

研究課題名：温室効果ガスのマルチスケールモデリング

課題代表者：国立環境研究所地球システム領域
共同研究者：国立環境研究所地球システム領域
和隆・亀井秋秀・山田恭平

丹羽洋介
齊藤 誠・八代 尚・佐伯田鶴・山下陽介・村上

実施年度：令和3年度～令和5年度

1. 研究目的

地球温暖化の影響が顕在化しつつある現在、温室効果ガス削減にむけた取り組みが一層求められているが、その削減効果については科学的で客観的な評価が必要である。本研究では、大気モデルを用いて温室効果ガスの大気中の動態解明や吸収・排出量の推定を行い、温暖化予測の不確定性低減や温室効果ガスの排出削減施策に資する知見を創出することを目的とする。特に、都市・国スケールから地球規模に至る空間的に幅広いスケールの温室効果ガスの動態を把握するため、高解像度モデリングおよび高度な逆解析・同化技術の開発を行う。併せて、温室効果ガス観測技術衛星プロジェクト (GOSAT シリーズ) に必要なモデル開発も行い、衛星観測のデータ質向上、また、衛星観測データを利用した研究も行う。

2. 研究計画

昨年度より継続して二酸化炭素とメタンの長期逆解析を実施し、それぞれの収支の長期変動について解析を進める。前年度に開始した高解像度実験を利用して、国・都市スケールのフラックス推定に関する解析に着手する。また、GOSAT/GOSAT-2 データを用いた二酸化炭素とメタンに関する逆解析を実施し、関連プロダクトの定常処理・公開を行うとともに、前年度に引き続き全球炭素収支研究を進める。さらに、人為起源排出推定のための二酸化窒素シミュレーションに着手する。

3. 進捗状況

昨年同様、NISMOM-CO₂/CH₄ を用いて長期の CO₂ および CH₄ の逆解析を行い、グローバル・カーボン・プロジェクトによる統合支評価にデータを提出した。また、この長期 CO₂ 逆解析で得られたフラックスデータをダウンスケールして、格子間隔約 14km の NICAM-TM に入力し、高解像度の CO₂ 大気輸送実験を行った。ここで、JRA-55 の風速データをナッジングデータとして用い、現実の大気輸送を再現しながら計算を実施した。その結果の例を図1に示す。東京スカイツリーの観測データとの比較から、数日スケールで頻繁に生じる高濃度イベントのタイミングがよく

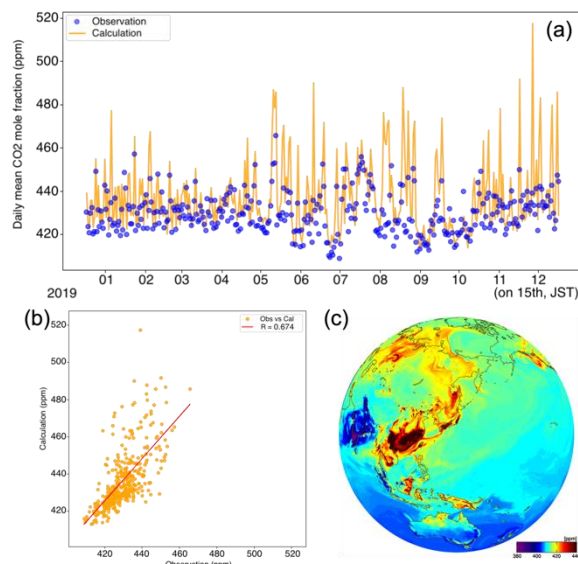


図1. NICAM-TMによる高解像度CO₂大気輸送実験の結果。2019年1月から12月までの東京スカイツリー250m付近での日平均CO₂濃度の観測値(青)とモデル計算値(橙)(a)、観測値とモデル計算値の比較(横軸：観測、縦軸：モデル)(b)。2019年1月15日の地表面CO₂濃度分布(c)。

再現されていることが確認された。このことから、NICAM-TM内で再現された気象場やモデルに与えたフラックスデータが妥当なものであることが伺える。しかしながら、イベントによっては、モデルの濃度が過大である場合も認められた。そこで、東京近辺のエリアを対象としたタグ付きシミュレーションを実施したところ、観測で見られる顕著な変動の大部分は東京大都市圏の排出が寄与していることがわかった。このことから、モデル内で東京大都市圏の排出によって生じる濃度変動の再現性に問題があることが示唆された。

GOSAT-2 FTS SWIR L2 カラム平均濃度プロダクト (G2L2) を観測データとして NISMOM-CO₂ に入力し、2019年10月から2020年10月までの13か月間の月平均全球CO₂吸収排出量を推定した。この解析で、前バージョンのG2L2 (G2L2V01.04/07) を用いた場合には顕著に見られた極端な吸収域と排出域の偏在が、新しいバージョン (G2L2V02.00) を用いることで低減する

ことが確認され、G2L2 プロダクトが改善されたことが示唆された。一方で、以前から問題となっていた CO₂ 吸収排出量の不自然な時空間分布は G2L2V02.00 を用いた場合でも完全には解消することが出来なかった。また、解析後の大気 CO₂ 濃度場は、地上観測データに基づいて推定した濃度場に対して平均で数 ppm 高い結果となった。これらの結果は、G2L2V01.04/07 から V02.00 への更新により G2L2 プロダクトの改良は着実に進んでいるものの、全球 CO₂ 吸収排出量の逆解析における観測データとして使用するには更なる改良が必要であることを示している。そこで、G2L2 プロダクトの観測誤差の特性および誤差評価、補正手法等を解析・検討し、G2L2 プロダクトを観測データに使用した上でより現実的な全球 CO₂ 吸収排出量を逆解析から推定する方法を模索した。結果の一例を図 2 に示す。

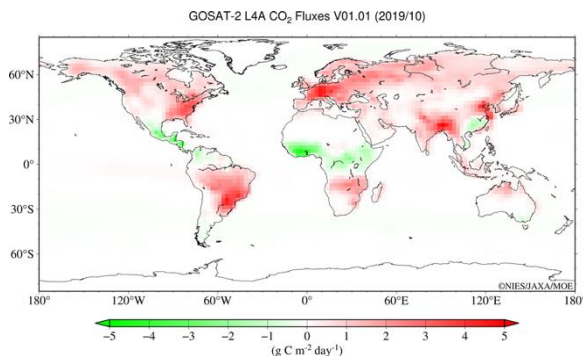


図 2. 観測誤差等を加味した上で G2L2V02.00 から推定した 2019 年 10 月の月平均 CO₂ 吸収排出量分布。

また、GOSAT-GW プロジェクトにおいて開発を進めている TANSO-3 レベル 2 プロダクト導出のために必要な GHG・エアロゾル先験情報の作成について検討を行なった。GOSAT-GW では GOSAT・GOSAT-2 よりも稠密な観測が可能になるため、より高解像度で再現精度の高い GHG・エアロゾルの 3 次元分布が求められる。また、GOSAT-GW で提供を予定している TANSO-3 精密観測モードの速報版 L2 プロダクト (GHG) のためには、これまでよりも迅速な先験値 (シミュレーション予測値) の準備が必要となる。これらの要求に応えるため、全球大気環境の短期解析・予測システムの検討とプロトタイプ構築を進めた。プロトタイプシステムは NICAM を使い、トレーサーとして水物質の他に、CO₂ とエアロゾル (鉱物ダスト、海塩、炭素性粒子、硫酸塩) を予報した。気象場は大気再解析データを用いたグリッドナッジングを行う代わりに、局所アンサンブルカルマンフィルタ (LETKF) を用いたデータ同

化を行った。大気の観測データには米国大気海洋庁 (NOAA) が収集・配布するラジオゾンデ等の一般的な観測データセット (PREPBUFR) を利用し、実時刻の 24 時間前までの観測データを 1 日 1 回取得した。解析計算パートでは全球 224km メッシュ、鉛直 78 層、32 メンバーでのアンサンブルシミュレーションとデータ同化を行い、実時間の概ね 2 日前から 1 日前まで計算を進め、予測計算パートでは解析結果のアンサンブル平均値から 5-7 日間のシミュレーションを行った。一連の処理は Python を用いて自動化し、毎日同じ時間の予測情報の提供と、可視化によるモニターを可能にする開発を行なった。

さらに NICAM で大気中の化学種やエアロゾルを扱う NICAM-Chem を用いた NO₂ シミュレーションに着手した。

4. 今後の計画

CO₂ の長期逆解析の結果を地球環境データベースからバージョン 2022.1 として公開する。また、CH₄ 長期逆解析の結果から 2020-2021 年の全球的な濃度増加に対する解析を実施する。一方、NICAM-TM による高解像度実験では、東京スカイツリーの観測を用いて東京大都市圏の排出量に関する解析を進める。GOSAT シリーズでは、G2L2 CO₂ プロダクトの逆解析結果である全球 CO₂ 吸収排出量及び 3 次元濃度分布推定値を GOSAT-2 レベル 4 CO₂ プロダクトとして公開する。同様に、G2L2 CH₄ プロダクトを使用した全球 CH₄ 吸収排出量及び 3 次元濃度分布推定の解析およびプロダクト公開を進める。GOSAT-GW のための全球大気環境の短期解析・予測システムでは、引き続き予測性能の詳細な検証とトレーサーの追加等を行う。さらに、人為起源排出推定につなげるため、衛星観測等を利用した排出推定システムの開発に取り組む。

5. 計算機資源の利用状況 (2021 年 11 月 1 日～2022 年 10 月 31 日)

実行ユーザ数: 8

VE 時間積 v_debug: 132.34 hours, v_normal: 223,442.26 hours, 計: 223,574.60 hours (全体の VE 時間積に対する占有率: 17.7%)