

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文)	乱流現象を記述するレイノルズ分解に着目した小型風力発電出力変動の数値数理解析		
研究テーマ (英文)	Numerical/theoretical analysis on fluctuating power output of a small wind turbine focusing on Reynolds decomposition used to describe turbulence phenomena		
研究期間	2020年 ～ 2021年		研究機関名 岡山大学自然科学学域
研究代表者	氏名	(漢字)	鈴木 博貴
		(カタカナ)	スズキ ヒロキ
		(英文)	Hiroki Suzuki
	所属機関・職名		岡山大学自然科学学域・准教授
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	望月 信介
		(カタカナ)	モチヅキ シンスケ
		(英文)	Shinsuke Mochizuki
	所属機関・職名		山口大学大学院創成科学研究科・教授

概要 (600字～800字程度にまとめてください。)

本研究は、小型風力発電における出力変動に関する数値的および数理解析を実施した。乱流現象を記述するために用いられるレイノルズ分解に着目して、出力変動を解析した。

小型風力発電機のロータディスクの回転速度を解析的にモデル化するための簡略化したモデル式を示した。まず、小型風力発電機の回転速度の支配方程式を、特性量を用いて無次元化した形で求めた。次に、空カトルク係数の周速比分布を用いた。空カトルク係数の1次導関数と2次導関数を用いて、空カトルク係数のプロファイルを級数展開で記述した。ここで、2階微分の値を含める必要はないことがわかり、空カトルク係数とその1階微分を用いたモデル式を示された。このモデル方程式を用いて、流入風の変動が生じさせる回転数変動について、小型風車において明らかにした。

本研究では、空気密度の季節変化が動作に与える影響について調べた。本研究で得られた小型風力発電機の回転速度運動方程式を用いて、この影響を定量化した。空気密度、流入風速、回転速度を特性値で無次元化することで、支配方程式が導かれた。最適な周速比における支配方程式の空カトルクと負荷トルクの均衡を考慮することにより、空気密度の変動が運転チップスピード比に与える影響を簡単な数式で表現することができた。この導出式に示されるように、動作先端速度比は流入風速の変動よりも空気密度の変動に影響されにくいことがわかった。

加えて、本研究では、本研究の課題に関係する流体解析を行う上での、陰解法と陽解法の適用の違いの影響が調べられた。陰的時間積分法は、運動エネルギー保存の誤差が生じる可能性がある。本研究では、等方性・異方性定常乱流場を解析した。定常乱流場における乱流運動エネルギーは、運動エネルギー保存誤差の影響をほとんど受けないことがわかった。静圧変動の実効値は運動エネルギー保存則の誤差に大きく影響された。

以上

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）						
雑誌	論文課題	Attempt to quantify the impact of seasonal air density variation on operating tip-speed ratio of small wind turbines				
	著者名	Hiroki Suzuki, Yutaka Hasegawa 他2名	雑誌名	Journal of Physics: Conference Series		
	ページ	012144	発行年	2 0 2 1	巻号	2090
雑誌	論文課題	Simplified numerical modeling of rotational speed response for a small wind turbine				
	著者名	Hiroki Suzuki, Yutaka Hasegawa 他1名	雑誌名	Proceedings of the International Conference on Power Engineering-2021		
	ページ	ICOPE-2021-0130	発行年	2 0 2 1	巻号	-
雑誌	論文課題	Impact of difference between explicit and implicit second-order time integration schemes on isotropic/anisotropic steady incompressible turbulence field				
	著者名	Ryuma Honda, Hiroki Suzuki 他1名	雑誌名	Journal of Physics: Conference Series		
	ページ	012145	発行年	2 0 2 1	巻号	2090
図書	書名	-				
	著者名	-				
	出版社	-	発行年	- - - -	総ページ	-
図書	書名	-				
	著者名	-				
	出版社	-	発行年	- - - -	総ページ	-

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

This study presents a numerical and mathematical analysis of power output variations in small wind turbines. A simplified model equation is presented to analytically model the rotational speed of the rotor disk of small wind turbines. Using the derivatives of the aerodynamic torque coefficient, the profile of the aerodynamic torque coefficient is described by a series expansion. The model equation using the aerodynamic torque coefficient and their derivatives were provided. Using this model equation, the rotational speed variations caused by the inflow wind variations were clarified for small wind turbines. In this study, effects of seasonal variations in air density on operation were examined. As shown in the derived equation, the operating tip speed ratio was found to be less affected by variations in air density than by variations in inflow wind velocity. In addition, the impact of the difference in the application of implicit and explicit methods in performing the fluid flow analysis relevant to the present research issue was examined in this study. The turbulent kinetic energy in a steady turbulent flow field was found to be largely unaffected by the conservation of kinetic energy error.