

アンサンブルカルマンフィルタ海洋データ同化システムの開発と瀬戸内海流動への応用

王 鴻鑫¹・黒澤 賢太²・内山 雄介³

¹正会員 本州四国連絡高速道路株式会社 (〒651-0088 神戸市中央区小野柄通4-1-22)

²Dept. Atmos. & Oceanic Sci., University of Maryland (4254 Stadium Dr, College Park, MD 20742, USA)

³正会員 神戸大学教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail:uchiyama@harbor.kobe-u.ac.jp (Corresponding Author)

瀬戸内海は地形、淡水流入、黒潮流路変動に伴う通過流変動などの影響を強く受けるため、そこでの流動や水質は極めて複雑であり、通常の数値モデルによって3次元流動場を正確に表現することを困難にしている。これに対して、観測データをモデルに融合させるデータ同化(DA)は、モデルの再現性を向上させる手法として期待されている。2017年に打ち上げられた気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)により、従来は陸起源の電磁波ノイズ等による精度劣化の問題があった沿岸域において、高解像度で高精度な海面水温等の衛星データが利用可能となった。本研究では、瀬戸内海全域を対象としてEnsemble Kalman Filter法に基づくDA海洋モデルを開発し、GCOM-C観測システムがDA海洋モデルの再現性に及ぼす影響を定量的に評価するとともに、瀬戸内海流動の特性に起因する課題の整理を行った。

Key Words : ensemble Kalman filter (EnKF), data assimilation, GCOM-C, ROMS, Seto Inland Sea

1. はじめに

瀬戸内海における高精度な海況予報は、防災・港湾・海上交通・水環境・水産資源の管理など、様々な分野から期待されている^{1,2)}。瀬戸内海は比較的閉鎖性の強い内海域であり、潮汐変動や局所的な気象擾乱に影響されると同時に、東西に開口する豊後水道・紀伊水道を通じて黒潮流路変動などの外洋からの影響も強く受けている。そのため極めて複雑な海況が形成され、通常の数値モデルによって3次元流動場を詳細かつ正確に表現するには技術的に困難な面がある。これに対して、より精緻な内部流動の再現性が求められる状況下では、現地観測データを同化することにより数値モデルの再現性を高める手法であるデータ同化(以下DA)が有効である³⁾。DAは予測・再現精度の向上に資するだけでなく、従来のモデルでは十分に表現できなかった現象を再現し、海洋学や気象学の発展に貢献してきた側面もある⁴⁾。

DAを行う際には最適なDA法を選択することが重要である。最適内挿法のような初期のDA法では、モデル予報値と観測値の間の力学的なバランスを考慮しないため、現在の海洋・気象DA研究ではほとんど用いられない。三次元変分法では力学的なバランスを統計的に評価するが、海洋状態の時間変化が考慮されないため、必ず

しも時空間的に整合の取れた解析値が得られない欠点がある。これに対してアンサンブルカルマンフィルタ⁵⁾

(Ensemble Kalman Filter, 以下EnKF)法は、時々刻々変化する誤差情報を総合的に考慮し得る点などで三次元変分法より優れている。四次元変分法などのより高精度なDA法と比較すると、EnKF法はベースとなる数値モデルを改造することなく、そのまま適用できる利点がある。

一方で、高精度なDAモデリングを行うためには、より高品質・高解像度・高頻度の現地データが欠かせない。瀬戸内海を含む沿岸域における海洋DAでは、従来は陸起源の電磁波ノイズ等による精度劣化問題もあって、十分な範囲・解像度・精度の衛星観測データが得られなかった^{6,7)}。しかしながら、2017年に打ち上げられ運用が始まった新型人工衛星「しきさい(GCOM-C)」などにより、瀬戸内海のような沿岸域や内湾域であっても高解像度・高精度の観測データが利用可能となりつつある。

このような背景の下に、本研究では、瀬戸内海における数値海洋モデルの再現性を向上させること、GCOM-Cシステムの観測点配置がモデル再現性に及ぼす影響を検討することを主たる目的として、EnKFデータ同化法を領域海洋循環モデルROMS⁸⁾に組み込み、ROMS-EnKFシステムを開発する。さらに、観測システムシミュレーション実験(Observing System Simulation Experiment: 以下

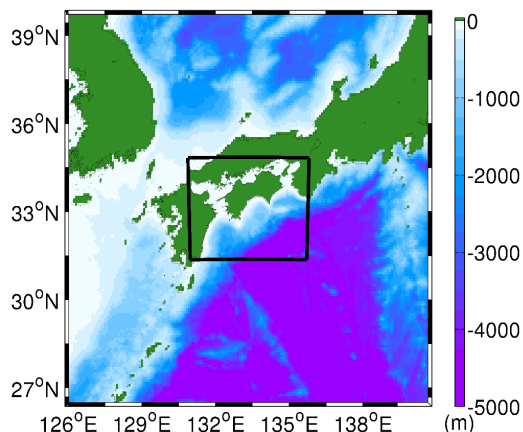


図-1 瀬戸内海 Compact-ROMS モデル計算領域 (黒枠) と水深 (カラー, 単位: m)

OSSE) を用いた数通りの同化実験を行い, 開発した ROMS-EnKF システムと GCOM-C 観測システムについての性能評価および各種の技術的・科学的検討を行う。

2. 研究方法

(1) 瀬戸内海 Compact-ROMS モデル

本研究は, DAシステム開発とOSSEによる性能評価を効率的に実行することを意図して, 多数のアンサンブル計算を要するEnKF法と, 瀬戸内海流動を精度良く表現するために必要なモデル解像度とのバランスを考慮し, Kurosawaら⁹⁾によって瀬戸内海用に開発されたCompact-ROMSモデルを用いることとした(図-1)。Compact-ROMSは, 水平解像度 1/12 度 (約10 km) のDA海洋再解析値JCOPE2に直接ネスティングさせた中解像度の3次元瀬戸内海流動モデルであり, 計算領域は瀬戸内海全域および九州東岸・四国南岸沖の黒潮流路を含む東西448 km, 南北384 kmである。これを224×192×鉛直20層グリッドで解像し, 水平解像度2 kmの計算を実施した。数値モデルの計算条件については表-1に示すとおりである。

(2) EnKFデータ同化システム

本研究では, 気象学分野で広く用いられる EnKF 法に基づく DA ルーチンを 3次元領域海洋循環モデル ROMS に組み込み, ROMS-EnKF システムを開発する。EnKF 法は線形最小分散推定法を基礎とする DA 法であり, アンサンブル予報とデータ同化を組み合わせた同化手法である。EnKF 法による DA では, 数値シミュレーションモデルの予報値 x_i^f を第一推定値とし, これを観測値 y_i^o によって適当な重み K_i で修正し, 解析値 x_i^a を算出する。

$$x_i^a = x_i^f + K_i \{y_i^o - H_i(x_i^f)\} \quad (1)$$

表-1 瀬戸内海 Compact-ROMS モデル計算条件一覧。

計算期間	2014年4月1日~2015年3月31日
格子数	224×192×鉛直20層
計算時間ステップ	120秒
風応力	気象庁 GPV-MSM (1時間ごと)
海面フラックス	COADS (月平均気候値)
海表面温度	Pathfinder-AVHRR (月平均気候値)
海底地形	SRTM30 PLUS+J-EGG 500,
境界条件	JCOPE2 再解析値 (日平均値)
潮汐	TPXO 7.2 (主要 10分潮)
水平解像度	2.0 km

$$K_i = P_i^f H_i^T (H_i P_i^f H_i^T + R_i)^{-1} \quad (2)$$

ここに, $i=1, 2, \dots, N$ (N は観測データの総数), H_i は観測演算子, P_i^f はモデル解析誤差共分散, R_i は観測誤差共分散である。

本研究で開発した ROMS-EnKF システムでは, Whitakerら¹⁰⁾による逐次アンサンブル平方根フィルタ法 (Serial Ensemble Square Root Filter: Serial EnSRF) を用い, アンサンブルを処理して解析誤差共分散を計算する。アンサンブルメンバーの選択方法について, Miyoshiら¹¹⁾はモデルによる長期計算からランダムに抽出した時刻の予報場を初期アンサンブルメンバーに選ぶことで, 良好な同化結果が得られると報告している。本研究もこれらの先行研究にならぬ, Compact-ROMS による瀬戸内海流動長期計算 (1年分) の中からランダムにアンサンブルメンバーを選択する。使用できる計算資源や効率性などを考慮し, 本研究ではアンサンブル数を 10 としデータ同化を行うこととする。モデル誤差を正確に評価するために, 本研究では誤差共分散局所化 (covariance localization) と共分散膨張 (covariance inflation) を行なっている。

(3) 観測システムシミュレーション実験 (OSSE)

OSSE とは, 仮想的な観測システムを計算機に構築し, DA と観測システムの振る舞いを評価する手法である。本研究では, GCOM-Cによる観測データ (海表面温度: SST) を同化させた DA システムの機能評価を行うために, GCOM-Cによる高精度・高解像度な沿岸域 SST データを ROMS-EnKF システムに使用するという仮想的な条件を仮定し, OSSE 方法の一つである NR-OSSE 法¹²⁾を用いて同化実験を行う。NR-OSSE ではまず, モデルによる長期計算結果を仮想的な「真」の大気・海洋状態 (仮想真値: Nature Run, 以下 NR) とし, NR に観測誤差を付加することで仮想観測データを生成する。この仮想観測データを同化させるための実測データと仮定して DA システムに入力し, 同化実験を行う。真値を NR と仮定しているため既知であることから, 現実の問題を取り扱

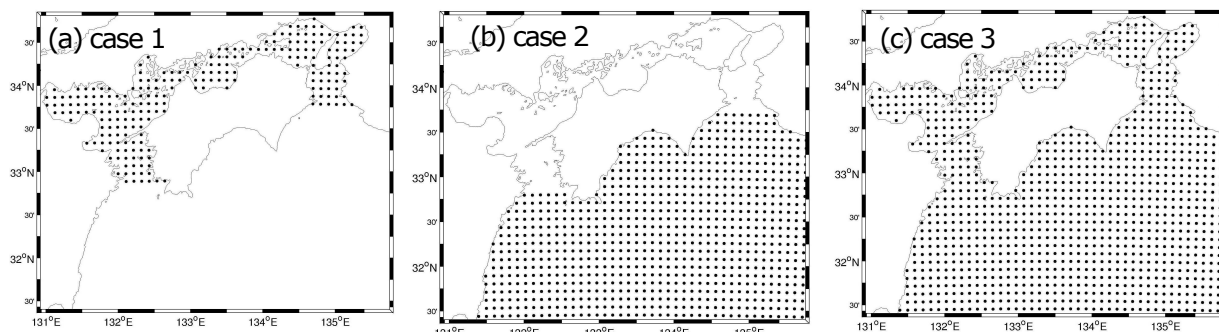


図-2 DA実験仮想観測網(黒点)。(a)内湾域のみに仮想観測データを与えたケース1(ケース2の対照ケース)，(b)従来型衛星の観測システムを模したケース2(内湾域は欠測と仮定)，(c)GCOM-Cの観測システムを模したケース3。

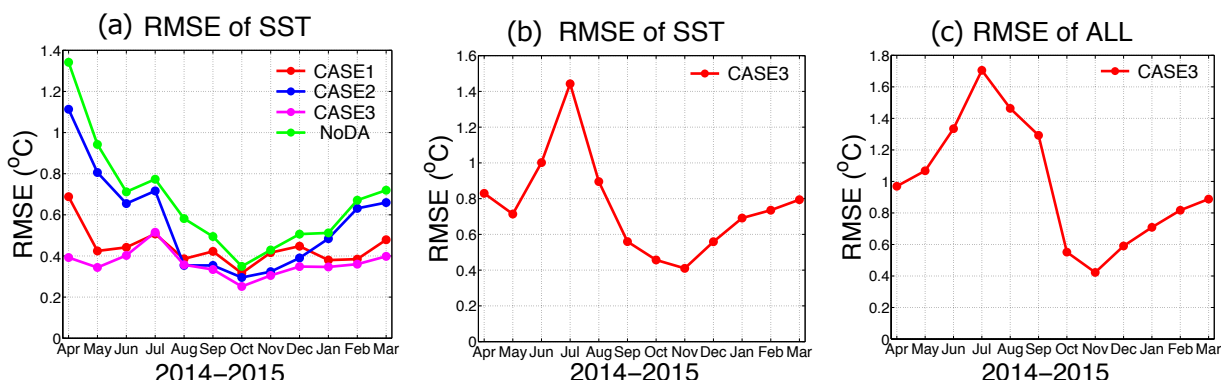


図-3 月平均水温RMSE(二乗平均誤差)の時系列変化。(a)計算領域全域における表層水温のRMSE(ケース1~3)およびDAなし(NoDA)，(b)豊後水道海域における表層水温のRMSE(ケース3)，(c)豊後水道海域における全鉛直層内の水温に対するRMSE(ケース3)。

う場合に比べて、同化に必要な統計パラメーターの設定や、同化結果の精度評価を容易かつ明確に行える。そのため、NR-OSSEは現業のDA研究におけるDAシステムのパフォーマンス評価に広く利用されている。

3. 表面水温(SST)同化実験

GCOM-CによるSSTを同化させたDAシステムの機能評価を行うために、計算値の1つを真値と仮定した仮想観測データを用いたOSSEを行った(以下同様)。まずはGCOM-Cの導入効果を計測するために、3通りのSST水平分布を与えて同化計算を行い、計算値と真値の間の二乗平均誤差RMSEを比較する。ここで、ケース1(図-2a)は内湾域のみにSSTを与えたケース2の対照ケース、ケース2(図-2b)は従来型衛星を模して内湾域でのデータが欠損した分布を与え、ケース3(図-2c)はGCOM-Cを想定して外洋域・内湾域の両方にSSTを与えた。ケース1~3において与える観測点数はそれぞれ230, 870, 1100点であり、瀬戸内海Compact-ROMSモデルの最表層の水温に対して同化サイクル6時間で同化を行った。

図-3aに、3通りの同化実験による月平均海面水温(SST)の二乗平均誤差(RMSE)を示す。なお、各ケースの計算結果は6時間平均値として1年分出力し、

SSTもしくは全層3D水深に関して仮想真値からのRMSEを各格子点で月ごとに求め、任意の領域について空間平均した値を時系列表示する(以下同様)。また、比較のために表示する「NoDA」は、DAを行わないケースである。ただしNoDAはNRではなく、ケース1~3と同一のランダム初期値からのアンサンブル計算結果であり、初期値誤差の分NRから乖離していく点に留意されたい。

まず、図-3aはDAありの3ケースはいずれもNoDAよりもRMSE値が低い(誤差が小さい)ことを明示しており、EnKFによるDAによって再現精度が大幅に向上し、DAシステムが期待通り良好に機能していることが確認される。ケース1とケース2のRMSE値変化を比較すると、特に計算開始から4ヶ月後までの期間において、観測点が少ないケース1の精度は明らかに観測点が多いケース2より高い。つまり、計算期間が数ヶ月の場合に関しても、瀬戸内海DA計算にとって、沿岸域のSSTデータの利用は外洋域のSSTよりも再現性の向上に資することが分かる。また、通年のRMSE変化を総合的に分析すると、ケース3は誤差が最も低下するだけでなく、再現精度の月別差が小さくより一定であり、他のケースよりも安定してDAが機能していることが分かる。すなわち、内湾域でのSSTをも与え得る新しいGCOM-C衛星

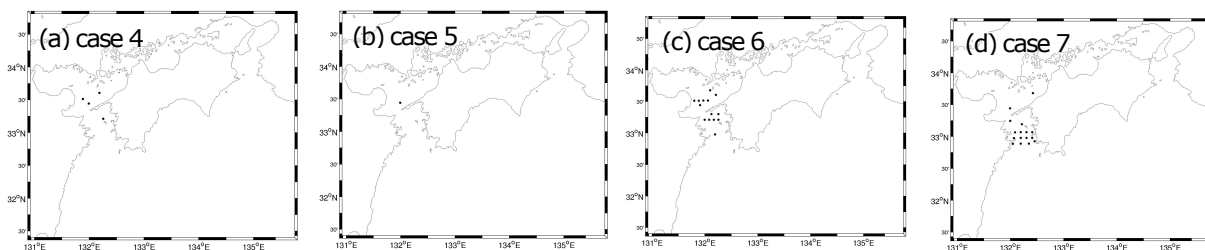


図4 DA実験仮想観測網. 左からケース4~7の追加観測点のみを表示. 表層観測はケース3(図2c)と同じであり, 各図の黒点の位置(豊後水道海域)に鉛直水温観測ブイ(仮想サーミスターチェーン)が設置されている状況を想定.

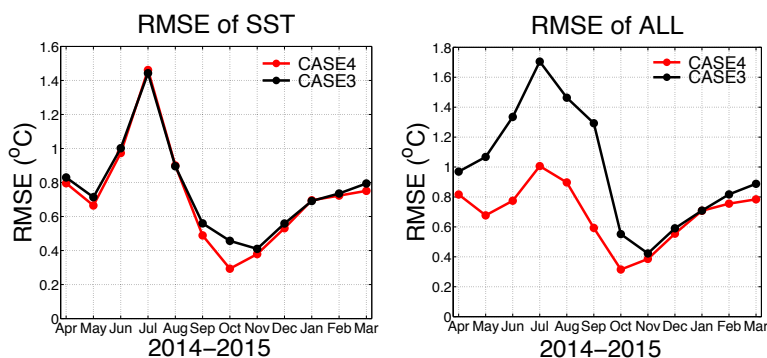


図5 豊後水道海域における月平均水温のRMSE. ケース4(赤)とケース3(黒, 図3と同じ)の比較. 左: 表層水温(SST), 右: 全層水温.

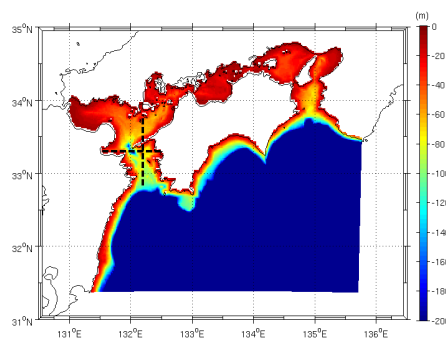


図6 断面水温図(図7)で用いる2本の検査線(南北, 東西ライン)の位置.

データのDAに対する有用性・優位性が実証された.

一方で, 瀬戸内海の各湾・灘域ごとにRMSEを詳細に解析したところ, 他の海域と比較して豊後水道海域でのモデル誤差が明らかに大きいことが分かった(図3b). 表層 RMSE 値は春から秋にかけて大きく増大して最大1.5度近くにも達し, これが全域での RMSE の精度劣化(図3a 各ケースにおける7月のRMSEピーク)の主因となっていた. そこでさらに豊後水道の全層 RMSE, すなわち SST だけではなく鉛直20層全ての水温に対してRMSEを求めた(図3c). 全層 RMSE 値は最大1.7度に達しており, 表層 RMSE の1.4度よりもさらに劣化していることが分かる. したがって, 豊後水道海域では他海域よりモデル精度が低く, 特に下層では無視できない程度の精度低下が生じることが確認された.

4. 鉛直観測データ追加実験

(1) 豊後水道海域への仮想鉛直水温観測ブイの導入

前章の結果より, DAシステムの精度向上に対しては豊後水道海域における表層以下の水温再現がポイントになることが示唆された. そこでDAモデルの再現性をさらに向上させるために, ブイによるサーミスターチェーン鉛直水温観測を模した仮想観測網を追加した同化実験を行う. 追加ケース4~7では表層SSTはいずれもケース3の仮想観測網(図2c)を使用し, 豊後水道海域の表層以下の全層に鉛直観測点を追加した. 仮想ブイの位置は図4に示す通りである. まず, ケース4では佐田岬(豊

予海峡)北部に3点, 南部に1点の計4点の仮想ブイを設定する(図4a). 数値計算上は, 図4aの黒点位置の各グリッドにおいて表層から底層までの鉛直20層のそれぞれを仮想観測点とし, NRを用いてDAを行う(以下同様). 当然ながら同化のための仮想ブイの数は多いほど精度向上に資することが予想されるが, 実務上はあまりに多数の定点ブイを常設することは非現実的であると考え, ケース4の4点設置をベースラインケースとした. さらに仮想ブイの数や設置位置に関して知見を得るため, 対比ケースを3ケース設定した. ケース5は観測ブイ数を減らして佐田岬北部に1点のみとした(図4b). ケース6と7は観測数を増やして豊後水道域に16点設置した. ただし, ケース6では佐田岬を中心にほぼ対称に設置(図4c)したのに対し, ケース7は黒潮の影響を想定して南部海域により多くのブイを設置した(図4d).

(2) 仮想サーミスターチェーンの導入効果

図5から, 表層水温の再現精度は, 当然ながら同化データ数を増やしたケース4のほうが向上するが, その程度は小さく, 精度劣化が最も著しい7月のRMSEは概ね同程度の値である. ところが, 全層水温のRMSEには鉛直観測点の効果が明瞭に現れており, 大きな改善が見られる. ケース4のRMSE値は通年で1.0度以下に低減しており, 特に成層期である4月から10月の精度向上が目まじしい. そこで次に, 豊後水道を縦断する南北断面(図6参照)における水温の鉛直構造からモデル精度の向上効果を確認する(図7). 仮想真値(NR)と比較する

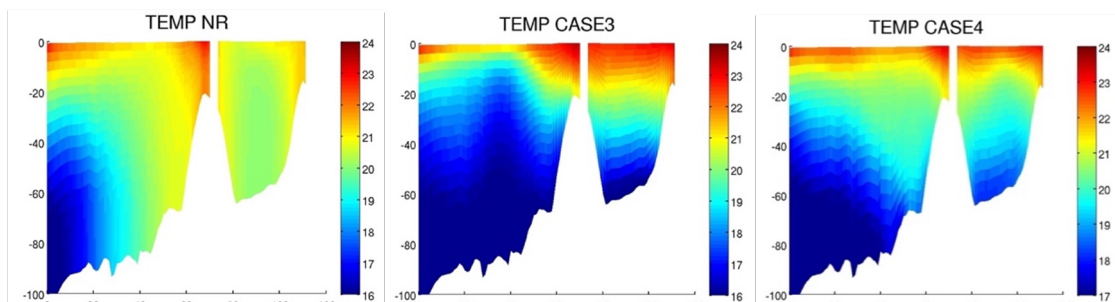


図-7 南北ライン(豊後水道入口から伊予灘北岸へ向かって北向きを取った検査線, 図-6参照)に沿った鉛直断面内における7月の月平均水温分布. 縦軸:水深(m), 横軸:北方向距離(km), カラー:水温(°C). 左から Nature Run (NR, 仮想真値), ケース3 (SSTのみ同化), ケース4 (SST+鉛直ブイ4点同化) に対する結果.

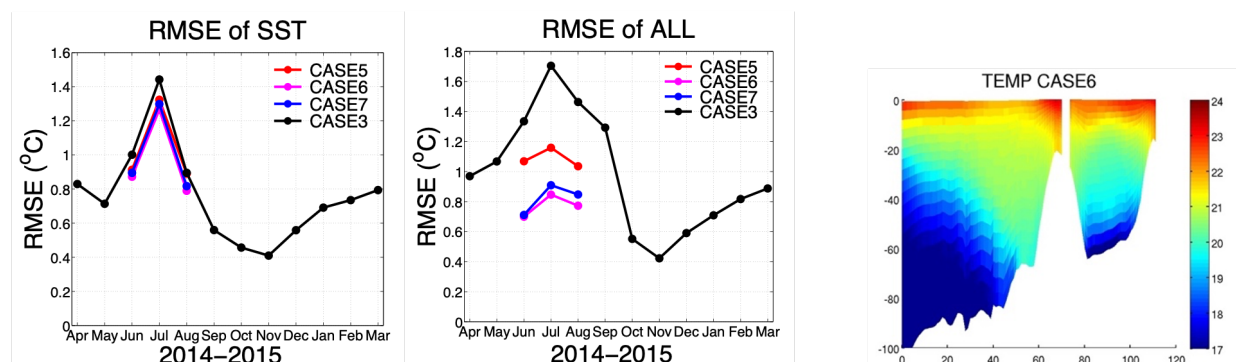


図-8 豊後水道海域における月平均水温のRMSE. ケース5~6およびケース3(黒, 図-3と同じ)の比較. 左:表層水温(SST), 右:全層水温. 図-9 図-7と同じ. ただしケース6(佐田岬南部に均等に16点のブイを設置)の結果.

と, ケース3では水深20~30 m程度の亜表層に極めて強い水温躍層が形成され, 下層水温は17度以下でNRより4度以上低い. 一方, ケース4の水温構造は, NRよりも成層構造が残るものの劇的な改善が見られ, 水温誤差は約1度にまで低下している. つまり, 高々4点の仮想水温鉛直観測点の追加によって, 豊後水道断面を中心に飛躍的に水温再現精度が著しく向上したことが分かる.

鉛直観測網設計指針を得るために実施した追加DA実験ケース5~7の結果を図-8に示す. なお, ケース5~7は計算時間軽減のため, RMSEが最大となる7月を中心に6月から8月までの3ヶ月間のみ計算を行った. 表層水温RMSE値を見ると, ケース5のRMSE値がやや大きいものの, 3つのケースの差はかなり小さく, 鉛直観測ブイの設置方法を変更してもSST推定精度にはあまり影響がないことが再確認できる. 一方, 全層水温RMSEには有意な差が見られる. 鉛直観測点を一点のみ追加するケース5のRMSEが最も大きく, 7月には1.2度近くまで上昇している. 鉛直観測点を16点にしたケース6と7はケース5よりも全層RMSEが大幅に低下しており, 7月はいずれも0.9度以下になっている. また, 佐田岬南部により多数のブイを配したケース7よりも均等に配置したケース6のほうが若干RMSEが低い点も特徴的である.

以上の結果に加え, 計算方法が違うため厳密な比較はできないが, 4点追加したケース4の7月の全層RMSEが1.0度弱であったことを加味すると, 豊後水道海域に鉛

直観測点を設置し, さらにその数を増やすことによって亜表層以下の水温の再現性が向上し, 全体的なDAの性能が良好となることが確認された. しかしながら, 最も成績が良かったケース6の水温鉛直断面分布(図-9)とケース4(図-7)との差は明白ではなく, 観測点の設置にかかる時間や費用を考えると, 豊後水道海域での鉛直観測点数は実用上は4点程度で十分であると言える.

5. おわりに~豊後水道鉛直観測データの重要性

本研究では, EnKF法データ同化(DA)を領域海洋循環モデルROMSに組み込み, ROMS-EnKFシステムを開発した. これを用いて瀬戸内海全域に対するOSSEを行い, DAにより水温の再現精度が格段に向上し, 本システムが良好に機能することを示した. また, 内湾でのSSTも与えることの可能な新型のGCOM-C(しきさい)衛星データを同化することの有用性・優位性を実証した.

一方, 瀬戸内海の各湾・灘域ごとに解析したところ, 豊後水道海域において春夏期の水温再現精度低下が顕在化していた. SSTに加えて, サーミスターチェーン鉛直水温データを導入することによって, 全層で水温の精度が大幅に向上することが分かった. さらに最適な鉛直観測点配置について検討し, 豊後水道中部を中心に多くのブイを設置することで再現性が向上するものの, 実

用性や経済性を考えると、4点程度の鉛直観測点でも十分な精度向上が得られることなどを示した。

豊後水道では、海面加熱と黒潮側からの水平的な移流効果により上層に暖水層が形成され、下層には陸棚斜面に起源をもつ冷水が侵入することにより冷水層が形成される¹³⁾。この冷水侵入現象は毎年繰り返し発生し、底入り潮 (bottom intrusion) と呼ばれる。また、豊予海峡・佐田岬周辺において夏場に発達する厚い混合層は、外洋系水塊の侵入を強く阻害すると言われている¹⁴⁾。つまり、SST 同化モデルでは豊後水道海域における春夏成層期の鉛直混合層が過小評価され、底入り潮の侵入が過度に表現されてモデル精度が低下したと考察される。今回は豊後水道において水温の鉛直分布を追加することで冷水侵入がある程度抑制され、それが精度向上につながったと解釈される。しかし、成層期の表層混合や底入り潮をより精緻に表現するためには、温度風平衡を通じて力学バランスに寄与する密度 (特に塩分) や、あるいは直接的に ADCP 流速などが同化できると、豊後水道での流況再現が飛躍的に向上すると考えられる。この精度向上はひいては、豊後水道を起点とし、瀬戸内海をゆっくりと時計回りに東進する瀬戸内海通過流の再現性向上を通じて、瀬戸内海全域の流況精度向上に資する可能性が高い。

謝辞：本研究は科学研究費 (18H03798, 19H00782) の援助を受けた。

参考文献

- 1) 安田誠宏, 山口達也, 金珠列, 島田広昭, 石垣泰輔, 間瀬肇: 潮汐・高潮・波浪結合モデルとメソ気象モデル WRF を用いた瀬戸内海における高潮再現計算に関する研究, 海岸工学論文集, Vol. 55, pp. 331-335, 2008.
- 2) 中山哲蔵, 八木宏ほか: 瀬戸内海全域を対象とした流動・低次生産モデルの開発及びマコガレイ幼稚仔分散過程への適用, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 65, No. 1, pp. 1126-1130, 2009.
- 3) Usui, N., Ishizaki, S., Fujii, Y., Tsujino, H. & Yasuda, T.: Meteorological Research Institute multivariate ocean variational estimation (MOVE) system: Some early results. *Advances in Space Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 806-822, 2006.
- 4) Miyazawa, Y. et al.: Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis. *Journal of Oceanography*, Vol. 65, No. 6, pp. 737-756, 2009.
- 5) Evensen, G.: The ensemble Kalman filter: Theoretical formulation and practical implementation. *Ocean Dynamics*, Vol. 53, No. 4, pp. 343-367, 2003.
- 6) 碓氷典久, 坂本圭, 小川浩司, 藤井陽介, 辻野博之, 山中吾郎, 倉賀野連, 蒲地政文: 日本沿岸海況監視予測システムによる 2011 年瀬戸内海異常潮位の再現実験, 測候時報, Vol. 81, 特別号, pp. S53-S62, 2014.
- 7) 黒澤賢太, 内山雄介, 三好建正: 3次元変分法を用いた瀬戸内海流動再解析・予報モデルの高精度化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 73, No. 2, pp. I_1663-I_1668, 2017.
- 8) Shchepetkin, A.F. & J.C. McWilliams: The Regional Oceanic Modeling System (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model, *Ocean Modelling*, Vol. 9, pp. 347-404, 2005.
- 9) Kurosawa, K., Uchiyama, Y. & Kosako, T.: Development of a numerical marine weather routing system for coastal and marginal seas using regional oceanic and atmospheric simulations. *Ocean Engineering*, Vol. 195, 106706, 2020.
- 10) Whitaker, J. S. & Hamill, T. M.: Ensemble data assimilation without perturbed observations. *Monthly Weather Review*, Vol. 130, No. 7, pp. 1913-1924, 2002.
- 11) Miyoshi, T., Yamane, S. & Enomoto, T.: Localizing the error covariance by physical distances within a local ensemble transform Kalman filter (LETKF), *SOLA*, Vol. 3, pp. 89-92, 2007.
- 12) Masutani, M., J. S. Woollen, S. J. Lord, G. D., T. J. Kleespies, S. A. Wood, S. Greco, H. Sun, J. Terry, V. Kapoor, R. Treadon & K. A. Campana: Observing system simulation experiments at the National Centers for Environmental Prediction. *J. Geophys. Res.*, Vol. 115, D07101, 2010.
- 13) Kaneda, A., Takeoka, H., Nagaura, E. & Koizumi, Y.: Periodic intrusion of cold water from the Pacific Ocean into the bottom layer of the Bungo Channel in Japan. *Journal of Oceanography*, Vol. 58, No. 4, pp. 547-556, 2002.
- 14) Nagai, T. & Hibiya, T.: Numerical simulation of tidally induced eddies in the Bungo Channel: A possible role for sporadic Kuroshio-water intrusion. *Journal of Oceanography*, Vol. 68, No. 5, pp. 797-806, 2012.

(Received March 17, 2021)

(Accepted July 22, 2021)

DEVELOPMENT OF A DATA ASSIMILATION SYSTEM BASED ON ENSEMBLE KALMAN FILTER AND ITS APPLICATION TO THE SETO INLAND SEA

Hongxin WANG, Kenta KUROSAWA and Yusuke UCHIYAMA

We developed a data assimilation (DA) system aiming to improve the accuracy of the ocean numerical simulation model for the Seto Inland Sea (SIS). The Ensemble Kalman Filter (EnKF) was coupled with ROMS, leading to a new ROMS-EnKF DA system. Observing System Simulation Experiments (OSSEs) were conducted to evaluate the performance of the ROMS-EnKF system in a hypothetical scenario if a high-precision high-resolution coastal sea-surface temperature (SST) data from the latest GCOM-C satellite is available for DA. The GCOM-C SST data is demonstrated to be highly promising for better realization of the SIS circulations. On the other hand, a non-trivial accuracy deterioration occurs in the Bungo Channel, which can eventually be remedied by introducing virtual thermistor chain observations. We further argued practical and economic efficiency associated with mooring deployment designs.