

L-27

円弧キャンバー翼垂直軸形風車における開閉式補助翼が負荷特性に及ぼす影響
 一発電運転領域の風車性能に着目した開閉式補助翼の基礎検討一

Effect of the opening-and-closing mechanism aileron on the load characteristics
 for the VAWT with arc camber blades
 -Basic study on the opening-and-closing mechanism aileron
 focused on the wind turbine performance in the generating operation range-

○辻健太郎¹, 直井和久², 塩野光弘², 柳平和寛³, 鈴木勝行²

*Kentarou Tsuji¹, Kazuhisa Naoi², Mitsuhiro Shiono², Kazuhiro Yanagidaira³, Katsuyuki Suzuki²

Abstract: We examine the load characteristics of vertical axis wind turbine with arc camber blades that opening-and-closing mechanism aileron attached on the main blade. This paper investigates the opening-and-closing mechanism aileron focused on the wind turbine performance in the generating operation range in high tip speed ratio. Maximum power coefficient is possible to increase 2.2 times more than H type and increase 3.4 times more than R type.

1. はじめに

これまで、円弧キャンバー翼垂直軸形風車の起動トルクを増加し、起動風速を低下させるため、主翼に開閉式補助翼を取り付けることを提案した。ここで、起動風速とは風車が停止状態から起動し継続して回転を続けるために必要な最低の風速とする。風洞施設において起動トルク試験及び起動風速試験を行った結果、補助翼なしに比べ平均起動トルクは増加、起動風速は低下することを確認した^{[1][2]}。また、負荷特性試験を行った結果、低回転数域を除き補助翼なしに比べトルクは減少することを確認した。これは、風車回転時において開閉式補助翼の角度調整金具による影響が残るためであると推察される^[3]。

実際に風車が発電状態となる場合、高い周速比が運転領域となる。そこで、本稿では発電運転領域の風車性能に着目した開閉式補助翼について検討したので報告する。

2. 供試風車と補助翼

供試風車として実験に用いた風車は 4 枚翼の垂直軸形風車であり、主翼は NACA63-018 をもとにキャンバー線を回転軌跡と一致するように変形した円弧キャンバー翼とした。風車の概形を図 1 に、諸元を表 1 に、補助翼を図 2 に、主翼の形状を図 3 に示す。ここで図 3 中の l は主翼への補助翼の取付位置、 γ は補助翼の主翼に対する開き角度を示す。

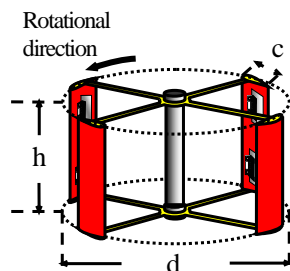


Figure1. Outline of turbine

Table1. Specifications of turbine

Number of blades	4
Diameter:d[mm]	600
Height:h[mm]	450
Chord length:c[mm]	105

補助翼は図 2 に示すようにアルミ板、丁番、バネ、角度調整金具を組み合わせた H 方式と、樹脂シートと角度調整金具を組み合わせた R 方式の 2 方式の開閉式補助翼を使用した。H 方式はバネ、R 方式は樹脂シートの復元力により取付角度 $\gamma=70^\circ$ に開き、主翼の前縁からの風力や回転時の遠心力により補助翼が閉じる仕組みになっている。補助翼の寸法は横 40mm、縦 120mm とした。補助翼を取り付ける位置は主翼の前縁から $l=36\text{mm}$ の位置にある取付穴を使用し、補助翼は各主翼にそれぞれ 2 枚ずつ取り付けた。

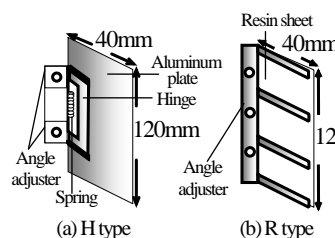


Figure2. Aileron

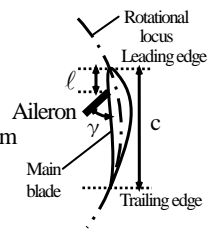


Figure3. Blade section

3. 負荷特性試験の方法

実験は、幅 2.0m × 高さ 2.0m の測定部断面を持つ水平式閉鎖回流型風洞で行い、風速は 12m/s に設定する。図 4 に位置角の定義を示す。図 4 より、迎角が流向に対し 0deg にある翼を A 翼とし、このときの位置を位置角 0deg と定義する。また、A 翼以外の翼を時計方向に B 翼、C 翼、D 翼とすれば、B~D 翼の位置角は 270, 180, 90deg となる。負荷特性は、風車回転数 25min^{-1} ごとに測定し、さらに、位置角 0, 90, 180, 270deg を通過する補助翼の開閉状態を観測した。

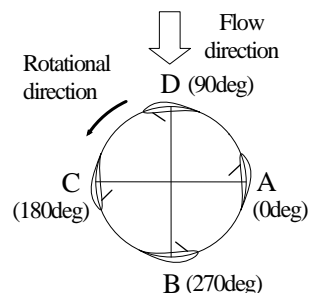


Figure4. Definition of position angle

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気 3 : 日大理工・教員・機械

4. 負荷特性試験の結果

4.1. 開閉式補助翼を取り付けた場合^[3]

補助翼なし及び H 方式, R 方式の開閉式補助翼を取り付けた場合の負荷トルク特性を図 5 に, 補助翼の開閉状態を表 2, 3 に示す。ただし, 風車の最大回転数は遠心力による風車, 補助翼の破損を考慮し 400min⁻¹とした。また, H 方式の場合, 回転数 225 min⁻¹以上では補助翼を閉じた状態で主翼にテープで固定し実験を行った。そのため, 表 2 の回転数 225 min⁻¹以上における補助翼の開閉状態は省略する。

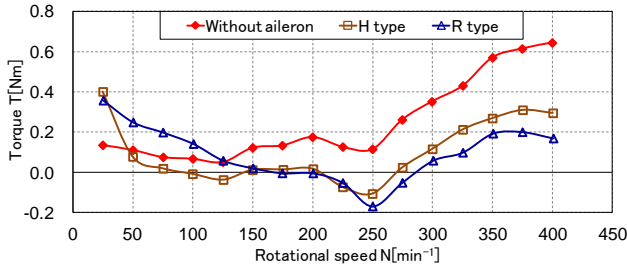


Figure5. Characteristics of N-T (Wind velocity 12m/s)

Table2. Opening-and-closing condition of aileron (H type, Wind velocity 12m/s)

Rotational speed N [min ⁻¹]	Opening-and-closing condition			
	0deg	90deg	180deg	270deg
25	×	○	○	×
50	×	×	○	×
75	×	×	×	×
100	×	×	×	×
125	×	×	×	×
150	×	×	×	×
175	×	×	×	×
200	×	×	×	×

○ : Open △ : Half-open
 - : Repeated switching × : Close

Table3. Opening-and-closing condition of aileron (R type, Wind velocity 12m/s)

Rotational speed N [min ⁻¹]	Opening-and-closing condition			
	0deg	90deg	180deg	270deg
25	△	△	△	△
50	△	△	△	△
75	×	-	○	-
100	×	-	○	×
125	×	-	×	×
150	×	-	×	×
175	×	-	×	×
200	×	-	×	×
225	×	△	×	×
250	×	△	×	×
275	×	×	×	×
300	×	×	×	×
325	×	×	×	×
350	×	×	×	×
375	×	×	×	×
400	×	×	×	×

図 5 より負荷トルク特性について補助翼なしと H 方式, R 方式を比較すると, H 方式は回転数 25min⁻¹で, R 方式は回転数 125min⁻¹まで補助翼なしに比べトルクは増加した。しかし, それ以上の回転数では H 方式, R 方式ともに補助翼なしに比べトルクは減少した。また, 表 2, 3 より補助翼の開閉状態は, H 方式は回転数 75min⁻¹以上, R 方式は回転数 275min⁻¹以上において全て閉じた状態になった。補助翼なしに比べトルクが減少した原因として, H 方式, R 方式ともに補助翼が閉じた状態では, 開閉式補助翼の角度調整

金具が主翼の表面に残るためであると考えられる。

4.2. 発電運転領域の風車性能に着目した開閉式補助翼の検討

前項の結果より, 高回転数域では開閉式補助翼が閉じて主翼の形状が NACA63₃-018 をもとにした円弧形状とならないために, 主翼に補助翼の影響が残り, 補助翼なしに比べトルクは減少したと考えられる。そこで, 発電運転領域となる高周速比域での風車性能に着目し, 風車回転時において閉じた状態の補助翼の影響が残らず, 主翼の形状が NACA63₃-018 をもとにした円弧形状となる開閉式補助翼を考える。表 2, 3 より H 方式, R 方式の開閉式補助翼を取り付けることにより風車の回転方向に力が働くと考えられる位置角 180deg において補助翼が開く状態の回転数までは H 方式, R 方式の開閉式補助翼を取り付け, それ以上の回転数では補助翼を取り外した場合及び H 方式, R 方式の開閉式補助翼を取り付けた状態を維持した場合のパワー係数特性を図 6 に示す。

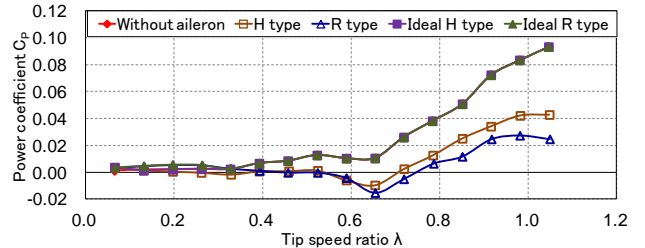


Figure6. Characteristics of λ-Cp (Ideal aileron, Wind velocity 12m/s)

図 6 より発電運転領域の風車性能に着目した開閉式補助翼の場合, H 方式, R 方式のときに発生する負のパワー係数がなくなり, 周速比約 1.05 でのパワー係数は, H 方式の周速比約 1.05 でのパワー係数に比べ約 2.2 倍に増加し, R 方式の周速比約 0.98 でのパワー係数に比べ約 3.4 倍に増加する可能性がある。

5. まとめ

今回は, 発電運転領域となる高い周速比域の風車性能に着目して, 円弧キャンバー翼垂直軸形風車の主翼に開閉式補助翼を取り付けた場合, 負荷特性に及ぼす影響について検討した。その結果, 発電運転領域の風車性能に着目した開閉式補助翼の場合, 負のパワー係数がなくなる可能性があることを示した。今後は, 風車の発電運転領域において補助翼の影響つまり開閉式補助翼の角度調整金具の影響が残らないような開閉式補助翼を製作し, 実験を行っていく予定である。

風洞実験に際し, 御協力頂いた風洞実験室の安部先生, 高橋先生に謝意を表します。

参考文献

[1] 鈴木 聡: 「円弧キャンバー翼垂直軸形風車における開閉式補助翼を用いた起動トルク特性の検討」, 平成 21 年度日本大学理工学部学術講演会論文集, pp.33-34(2009)
 [2] 辻 真: 「4 枚翼の円弧キャンバー翼垂直軸形風車における開閉式補助翼が起動特性に及ぼす影響」, 平成 22 年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集, pp.23-11-23-12(2010)
 [3] 辻 真: 「円弧キャンバー翼垂直軸形風車における開閉式補助翼が負荷特性に及ぼす影響」, 2011 年 (第 29 回) 電気設備学会全国大会論文集, pp.161-162(2011)