

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Design of machine learning-based methods for wind speed and wind power forecasts
著者(和文)	Salazar Cueva Andres Aurelio
Author(English)	Andres Aurelio Salazar Cueva
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12166号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:肖鋒,井上 裕嗣,青木 尊之,末包 哲也,大西 領
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12166号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	SALAZAR CUEVA Andrés Aurelio		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	肖鋒	教授	審査員	大西 領	准教授
	審査員	井上 裕嗣	教授			
		青木 尊之	教授			
末包 哲也		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Design of machine learning-based methods for wind speed and wind power forecasts」と題し、機械学習およびメソスケール大気モデルに基づき、風力発電所におけるハブ高さの風速および風力発電量の短期予測モデルを構築・実証したものであり、7章から構成されている。

第1章「Introduction」では、自然エネルギー、とりわけ日本の風エネルギーの現状を概観し、風力発電を積極的に導入するためには発電量の短期予測が重要であるが、地形などの複雑さから予測手法の研究はあまり進んでいないことを指摘している。これを踏まえて、風速の短期予測に関して天気予測と機械学習を併用する必要性を説明し、より高精度な予測手法の提案を研究目的として掲げている。

第2章「Fundamentals on machine learning」では、本論文で用いる機械学習、AEを説明している。また、それぞれに基づいて、単純なデータ科学的風速予想モデル、決定論的風速予想補正モデルと確率論的風速予測補正モデルを新たに提案している。さらに、ハイパーパラメータの決定法や最適化手法のADAM法などを説明している。

第3章「Methodologies for the NWP and power models」では、天気予測(NWP)モデルとパワーモデルを説明している。本論文に必要とされるNWPモデルのWeather Research and Forecasting(WRF)モデルを説明し、それを使ったネスティングモデルの構成を述べている。また、学習・検証の対象とした豊北風力発電所と南淡路島風力発電所の概要を述べている。

第4章「An LSTM model with variational mode decomposition」では、過去の観測データを時間・空間的に分解し、単純なLSTMモデルによる24時間風速予測を行って、二乗平均平方根誤差(RMSE)と平均絶対誤差(MAE)を評価している。その結果、LSTMモデルは、時刻に伴って予測値のRMSEとMAEが急に拡大することから、風速短期予測モデルとして不十分であることを示している。

第5章「A deterministic multivariable neural network model」では、WRFモデルによるNWPについて、各風車上の予測結果と観測データに基づいて機械学習を行う新しいモデルを提案している。まず、観測データのノイズを排除する為に、オートエンコーダの適用を提案している。続いて、入力と出力の両者について風車サイトの風速を使うNN-Sモデルと、入力としてNWPの風速、風向、圧力、温度を使うNN-SDPTモデルを提案している。二つのモデルは、単純LSTMモデルに比べてNWPのバイアスと統計誤差を大きく改善できることを確認している。例えば、NN-SDPTモデルにより、予測値のRMSEとMAEは平均で16.5%と16.3%に改善されたことを示している。特にNN-SDPTモデルは、複数の気象要素と風速の関連を考慮することで、より精度よく予測ができることを示している。

第6章「A deep generative model for probabilistic forecasting」では、第5章で述べたモデルは入力が決定論的なNWPの予測結果であるため、標準偏差や平均値は得られないことを踏まえて、入力データのアンサンブル的な効果を考慮するために、変分オートエンコーダ再生法(CVAE)を提案している。入力データの関連性を考慮し、NN-SDPTによる学習ネットワークの他に、変分ベイズ法による生成ネットワークを構築している。アンサンブル予測として、風力発電量の予測値がアンサンブル平均で示されており、実際の観測値に近づけている。第5章のデータを使って学習を行なった結果、RMSE、MAEと相関係数はそれぞれ16.7%、17.1%および13.9%改善されたことを示している。過去のデータに基づき、NWPモデルと観測値による風力発電のCVAE学習モデルを開発し、風速や発電量を統計的に予測可能であることを実証している。

第7章「Conclusions and future work」では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後の課題および展望について述べている。

以上を要するに、本論文は複雑条件における観測データおよびNWPモデルによる予測に基づいた新しい風力予測モデルを構築し、実現象の予測精度の向上を実現しており、風力発電関連分野での理化学上の貢献が大きい。よって本論文は博士(理学)論文として十分な価値を有すると認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。