

NA-2

羽角博康 (東京大学)

高並列海洋モデルの開発を通じた海洋循環のプロセス研究

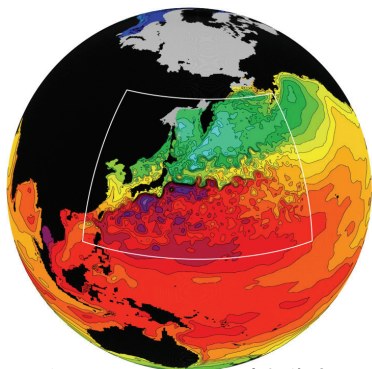
JHPCN

研究目的

海洋には微小な乱流混合から全球規模の大循環までさまざまな時空間スケールの物理現象が存在し、各スケールの諸現象は互いに強く影響を与え合う。数値モデルにおいてその広いスケールレンジを同時に扱うには膨大な計算機資源を要し、近く実現されるベータFLOPSクラスの資源をもってしても尚、満足されることは無い。

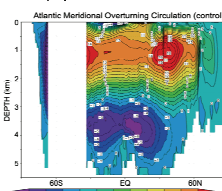
したがって海洋モデリング研究の進展は今後も計算機性能の進展に大きく制約される。有限の計算機資源を用いて最大限の研究結果を得るには、使用する計算機の特性を把握し、それに合わせて計算手法や実験設定を適切に選択することが極めて重要である。本研究は特に、近く実用化され対応が求められるであろう、数万PEを擁する高並列クラス型計算機上での高解像度海洋モデリングの実現に向け、並列効率の高い数値モデルの開発を行う。また上記高並列環境でのモデリング研究遂行において障壁となり得る、膨大な入出力データの取り扱いに関しても最適化を行う。

これにより、高緯度での高密度水沈降といった微小スケールプロセスと、より大規模な循環場を同時に解像し、その相互作用までを扱う過去に類を見ない海洋モデリングの実現を目指す。

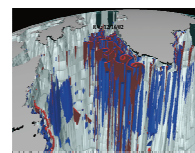


ネスティング手法を用いたCOCOによる高解像度シミュレーション

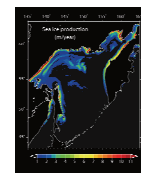
全球規模熱塩循環



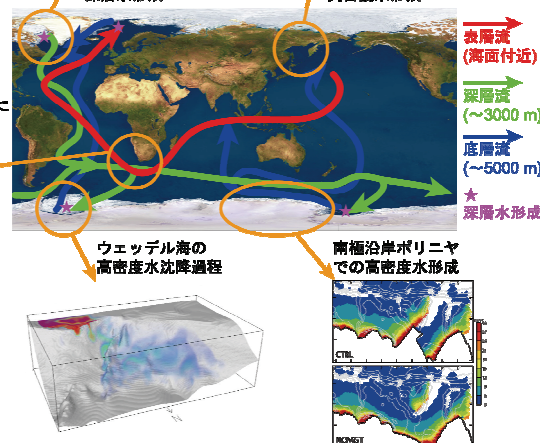
アガラスリングによる大洋間輸送



ラブラドル海の深層水形成



オホーツク海の高密度水形成



モデル概要

数値モデルは東京大学気候システム研究センターで開発された海洋海水結合モデルCOCO及び非静力学海洋モデルkinacoを基とし、両者を高並列向けに最適化して用いる。両者ともすでにMPIによって並列化され、地球シミュレータ(洋研究開発機構)や東大情報基盤センターのHA8000クラスタ等で $\sim O(10^3)$ PE並列規模の実計算の実績を持つ。

COCOは静水圧近似に基づく大循環モデルであり、全球・数千年スケールの熱塩循環から数千km程度の海盆スケールの循環を対象とする。一方kinacoは鉛直加速度を陽に扱う非静力学モデルであり、数mスケールの乱流混合現象から100kmスケールの高密度水沈降過程に至る微小スケールプロセスを対象とする。用途に応じてこれら二つのモデルを使い分け、またネスティング手法等も駆使することにより、海洋物理に求められる、広大な時空間レンジに及ぶ諸現象のモデリングを可能とする。

研究計画

本研究はCOCO及びkinacoの高並列対応化を行う開発・性能測定、改良後のモデルを用いた予備実験の実施、及び出力データの解析や可視化等のポストプロセス環境の整備の順に行う。

高並列化対応において、COCOは大域通信を用いないので原理的にweak scaling性能は保証されており、大規模実験における並列化効率向上の鍵は隣接ノードとの通信におけるnon-blockingルーチンを用いた最適化である。他方、kinacoは圧力導出に大域的なPoisson方程式解法を要するので、高い並列化効率の確保には困難が伴う。現在用いている多重格子法によるPoisson解法の実装では1024PE並列までは良好なスケーラビリティを示すことが確認できており、本共同研究の他、東大情報基盤センターの先端的大規模計算利用サービス等を用いて更なる高並列時における性能測定とチューニングを行う。また高並列クラスタ上での大規模実験の実施においてはデータの入出力時間が無視できなくなることが想定されるため、MPI-IOルーチンを用いた分散入出力及び効率的なデータ圧縮の実装、あるいはそれらを内包したnetCDFライブラリの導入を行う。

開発が完了した後は、特に南極沿岸域における高密度水沈降と、それが周囲の循環や密度構造に与える影響を明らかにすることを目的とした大規模実験を想定し、そのための予備的実験を行う。またこれと平行し、大量の出力データの解析や可視化を並列計算機上で行うためのツール群の開発も行う。