

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 30 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12269

研究課題名(和文) 起動性能と回転性能を両立するハイブリッド垂直軸風車専用ブレードの研究

研究課題名(英文) Study on hybrid VAWT blade that improves starting and rotation performance

研究代表者

吉岡 修哉 (Yoshioka, Shuya)

立命館大学・理工学部・准教授

研究者番号：80375146

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：起動性能と回転性能を両立する垂直軸風車専用ブレードを開発した。このブレードは勾玉型の断面を持つ。数値解析と風洞実験によりこの風車の出力性能を評価した。この風車は、勾玉型ブレードを抗力型と揚力型の中間の取付角度に配置することで最大出力を発生した。案内羽根の取付や、2重翼化することで、出力性能がさらに向上した。本研究の結果、従来型と比較して低風速で起動し、かつ、高い出力を得る風車が実現した。

研究成果の概要(英文)：New VAWT blade that improves starting and rotation performance was developed. Cross section of this blade is comma (Magatama) type. Its performance was evaluated by numerical simulation and wind tunnel test. Maximum output was obtained when this Magatama blade was set between drag and lift type. The performance was further increased when guide vanes were equipped. Double blades was also effective to improve the performance. From above results VAWT that can start rotation in lower speed wind and generates larger power is realized.

研究分野：流体工学

キーワード：垂直軸風車 風車ブレード 環境工学 流体工学 流体力学

1. 研究開始当初の背景

火力や原子力に代表される大規模発電システムは、災害に弱く、送電ロスによる無駄も大きい。次世代の発電システムには、この短所を解決可能な地産地消型の小規模発電技術で、かつ、再生可能エネルギーの利用が期待される。風力発電は、設置コストが比較的安価で昼夜を問わず発電可能な事から、その主役となり得る。このシステムには、小型化が可能で安全性が高い垂直軸風車が適している。しかし現行の垂直軸風車ブレードは既存の NACA 翼の流用に過ぎず、回転性能が悪いため、現実的な小規模発電に適さない。



図1 垂直軸風車の例

2. 研究の目的

垂直軸風車には、抗力型と揚力型の2種類ある。抗力型は、風に正対したブレードが、風をはらむことで生じる抗力に駆動され、低風速でも回転可能である。しかし、風速を超える回転周速度では回転出来ない。揚力型は、ブレードが風と平行に配置され、生じる揚力の駆動で風速以上の周速度で高速回転できる。一方、低風速では起動・回転できない。このように双方ともに致命的な欠点がある。そこで研究代表者は、風速に応じてブレードの風車ローターへの取付角度を90度変更するアイデアに着想した。このブレードの断面には、研究代表者により新たに提案される勾玉型形状を採用する(図2)。

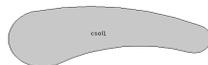


図2 勾玉型ブレード断面

このブレードを、起動と低風速時には抗力型、高風速時には揚力型と切り替えて運用する。この手法で、抗力型・揚力型双方の利点を両立し、同時に致命的な欠点を克服できる。

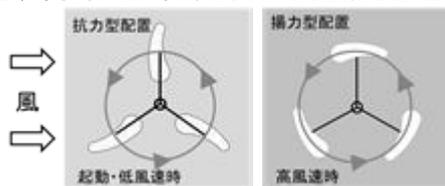


図3 抗力型配置と揚力型配置

3. 研究の方法

本研究は、コンピューターを用いる数値解析による予測検討と風洞実験により行った。数値解析は、微分方程式ソルバーの COMSOL Multifisics を使用した。実験は、図4に示す吹き出し型小型風洞により行った。



図4 風洞実験装置

4. 研究成果

研究開始にあたり、まず初期検討として、勾玉型ブレードを装着した風車ローターの出力性能を評価した。この段階では、取付角度を変更させる機構は取り付けていない。その結果、当初の予想に反し、取付角度が60度、つまり、揚力型配置と抗力型配置の中間位置において風車出力が最大となることが分かった。また、この傾向は風速によらず得られることも予測された。

上記の初期検討の結果から、研究内容を以下のように変更した。

(変更前)
勾玉型ブレードの配置を、風況に応じて抗力型と揚力型を切り替える風車の研究開発。

(変更後)
勾玉型ブレードを、抗力型と揚力型の中間位置に配置する風車の研究開発。

上記変更に伴い、ブレード配置の自動変換機構を検討する必要がなくなった。そのため、さらなる風車性能の向上に取り組むことを目的に研究期間を1年延長し、平成29年度までの合計3年間とした。以下に、研究成果の詳細を述べる。

平成27年度には、風洞実験と数値シミュレーションにより、勾玉型ブレードを3枚装着した風車ローターの出力評価を行った。

まず数値シミュレーションにより、勾玉型ブレード単体が発生する空気力の予測を行った。その結果、勾玉型ブレードは失速迎角が通常のブレードより大きくなる事、背風状態でも揚力を発生できる事が予測された。また、翼下面に風をはらみやすく、迎角90度、270度という大迎角時に抗力を発生させる事も予測された。

次に、回転する風車ローターが発生するトルクと出力の予測を行った。このローターにはブレードを3枚装着している。結果を図5

に示す。時間平均的には、揚力型配置と抗力型配置の中間付近のブレード配置である取付角度 60 度にて最大の出力を得られることが予測された。また、各ブレードが瞬時に発生する空気力を確認したところ、抗力型配置の状態、回転軌道上 8 時の位置において、回転の推進力となる空気力の値が最大となった。この位置は、やや背風気味となる状態のブレードが発生する揚力がちょうど回転方向を向いていることから、前述のブレード単体の性能予測と整合する。

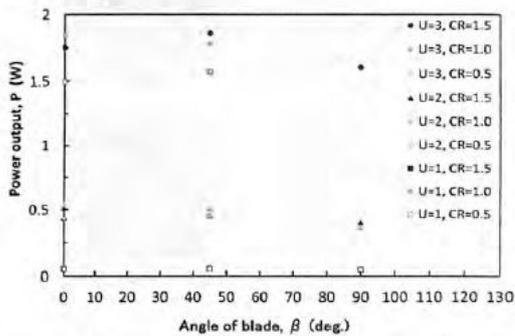


図5 ブレード取付角度と出力の予測

次に、数値シミュレーションによる予測をもとに風洞実験を行った。その結果、予測どおり揚力型と抗力型の中間のブレード配置で最大の出力を得られた。結果を図6に示す。また、周速比と風車出力の関係も図7の通り得られた。周速比が1以下で最大出力を発生していることから、勾玉型ブレードはやや抗力型での運用が有効であることも示された。

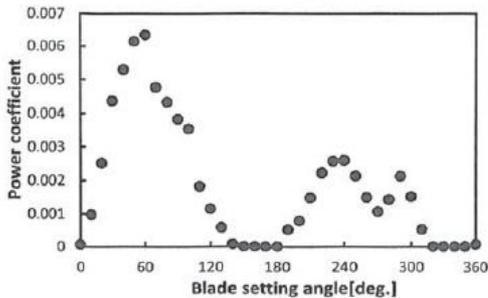


図6 風車出力と取付角度の関係(風洞実験)

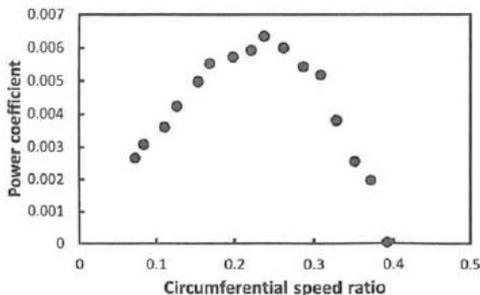


図7 周速比と風車出力の関係(風洞実験)

平成 28 年度は、風洞実験と数値シミュレーションにより、勾玉型ブレードの枚数やソリディティが風車出力に与える影響を調査した。また、案内羽根の設置による風車出力の向上を試みた。

まず、前者のブレード枚数とソリディティの影響について調べた。本風車を目指す低速比(概ね 0.8~1.2 程度)の状態では、一般の抗力型風車と同様、ソリディティが大きいほど風車出力(パワー係数)が大きくなる傾向が見られた(図8)。ただし、発生トルクと回転数の増加傾向が一様ではないため、この傾向が逆転することもあった。これは、勾玉型ブレードは抗力だけでなく揚力も活用して回転することに起因すると考えられる。

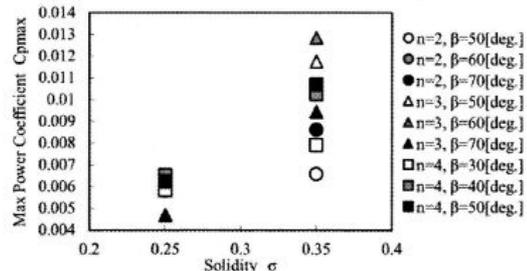


図8 ソリディティと風車出力

次に、案内羽根による風車出力の向上について述べる。これまでの研究で、風車の戻り側に防御羽根を設置して風を防御することで、風車出力が増加することはわかっていた。本年は、さらなる出力増加を目指した。ここでは、風車ローター戻り側に入る風を防御するだけでなく、進み側のブレードが回転力を得やすいように風を案内する案内羽根を設置した(図9)。結果を図10に示す。案内羽根が無い状態と比較して風車出力はパワー係数にして3.7倍となった。ただし、案内羽根を使用すると受風面積がやや大きくなる事、垂直尾翼による風見効果を利用する必要があるので、まだ課題は残っている。

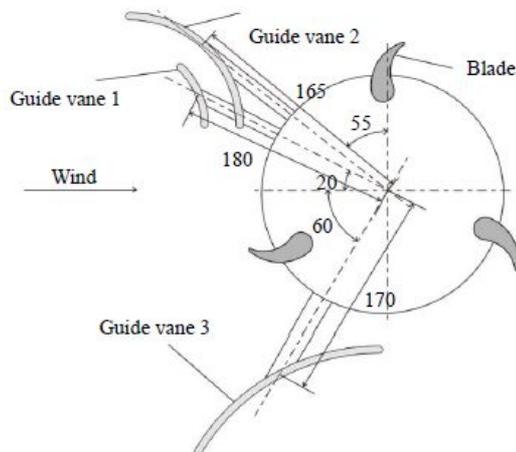


図9 案内羽根

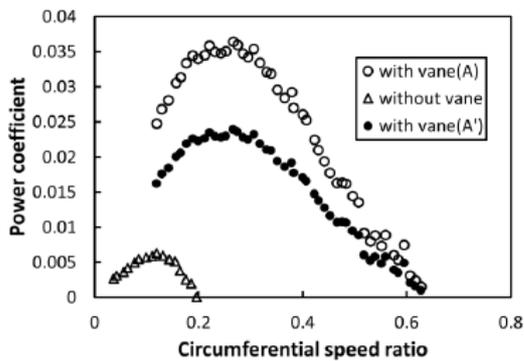


図 10 案内羽根による出力向上の効果

本研究の最終年度である平成 29 年度には、風車出力のさらなる向上を目指し、2 重翼風車の性能検討を行った。この風車は、ローターの外側と内側にそれぞれ 3 枚ずつ勾玉型ブレードを装着している。これにより、風車が発生するトルクを増加させて起動性能と出力性能の向上を図った。

まず、数値解析による事前検討を行った。まずブレード単体に加わる空気力を 2 次元定常計算により求めた。この結果をもとにブレードの取付角度を設定した。この取付角度にて、実際に 2 重 3 枚翼の風車ローターが発生するトルクを、2 次元非定常計算により求めた。この計算を、ブレード取付角度を変化させて行い、最適なブレード取付角度の予測を行った。この事前検討により、内側ブレードと外側ブレードの取付角度がそれぞれ 40 度程度と 60 度程度の場合に最大のトルクが発生すると予測された。

次に、風洞実験による確認試験を行った。上記の最適と考えられる条件の風車模型を製作し、風洞実験に供した。AC モーター、トルク計、回転計を組み合わせた実験システムを構築し、各条件における風車の発生トルク及びパワーを計測した。その結果、予測値と近い、内側ブレードと外側ブレードの取付角度がそれぞれ 50 度程度と 70 度程度の場合に最大の出力を得ることが出来た(図 11)。得られた風車出力は、従来の 1 重風車と比較して約 2 倍となった。

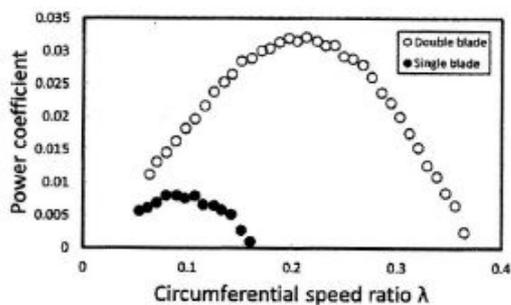


図 11 2 重翼風車の出力性能 (風洞実験)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 10 件)

1. 山田涼平、吉岡修哉、勾玉型ブレードを持つ二重翼垂直軸風車の翼配置の検討、日本機械学会関西支部第 93 期定時総会講演会、2018
2. 山本裕介、吉岡修哉、フィールド実験による勾玉型ブレード垂直軸風車の出力性能検討(ソリディティと周速比の影響について)、日本機械学会関西支部第 93 期定時総会講演会、2018
3. 渡邊涼太、吉岡修哉、リンク機構によるブレード迎角可変機構をもつ垂直軸風車の性能検討、日本機械学会 関西支部第 92 期定時総会講演会、2017
4. 坂戸一也、吉岡修哉、フィールド実験によるハイブリッド垂直軸風車の出力性能検討、日本機械学会第 94 期流体工学部門講演会、2016
5. 渡邊涼太、吉岡修哉、リンク機構によるブレード迎角可変機構をもつ垂直軸風車の研究、日本機械学会第 94 期流体工学部門講演会、2016
6. 工藤健之、吉岡修哉、勾玉型ブレードを用いた垂直軸風車の出力性能の向上(ガイドベーンの影響)、日本機械学会第 94 期流体工学部門講演会、2016

[産業財産権]

取得状況(計 1 件)

名称：垂直軸風車用ブレード及び垂直軸風車
 発明者：吉岡修哉、他 2 名
 権利者：同上
 種類：特許
 番号：5924125
 取得年月日：平成 28 年 4 月 28 日
 国内外の別：国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉岡 修哉 (Yoshioka, Shuya)

研究者番号：80375146

立命館大学・理工学部・准教授