

高解像度瀬戸内海モデルと海洋ブイを用いた瀬戸内海における粒子追跡実験 Particle Tracking Experiments in the Seto Inland Sea using Ocean Buoy and High-resolution Seto Inland Sea Model

森重宏太・Jae-soon JEONG・○李漢洙・渡邊大雅・森信人・Manuel SOTO CALVO・Zachary WILLIAMS

Kota MORISHIGE・Jae-soon JEONG・○Han Soo LEE・Taiga WATANBE・Nobuhito MORI・Manuel SOTO CALVO・Zachary WILLIAMS

Drifting objects in the sea including drifting wood and debris, pollutants and marine plastics become critical environmental concerns. In this study, we have developed a high-resolution Seto Inland Sea circulation model and ocean buoy and conducted field and numerical experiments to understand the characteristics of drifting behavior and patterns. We have deployed the buoys three times in the Aki Nada in the Seto Inland Sea monitoring the currents, temperature, salinity, electric conductivity and specific gravity. The monitored path of the buoys was compared with numerical experiments results, depicting good agreements. In future work, the active particle tracking model considering the physical property of an object will be developed.

1. はじめに

閉鎖性海域である瀬戸内海の流動は黒潮流路やそれに伴う両水道間の圧力勾配だけでなく潮汐、陸域からの淡水流入や気象などの外力によって大きく左右される。特に、内海において通常時には潮汐による海水交換と水平渦による混合が主要な外力として環境場に働くが、年に数回訪れる台風や豪雨事象などによる強混合が、環境場へ大きなインパクトを与えることが知られている。しかしながら、台風や豪雨による短期的な強混合時において、陸域から流出される大量土砂、漂流物（特に、流木、葦類、海ゴミ等）のような流出物の挙動予測や流出物が沿岸環境に及ぼす影響については研究例が殆どない。以上の背景から、本研究は、平常時の流動特性に加え、台風通過後および複合災害による短期的強混合時において、瀬戸内海における漂流ブイによる流動観測と高解像度循環モデルによる高精度の海況解析により、陸域からの大量流出物の挙動予測と沿岸環境へ及ぼす影響評価の高精度化を目的とする。

2. 研究手法

2.1 瀬戸内海モデル

本研究では、非構造格子基盤 SCHISM (Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model) システムを用い高解像度瀬戸内海循環モデルを構築した (Jeong et al., 2023)。

SCHISM は河川・沿岸・海洋循環モデルとして非構造格子基盤 3 次元モデル SELFE, 波浪モデルとして非構造格子基盤 Wind Wave Model, 土砂移動モデルとして Sed2D・3D で構成されている。さらに、ラグランジュ粒子追跡モデル OpenDrift を SCHISM と結合し、瀬戸内海における粒子追跡モデルを開発した (計算メッシュ: ノード数 67,064, セル数 124,468, 空間解像度: 20~1000m, 20 層) (Jeong and Lee, 2023)。

瀬戸内海循環モデリングの期間は 2024 年 1 月 1 日から 11 月 1 日の約 10 カ月間で、潮位・水温・塩分の観測値と比較し検証を行った。SCHISM + OpenDrift による粒子追跡実験では、海洋ブイ現地実験を実施した 2024 年 1 月と 5 月を対象とし、ブイ観測データと粒子追跡シミュレーション結果を比較・検証を行った。

2.2 海洋ブイ

広島大学沿岸災害・エネルギーシステム科学研究室では、設計から制作、湖におけるフィールドテストまで完了し、瀬戸内海海域に展開した。海洋ブイは外部の造形 (シェル), パワー系統 (ソーラーセルとバッテリー), センサー, 管理サーキット, 管理ソフトで構成される。シェルはアクリルドーム上部とステンレスドームの下部で構成される。センサーは水温と塩分濃度計測センサー, 電気伝導度センサー, GPS センサーで構成される。また

ブイのパーワ管理やデータ送信（イリジウム衛星通信）管理ソフトを開発した。

2.3 海洋ブイ実験

自作した海洋ブイ五つを用い、瀬戸内海竹原沖合における現地観測実験を3回施した。

(1) 一回目：2024年1月31日-2月6日

(2) 2回目：2024年5月29日-6月5日

(3) 3回目：2024年12月19日-12月23日

3. 結果

3.1 海洋ブイ実験と粒子追跡実験結果の比較

参考文献

(1) 一回目：2024年1月31日-2月6日



図1. 2024年1月に実施した海洋ブイの移動経路

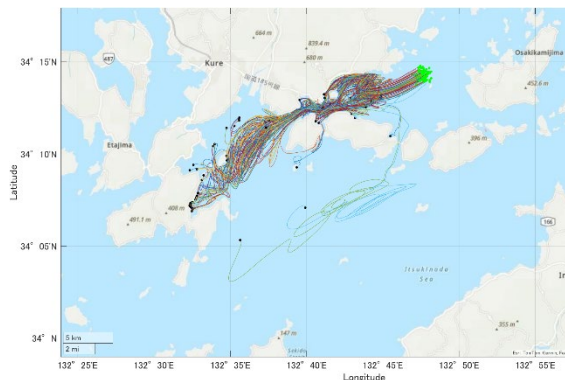


図2. 2024年1月海洋ブイ実験を対象とした粒子追跡数値実験結果

図1と2は自作海洋ブイの移動経路と瀬戸内海モデルとOpenDriftによる粒子追跡実験結果を示す。海洋ブイは竹原沖合で展開され、一週間後愛媛県怒和島にたどり着いた。粒子追跡数値実験では、展開時刻と同じ時間に粒子100個を投入しシミュレーションを行った。シミュレーション結果では強い潮流の流れの影響による挙動が目立つなか、海洋ブイの挙動と類似な結果を見せる粒子が現れ、

瀬戸内海モデルとOpenDriftの結合モデルの適用可能性が確認できた。

(2) 2回目：2024年5月29日-6月5日

図3と4は自作ブイの経路と粒子追跡実験結果を示す。



図3. 2024年5月に実施した海洋ブイの移動経路

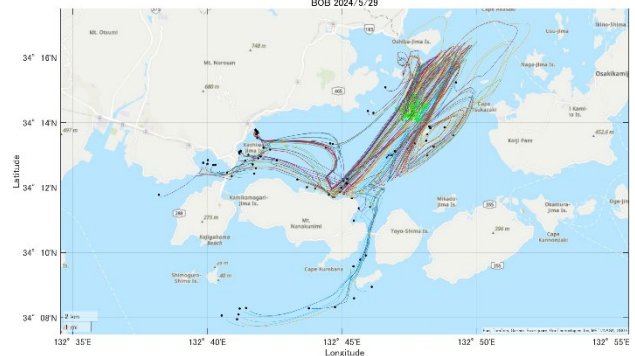


図4. 2024年1月海洋ブイ実験を対象とした粒子追跡数値実験結果

瀬戸内海循環モデルとOpenDriftの結合モデルによる粒子追跡実験では粒子の物理特性（質量、密度）を考慮しないパッシブ粒子を考慮しているため重さ約8kgの海洋ブイの移動特性が正確に再現できていない。しかし、より軽い海洋ブイとの比較ではより正確に移動経路が再現できていることを確認した。今後は粒子の物理特性を考慮したアクティブトレーサーを用いた数値実験を行い、漂流物シミュレーターを開発する。

参考文献

Jeong J-S, Lee HS*, and Mori N., 2023. Abnormal high tides and flooding induced by the internal surge in Hiroshima Bay due to a remote typhoon. *Front. Mar. Sci.* 10:1148648.

Jeong J-S*, and Lee HS*. 2023. Unstructured grid-based river-coastal-ocean circulation modelling towards a digital twin of the Seto Inland Sea. *Appl. Sci.* 13(14): 8143.