

気象シミュレーションと台風シミュレーションを用いた洋上風力発電設備の設計風速算定

東京大学 正会員 ○山口 敦
東京大学 正会員 石原 孟

1. はじめに

洋上風力発電においては陸上に比べて風速が高く、高い発電量が期待できる半面、設計風速も高くなるため、風況の高精度な推定は極めて重要である。風力発電設備の設計において重要となる設計風速は終局荷重を評価するための50年再現期待値と疲労荷重を評価するための風速別出現頻度である。従来、陸上における風力発電設備の建設に際しては風況マストによる現地観測や、近傍の気象官署における長期観測データ等を考慮して年間期待発電量や設計風速を評価できたが、洋上においては現地観測が極めて難しいのに加え、洋上と陸上では風況に大きな違いがあると考えられるため、近傍の気象官署のデータをそのまま用いることも難しい。

そこで、本研究では千葉県銚子周辺において気象シミュレーションと台風シミュレーションを実施し、銚子気象台における観測値による検証を実施するとともに、銚子近海の海域における最大風速の50年再現期間期待値、および風速出現頻度分布の推定を行った。

2. 気象シミュレーション

本研究では非台風時の風を推定するために、力学的局所化手法[1]に基づき、気象シミュレーションを実施した。まず全球モデルの客観解析値を初期・境界条件とし、地域気象モデルRAMSを用い1年間にわたり時系列解析を行うことにより水平1km程度の解像度をもつ1年分の時系列風速データを得る。この風速データには海陸風、山谷風などの局地循環、大気成層による局地風、水平スケール1km以上の地形や地表面粗度変化による影響が含まれているが、1km以下のスケールの詳細地形の影響は含まれていない。水平解像度1km以下のスケールの微細地形の影響を取り入れるため、非線形風況予測モデルMASCOTを用い、地域風況を微細地形の効果を考慮に入れた局所風況に変換した。

このようにして求めた年間の風速を銚子気象台における観測結果を用いて検証した。図1は銚子気象台における年間の風速時系列、図2は風速階級別の出現頻度であるが、観測値とシミュレーション結果がよく一致していることがわかる。

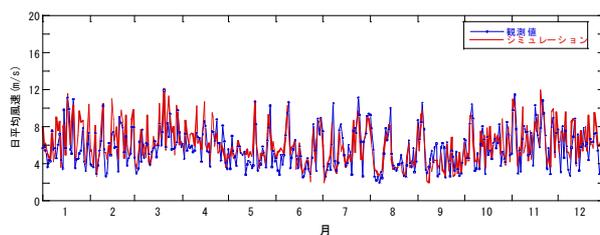


図1 銚子気象台における年間の日平均風速

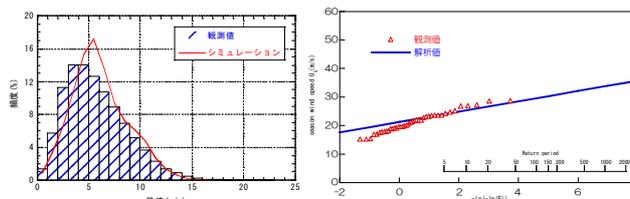


図2 銚子気象台における風速階級別出現頻度

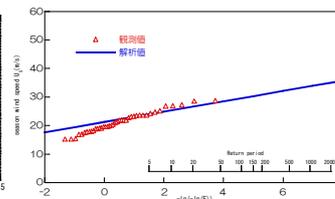


図3 台風以外の要因による風速の際威厳期間別期待値

また、非台風時の風速の再現期間別期待値はGomes and Vickery[2]による手法を用いて求めた。この手法では、年間の風速出現頻度分布がワイブル分布であると仮定して、再現期間別期待値を推定する。このようにして求めた。図3に銚子気象台においてこの手法により求めた再現期間別の風速を観測値とともに示す。再現期間別風速が精度良く再現できていることがわかる。

3. 台風シミュレーション

台風時の風速は松井ら[3]によって提案された台風モデルによって行った。このモデルでは台風パラメータより推定された気圧場より上空風を求め、その後地上風を推定する(図4)。

まず、対象地点の半径500kmを通過し、中心気圧が985hPa以下となった過去の台風の気圧に関する観測データから、気圧場を表す変数である中心気圧低下量、最大旋衡風速半径、進行速度、進行方向、

最接近距離及び年発生頻度の確率分布を求める。

次に作成された確率分布に従い、モンテカルロシミュレーション手法により100年分の台風を100回、通算10,000年分の台風を発生し上空風を求め、べき法則により地上風を求める。求められた地上風は60分平均風速に相当するため、平均化時間の違いを補正し10分平均風速の最大値を求めた後に年最大風速を抽出する。このようにして求めた台風時の風を解析することにより銚子气象台における台風による年間の風速出現頻度(図5)および台風による再現期間別最大風速(図6)を求めた。観測値と良く一致していることがわかる。

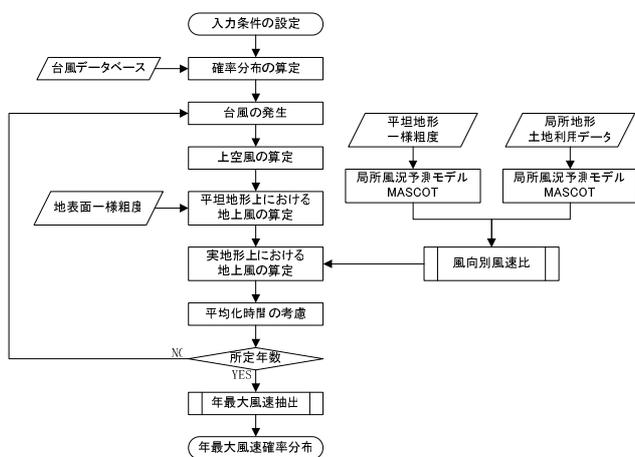


図4 台風シミュレーションのフロー

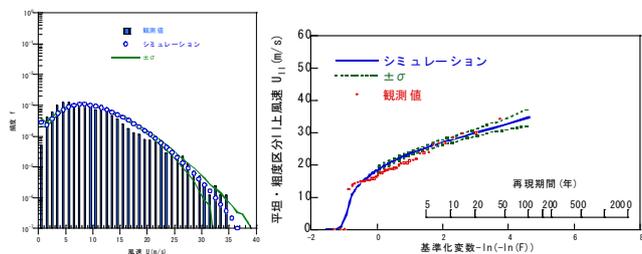


図5 銚子气象台における台風時の風速階級別出現頻度

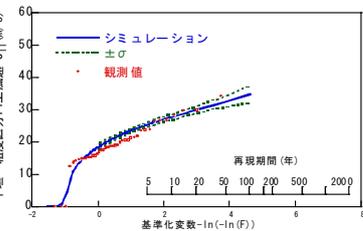


図6 台風による風速の際威厳期間別期待値

4. 洋上地点における推定結果

銚子近海の洋上における非台風時および台風時の再現期間別最大風速を、2節および3節で示した手法に基づき推定した結果を図7に示す。本研究で対象とした地点においては再現期間が1年以上の最大風速は台風によって決定されていると言え、風力発電所の設計に必要なとなる50年再現期間の最大風速は、シミュレーションのばらつきを考慮して49m/sとなる。

次に疲労荷重評価のための、台風時と非台風時の風速階級別出現頻度を2節および3節に示した手法

により算定した結果を図8に示す。また、疲労評価の風速は10分間の平均化時間であるが、図8に示した台風時の評価は50年再現期待値に相当する49m/sの作用時間が2.49分であり、10分より短い。設計風速49m/sを記録する台風が来襲する時に、風車が疲労荷重により損傷を受けさせないために、最大風速が50年再現期待値となる台風が一回は来襲するものと仮定し、台風シミュレーションを利用して台風時における各風速の継続時間を算出した。

このようにして求めた出現頻度を合成することにより、最終的な全要因に対する風速階級別出現頻度を推定した。

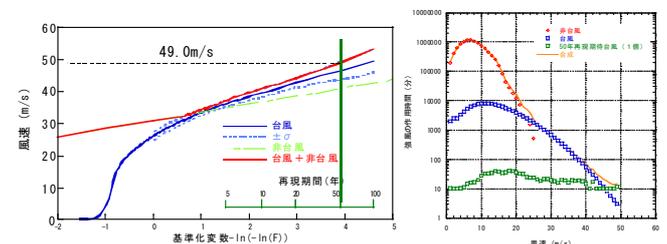


図7 対象海域における風速の再現期間別期待値

図8 対象海域における風速の出現頻度分布

5. まとめ

本研究では気象シミュレーションと台風シミュレーションに基づき、洋上風力発電所のための設計風速を推定するとともに銚子气象台において検証を行い、以下の結論を得た。

- 気象シミュレーションにより年平均風速、年間の風速出現頻度、および非台風時の再現期間別風速を高精度に予測することが可能である。
- 台風シミュレーションにより台風時の風速出現頻度および再現期間別風速を高精度に予測することが可能である。

謝辞

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究「洋上風力発電実証研究 F/S 調査」の一部として実施したものである。

参考文献

[1] 山口敦, 石原孟, 藤野陽三: 力学統計的局所化による新しい風況予測手法の提案と実測による検証, 土木学会論文集A, Vol. 62, No. 1, pp. 110-125, 2006.
 [2] L. Gomes and B. J. Bickery: On the prediction of extreme wind speeds from the parent distribution, J. Indust. Aerodyn., 2, 21-36, 1977.
 [3] 松井正宏, 孟岩, 日比一喜: 台風シミュレーションによる年最大風速の推定, 第14回風工学シンポジウム論文集, pp. 97-102, 1996.