

四次元変分法データ統合システムを用いた全球長期海洋環境の再現

増田 周平¹、土居 知将¹、長船 哲史¹、杉浦 望実¹

課題代表者：増田 周平¹ (¹ 海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター)

1. 研究概要

船舶観測データ、Argo フロートデータ、衛星観測データをはじめとする生物化学変量まで含んだ多様な海洋観測データを、四次元変分法データ同化手法を応用し海洋大循環モデルを介して統合するシステムを用い、全球全層の海洋環境再現データセットを作成する。このデータセットを用い、力学的整合性を最大限活かしたデータ解析を通して気候変動研究を推進し、新たな科学的知見を獲得する。

2. 背景と目的

本研究は、当研究グループがこれまでノウハウを蓄積してきた四次元変分データ同化手法を用いた海洋観測データの統合研究を実施するものである。船舶、漂流・係留ブイ等を用いた、海洋研究開発機構（以下 JAMSTEC）が有する高度な観測技術とアジョイント手法を応用した最適化等の先駆的な計算科学技術を最大限に活用することで統合データセットを作成し、海洋の循環や環境変動及び海盆スケールでの熱や物質分布とそれらの中長期変動についての理解を進めることを目的とする。

生物化学変量まで含んだ全球全層の海洋観測データを統合したデータセットを用いた地球環境の研究は世界的にほとんど行われておらず、海洋立国日本として期待されている、観測機器・大型計算機をはじめとする先進のファシリティーを利用したユニークな研究の一環である。

3. 手法

MOM3 をベースとした四次元変分法海洋データ統合システムを用い、1957 年から 2011 年長期ウィンドウを採用した全球・全層海洋環境再現実験を実施する。統合する海洋観測データは UK MET Office の EN3 データセットを利用する。JAMSTEC で取得した船舶観測データ、Argo フロートデータをはじめとする歴

史的海洋観測データを含む。大気外力は初期推定値として NCEP 再解析データを使用するが、四次元変分法データ同化手法における制御変数に設定し新たに評価する。物理場に関してはアジョイント法を応用し上記の 55 年の同化ウィンドウで数十回の反復計算を行い、生物化学変量に関してはグリーン関数法を応用し、最適なモデルパラメータの探索を通して、海洋観測データと整合的な長期海洋環境再現データセット(ESTOC)を作成する。

4. 研究成果

観測データの品質管理に動的品質管理を採用し、極域、縁辺海での水温塩分場の再現に用いている IAU(incremental analysis updating) 手法を高度化するなど、先進的な手法を取り入れることで海洋環境の再現性を向上させることに成功した。図 1 は太平洋における塩分の鉛直断面を示している。データ統合をする前の数値モデル結果 (b) に比べ ESTOC (c) では、特徴的な低塩分極小水の貫入が明らかに現実的な分布に近づいている。

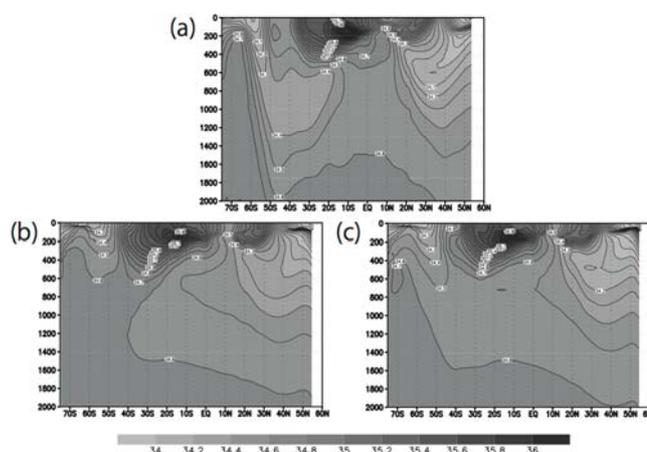


図 1：西経 160 度における塩分の鉛直断面。
(a)World Ocean Atlas2013 の年平均気候値、(b)シミュレーションから得られた 1980-2011 年の期間の年平均気候値、および (c) 同期間の ESTOC から評価した値。Osafune et al. (2015)の図 1 より抜粋。

図2は ESTOC から見積もった海面で交換される CO₂ の時間変化である。同様の見積もりはこれまでも示されているが、本研究課題のように海洋観測データをフルに活用して評価した例は稀有である。海盆ごとで異なる振る舞いをしていることが見てとれ、海洋の CO₂ 吸収の複雑な動態を表している。

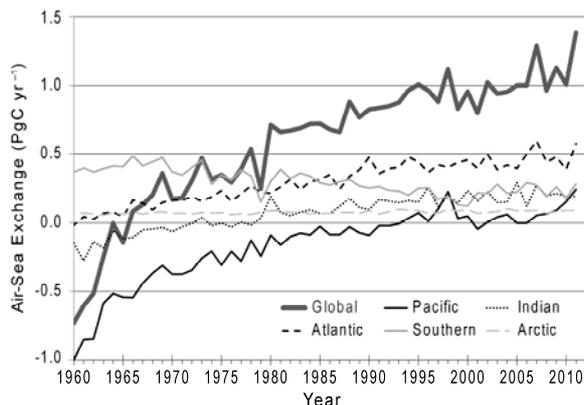


図2: ESTOC から見積もった大気海洋間で交換される CO₂ の時間変化。1960年から2011年までの期間で黒太線が全球の積分量、各線は各海盆ごとの値。Doi et al. (2015)の図5より抜粋。

生物化学変量のデータ統合に関しては、ESTOC が世界的にみても稀有なデータセットであることは確かだが、より確度の高い気候変動研究に資するためには不確実性をもつ数値モデルや少ない観測データの制約のもとでよりよい状態推定ができるよう研究開発を進めていくことが重要である。

5. おわりに

作成したデータセット ESTOC は国際的な相互比較プロジェクトに参加しており、多くの関連した学術論文が公表されている。データは <http://www.godac.jamstec.go.jp/estoc/j/> から一般に公開されている。今後、統合する期間の延長や、淡水収支に関する新しいスキームの導入などを計画しており、中長期の気候変動研究に資する貴重な統合データセットとして、新たな観測データの統合を通し、さらなる高精度化を進めていく予定である。

Reference

- Osafune, S., S. Masuda, N. Sugiura, T. Doi (2015) Evaluation of the applicability of the Estimated Ocean State for Climate Research (ESTOC) dataset, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 12, 4903–4911
- Doi, T., S. Osafune, N. Sugiura, S. Kouketsu, A. Murata, S. Masuda, and T. Toyoda (2015) Multi-decadal change in the dissolved inorganic carbon in a long-term ocean state estimation, *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 7, 4, 1885–1990.