

様式3

愛媛大学沿岸環境科学研究センター
共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」
共同研究報告書

平成29年2月28日

化学汚染・沿岸環境研究拠点 拠点長 殿

申請者（研究代表者）中 田 聡 史
所属機関 神戸大学海事科学研究科
職 特命助教
氏名 中田聡史

下記の共同研究について、別紙の通り報告します。

1 研究課題

沿岸域における津波・海洋結合シミュレーションの再現性向上

2 研究組織

氏名	所属	職	分担研究課題
代表者 中田聡史	神戸大学 海事科学研究科	特命助教	総括、海洋・津波シミュレーション、データ収集
分担者 林美鶴	神戸大学 海事科学研究科	准教授	データ解析
拠点対応教員 日向博文	環境動態解析部門		データ解析

3 研究内容（別紙）

沿岸域における津波・海洋結合シミュレーションの再現性向上

中田聡史 神戸大学海事科学研究科

林美鶴 神戸大学海事科学研究科

日向博文 環境動態解析部門

1. 研究目的

神戸大学海事科学研究科では、想定されている南海トラフ巨大地震津波や狂暴化する台風などによる様々な複合的マリンハザードを評価するための海況再現・予測システム HyOGO (Hydrological Ocean Geographical Orchestration)の開発を進めている(Nakada et al., 2016)。HyOGOは、河川出水や海底湧水などの陸域からのインパクトも推定できるように陸域と海域の物理過程を表現した物理モデル群によって構成されており、大阪湾・播磨灘・紀伊水道を対象にしている。HyOGOの計算領域である紀伊水道の太平洋側入り口に、海洋側面境界の東西ラインを設定しており、このラインを通過する潮流や黒潮暖水波及が大阪湾内の塩分成層・塩分収支に大きく影響する。ところが、大阪湾においては水質自動観測システムや各種衛星による観測データ等によって水温や塩分については検証できるが、紀伊水道内の流動場や塩分場に関しては比較するための観測データが収集できていない。海洋再現シミュレーション結果の妥当性について検証するためには、紀伊水道内外の物理環境場を把握しておくことは不可欠である。

本研究では、静止海色衛星観測による海表面塩分 (SSS) データや和歌山県南西沖や紀伊水道における HF レーダーによる海表面流速観測データを収集し、海洋流動場の再現シミュレーションに用いられる側面海洋条件の入力データの妥当性を検証した。また、検証データをもとにして、数値モデルの物理パラメータ(渦動粘性係数等)を半自動かつ客観的に最適化するグリーン関数法 (Menemenlis et al., 2005) を適用するための予備計算を実施した。予備計算によって、どの物理パラメータが流動場の予測・再現計算にどの程度影響を与えているのかを調べた。

2. 研究内容

2.1. データ

大阪湾西部および紀伊水道内において、国土交通省が運用している HF レーダー観測によって得られた 2011 年～2015 年までの毎時海表面流速データを、近畿地方整備局神戸港湾空港技術調査事務所のご協力のもと収集することができた。また、和歌山県南西沖において HF レーダー観測による毎時海表面流速データを愛媛大学日向博文教授および関西大学高橋智幸教授、東京理科大学片岡智哉助教のご協力のもと収集した。

SSS マップを作成するための静止海色衛星データは GOCI-COMS によるプロダクトから得られた。溶存有機物 (colored dissolved organic material: CDOM) と SSS は高い負の相関関係にあることが知られており、GOCI プロダクトから CDOM マップを抽出して、毎時の SSS マップを作成した。

2.2. 海洋・津波モデル

陸海統合モデル (図 1) の陸域モデルには HaRUM (Nakada et al., 2014) を適用し、対象海域に流入する全河川から供給される現実的な河川流量や、栄養塩流入量を推定可能となっている。海域には有限体積法による三次元沿岸海洋モデル FVCOM (Chen et al., 2003) を適用する。FVCOM は、沿岸部を高解像度で、外洋部を低解像度で表現できるマルチスケール分解能の海洋モデルである。表層の Chl-a 鉛直分布を表現可能な鉛直分解能を有し、本研究目的に十分耐えうる性能を持つ。

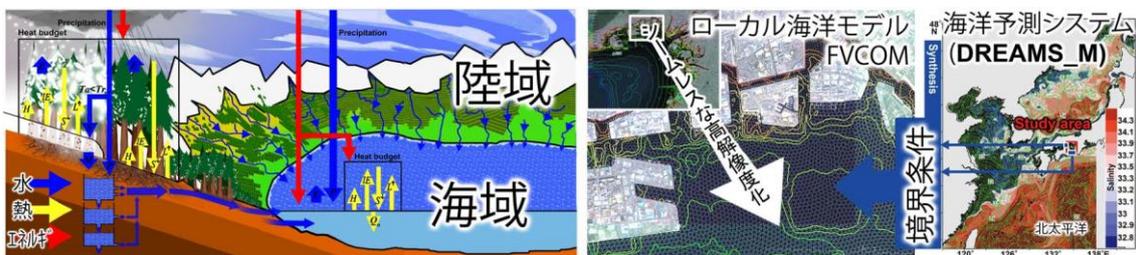


図 1 陸海統合モデルの概念図

3. 研究成果

陸海統合モデルへの側面境界条件入力データの検証結果の一例として、図2に2015年4月1日12:00と2015年7月20日10:00における海表面塩分と海表面流速の水平分布図を示す。4月の衛星SSSマップの紀伊水道周辺海域に注目すると、紀伊水道の入り口から紀淡海峡まで高塩分水が張り出しており、黒潮暖水が紀伊水道内に流入したこと（黒潮暖水波及）を示唆している。ところが、海況再現計算データをみると高塩分水は紀伊水道入口まで達しているものの、水道内部までには進入していない。このことが陸海統合モデルにおいては表面塩分分布の過小評価につながっていると考えられる。表面流速は観測・計算結果のどちらも下げ潮となっており、大阪湾西部では時計回りの渦状の流速分布（沖の瀬還流）が存在しており、定性的には流速分布は一致している。一方、7月のSSS分布をみると、観測データでは紀伊水道の入り口付近にまで高塩分水が存在しているが、再現計算結果では高塩分水は、はるか沖合に存在しており紀伊水道内は塩分32以下の低塩分水となっている。流速は観測と計算結果のどちらも上げ潮となっており、流向分布などは定性的には一致している。

物理パラメータを変化させて再現計算結果に対する陸海統合モデルの感度実験を実施した。その結果、1) 紀伊水道の側面境界条件付近の渦動粘性係数と、2) 日射（短波）の海洋内部への到達深度、これら二つが最も支配的であった。渦動粘性係数は紀伊水道内の流動場を支配し、その結果、紀淡海峡を通じて大阪湾内の海水交換に大きく影響する。渦動粘性係数を小さくした場合、紀伊水道内の流速場が過大評価となり南向きの移流が卓越し、大阪湾内の水温躍層および塩分躍層が発達しなかった。また短波の海洋内部到達深度を浅くした場合、水温成層が5mよりも深い場所には形成されず、大阪湾水質自動観測によって得られた水温データを再現できなかった。その他にも、正味の熱フラックスを構成する成分のうち短波放射（日射）を大きくする（1.5倍）とより現実的な水温成層が再現されたため、日射が過小評価されている可能性が示唆された。鉛直拡散係数等の他の物理パラメータの影響は小さかった。

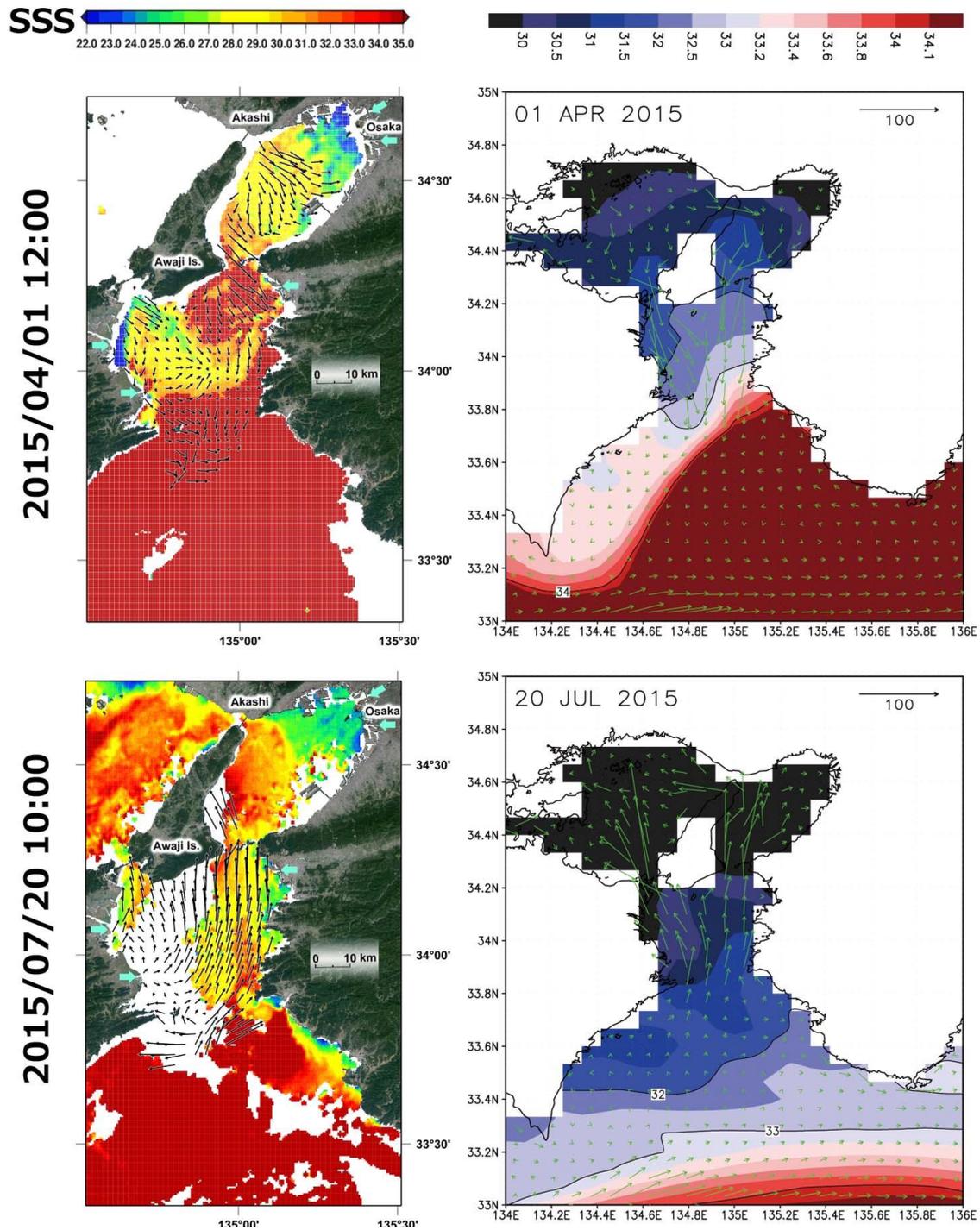


図1 静止海色衛星観測による海表面塩分と HF レーダー観測による海表面流速(左図)と、再現計算(海況予測システム DREAMS, Hirose et al., 2010) データに基づいた、2015年4月1日 12:00 (上図)と2015年7月20日 10:00 (下図)における海表面塩分と海表面流速の水平分布図。

4. 今後の課題

沿岸域における津波・海洋結合シミュレーションの再現性向上にむけて、本年度は、側面境界条件の入力データの妥当性を検討するとともに、再現性を向上させるための支配的な物理パラメータを抽出した。今後は、紀伊水道よりも沖合側の太平洋側の衛星 SSS の推定精度を向上させるとともに、和歌山県南西沖における HF レーダー観測による流速データを利用して、紀伊水道に侵入する黒潮暖水波及がどのような条件で発生するかを観測データから整理し、側面境界に入力する再現シミュレーションの精度向上を目指す。再現シミュレーションには DREAMS の他に、JCOPE や MOVE といった再現計算結果も研究目的で提供されているため、これらのシミュレーションデータとも比較する必要があるだろう。また、陸海統合モデルの側面境界は播磨灘側にも設定されており、側面境界入力条件を理解するため播磨灘よりも以西の海況データを収集する予定である。

参考文献

- Menemenlis, D., Fukumori, D., Lee, T., 2005. Using Green's functions to calibrate an ocean general circulation model. *Monthly Weather Review* 133, 1224–1240.
- Nakada, S., Hayashi, M., Koshimura, S., Taniguchi, Y., Kobayashi, E. (2016) Salinization by a tsunami in a semi-enclosed bay: Tsunami-ocean three-dimensional simulation based on a great earthquake scenario along the Nankai Trough, *Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering*.
- Nakada, S., Hayashi, M., Koshimura, S., Yoneda, Y., Kobayashi, E. (2016) Tsunami-tide simulation in a large bay based on the greatest earthquake scenario along the Nankai Trough, *International Journal of Offshore and Polar Engineering*.

5. 成果発表リスト（論文・学会発表など）

■学会発表

1) ○中田聡史，津波からの船舶避航および海洋環境減災のための津波×海洋シミュレーション，第9回海事防災研究会，神戸大学，2017年3月9日，神戸．

2) ○中田聡史，小林志保，石坂丞二，林正能，湊真輝，中嶋昌紀，秋山諭，山本圭吾，湊真輝，中村一平，浅岡聡，吉江直樹，中川美和，原田慈雄，御所豊穂，瀬戸内海における有色溶存有機物と海表面塩分(SSS)の関係：高解像度 SSS マップの開発に向かって，第二回海洋環境研究集会，神戸大学，2016年12月21-22日，神戸．

3) ○中田聡史，小林志保，中嶋昌紀，山本圭吾，秋山諭，石坂丞二，林正能，中村一平，林美鶴，湊真輝，大阪湾における台風襲来後に発生する大規模赤潮の動態解析，第6回 LaMer 共同利用研究集会”赤潮の予測に向けた観測とモデリング”，愛媛大学，2016年11月24日，松山．

4) ○中田聡史，小林志保，石坂丞二，林正能，湊真輝，中嶋昌紀，秋山諭，静止海色衛星による表面塩分の高頻度・高解像度観測—主に大阪湾において—，第46回南海瀬戸内連絡協議会，海上自衛隊呉地方総監部，2016年11月10日，呉．

5) ○中田聡史，小林志保，石坂丞二，林正能，湊真輝，中嶋昌紀，秋山諭，有色溶存有機物(CDOM)の観測：陸海連関の理解への鍵，低温研共同利用集会：「陸域と沿岸を繋ぐ問題点抽出のためのワークショップ」，北海道大学，2016年11月10日，札幌．

6) ○中田聡史，小林志保，石坂丞二，林正能，湊真輝，中嶋昌紀，静止海色衛星による海表面塩分の高時空間分解能観測，日本海洋学会2016年度秋季大会，鹿児島大学，2016年9月13日，鹿児島．

7) ○**Nakada, S.**, Kobayashi, S., Ishizaka, J. Hayashi., M, Fuchi, M., Nakajima, M. “Analysis of the river plume dynamics in Osaka Bay: a new estimation of sea surface salinity using ocean color satellite images.” Japan Geoscience Union Meeting 2015, Makuhari, Japan, 2016.5.