研究課題名：GOSAT による濃度データの高精度モデル予測と温室効果ガスの地表面吸収排出量の推定

課題代表者：国立環境研究所地球環境研究センター　Shamil Maksyutov
共同研究者：国立環境研究所地球環境研究センター　白井知子・中山忠暢・齊藤 誠・金 憲淑・横井孝暁・Rajesh Janardanan・石澤みさ・髙木宏志・馬淵和雄・佐伯田鶴・Hayyan Alsibai
国立極地研究所北極観測センター　Dmitry Belikov
Indian Institute of Tropical Meteorology　Vinu Valsala
Cooperative Institute for Research in the Atmosphere, Colorado State University 小田知宏
東京農工大学工学部化学システム工学科　峰島知芳

実施年度：平成 25 年度～平成 25 年度

1. 研究目的

温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）レベル 4（L4）プロダクトは，GOSAT 搭載の光学センサーで測定した輝度スペクトルから算出した大気 CO_2 濃度カラム量や地上観測データをもとに，モデルを使用して全球 CO_2 吸収排出量及び全球 3 次元 CO_2 濃度分布を導出したものである。この GOSAT L4 プロダクトは，気候変動予測や温室効果ガスの排出削減に向けた対策を議論する際の有益な情報と成り得る一方で，より確かな情報を発信するためにはプロダクトに内在する不確実性を低減し，モデルの推定精度を更に高める必要がある。そこで本研究では，L4 プロダクトの核となる大気輸送モデルの先験情報の一つ，陸域生態系の正味 CO_2 交換速度（NEE; Mg C ha^{-1} d^{-1}）を推定する陸域生態系モデル VISIT の精度向上を目的とする。

2. 研究計画

地上観測大気 CO_2 濃度（ppm）及び地上バイオマスデータ（AGB; Mg C ha^{-1}）へ VISIT を同化する。まず，VISIT から求めた全球 NEE と，海洋及び化石燃料消費による CO_2 吸収・排出量変動を入力情報として，大気輸送モデルを使用して大気 CO_2 濃度の季節・年変動を推定する。この濃度推定値と地上観測大気 CO_2 濃度データ（GLOBALVIEW），及び VISIT から求めた AGB と観測データにもとづいて作成された全球 AGB データ（IIAS）を比較する。観測データとモデル推定値の誤差を低減するために，逆推定手法を用いて VISIT の生理生体パラメータの改良を行う。この工程を繰り返しモデルと観測値の誤差を最小化すことで，VISIT の推定精度を高め，その結果を GOSAT L4 プロダクトの精度向上へ還元する。

3. 進捗状況

今年度は上記研究計画の初期段階として，一連の計算実験を行うためのシステム構築を行った。システムの初期運用確認，及び地表面 CO_2 吸収・排出量推定への有用性を検討するため，現在は VISIT の空間解像度を低めた状態で運用している。また，VISIT を除く CO_2 吸収・排出量変動情報の不確実性を狭めるために，使用する大気 CO_2 濃度観測データの選別を実施した。最適化する生理生体パラメータに関しては，感度実験を実施し，NEE 及び AGB に対して高い感度を示す上位 12 個のパラメータを抽出し，実験に用いた。

構築したシステムを導入した結果，全ての観測地点において大気 CO_2 濃度の季節変動をより現実的に表現出来るようになった（図 1）。また，大気 CO_2 濃度に

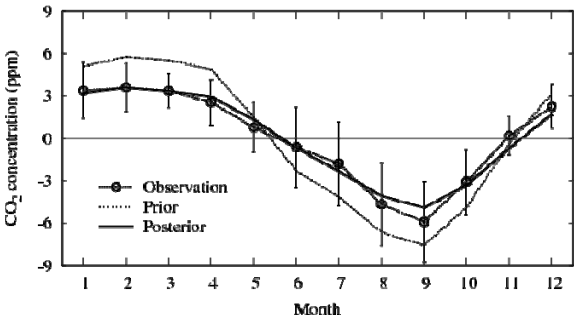

図 1　Wendiver station, Utah, USA における大気 CO_2 濃度 (ppm) の季節変動。丸印が観測値，破線が初期状態，実線が VISIT 改良後の NEE を使用した大気 CO_2 濃度。

加え AGB データを同化に使用したことで，全球における AGB 分布の再現性が高まっただけでなく，例えば光合成吸収量や葉面積指数など解析対象外の生態系プロセスの再現性も保持された。これらの結果から，現在のシステムが本研究目的に有意であると同時に，

システムの改良が更なる精度向上につながるものと期待される。

4. 今後の計画

より広範囲の領域に渡ってモデルの再現性を高めるため，観測データを最新のものに更新し，大気 CO_2 濃度地上観測点数の増加を図る。VISIT の空間分解能の高解像度化を実施し，より現実的な植生分布をモデル内で再現することに努めると同時に，森林火災及び土地利用変化の効果を組み込み，炭素循環メカニズムにおける攪乱要因の影響と大気 CO_2 濃度変動への影響について理解を図る。また，本研究で使用する大気輸送モデルを最新ヴァージョンへ更新し，逆推定手法に改良を加えることで，大気輸送過程の高度化を図り，且つ, その結果を VISIT の改良に還元することを目指す。

5. 計算機資源の利用状況（2013 年 6 月～11 月）

実行ユーザ数: 16　CPU 時間 v_deb: 0 hours, v_cpu: 63.514 hours, v_8cpu: 0 hours, v_16cpu: 0 hours, 計: 63.514 hours

6. 昨年度終了研究課題のまとめ

6.1. 昨年度終了研究課題名

大気輸送モデルとインバースモデルによる温室効果ガス収支量の推定とその高精度化に関する研究

6.2. 昨年度終了研究課題の目的

大気輸送モデル及びインバースモデルを高精度化し，且つ，新たな観測データをモデルに組み込むことで，全球及び領域スケールでの CO_2・CH_4 地表面フラックスの推定精度を高める。

6.3. 昨年度終了研究課題の成果概要

全量炭素カラム観測ネットワーク（TCCON）の CO_2・CH_4 データを使用して大気輸送モデルの検証作業を実施し，大気輸送モデルが推定する CO_2・CH_4 カラム量の全球時空間変動の再現性を確認した。

GOSAT が提供する CO_2 カラム量データ（GOSAT FTS SWIR レベル 2 プロダクト; SWIR L2 プロダクト）をインバースモデルに組み込み，全球 CO_2 地表面フラックスの推定を行った。従来の地表面観測データに加え，新たに SWIR L2 プロダクトを使用することで，これまで地上観測点が無かった地域，例えばアフリカ及びアメリカ大陸の熱帯域，における CO_2 地表面フラックス推定値の不確実性を低減させ，推定精度を高めることに成功した。

インバースモデルを高精度化することで，より短い時間間隔で大気輸送モデルとインバースモデルを連動させて走らせことが可能になった。このインバースモデルを用いて，西シベリアにおける CO_2 地表面フラックスについて重点的に解析を行った。また，このモデルを CO_2 のみならず CH_4 地表面フラックス推定への適用を試みた。

6.4. 昨年度までの計算機資源の利用状況

実行ユーザ数: 14　CPU 時間 1 ノード未満: 230.630 hours, 1 ノード: 0 hour, 2 ノード: 0 hour, 計: 230.630 hours