

海洋環境予測のための高解像度全球海洋モデルの開発

背景

平成14年度から文部科学省公募研究「人・自然・地球共生プロジェクト」に参加し、米国大気研究センター(NCAR)、米国エネルギー省ロスアラモス国立研究所、九州大学とともに、高精度の温暖化予測研究を行っている。このプロジェクトでは、NCARの大気海洋結合モデルをベースとし、中解像度結合モデルを開発し、地球シミュレータを用いて大気中のCO₂濃度安定化シナリオ等、数100年程度の長期間の温暖化予測計算を実施する予定である。しかし、この結合モデルでは、水平格子間隔が約100kmの中解像度海洋モデルを採用しており、黒潮の蛇行や、中規模渦*1による混合過程を再現することは困難であり、局所的な海洋環境の変動を計算するためには、更に高解像度のモデルが必要である。

目的

温暖化時の海洋環境の変化を詳細に検討するため、高解像度全球海洋モデルの開発を行う。

主な成果

1. 地球シミュレータ用の高解像度海洋モデルの開発

海洋モデルPOP (Parallel Ocean Program) は、スカラー超並列計算機用に開発されたモデルであり、ベクトル型の地球シミュレータ上では十分な計算効率が得られない。水平格子間隔が約10km、鉛直方向に40層の高解像度全球海洋モデルについて、高速な計算を可能とするため、ベクトルコード版に改良するとともに通信方法や並列化効率の改良を行った結果、80ノード(640プロセッサ)での計算が実行可能となった。また、北半球の計算格子は、計算上の特異点を回避するため、北極点が北米大陸のハドソン湾上になるような座標系を採用した。南半球の計算格子は球面座標(緯度-経度)と同じである。

2. 現状海洋の再現計算

高解像度モデルの再現性を向上させるため、黒潮の蛇行等に関連する運動量や水温、塩分の水平混合の計算方法などを改良した。この改良モデルにより現状海洋の再現計算を行い、以下のことが明らかになった。

- (1) 地球の自転の効果のため、中規模渦の空間スケールは緯度に関係し高緯度地域ほど小さくなる。高解像度モデルでは、全球にわたり中規模渦を再現することができ、また貿易風による赤道付近の流れや、黒潮、湾流などの西岸境界流、南極周極流等を良く再現できることがわかった(図-1)。
- (2) 大気海洋結合モデルで採用している中解像度海洋モデルでは、黒潮の平均的な流動しか計算できず、また、黒潮は三陸沖の方まで北上し、離岸して太平洋に東進した後の黒潮続流も弱いなどの問題がある。しかし、高解像度海洋モデルでは、黒潮の蛇行や黒潮続流、親潮の南下や黒潮との混合域、対馬暖流などの日本海での流動等が計算できることがわかった(図-2)。
- (3) 高解像度海洋モデルにより計算されたトカラ海峡(九州南方)と伊豆付近の断面での通過流量は、観測結果等から推定された流量と定量的にも一致しており、日本周辺の流動を良く再現できることがわかった(図-3)。

今後の展開

高解像度海洋モデルでは計算量が多いため長期間の予測計算には適さない。しかし、日本周辺など局所的な海洋環境の変化予測については非常に有効な手法であり、結合モデルで予測された温暖化時の気温や海上風等を境界条件にして、高解像度モデルを用いて詳細な予測を行う予定である。

主担当者

環境科学研究所 陸・水環境領域 上席研究員 仲敷 憲和
環境科学研究所 陸・水環境領域 主任研究員 坪野 考樹
環境科学研究所 陸・水環境領域 特別契約研究員 金 東勲

関連報告書

「新世紀重点研究創生プラン Research Revolution 2002 (RR2002) 人・自然・地球共生プロジェクト『大気海洋結合モデルの高解像度化』平成14年度研究成果報告書」受託報告：U990401 (2003年6月)
「新世紀重点研究創生プラン Research Revolution 2002 (RR2002) 人・自然・地球共生プロジェクト『大気海洋結合モデルの高解像度化』平成15年度研究成果報告書」受託報告：V990401 (2004年6月)

*1：海洋中にも、大気中の高気圧や低気圧に相当する渦が存在する。海洋中の中規模渦の空間スケールは100km程度であり、大気より1オーダー小さいため、その再現には高解像度のモデルが必要となる。

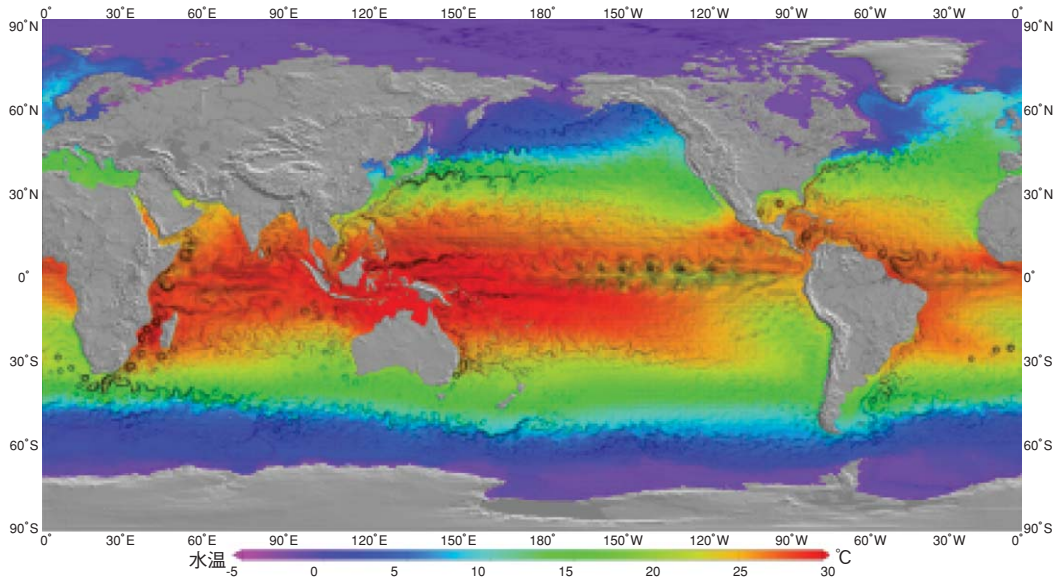


図-1 高解像度全球海洋モデルにより計算された海表面の水温と流速ベクトル

水平格子間隔が約10kmのモデルでは、全球で中規模渦を直接再現することができる。貿易風による赤道付近の流れや、黒潮、湾流などの西岸境界流、南極周極流等が良く再現されている。

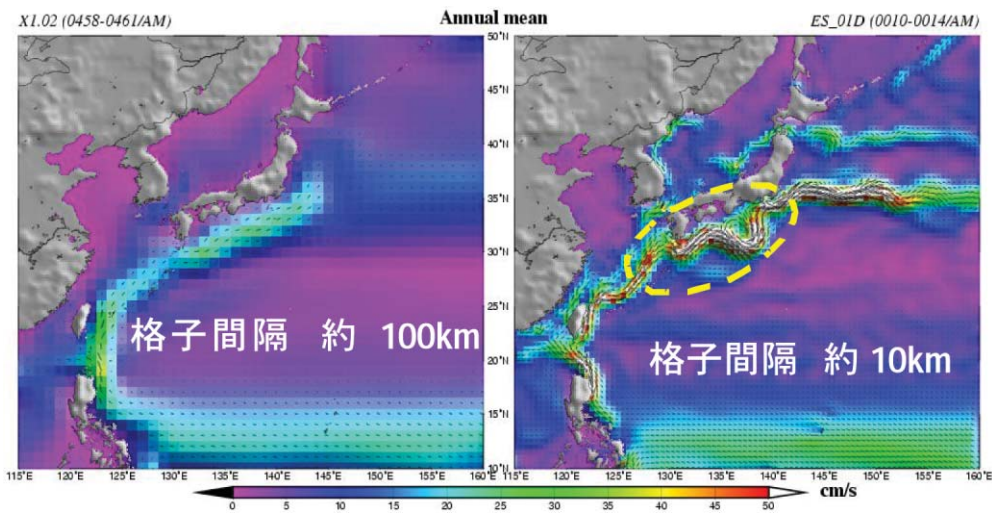


図-2 高解像モデルにより計算された日本周辺の流動

大気海洋結合モデルで用いられている中解像度モデル（左図）では、平均的な流動しか計算できないが、高解像度モデル（右図）では、黒潮の蛇行や親潮とのフロント、日本海の流動等が計算できる。

図-3 計算された黒潮の流量

高解像度モデルにより計算された黒潮断面流量の季節変化の一例を示す。図中の流量は、観測値に基づいて推定された、トカラ海峡（九州南方）と伊豆付近の断面での流量であり、計算された流量は、観測結果（右側□内）と良く一致している。

