

Simulinkによるレンズ風車の空力弾性解析モデルの開発

花田, 裕二
九州大学大学院総合理工学府総合理工学専攻機械・システム理工学メジャー

<https://hdl.handle.net/2324/7358379>

出版情報：九州大学, 2024, 修士, 修士
バージョン：
権利関係：



Simulink によるレンズ風車の空力弾性解析モデルの開発

九州大学大学院 総合理工学府 総合理工学専攻 機械・システム理工学メジャー
海洋環境エネルギー工学研究室 2ES23041N 花田裕二

1. 緒言

地球温暖化防止のため再生可能エネルギーの導入が進められているが、日本は他国と比較し風力発電の導入が進んでいない。風力発電の性能向上のため、当研究室では200kW レンズ風車の開発を進めている。[1]

風車の商用事業化に向け、国に登録された第三者製品認証機関により JIS や IEC 等の規格認証を得る必要がある[2]。レンズ風車についても認証の取得を進めており、従来の空力弾性解析ソフトウェアでは対応できないレンズ風車の解析モデルを独自開発する必要がある。本研究では、MATLAB の Simulink を用いて、IEC61400 で定められる、50 年に 1 度の強風を想定した条件でシミュレーションを実施し解析評価を行う。

2. 計算手法

Simulink の弾性解析手法は有限要素法の弾性体ブロックで解析するものと形状を剛体ブロックで作成し、弾性・減衰を持つジョイントで接続し弾性を模式的に再現するものである[3]。図-1 に剛体モデルによる弾性解析の概略図を示す。 m, J, k, b は剛体ブロック、ジョイントブロック、弾性係数、減衰係数を表す。

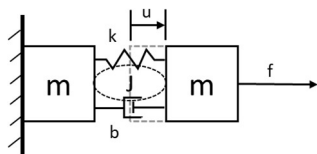


図-1 剛体モデル空力弾性解析の概略図

この解析の運動方程式を式(1)で示す。

$$m\ddot{u} + b_T\dot{u} + k_T u = f \quad (1)$$

ここで m, u, b_T, k_T, f はそれぞれ剛体ブロック質量、平衡位置からの変位、ジョイント並進減衰係数、ジョイント並進ばね係数、外力を表す。また、並進 1 自由度を回転 1 自由度にすることで、梁の回転を表せる。

$$I\ddot{\theta} + b_R\dot{\theta} + k_R \theta = \tau \quad (2)$$

ここで、 $I, \theta, b_R, k_R, \tau$ はそれぞれ、剛体ブロック回転軸周り慣性モーメント、平衡角度からの変位角、ジョイント回転減衰係数、ジョイント回転ばね係数、外部トルクを表す。

本研究において、ブレードおよび風レンズの空力は翼素理論に基づき計算する。翼素理論とは、翼を長さ方向に分割した翼素断面について空力を計算することによって分割区間に働く空力を模式的に求める理論である。空力の計算式を式(3),(4),(5)に示す。

$$D = \frac{1}{2} \rho A C_D V_r^2 \quad (3)$$

$$L = \frac{1}{2} \rho A C_L V_r^2 \quad (4)$$

$$V_r = \sqrt{V_w^2 + (-r\omega)^2} \quad (5)$$

ここで、 D, L, ρ, A, C_D, C_L はそれぞれ抗力、揚力、空気密度、翼投影面積、抗力係数、揚力係数を表す。また、 r, ω, V_w, V_r は翼素半径方向位置、ロータ回転速度、風速、相対風速である。

3. レンズ風車解析モデル

解析の乱流モデルは Turbsim により作成する。Turbsim とは、確率論的な乱流風速シミュレータであり、空間的に固定された二

次元平面格子点での三次元風速を時系列データとして取得することができるソフトウェアである。

レンズ風車モデルを図3に示す.本研究は運転休止中のシミュレーションであるため,ブリムはフェザリング状態とする.

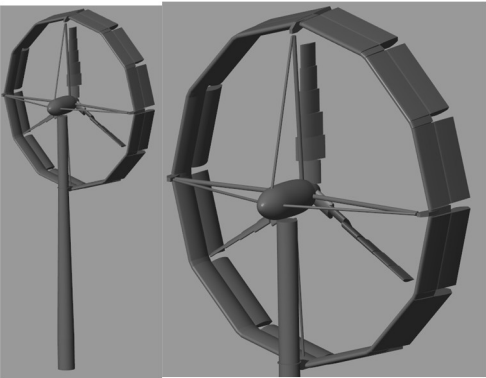


図3 レンズ風車モデル

モデルは簡略化のためタワー,ナセル,ハブ,レンズサポートの空力は無視し剛体として作成した.ブレードおよび風レンズサポートは弾性体ブロック,風レンズは剛体ブロックと弾性ジョイントにより作成し,ブレードおよび風レンズ部分にのみ空力は作用するものとする.また,ブレードと風レンズから出力される変位は空力計算へ入力する.

4. レンズ風車の空力弾性解析

代表的な計算条件を表1に示す. [2]

表1 計算条件

項目	値	単位
「Class III C」基準風速	V_{ref}	37.5 m/s
ハブ高さにおける乱流強度	I_{ref}	0.12
風のロータ面への流入角	θ	$-8 \sim +8$ °
風速の鉛直分布	α	0.11
空気密度	ρ	1.225 kg/m ³

風レンズについて主流方向を X,ハブ中心から外方向を Z 方向とした際の時刻歴変位 X[m],Z[m]を図4に示す.

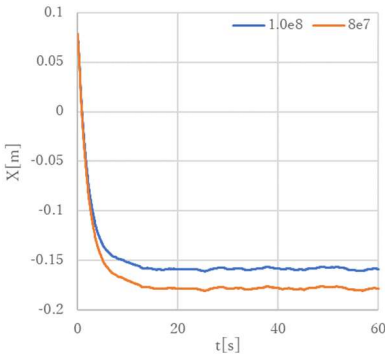


図4 (a)ディフューザ1 X

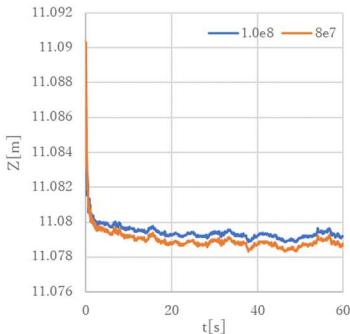


図4 (b) ディフューザ1 Z

5. 結言

200kW レンズ風車について,MATLAB の Simulink により空力弾性解析モデルの開発を行い,風レンズ弾性ジョイントのばね係数を変え計算を行った.係数の違いにより定性的なモデル挙動結果を得られた.

参考文献

- [1] Riamwind, <https://riamwind.co.jp/3kW/>
- [2] NEDO, <https://www.nedo.go.jp/content/100107253.pdf>
- [3] Modeling Flexible Bodies with Simscape Multibody Software, S. Miller, T. Soares, Y. Van Weddingen, and J. Wendlandt