

研究課題番号	1RF-2201
研究領域名	統合領域
研究課題名	閉鎖性水域における水環境デジタルツインの実現：生態系モデルのデータ同化手法の確立と水質長期再解析データベースの開発
研究代表者名（所属機関名）	松崎義孝（海上・港湾・航空技術研究所）
研究実施期間	2022年度～2024年度
研究キーワード	流動生態系モデル、データ同化、伊勢湾、東京湾

研究概要、研究成果等

本研究プロジェクトは、水圏の低次生態系モデルに対するデータ同化手法を確立し、伊勢湾と東京湾を対象に閉鎖性沿岸域の長期再解析データセットを開発することを目的とした。下水処理技術が大幅に進歩したにもかかわらず、これらの海域では依然として赤潮や底層貧酸素といった問題が残っている。こうした課題に対応するため、本プロジェクトでは観測データと低次生態系モデルをデータ同化手法で統合し、水環境の「デジタルツイン」という概念を推進した。本研究では二つの主要なデータ同化フレームワークを用いた。第一は、伊勢湾を対象に独自の低次生態系モデル EcoPARI と組み合わせたアンサンブル・カルマンフィルタ（EnKF）である。第二は、東京湾の Regional Ocean Modeling System (ROMS) に四次元アンサンブル変分法（4D-EnVar）を適用したものである。伊勢湾については、2011年から2023年を対象とする12年間の物理量再解析データセットを作成することに成功した。EnKFシステムでは温度・塩分の観測値を同化することで、シミュレーション精度が大幅に向上した。特に、温度と塩分の二乗平均平方根誤差（RMSE）は、同化なしの実験と比べて30%以上低減した（図参照）。東京湾では、2020年4月から10月までの7ヶ月間について、16メンバーのアンサンブルを用いた4D-EnVarによる再解析実験を行った。その結果、特にクロロフィルaや溶存酸素といった生物地球化学変数のシミュレーション精度が向上したが、一方で物理量の精度には若干のトレードオフが見られた。感度実験からは、特定のパラメータを過補正しないためには、変数間の重み付けの調整が必要であることが示された。さらに、観測誤差特性を推定するために三河湾で現地観測を実施した。解析の結果、測定誤差の大部分はランダムで許容範囲内であったが、成層や淡水流入による鉛直・水平変動の影響が顕著であることが確認された。

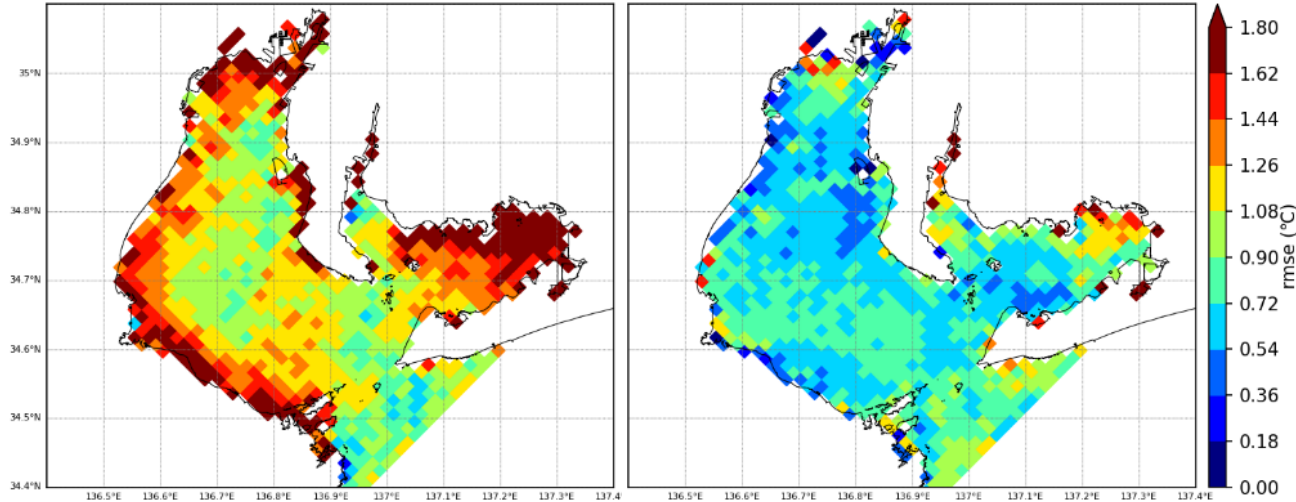


図 伊勢湾における数値シミュレーション結果（左）及びデータ同化結果（右）と衛星MODIS観測値のRMSEの平面分布。RMSEが低い方が精度が高いことを示す。

環境政策等への貢献

本研究では伊勢湾や東京湾を対象に再解析データベースを構築し、数値シミュレーション単体よりも高い再現性を示した。従来の観測データは時空間的に制約があり詳細分析には限界があるが、再解析データベースを用いることで、出水影響や地形改変の評価、さらには気候変動や過去の政策効果の検証などが可能となり、今後の環境政策の立案・評価に大きく貢献できると期待される。