

令和元年9月2日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K18161

研究課題名(和文) 湾口フェリーの常時的観測を用いたデータ同化による閉鎖性水域の3次元構造の解明

研究課題名(英文) Analysis of three dimensional structure of closed water area by data assimilation using current data observed bay mouth

研究代表者

松崎 義孝 (Matsuzaki, Yoshitaka)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・主任研究官

研究者番号：10536684

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、海洋や沿岸域の流速、水温、塩分といった物理場について、物理モデルを使ってコンピュータ上で再現する数値計算法と、観測機器を使って得られる観測値を融合することで、より正確な物理場を再現することを目的としている。これをデータ同化という。東京湾を対象としたデータ同化の研究を実施し、物理モデル単体では再現できなかった水温の構造を再現することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沿岸域の流動や水質をデータ同化により高精度に推定・再現することで、海上ゴミや海上流出油の漂流予測、青潮や赤潮の発生予測を精緻に行うことができ、港湾管理や漁業、マリンレジャーへの応用が期待される。また、データ同化研究への期待は大きいものの、具体的にどのようにデータ同化を実施すればよいかという事例・知見が少ない。特に本研究で対象とした東京湾のような沿岸域においては、データ同化の検討事例が少ない。本研究を実施することで、沿岸域でデータ同化を実施する際の知見が蓄積されることに意義がある。

研究成果の概要(英文)：Physical values at coastal area such as ocean flow velocity, water temperature, and salinity can be estimated by combining numerical calculation method reproduced on computer with physical model and observation value obtained with observation equipment. The purpose of this study is to reproduce the exact physical field by data assimilation. Data assimilation was conducted for Tokyo Bay, and distribution of water temperature could be reproduced.

研究分野：海岸工学

キーワード：データ同化 閉鎖性水域 湾口フェリー 流動 水温

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

沿岸域の流動や、水域環境を予測するシミュレーションモデルは国内・国外で多数報告されている(例えば、田中・鈴木, 2010; 田中ら, 2011; Blumberg and Mellor, 1987)。閉鎖性水域の流動や水質のシミュレーションにより、海上ゴミや海上流出油の漂流予測、青潮や赤潮の発生予測を行うことが期待されている。一方で、外洋水の流入や溶存酸素量の変化は、気象や海流といった不規則な条件に大きく依存するため、シミュレーションモデルのみで精度よく予測を行うことは限界があり、精度向上のためには観測データをモデルに組み込む必要がある。観測データをシミュレーションに取り込む方法の1つとして、観測とシミュレーションモデルのデータを融合するデータ同化(Data Assimilation)という手法がある。データ同化は気象学や海洋学の分野を中心に活発に開発、利用されている。しかし、海岸工学の分野においては、沿岸域での観測データ収集の困難さ、データ同化手法の適用の困難さゆえ、研究が進んでいなかった。

2. 研究の目的

閉鎖性水域の流動や水質のシミュレーションにより、海上ゴミ等の漂流予測、青潮等の発生予測を精度よく行うことが期待されている。一方で、予測をシミュレーションモデルのみで精度よく行うことは限界がある。精度向上のためには観測データをモデルに組み込むデータ同化手法の導入が必要であると考えられる。

本研究課題は、湾口部の力学的な理解、暖水の湾内への流入状況及びそれに伴う湾内での物質循環といった、シミュレーションや観測データのみでは理解できなかった、閉鎖性水域の流動や水域環境の3次元構造を解析するために、湾への流れの出入りを面的にとらえられる湾口フェリーの観測データと、流動及び水質を予測するシミュレーションを組み合わせたデータ同化手法を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) テスト計算

研究には流動及び水質シミュレーションモデル ROMS (Regional Ocean Modeling System, Shchepetkin and McWilliams, 2005) と、そのデータ同化モデル ROMS 4D-Var (Moore et al., 2011) を用いた。研究の第1段階として、粗い2000 mの計算格子を用いて東京湾を対象としたデータ同化のテスト計算を行った。計算対象は東京湾とし、計算期間を3日間とした。境界条件として、水温、塩分、潮位、大気境界、河川流入のデータを与えた。同化する観測値は東京湾内に設置されている環境モニタリングブイで観測された水温とした。

(2) 高解像度の流動数値シミュレーション

(1)のテスト計算を行ったのち、500 mの高解像度計算格子を用いた流動の数値シミュレーションを行った。海流の影響による湾外から湾内への外洋水の流入を計算する場合、外洋も含めた計算が必要となる。そのため、ネスティング格子を採用して、まず外側領域を計算し、その計算結果を反映させて内側領域を細かい計算格子で計算した。計算条件は(1)のテスト計算に加えて、黒潮の影響を考慮するため、海流の影響を加えた。

4. 研究成果

(1) テスト計算

図1は、東京湾を対象とした海面水温の数値シミュレーション結果とデータ同化の結果を示している。東京湾の水温は湾口東側(千葉県側)が温かく、湾口西側(神奈川県側)が冷たいという特徴がある。その特徴を数値シミュレーションのみでは再現できなかった(左側)。一方で、東京湾内の定点観測水温データを数値シミュレーション結果に同化すると、湾口付近の温かい海水の分布が再現できた(右側)。水温分布が再現されない原因は湾口の水温分布や河川水の分布等、境界条件の設定や計算格子の粗さ等、計算条件によるものである。一方、データ同化によって水温の分布の再現性を向上させることができた。

図2は、湾口東側にある環境モニタリングブイの観測点(富浦湾)における水温に関する数値シミュレーション及びデータ同化結果と観測値の比較である。数値シミュレーション(青色線)は観測値(黄色点)よりも2-3度程度低い値となっている。一方で、データ同化結果(赤色マーカーと線)は観測値に近くなるように水温が高く修正されている。

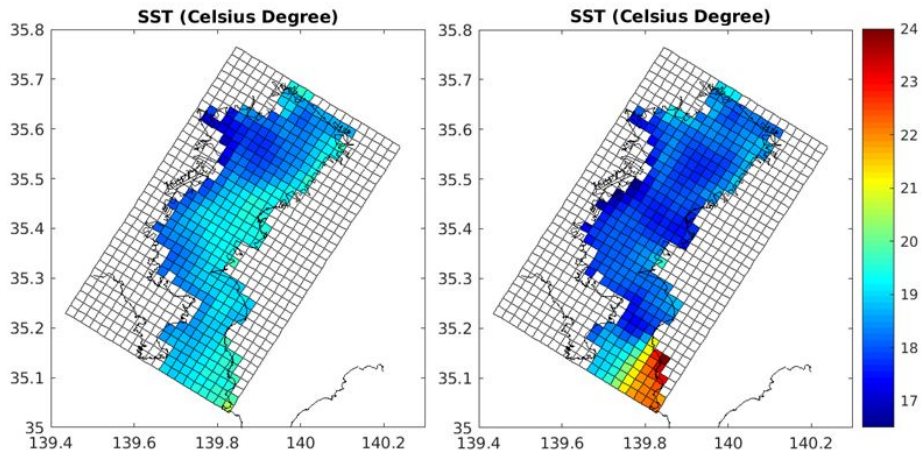


図1 東京湾を対象とした数値シミュレーション(左)とデータ同化(右)の結果の海面水温の比較

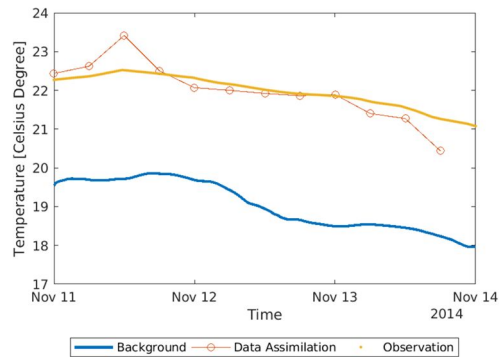


図2 湾口東側の観測点における水温に関する数値シミュレーション及びデータ同化結果と観測値の比較

(2) 高解像度の流動数値シミュレーション

図3は東京湾口を航行するフェリー航路における観測と数値シミュレーションの断面平均流速を表す。正が外洋から東京湾内への流入、負が東京湾内から外洋への流入を表す。数値シミュレーションでは上層で流出、中層で流入、下層で流出するという流動構造が再現されている。これはフェリー観測値と定性的に一致している。数値シミュレーションの結果同士を比較すると、2000m格子では東京湾の地形変化をほとんど再現できないのに対して、500mまで解像度を上げると、地形変化を再現可能となるため、高解像度の数値シミュレーションは重要である。フェリーではADCPという超音波式の流速計を用いて流速観測を行っているが、観測機器の制約上、表層約10mは観測できない。一方で、数値シミュレーションは当然表層の流動も再現できている。東京湾の海水交換を解析する場合、表層の情報は極めて重要である。データ同化により重要な表層の情報を含めて再現することは、東京湾の解析を行う上で極めて重要である。

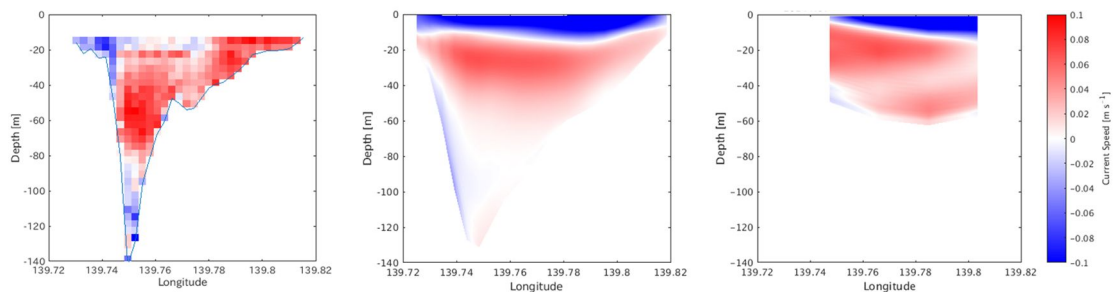


図3 フェリー航路における断面流速。(左)観測値、(中央)500m格子の数値シミュレーション値。(右)2000m格子の数値シミュレーション値。

(3) 今後の展望

以上の解析により、データ同化の実施と、高解像度の流動計算が実施できるようになった。次のステップとして、図 3 に示す高解像度の数値シミュレーションにフェリーの流動観測データの同化を行う。湾口部での流動が正確に計算できるようになると、東京湾の海水交換や、外洋水の湾内への進入状況などが解析できる。

課題として、事前検討の結果、流動観測値をデータ同化に用いる場合は、数値シミュレーションと観測値の特性の違いを理解し、同化を行うという工夫が必要となることが示唆された。それらの点を明らかにしながらデータ同化の研究を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

松崎義孝、沿岸域観測データを同化した広領域・高解像度計算による東京湾の流動・水質の解析、大阪大学サイバーメディアセンターHPC ジャーナル、査読無、No.9、2019、4 ページ (掲載決定)

〔学会発表〕(計 1 件)

松崎義孝・井上徹教、データ同化による東京湾の流況・水質の予測・再現、第 16 回環境研究シンポジウム、2018 年 11 月 13 日、一橋大学一橋講堂

6. 研究組織

(1) 研究代表者

研究分担者氏名：松崎 義孝

ローマ字氏名：Matsuzaki, Yoshitaka

所属研究機関名：国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

部局名：港湾空港技術研究所

職名：主任研究官

研究者番号 (8 桁)：10536684

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。