

海洋の渦・前線とそれらが生み出す大気海洋現象の解明

野中 正見 (海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)

1. 本課題の概要

本課題では、地球シミュレータを用いた高解像度大気海洋シミュレーション研究により、①黒潮等の西岸境界流に伴う海面水温前線や中規模渦などの海洋局所構造の変動が、大規模な大気循環の形成・変動に果たす役割、②より高解像度の海洋シミュレーションから、海洋の中規模渦よりも細かい数 km 程度の構造が、より大規模な海洋循環の形成や生態系の変動に与える影響、③高解像度領域モデルにより台風や爆弾低気圧と海洋との相互作用によって生じる影響、等々を明らかにすることを目的とする。これにより、従来の季節変動予測や地球温暖化予測ではほとんど考慮されてこなかった、海洋局所構造の変動とそれらが引き起こす大気海洋現象に対する知見を深め、地球気候の理解と予測技術の発展に貢献することを目指している。

今年度は、来年度に予定している全球渦解像海洋過去再現データの作成へ向けた海洋モデルの高度化等、海洋、大気、大気海洋結合モデルの開発・整備を進めた他、上の目的へ向けた実験・解析を推進した。その成果の一部を以下に報告する。

2. 今年度の成果

2.1. ヨーロッパに寒気をもたらすブロッキングとメキシコ湾流

メキシコ湾流に伴う海面水温前線が大気に及ぼす影響を明らかにするため、全球大気モデル AFES を用いた感度実験を実施し、ヨーロッパに寒気をもたらす冬季ブロッキング現象の再現性が湾流の海面水温前線の有無に左右されることを発見した (O'Reilly et al. 2015)。

用いたモデルは水平解像度 T239 (約 50km) の AFES である。海面水温データとして衛星観測を元にした NOAA 0.25° daily OISST を与えた。標準実験 (CONTROL) には観測された海面水温、平滑化実験 (SMOOTH) にはメキシコ湾流上で平滑化した海面水温を与え、

それぞれ 1981 年 9 月から 2001 年 8 月まで 20 年間積分し、両者を比較した。

北大西洋域における冬季ブロッキングの発生頻度を比べた結果、CONTROL は再解析 (NCEP-CFSR) に比べ全体的に発生頻度が少ないものの東西分布はよく再現していた。一方、SMOOTH では経度 0° 付近のブロッキング発生数が大きく減少していた。この結果、SMOOTH ではヨーロッパの寒気日数が実際よりも減少し、メキシコ湾流に伴う海面水温前線が下流のヨーロッパの気候に影響していることが明らかになった。

2.2. 海洋経年変動の不確定性の分布解明

大気の循環においては、特に中緯度域では、観測された状態は 1 つの実現値に過ぎず、同じ条件の下で異なる状態が起きていても不思議ではない (パラレルワールドが存在する) ことが既に良く認識されており、天気予報もそれを考慮した上で行われている。一方で、海洋の循環、特に海面から 1000m 程度の深さまでの海流については、風の変動が非常に支配的に影響することが知られている。このため、これまでは、この「風の変動によって生じる変動」が殆どと考えられ、海洋では大気

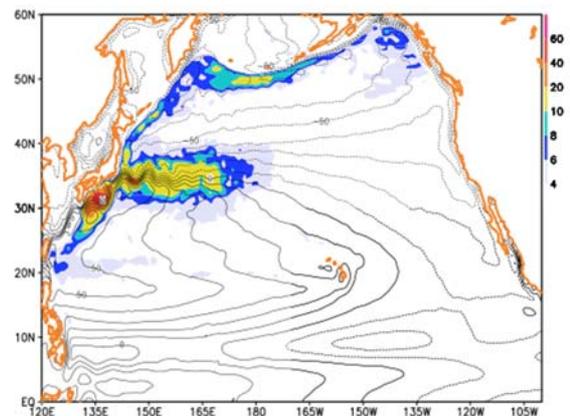


図 1. アンサンブルメンバー間の海面高度経年変動の root mean square difference の分布。単位は cm。

のようなパラレルワールドの存在は意識されていなかった。

その存在を調べるため、水平解像度 0.1 度の北太平洋海洋シミュレーションを僅かに異なる条件の下で、全く同一の気象再解析データを用いて駆動したアンサンブル実験を行い、そこで生じるアンサンブルメンバー間の相違を調査した。その結果、風変動の強い影響が知られている黒潮続流の年平均流速や東西分布等にも、顕著な相違が見られることが示された。これは、大気場が全く同じでも黒潮続流が異なる状態を持ちうることを意味し、パラレルワールドの存在を示す。更に、そのメンバー間の相違の分布を調べた結果（図 1）、中緯度域の西岸境界流域で相違が大きく、対照的に熱帯域では、風の場合が決まると海洋の経年変動はほぼ決定されることが明らかとなった（Nonaka et al. 2016）。

2.3. 海洋モデルへの潮汐混合効果の導入

海洋の海峡域で潮流が強く海底地形に起伏があると、強い鉛直乱流混合が励起され海水の鉛直構造に大きな影響を及ぼす。例えば、クルル海峡やインドネシア多島海域では、潮汐による鉛直混合で下流域の水質が大きく変質する。したがって、その効果を海洋モデルで考慮する必要がある。しかし、我々が実施してきた水平解像度 0.1 度の準全球渦海洋シミュレーションでは、その潮汐による混合効果が含まれないため、例えばインドネシア通過流の下流域の水塊を現実的に再現出来ていない（Masumoto et al., 2008）。そこで、St. Laurent et al. (2002) が開発した潮汐による

鉛直混合のパラメタリゼーションを海洋モデルに組み込み、水平解像度 0.1 度の北太平洋海洋シミュレーションの感度実験を実施した。

インドネシア多島海域の 135m 深の塩分分布では、潮汐の効果を含まない場合は太平洋から流入した表層水が多島海域でほとんど変質せずインド洋に流出する。一方、潮汐の効果を含む場合は、通過流の下流域の Banda Sea で塩分が低くなり、その低塩分水がインド洋に広がっており（図 2）、多島海域だけでなくインド洋での水塊分布の改善が期待できる。今後、全球規模の高解像度海洋シミュレーションに潮汐による混合効果のパラメタリゼーションを導入する予定である。

3. 参考文献

Masumoto, Y., Y. Morioka, and H. Sasaki, 2008: High-resolution Indian Ocean simulations — Recent advances and issues from OFES —. In Ocean Modeling in an Eddying Regime, M. W. Hecht and H. Hasumi (eds.), Geophysical Monograph 177, pp. 199–212, AGU, Washington D.C.

Nonaka, M., Y. Sasai, H. Sasaki, B. Taguchi, and H. Nakamura, 2016: How potentially predictable are midlatitude ocean currents? Scientific Reports, in press.

O'Reilly, C. H., S. Minobe, and A. Kuwano-Yoshida, 2015: The influence of the Gulf Stream on wintertime European blocking, Climate Dyn., DOI:10.1007/s00382-015-2919-0.

St. Laurent, L., and C. Garrett, 2002: The role of internal tides in mixing the deep ocean, J. Phys. Oceanogr., 32, 2882-2899.

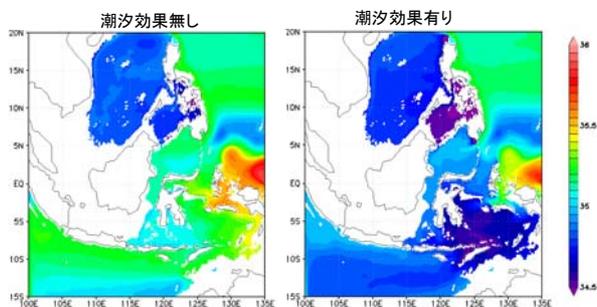


図 2. 潮汐の効果無し（左）と有り（右）の 135m 深の塩分分布 (psu)。海洋モデルの 26 年目から 30 年積分の平均値。