

第II部門

LSTM を用いた波高時系列予測と神戸港波浪観測所での適用性の検証

明石工業高等専門学校専攻科建築・都市システム 学生員 ○大谷慈温
明石工業高等専門学校都市システム工学科 正会員 上野卓也

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う気候変動や自然災害が頻発しており、沿岸域では海面上昇や異常気象による波浪リスクが深刻な課題となっている。特に、台風や高潮のリスクが増大する中で、周辺地域の安全性や経済活動を維持するためには、波浪や潮位などの沿岸環境を高精度かつ迅速に予測することが不可欠である。神戸港は、日本有数の国際貿易港であり、多くの物流や産業活動が集中していることから、安全確保は地域経済にとって重要な課題である。従来の沿岸工学では、波浪予測において解析数値モデルを用いた予測が主流となっている。しかし、これらは膨大な計算コストを要し、リアルタイム性に乏しいという課題がある¹⁾。それに対して、長短期ニューラルネットワーク(LSTM)²⁾の機械学習は過去の時系列データを効率的に学習し、長期的な依存関係を考慮した予測が可能である点で優れている。そこで、波浪予測に LSTM を導入することは効率よく行うことができると考えた。

本研究では、神戸港周辺の沿岸環境に関する時系列データを基に LSTM モデルを活用することで、従来手法の課題を克服し、波浪をより高精度に予測する手法の構築を目指す。具体的に、波高や周期に加え、風速や気圧などの気象データを組み合わせた多変量解析を行い、モデルの性能向上を図る。また、対象期間を拡大し、長期的な予測精度の向上を図る。

2. LSTM について

LSTM は、RNN(Recurrent Neural Network)の改良版であり、従来の RNN で課題であった勾配消失問題を時系列で考慮する層を改良したものを導入することで長期的な依存関係を学習することができ

る(図-1)。LSTM には記憶セル、入力ゲート、忘却ゲート、出力ゲートなどの仕組みを持っている。記憶セルでは、情報を一時的に保持する役割、入力ゲートは新しい情報を記憶セルに保存するか決定する役割、忘却ゲートは必要な情報と不要な情報を決定する役割、出力ゲートは記憶セルからの情報を出力する役割がある。

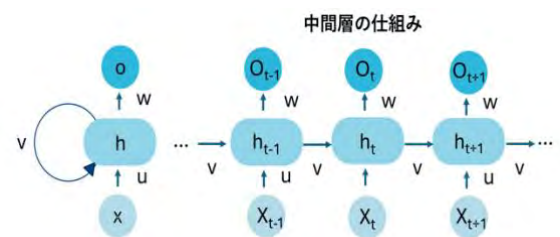


図-1 LSTM の概要図

3. 解析対象

研究対象の神戸港の有義波高と有義波周期を使用する。対象期間は2023年8月1日～2022年9月7日とした。そのうち、2022年8月1日～2022年8月31日を学習用データ、2022年9月1日～2022年9月7日を検証用データとした。6時間前までのデータを用いて学習し、1時間後の予測を行う。収集したデータに対して欠損値、異常値については適宜処理を行う。そして、LSTMのトレーニングにおける学習率0.01、エポック数100、バッチサイズ64とした。基本的なモデルの性能を確認した上で、波浪予測を行い、予測精度と実測値の比較を行う。モデル精度の向上とともにハイパーパラメータの最適化を行う。

4. 解析結果

図-2にLSTMを用いて学習させた際の、損失関数の結果を示す。



図-2 損失関数

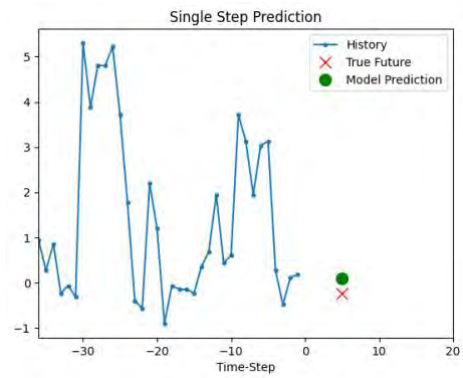


図-3 単一時系列予測

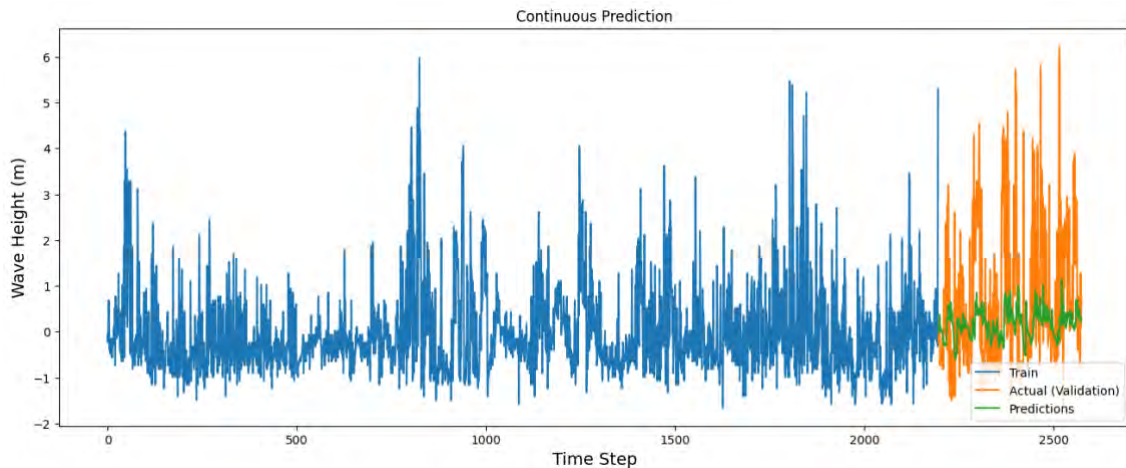


図-4 LSTM による 1 週間の時系列予測(2022 年 9 月 1 日~2022 年 9 月 7 日)

損失関数 mse について、Training loss は学習を続けることで、減少し精度が向上していると考えられる。しかし、Validation loss は増加していた。これは、今回の解析対象の学習用データが少なかったことによる、過学習が発生したと考えられる。

図-3 に LSTM を用いて単一予測した結果を示す。これは、横軸に時系列、縦軸に正規化された波高を示している。True Future が実測値、Model Prediction が予測値を示している。縦軸が正規化された波高であるため、History (学習期間)に負の値が出ている。しかし、予測値と実測値を比較したときに概ね一致していた。そのため、単一予測については、ある程度の精度を得ることができたと考えられる。

図-4 に LSTM による時系列結果を示す。横軸に時系列、縦軸に正規化された波高を示している。Train が学習期間で 2022 年 8 月 1 日~2022 年 8 月 31 日である。Actual が 2022 年 9 月 1 日~2022 年 9 月 7 日 1 週間の実測値、Prediction が Actual と同じ期間の予測値である。実測値と予測値は大きく

差が出る結果となった。しかし、定性的な波高の変化は再現することはできた。

5. おわりに

本研究では、LSTM を用いて波高の単一予測は精度を確認できた。時系列予測は波高の変動のみ対応できた。一方、1 週間の時系列予測では、予測精度には課題があるが、波高の変動パターンは再現できた。LSTM は沿岸環境の波浪予測において一定の有用性を持つことが確認された。

参考文献

- 1) 荒木裕次・森信人・安田誠宏：畳み込みニューラルネットワーク CNN を用いた風速・波高の時系列予測, 土木学会論文集 B2(海岸工学), p139, Vol75, No.2, 2019
- 2) 住友渚・安田誠宏・森信人・志村智也：長短期ニューラルネットワーク LSTM を用いた波高の時系列予測に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), p151, Vol77, No.2, 2021