

一般研究課題 低環境負荷型・高効率小型風力タービン
システムの開発研究
助成研究者 名古屋大学 長谷川 豊



低環境負荷型・高効率小型風力タービン システムの開発研究 長谷川 豊 (名古屋大学)

Development of High Efficient Small Wind Turbine System with Low Environmental Burden

Yutaka Hasegawa
(Nagoya University)

Abstract:

This paper describes the results of the performance analysis on a small WTGS (wind turbine generator system) installed above a building, which recently attracts attention as a local power station. The effect of the turbine location above the building on the power output has been examined by a series of detailed field test and the numerical analysis based on the turbulent flow model. Using a conditional sampling technique the measurement results has been analyzed carefully, and examined the optimum location for the installation of the small WTGS above the building in relation to the building height.

1. まえがき

環境負荷の少ない発電システムの1つとして風力発電システムが注目されており、都市部においても停電時の非常用電源や商用電源との併用によるハイブリッドシステム用電源として小型風車の利用が期待され始めている。

小型風車を建物周辺に設置する場合、建物により変化する風向・風速（ビル風）が風車の出力に

与える影響を調査することは重要である¹⁾。本研究では建物屋上における高さ方向を含めた風車設置位置が発電量へ及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。本報では、ビル屋上に小型風車および風向・風速計を設置し、風車位置をパラメータとして風車へ流入する風向・風速及び風車の出力を測定した結果について報告し、最適設置点について議論する。

2. 実験概要

2.1 測定位置

実験対象となる建物として名古屋大学構内（名古屋市千種区不老町）の機械学科実験棟および工学部3号館を選定し、観測地点とした。Fig.1(a)に示すように機械学科実験棟の西側にはVBLと新1号館が隣接しているため、機械学科実験棟屋上での冬季の風況は両建物の間を吹き抜けてくる西風が卓越しており、いわゆる“ビル風”として想定できる。また、Fig.1(b)に示す工学部3号館の西側には風の流れを変化させるような大きな建物は無いため、この地域の冬季の卓越風である西から北にかけての風を対象とし測定することができる。

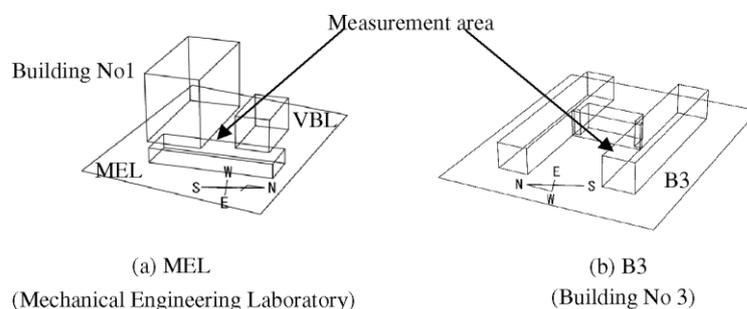


Fig.1 Overhead View of Test Site

2.2 測定方法

実験には小型風力発電装置（Zephyr社製Z-500，ロータ直径1.17m）1台，風向風速計（ペーン型風向計および3杯型風速計）3台を使用し，風車出力電圧・出力電流および風向・風速を同時測定した。

過去に機械学科実験棟屋上で行われてきた測定²⁾と同様にビル屋上に各実験機器を配置（Fig.2(a)参照）。風車と風車近傍風向風速計は図のように直線OO'線と平行に移動させた。以下では屋上西端から風車位置までの距離を x とし， $x=n[m]$ の位置にある風車を G_n と表記する。また，Fig.2(b)に示すように屋上の縁からの高さを y とし，高さの異なる3点（Top: $y=3.5$ ，Middle: $y=3.0$ ，Bottom: $y=2.5$ ）において測定を行った。

測定時におけるデータサンプリング周波数は5Hzとした。各出力データは1分間平均値とともにbin法³⁾による平均値を用い，主風向である西風を対象として整理した。風向はFig.2(a)に示すように，図中上方向（建物に平行）を0 degと定義する。

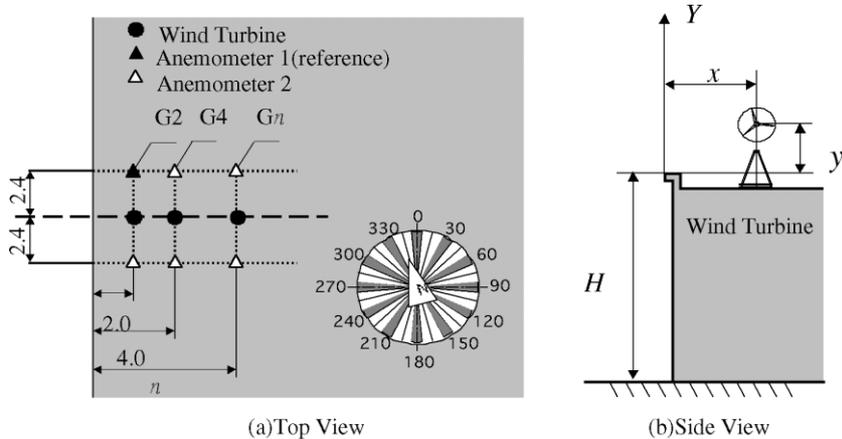


Fig.2 Arrangement of Experimental Device

3. 実験結果および考察

3.1 風車設置位置の影響

風車位置による風車出力の変化 機械学科実験棟屋上において西端からの距離を $x/H=0.09, 0.22, 0.33$ ($G1, G2, G3$), 工学3号館屋上において西端からの距離を $x/H=0.05, 0.11, 0.16, 0.22, 0.27, 0.33$ ($G1, G2, G3, G4, G5, G6$), 高さをTop, Middle, Bottomと変化させて測定を行った。ここでHは風車の設置した建物の高さ(機械学科実験棟9m,工学部3号館18.6m)である。

風車出力電力を, 基準風速 V_{ref} に基づきbin法で整理し, 各設置点での風車出力係数 C_p を, $x=2m, y=2.5m$ ($G2:Bottom$)での $V_{ref}=5m/s$ の時の風車出力係数 C_{p0} で無次元化してFig.3,4に示す。対

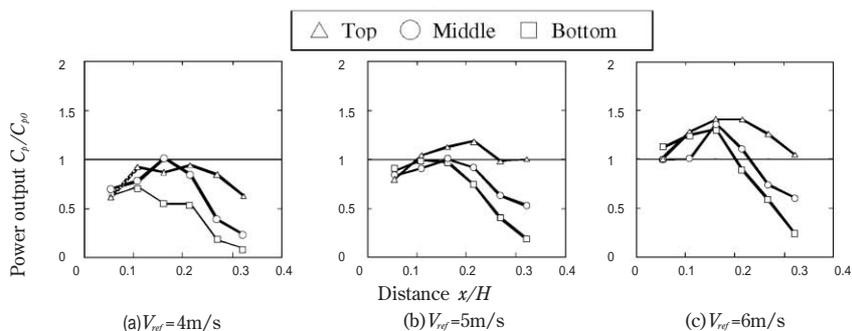


Fig.3 Power output at B3

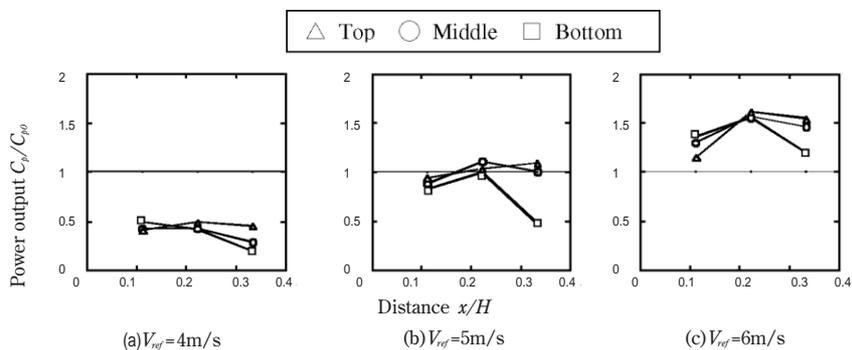


Fig.4 Power output at MEL

象とした風向範囲は270degを中心とした10deg幅である．また V_{ref} はFig.2(a)中の で示す位置にて測定した参照風速であり，Fig.3,4では $V_{ref}=4,5,6\text{m/s}$ の場合について示した．

機械学科実験棟と工学部3号館ではともに，屋上端からの無次元距離が $x/H=0.2$ 付近で良好な発電特性を示している．これは，風車設置点を建物端から離すにつれ，風速が減少するとともに乱れも増大するため風車出力が減少する．一方，建物端に近づけ過ぎると，風車流入風には吹き上げの成分が加わり，出力低下をもたらすためだと考えられる．

3.2 年間発電量測定

機械学科実験棟屋上において良好な発電特性を示した $x=2\text{m}$, $y=2.5\text{m}$ (G2:Bottom)に風車位置を固定し年間発電量の測定を行った．

測定を行った各月の，総発電量の理想発電量および流入風エネルギーに対する比をFig.5に示す．総発電量の理想発電量に対する比は冬季から夏季にかけて低下しており季節により変化する風向風速が発電量に及ぼす影響が確認された．また，総発電量が理想発電量の10～20%程度にしかならなかったのは，屋外では風向風速が絶えず変化しているためであると考えられる．

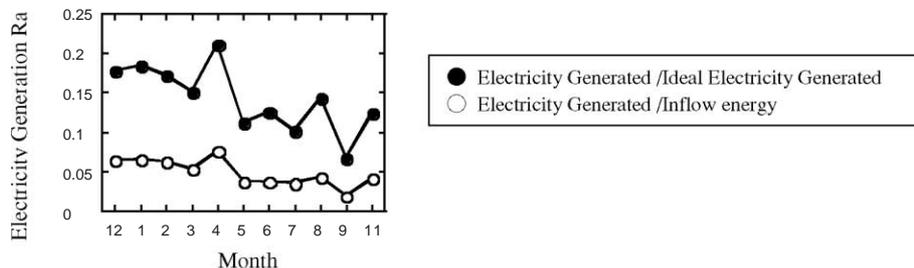


Fig.5 Electricity Generation Rate

4. 建物周り流れの数値解析

4.1 解析方法

非線形3次低レイノルズ数型 $k-\epsilon$ モデルを乱流モデルとして使用し，械学科実験棟周辺および工学部3号館周り流れの数値計算を行った．境界条件として流出境界であるモデルの上面と側面，および下流面を自由流出とした．また，モデル下面では滑りなしとし，上流面である流入境界には式(1)で示す指数速度分布を用いた．なお，式中の定数は高さ $H_r=10\text{m}$ で風速 $V_r=3\text{m/s}$ とし，速度勾配に関するパラメータを $a=0.2$ とした．

$$V(h) = V_r \left(\frac{h}{H_r} \right)^a \quad (1)$$

また解析にあたり，式の離散化には有限体積法，空間の離散化には中心差分を用い，時間の離散化にはSIMPLE法を用いて定常解を求めた．

4.2 解析結果および考察

風車設置点を含む垂直面内の風速分布をFig.6(a),(b)に示す．図中の白線の交点は風車設置点を表している．この図より，機械学科実験棟と工学部3号館の両方で約 $x/H=0.1$ における風速が約 $x/H=0.22, 0.33$ に比べて大きくなっていることがわかる．しかし，この増速した流れの向きは水平方向に対して30deg程度傾いており，建物端近くでの出力低下の原因と考えられる吹き上げが生じていることを確認できる．

また一般家屋屋上での小型風車設置を想定して切妻屋根を通過する流れを対象として数値計算を行った．流入境界に用いた式(1)中の定数は，高さ $H_r=10\text{m}$ で風速 $V_r=4\text{m/s}$ とし，速度勾配に関するパラメータを $a=0.2$ とした．解析結果をFig.6(c)に示す．図より建物屋上頂上付近で増速しており，切妻屋根形状の一般家屋屋上での最適設置点は頂上付近であることがわかる．

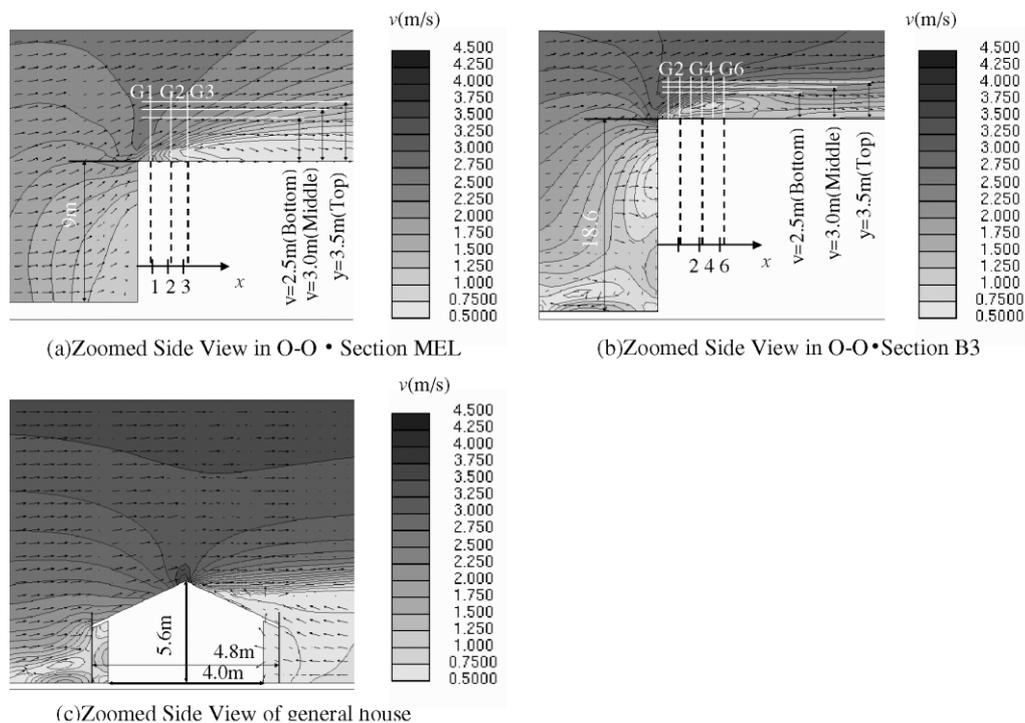


Fig.6 Velocity Distributions around Buildings obtained by Numerical Analysis

5. あとがき

小型風力発電システムを用いて，風車出力および風車周りの風向・風速を計測するシステムを構築し，小型風車の建物屋上における設置位置が発電量に及ぼす影響を名古屋大学構内の機械学科実験棟および工学部3号館をモデルとして調査した．

その結果小型風車を設置する際の最適設置点は，高さ $H=9\text{m}$ の機械学科実験棟と高さ $H=18.6\text{m}$ の工学部3号館ではともに $x/H=0.2$ 程度と考えられ，建物高さをパラメータとして最適設置点を選定できることが示唆された．

6. 参考文献

- 1) 清水幸丸「風力発電技術」パワー社，1990
- 2) 長谷川，他4名、機講論，03-16，2003，p.91
- 3) 「新発電システムの標準化に関する調査研究成果報告書 第3部 風力発電」社団法人日本電気工業会，2001