

合田の越波流量算定図に基づく護岸天端高を予測する機械学習モデルの構築に関する一検討

岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○ 後藤 優奈
 岐阜工業高等専門学校 正会員 菊 雅美

1. 研究の背景と目的

日本の沿岸部では、台風などの低気圧接近・通過時に越波が頻発している。日本周辺海域の海水温は上昇しており、今後、日本に接近・上陸する台風が強化する可能性がある。台風の強大化に伴い、越波災害の増加や被害の甚大化が懸念され、現在の沿岸防災施設では、各地で発生する越波に対応できないことが危惧される。実務では、護岸天端高の算定方法の一つとして、図-1に例示する合田²⁾の越波流量算定図（以下、合田の算定図）が活用されている。合田の算定図は、容易に無次元越波流量を算定できる一方、制約が多く様々な設定条件に対応できない。そこで、近年では、数値計算モデルを用いた越波流量算定も行われている。ただし、越波流量には波浪条件や護岸形状など、様々な要因が影響するため、最適な護岸形状の検討には多くの時間や労力を要する。算定図や数値計算に加わる新たな手段として、機械学習が挙げられる。設計条件に基づいて現地に最適な天端高を提案する機械学習モデルを開発できれば、護岸設計時のコストの削減につながり、有用性は高い。本検討では、その前段階として、合田の算定図に基づいて護岸天端高を予測する機械学習モデルを構築し、その予測精度について検討する。

2. 合田の算定図を予測する機械学習モデルの構築

(1) データセットおよびモデルの構築条件

12 枚の合田の算定図から無次元越波流量を読み取り、

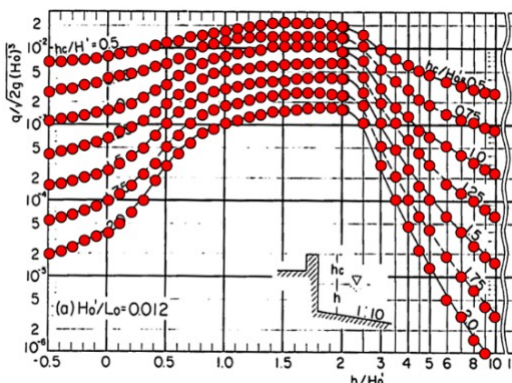


図-1 合田の算定図²⁾

全 2533 個から構成されるデータセットを作成した。読み取った条件の例を図-1 中に赤丸で示す。

本検討では、越波現象に関係する無次元パラメータを説明変数として目的変数を予測する回帰分析を行った。手法として、決定木、ランダムフォレスト、勾配ブースティング決定木の3つの木系モデルを取り上げた。

(2) モデルの評価方法

決定木系モデルには、モデルごとに複数のハイパーパラメータが存在する。そこで、グリッドサーチによりハイパーパラメータを調整し、調整した範囲の中で予測精度が最も高くなる値を用いた。モデルの評価には、交差検証法³⁾を用いた。交差検証法では、訓練データとテストデータを入れ替えて複数回学習と検証を行い、精度の平均をとる。本検討では、K分割交差検証法を用いてデータを5つに分割した。交差検証法では、データセット内のデータは連続した順番で分割されるため、データを分割する前にデータの順番をシャッフルし、データの偏りを防いだ。

(3) 無次元越波流量の予測

モデルの予測精度をまとめた表-1 より、決定係数 R^2 はいずれのモデルも 1 に近く、高い予測精度を示している。しかし、無次元越波流量 $q/\sqrt{2gH_0^3}$ の予測値と正解値の関係を示した図-2 から、予測精度の低いモデルもあった。合田の算定図において、無次元越波流量の範囲は $10^{-6} \sim 10^{-2}$ と幅が広い。同図から、6つのモデルともに、 $q/\sqrt{2gH_0^3} > 10^{-3}$ において予測精度が高いため、 R^2 はその影響を受けている。すなわち、 R^2 のみによる予測精度の判定は適切ではないといえる。 R^2 および予

表-1 機械学習モデルの評価

回帰モデル	種類	R^2
決定木モデル	DecisionTreeRegressor	0.999
ランダムフォレストモデル	RandomForestRegressor	0.998
	ExtraTreesRegressor	0.999
勾配ブースティング決定木モデル	XgBoost	0.994
	LightGBM	0.999
	CatBoost	0.999

キーワード 機械学習, 回帰分析, 無次元越波流量, 護岸天端高

連絡先 〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2 Tel : 058-320-1324 E-mail : kiku@gifu-nct.ac.jp

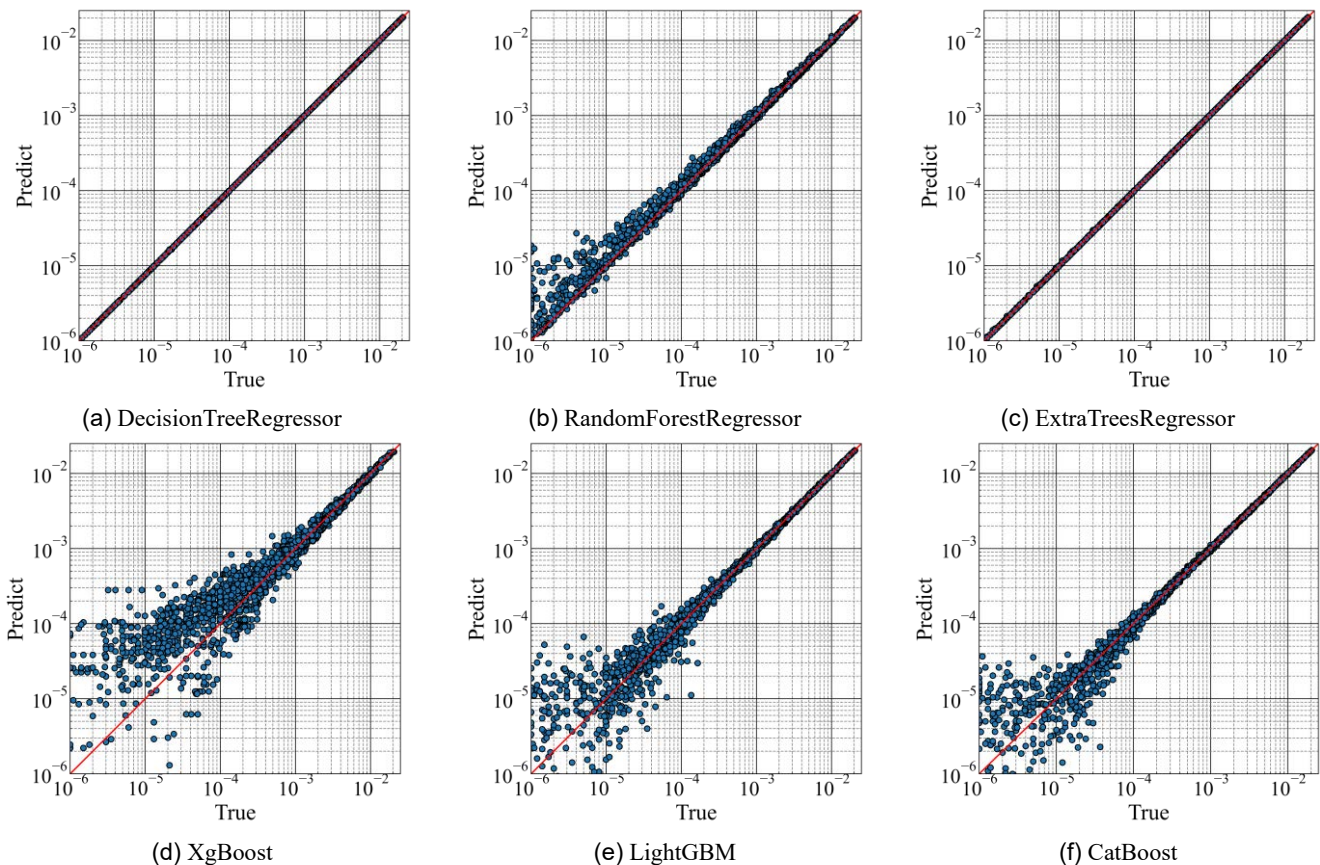


図-2 無次元越波流量の予測値

測値と正解値の比較から、高い精度で無次元越波流量を予測できたのは、決定木モデルとエクストラツリーモデルであった。今後、データセットを増加させたときの学習効率を考慮して、本検討ではエクストラツリーモデルを採用することにした。

3. 学習済みモデルによる相対天端高の予測

護岸設計では、波浪条件と許容越波流量から護岸天端高が算定される。そこで、相対天端高 h_c/H_0' を目的変数としてモデルを構築した。その結果、相対天端高 h_c/H_0' についても、機械学習モデルの予測値は正解値とほぼ一致し、高い予測精度を示した。

学習済みモデルを用いて、特定の無次元越波流量 $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ に対する相対天端高 h_c/H_0' を予測し、合田の算定図から読み取った全84個の値と比較した。図-3に、モデルの予測値と合田の算定図から読み取った相対天端高 h_c/H_0' の関係を示す。同図から相対天端高 h_c/H_0' が0.5~2.0の範囲については、合田の算定図とモデルの予測値はほぼ一致している。しかし、相対天端高 h_c/H_0' が0.5~2.0以外の範囲に対しては、学習済みモデルは相対天端高 h_c/H_0' を正しく予測できていない。これは、モデルの構築に用いたデータセットにおける相対天端高 h_c/H_0' の範囲が0.5~2.0と限定されているためである。

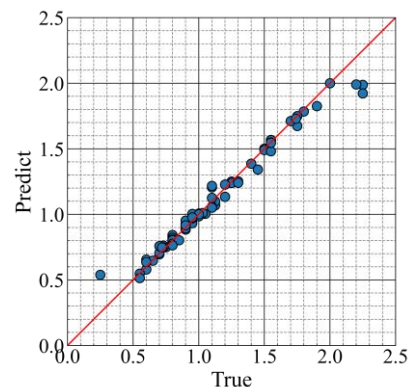


図-3 相対天端高の予測値

4. おわりに

合田の算定図を基に構築した相対天端高を予測する機械学習モデルは、合田の算定図の範囲内であれば非常に高い精度で相対天端高を予測できることが明らかになった。ただし、本検討では、データセットとして合田の算定図しか使用していない。機械学習モデルの汎用性を高めるため、学習データを増やす予定である。

参考文献：1) 気象庁：海面水温の長期変化傾向（日本近海），https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html, 2021, 2022年3月12日参照。2) 合田良実, 岸良安治, 神山 豊：不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第14巻, 第4号, pp.3-44, 1975。3) 下山輝昌, 中村智, 高木洋介：Python 実践 AI モデル構築 100 本ノック, 秀和システム, pp.127-221, 2021。