

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}, 若松 剛^{*1},
田中 裕介^{*1}, 蒲地 政文^{*1}, 倉賀野 連^{*2}, 高槻 靖^{*2}, 藤井 陽介^{*2},
碓氷 典久^{*2}, 広瀬 成章^{*2}

*1 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター, *2 気象庁 気象研究所

4次元変分法海洋データ同化システムを用いたリアルタイム海洋環境予測システムの運用を行い、夏期のアカイカ漁場予測システムにデータ提供を行った。また、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、さらに高解像度の海洋モデルによる力学的ダウンスケーリング技術の開発を行った。

キーワード：データ同化, 海洋環境予測システム, ダウンスケーリング

1. はじめに

本課題では海洋研究開発機構地球情報基盤センターと気象庁気象研究所の共同研究において開発されてきた4次元変分法データ同化システムの改良とデータ同化システムを用いたリアルタイム解析・予測および再解析データの作成を行うことを目的としている。本年度はアカイカの夏季操業にむけた情報提供のための北太平洋中央モデルのリアルタイム運用の試行を行うとともに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の開発を行った。

2. リアルタイム海洋環境予測システム

これまで開発を行ってきた4次元変分法データ同化システムについて、今年度も北太平洋中央部を対象にしたリアルタイム海洋環境予測システムの運用試験を行った。図1は2016年6月12日の海面高度の分布について、解析値と9日予報値を観測値とともに示したものである。解析値は観測値が直接同化されているので、特に領域西側の活発な渦活動をよく再現しているが、9日予報値の結果もそれほど観測値とずれておらず、十分な予報精度があることが示された。

3. ダウンスケーリング技術の開発

平成27年度地球シミュレータ特別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）は黒潮、親潮やその現実的な変動を再現したデータセットとして様々な分野で利用されており、現在もデータ提供依頼が続いている。しかしながら、FORA-WNP30の水平解像度は10kmであり、必ずしも沿岸域の海洋変動については十分に再現しているとは言えない。そこで、本課題ではデータ同化プロダクトの高度利用としてFORA-WNP30を水平境界条件としてより高解像度の海洋モデル

を駆動するダウンスケーリングシステムの開発を行い、東北地方の沿岸域を対象としてより詳細なデータセットの作成を試みた。

ダウンスケーリングのためのモデル（THK50）はFORA-WNP30の5倍の解像度（1/50度）を持ち、図2に示す領域をカバーしている。また、潮汐・潮流は沿岸域の海流変動において重要な要素であるがFORA-WNP30では潮汐成分は含まれていなかった。THK50では水平境界条件に潮汐成分を追加するとともに、領域内部での起潮力も考慮することにより潮汐・潮流の再現も行っている。

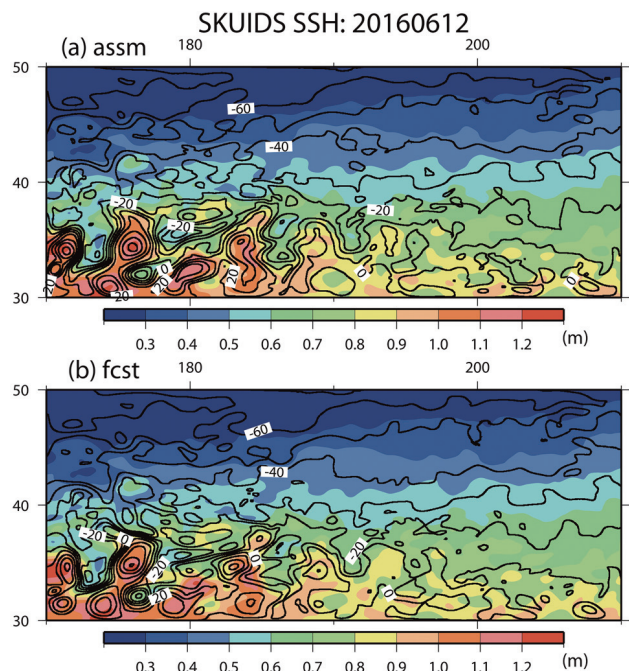


図1 2016年6月12日の海面高度分布。コンターは(上)解析値、(下)9日予報値。カラートーンはAVISOによる観測値。

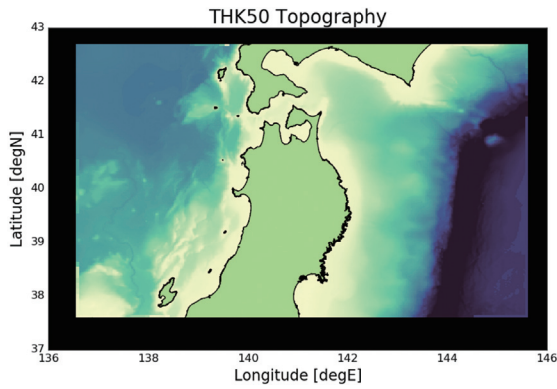


図2 東北モデルの領域と海底地形

このダウンスケーリングモデルの性能を評価するために2006年から2015年までの10年間のデータセットを作成した。図3は2010年から2013年までの2月14日における50m深水温分布を示したものである。

東北地方の太平洋岸には津軽暖流起源の暖水があり、その沖には親潮の冷水域が広がっているが、図3にみられるようにその分布の年々変動は大きく、FORA-WNP30から与えられた境界条件によってよく制御されていることが示された。さらに、暖水域と冷水域の境界ではより小さなスケールの変動がみられ、解像度をあげたことにより中規模変動よりもさらに細かな変動の表現が可能となった。

さらに、作成したデータセットの再現性を調べるために、JAMSTEC むつ研究所で運用している海洋短波レーダー(HFレーダー)による海流観測データとの比較を行った。図4はHFレーダー大畑局において2014年7月2日午前1時に観測された視線方向の流速データと同時刻のダウンスケーリングの結果をもとにレーダーデータに合わせて視線方向の流速に変換した図を示したものである。

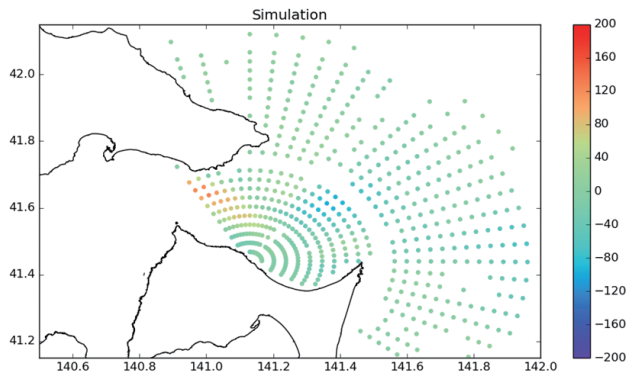
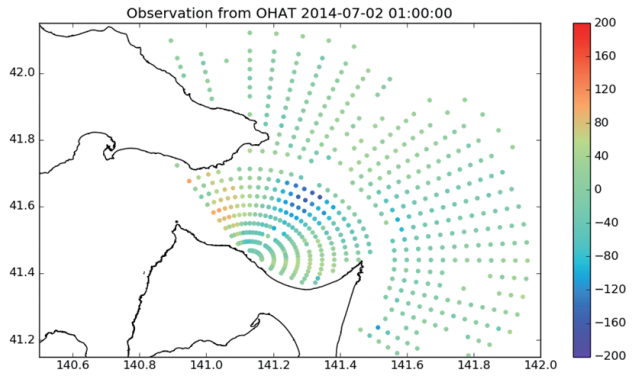


図4 海洋短波レーダー(上)とダウンスケーリングモデル(下)で再現された2014年7月2日の表面流速分布。

この図に見られるように領域西端における基地局向きの流れや領域中央の沖合向きの流れがよく再現されており、定量的にはやや流速の違いはあるものの津軽暖流の特徴をよく再現している。現在はそのほかの地上局データについても比較を進めるとともに、調和解析を行って潮流成分を分離した比較を行うなどさらなる解析を行っている。

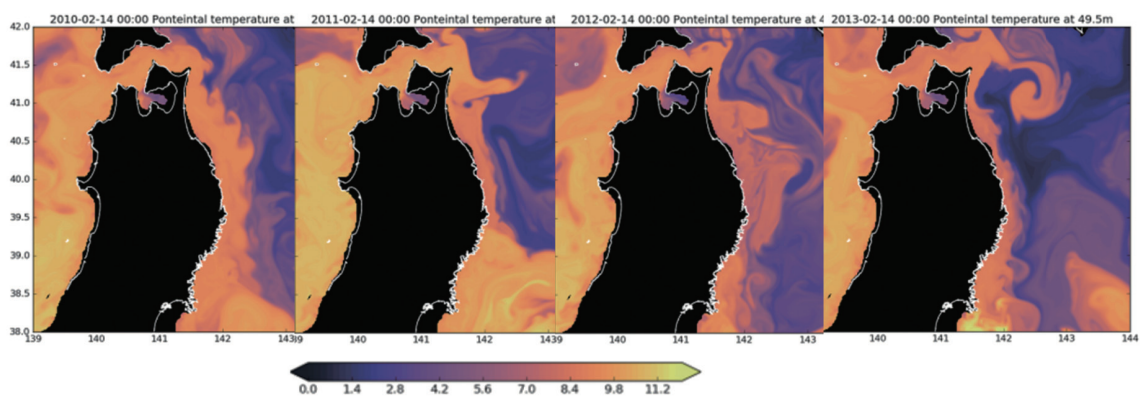


図3 2010年から2013年の2月14日における50m深水温分布

Development of Advanced Data Assimilation System and Production of Reanalysis Dataset

Project Representative

Yoichi Ishikawa Center for 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}, Tsuyoshi Wakamatsu^{*1}, Yusuke Tanaka^{*1}, Masafumi Kamachi^{*1}, Tsurane Kuragano^{*2}, Yasushi Takatsuki^{*2}, Yosuke Fujii^{*2}, Norihisa Usui^{*2} and Nariaki Hirose^{*2}

*1 Center for Earth Information Science and Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, *2 Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

We operated the real-time marine environment forecasting system using the 4 dimensional variational method ocean data assimilation system, and provided the data to the estimation system of potential fishing zone of flying-neon squids in summer. In addition, we developed dynamical downscaling technique for high-resolution ocean model based of FORA-WNP30, which is developed by special promoted theme on Earth simulator in FY2015.

Keywords: Data assimilation, Ocean forecasting system, downscaling

1. Introduction

In this theme, we improved the 4-dimensional variational data assimilation system developed in the collaboration between the Center for Earth Information Science and Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (CEIST, JAMSTEC) and the Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency (MRI, JMA) and operating real-time data assimilation system and producing reanalysis dataset. In this fiscal year, we tried real-time operation of the North Pacific Central Model for providing information for the summer operation of flying-neon squids and also developed downscaling technology for advanced use of marine reanalysis data.

2. Operation of real-time data assimilation system

For the 4-dimensional variational data assimilation system developed so far, we also conducted operational tests of the real-time marine environment prediction system for the central North Pacific. Figure 1 shows the sea level height distribution on June 12, 2016, showing the analysis and the 9day forecast value together with observation values. Since the observed values are directly assimilated, the analytical values reproduce vigorous vortex activity especially in the western side of the prediction area well, but the result of the 9day forecast value is not much deviated from the observation value, which means that our assimilation/prediction system have an sufficient forecast skill.

3. Development of downscaling model

The high-resolution reanalysis data set (FORA - WNP 30)

prepared in the FY2005 Earth Simulator Special Task is used in various fields as a data set reproducing the Kuroshio, Oyashio and its realistic fluctuations and the request for data provision continues. However, the horizontal resolution of FORA-WNP 30 is 10 km, and it can not necessarily be said that the coastal oceanic variability is sufficiently reproduced. Therefore, in this theme, we developed a downscaling system to drive a higher

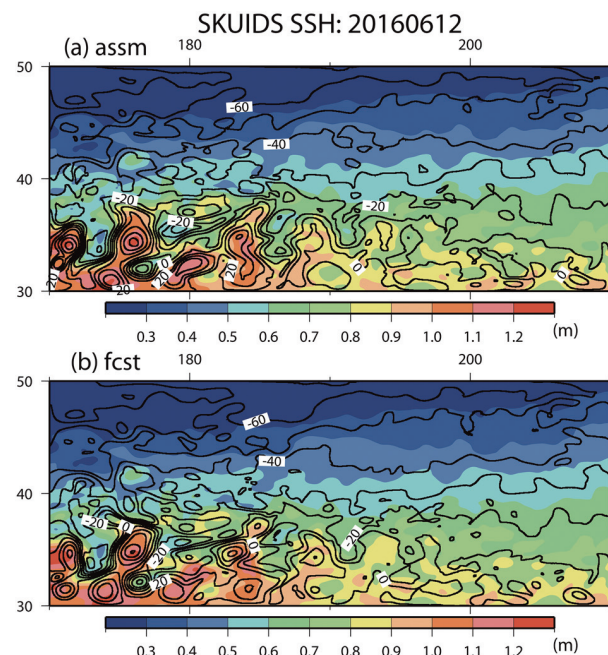


Fig.1 Map of Sea Surface Height on July 12, 2016. Contour shows (upper) analysis and (lower) 9day forecast. Color tone shows observation data provided by AVISO.

resolution ocean model with FORA-WNP 30 as horizontal boundary condition, in which we propose advanced use of data assimilation products, and to create further detailed data set for the coastal area of the Tohoku region.

The model for downscaling (THK50) has 5 times the resolution (1/50 degree) of FORA-WNP30 and covers the area shown in Fig. 2. In addition, tidal currents are an important factor in ocean current variability in coastal areas, but tidal components were not included in FORA-WNP30. In THK50, the tidal component is added to the horizontal boundary condition, and the tidal elevation / tidal current is also reproduced by considering the tidal force inside the area.

In order to evaluate the performance of this downscaling model, we created a data set for 10 years from 2006 to 2015. Figure 3 shows the temperature distribution on 50 m depth on February 14 from 2010 to 2013.

On the Pacific coast of Tohoku region, there is warm water originated from Tsugaru warm current, and the cold-water area of Oyashio spreads off the coast, but the distribution has large variability from year to year as seen in Fig. 3. It was shown that it is well controlled by the boundary conditions given from FORA-WNP30. Furthermore, smaller scale structure was reproduced at the boundary between the warm water area and the cold-water area, and it was possible to express more detailed variability than the meso-scale fluctuation by increasing the resolution.

Furthermore, in order to investigate the reproducibility of

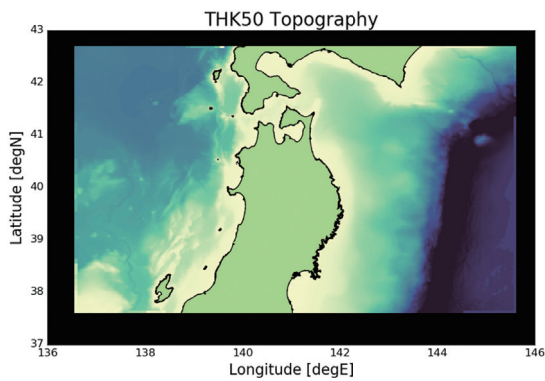


Fig. 2 Bottom topography of Tohoku model.

the data set, we compared the current observation data by the ocean radar (HF radar) operated at JAMSTEC Mutsu Research Laboratory. Fig. 4 is a diagram converted to the flow velocity in the line-of-sight direction in accordance with the radar data, based on the result of the down-scaling at the same time as the flow velocity data in the line-of-sight direction observed at 1:00 AM on July 2, 2014 at HF Radar Ohata Station Respectively.

As shown in this figure, the flow toward the base station at the western end of the region and the flow toward the offshore direction at the center of the region are well reproduced. It means that our down-scaling model can reproduce the characteristics of Tsugaru warm current structure well although there is a slight difference in flow speed. At present, we are going to compare other station data as well as conduct further analysis such as performing harmonic analysis and comparing tidal current components.

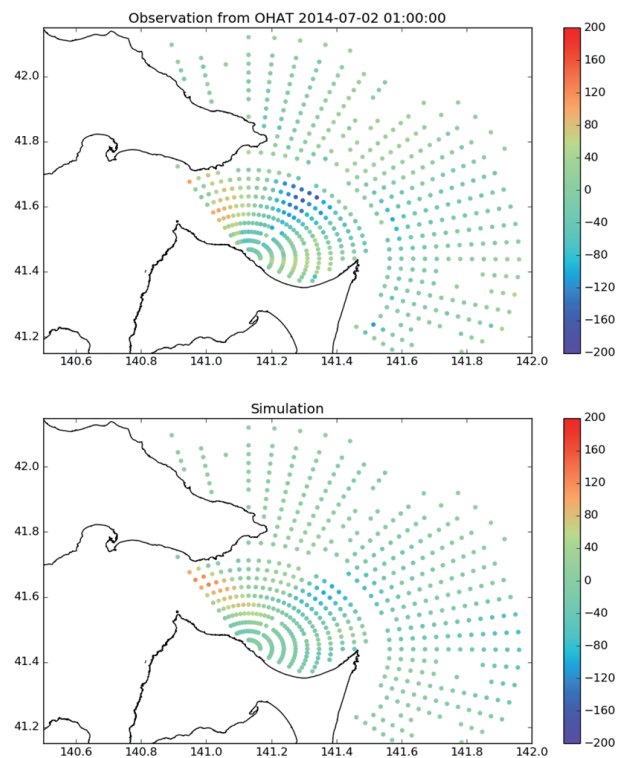


Fig. 4 Surface current distribution on July 2, 2014 (upper) observed by HF radar, (lower) produced by downscaling model.

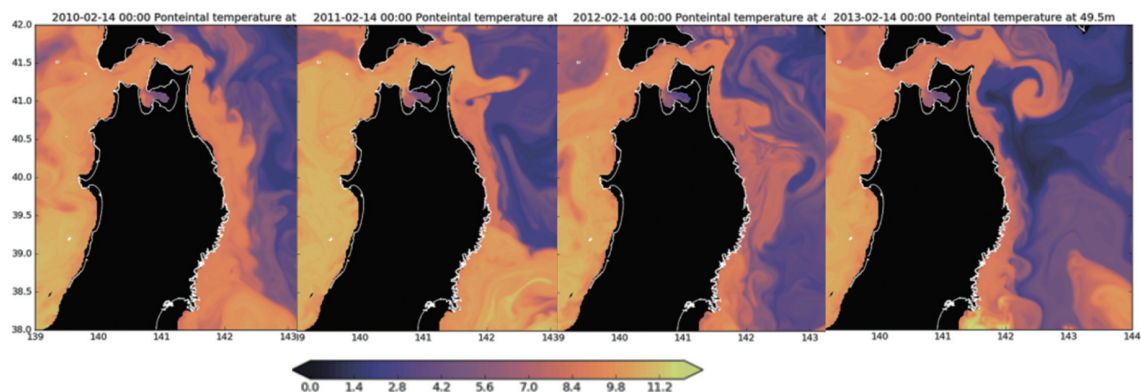


Fig. 3 Distribution of temperature at 50m depth, on Feb.14 2010-2013.