

Recurrent Neural Network を用いた短時間の風速変動予測の試み

日本大学 正会員 ○長谷部寛 日本大学 非会員 本橋周子

1. 研究背景と目的

風況の変化は、鉄道や道路などの社会インフラ施設の運用だけでなく、イベントや企業活動にまで影響を及ぼすため、これまで様々な方法でその予測法が検討されてきた。例えば山口らは、ARX モデルを用いて最大瞬間風速の予報モデルを構築し、山岳地帯にも適用可能であることを示した¹⁾。北川は、Box-Cox 変換と平均 Ornstein-Uhlenbeck 過程の確率微分方程式を組み合わせた日最大風速の模擬時系列波形を得る手法を提案した²⁾。

このように、風速の予測手法は複数提案されているが、数時間以上の先の予測が多く、数秒、数分先の短時間の風速変動に対する予測手法には検討の余地がある。そこで本研究では、機械学習手法のうち、過去の時系列データを考慮して予測を行うことが可能な Recurrent Neural Network (以下、RNN と略記)を用いて、短時間の風速変動予測を試みた。

2. RNN の概要³⁾

RNN は、図 1 に示すように、中間層の出力が次の入力とともに中間層の入力となり、中間層がループする構造をとる。中間層が前の時刻の中間層の影響を受けるため、過去のデータを用いて判断を行うことができる。

また、RNN は誤差の伝播の仕方が通常のニューラルネットワークとは異なる。誤差は過去に遡っていき、ある時刻における誤差出力の勾配が、出力層から遡ってきた出力の勾配と次の時刻から遡ってきた出力の勾配の和になる。このように、誤差を遡らせて勾配を計算し、重みとバイアスを更新する。

3. RNN による sin 波の予測⁴⁾

風速時系列データの予測を行う準備として、周期性を有する三角関数を RNN により予測した。

機械学習のフレームワークには PyTorch を用い、中間層を 1 層とする単純な RNN を構築した。中間層と出力層の活性化関数には tanh 関数を用いた。損失

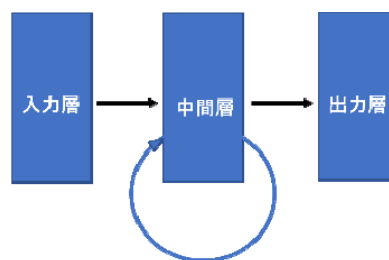


図1 RNN の概念図

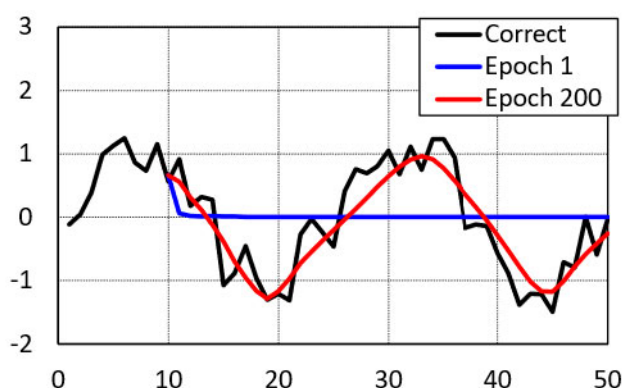


図2 Sin 波の予測結果

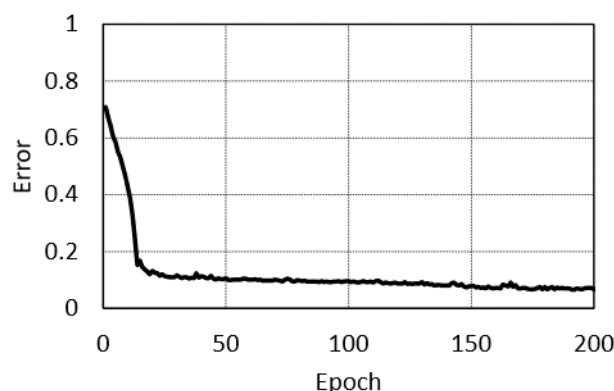


図3 エポック数と誤差の変化

関数には平均二乗誤差を適用し、最適化アルゴリズムには Adam を用いて学習を行った。

訓練データには、2 周期分の sin 波に乱数による擾乱を加えた時系列データを用いた。擾乱を加えた sin 波 2 周期を 50 分割した離散データを生成し、その過去 10 ステップ分を読み込み、次の 1 ステップのデータを予測した。

キーワード Recurrent Neural Network, 機械学習, 風速, 時系列データ

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1 丁目 8-14 E-mail : hasebe.hiroshi@nihon-u.ac.jp

エポック数（学習回数）を1回、200回とした場合の予測結果を図2に示す。1回のケースは、予測結果が大きく外れている。一方、200回の場合はsin波の周期的変動を捉えている。ただし、乱数に基づいて加えた擾乱（高周波成分）は捉えられていない。図3は、エポック数200回までの誤差の変化である。エポック数25回を過ぎた辺りで誤差は底打ちしている。1回の場合、70%程度であった誤差は、200回の学習で7%程度まで減少した。

4. 風速時系列データの予測

RNNに基づいて連続する風速データの予測を行った。図4に示した2015年4月2日の風観測データのうち1分間を読み込み、予測を試みた。風速データは、日本大学理工学部駿河台キャンパス7号館屋上に設置した超音波風速計（サンプリング周波数100Hz）で測定したものである⁵⁾。風速3成分を合成したスカラー風速を対象に検証した。

1分間のデータのうち、初めの50秒を訓練データ、残りの10秒をテストデータとした。図5は、訓練データおよびテストデータの誤差とエポック数の関係である。どちらも5回程度の学習で誤差が収束した。エポック数を30回とした際の予測結果を図6に示す。ほぼ観測データと一致する結果が得られた。ただし、高周波成分については予測精度が十分でなく、改善が望まれる。

5. まとめ

本研究では、短時間の風速変動を機械学習の手法の一つであるRNNを用いて予測した。擾乱を与えたsin波は少ないエポック数では十分な予測ができないものの、25回程度とすると、卓越周波数成分は予測が可能になった。実際に観測された風速データは、sin波よりも少ないエポック数で予測が可能であったが、高周波成分の変動の予測精度には課題が残った。今後は、高周波成分の予測精度改善の試みを行う予定である。

参考文献

- 1) 山口敦, 石原孟 : 数値気象予測とオンライン現地観測データを利用した最大瞬間風速予報, 土木学会論文集 A1, 74 巻 2 号, pp.251-260, 2018
- 2) 北川徹哉 : 平均回帰 Ornstein-Uhlenbeck 過程による日最大風速の模擬データの作成, 土木学会論文集 A1, 73 巻 3 号, pp.579-592, 2017

- 3) 斎藤勇哉 : 動かしながら学ぶ PyTorch プログラミング入門, オーム社, 2020
- 4) 松田雄馬, 露木宏志, 千葉彌平 : AI・データサイエンスのための図解でわかる数学プログラミング, ソーテック, 2021
- 5) 長谷部寛, 深谷奈央, 野村卓史 : 超音波風速計で観測した風の平均化時間に応じた風向特性, 日本風工学会誌, 第 151 号, pp.95-96, 2017

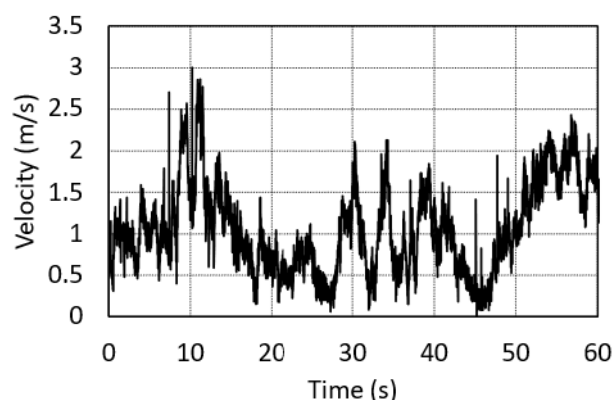


図4 時系列予測に用いた風速データ

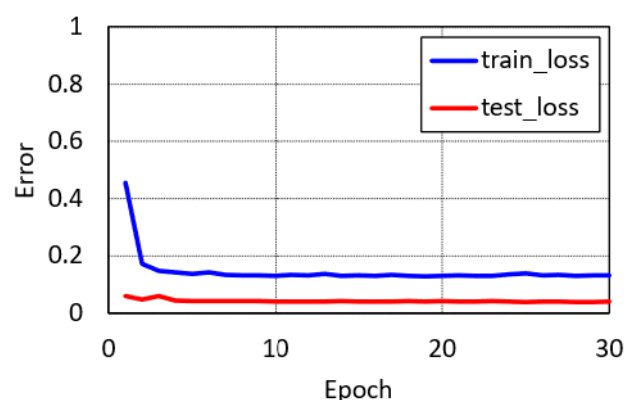


図5 エポック数と誤差の変化

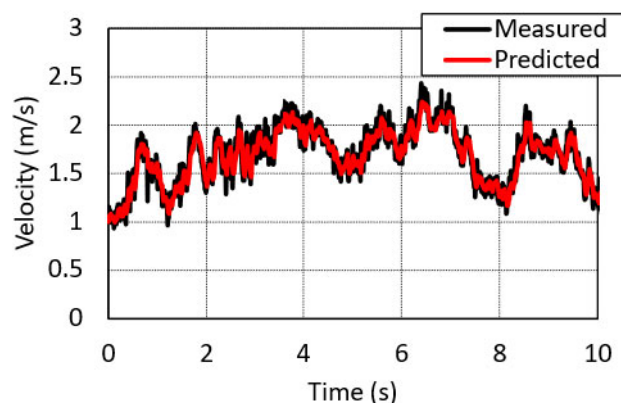


図6 風速の予測結果