

風車形状パラメータが垂直軸型風車の性能に与える影響

徳島大学大学院 学生員 篠宮 章 徳島大学 正員 長尾 文明
 徳島大学 正員 野田 稔 徳島大学 正員 宗田 和之

1. はじめに

垂直軸型風車は水平軸型風車と違って風向依存性がないため、日本のように複雑な地形や日々の気圧配置の変化によって頻りに風向が変化するような地域でも有効利用が可能であると言える。しかしながら、垂直軸型風車の研究や普及は水平軸型風車に比べて遅れているのが現状である。そこで、本研究では直線翼を用いた垂直軸型風車の基本性能について検討するため、翼の形状ならびに風車の形状が垂直軸型風車の性能にどのような影響を与えるかについて検証している。

2. 風車諸元

本研究では写真-1 に示す外径 30mm, 内径 24mm のステンレス製パイプを軸とし、直線翼を用いた垂直軸型風車を使用している。なお、風車の回転半径 R は 300mm, 450mm, 600mm と三段階のものに取替えることができ、翼枚数 N も 2 枚, 3 枚, 4 枚と変化させることができるようになっている。

使用した翼の断面図および寸法を図-1、表-1 に示す。No. I を基準として、No. II ~ IV は翼弦長 c が一定のまま最大翼厚比 t/c を変化させ、No. V, VI は最大翼厚比 t/c が一定のまま翼弦長 c を変化させている。いずれの翼も NACA00 モデルの対称翼であり、翼長 l は 900mm となっている。

3. 実験概要

実験に用いた風洞は徳島大学工学部の室内遠流式風洞実験装置であり、測定胴部は高さ 1.5m, 幅 1.5m, 長さ 10.7m となっている。測定胴内上流から 2.2m の位置にピトー管を、8.125m の位置に風車を配置し、他の測定機器は図-2 に示すように設置する。実験ではモーターによって風車を一定速度で回転させた状態で風速を変化させつつ、風車に作用するトルク T (N・m) と風車回転数 n (rpm) および動圧 h (mmH₂O) を測定する。

実験条件は表-2 に示すとおりである。翼弦長、回転半径、翼枚数それぞれによってソリディティ $\sigma (=Nc/2\pi R)$ を変化させたとき、ソリディティが小さいほど低風速域で高い風車効率を発揮することが確認されている¹⁾。よって、本研究ではソリディティが一定という条件下で、翼形状や回転半径、翼枚数が風車の性能に与える影響について検討している。

なお、本実験では翼の性能のみに注目するため、翼を取り付けていない状態の風車に作用するトルクを測定し、全体のトルクから差し引くことで翼によって発生させたトルク T を求めている。また、風車の回転による影響で実風速と見かけ上の風速に誤差が生じてしまうため、別途これらの関係を調査し補正を行っている。



写真-1 垂直軸型風車

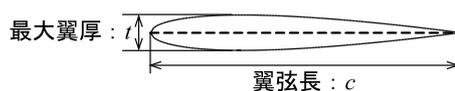


図-1 翼の断面形状

表-1 翼の寸法

blade-No.	t (mm)	c (mm)	t/c
I	13.5	112.5	0.12
II	18.0	112.5	0.16
III	22.5	112.5	0.20
IV	27.0	112.5	0.24
V	18.0	150.0	0.12
VI	27.0	225.0	0.12

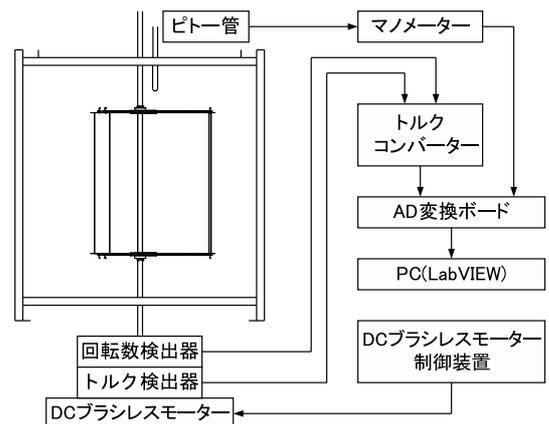


図-2 垂直軸型風車および測定機器の設置状況

表-2 実験条件

(a) t/c を変化させるケース ($\sigma=0.119$)

t/c	c (mm)	R (mm)	N
0.12	112.5	450	3
0.16	112.5	450	3
0.20	112.5	450	3
0.24	112.5	450	3

(b) c, N を変化させるケース ($\sigma=0.159$)

t/c	c (mm)	R (mm)	N
0.12	225.0	450	2
0.12	150.0	450	3
0.12	112.5	450	4

(c) R, N を変化させるケース ($\sigma=0.119$)

t/c	c (mm)	R (mm)	N
0.12	112.5	300	2
0.12	112.5	450	3
0.12	112.5	600	4

4. 実験結果及び考察

測定された回転数から周速 $V(m/s)$ を、動圧から風速 $U(m/s)$ を求め、トルクとあわせて風車効率 $C_p(=\frac{2\pi T}{60} / \frac{\rho U^3 A}{2})$ 、 ρ : 空気密度、 A : 受風面積) ならびに周速比 $\beta(=V/U)$ を算出した。この関係を図-3 に示す。いずれも $V=7.5m/s$ になるように回転数を調整したときの結果を示している。また、図-4 にはそれぞれの実験条件において周速を三段階に変化させて得られた、風車効率の最大値 C_{pmax} およびそのときの周速比 β_{peak} と各パラメータの関係を示している。図-3 および図-4 の (a) から、風車効率が最大となる最大翼厚比は 0.16 ~ 0.20 付近にあることが予測できる。また、最大翼厚比の増加に伴い最大風車効率を示す周速比は小さくなる。(b) と (c) からは翼枚数の増加に伴い最大風車効率を示す周速比が大きくなるのがわかる。ただし、ソリディティを一定に保つために翼弦長を小さくした場合は最大風車効率が低下し、回転半径を大きくした場合は最大風車効率が向上した。

すなわち、ソリディティが一定の場合に高い風車効率を得るためには、適切な最大翼厚比を有する翼形状を選択し、回転半径および翼枚数とともに増加させる、もしくは翼弦長を増加させる代わりに翼枚数を減少させるべきである。

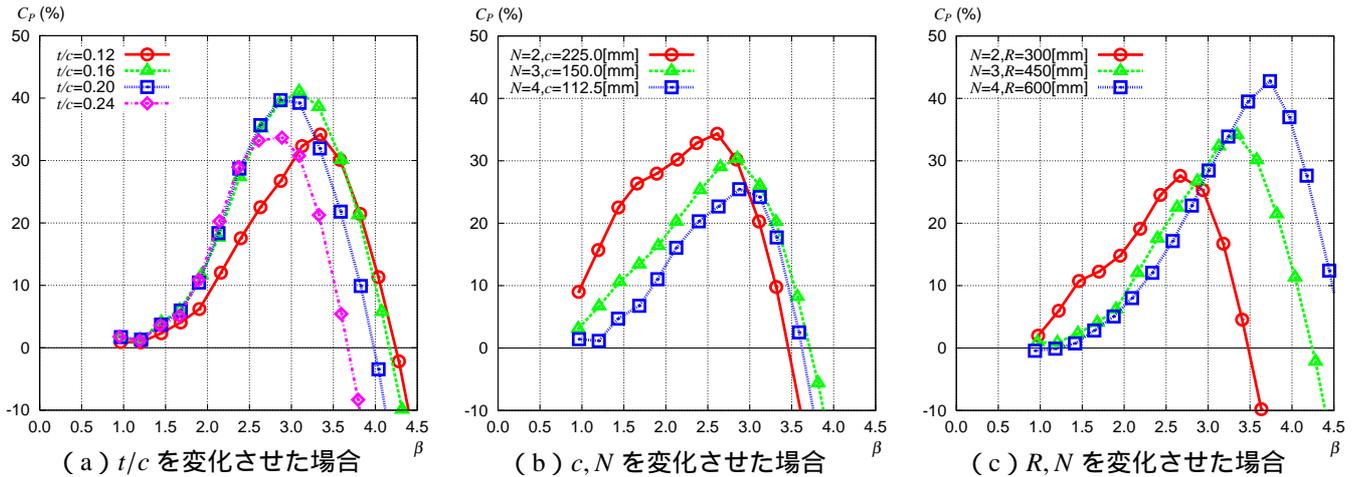


図-3 ソリディティ一定時の風車効率と周速比の関係

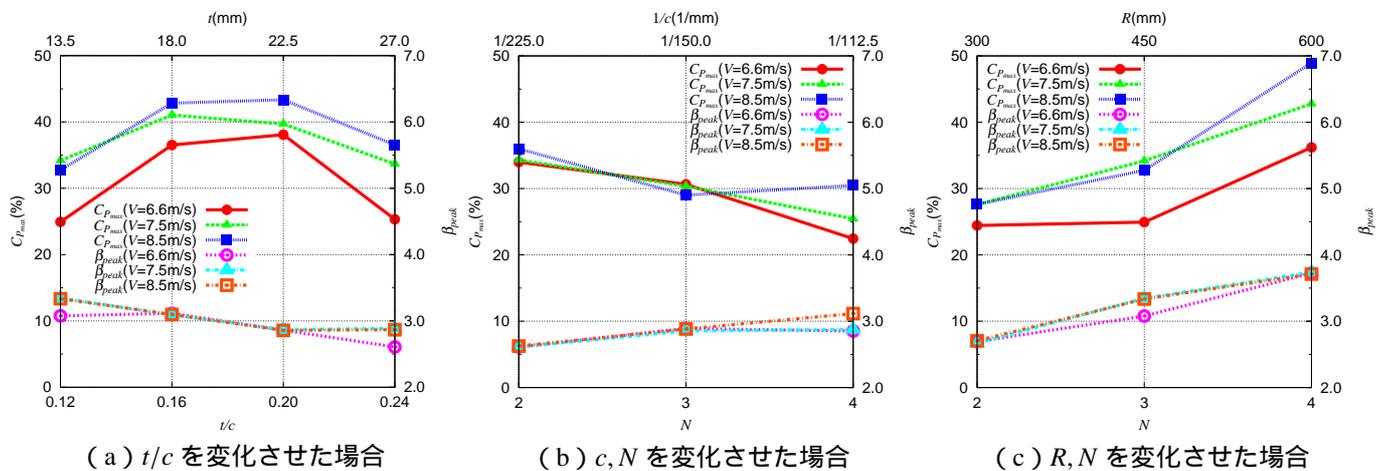


図-4 最大風車効率および最大風車効率を示す周速比

5. おわりに

本研究ではソリディティを一定値に保ったまま複数のパラメータを変化させ、それによって風車の性能にどのような影響を与えるのかについて検討した。特に、回転半径を増加させた場合は風車効率の大幅な向上が見られた。しかしながら、これは純粋に回転半径が増加したことによる効果なのか、風洞側壁との距離が縮まったことによって流れが拘束された影響であるのかは断定できない。大きさのみが異なった同一形状の風車を用いるなどして、風洞側壁の影響について検証を行う必要があると言える。

謝辞

本研究を行うにあたり、徳島大学工学部(研究当時)の岡野智久氏、とくしま環境科学機構にご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 篠宮, 長尾, 野田, 宗田: 垂直軸型風車の性能に及ぼす風車形状パラメータの影響, 土木学会四国支部第 14 回技術研究発表会講演概要集