

I-25 D型断面プロペラを用いた風力発電装置の性能評価

徳島大学大学院 学生員 ○谷 幸典 徳島大学 フェロー 宇都宮 英彦
徳島大学工学部 正員 長尾 文明 徳島大学 正員 野田 稔

1. はじめに

近年、地球環境問題に対する関心が高まる中、自然エネルギー利用の中核として風力発電は急速な発展を見せており、今後さらなる飛躍が期待される分野である。

本研究で対象とする D 型断面は半円柱をベースとしたもので、流れの剥離点が固定される前縁隅角部をもち、かつ鋭い後縁がなく前縁で剥離した流れの物体表面への再付着が起こりにくい特性を持つ断面である。さらに、剥離せん断層と afterbody の干渉により著しい空力不安定化を招くため、構造物または、構造部材の形状としては一般的に使用し易い形状ではない。本研究の目的は、この D 型断面の空気力学的不安定性に着目し、風力発電用プロペラとして用いた際の性能を評価することであり、風のエネルギーを仕事量としてどれだけ取り出せたのかを示す風車効率 C_p (%) と接近風速に対する翼先端の周速の比を表す周速比 β の関係を用いて①翼ピッチ角 ϕ の変化による影響、②翼の断面寸法比 d/h の変化による影響、③風車の回転範囲に対し翼断面積の占める割合を表すソリディティ比 σ の変化による影響についての検討を行った。

2. 実験概要

本実験で使用した風車模型は D 型断面の翼を 2 枚用いた 2 枚翼プロペラ型風車であり、翼長が 250mm のアルミ製で、両翼とハブ(風車翼の中心部)を合わせた風車直径を 600mm としている。翼は接続部を回転させることでピッチ角の変更が可能な構造となっている。また、シャフトのベアリングとモーター間にプーリーを取り付け、レーザー変位計とパルスカウンターを用いることで風車稼動時の 1 分間の回転数が読み取れるようになっている。シャフトは翼の回転軸後部でうず電流ブレーキとして作用するトルクモーターと接続されている。トルクモーターのブレーキトルクは励磁電圧に伴い増加し、ある一定の制御特性を示すことから、本実験ではトルクモーターのこの特性を利用し、回転している風車に任意の負荷トルクを加え、回転数と作用しているブレーキトルクの関係から風車効率を導き出している。なお、本実験は徳島大学工学部多目的風洞 (閉断面押込み式エッフェル型風洞：測定洞 1.5m×1.5m×5.0m, 測定風速 5m/s～15m/s) を使用している。本実験装置の概略を図-1 に、翼の断面の寸法を図-2 に示す。

3. 実験結果

実験により比較的高い風車効率が得られたピッチ角 ϕ は、ソリディティ比 σ に関係なく断面寸法比 d/h により決まった値を示す傾向が見られ、 $d/h=0.5$ で $\phi=20\sim25^\circ$ 、 $d/h=0.7$ で $\phi=15\sim25^\circ$ 、 $d/h=1.0$ で $\phi=0\sim20^\circ$ の範囲で相対的に高い風車効率を示した。これらのピッチ角では周速比が広い範囲に分布するのに対し、これ以上ピッチ角を大きくすると周速比の分布する範囲が減少と共に風車効率の低下が見られた。ここで図-3 に $d/h=0.5$ 、 $\sigma=0.063$ の断面を翼として用いた際の風車効率と周速比の関係を示す。

同じピッチ角において断面寸法比を変化させることにより、得られる風車効率の値に変化が見られた。ここで図-4 に示すようにソリディティ比を固定とし、断面寸法比を変化させた場合には $d/h=0.5$ の断面が最も高い風車効率を示し、本研究で設定した $d/h=0.5, 0.7, 1.0$ の三断面の中で $d/h=0.5$ の断面が最も高い性能を示す断面であるといえる。

また、断面寸法比に関係なく、図-5 に示すようにソリディティ比を大きくすることで風車効率の向上が見られた。これは、ソリディティ比の増大により、断面に作用する空気力が増加するためであると考えられる。

4. まとめ

断面の空力特性が直接的に風車の性能に影響を及ぼすといえ、断面の空力特性の検討が非常に重要な項目であるといえる。

また、断面寸法比に関係なく、ソリディティ比を大きくすることで風車効率の向上が見られたが、これは一般の翼形とは逆の傾向を示しており、D 型断面特有のものである可能性がある。今後、出力性能の向上に有効であるソリディティ比の増大が、どこまで有効であるか検討を行う必要があると考えられる。

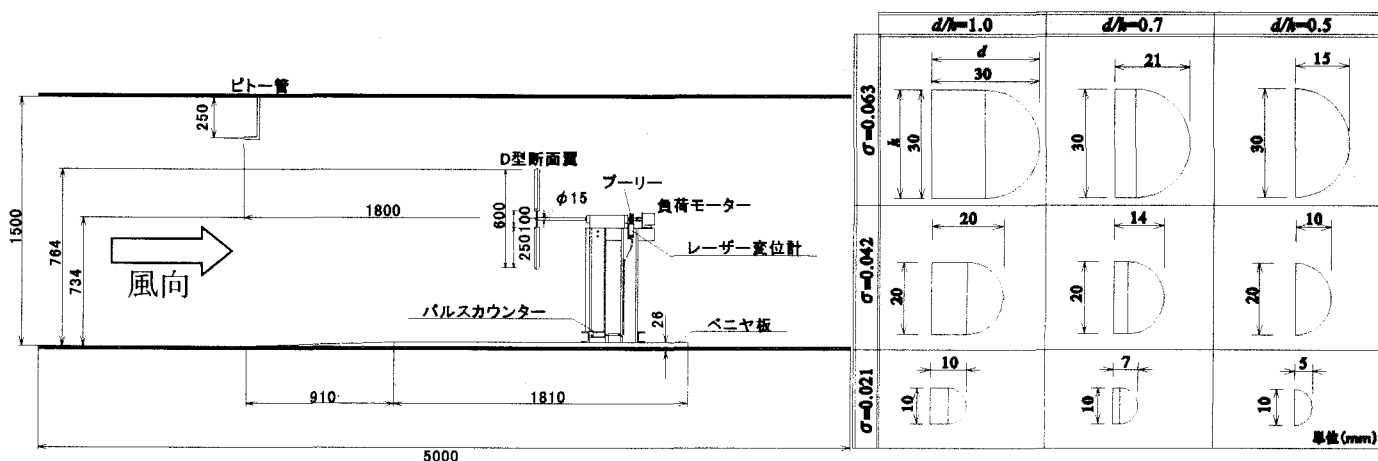


図-1 実験装置概略

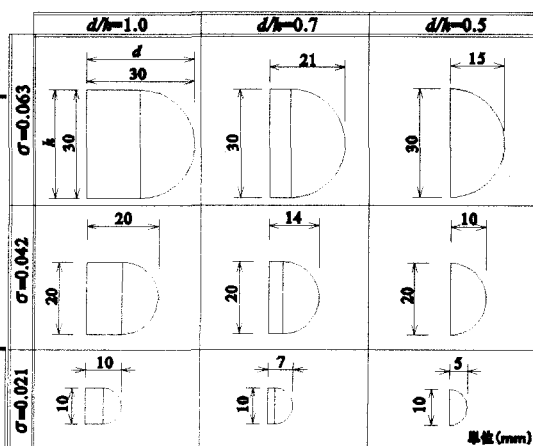


図-2 翼断面寸法

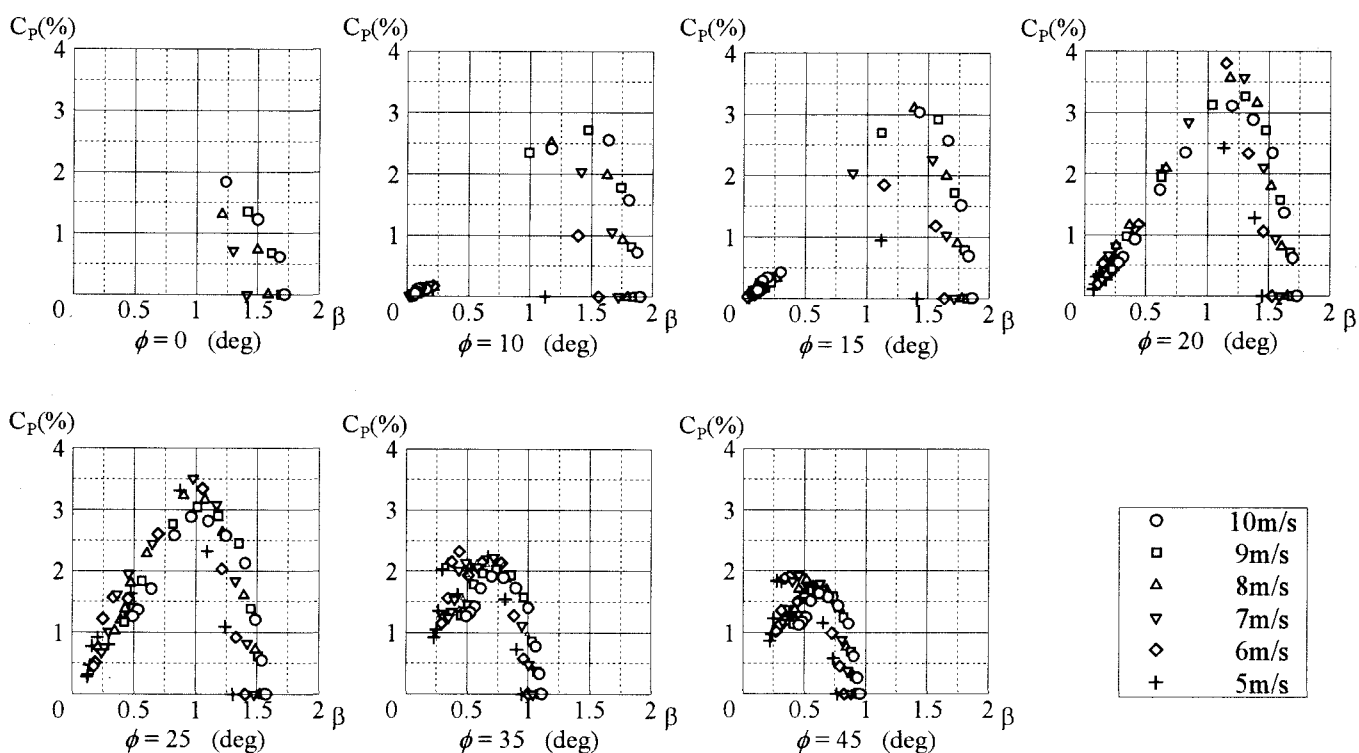


図-3 周速比-風車効率関係 ($d/h=0.5$, $\sigma=0.063$)

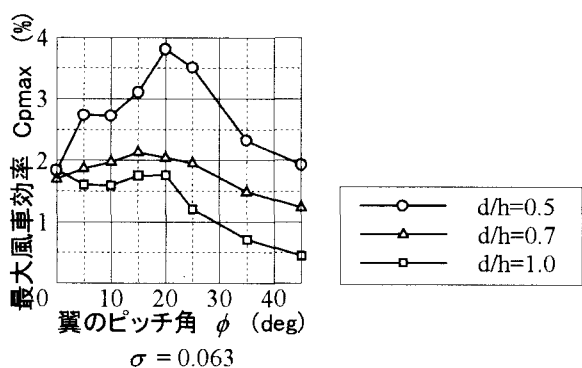


図-4 断面寸法比変化の影響

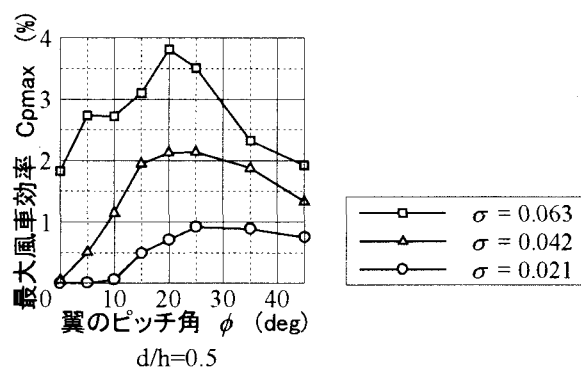


図-5 ソリディティ比変化の影響