

大阪湾定点水質自動観測システムのソフトセンサーに関する検討

大阪大学大学院工学研究科 ○永野 隆紀 大阪大学大学院工学研究科 入江 政安

1. はじめに

大阪湾などの沿岸閉鎖性水域では夏季に貧酸素水塊が発達し、その監視および現象機構の解明において、水質定点自動観測システムによる溶存酸素量 (DO) の連続観測は重要な情報源である。しかし、観測システムの維持管理には多大な労力を要するうえ、センサー異常に起因する漸減異常がしばしば発生する。この異常による DO の見かけの減少は貧酸素化と見分けがつきにくく、観測値の信頼性を損なう。そこで本研究では、観測システムから独立した参照値を与えて異常検知に資することを目的に、気象外力等のデータから DO を推定するソフトセンサー技術を構築し、その性能と課題について検討した。

2. 手法

本研究で用いる大阪湾定点自動観測システムの観測地点を図-1 に示す。これら 5 地点で 2011 年から 2018 年までに得られた DO 観測値を学習データとして用いた。また、ソフトセンサーの定量的な性能評価のために、3次元流動水質モデル (ROMS) の計算結果から各観測地点における DO 計算値を抽出し、擬似観測値とした。

図-2 にソフトセンサーの推定フローを示す。まず観測 DO に経験的直交関数 (EOF) を適用し、空間モードと主成分時係数 (PC) に分離する。次に、気象 (気温, 短波放射量, 風況, 降水量), 大阪港における天文潮位, 淀川流量を説明変数として各 PC を機械学習で推定し、空間モードとの積をとることで元の DO 場を再構成する。主成分の推定に用いる機械学習として、線形回帰 (LR), サポートベクトル回帰 (SVR), ランダムフォレスト (RF), 勾配ブースティング決定木 (LightGBM), 全結合 DNN, マルチスケール時間構造 DNN (MST-DNN), Transformer の 7 手法を比較した。モデルの性能比較は、条件が制御された擬似観測値を用いて行い、さらに実観測値にも適用して再現性を評価した。

3. 結果と考察

擬似観測値に対する推定精度は MST-DNN が最も高く, SVR, DNN, Transformer が続いた。MST-DNN では 1 日および 7 日の移動平均を考慮できる構造により、季

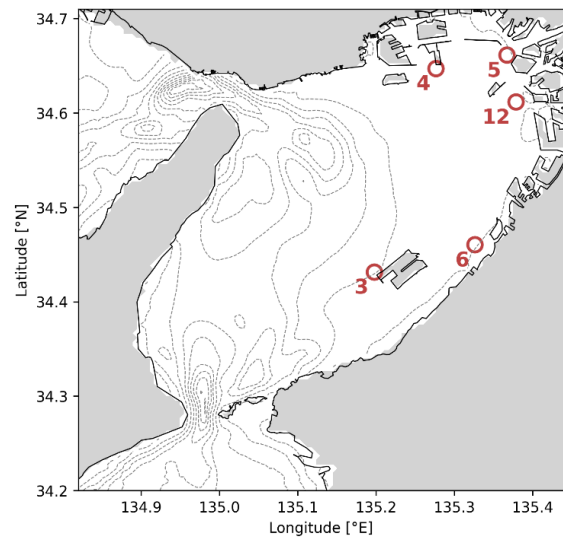


図-1 大阪湾定点自動観測システムにおける溶存酸素量観測地点

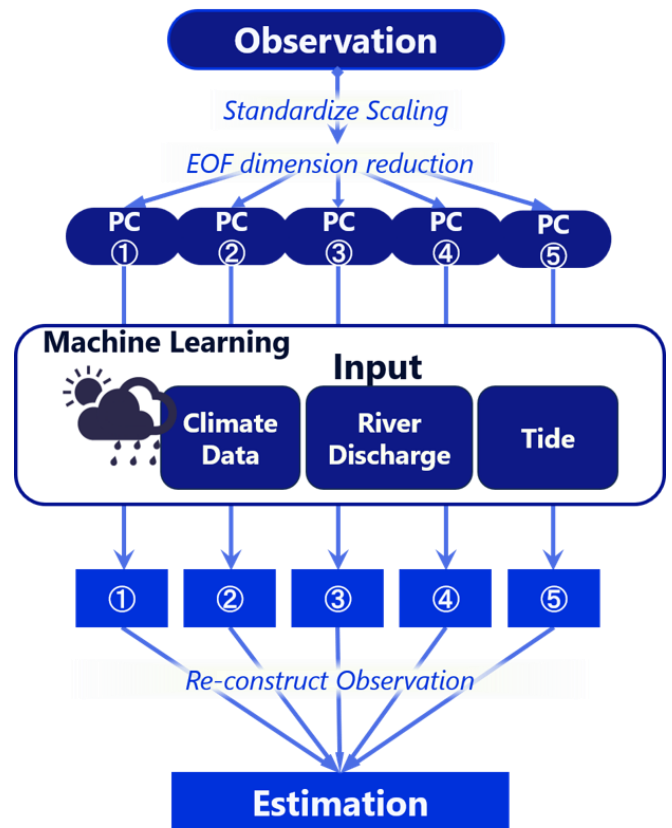


図-2 推定システムの概要図。

節変動と日周変動を精度よく再現できたと考えられる。PC ごとの再現性能を図-3 に示す。寄与率の大きい第 1 主成分 (PC1) はいずれのモデルでも高精度に推定でき

たが、第2、第3主成分と寄与率が小さくなるほど再現性が低下した。

図4に、実観測値で交差検証を行った際の2016年の検証結果を示す。実観測値においてもMST-DNNが最も高い精度を示した。また、同図の10月後半では漸減異常とみられるDOの低下が発生し、11月16日頃に不連続に増加しているが、ソフトセンサーでは連続的なDOを推定することができた。

4. まとめ

本研究では、大阪湾定点自動観測システムで観測されている溶存酸素のソフトセンサーを開発した。本ソフトセンサーでは、5地点の鉛直分布の時系列から主成分を抽出し、気象外力等を説明変数として寄与の大きい成分

を機械学習で推定し、推定した主成分と空間モードからDO場を再構成することで溶存酸素を推定する。複数の時間窓の情報を組み込むマルチスケール時間構造DNNは、他の学習モデルに比べて高い性能を示した。一方で、表層における過飽和や底層における無酸素状態の表現には課題が残る。推定精度をさらに改善することで、異常検知の参照にとどまらず、将来的に現場観測を代替する技術となることが期待される。

謝辞: 本研究は環境総合推進費 JPMEERF24S12330の助成を受けて実施しました。ここに記して深甚の謝意を表します。

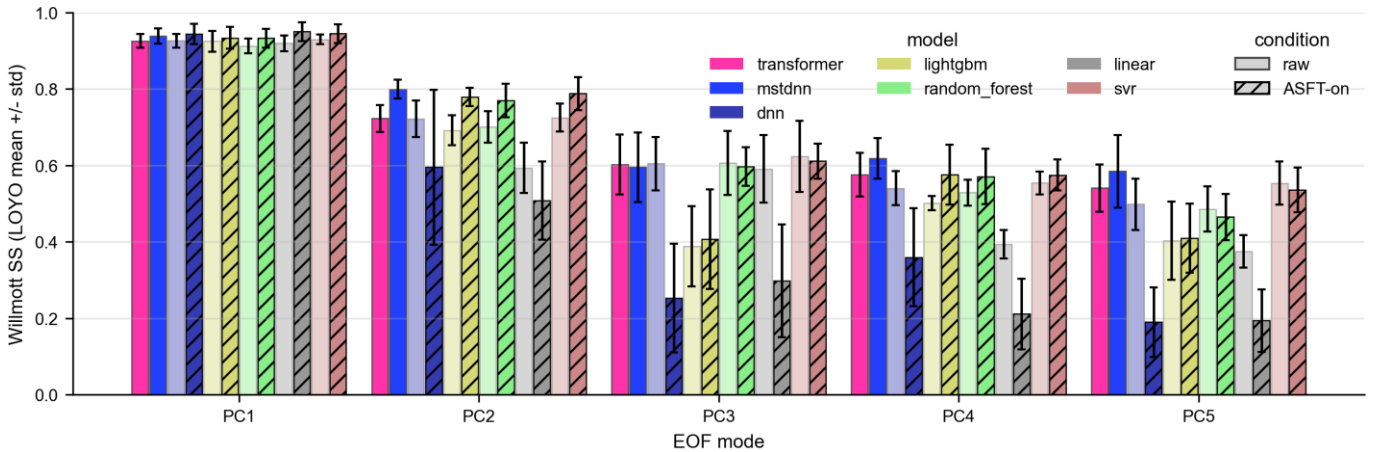


図-3 擬似観測値を用いた交差検証における各主成分の推定精度。

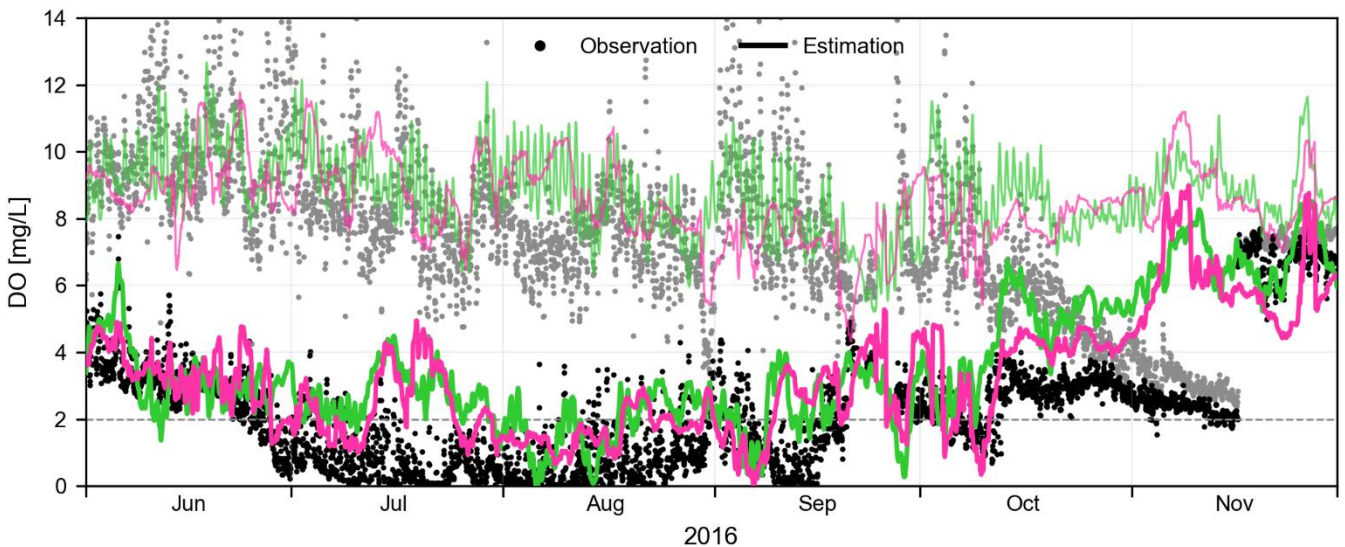


図-4 実観測データを用いた交差検証結果。神戸港波浪観測塔 (Sta. 4) の表層および底層におけるDO観測値 (点) およびソフトセンサーによる推定値 (実線)。図示した期間は2016年6月1日から11月30日までであり、灰色点および細線は表層、黒点および太線は底層を表す。また、緑線はTransformer、赤線はMST-DNNの推定値を示す。