地上に強い発生源がないハワイでは、TIRバンドとSWIRバンドのXCO₂は平均±0.2%以内で一致しており、TIRバンドのXCO₂はNICAM-TMのXCO₂とさらに良い一致を示していた。CONTRAIL/CMEデータとの比較により、濃度バイアス補正後のTIRバンドとSWIRバンドはともに高い確度でXCO₂観測ができていることが分かった。しかしながら、SWIRバンド及びTIRバンドによる二酸化炭素濃度観測の整合性をさらに精査するためには、本研究で調査対象にした以外の領域で、信頼できる比較検証データ数を増やして、さらなる比較解析を行う必要があると考える。