

JCOPE-T DA をより高解像度化した JCOPE-T 1ks は、200m 以浅の沿岸域では衛星観測値等を同化した JCOPE-T DA に拘束されることなく、物理モデルの特徴が直接反映されるようにふるまいます。そのため、沿岸域では JCOPE-T 1ks で推定した水温・塩分が、現実場を正しく再現計算できているとは限りません。そこで本検証では、特に再現の難しい大規模出水イベントを対象として、①気候変動観測衛星 GCOM-C/SGLI の海洋標準プロダクトを用いた水温・塩分の空間分布比較、②東京湾モニタリングポストによる定点水質観測結果を用いた時系列比較を通じて、沿岸域における JCOPE-T 1ks の精度検証を行いました。

1. SGLI 海洋プロダクトを用いた日本沿岸域の水温・塩分の空間分布比較

本項では、2 つの大規模出水イベントを対象として、SGLI の海洋標準プロダクトと JCOPE-T 1ks の海面水温(Sea Surface Temperature : SST)・海面塩分(Sea Surface Salinity : SSS)との空間分布の検証結果を示します。

SST については、熱赤外バンドを有する SGLI は SST を観測可能であるため[1]、JCOPE-T 1ks の SST 推定値と直接比較することで検証を行いました。一方で SSS は、SGLI では直接測定することが出来ないため、SGLI の海洋標準プロダクトである有色溶存有機物吸光係数($a_{CDOM}(412nm)$)と JCOPE-T 1ks の SSS 推定値との比較による検証を行いました。 $a_{CDOM}(412nm)$ は、可視短波長で光を吸収する特性を持つ有色溶存有機物(Colored Dissolved Organic Matter: CDOM)の波長 412nm における光吸収係数で、SGLI をはじめとする海色センサで観測することが出来ます[2]。CDOM は、沿岸域では河川から流入する陸域起源のものが卓越し、難分解性で保存的に挙動するため、塩分と高い負の相関関係があることが知られており、 a_{CDOM} は淡水のトレーサーとして広く活用されています[3][4]。

Case 1: 2023 年 9 月 7 日から 9 月 9 日にかけての台風 13 号による関東-東北地方豪雨

i) 海面水温(SST)

図 1 は、台風通過直後である 2023 年 9 月 10 日の東北沖における SGLI による SST 観測値と、同時刻の JCOPE-T 1ks による SST 推定値の空間分布を示しています。河川出水の影響範囲である沿岸約 3km において、JCOPE-T 1ks は過小評価傾向を示しています。これは、JCOPE-T 1ks に境界条件として与えている河川水温が実際より低いことが原因であると考えられます。また、図 2 に示す各画素の SST 度数分布では、全体で約 1°C 過小評価していることが確認できます。JCOPE-T 1ks においては、河川水温は大気外力として与えている NCEP-GFS の地上気温値に設定しています。JCOPE グループは、今後検証を進め、地表水温値、あるいは河口前面格子の海面水温を設定する等の改変を施すことも考えています。

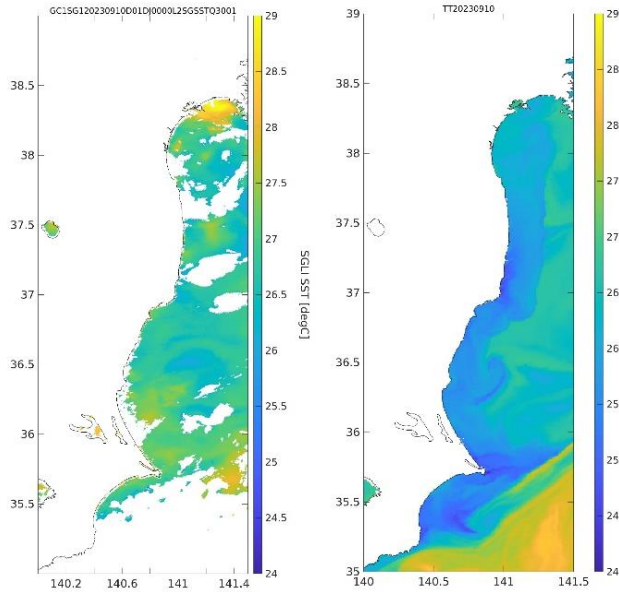


図 1: 2023 年 9 月 10 日における東北沖の SST 空間分布(左:SGLI 観測値, 右:JCOPE-T 1ks 推定値)

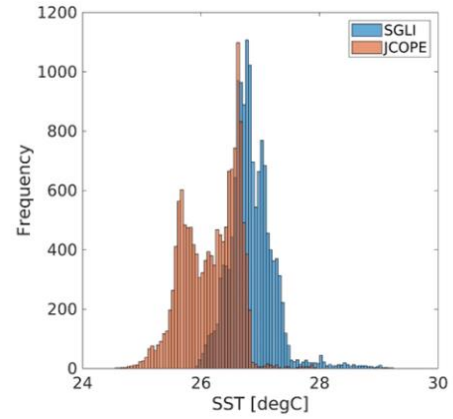


図 2: 2023 年 9 月 10 日における東北沖の SST 度数分布 (赤:SGLI 観測値, 青:JCOPE-T 1ks 推定値)

ii) 海面塩分(SSS)

図 3 は、2023 年 9 月 10 日における東北沖の SGLI による $a_{CDOM}(412nm)$ 観測値と、同時刻の JCOPE-T 1ks による SSS 推定値の空間分布を示しています。河川ブルームのフロントはよく一致しており、特に $a_{CDOM}(412nm)$ が高い仙台沖や利根川河口部では、JCOPE-T 1ks の SSS が 30[PSU] を下回っており、適切に空間分布を推定可能であることが確認できました。

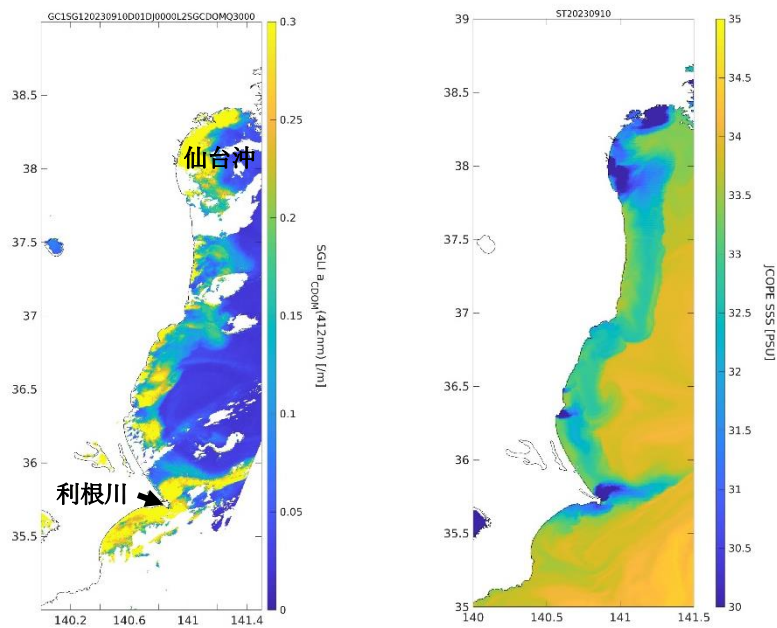


図 3: 2023 年 9 月 10 日の東北沖における SGLI の $a_{CDOM}(412nm)$ 観測値 (左) と JCOPE-T 1ks の SSS 推定値 (右) の空間分布

Case 2: 2024 年 8 月 27 日から 9 月 2 日にかけての台風 10 号による九州-関東地方豪雨

i) 海面水温(SST)

図 4 は、2024 年 9 月 7 日 の関東-中部地方における SGLI による SST 観測値と、同時刻の JCOPE-T 1ks による SST 推定値の空間分布を示しています。東京湾や伊勢湾のような閉鎖性内湾においては、Case1 同様に JCOPE-T 1ks が過小評価傾向ではあるものの、全体として高い空間分布の一致を示しました。実際、図 5 と図 6 に示す各画素の散布図と度数分布では、高い相関が確認できます。

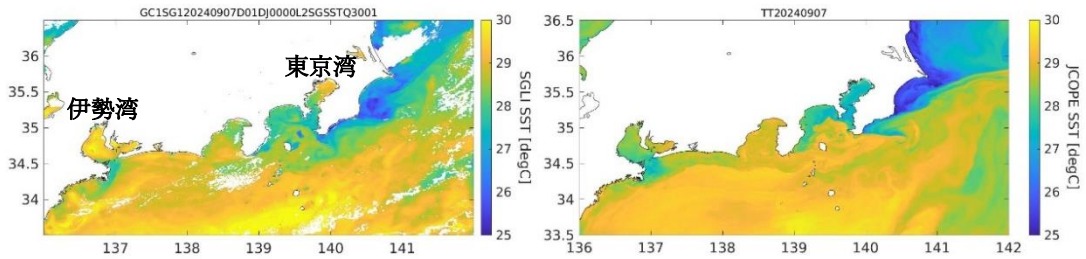


図 4: 2024 年 9 月 7 日の関東-中部地方における SST 空間分布(左:SGLI 観測値, 右:JCOPE-T 1ks 推定値)

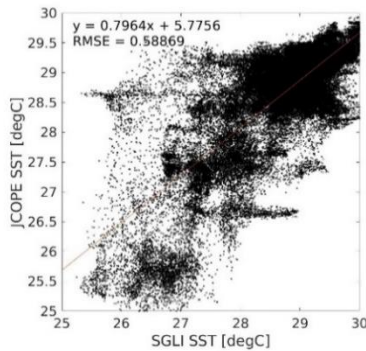


図 5: 2024 年 9 月 7 日の関東-中部地方における SST 散布図

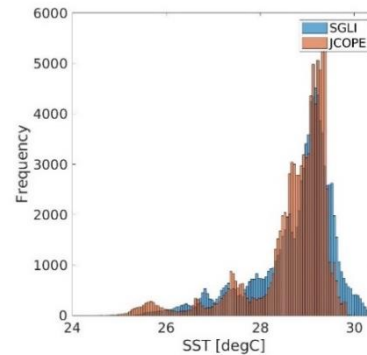


図 6: 2024 年 9 月 7 日の関東-中部地方における SST 度数分布(青:SGLI 観測値, 赤:JCOPE-T 1ks 推定値)

ii) 海面塩分(SSS)

図 7 は、2024 年 9 月 7 日の関東-中部地方における SGLI による $a_{CDOM}(412nm)$ の観測値と、同時刻の JCOPE-T 1ks による SSS 推定値の空間分布を示しています。特に東京湾や伊勢湾において、 $a_{CDOM}(412nm)$ の濃度勾配と SSS の濃度勾配の傾向が良く一致しており、小規模な内湾の詳細な空間分布が再現可能であることが確認できます。

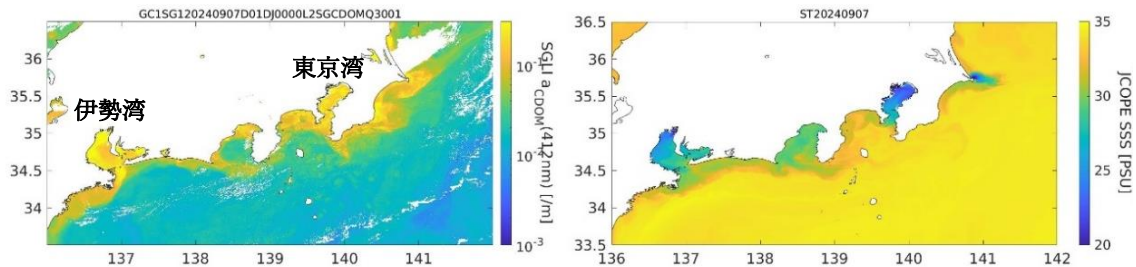


図 7: 2024 年 9 月 7 日の関東-中部地方における SGLI の $a_{CDOM}(412nm)$ 観測値 (左) と JCOPE-T 1ks の SSS 推定値 (右) の空間分布

2. 東京湾モニタリングポストによる水質観測結果を用いた水温・塩分の時系列比較

東京湾には、①検見川沖 (35.61° N, 140.02° E)、②千葉港口第一号灯標 (35.54° N, 139.95° E)、③川崎人工島 (35.49° N, 139.83° E)、④浦安沖 (35.64° N, 139.94° E) にモニタリングポストが設置されており(図 8)、水質・気象・流況の 24 時間連続観測が実施され、リアルタイムで観測値が公開されています(<https://www.tbeic.go.jp/MonitoringPost/top>)。本項では、東京湾モニタリングポストによる水質観測値を用いて、1.Case2 と同じ出水イベントを対象とした、JCOPE-T 1ks の水温・塩分・流況(東西方向流速:U、南北方向流速:V)の時系列検証結果を示します。



図8: 東京湾モニタリングポスト観測地点と主要な流入河川
(<https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/wankou/overview/monitoring/index4.html>)

図9は、2024年8月28日から9月11日にかけての東京湾流入河川(荒川、江戸川、多摩川)の流量と、各地点における海上風速、水温、塩分、東西方向流速、南北方向流速の時系列比較です。ただし、モニタリングポストによる観測値は水深約1m、JCOPE-T 1ksは表層0mの値であることに注意してください。

i) 海面水温(SST) :

全地点において、1.Case2 の検証結果と同様、最大 3°Cの過小評価傾向が見られました。これは、JCOPE-T 1ks で境界条件として与えている河川水温の過小評価が原因と考えられます。

ii) 海面塩分(SSS) :

全地点において、河川出水による塩分低下のトレンドは再現できているものの、過大評価傾向が見られました。特に荒川・旧江戸川河口部に位置する浦安沖と、多摩川河口部に位置する川崎人工島は、塩分低下のタイミングが異なることや、河川からの淡水流入量が小さく、出水後の塩分推定値が顕著に過大評価である等の課題があります。一方で湾奥部に位置する検見川沖では、9月4日に北風に伴う沿岸湧昇による塩分の増加が観測されており、河川出水と同様に推定精度に課題があるものの、その傾向は再現可能でした。このように、JCOPE-T 1ksによる、より高解像度な解析によって、これまで再現不可能だった沿岸域における非常に小さいスケールの海洋現象が再現できる可能性が示唆されました。

iii) 流況(U, V) :

検見川沖、千葉港口第一号灯標、浦安沖の3点では、一部逆位相が見られるものの、東西流速・南北流速ともに比較的高精度な推定が可能であることが確認できました。一方で川崎人工島の南北流速Vについては、南風の吹く8月27日から9月3日まで過大評価、北風の吹く9月3日から9月6日は過小評価であり、最大で約0.5[m/s]の誤差が確認されました。これは、JCOPE-T 1ksの海面境界条件として与えられている海上風速(NCEP-GFS)の過大評価が原因のひとつと考えられます。

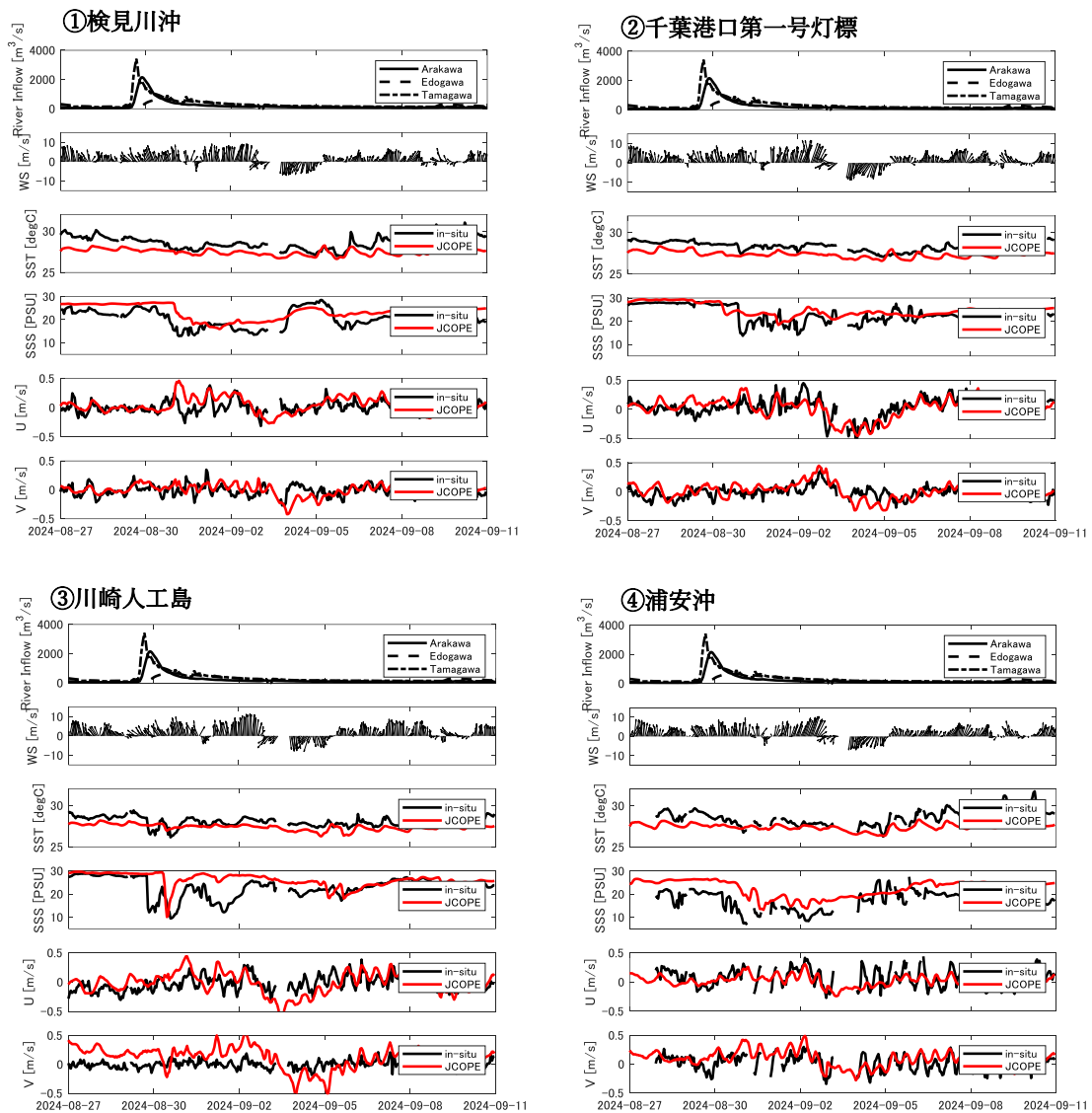


図 9: 2024 年 8 月 28 日から 9 月 11 日の東京湾流入河川の流量と、各モニタリングポスト(①:検見川沖, ②:千葉港口第一号灯標, ③:川崎人工島, ④:浦安沖)における風速、水温、塩分、東西方向流速、南北方向流速の時系列比較 (黒: 実測値、赤: JCOPE-T 1ks 推定値)

まとめ

JCOPE-T 1ks による SSS の推定は、空間的および時系列的な分布において、河川からの出水がもたらす塩分低下のトレンドを再現可能でした。特に、東京湾や伊勢湾などの閉鎖性内湾においては、従来のモデル解像度では再現が難しかった詳細な水平勾配や、湾奥部での湧昇現象を再現することができました。このような JCOPE-T 1ks による高解像度な解析結果は、沿岸環境保全や水産業向けの海況情報提供ツールとしての活用が期待されます。一方で予測精度に関しては十分ではなく、境界条件の誤差に起因する SST の過小評価や SSS の過大評価、海面流速の過大評価が見られました。今後、JCOPE グループは境界条件の再検討を含め、JCOPE-T 1ks の水質予測精度向上を目指した研究開発に取り組んでいきます。

参考文献

- [1] Kurihara, Yukio, et al. "A quasi-physical sea surface temperature method for the split-window data from the Second-generation Global Imager (SGLI) onboard the Global Change Observation Mission-Climate (GCOM-C) satellite." *Remote Sensing of Environment* 257 (2021): 112347.
- [2] Takafumi, Hirata and Yohei, Yamashita "Derivation of the absorption coefficient of Colour Dissolved Organic Matter (CDOM)" *SGLI Algorithm Technical Background Document* (2020).
- [3] Keith, Darryl J., Ross S. Lunetta, and Blake A. Schaeffer. "Optical models for remote sensing of colored dissolved organic matter absorption and salinity in New England, Middle Atlantic and gulf coast Estuaries USA." *Remote Sensing* 8.4 (2016): 283.
- [4] 比嘉紘士, et al. "有色溶存有機物の光学特性を利用した静止海色衛星による東京湾の塩分分布推定に関する検討." 土木学会論文集 B2 (海岸工学) 73.2 (2017): I_1237-I_1242.