

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20560783

研究課題名（和文） 高乱流強度下における動的Captureability評価手法の開発

研究課題名（英文） A study on an evaluation of dynamic captureability under high turbulence intensity

研究代表者

松下 大介（MATSUSHITA DAISUKE）

九州大学・工学研究院・助教

研究者番号：60284535

研究成果の概要（和文）：

風力発電システムにおいて気象および地形による流入風の変動は、性能や寿命に大きな影響を与える重要な因子である。大型風車においては国際標準の性能評価が困難な風車サイトも多く、特に流入風速の見積もりが重要となる。また小型風車においては、風速や風向の変動に対する風車応答性が高いために正しい性能計測は困難である。本課題ではCFDを利用した性能評価方法における変動風の影響を調査、また独立電源サイトにおける小型風車の高精度風向計測によりヨー特性の評価手法の検討を行った。

研究成果の概要（英文）：

A fluctuation of the inlet flow to a wind turbine system is an important factor that causes decrease of the power performance. The fluctuation is caused by meteorology on the wind turbine site and also the complex terrain. There are many wind turbine site which the international standard for wind turbines: IEC61400-12 cannot adapt because of such strong turbulence. Furthermore small wind turbine system has more complex problems which are concerned with a response to not only flow speed change but also flow distortion. In the present study, a estimation of power performance under high turbulence intensity site and a estimation of a dynamic captureability of small wind turbine are shown.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・エネルギー学

キーワード：自然エネルギーの利用

1. 研究開始当初の背景

長期的な視点で脱炭素社会を実現するためには、再生可能エネルギーの有効利用が不可欠である。風力は太陽光、水力とともにそ

の一端を担う再生可能エネルギーであるが、発電技術的には風況変化に伴う発電量の変動がネックとなり大規模導入を躊躇させる状況となっている。

乱流強度の観点から、国内ではサイトにおける風速および風向の変動が性能に影響を与えると考えられ、大型風車においては、より精度の高い風車流入風速計測や、気象情報から発電量予測を行い電力の安定供給を目指す技術が検討されている。風車性能評価はIEC 文書で手法等が示されているが、国内では準拠義務はないため性能が明確でない既設風車も多い。一方で小型風車においては、設置高さが低いことおよび変動風の渦スケールに対して受風面積が小さいことなどにより、大型風車と同様の評価方法では流入風の予測は困難な状況である。ほとんどの風車は自然風況下で用いられるため、風洞試験やCFDにより風車性能を評価することは困難であり、可能ならば設置サイトにおいて自然風況下で性能計測を行うべきであるといえる。

風車の性能は流入風エネルギーをもとにした Captureability による評価などが提案されているが、風向に対する風車姿勢のずれ（ヨーエラー）については国際標準文書である IEC にも国内 JIS にも評価項目がないのが現状である。運転状態にある小型風車を観察すると、大きくヨー角が変化すると共に失速生じる現象がみられる。これは、風車の風向追従性に依存する特性と考えられるが、運転中の風車位置における風速および風向を計測することができないため、この特性を正しく評価することはできていない。特に小型風車においては、産業的な参入が大型風車に比べて容易であることから非常に多くの製品が存在する。これらの中にはカタログスペックと実風況下での特性が大きく乖離するものもあり、国際的にラベリングシステムにより統一評価を構築する動きが出てきている。

2. 研究の目的

風力発電システムにおける流入風の変動は、性能や寿命に大きな影響を与える重要な因子であるが、特に小型風車においては、風速だけでなく、風向の変動に対する風車姿勢変化が大型風車に比べて極めて短時間で生じることから、国際標準文書 IEC61400 においても、複雑地形における風車性能評価法について修正や風速評価における新手法が提案されてきているが、小型風車においてはそれらの適用も困難なケースが多く存在することが知られている。

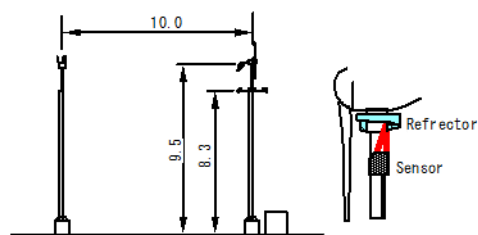
本課題においては、大型風車に関しては、IEC に示された性能計測が困難なことから、CFD を利用した評価方法について適用範囲および不確かさなどについて詳細な検証を行った。また小型風車に関しては、大型風車の評価法とは異なり風車姿勢の時間変化が性能に大きく影響を与えられることから、より詳細な評価を構築することを目的とする。具体的には、自然風況下における風

車ヨー角の風向追従性を時間平均値で議論するだけでなく、瞬間的なヨー角変動を基にした動的な Dynamic Captureability を評価できる手法を検討する。

3. 研究の方法

本課題では、大型風車に関しては、従来の性能計測手法の適用範囲外となるサイトにおける新手法の適用を検討する。特に風車サイトの地形複雑度が高いケースや、建物等の障害物が周囲に多く存在するケースにおいて性能評価を試みる。具体的にはCFDにより風車サイト周辺の流れ場をシミュレートし、性能計測のもととなる風車流入風速の見積もりを行う手法である数値サイトキャリブレーションを用いて、高乱流強度下における風車性能計測の可能性を検討する。また、IEC には風速変動における評価は乱流強度により行われるものの、風向変動についての評価は含まれないため、従来の風速補正手法を風向変化に対しても適用することを検討する。

一方、小型風車サイトにおいては、下図に示すような風車サイトにおいて高速サンプリングによる風向計測システムを構築して性能試験を実施する。ここでは風車性能に与える影響を小さくしたヨー角計測システムを設置し、自然風況下における風速および風向の変化に対する風車性能を詳細に計測する。小型風車においては、大型風車における性能計測の様に水平方向に定められた距離をとり、風車ハブ高さにおいて風況計測を行い風車位置の値に補正する手法では時間平均値はある程度妥当な値を得られるものの、動的な特性を把握するには不確かさが大きいことがわかっている。そこで本課題では風車直下に風向風速計を設置し、特に風向追従性について計測を行うこととする。

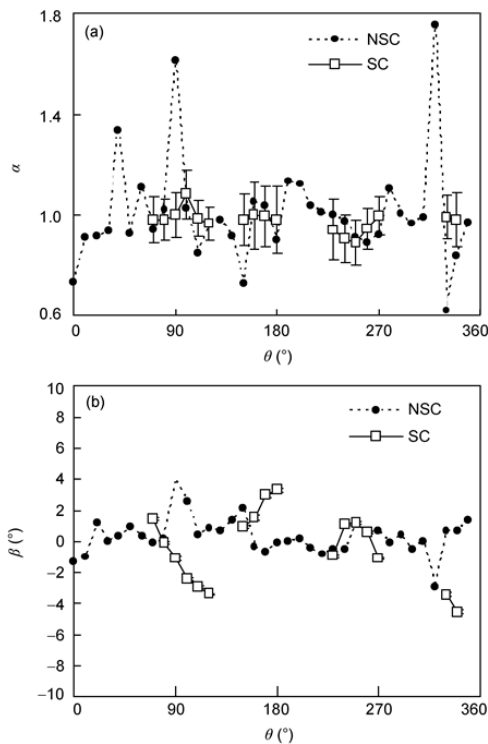


4. 研究成果

本課題の成果は大きく 3 つの内容に対して得られている。それぞれの内容は本課題終了時点で完結してはいないが、今後の研究継続においてより詳細な成果を公開できると考えられる。

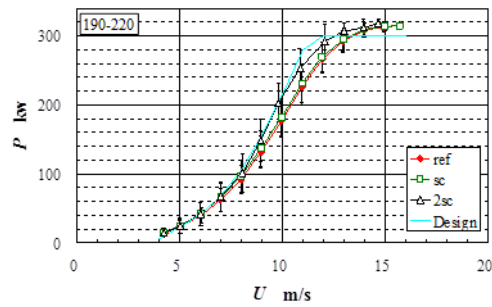
大型風車においては、風車性能に与える変動風の影響は、空間および時間平均処理によって短時間の変動の影響を緩和した結果が得られる。そのため風車流入風速をより高精

度で見積もることが重要な課題となる。現段階で国際標準となっている IEC 文書は、より複雑な地形や気象条件に対応できるように修正作業が行われており、性能計測法においても新手法の提案等が行われている。ここではその1つである CFD による流れ場シミュレーション結果を用いた性能計測をテストした。その結果、下図の様に 2 地点の風速比 α および風向変化 β において従来手法サイトキャリブレーション (SC) と数値サイトキャリブレーション (NSC) を比較した。各風向において、風速比は分母となる参照風速が剥離等の影響で低い絶対値を持つ場合に誤差が拡大することが分かった。一方で風向変化は風速比の誤差に依存しない結果となった。これより複雑地形における大型風車のケースでは Dynamic Captureability は平均化処理によりその影響が小さくなり、性能評価においては風速補正が重要な因子となることが分かった。

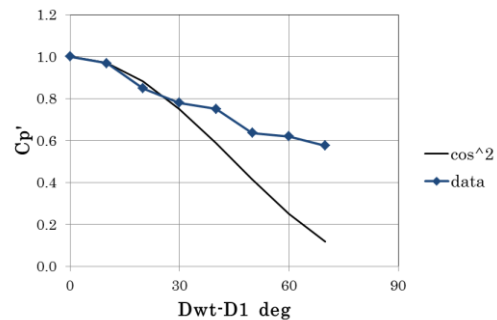


次に周囲に建造物が多い中型風車サイトにおいては、周囲障害物による風速比に風向ごとに異なった風速依存性があることから、IEC のサイトキャリブレーションは実施できないことが分かった。そのため従来手法に風向変化を加えた処理法に修正し、下図に示すようなより信頼性の高いパワーカーブが得られた。このケースにおいても性能における平均化処理により変動風に対する動特性の影響は大きくないと予想されるが、この風車に関しては詳細な制御情報を含めた解析を継続しており、高乱流強度下での制御改善が性能に与える影響を調査することで動的な

性能評価が明らかになると考えられる。



小型風車サイトにおいて高精度のヨー角計測と性能評価を行ったケースでは、既存の電力網に接続されていない独立電源方式であり、このようなケースでは性能がカタログスペックより低下することが分かった。これは主にバッテリーの充電特性に依存し、高風速高乱流強度時における出力応答性が高いため、最大電流超過によるカットアウトが頻発し定格出力近傍での 1 分データセットにおける風速ビン平均出力は低く評価されることが分かった。対策としては電力安定化のためのシステムを導入することが最適となるが、コスト面での問題を生じることとなる。また、高応答性の風車においては風向変化に対する姿勢変化が出力変化より速く、IEC における性能計測のサンプリング周波数である 2Hz (0.5 秒間) の瞬時データを基にした場合、瞬間的にヨーエラーが生じて性能低下が小さいことが分かった。これは風洞実験による安定した斜め風流入による実験結果であるヨー角の \cos^2 に比例するラインより出力が高くなることを意味している。この特性が風車の動的な Captureability 性能を端的に示す結果といえる。ここでの風車直下の風向風速計による風況計測では、従来手法より風車位置の風況見積精度が高い結果となっはいるものの、未だ大きな不確かさを持つ結果といえるため、それらの影響が小さくなる程度の時間平均化により不確かさを小さくできると考えられる。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕（計 3 件）

(1) Hikaru MATSUMIYA, Ryosuke ITO, Masafumi KAWAKAMI, Daisuke MATSUSHITA, Makoto IIDA, Chuichi ARAKAWA, Field Operation and Track Tests of 1-kW Small Wind Turbine Under High Wind Conditions, Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME, 査読有, Vol.132, No.1, 2010, pp.011002-1 - 011002-8.

(2) Daisuke MATSUSHITA, Hikaru MATSUMIYA, Yoshinori HARA, Satoshi WATANABE, Akinori FURUKAWA, Studies on numerical site calibration over complex terrain for wind turbines, Science China Technological Sciences, 査読有, Vol.53, No.1, pp.1-6.

〔学会発表〕（計 2 件）

(1) 松下大介, 原義則, 松宮輝, 独立電源用風車の変動風況下におけるヨ一特性に関する研究, 第 65 回ターボ機械協会総会講演会, 2011 年 5 月 20 日, 東京.

(2) Daisuke MATSUSHITA, Eijiro YUKOKU, Hikaru MATSUMIYA, Masao HOSHOMI, Estimation of Power Performance of 300kW Wind Turbine Located in the Seaside District, Proceedings of Renewable Energy 2010, July 1, 2010, Yokohama.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松下大介 (MATSUSHITA DAISUKE)
九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：60284535

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

原義則 (HARA YOSHINORI)
九州大学・工学研究科・技術専門員
研究者番号：50380605

飯田誠 (IIDA MAKOTO)
東京大学・工学研究科・講師
研究者番号：40345103