

垂直軸型風力発電用風車の翼形状の最適化について

日大生産工学(院) ○呉 昊 日大生産工 石井 進
日大生産工 松島 均 日大生産工 藤田 優
日大生産工(非常勤) 野口 常夫

1 序論

垂直軸型風力発電用風車の翼に飛行機の翼型の下面後縁部を切り欠いた翼が用いられている風車がある。従来の切り欠きの無い翼を使用した垂直軸型風車の起動風速を小さくするために改良されたものであるが、中・高風速域の風では従来の翼型の発電量には劣る。

本研究は、起動風速を小さくし、かつ中・高風速域の風でも多くの発電量を得るために「フラップ付きの翼」を用いて、フラップの開度の角度を変化させ、最少起動風速と発電量について検討した。

2 実験装置

実験装置の概要をFig.1に示す。使用した風洞は、吹き出し口寸法2000×2000[mm]吹き出し口から吸い込み口まで4900[mm]あり、そこに525[mm]の土台を組み、風車を設置した。

風速計は吹き出し口の中心に設置し、回転数計と発電機は風車本体に取り付けた。用いたブレードの枚数は4枚、回転直径は1200[mm]、翼型の幅1500[mm]フラップの角度を 10° から 30° まで 5° 刻みで変化させて発電量を計測した。

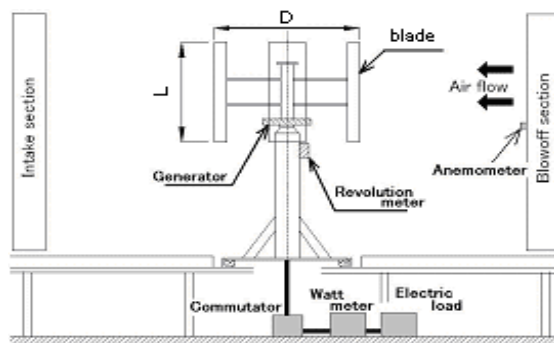


Fig.1 Experimental equipment

3 フラップ翼の特徴

「フラップ付きの翼」は新たに考案された翼で、特徴は低風速域での風ではバネでフラップが開き、高速領域では翼の上下を流れる気流でフラップが閉まる構造になっている。断面形状をFig.2に示す。フラップ付きの翼では低風速域の風では開いた状態でフラップが開き、後縁方向から風を受ける面積が大きくなるので起動風速が下がる一方、高風速域の風ではフラップが閉まって抗力が減るので、一石二鳥である。

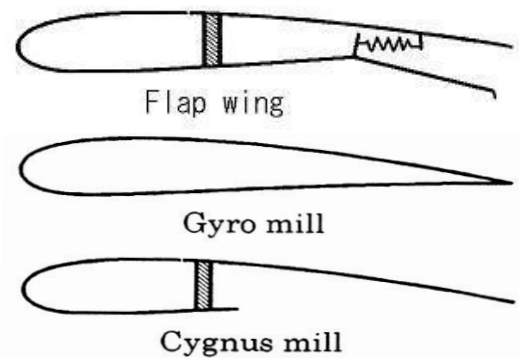


Fig.2 Cross section of blade

4 実験方法

はじめに起動風速を測定し、その後、風速4[m/s]から14[m/s]まで2[m/s]刻みで測定を行った。各風速において負荷を変化させながら電圧E[W]、回転数n[rpm]を計測し、発電量が最大になる負荷条件を測定した。本研究ではブレードの翼弦長Cを220[mm]、ブレード枚数Zを4枚、ロータ回転直径Dを1200[mm]とし、ブレード幅Lは1500[mm]を用いて測定を行った。フラップの角度は、はじめは固定をしないで計測し、その後、開いた角度を 10° から 30° まで 5° 刻みで固定し、変化させて計測を行った。

Optimization of wing shape of pinwheel for vertical axis type wind power generation

Kou GO, Susumu ISHII, Hitoshi MATSUSHIMA, Masaru FUJITA,
Tsuneo NOGUCHI

5 実験結果

5-1 起動風速

Fig.3は、フラップの角度と起動風速の変化を表した結果である。

フラップの角度を変化させていった場合、10° と 30° ではほぼ同じ最少の風力で起動することができるが、中間の20° あたりでは倍近くの起動風力を必要とすることがわかった。

5-2 発電量

Fig.4は、フラップの角度を固定し、起動時から風速14[m/s]までの発電量を測定した結果である。フラップ25° までは4[m/s]から10[m/s]の計測は可能だったが、30° のときは風車の回転数が足りず、風速が12[m/s]になるまで発電をすることができなかった。

また、発電量はフラップの角度が大きくなるにつれて多くなり、20° で一度落ちて再度25度から発電量が多くなり、30° になると発電量が落ちることが分かった。

6 考察

今回の実験ではフラップの開度の角度を変化させることで、起動風速の最小化と発電量の比較を目的とした。Fig.3では、フラップ10° のときに起動風速が小さく、低風速域から発電量も大きいのにに対し、15° より大きくなると一時的に起動風速が大きくなることが分かる。これは10° では風の向きに対してフラップの分だけ迎え角を取っていることが関係していると思われる。フラップ10° では抗力が少ないので、容易に回り出すが、角度が増すにつれて抗力が大きくなり、起動風速が落ちたものと思われる。

しかし、25° から再度起動風速が小さくなり始めるのは、フラップの角度を大きく取ったことで、揚力の増加が抗力の増加より大きくなり、前進力が増大するのではないかと考えられる。

Fig.4の結果を見ると、低風速域の風では抗力の小さいフラップ10° のときはすぐに回転が増加して発電をするが、中・高風速域の風になると、迎え角が小さくなり、揚力が減少するため、あまり回転数が上がらず、あまり多くの発電を得ることができなかった。それに比べフラップ25° のときは低風速域の風では角度を取っている分だけ抗力が大きいためうまく発電しない。しかし、中・高風速域になると、多くの発電量を得ることができた。これはフラップ25° の翼の揚力係数が風速に対して適正で、高い揚力を得られたからと見られる。その裏付けに、30° をみると、低風速域の風では発電をしない、これは完全に失速していると考えられるが、高風速域の風になると迎え角が回復し、揚力係数が復活し、急速に回転をはじめ、まるで上昇気流に乗ったように発電量が一気に上昇するのが分かる。これらのことから、発電量は翼に発生する揚力と抗力の二つのバランスが関係していると考えられる。

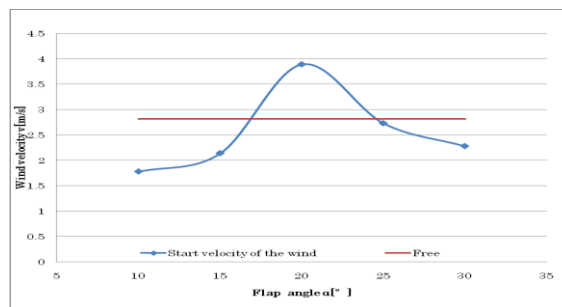


Fig.3 Start wind velocity

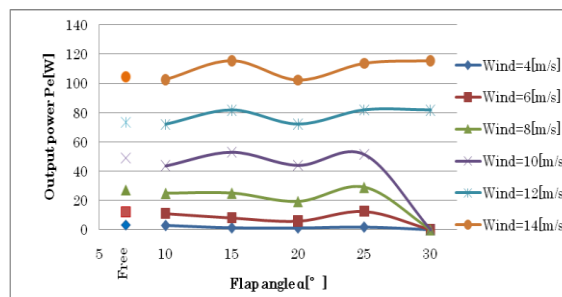


Fig.4 Wind velocity and Output power

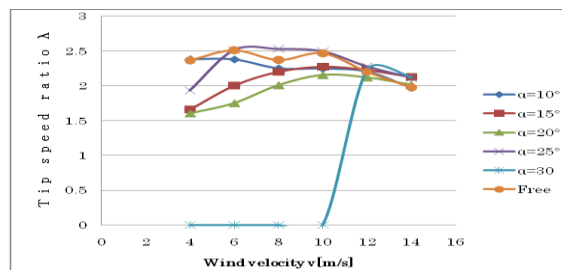


Fig.5 Wind velocity and Tip speed ratio

7 結論

風車の性能を表す指標として周速比がある、周速比は「風車のブレード先端速度と流入風速との比」で定義され、次式で表される。

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} = \frac{2\pi R n}{60v} \quad (1)$$

ω : ロータの回転角速度 [rad/s] v : 風速 [m/s]

R : ロータ半径 [m] n : 風車回転数 [rpm]

揚力型風車では、周速比が大きくなるほど高回転型の風車特性を示し、発電用風車としての性能が期待できる。周速比を計算したものをFig.5に示す。フラップ付きの翼は角度ごとに低風速域の風と高風速域の風での風車特性に違いがあり、低速のときは低い角度を用い、高風速域の風になるにつれてフラップに適正な角度を与えることで効率よく発電ができることが分かった。また、角度を固定しない状態での発電効率が最適値に近似していることが明らかになった。

今後は、フラップ付きの翼全体に迎え角を与えた場合について、更に実験を行い、最適な迎え角についても検討する予定である。

参考文献

- (1) 牛山泉, 関和市, 垂直型風車, パワー社 p.212