

# メニーコア型大型計算機での海洋シミュレーション (環オホーツク圏の海洋シミュレーション)



## 概要

近年、スーパーコンピュータのアーキテクチャとしてメニーコア型の割合が増加しているが、海洋モデリング分野ではその利用が広がっていない。本研究では、海洋モデルをメニーコア型スパコンへ移植し性能評価を行う。また、前年度までのチューニングの成果を活用して「環オホーツク圏の海洋シミュレーション」を改良する。

## 目的

**近年**、スーパーコンピュータのアーキテクチャとしてメニーコア型の占める割合が増えてきている。北海道大学情報基盤センターでも、次期大型計算機としてメニーコア型スパコンの導入が計画されている。  
**しかし**、海洋モデリング分野ではメニーコア型スパコンの利用が進んでいない。  
本研究課題でも、これまでHITACHI SR16000/M1での高速化チューニングを行ってきており、メニーコア型を使用した実績がない。  
**そこで**、将来的なメニーコア型スパコンでの効率的な計算を目指すとともに、北大センターの次期スパコンへの移行準備として、本年度は、  
(1) 海洋非静水圧モデルについてメニーコア型スパコンへ移植し性能評価を行い、  
(2) (1)の移行作業に並行して、前年度まで高速化チューニングの成果を活かすためHITACHI SR16000/M1にて、海洋鉄循環モデルおよび海洋非静水圧モデルによる「環オホーツク圏の海洋シミュレーション」の改良を行う。

### (1) メニーコア型スパコン

中村知裕<sup>(1)</sup>、岩下武史<sup>(2)</sup>、松村義正<sup>(3)</sup>、中島研吾<sup>(4)</sup>、大宮学<sup>(2)</sup>、伊藤薫<sup>(5)</sup>

(1) 北海道大学低温科学研究所、(2) 北海道大学情報基盤センター、(3) 東京大学大気海洋研究所、(4) 東京大学情報基盤センター、(5) 北海道大学低温科学研究所／環境科学院



HITACHI SR16000/M1: 980GFLOPS/node (176node), メモリ: 128GB/node (北海道大学情報基盤センターウェブサイトより)

・次のリプレースでメニーコア型スパコン導入の計画  
・メニーコア型スパコンは、今後、普及が予想される

本年度は、メニーコア型スパコンへ海洋非静水圧モデルを移植し性能評価



Oakforest-PACS: 3TFLOPS/node (8208 node), メモリ: 112GB/node (東京大学情報基盤センターウェブサイトより)

メニーコア型スパコンにおける海洋シミュレーションコードの振る舞いや、その問題点を従来型のスパコンとの比較により、明らかにする。

来年度以降において、  
・海洋非静水圧モデルのメニーコア型スパコンでの高速化チューニング  
・海洋鉄循環モデルの北大センター次期大型計算機への移植とそでの高速化チューニングを順次実施していく見込み

### (2) 環オホーツク圏の海洋シミュレーション

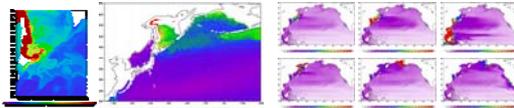
西川はつみ<sup>(1)</sup>、伊藤薫<sup>(5)</sup>、中野渡拓也<sup>(6)</sup>、中村知裕<sup>(1)</sup>、三寺史夫<sup>(1)</sup>、大宮学<sup>(2)</sup>

(1) 北海道大学低温科学研究所、(2) 北海道大学情報基盤センター、(5) 北海道大学低温科学研究所／環境科学院、(6) 国立極地研究所

#### (2a) 栄養物質循環／熱塩循環

西川はつみ・中野渡拓也・中村知裕・三寺史夫・大宮学

オホーツク海陸棚から栄養物質(鉄)が海洋熱塩循環で運ばれ基礎生産を高める。移流による輸送を改善するため鉄循環モデルを高分解能化した。鉄供給量の不確実性が大きい

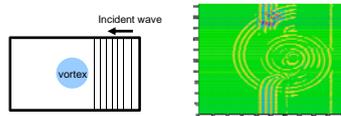


今年度は、  
・最新の観測データを用いて、鉄濃度の主な決定要因である陸棚域での供給量をコントロール  
・表層の鉄濃度を決める主要因の一つである「生物による取り込み」についても感度実験

#### (2b) 潮汐による鉛直混合過程

伊藤薫・中村知裕・大宮学

潮汐起源の内部重力波による混合は海洋熱塩循環／物質循環に大きく影響する。波が乱流混合を引き起こす過程の一つ「内部重力波と渦の相互作用」について、渦が傾圧(鉛直一様)の場合について数値実験とそれに基づく理論構築を進めてきた。



今年度は、渦が傾圧(鉛直構造を持つ)場合について数値実験を行う。

(左)実験設定、(中、右) 図による鉛直方向の水平面断面、相互作用の強さを表す無次元パラメータの分布。図10.8の図。

## 前年度までの成果

### 概要

	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	
計算機	大宮学主導 ・HPCリソース ・HPCリソースの一部 ・HPCリソースの一部 ・HPCリソースの一部							
海洋鉄循環モデル	・高分解能・高時間分解能シミュレーションの実施 ・(左) 中層における溶存鉄濃度 (nmol/L) の分布 ・(中) 中層、(右) 日本海、東シベリア海、オホーツク海、ベーリング海、北米西海岸各々の陸棚域での外海循環モデル構築 ・オホーツク海、ベーリング海、北米西海岸各々の陸棚域での外海循環モデル構築							
海洋鉄濃度	・高分解能・高時間分解能シミュレーションの実施 ・(左) 中層における溶存鉄濃度 (nmol/L) の分布 ・(中) 中層、(右) 日本海、東シベリア海、オホーツク海、ベーリング海、北米西海岸各々の陸棚域での外海循環モデル構築 ・オホーツク海、ベーリング海、北米西海岸各々の陸棚域での外海循環モデル構築							
大気	・高分解能・高時間分解能シミュレーションの実施 ・(左) 中層における溶存鉄濃度 (nmol/L) の分布 ・(中) 中層、(右) 日本海、東シベリア海、オホーツク海、ベーリング海、北米西海岸各々の陸棚域での外海循環モデル構築 ・オホーツク海、ベーリング海、北米西海岸各々の陸棚域での外海循環モデル構築							

### 査読付国際学術誌に掲載された論文

- Nakanowatari, T., T. Nakamura, K. Uchimoto, J. Nishioka, H. Mitsuidera, and M. Wakatsuchi. Importance of Ekman transport and gyre circulation change on seasonal variation of surface dissolved iron in the western subtropic North Pacific. *Journal of Geophysical Research* (accepted).
- Kida, S., H. Mitsuidera, S. Aoki, S. Gao, S. Ito, F. Kobashi, N. Komori, A. Kubokawa, T. Miyama, R. Morie, H. Nakamura, T. Nakamura, H. Nakano, H. Nishigaki, M. Nonaka, H. Sasaki, Y. N. Sasaki, T. Suga, S. Sugimoto, B. Taguchi, K. Takaya, T. Tozuka, H. Tsujino, and N. Usui. (2015) Oceanic fronts and jets around Japan: a review. *Journal of Oceanography*, DOI 10.1007/s10872-015-0283-7.
- Nakanowatari, T., T. Nakamura, K. Uchimoto, H. Uehara, H. Mitsuidera, K. I. Ohshima, H. Hasumi, M. Wakatsuchi. Causes of the warming trend of the intermediate water in the Sea of Okhotsk and western subtropic North Pacific from 1980 to 2008. *Journal of Climate*, 28, 714-736.
- Yakka, Y. R., T. Nakamura, H. Mitsuidera, and M. Kawashima (2014) Formation and maintenance mechanisms of a thick snow band along the Okhotsk Sea coast of Hokkaido Island, Japan. *Hydrological Research Letters*, 8 (2), 84-89.
- Mitsuda, J., H. Mitsuidera, T. Nakamura, Y. Sassaigima, H. Hasumi and M. Wakatsuchi. (2015) Overturning circulation that ventilates the intermediate layer of the Sea of Okhotsk and the North Pacific: The role of salinity advection. *Journal of Geophysical Research*, 120 (3), 1462-1489.
- Uchimoto, K., T. Nakamura, J. Nishioka, H. Mitsuidera, K. Misumi, D. Tsunuma (2014) Simulation of high concentration of iron in dense shelf water in the Okhotsk Sea. *Progress in Oceanography*, 126, 194-210.
- Nakamura, T., Y. Takeuchi, K. Uchimoto, and H. Mitsuidera (2014) Effects of temporal variation in tide-induced vertical mixing in the Kuril Straits on the thermohaline circulation originating in the Okhotsk Sea. *Progress in Oceanography*, 126, 135-145.
- Abe, S. and T. Nakamura. Processes of breaking of large-amplitude steady lee waves leading to turbulence. *Journal of Geophysical Research*, 118, 316-331, doi: 10.1029/2012JC008160.
- Koski, S., T. Nakamura, H. Mitsuidera, Y. Wang (2012). Modeling low-level clouds over the Okhotsk Sea in summer: Cloud formation and its effects on the Okhotsk high. *Journal of Geophysical Research*, 117, D05208, doi: 10.1029/2011JD016462.
- Uchimoto, K., T. Nakamura, J. Nishioka, H. Mitsuidera, M. Yamamoto-Kawai, K. Misumi, D. Tsunuma (2011). Simulations of chlorofluorocarbons in and around the Sea of Okhotsk: Effects of tidal mixing and brine rejection on the ventilation. *Journal of Geophysical Research*, 116, C02034, doi:10.1029/2010JC006487.
- Uchimoto, K., T. Nakamura, and H. Mitsuidera (2011) Tracing dense shelf water in the Sea of Okhotsk with an ocean general circulation model. *Hydrological Research Letters*, Vol. 5, pp.1-5, doi:10.3178/hrl.5.1.