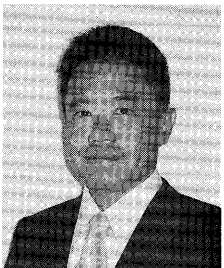


風力エネルギー

Wind Energy

執筆者プロフィール



前田 太佳夫
Takao MAEDA

1986年名古屋大学工学部機械学科卒業
1991年名古屋大学大学院工学研究科機械工学専攻博士課程満了

■主として行っている業務・研究
・風力タービンの空力研究
・風況精査

■所属学会および主な活動

日本機械学会, ターボ機械協会, 日本風力エネルギー協会, ASME, AIAA, 欧州風力エネルギー協会, アメリカ風力エネルギー協会

■勤務先

三重大学助教授 工学部 機械工学科
(〒514-8507 津市栗真町屋町1577/
E-mail : maeda@mach.mie-u.ac.jp)

1. はじめに

国内でも至るところで風車を目にするようになった。風車は年々大型化されており、国内でも直径 80m、出力 2 000kW 級風車が主流となりつつある。ドイツでは直径 120m、出力 5 000kW という巨大な風車も運転を開始した。これは回転面にサッカー場がすっぽり入ってしまう大きさである。2004年の時点で世界中で 47 317MW が運転されており、年 20% の割合で増え続けている。世界で最も風車が多いのはドイツであり、これは市民による風車の共同所有により発展している。一方、日本では現在 926MW、921 基が稼働中であり、

2010年の目標 3 000MW に向けて続々と風車が設置されている。この記事では筆者が行っている風力エネルギーに関する研究開発について紹介する。

2. 風況精査

風車設置前には適地選定のためマストに三杯式風速計、矢羽根式風向計を 2 層以上取り付けて 1 年間の精査を行う。精査からは平均風速、平均風向のほか、乱れ、方位別の風速出現率などを解析し、風車設置を想定した場合の発電量を試算する。

風車は年々大型化しており、2 000kW 級風車では回転軸高さが 80m にもなる。しかし、風況精査のために高さ 80m のマストを設置することは相当にコストがかかるため、実際には 40 ~ 50m 高さの風向風速計で得られた風速から、風車回転軸の 80m 高の風速を推定する。つまり測

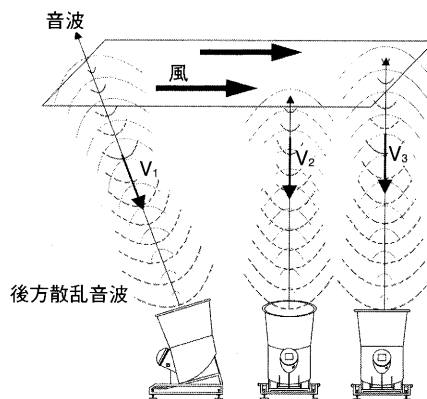


図1 ドップラソダによる風況観測
直径 1.25m、高さ 1.8m の 3 台の送受信器をそれぞれ上空 3 方向に向け音波を放射し、3 方向から得られた後方散乱音波データを演算することにより三次元風速成分を計算する。

定データを外挿することになる。しかし、風車発電量は風速の 3 乗に比例するために、測定データを外挿することはリスクが大きい。例えば風速誤差が 10% の場合、発電量誤差は約 30% になる。

以上の理由から風車回転軸高さにおける上空の風況を直接測定するためにドップラ式音波レーダ（ドップラソダ）を用いた風況解析が注目されている。図 1 にドップラソダの原理を示す。ドップラソダでは、地上の送受信器から発射された音波の後方散乱波を受信することによって風速測定を行う。測定可能な高度は地上 10m 高から上空 500 ~ 1 000m 高であり、複数の高度を同時測定可能であるため、大気境界層の分布も測定できる。これにより、従来の外挿した風速よりも精度の良い風速が測定できるようになった。

また、多数の風車を設置するウィンドファームの場合には、上流側風車の後流に下流側風車が入ると下流側風車の稼働率が低下する。このような事態を避けるために、図 2 に示すような地形モデル上にモデル風車を設置して

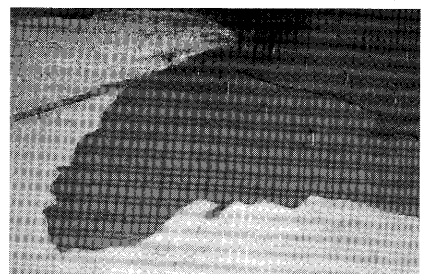


図2 地形モデルによる風車干渉の風洞実験
地形モデル上にモデル風車を設置し、風洞内で風車後流の干渉や風車の最適配置について研究を行う。

風洞内で風車後流の干渉を調べたり、風車後流の速度場を粒子画像流速計を用いて測定し、渦構造の観点から風車後流の構造を解析している。

3. 風車の風洞実験

風車回転翼周りの流れは遠心力の効果に加えて三次元流れとなり複雑である。その解明に向けて風車周りの速度場を風洞実験によって研究している。三重大学には吹出口径3.6mの大型風洞があり、ここに風車を設置して風車周りの速度ベクトルを測定している。図3に測定結果の例を示す。測定した速度ベクトルの解析から風車から発生する空力騒音と翼端渦の関連などが明らかになった。

ロータ周囲の速度場の観察は現象の理解には有効である。しかし、ロータに発生する流体力を定量的に評価し解析するためには、翼に発生する圧力を測定するほうがより直接的である。筆者らは翼表面に直径0.4mmの圧力検出孔を設け、翼表面上の圧力を風車ボス内の圧力センサに導くことにより、翼面上の圧力分布を測定している。測定した圧力を翼表面にわたって積分することにより翼に発生する流体力を計算することができる。圧力分布の測定から翼端に比べて翼根元では回転の効果により揚力が向上することが明らかになった。

4. 風車のフィールド実験

実物の風車は屋外に設置され、風車翼に流入する流れは非定常であり、また、風車回転速度に対して、風速変動による非定常性および大気境界層による空間的風速変化の影響が相対的に大きい。そのため、風洞実験によって性能評価した風車が非定常な自然風下で所望の性能が得られるかどうかは興味がある。

三重大学には世界的に見ても数少ない研究用フィールドロータ研究設備がある。この風車の特徴は、ロータ直径10mの実物の風車にさまざまな計測

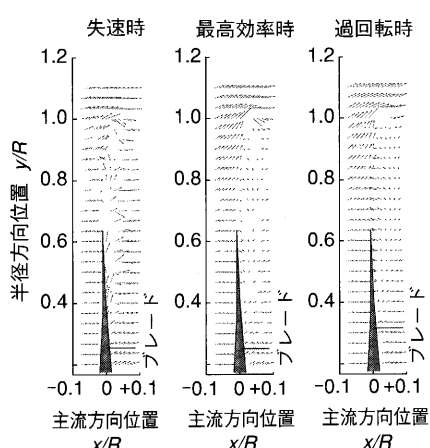


図3 レーザ・ドップラ流速計による風車回転翼近傍の速度の測定。最高効率時と比べて失速時は風車翼近傍の流れは乱れている。

器を搭載して、風車に生じるさまざまな物理量を測定できることである。長さ5.0mの翼の半径方向4断面の正および負圧面に直径0.4mmの圧力測定孔が各断面60孔配置してあり、翼内部に埋め込んだ半導体式差圧センサを使用して翼面圧力分布を測定している。この研究は国際エネルギー機関(International Energy Agency)の国際共同研究によって成果がとりまとめられ、測定データが公表されている。また、圧力測定のほか、図4に示すようにタフトを翼表面に貼り付けて、翼表面上の流れの可視化も行っている。測定結果から、風車の運転条件によっては、風洞実験よりもフィールド実験のほうが揚力のピークが大きくなり、失速もフィールド実験のほうがより高い迎角で発生することが明らかになった。

風車の風洞実験とフィールド実験の成果として、図5に示す1号機100kW風車(直径20m、高さ25m)を三重大学構内に設置した。この風車は発電した電力を大型風洞に供給している。したがって、風車で発生した電力を用いて、風車の風洞実験を行う、という研究ストーリーになっている。また、2号機100kW風車(直径20m、高さ30m)を三重大学農場に設置した。この風車ではフライホイールによる電力変動の緩和実験とともに、バイオマスガス用マイクロガスタービンとの協調運転を行い、複合型自然エネルギー

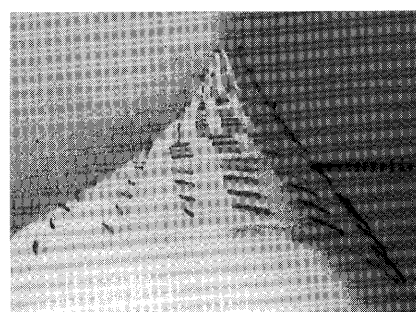


図4 タフトによるフィールド風車翼面上の流れの可視化。翼後縁で流れがはく離している。

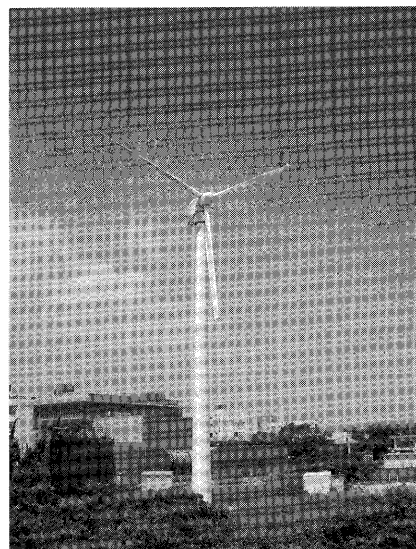


図5 自然エネルギー循環型100kW風車。三重大学構内に設置してあるロータ直径20m、回転軸高さ25m、定格出力100kW、可変ピッチ機構を持つ3枚翼アップウィンド形水平軸風車。風車で発電した電力は大型風洞の電源として供給される。

ギー発電による循環型システムの構築を目標としている。

5. おわりに

欧米と異なり、日本に設置された風車を取り巻く環境として、乱れ、台風、雷があり、これらをどのように克服するかが課題となっている。風車は機械であり、乱れを克服する流体力学、台風にも屈しない材料力学、落雷時の瞬間的な熱問題を取り扱う熱力学、変動風速下で回転機械としての性能を発揮する機械力学など、今後も機械分野の貢献によって多くの課題を解決して、高性能な風車の開発が期待されている。