



## 第2章 応用編

### 2.6日本沿岸海況監視予測システムの 運用開始

気象庁は、海上交通・水産業・マリンレジャー等の多様な海洋関連の活動を支援するために欠かせない水温や黒潮・親潮といった主要な海流等の実況把握・予測を目的として、海況監視予測システムMOVE/MRI.COMを運用している。

2008年3月から運用している北西太平洋海洋データ同化システムMOVE/MRI.COM-WNP(石崎ほか2009)は、水平解像度約10 kmの北西太平洋海洋モデルと3次元変分法(3DVAR)による海洋データ同化システム等から構成され、黒潮・親潮などの主要な海流や水温の情報提供で有効活用されてきたが、水平解像度等の制限から沿岸域の小スケールの現象の再現が課題となっていた。このような近年の沿岸付近の詳細な海況情報や日本沿岸の潮位変動(異常潮位等)等沿岸防災の実況把握・予測のニーズに応えるため、気象庁本庁と気象研究所では日本沿岸海況監視予測システムMOVE/MRI.COM-JPN(JPNシステム)の開発を行い、令和2年10月28日(10月27日00UTC初期値)より運用を開始した。旧システムは現在並行運用中だが、令和4年3月に運用を終了する予定である。ここでは、現業運用を開始したJPNシステムの概要を旧WNPシステムと比較しつつ述べ、その解析・予測精度を報告する。

# 日本沿岸海況監視予測システムの運用開始 (MOVE/MRI.COM-JPN)の特徴

解析システム(データ同化)  
Multivariate Ocean Variational Estimation

海洋モデル(予測)  
Meteorological Research Institute Community  
Ocean Model

予報モデルで一番内側の領域

	旧システム (北西太平洋海洋データ同化システム)	新システム (日本沿岸海況監視予測システム)	新システムの特徴
海洋モデル	MRI.COM Ver.2.4	MRI.COM Ver.4.6	
海洋モデルの水平解像度 (東西×南北)	1/10° × 1/10° (北西太平洋モデルの日本近海域) 1/2° × 1/2° (北太平洋モデル)	1/33° × 1/50° (日本近海モデル) 1/11° × 1/10° (北太平洋モデル) 1° × 1/2° (全球モデル)	日本全域を水平解像度2kmでカバースケール現象を表現
ネスティング	一方向オフライン	双方向オンライン (全球-北太平洋モデル)	ネストモデルとの海水体積が保存水位の信頼性が向上 長期積分にも有効
鉛直座標系	$\sigma$ -z座標(最小22m水深)	z*座標(最小8m水深)	浅海域の海底地形を詳細に解像
同化手法	3次元変分法	4次元変分法(北太平洋モデル)+ インクリメンタル法(日本近海モデル)	短周期変動を適切に同化
潮汐過程	なし	あり(主要8分潮)	潮汐と海況の相互作用を表現
海面気圧の効果	なし	あり(気圧による吸い上げ・押し下げ効果)	気象要因の潮位変動を適切に表現
河川水	なし	あり(JRA55気候値)	沿岸域の塩分場を適切に表現
海水密接度	MGTSSST(0.25°)	海水速報解析(0.02°)	オホーツク海の海水分布を適切に表現

表に新旧システムの仕様概要を示す。比較のため、同表には旧システム(WNP-3DVAR)の仕様も示している。JPNシステムでの大きな改善点の一つとして、北太平洋の解析システム(NPR-4DVAR)に4次元変分法(4DVAR)を採用したことがあげられる。旧システムの3次元変分法(3DVAR)から4DVARに高度化されたことにより、短周期の海況変動の再現性が向上している。そのことを示す比較検証結果については後のスライドで示す。

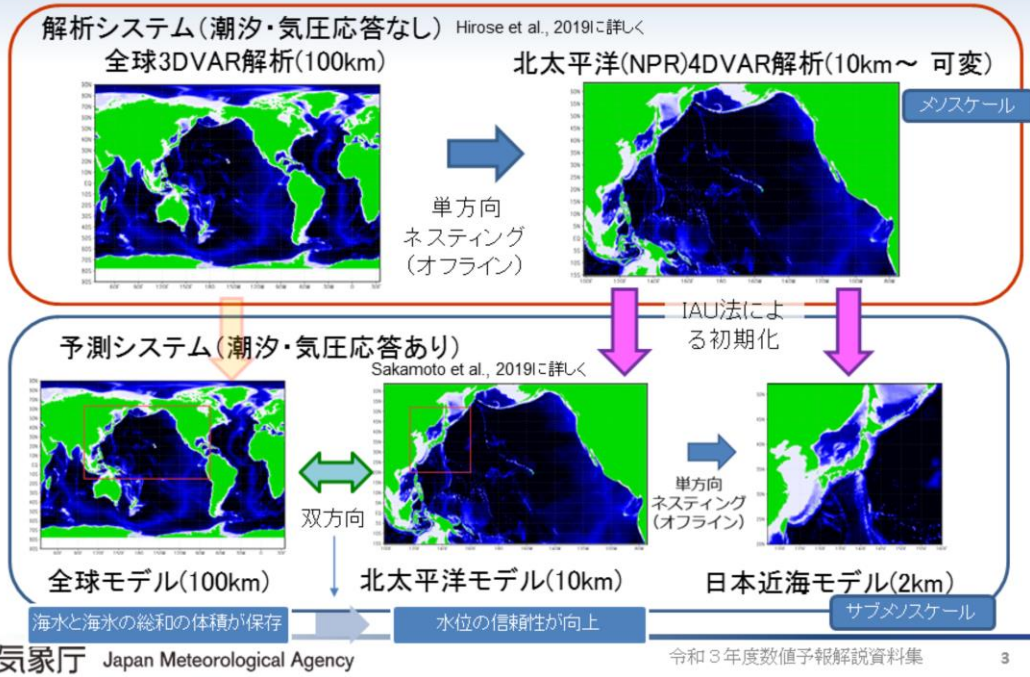
予測システムは、水平解像度2 kmの日本近海モデル(JPN)を核として、北太平洋モデル(NP)、全球モデル(GLB)から構成される。

予測システムの改善点としては、

- ・日本近海モデルの水平解像度が2 kmと旧システムの10 kmより高解像度になり、沿岸域の地形がより詳細になった
- ・高精度の移流スキーム(Second Order Moment,SOM)の採用により、前線波動に伴う暖水波及やストリーマーなどの再現性向上
- ・新しい鉛直座標系(z\*座標)の導入により従来よりも浅い海底地形を表現
- ・河川流入水の効果を取り入れた
- ・潮汐過程を陽に計算し、潮汐混合の水温・塩分への影響も適切に再現
- ・海面気圧による水位の変動の効果が取り入れられ、沿岸の潮位変動の再現性向上

など、多くの点が挙げられる。また、GLBとNPの予測は双方向オンラインネスティングを用いて同時に実行される。これにより、質量やフラックスなど保存性が重要な変数について、両モデル間で保存性を保った予報が可能となった。予測システムの初期値は、Bloom et al. (1996)のIncremental Analysis Update (IAU)の手法を用いて、予報開始前の3日間に対して海洋モデルを実行しながらモデルの水温・塩分場を速報解析の水温・塩分に近づけるよう修正することで作成される。海水の初期化については、JPNでは海水速報解析の密接度を、GLBとNPはCOBE-SST(Ishii et al. 2005)の海水密接度を参照してナッジングすることで、海水の実況を初期値に反映する。予報期間は、JPNについては11日間、NPおよび10GLBは1ヶ月である。NPおよびGLBの一か月延長予報は、気象庁が毎月発表する海面水温・海流一か月予報の基礎資料等の用途で使用するために実行される。

# 日本沿岸海況監視予測システムの運用開始 (MOVE/MRI.COM-JPN)の特徴



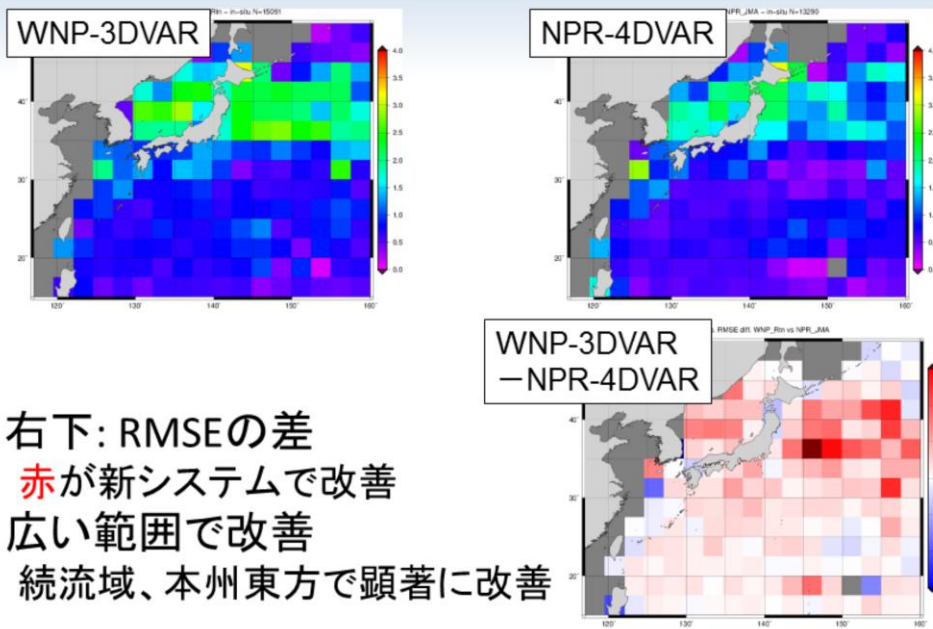
JPN システムの構成図を示す。本システムは、解析システムである海洋データ同化システムMOVE/MRI.COM(Usui et al. 2015; Hirose et al. 2019) と、予測システムである気象研究所共用海洋モデルMRI.COM(Tsujino et al. 2017; Sakamoto et al. 2019) から構成される。双方向オンラインにより、親モデルと子モデルの場が滑らかに繋がりがり、側面境界の不連続性を解消、ノイズの発生も抑制される。

## 日本沿岸海況監視予測システムの運用開始 解析・予測精度比較

- JPNシステムの精度を評価するために、解析(NPR-4DVAR)・予測それぞれについて過去実験を実施し、旧システム(WNP-3DVAR)との精度比較を行った。
- 現場観測(アルゴフロート、船舶、漂流ブイ等)データを真値として、水温を検証
- 解析
  - NPR-4DVAR遅延解析
  - 解析実験期間: 2018年1月～2019年12月
- 予測
  - JPNモデル
  - 予報実験期間: 2019年9月～2020年5月

JPNシステムの精度を評価するために、解析(NPR-4DVAR)・予測それぞれについて過去実験を実施し、旧システムWNP-3DVARとの精度比較を行った。

# 日本沿岸海況監視予測システムの運用開始 解析精度(水温RMSE 100 m)



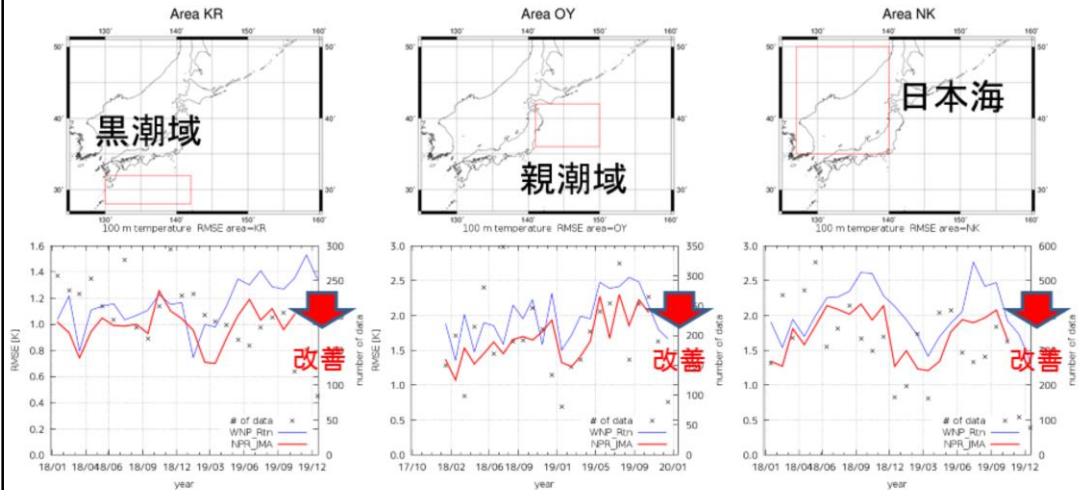
遅延解析の実験期間は2018年1月～2019年12月である。現場観測データ(フロート、船舶、ブイ等)と観測点直近格子の解析値との差を誤差として解析精度を検証した。NPR-4DVAR, WNP-3DVARの日本近海の100 m 深水温のRMSE 比較結果を図に示す。NPR-4D-Var では広い範囲でRMSE が減少し、特に黒潮続流域・本州東方で顕著に改善していることが確認された。1, 50, 200, 400 m 深水温でも同様の改善が認められた(図略)。

# 日本沿岸海況監視予測システムの運用開始 解析精度(水温RMSE 100 m)

## 海域別(黒潮域、親潮域、日本海)時系列

WNP-3DVAR vs NPR-4DVAR

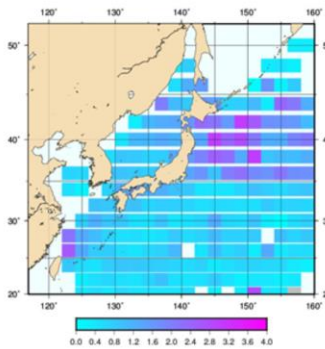
- ✓ 全般に NPR-4DVAR のRMSEのほうが小さい(改善)
- ✓ 黒潮域・親潮域では2018年秋から冬にかけて一時 WNP-3DVAR と同程度



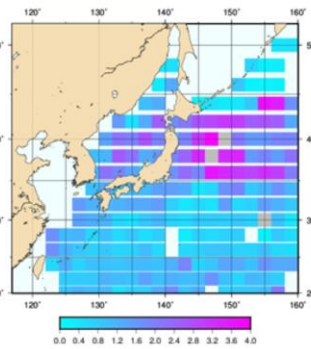
北太平洋モデルの解析精度(RMSE)を図に示す。黒潮域、親潮域、日本海域とも、旧WNPシステムにくらべてRMSEが小さく、改善していることが分かる。

# 日本沿岸海況監視予測システムの運用開始 解析精度(水温RMSE)

JPN(11日目) 1 m



JPN(11日目) 100 m

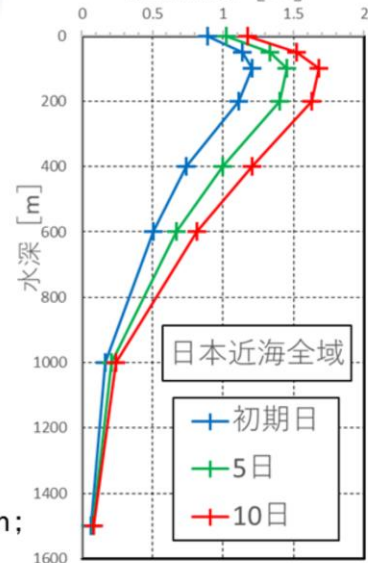


上: 本州東方で大(解析と同様)

右: 水深別RMSE

- 100 m付近で最大
- 10日予測値のRMSEは初期日の約1.4倍(100 m; 他の水深でも同程度)

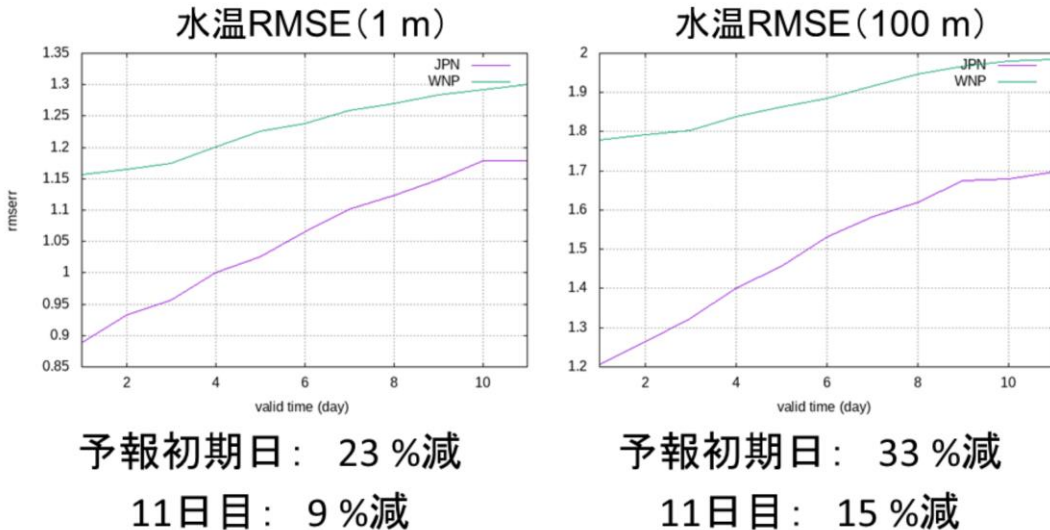
水温RMSE [°C]



水温のRMSEは水深100メートル付近で最大となる。水深100メートルでの10日予測値のRMSEは初期日の約1.4倍で、他の水深でも同程度である。

# 日本沿岸海況監視予測システムの運用開始 解析精度(旧システムとの比較)

## JPN と WNP の水温予測値を比較



予測については2019年9月1日から2020年5月31日までを初期日とする実験を行った。JPN領域全域を対象に100m深水温でRMSEを比較した結果、JPNシステムのRMSEは旧WNPシステムに対し、予報1日目では33%、予報11日目では15%ほどRMSEが減少しており、JPNシステム導入により、予報精度も改善することが確認された。