

平成 29 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：屋外環境
研究期間：平成 29 年度
課題番号：153002
研究課題名（和文）：
「直線翼型風車ブレードの 2 次元翼性能検証（3 分力測定）」
研究課題名（英文）：
Performance estimation of 2-dimension blade of a straight-blade windmill (3 force components)
研究代表者：藤井 裕矩
交付決定額（当該年度）： 150000 円

1. 研究の目的

広く使われているプロペラ式風車に比較して使用率が少ないとはいえ、優れた発電性能が期待される直線翼風車について性能を研究する。プロペラ型風車は回転軸から離れるほど回転速度が増し、翼弦方向に空気速度が変化するのに対して、直線翼風車は、直線翼のスパン全体にわたって空気流入速度が同じで、良好な設計のもとでは全スパンにわたって優れた揚力特性を持たせることが出来、したがって、優れた発電特性を得ることが出来る。

参加メンバーはこれまで、高空風車発電について基礎的な研究を進めてきた〔1. 藤井, 大久保, 新川, 草谷, Stroeks, 高橋, 遠藤, 渡部, 丸山, 中嶋, 浅生, 関, 「高空風力発電研究の紹介」, 日本風力エネルギー学会学会誌, 第 40 巻, 第 1 号, 通巻 116 号, (2016 年 2 月), 2.〕。本課題では、直線翼型風車ブレードの翼型を試作しその 2 次元的な特性を検討するものである。

2. 研究の方法

本研究においては、軽量で向上した性能が期待できる直線翼風車のブレードを試作し、その性能を 2 次元翼, ならびに、3 次元モデルを用いた風洞実験によって検討した。この研究によって、従来プロペラ型風車に比べて開発が遅れていた直線翼風車の長所が見出される。

この研究の特長は、NACA の対称翼について、その中心ラインを直線翼が回転する円弧状に変形したものを検討することにある。一般の対称翼は直線飛行を行うため中心ラインは当然直線であるが、直線翼風車に应用される場合は運動が回転中心を持った円弧上を運動するためである。このため、このように変形した翼型は直線翼風車では優れた風力発電性能を期待できる。本課題では、これらの予測を踏まえたうえで翼型を試作しその 2 次元的な特性を検討し、さらに 3 次元モデルによって実験的に検討を行い性能を確認した。

以下では中心ラインが直線としたものを「原型翼型モデル」、中心ラインを回転する円弧状に変形したものを「円弧翼型モデル」と呼ぶ。

3. 研究成果

3. 1 二次元翼風洞実験

本研究は、従来プロペラ型風車に比べて開発が遅れていた直線翼風車の長所を見出す

ことを期待して行ったものである。このため、軽量で向上した性能が期待できる直線翼風車のブレードを試作し、その性能を数値シミュレーション、ならびに、2次元翼風洞実験によって試作したブレードの2次元的な特性を検討検討した。

風車ブレードを風洞内に設置するためにブレードに治具を取り付け、風洞装置の開口部に風車翼を取り付けた治具ごと設置して金具で固定した。設置した様子を Fig.1 に示す。また、設置をする際に実験でブレードの迎え角を変化させていったときに発生する誘導抗力を抑制し、ブレードの両翼端に発生する翼単渦をなくすことにより流れの2次元性を保つようにするためブレードの両端に端板を取り付けた。

以上の準備をした状態で風洞内に風速 5m/s の風を発生させ、風洞内の風が安定したところで3分力天秤を用いて F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z のデータを10秒間計測した。この計測をブレードの $0^\circ \sim 360^\circ$ まで 1° ピッチで変更しながら Fig. 2 に示すように。

「原型翼型モデル」と「円弧翼型モデル」の2種類の翼の空力特性を比べる。それぞれの翼の揚力や抗力について比較をするために迎え角に対する揚抗比の変化をグラフにまとめた。揚抗比とは揚力と抗力との比のことで、飛行中の航空機に働く力で考えると、この値が高ければ前進に必要な推力が小さくて済み、滑空距離も伸びる。つまり、この値はブレードの洗練度を示す指標の1つである。その結果を以下に Fig. 3 として示す。2種類のブレードを比較してみると揚抗比が高くなっている全ての点におい

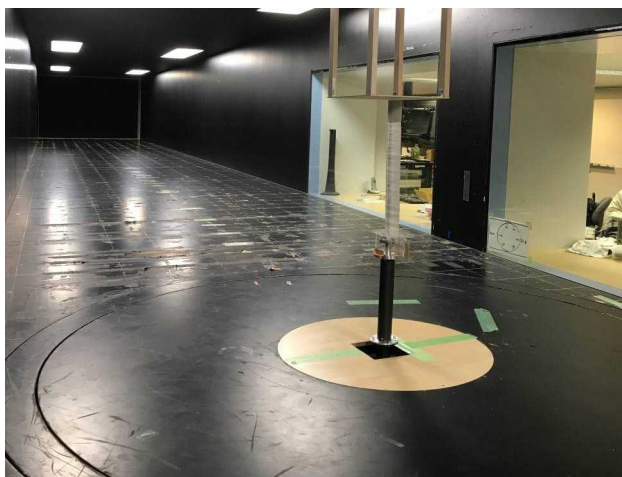


Fig.1 ブレード設置状態

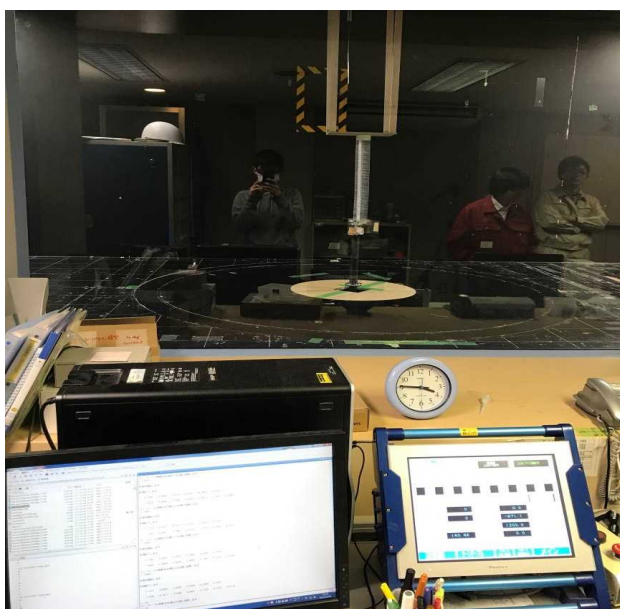


Fig. 2 データ収集風景

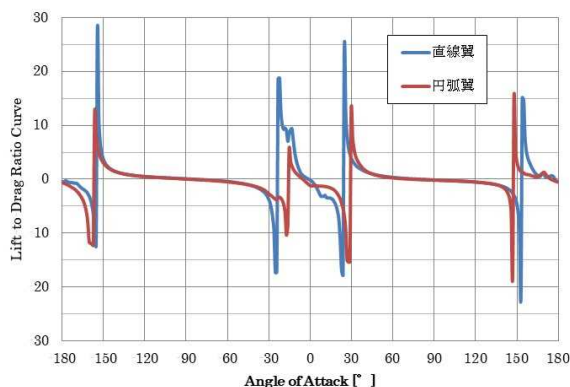


Fig. 3 迎え角に対する揚抗比の変化

て、中心線に対して対称な直線翼の方が高い値を示している。つまり、NACA0020 翼の方がブレード単体で比較した際には中心線に対して対称の翼であることから予測できるように抵抗が少ないことがみられる。

3. 2 三次元翼での性能試験

本項では実際の発電では円弧に沿うように変形したことによる影響がどの程度あるのかについて確認するため、3次元翼での性能試験を行なった。実験では、2次元翼の特性比較試験で抵抗の少なかった直線翼を3枚取り付けた風車モデル「原型翼型モデル」と、コードラインが円弧に沿うように変形した円弧翼を3枚取り付けた風車モデル「円弧翼型モデル」とで、どの程度性能に差が出るのかを確認することを目的として実験を行なった。

3次元直線翼モデルの風洞内設置状態を Fig.4 に示す。風車性能測定用の治具に直線翼のブレード

を3枚翼になるよう固定した。なお、風車性能測定用の治具にはトルクメーターとモーターを設置するスペースが設けられている。この状態で測定装置一式を風洞内に設置し、風速において、風洞内の風が安定したところで、1分間のデータを計測した。

風速を約 5m/s で計測した際の「原型翼型モデル」と「円弧翼型モデル」の3次元翼性能試験のデータを比較する。2種類のブレードでの結果をまとめたものを Fig.5 に示す。

この図からどの点においても円弧翼モデルの方が直線翼モデルよりも性能係数 C_p が高い値を推移していることが分かる。3次元翼の性能試験をしてみるとコードラインが円弧に沿うように変形を行なった円弧翼の方が直線翼よりも性能が出ている。

3. 3 まとめ

本研究では、中心線に対して対称の直線翼「原型翼型モデル」とコードラインが円弧に沿うように変形した円弧翼「円弧翼型モデル」を実験的に研究し比較を行った。その結果、今回用いた実験環境では、二つのモデルの性能比較が出来た。



Fig. 4 風車性能測定用治具

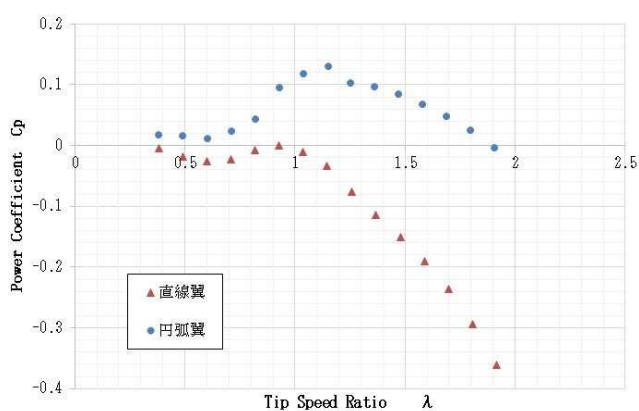


Fig. 5 直線翼と円弧翼との性能係数 C_p の比較 (風速 5m/s)

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

1. 藤井裕矩、草谷大郎、「テザー型飛翔体の運動に関する基礎研究」、(社) **日本航空宇宙学会第 48 期定時社員総会/年会講演会**、1C09、2017 年 4 月 13~14 日、東京大学山上会館。
2. Hironori A. FUJII, Hiroshi OKUBO, Yasutake TAKAHASHI, Yusuke MARUYAMA, Tairo KUSAGAYA, Shigeo YOSHIDA, Kazuo ARAKAWA, Hiroki ENDO, Kenji UCHIYAMA, Kazuichi SEKI, and Takeo WATANABE“**HSWG(High Sky Wind energy Generation) on tethered system**”AIRBORNE WIND ENERGY CONFERENCE 2017、Freiburg, Germany 2017/10/5-6
3. 藤井 裕矩, 大久保 博志, 遠藤 大希, 丸山 勇佑, 「**高空風力発電の実証実験の試み**」第39回風力エネルギー利用シンポジウム、B5：高空風力発電B5-1、2017年12月6日・7日, 科学技術館、千代田区、東京.
4. 形川 雅文, 近藤 智行, 高橋 泰岳, 「**カイトとプロペラ式風車を用いた高空風力発電の試み**」、第39回風力エネルギー利用シンポジウム、B5：高空風力発電B5-2、2017年12月6日・7日,科学技術館、千代田区、東京.
5. 草谷 大郎、藤井 裕矩、関 和市、大久保 博志、真志取 秀人、高橋 泰岳、山本 広樹、遠藤 大希、富田 匠、渡部 武夫、丸山 勇祐、田中 真里、笹原 雄二郎「**高空風力発電用航空プラットフォームに用いる対称翼型カイツーン**の検討」、第39回風力エネルギー利用シンポジウム、B5：高空風力発電B5-4、2017年12月6日・7日,科学技術館、千代田区、東京.

[図書] (計 0 件)

[その他, 産業財産権, ホームページ等]

5. 研究組織

(1) 研究代表者

藤井 裕矩(TMIT)

(2) 研究分担者

1. 大久保 博志 (神奈川工科大学)
2. 佐藤 強 (神奈川工科大学)
3. 原田 恭輔 (神奈川工科大学)
4. 草谷 大郎 (都立産業技術高専)
5. 渡部 武夫 (神奈川工科大学)
6. 遠藤 大希 (九州産業大)
7. 関 和市 (逢甲大学)
8. 丸山 勇祐 (前田建設工業)
9. 笹原雄二郎 ((株) スーパー・サイエンス・テクノロジー))
10. 真志取 秀人 (都立産業技術高専)
11. 山本 航平 (都立産業技術高専)
12. 黒田 将茂 (都立産業技術高専)
13. 斉藤 健太 (都立産業技術高専)
14. 寺下 哉子 (都立産業技術高専)
15. 松下 嵩星 (都立産業技術高専)
16. 富田 匠 (都立産業技術高専)

6. 要約(Abstract)

研究課題名 直線翼型風車ブレードの2次元翼性能検証 (3分力測定)

研究代表者名 (所属) 藤井 裕矩

要約(700文字以内)・図

本研究においては、軽量で向上した性能が期待できる直線翼風車のブレードを試作し、その性能を2次元翼、ならびに、3次元モデルを用いた風洞実験によって検討した。この研究の特長は、NACAの対称翼について、その中心ラインを直線翼が回転する円弧状に変形したものを検討することにある。一般の対称翼は直線飛行を行うため中心ラインは当然直線であるが、直線翼風車に应用される場合は運動が回転中心を持った円弧上を運動するためである。このため、このように変形した翼型は直線翼風車では優れた風力発電性能を期待できる。本課題ではこれらの予測を踏まえたうえで翼型を試作しその2次元特性を検討し(右上図)、さらに3次元模型によって実験的に検討を行い(右下図)性能を確認した。その結果、今回用いた実験環境での二つのモデルの性能比較が出来た。

