

先端的データ同化システムの開発と再解析データの作成

課題責任者

石川 洋一 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター

著者

石川 洋一*¹, 五十嵐 弘道*¹, 西川 史朗*¹, 西川 悠*¹, 田中 裕介*², 蒲地 政文*¹

*¹ 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター

平成 27 年度地球シミュレータ特別推進課題で作成した北西太平洋海洋長期再解析データセット (FORA-WNP30) をベースにして、平成 29 年度に作成した東北地方の高解像度の海洋環境データセットを用いて、より沿岸を精緻に推定できる力学的なダウンスケーリングモデルを開発した。さらに、昨年度までのモデル開発の成果を応用して、沿岸における高解像度の海洋環境のリアルタイム解析・予測システムを構築し、漁場予測への適用を検討した。

キーワード：ダウンスケーリング, 過去再現実験, リアルタイム予測, 漁場予測

1. はじめに

本課題では海洋再解析データの高度利用のためのダウンスケーリング技術について、経済活動が活発に営まれている沿岸域を詳細に推定する技術の開発を行った。また、より多くの分野での利用が期待される海洋の低次生態系に関するデータ同化システムの開発を目指して、低次生態系モデリングについての研究開発を行った。

2. 沿岸域の海洋環境を再現する高解像度ダウンスケーリングモデルの開発

平成 27 年度地球シミュレータ特別推進課題で作成した北西太平洋海洋長期再解析データセット (FORA-WNP30[1]) は、北西太平洋海域の中規模渦活動を再現するデータセットとしての利用が進んでいる。一方で、水平解像度が 1/10 度であり、沿岸での経済活動に

関わる研究開発には不十分であった。東北マリンサイエンス拠点形成事業では、三陸沿岸の沿岸・沖合漁業の復興に科学的成果を通して貢献するために、FORA-WNP30 をベースにした水平解像度 1/50 度のダウンスケーリングモデル THK50[2] を開発し、平成 29 年度に過去再現実験を行なって、データセットを作成した。さらに、三陸海岸のリアス式海岸を利用して営まれているカキ・ホヤ・ホタテ・ワカメなどの養殖漁業の効率化に資するために、今年度は THK50 からのさらなるダウンスケーリングモデルを開発した。開発したのは、三陸海岸を対象とした水平解像度 1/250 度（三陸地方ではおよそ 340m）のモデルである。計算領域と海底地形を図 1 に示す。格子数は東西方向 259 グリッド、南北方向 409 グリッド、鉛直 45 層であり、地球シミュレータにおいては MPI により 32 並列化することで 1 モデル月の計算を 12 時間程度（実時間）で実行できた。今年度は試行的に、2012 年 1 月 1 日における THK50 による計算結果を初期値とし

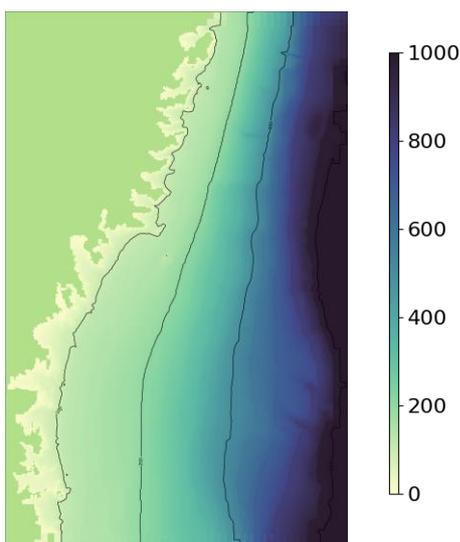


図 1 三陸沿岸を対象とした 1/250 度解像度のモデル領域と海底地形。等値線は水深 100m、200m、500m、1000m を示す。

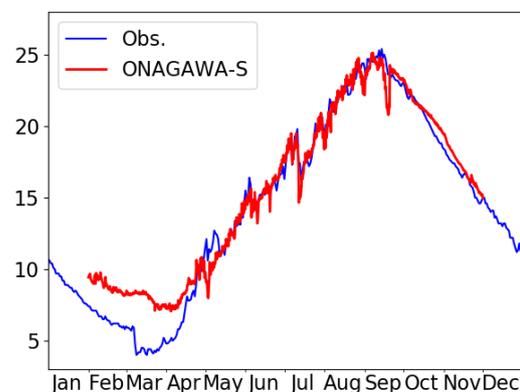


図 2 2012 年 1 月から 12 月の女川湾口中央部の表層 0.5m における水温の観測値（青）とモデルによる推定値（赤）の時系列。

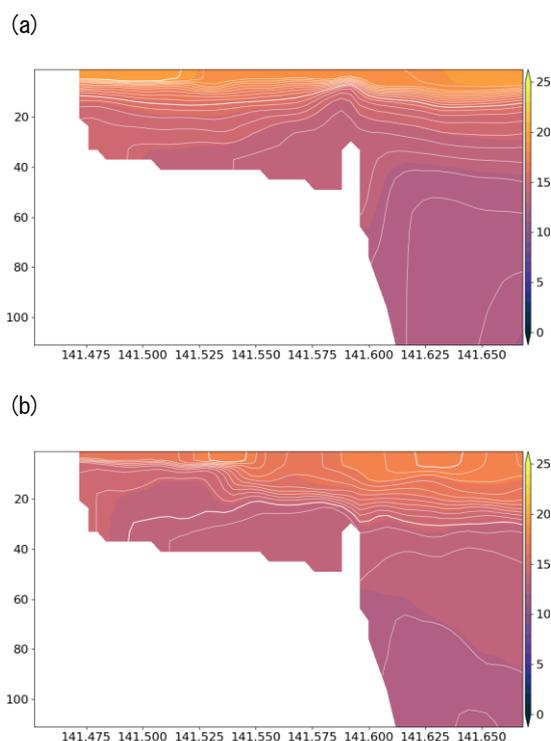


図 3 モデルで推定された女川湾の湾中央部（北緯 38 度 25 分 22.7 秒）を横切る東西断面。シェードは水温、白線が密度の等値線を表す。(a) 2012 年 7 月 11 日 0 時 (UTC)、(b) 2012 年 7 月 13 日 0 時 (UTC)。

て、1 年間の積分を行なった。

図 2 は女川原子力発電所環境放射能及び温排水調査結果から引用した女川湾口中央部 (Stn. 7) での 0.5m 深での水温の観測を、モデルの結果と比較したものである。THK50 に見られる冬季の沿岸部の高温バイアスの影響で、3 月までは観測より高めの推定となったが、4 月以降は観測値とモデルの推定値はよく一致した。7 月 12 日ごろの急な水温低下を例にとると、低気圧の通過に伴い西寄りの風（三陸沿岸においては陸から海へ向かう風）が強く吹き、陸から離れる流れが起きたために岸付近で下層の比較的冷たい海水が湧昇したことが原因であることがわかった（図 3）。沿岸部における夏季の下層からの湧昇は、養殖漁場へ低酸素水塊をもたらす原因ともなりうることから、開発したモデルが養殖生産物の管理に役立つ可能性が示された。

今後は、このモデルによる過去再現実験により、三陸沿岸部の詳細な海洋環境のデータセットを作成するとともに、沿岸部における観測データを収集し比較することで、モデルの精度向上をはかる。また、リアス式海岸の各湾内の環境変動のより詳細な理解と、外洋と湾内の関連性の調査のために、さらなるダウンスケーリングモデルを開発する予定である。

3. 低次生態系データ同化に向けたシステム開発

海洋の低次生態系に関する情報は、水産などの分野において、海洋物理に関する情報とともにニーズが高い。沿岸での低次生態系のデータ同化によるプロダクト作成に向けて、昨年度に引き続き、THK50 に低次生態系モデルを組み込んだシステムの開発を行うと同時に、沿岸部における低次生態系に関する観測データの収集を行なった。

4. リアルタイム解析・予測システムの構築

JST-CREST 「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」領域における「サステナブル漁業に向けたデータ指向型リアルタイム解析基盤の開発」課題では、沿岸漁業を対象に、漁獲データと数値モデルによって得られた解析・予測結果をもとに、漁場推定を行うことを目指している。そこで、海洋数値モデルをリアルタイム運用するためにシステムを構築し、そのシステムに THK50 を組み込んで、5 日先までの予測を毎日更新する運用を試験的に行なった。引き続き、試験運用を続けて、沿岸海洋モデルの運用に関する課題を抽出するとともに、収集しつつある漁獲データと合わせた漁場予測技術の開発を行う。

文献

- [1] Usui N., Wakamatsu T., Tanaka Y., Hirose N., Toyoda T., Nishikawa S., Fujii Y., Takatsuki Y., Igarashi H., Nihikawa H., Ishikawa Y., Kuragano T., Kamachi M., Four-dimensional variational ocean reanalysis: a 30-year high-resolution dataset in the western North Pacific (FORA-WNP30). *J. Oceanogr.* vol. 73 pp. 205-233 (2017).
- [2] 田中 裕介, 石川 洋一, 五十嵐 弘道, 西川 悠, 蒲地 政文, 三陸沖の高解像度海洋モデルの開発. *日本水産学会誌*, 84 巻 pp. 1047-1049 (2018).

Development of Advanced Data Assimilation System and Production of Reanalysis Dataset

Project Representative

Yoichi Ishikawa

Center of Earth Information Science and Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Authors

Yoichi Ishikawa ^{*1}, Hiromichi Igarashi ^{*1}, Shiro Nishikawa ^{*1}, Haruka Nishikawa ^{*1}, Yuusuke Tanaka ^{*1}, Masafumi Kamachi ^{*1}

^{*1}Center of Earth Information Science and Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We developed downscaled coastal high-resolution physical ocean model based on the dataset made last year by coastal ocean model using FORA-WNP30, which is developed by special promoted theme on Earth Simulator in FY2015. In addition, we applied the knowledge of coastal ocean model development to the real-time estimate and forecast of ocean environment. The result from real-time calculation is used for research on the prediction of fishery ground.

Keywords : downscaling, hindcast, realtime forecast, prediction of fishery ground

1. Introduction

In this theme, we developed the technique to generate detailed estimate and forecast of ocean environment in the region near the coastlines. We developed ecosystem model integrated into physical oceanographic numerical model in order to generate analysis dataset of ecosystem variables.

2. Development of detailed coastal model

The eddy-resolving reanalysis dataset (FORA-WNP30[1]) prepared in the FY2015 special promoted theme on Earth Simulator is used in various fields as a dataset reproducing the Kuroshio, Oyashio, and its realistic fluctuations and their request for data provision continues. The resolution of 1/10

degrees is rather coarse for the research related to the coastal ocean, such as coastal fisheries. In the research project, Tohoku Ecosystem-Associated Marine Sciences (TEAMS), we developed the downscaled ocean model from FORA-WNP30 for Tohoku area with horizontal resolution of 1/50 degrees (THK50[2]), in order to prompt the revival of fisheries from the Great East Japan Earthquake and associated tsunami disaster. We made the dataset of estimated ocean environment by hindcast experiment using THK50 last year. Along the Sanriku Coast (area adjacent to the Pacific Ocean), oysters and scallops are produced by aquaculture utilizing relatively calm bays along the ria coasts. Horizontal resolution of the model is 1/250 degrees (equivalent to approximately 340 m at the latitude of model domain). Figure 1 shows the model domain and bottom topography. The model domain is

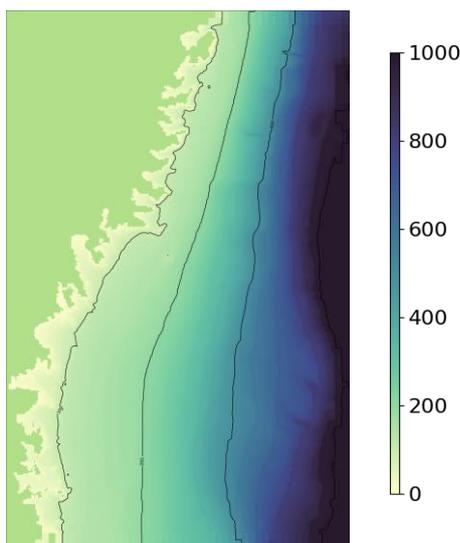


Figure 1 Model domain and bottom topography of the ocean model for Sanriku Coast. Contour lines indicate isobaths of 100m, 200m, 500m and 1000m.

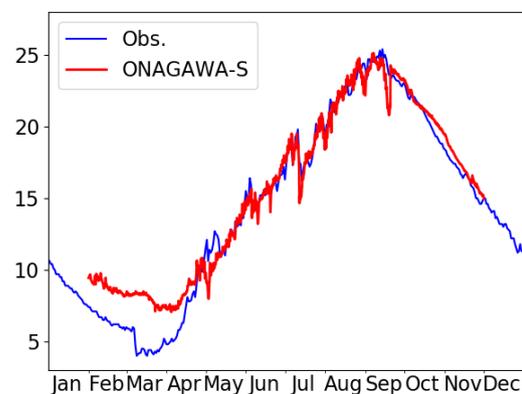


Figure 2 Time series of temperature of 0.5 m depth at the center of the mouth of Onagawa Bay in 2012. Red line is the model estimate and blue line is the observation.

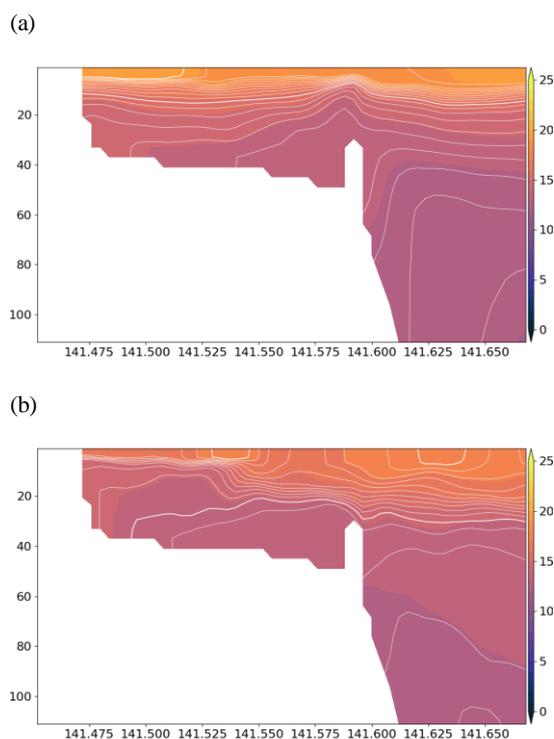


Figure 3 Vertical distribution of temperature (shade) and density (white contours) at 38° 5' 22.7''N in the model. (a) 2012-07-11T00:00:00, (b) 2012-07-13T00:00:00.

divided into 259 grids in west-east direction and 409 grids in south-north direction, and has 45 levels in the vertical. The integration of one model month takes about 12 hours with 32 processes using MPI on the Earth Simulator. In this year, we made one-year preliminary experiments starting at Jan. 1, 2012.

Figure 2 is the comparison of model estimates with the monitoring results of the temperature of 0.5 m depth at the center of the mouth of Onagawa Bay. The temperature in the model is higher than observation until March due to the bias in THK50 results. The model reproduces well after April. For example, observation and the model showed abrupt decrease around Jul. 12. The temporal variation in the vertical distribution of temperature at the center of Onagawa Bay indicates that strong westerly wind associated with the depression brought the surface warm water away from the coast and pumped up colder lower layer water (Figure 3). Upwelling of bottom water in summer may bring the low oxygen water from the bottom to surface aquaculture field, and the coastal model will be useful for the management of aquaculture products.

We will make hindcast experiments to generate dataset of detailed physical environment along the Sanriku Coast, and compare with various observations to improve the model reproductivity. We also plan to develop an ocean model with

much higher horizontal resolution downscaled from this dataset to understand the relation of variation in small bays and in open ocean.

3. Development of ecosystem modeling and assimilation system

Information on oceanographic ecosystem is useful in various field, especially in fishery science. On the other hand, there is few researches in Japanese coastal ecosystem modeling and data assimilation. We continued to develop ecosystem model integrated in physical oceanographic numerical model.

4. Development of operational analysis and forecast system

We are developing the methods to forecast potential fishing grounds by combining the real-time analysis or forecast of oceanographic conditions and fishery operation logs in the JST-CREST project. We developed the system to make real-time analysis and forecast by numerical ocean model, and applied to THK50. The system is calculating 5-day forecast every day.

References

- [1] Usui N., Wakamatsu T., Tanaka Y., Hirose N., Toyoda T., Nishikawa S., Fujii Y., Takatsuki Y., Igarashi H., Nihikawa H., Ishikawa Y., Kuragano T., Kamachi M., Four-dimensional variational ocean reanalysis: a 30-year high-resolution dataset in the western North Pacific (FORA-WNP30). *J. Oceanogr.* vol.73 pp. 205-233 (2017).
- [2] Tanaka Y., Ishikawa Y., Igarashi H., Nishikawa H., Kamachi M., The development of high-resolution ocean numerical model for off-coast of Sanriku, *Nippon Suisan Gakkaishi*, vol. 84 pp 1047-1049 (2018).