

小型風力発電導入促進のための風況マップの開発

小玉成人*・小比類巻俊**

論文要約

風力発電の適地選定において、NEDOの局所風況マップを用いる方法が一般的だが、それを基に発電量を推定した際に誤差が生じる恐れがある。また、小型風力発電機は大型の風力発電機と比べると地上高が低く建物の影響を受けやすいため、建物が風に及ぼす影響も考察する必要がある。そこで、本報告ではマップのメッシュを細分化することによって、より正確に小型風力発電の適地選定が行えるようにしている。また、建物による風況への影響の考察と実測値との比較を行い、建物による影響を定量的に示している。

キーワード：小型風力発電機、風況マップ

Development of Wind Maps to Promote the Installation of Small Wind Turbines

Naruhito KODAMA* and Shun KOHIRUIMAKI**

ABSTRACT

The NEDO's local wind maps are commonly used to select suitable sites for wind power generation, but there is a risk of error when estimating power generation based on these maps. In addition, small wind turbines have a lower ground clearance than large wind turbines and are more easily affected by buildings, so it is necessary to consider the degree to which buildings affect wind. Therefore, in this report, the mesh of the map is subdivided to enable more accurate selection of suitable sites for small wind turbines. In addition, the report discusses the impact of buildings on wind conditions and compares it with actual measurements to quantitatively show the impact of buildings on wind conditions.

Keywords: *small wind turbine, wind maps*

令和4年3月23日

* システム情報工学科・教授

** 電気電子・情報工学専攻・院生

1. 緒言

日本は、2050 年までに温室効果ガス排出量の 80%削減を目指しており、風力発電を始めとした再生可能エネルギーの導入を推進している。しかし、小型風力発電は2019 年に買取価格が大幅に下がったため、設置には高い精度の発電量予想が必要となる。発電量を予測するには、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の局所風況マップの利用が一般的だが、マップのメッシュが荒いこと、地上高が異なることなどのため、実際の風況と比較すると誤差があり、それを基に発電量を推定した際にも誤差が生じる恐れがある。また、小型風力発電機は大型の風力発電機と比べると地上高が低く建物の影響を受けやすいため、建物が風に及ぼす影響度も考察する必要がある。そこで、本報告ではマップのメッシュを細分化し、フィールドワーク等により地表粗度を求めて発電量を推定することで風況の細分化マップを作成する。また、建物による風況への影響を実測値から定量的に明らかにし、細分化マップに付加して小型風力発電のための風況マップを作成し、より正確に適地選定が行えるようにしている。

2. 風況マップの概要

小型風力発電のための風況マップのイメージ図を図 1 に示す。図に示されているように、まずは NEDO の局所風況マップを基とし、地上高 30m から小型風車向けの地上高へ調整する。次に、500m メッシュから 50m メッシュへメッシュの細分化を行い風況の細分化マップを作成する。建物の後流については、風車建設位置周辺の建物を選択して後流の影響を求め、その影響を細分化マップに付加して風況マップを作成する。

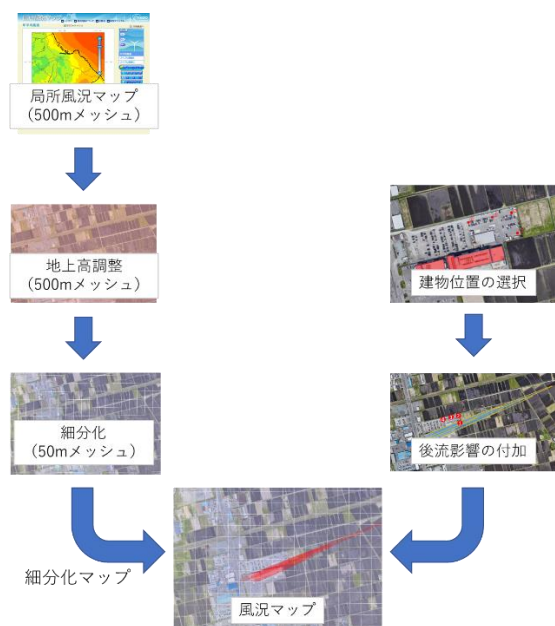


図 1 小型風力発電のための風況マップのイメージ

3. 風況の細分化マップの作成

3.1 地上高の調整

細分化マップを作成する前に、地上高の調整を行う。なお、本報告では青森県八戸市を対象地域としている。まず、発電量を含む平均風速データを作成する。平均風速データは、NEDO の局所風況マップ¹⁾の平均風速データを使用するが、局所風況マップの地上高は低くても 30m あるため、一般的な小型風力発電機の高さである地上高 18m 地点での平均風速を求める。地上高 30m 地点での平均風速から地上高 18m 地点での平均風速を求める式は以下の(1)のようになる。ここで、地上高 z および地上高 h における風速をそれぞれ V_z 、 V_h とし、地表状態によるベキ指数を n とする。地表状態によるベキ指数の値は、Google Map とフィールドワークにより、範囲ごとに表 1 を参考に設定した²⁾。次に、各メッシュにおける、おおよその発電量の推定を行い、その情報を追加する。発電量を求める式は以下の(2)式のようになる。ここで、出力係数を C_p 、空気密度を ρ 、回転断面積を A 、風速を V_W 、出力を P_W とする。出力係数を揚力型では 0.4、空気密度を 1.225 kg/m^3 、回転断面積を $\pi \times 7^2 \text{ m}^2$ として計算する。また、推定発電量の式にカットイン風速の 3 m/s 未満の風況を無視するため、NEDO の局所風況マップ¹⁾の八戸市の各メッシュの風配図から 3 m/s 未満の風の出現割合である 21.43 %を除外して計算を行う。

$$V_z = V_h \left(\frac{z}{h} \right)^{\frac{1}{n}} \cdots (1)$$

$$P_W = C_p \frac{1}{2} \rho A V_W^3 \cdots (2)$$

表1 地表面粗度によるベキ指数

地表状態	ベキ指数 n
平野・草原	7
森林・田園・高い建物のない市街地	4
大都市の郊外周辺	3

3.2 メッシュの細分化

3.1 の地上高を調整した風速及び発電量を用いて作成した発電量推定マップを図 2 に示す。図 2 は地上高 18m に設置された揚力型風力発電機で発電した場合の発電量を等間隔で 8 段階に分けたマップである。ポイントの指定により、そのポイントの平均風速や推定発電量などの情報を見ることができる。図 2 から、沿岸部および階上岳付近とその北東部分の風速が強く、得られる発電量が多いと推測できる。

つぎに、発電量推定マップの細分化を行う。作成した発電量推定マップでは一範囲が約 500m 四方となっており、範囲内での地表面の違いが大きく、小型風力発電の建設地を選定するには範囲が広すぎる。そこで、範囲を約 50m ごとに細分化する。細分化を行うイメージ図を

図 3 に示す。図に示すように、 $500\text{m} \times 500\text{m}$ の範囲を $50\text{m} \times 50\text{m}$ の 100 個に細分化することでより正確に発電量を推定できるようにする。細分化の方法は、 50m 四方のメッシュごとに地上高の調整時と同様に地表粗度を求めて(1)式を用いて計算する。細分化前の発電量推定マップの一部を図 4 に、 50m メッシュに細分化後の細分化マップを図 5 に示す。

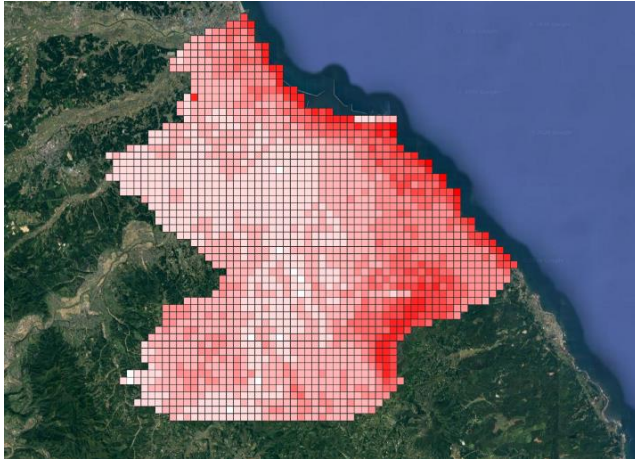


図 2 作成した発電量推定マップ（500m メッシュ）

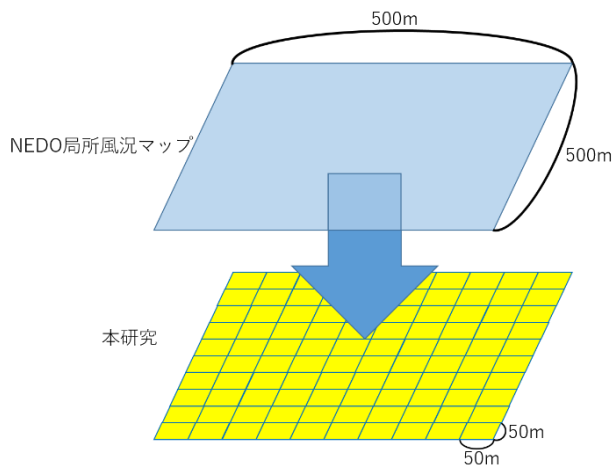


図 3 細分化のイメージ図



図 4 発電量推定マップの一部（500m メッシュ）



図 5 細分化マップの一部（50m メッシュ）

3.3 RIAM-COMPACT を用いた発電量の検証

発電量の推定精度を確認するため、風力発電の適地選定ソフトウェアである RIAM-COMPACT⁴⁾による推定結果と細分化マップの発電量を比較した。推定を行った箇所は、八戸市北東部の図 6 の左上部分(A1)と右下部分(J10)の 2 か所である。比較結果を表 2 に示す。地点 A1 では、細分化マップでの発電量は約 7,290kW であるのに対して、RIAM-COMPACT では約 7,073kW であり、地点 J10 では、細分化マップが約 6,186kW、RIAM-COMPACT では 6,210kW であった。結果から、どちらの地点でも誤差は 3%程度であり、おおよそ有償のソフトウェアと同等の推定ができていることが確認できた。



図 6 比較を行った箇所（50m メッシュ）

表 2 発電量推定の比較結果

比較箇所	本研究での 推定発電量 (kW)	RIAM-COMPACT での 推定発電量 (kW)
A1	約 7,290	約 7,073
J10	約 6,186	約 6,210

4. 建物が風に及ぼす影響の考察

小型風力発電機はハブの高さが低いため、大型のものに比べて周囲の地上構造物等の影響を受けやすい。建物が風に影響を与える範囲を表した NEDO の風力発電導入ガイドブック（2008 年 2 月改訂第 9 版）から引用した図を図 7 に示す。建物が風に影響を与える範囲は、建物の高さを h とすると、風上方向に $2h$ 、高さ方向に $2h$ 、風下方向に $10\sim 20h$ の範囲とされている⁵⁾。そこで、青森県八戸市のメディカルコート八戸西病院の小型風力発電機 4 基の実測データを用いて影響度を考察する。

図 8 に、発電機の位置と八戸西病院の発電機の高さである 12m 以上の建物の位置を示す。赤色の部分が高さ 12m 以上の建物であり、①～④が発電機の位置である。次にこれらの建物から影響を受ける範囲と 4 基の発電機の位置を示した図を図 9 に示す。風向は NEDO の風配図よりこの地点の出現頻度が多い西南西とし、風下方向の影響範囲は建物の高さの 20 倍とした。風力発電機 4 基の発電量を表 3 に示す。発電量は 2014 年度の発電量のデータから欠損値を除いた 319 日分のデータの平均発電量を基に、1 年間の発電量に補正したものをを用いている。表を見ると、建物の後流の影響範囲にある 1 号機の発電量が極端に低い。定量的に比較すると、2～4 号機の平均発電量と比べ 1 号機の発電量が約 36%減少しており、建物の後流の影響は無視できない大きなものであることが示された。

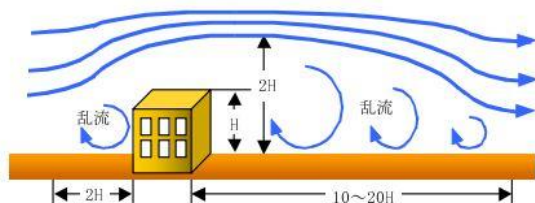


図 7 建物が風に影響を与える領域

(引用:NEDO 風力発電導入ガイドブック 2008 年 2 月改訂第 9 版)



図 8 高さ 12m 以上の建物の位置と発電機の位置



図 9 発電機の位置と建物の影響範囲

表 3 補正した 1 年間の発電量(kW)

1 号機①	2 号機②	3 号機③	4 号機④
1201.491	1865.070	1780.376	1996.264

5. 風況マップの作成

細分化マップに 4. の建物が風に及ぼす影響範囲を付加した小型風力発電のための風況マップを図 10 に示す。格子が 50m のメッシュであり、赤い影が建物の後流の影響範囲である。図に示すように、細分化された細かい範囲で適地を検討することができ、建物の後流による影響も明示されてより正確に適地が検討できるようになったことが分かる。

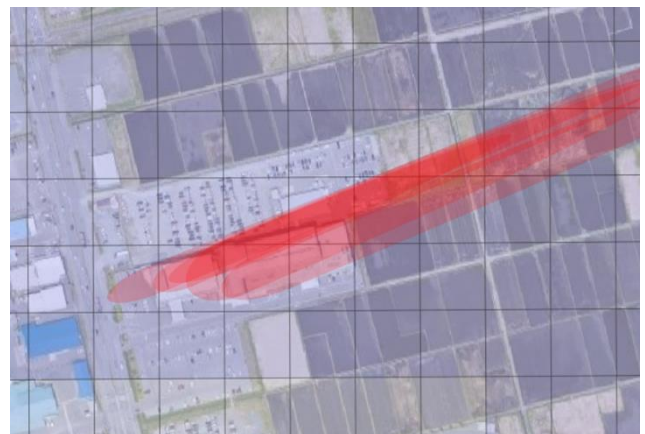


図 10 建物の影響を反映させた風況マップ

6. 結言

本報告では、NEDO の局所風況マップのデータを基とし、フィールドワーク等を行って地表粗度を求め、それを用いて風況データの地上高の調整を行った。また、マップのメッシュを 500m から 50m に細分化することによって、より正確に小型風力発電の適地選定が行えるようにした。さらに、建物による風況への影響の考察と実測

値との比較を行い、建物による影響を定量的に示すことでより正確に小型風力発電の適地選定が行えるようにした。

今後は、複数地点での実測値との比較検証を行い、精度の向上を図っていきたい。また、建物の後流の影響は範囲内では一律に影響を受けることとしているため、建物の数や高さ、大きさなどによってどの程度変化があるのか、範囲内のどの地点でどの程度の影響があるのかなども検討していきたい。

データを提供してくださったメディカルコート八戸西病院病院長高橋通宏氏のご支援に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) NEDO、局所風況マップ
<http://app8.infoc.nedo.go.jp/nedo/>
- 2) 牛山泉、「風車工学入門第2版」、2013
- 3) Google マップ
<https://www.google.co.jp/maps/>
- 4) 風力発電適地選定ソフトウェア RIAM-COMPACT
<http://www.riam-compact.com/>
- 5) NEDO、「風力発電導入ガイドブック(2008年2月改訂第9版)」、2008
- 6) 一般社団法人 日本小型風力発電協会、「小型風車導入手引書 第2版」、2014
- 7) 瀬戸芳一・高橋日出男、「地表面粗度による観測風の補正手法を用いた関東平野における夏季晴天日の局地風循環の把握」、地理学評論、2011