

## 高解像度海洋大循環

## Simulated oceanic general circulations with explicit representation of meso-scale eddies

# 佐久間 弘文[1]

# Hirofumi Sakuma[1]

[1] 地球シミュレータセンター

[1] Earth Simulator Center

<http://www.es.jamstec.go.jp/>

昨年度春から稼働を開始した地球シミュレータ（以下 ES）は、当初心配されていたシステムの安定性に関する問題の発生も思いの外少なく、稼働後まもなく LINPACK ベンチマークでピーク性能の 87.5%、最適並列化された大気大循環コード AFES で水平解像度 10km の模擬的シミュレーションでピークの 64.9% を達成し、名実共に現実の大気、海洋モデルの高速シミュレーションに世界一の性能を発揮できる事を示した。以前からグローバルなシミュレーションという見地に立った場合、地球シミュレータがどれ程の解像度のシミュレーションが可能かという見積もりは成されており、それによると水平解像度はおよそ 10km~5km であり、これは海洋学における中規模渦を陽に解像できる分解能である。また最近の Smith 等（2000, JPO）の北大西洋のシミュレーション研究によると、水平解像度 10km はモデル内の渦の活動が観測にかなり近くなる閾値である事が報告されている。このような背景に基づき、ES センターはシステム完成直後、地球フロンティアの海洋グループと共同し世界に先駆けて、北極域の一部を除く準グローバルな領域での風成循環の再現を目指す水平解像度 10km の 50 年積分を行った。このシミュレーションを実行した意義としては、（1）ハードウェア完成後の科学的意義のある大規模シミュレーションの第一候補である事。（2）一年前程においては、同様の海洋シミュレーションを試験的に行っている Los Alamos や Southampton のグループはハードウェアの性能の限界により前者では約 10 年、後者では約 2 年程度の計算しか実行されていなかった。従って赤道域から中緯度域のスピンアップ時間をカバーする 50 年積分を一挙に実行する事は、計算機性能の証明と全球や海盆スケールの循環とメソスケールの循環の非線形相互作用を陽にシミュレートした世界初の結果を示すという意味で有意義である。（3）また、今後の高分解能結合モデル準備の為の基礎データの集積や、技術的な細かな知見の習得及び長期の積分の為のパイロットスタディーとして位置づけられる。という事が挙げられる。

我々は、ES を実際の海洋シミュレーション研究にできるだけ早く結び付ける事を目的にしていたので、シミュレーションに用いる新コードの開発よりは、既存の所謂 state-of-the-art の OGCM としての MOM3 を ES に最適並列化したものを使い積分を実行した。モデル内の対流混合等に関する物理パラメタリゼーションと並んでモデルを駆動する外力をどの様に指定するかは、モデルのパフォーマンスにとって重要な要素ではあるが、今回の数値実験は我々にとって初めてのテストランであった為、簡単な月平均の NCEP/NCAR の再解析値を用いた。以下に数値実験の実行に必須な計算条件の概要を示す。

- OGCM code : ES に最適並列化した MOM3(OFES)
- 計算領域 : 75S - 75N
- 解像度 : 水平は 0.1 度 x 0.1 度、鉛直層 : 54 層 (可変 5m ~ 330m)
- 時間積分 : 50 年
- 海底地形 : (1/30 OCCAM data set) Partial Cell
- 初期条件 : 温度、塩分場については WOA98 の年平均値、速度場はゼロ。
- 上部境界における強制力 : 運動量、熱、塩分フラックスについては月平均の NCEP/NCAR の再解析値、表層塩分場は月平均の気候値 (WOA98) に緩和
- 南北の境界値 : 温度、塩分場は月平均の気候値 (WOA98) に緩和
- サブグリッドスケールパラメタリゼーション : 水平スムーズイングは Bi-harmonic、鉛直は KPP

最適並列化に関しては、MOM3 の基本的構造を大幅に修正したわけではないので、独自の簡素なコードを作れば実効スピードはまだ速くなると思われるが、我々のコードでも 50 年積分を約 3 週間で終了する事ができ、その計算の早さが今回のシミュレーション成功の最大要因である。その後、共同研究者が分担して海盆スケールの循環、西岸境界流及びその周辺での渦の活動、南北の熱輸送、Legeckis wave や Agulhas ring 等の地域特性に根ざした特徴的諸現象の再現性、速度場、温度場、塩分場の鉛直断面の WOCE data との比較等を可能な限り行い、再現性の良いものと問題点を洗い出した。サブグリッドスケールの物理過程や海氷の存在に起因する水塊の性質は再現できない主な物理量であるが、これらを除くと初めてのテストランにしては概ね良好な結果であると思われる。口頭発表の場において、以上の結果をより詳しく報告するが、渦活動度の指標としてよく用いられる海面高度場の

RMS の図を結果の代表としてここに掲げる。現在、このテストランの結果に基づく多少の改良と、外力を月平均場から短周期成分を多く含むものに変え、その応答がどの様に現れるかを見る為のシミュレーションを再度実行中であるので、その結果の一部と今後の ES センターとしての方向性を含め、現状の高解像度海洋大循環のシミュレーションに関する活動を簡単に報告する。

