

八戸地域における小型風力発電の発電量推定

Estimation of wind power generation in Hachinohe region

○小玉 成人*, 三上 貴之*, 畠山 和樹*

○KODAMA Naruhito*, MIKAMI Takayuki*, HATAKEYAMA Kazuki*

*八戸工業大学

*Hachinohe Institute of Technology

キーワード： 風力発電(wind power generation), 発電量推定(power estimation), 風況(wind condition).

連絡先：〒031-8501 八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学 工学部 システム情報工学科

小玉成人, Tel.: (0178)25-8099, Fax.: (0178)25-1691, E-mail: naru@hi-tech.ac.jp

1. まえがき

エネルギー資源量や環境破壊などの問題のため、近年自然エネルギーに対する関心が高まり、世界各国で開発や導入が進められている。特に風力エネルギーは、他の自然エネルギーと比較して発電コストが相対的に低いこと、建設期間が短期間で済むことなどのため最も実用化が進んでいる。日本においても、震災以降の従来エネルギーから新エネルギーへの転換への流れが著しく、特に2012年7月1日からの再生可能エネルギーの固定価格買取制度の開始によって、さらに大きくなっていくと思われる。これによって、風力発電事業を営む業者だけでなく、一般家庭でも電気料金の軽減、非常時の電源確保などのために小型の風力発電機を設置するケースが増えてきている。しかし、風力発電機の発電量は風速の3乗に比例するため、

風力発電機設置前に風況を知ることが非常に重要である。風況を知るには、気象庁のアメダスのデータや新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の局所風況マップなどいくつかの方法が存在するが、住居や社屋、林などの細かい状況を考慮に入れた推定を行うことは難しい。そこで、本研究では比較的風況の良好な青森県八戸市を対象として、風力発電機設置を計画している地点での風力発電機の発電量を推定する。

2. 発電量の推定方法

発電量の具体的な推定方法を図1に示す。まず、風力発電機の設置候補地を選定する。選定した地点で風速計を用いて簡単な実施調査を行い、気象庁が計測しているアメダスのデータとこの実測値を比較することによってゲイン(風速の比)を算

出する。つぎに、このゲインとアメダスのデータを用いてこの地点での年間風速を推定する。最後に、推定した風速を用いて当該地点での風力発電機の発電量を推定する。

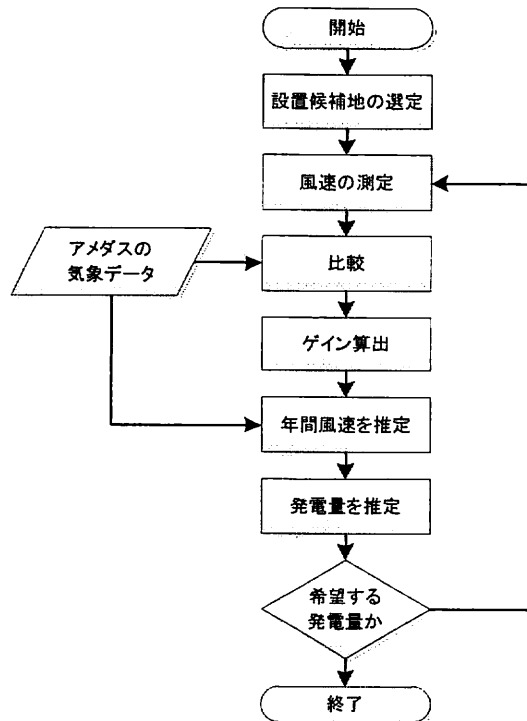


図1 発電量の推定方法

3. 利用した風速計

風速の測定には、図2およびその性能を表1に示すKestrel4000 Pocket Weather Trackerを利用する。Kestrel4000には、以下に示すような機能があるため、比較的容易に風況を測定することができる。

- ・ 瞬間風速・最大風速・平均風速などの様々な項目を測定することが可能である。
- ・ データの記録機能が付いているため、長時間の測定も可能である。
- ・ PCへの接続も可能なため、データ解析が容易にできる。
- ・ 図3に示すような三脚およびウィンドベインを利用することで無人での計測が可能である。



図2 風速計 (Kestrel4000)

表1 風速計の主な性能

品名	Kestrel4000 Pocket Weather Tracker	
測定対象	瞬間風速・最大風速・平均風速・ 気温・体感温度・相対湿度・熱指 数・露点温度・湿球温度・気圧・ 高度・密度高度	
風速	測定範囲	0.3~40 m/s
	サンプリング時間	2秒~12時間 (記録時間: 1時間6分40秒~1,000日間)
	分解能	0.1 m/s
	反応時間	1秒
	精度	±3%
PC接続	USB接続	

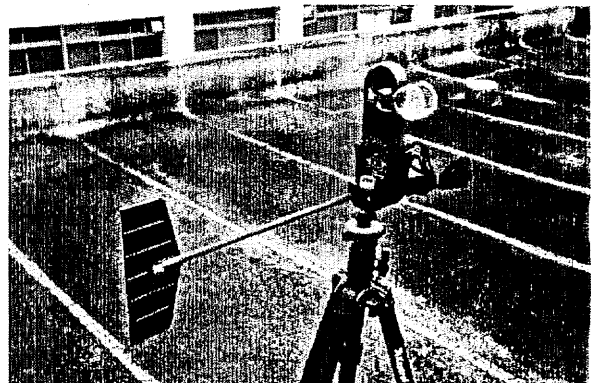


図3 測定時の様子

3. 風速の測定

今回の実験では、表2に示す4つの八戸市内の地点で発電量の推定を行った。観測地点Aは、高めの建物の屋上であり遮る物も少ない地点である。二つ目の観測地点Bは、建物と建物の間に位置する空き地である。三つ目の観測地点Cは、住宅地の民家の庭であり、木や建物などの障害物が多い。最後に、観測地点Dも住宅地の駐車場であり、比較的開けた場所ではあるが周りには木や丘、建築物が多い。

表2 観測地点

地点名	緯度・経度等	
観測地点A (屋上)	緯度	北緯 40 時 28 分 45.6 秒
	経度	東経 141 時 33 分 39.1 秒
	高度	118m
観測地点B (空き地)	緯度	北緯 40 時 28 分 45.92 秒
	経度	東経 141 時 33 分 38.44 秒
	高度	103m
観測地点C (民家の庭)	緯度	北緯 40 時 28 分 7.77 秒
	経度	東経 141 時 34 分 28.59 秒
	高度	121m
観測地点D (駐車場)	緯度	北緯 40 時 28 分 01.1 秒
	経度	東経 141 時 38 分 16.0 秒
	高度	50m

図4～7にそれぞれの地点で風速計を用いて計測した実測値と気象庁のWebページよりダウンロードしたアメダスのデータの比較を示す。なお、風速計を用いた測定では、サンプリング周期1分、分解能0.1m/sであり、アメダスのデータのサンプリング周期は10分刻みで分解能は同じく0.1m/sである。また、計測時間は天候や風況等によって左右されるため統一されていない。

これらの図からアメダスのデータと実測値の10区間の移動平均を比較してみると大まかな傾向はおおよそ一致していることが分かる。また、障害物が多い観測地点Cの民家の庭や観測地点Dの駐車場ではアメダスのデータとの差が大きいことも分かる。

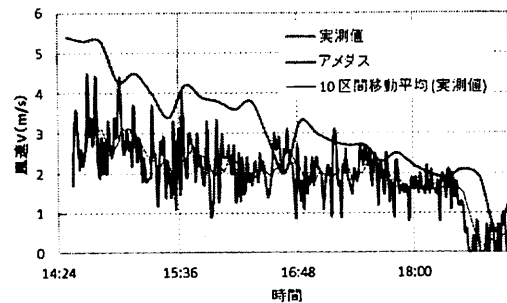


図4 風速の比較 (観測地点A (屋上))

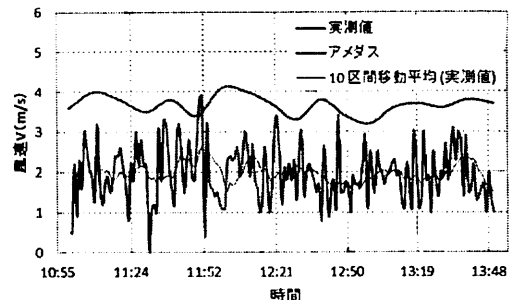


図5 風速の比較 (観測地点B (空き地))

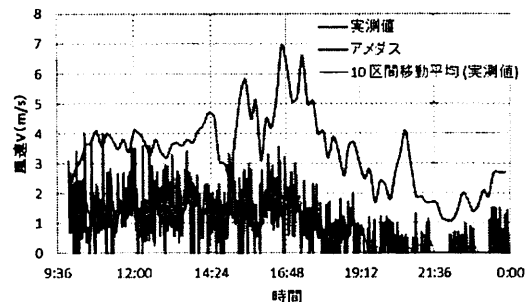


図6 風速の比較 (観測地点C (民家の庭))

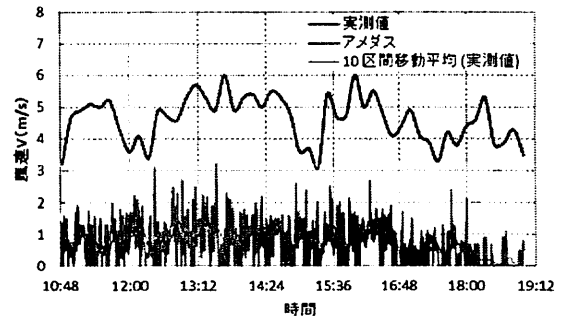


図7 風速の比較 (観測地点D (駐車場))

4. 発電量の推定

4.1 ゲインの算出

風速の測定結果を基に、アメダスのデータとの倍率を求めゲインの算出を行った。各地点での算出結果を表3に示す。ゲインの値は、建物や木などの障害物が多い地点が小さく障害物が少ない地点では大きくなっており、障害物が少ない観測地点Aが最もアメダスのデータに近いことになる。

なお、ゲインを算出する際には、実測値が0m/sに近い場合など特異なデータは削除している。

表3 実測値とアメダスとの差およびゲイン

観測地	風速の差(m/s)	ゲインG
観測地点A (屋上)	1.1	0.667
観測地点B (空き地)	1.7	0.528
観測地点C (民家の庭)	2.6	0.303
観測地点D (駐車場)	3.8	0.186

つぎに、算出したゲインGを用いることによって、該地点における推定すべき風速Vは以下の(1)式で求められる。

$$V = G \times V_a \dots (1)$$

ここで、 V_a はアメダスによる風速である。

4.2 各候補地における風速の推定

算出したゲインを基に(1)式を用いて風速の推定を行う。まず、気象庁のサイトからダウンロードした八戸市における月毎の平均風速を表4に示す。これらのデータから、冬期間は風力発電機の採算が取れるといわれる6m/sを超える風が吹いていることが分かる。ここで、2007年に測定場所の移転が行われたため2008年以降のデータのみ利用している。

つぎに、八戸市の過去4年間の月別平均風速と算出したゲインを用いて各地点における風速を推定した結果を表5および図8に示す。表より、観測地点Dの風速はほとんど0m/sに近い値となっており、あまり期待が持てないことが分かる。

表4 八戸市における月毎の平均風速
(2008年～2011年)

月	2008	2009	2010	2011	平均
1月	5.6	5.5	6.4	6.6	6.0
2月	6.0	6.0	5.1	5.4	5.6
3月	4.9	6.3	5.9	5.9	5.8
4月	4.8	5.8	5.5	6.3	5.6
5月	5.2	4.7	4.3	5.3	4.9
6月	3.3	3.7	2.7	3.6	3.3
7月	2.8	3.7	3.5	3.4	3.4
8月	3.5	3.3	3.4	3.4	3.4
9月	3.8	3.8	4.0	3.7	3.8
10月	4.2	5.0	4.0	5.0	4.6
11月	5.4	4.7	5.4	5.3	5.2
12月	5.7	5.6	6.7	6.1	6.0
平均	4.6	4.8	4.7	5.0	4.8

表5 各地点における推定風速

月	八戸の平均風速	観測地点A (屋上)	観測地点B (空き地)	観測地点C (民家の庭)	観測地点D (駐車場)
1	6.0	4.0	3.2	1.8	1.1
2	5.6	3.7	3.0	1.7	1.0
3	5.8	3.9	3.1	1.8	1.1
4	5.6	3.7	3.0	1.7	1.0
5	4.9	3.3	2.6	1.5	0.9
6	3.3	2.2	1.7	1.0	0.6
7	3.4	2.3	1.8	1.0	0.6
8	3.4	2.3	1.8	1.0	0.6
9	3.8	2.5	2.0	1.2	0.7
10	4.6	3.1	2.4	1.4	0.9
11	5.2	3.5	2.7	1.6	1.0
12	6.0	4.0	3.2	1.8	1.1
平均	4.8	3.2	2.5	1.5	0.9

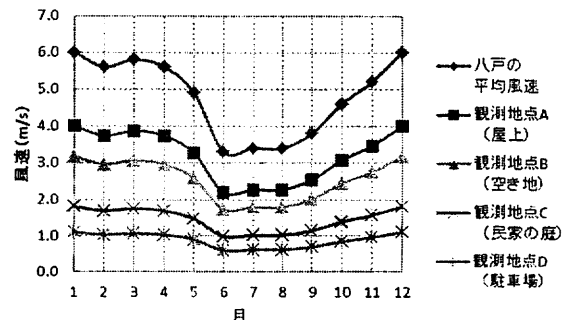


図8 各地点における推定風速

4.3 発電量の算出

小型風力発電機の発電量の算出には、図9に示す性能を持った定格出力 1,000W の風力発電機を対象とする。この風力発電機は、風速 2m/s で発電を開始し、図9の出力曲線に従って発電するものとする。

図9の出力曲線を用いて1日当たりの発電量を推定した結果を表6および図10に示す。図より、観測地点Cおよび観測地点Dは、風速が起動風速（カットイン風速）の2m/sを下回っていることもあり、ほとんど発電できておらず、風力発電機の設置個所には適していないことが分かる。また、観測地点Bも夏季間の発電量は非常に少ない。このことから、比較的風力発電に適した地点は観測地点Aであることが分かる。また、1日当たりの発電量は最大で1,800Whほどであり、100Wの照明を18時間利用できる程度という事になる。

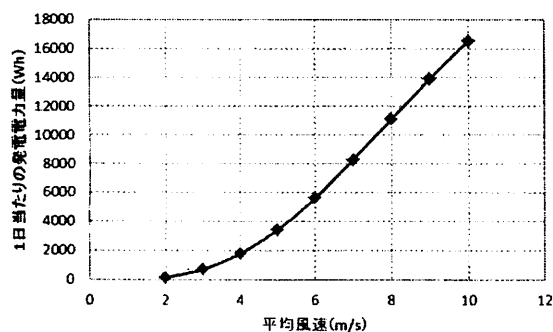


図9 主な小型風車における風速と発電量

表6 各月毎の1日当たりの推定発電量 (Wh)

月	観測地点A (屋上)	観測地点B (空き地)	観測地点C (民家の庭)	観測地点D (駐車場)
1	1810.3	861.3	82.9	0.0
2	1464.6	681.0	51.7	0.0
3	1632.4	768.2	66.6	0.0
4	1464.6	681.0	51.7	0.0
5	955.1	420.7	9.7	0.0
6	219.0	62.8	0.0	0.0
7	249.0	76.6	0.0	0.0
8	249.0	76.6	0.0	0.0
9	389.2	142.3	0.0	0.0
10	773.2	329.6	0.0	0.0
11	1158.8	523.9	25.8	0.0
12	1810.3	861.3	82.9	0.0
平均	1014.6	457.1	30.9	0.0
合計	12175.3	5485.4	371.3	0.0

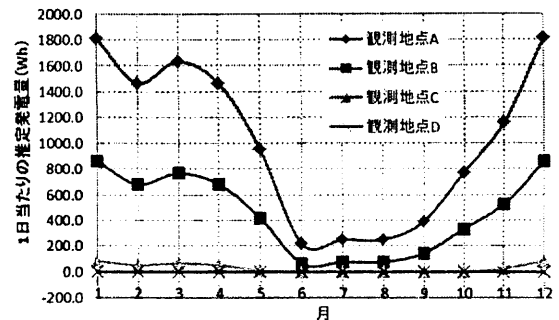


図10 各月毎の1日当たりの推定発電量

5. まとめ

小型風力発電機普及の一助となるように、八戸市の市街地等の風車設置候補地における風速を測定しておおよその発電量を推定する方法を提案した。この方法によって、ポータブル風速計などで風速を簡易的に測定するだけで、おおよその発電量を推定することができると思われる。今後の課題としては、実機を用いた本方法の検証、測定箇所を増やすことによる八戸市のゲインマップを作成などが挙げられる。

参考文献

- (1) 小玉:「Webを利用した風況データベースの構築と風速の時系列予測」, 八戸工業大学異分野融合科学研究所紀要, 第9巻, pp.33-36, (2011-3)
- (2) 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
<http://app8.infoc.nedo.go.jp/nedo/index.html>
- (3) 気象庁
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- (4) 小玉, 松坂:「風況データ収集システムの開発と風力発電の出力変動解析への応用」, 計測自動制御学会東北支部 第229回研究集会, 資料番号 229-5, (2006-6)
- (5) 松坂, 星:「風況の時系列予測に関する研究」, 計測自動制御学会東北支部 第222回研究集会, 資料番号 222-11, (2005-6)
- (6) Akio Kimura, Tomoyuki Matsuzaka, Yukio

Kagawa, "FIR-type and IIR-type neural networks, and these applications to shape optimization of a magnetic pole" Inverse Problems in Science and Engineering, Vol.13, No.6, pp.617-634, (2005)

- (7) 小玉, 松坂:「系統連系時の出力変動抑制のための風況解析」, 平成 17 年度情報処理学会東北支部研究会, (2005-1)
- (8) 星, 小玉, 松坂: 風力発電の出力変動予測のための風速の同時観測, 電気関係学会東北支部連合大会講演論文集, p221, 2002 年 8 月
- (9) 谷川: LOCALSTM による風況シミュレーションモデルの開発と風況評価, ながれ 22, p405-415, 2003 年
- (10) 松坂, 小玉, 星:「青森県・津軽海峡における風力エネルギーの賦損量推定に関する研究」, 八戸工業大学異分野融合化学研究所紀要, 第 2 巻, (2004-3)
- (11) 函館海上保安部
<http://www.kaiho.mlit.go.jp/01kanku/hakodate/>