

TSUBAME 共同利用 令和 5 年度 学術利用 成果報告書

利用課題名 集風レンズ付き風車とそのマルチロータシステムの流体シミュレーション
英文: CFD Simulations of Diffuser Augmented Wind Turbines and Multirotor Systems

胡 長洪
Changhong Hu

九州大学 応用力学研究所
Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University
URL <https://www.riam.kyushu-u.ac.jp/>

邦文抄録(300 字程度)

高い発電性能を持つ風車として集風レンズ付き風車(レンズ風車)が注目されている。本研究グループは九大発ベンチャーである(株)リアムウインドの共同実施者として、環境省の地域競争・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事のプロジェクトで定格出力 200kW の中型レンズ風車の技術開発を進めている。本利用課題では、流体シミュレーションにより 200kW の中型レンズ風車の開発で重要となる①台風などの強風時における風抵抗の評価と強風対策の検討、② 2 基マルチロータシステムの最適な風車隙間間隔の検討、③レンズ風車空力弾性解析に必要なディフューザー増速モデルなどの基礎データの取得を行った。

英文抄録(100 words 程度)

A wind lens turbine (WLT) has been attracting attention for its high-power output efficiency, and we are developing a medium-sized WLT with a rated output of 200 kW. In this project, the following three important issues for the development of a 200kW medium-sized WLT were investigated: (1) evaluation of wind resistance and countermeasures against strong winds such as typhoons, (2) investigation of the optimal gap between two WLTs for a multi-rotor system, and (3) obtaining basic data for blade tip loss models and diffuser induction factor for aeroelastic analysis of WLTs.

Keywords: Diffuser augmented wind turbine, Aero dynamics, Multi rotor system, Lattice Boltzmann method

背景と目的

高い発電性能を持つ風車として集風レンズ付き風車が注目されており、九州大学応用力学研究所では定格出力 200kW の中型レンズ風車、およびその 2 基マルチロータシステムの技術開発を進めている。本研究課題では、集風レンズ付き風車の研究開発の重要課題である以下 3 つの内容に関して、GPU を利用した大規模な数値流体シミュレーションにより取り組む。

- ① 強風時の風荷重の評価と強風対策を検討する。
- ② 2 基マルチロータシステムの最適な風車隙間間隔を検討する。
- ③ 空力弾性解析モデルの開発に必要なディフューザー増速係数やディフューザー空力特性を取得する。

概要

本研究課題の 3 つの研究目的に対し、以下の内容を

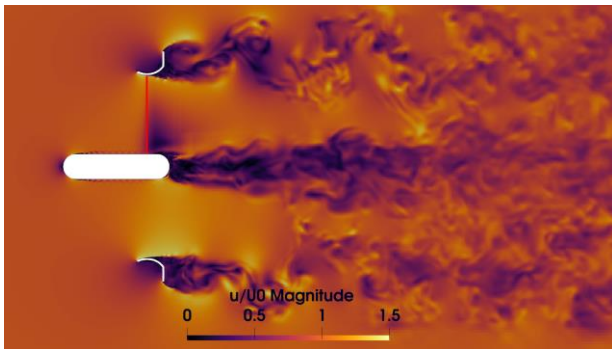
実施した。レンズ風車の流体計算には GPU と大規模計算に適した格子ボルツマン法を利用した。

- ① ディフューザーの一部(つば部分)を可動できるようにし、強風時はディフューザーを倒して投影面積を小さくする機構を検討した。この機構は風荷重を大幅に削減できることを確認し、200kW 中型レンズ風車に採用されることになった。
- ② 模型スケールと実機スケールの流体シミュレーションを実施した。200kW 中型レンズ風車に用いるディフューザー形状では、2 基マルチロータシステムの最適な風車隙間間隔はディフューザー直径の 15% ほどであることがわかった。
- ③ ブレードなどのモデルを除き、ディフューザー単体の空力解析を実施した。200kW 中型レンズ風車に用いるディフューザーの増速係数、ディフューザーの空力特性を取得した。

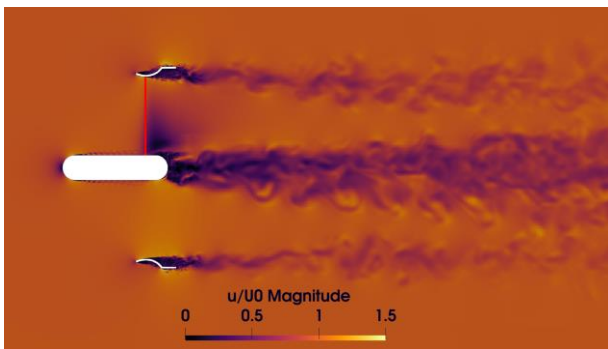
結果および考察

① 強風対策

ディフューザーのつば部分を倒す機構を採用した Ci タイプディフューザーを搭載した 200kW 中型レンズ風車に対して、強風時の運転停止状態での計算を実施した。CFD で得られた速度場の結果を図 1 に示す。運転停止時のレンズ風車の抗力係数は、つばを倒すことで 0.579 から 0.116 に低減され、つば可動は有効な強風対策で有ることが確認された。



(a) 従来のディフューザー



(b) つば可動ディフューザー

図 1 強風対策に関する CFD シミュレーション結果

② 2 基マルチロータシステム

2 基レンズ風車のすきま間隔が発電性能に与える影響を CFD により調査し、隣接する 2 つのレンズ風車が合計で最大出力を示す最適すきま間隔を求めた。結果を図 2 に示す。7.5%の集風体 (CiB7.5) を用いた 200kW レンズ風車では、風車間のすきまがディフューザー直径の 15%のとき最大の発電性能増加率 3%が得られた。

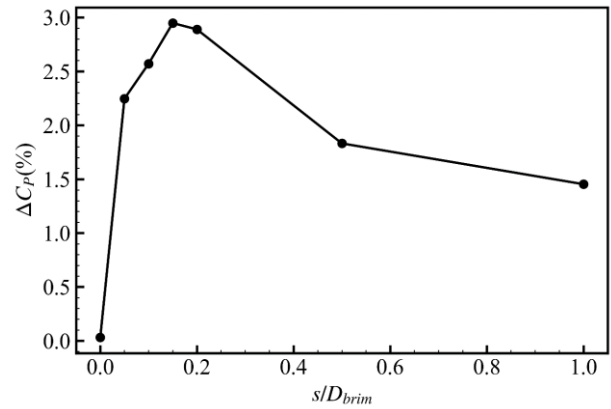


図 2 2 機構成マルチロータシステムの発電性能増加

③ 空力弾性解析モデル

風車ブレードを除いたディフューザー単体のシミュレーションを実施し、図 3 に示すディフューザー増速係数を取得した。増速係数に基づき風車空力弾性解析ソフトウェア FAST の流入風を修正することで、レンズ風車の空力弾性解析を行いブレードに作用する流体力を評価可能になった。

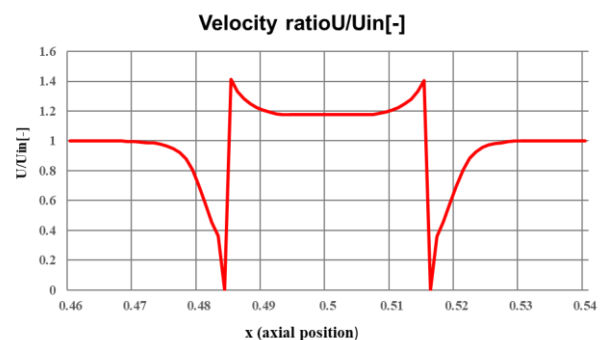


図 3 ディフューザーの増速係数

まとめ、今後の課題

本研究課題は、200kW 中型レンズ風車開発の重要課題である強風対策、2 基マルチロータの最適配置、空力弾性解析モデル開発のため TSUBAME3.0 を利用し数値流体シミュレーションを実施し、研究計画通りにシミュレーションによる検討やデータ取得を行うことが出来た。

構造強度や重量、コストの観点から 200kW レンズ風車用のディフューザー形状が変更となったため、新しいディフューザー形状に対して再評価が必要であり、今後取り組む予定である。