

建築物を利用した風力発電技術に関する研究(その6)

単体プロペラの後流域における気流性状

風洞実験 風力発電 制風システム 気流性状

1はじめに

筆者らは、高層ビルから発生するビル風をマイクロ風車（直径50cmのプロペラと超小型発電機）を用いて、発電を行なながら、アクティブに防風対策（以下、制風システム）を行う装置を開発した（写真1）。実際に制風システムを適用するに当たって、プロペラ後流域の風の乱れおよび風速が低減する範囲などが重要となってくる。そこで、本報では、風洞実験により単体のマイクロ風車を通過する風の性状について報告する。

2実験方法

風洞装置およびマイクロ風車の概要は、文献¹⁾および文献²⁾を参照のこと。図1に計測システムを示す。風洞内の風速は4.5m/sである。実験で用いた風速計は3次元超音波風向風速計（サンプリング周波数は20Hz）とI型熱線風速計（500Hz）である。測定時間は30secである。写真2に計測の様子を示す。

3実験結果

表1に各実験ケースのプロペラの回転数および発電量などの出力結果を示す。図2に風洞内の風速を4.5m/sとし、電気負荷値の抵抗値を変化させた場合のプロペラの回転数を示す。マイクロ風車に接続した電気負荷がプロペラの回転数に影響を与えており、電気負荷値が50Ωである場合、プロペラの回転数は305rpmとなり、負荷なし（606rpm）に比べた場合、概ね半分になってしま

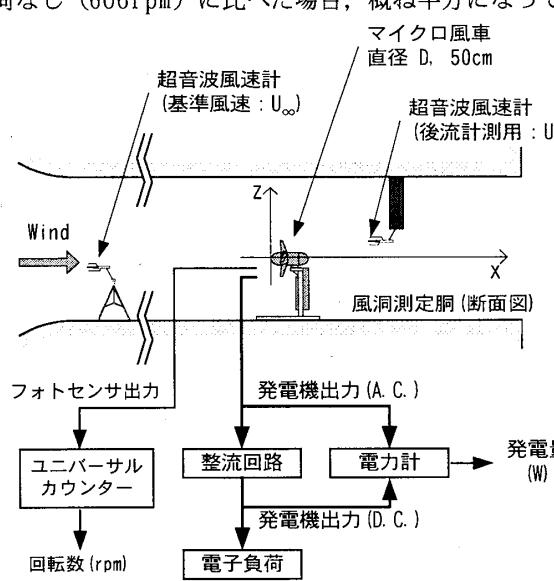


図1 マイクロ風力発電システムの形状

る。これは、負荷抵抗値が大きくなると、発電機からの出力電圧が高くなるため、プロペラの回転数は高くなる。この原理を利用すれば、マイクロ風車に比較的小さい電気負荷（1～5Ω）を接続した場合、プロペラの回転数は抑えられる（電気ブレーキ）。

図3に電気負荷値を50Ωした場合のマイクロ風車周辺における風速比（ U_{∞} で基準化）の分布を示す。マイクロ風車の風下側直後においては、風速比の変化は激しくなっている。風速比が0.8になる領域は、概ねプロペラの直径（D, 0.5m）の幅で、風下側へX/D=9にまで及んでいる。風車風上側において、風速比が0.9になる領域が現れている。

図4にマイクロ風車中心の主流方向における風速比の変化を示す。急激に風速比が変化している範囲は、概ねX/D=1～9になり、以降風下側の風速比は約0.9となっている。風速比は、風車風下側近傍（X/D=1～4まで）において若干の差が見られる。プロペラの抗力係数は、

表1 実験時のマイクロ風車の各出力結果

基準風速 U_{∞} (m/s)	負荷抵抗 R (Ω)	回転数 N (rpm)	発電機出力 (D.C.)		
			電圧 U (V)	電流 I (A)	発電量 P (W)
4.5	50	305.4	19.72	0.19	1.83
4.5	負荷なし	606.0	27.10	0.00	0.00

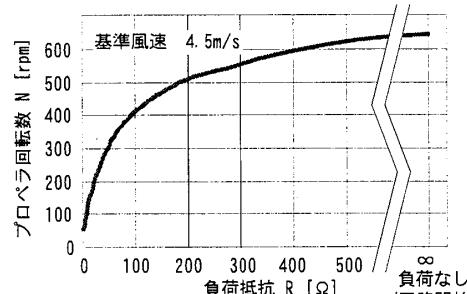


図2 負荷抵抗とプロペラの回転数



写真1 制風システム

写真2 計測の様子

Wind power generation making use of wind flow around the building (part6)

The windfield around a Micro Wind Turbine by wind tunnel test

NONOMURA Yoshitami, NAKAYAMA Masanao, HIRAHARA Hiroyuki, and KOBAYASHI Nobuyuki

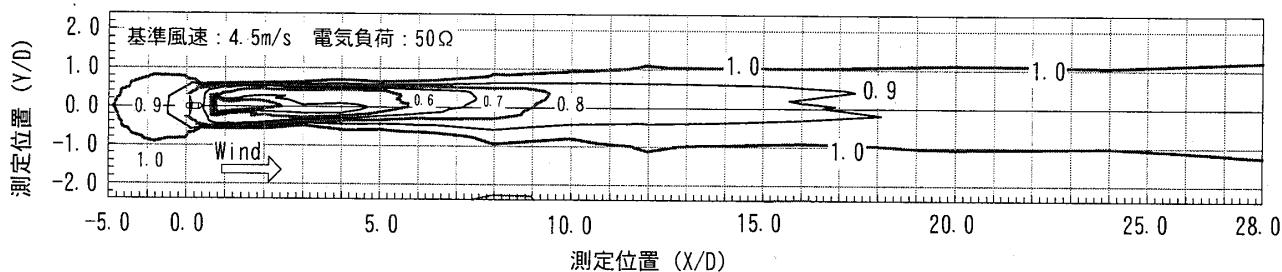
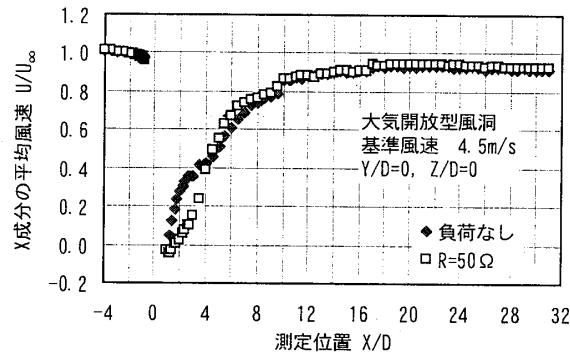
図3 マイクロ風車の後流域における風速比(U/U_∞)の分布

図4 主流方向の平均風速の変化(風速5m/s)

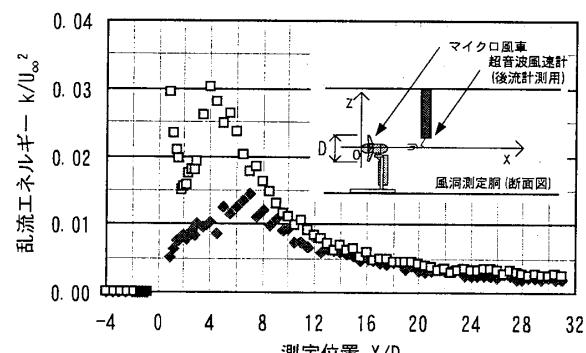


図5 主流方向の乱流エネルギーの変化(風速5m/s)

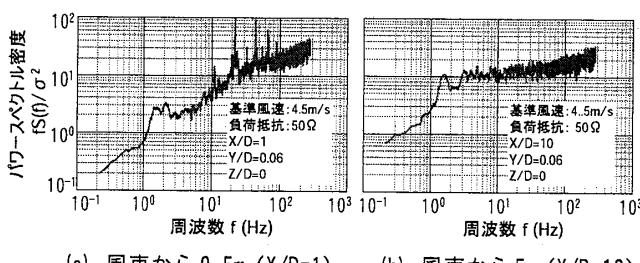
図6 マイクロ風車の後流における風速のパワースペクトル
回転数に関係なく、約0.7である³⁾。マイクロ風車による風速低減(以下、制風効果)は、プロペラの回転数に比べ、抗力係数により決まるものと考えられる。

図5にマイクロ風車中心の主流方向における乱流エネルギーの変化を示す。プロペラ風下側の乱流エネルギーは、 $X/D=1 \sim 8$ の範囲では、電気負荷の有無の影響を強く受ける。 $X/D=12$ から風下側では、乱流エネルギーは電気負荷の有無に関係なく、概ね同じになっている。

図6にマイクロ風車後流(風車から0.5mと5mの位置)における風速のパワースペクトルを示す。測定点は、プロペラの影響を受けやすい風車中心から30cm ($Y/D=0.06$)とした。電気負荷は50Ωである。図6(a)に示すように風車近傍では、卓越する周波数成分は、プロペラの回転数(5Hz)の倍数(10Hz, 20Hz,...)になっている。図6(b)に示すように風車から5m ($X/D=10$)離れると卓越した周波数成分は見られなくなる。

3まとめ

本報では、風洞実験により、マイクロ風車を通過する

*1 (株)フジタ技術センター

Technology Development Division, Fujita Corporation.

*2 (株)フジタ技術センター 工博

Technology Development Division, Fujita Corporation, Dr.Eng.

*3 埼玉大学 助教授 工博

Saitama University, Associate Professor, Dr.Eng.

*4 東京工芸大学 教授 工博

Tokyo Polytechnic University, Professor, Dr.Eng.

風の気流性状を計測した。以下に得られた知見を示す。

- ①電気負荷値が50Ωである場合、マイクロ風車の回転数は305rpmとなり、負荷なし(606rpm)に比べ、概ね半分になっている。
- ②マイクロ風車に比較的小さい電気負荷(1~5Ω)を接続した場合、電気的なブレーキが発電機にかかり、プロペラの回転数は抑えられる。
- ③電気負荷の有無による風車後流における風速比と乱流エネルギーの差は、風車直後のみに生じ、後方では概ね同じになっている。マイクロ風車の抗力係数は、回転数に関係なく、約0.7である。マイクロ風車の制風効果は、プロペラの回転数に比べ、抗力係数により決まるものと考えられる。

謝辞

本研究の一部は、平成12年度革新的技術開発研究推進費補助金(環境分野)、「建築物を利用した風力発電技術に関する研究」(代表者 川橋正昭教授 埼玉大学工学部機械工学科)によるものである。研究実施に当たって、埼玉大学の藤浪 賢君(当時、卒論生)に多大な協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 野々村善民:マイクロ風車を用いた制風システム, 月刊ECO INDUSTRY, 2003年6月25日(投稿中)
- 2) 野々村善民, 中山昌尚, 小林信行:建築物を利用した風力発電技術に関する研究(その5), マイクロ風力発電システムの出力特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp513~514, 2002年8月
- 3) 中山昌尚, 野々村善民, 平原裕行, 小林信行:建築物を利用した風力発電技術に関する研究(その8), プロペラに作用する風力の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)構造系, 2003年8月(投稿中)