

| 報告書の要約                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|-------------------------------------|
| 助成番号<br><br>令和　６年　２月２１日<br>付<br>第１８－２号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 研究開発テーマ名 |            | 瀬戸内海全域を対象とした流動環境<br>予測技術の高精度化に関する研究 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 助成研究者    | ふりがな<br>氏名 | 内山　雄介　　　　　印                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          | 所属         | 神戸大学工学研究科市民工学専攻                     |
| <p>本研究では、港湾行政の各施策に科学的・工学的に資するために、瀬戸内海全域を対象とした3次元流動モデルに適用可能な3次元変分法（3DVAR）とアンサンブルカルマンフィルター法（EnKF）という2種類のデータ同化（DA）法を組み込み、ROMS-3DVARとROMS-EnKFという2つのDAシステムを開発した。さらに、これらのシステムを用いて流動や密度構造に関する再現精度向上の確認、および技術的な優位性ならびに課題などを総合的に検討した。</p> <p>沿岸域における正確な海況予報は、港湾管理・海洋建設・漂流物回収・漁場予測・航路選択・海洋環境モニタリングなど、様々な分野から期待されている。しかしながら、瀬戸内海のような内湾における流動や水質は、局地気象、河川からの淡水流入、黒潮流路変動に代表される外洋流動などの影響を強く受けて複雑に形成されるため、ごく単純な潮流などを除くと十分な再現性が得られないことが少なくない。正確な海況予報を行うための手法として、観測データと予報モデルを融合して海洋の尤もらしい状態を推定するデータ同化が非常に有効であることは広く認知されつつある。データ同化の導入に伴い、これまでの海洋モデルでは予測できなかった海洋状態の推定や重大な発見が多くなされ、工学や科学の発展にも大きく貢献してきた。一般的な（主に外洋を対象とした）海洋データ同化では、衛星海面高度・表層水温、Argoフロート、各種現地観測データ等が使用されるが、半閉鎖性内湾域や沿岸域では、陸面ノイズに伴う衛星データの精度劣化やArgoの欠測が深刻なボトルネックになり、外洋域や陸棚海域と比較してデータ同化の導入が立ち遅れていた。</p> <p>これに対して、特に我が国の三大湾においては、海上交通、水産、環境アセスメント等のために様々な観測データが取得されている。本研究で対象とした瀬戸内海においても、国土交通省近畿地方整備局が海洋環境整備事業の一環として行なっている観測データ、大阪湾水質定点自動観測システムにより取得される多点の流速・水温・塩分の鉛直分布データ、海洋短波レーダーによる表面流速等が存在する。本研究ではこれらの観測データを有効活用し、これらを用いた適切なデータ同化手法を3次元流動モデルに組み込むことで、瀬戸内海を対象とした流動場・密度場の再現性の向上をはかるための技術開発を行ったものである。</p> <p>具体的には、まず、3次元変分法（3DVAR）を2段ネスト瀬戸内海流動モデルであるROMS-L2モデルに組み込み、瀬戸内総合水質調査による水温・塩分データを同化させたROMS-3DVARシステムを開発した。観測システムシミュレーション実験（OSSE）等によってデータ同化による精度向上を定量的に評価し、瀬戸内海内部における水温・塩分分布の再現性がデータ同化によって飛躍的に向上することを明確に示した。また、瀬戸内海塩分場の再現性をより向上させるためには、正確な流入淡水情報（二級河川や出水イベントを含む</p> |          |            |                                     |

詳細な流量データ）が欠かせないことが示唆された。さらに、境界条件に含まれている不確実性がデータ同化に及ぼす効果についても検討を行うことで、本ROMS-3DVARシステムのさらなる発展可能性を考察した。

次いで、アンサンブルカルマンフィルター（EnKF）法データ同化を領域海洋循環モデルROMSに組み込むことで、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、データ同化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、内湾での海表面温度（SST）を高解像度で取得することが可能な新型の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おり、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が示された。

以上のように、3次元流動モデルに瀬戸内海独自の観測データ群に依拠したデータ同化法を組み込むことで、飛躍的な精度向上が達成されることが明示された。このような高解像度・高精度なデータ同化海洋モデルは、多点・高頻度な現地観測データをより高密度に組み込むことにより、極めて精緻な瀬戸内海デジタルツインへと昇華していくことが期待される。このような瀬戸内海デジタルツインの応用可能性は広く、最適な港湾構造物配置、航路選定、浚渫工事計画、浮遊ゴミ・汚染物質回収、海洋生態系ネットワーク解析による適正な計画など多岐にわたる。