

風車翼騒音予測モデルの構築に関する研究

A study on noise prediction model of wind turbine blades

○小林典彰¹, 鈴木康方², 西村勝彦³, 加藤千幸³*Noriaki Kobayashi¹, Yasumasa Suzuki², Katsuhiko Nishimura³, Chisachi Kato³

Abstract: Recently, from the view of environment conservation, wind power generation which is kind of renewable energy is expected. But wind turbine blades generate large wind noise. Therefore noise prediction of wind turbine is important. A kind of numerical prediction methods of wind turbine noise uses calculation parameters of noise model built by experiments of wind turbine blades noise. It implements FAST as computer code. But it has low precision and it is necessary to improvement. In this study, for improvement of prediction accuracy of noise model, we will do wind tunnel experiments with an active turbulence generator and elucidate relationship between aerodynamic characteristics and wind noise characteristics of wind blades during mainstream turbulence. And we give results feedback to noise model and verify the noise prediction accuracy of noise model. As a result of our experiment to obtain characteristics of active turbulence generator, it was found that wind noise becomes large and wind speed becomes low when an active turbulence generator makes large mainstream turbulence.

1. 緒言

近年、環境保護の観点から、環境負荷の小さい再生可能エネルギーの一種である風力発電に注目が集まっている。しかし、風力発電用大型水平軸風車からの騒音問題が顕在化している。風車騒音の主要因は風車ブレードからの空力騒音である。そのため風車ブレードからの空力騒音を定量的に予測することが工学的に重要である。風車騒音の数値予測手法の1つとして、風車の仕様・風の流入条件から、風車ブレードに関する騒音の時系列計算をする方法がある。この手法は計算コードのFASTが実装され、翼騒音の計測データにより構築された騒音モデルの計算パラメータより算出される。しかし、この手法は騒音予測精度が悪いという欠点がある。予測精度悪化原因として、騒音モデルがNACA0012の実験データを基にパラメータを決定しており、実際の風車ブレードとは異なる形状を想定しているということと、データ取得のための実験が主流乱れの少ない流れ場で行われており、実際に風車が使用される乱れの強い流れ場を再現できていないということがあげられる。そこで本研究では翼形状の違い・主流乱れの影響を考慮した実験に基づき計算パラメータを決定し、騒音予測モデルを高精度化することを目的としている。関連する過去の研究では、NACA0012に関して鈴木らによる研究で乱れの少ない流れ場での空力音・流体力・流れ場の計測が行われており、実験手法及び結果が確立されている^[1]。また、飯田らによる研究で円柱に関する主流乱れのある流れ場での風洞実験が行われており、乱れの大小によって計測結果が変化

することが確認されている^[2]。過去の研究を踏まえて本研究では飯田らが考案した乱流発生装置を用いた風洞実験で、複数の翼模型に関する風洞実験を行い、主流乱れによる影響を定量的に評価する。

2. 実験装置

本研究では主流乱れの影響を調べるために、空力音・流体力・流れ場の計測など基本データの取得のために風洞実験を行う。実験に先立ち、風洞において主流乱れを発生させる乱流発生装置の特性取得を行う。乱流発生装置は主流を機械的に攪拌することで乱れを発生させる。今回は乱流発生装置の空力音特性を取得するための実験を行った。使用した実験装置は以下の通りである。

2. 1 低騒音風洞

本実験は東京大学生産技術研究所の回流式低騒音風洞を用いて実験を行った。吹き出し口寸法は0.5m×0.5mで測定部長さは1.7mである。この測定部は無響室で覆われており、その有効寸法は幅4.2m×高さ1.9m×長さ5.0mである。後述の乱流発生装置を設置していない場合、風速40m/sにおける風速の一様性は±1.0%以内、気流の乱れ度は0.5%以内である。この風速における暗騒音レベルは気流中心から1mの位置で56dB(A)となっている。

2. 2 乱流発生装置

風洞の吹き出し口には図1のような乱流発生装置を設置した。菱形の振動翼が5枚1列で1本の軸に溶接されている。軸はステッピングモーターに接続され

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・教員・機械 3 : 東京大学生産技術研究所

ている。これが縦に 4 組あり、計 20 枚の振動翼と 4 本の軸、ステッピングモーターで構成される。装置の吹き出し口寸法は 0.5m×0.5m で風洞の吹き出し口と同じ寸法にしてある。また、振動翼には乱流発生装置から発生する空力音軽減のために柔毛で覆われている。加えて吹き出し口にはウレタン製のサイレンサーを取り付けている。装置は PC を介してステッピングモーターを制御し、振動翼を振ることで行われている。制御パラメータとして振動翼振り角と回転周波数が用いられ、これらの値を入力することで制御される。また、この制御には乱数が用いられ、軸は不規則な回転をするようになっている。

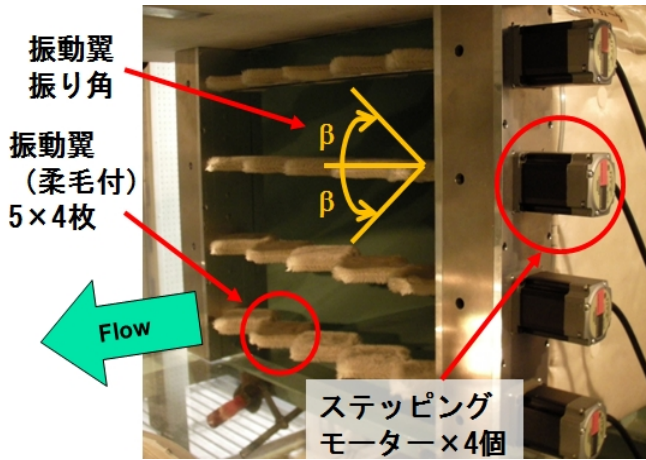


Figure 1. Active turbulence generator

2. 3 空力音計測

空力音計測には図 2 のように乱流発生装置を取り付けた風洞を用いて行われた。ターンテーブルの中心から 1m の位置に 1/2 インチマイクロフォンを設置し、FFT アナライザを介して騒音計測を行う。実験は一樣流風速 40m/s を用いて乱流発生装置の振動翼振り角を 0~30deg まで 5deg 刻みで変化させたときの装置から発生する気流騒音を計測する。併せて I 型熱線流速計を用いて風洞中心の一樣流速を計測する。

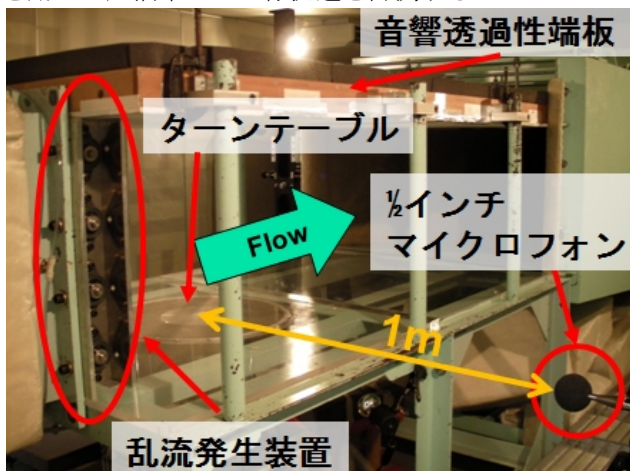


Figure 2. Schematics of wind tunnel experiment with active turbulence generator

3. 実験結果・考察

一樣流風速 40m/s 時における代表的な振動翼振り角の空力音計測結果を図 3 に示す。また、比較のために乱流発生装置の振動翼を取り去った場合の暗騒音と NACA0012 模型を取り付けたときの結果も示してある。併せて Overall 値と流速計測結果を表 1 に示す。

結果から、振動翼振り角を増やすと多くの周波数帯で気流騒音は増大し、風洞の風速設定を変えない場合は流速が低下することが確認された。これは振動翼が大きく動くと、より抵抗となり一樣流風速を減少させ、騒音源になるためであると考えられる。また、NACA0012 設置時の空力音は暗騒音を上回っている。

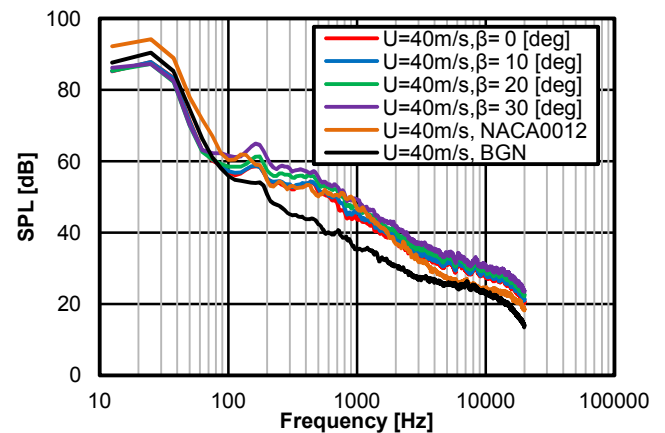


Figure 3. Result of wind noise measurement

Table 1. Result of wind noise and hot wire measurement

Wind speed U[m/s] Angle β [deg]	Overall[dB]	Wind speed u[m/s]
U=40[m/s], $\beta = 0$ [deg]	89.1	39.68
U=40[m/s], $\beta = 20$ [deg]	88.8	37.76
U=40[m/s], $\beta = 30$ [deg]	89.4	36.92

4. 結言

今回の乱流発生装置の空力音特性取得実験において次のような知見を得た。

- ・ 乱流発生装置で主流乱れを大きくするに従って、気流騒音が増大し、一樣流風速が減少する。
- ・ 乱流発生装置の気流騒音は翼模型からの空力音を上回ることなく、空力音計測への影響は少ない。

5. 参考文献

- [1] 鈴木康方, 加藤千幸, 鈴木常夫, 藤田肇:「低レイノルズ数の二次元翼の空力特性と発生する空力音の特性」, 日本機械学会論文集 B 編,73(736), 2476-2486, 2007
- [2] 飯田明由, 横山博史:「主流の乱れが渦音源に及ぼす影響」, 流体工学部門講演会講演論文集 2010, 273-274, 2010