

北東北における風力発電出力平滑化のための風況解析

小 玉 成 人*・松 坂 知 行**

Wind Condition Analysis for Wind Power Stabilization in Northern Part of Japan

Naruhito KODAMA* and Tomoyuki MATSUZAKA**

Abstract

This paper presents wind condition analysis for wind power stabilization in northern part of JAPAN. With the increase of wind power integration to power grid, the wind power generation is having an influence on power system operation. In order to reduce the influence, the authors could analyze the wind condition of northern part of Japan with data observed at lighthouses located at The Sea of Japan, The Pacific Ocean and Tugaru Channel.

Keywords: wind condition analysis, wind power generation, power grid

1. ま え が き

風力発電は、再生可能エネルギーの中で最も実用化が進んでおり、世界の風力発電設備容量は2003年3,100万kW、2004年3,900万kW、2005年4,800万kWと年々増加してきている。さらに、2005年現在デンマークでは全電力の21%を風力発電で賄っており、2005年から世界2位の設備容量を記録したスペインでも6.5%が風力発電によるものである。

日本においても、電力会社へ風力発電による電力の買取義務を課したことや国が建設費の数十%を補助すること、技術面での進歩などのため風力発電の普及が進んでおり、大規模なウィンドファームが多数建設されている。このため、2000年には6万8千kWだった風力発電設備容量が2005年にはおよそ100万kWと15倍近い伸びを示している。日本における風力発電所は、風況の良好な津軽海峡を中心とした北海

道、北東北地方に集中しており、風力発電設備容量は日本の設備容量の1/2以上になる。

しかしながら、風力発電による出力は自然風を入力としているため変動し、系統へ連系した場合には電圧変動や周波数変動などの悪影響を及ぼす恐れがある。特に、北東北地方に風力発電所が偏っているため、全ての風力発電所で同時に変動する場合には、系統に大きな影響を与える可能性がある。逆に、それぞれの発電所での変動に相関が見られなければ発電所の変動同士で打ち消し合い、系統全体での出力変動は平滑化されることになる。

そこで、本稿では、北東北における発電所出力が相互に関係する状態にあるかを風況データから評価し、風力発電機出力が系統へ及ぼす影響について考察する。

2. 風況データの収集

まず、出力変動の影響を評価するためには風況データが必要である。しかし、改めて風況データを測定するには多大な時間と費用が必要にな

平成17年12月16日

* システム情報工学科・講師

** システム情報工学科・教授

る。そこで、本稿では、常時風速や風向などの気象データを観測している灯台のデータを利用することにした。灯台の設置場所や風速計の高さなどにより、風向によっては正しい風速が計測できない可能性もあるが大まかな風況の評価を行う場合には費用と時間の観点から、このデータを利用することが効果的である。

データの収集には Web を利用し、日本海洋情報センター(JODC)の「海洋データ・情報の閲覧・提供サービス (J-DOSS: JODC Data Online Service System)」よりダウンロードした。風況データを収集した灯台の位置を図 1 に示す。収集したデータは、2004 年 1 月～2004 年 12 月までの風速、風向、気圧などであり、風速は整数、風向は 16 方位で表されている。これらのデータは毎時 25 分と 55 分で記録されているため、風況解析を行う前に、ラグランジュの補間法により毎正時のデータへ変換した。また、欠損データも同様の補間法により修正した。

3. 津軽海峡と日本海・太平洋沿いの風況

図 2,3 は図 1 の津軽海峡周辺および日本海・太平洋沿いの灯台の月別平均風速である。大まかに見るとどの地域でも夏季は風速が低く、冬季は風速が高い似たような傾向を示しており、それぞれの灯台で相関があることが推測される。また、表 1 は 1 月から 12 月までの各灯台の月別平均風速および年間平均風速である。NEDO の風況精査マニュアルによると地上高 10 m で年間平均風速 5 m/s 以上、30 m で 6 m/s 以上必要とされている。灯台の風速計の地上高は 10 m ~ 30 m 程度であるので鱸作埼、久慈牛島以外の灯台では 5 m/s を超えており、風力発電所の建設場所として適していると言える。特に、風速の高い尻屋崎、竜飛崎、入道崎などでは既に大規模な風力発電所が建設されている。

表2に年間の各灯台における風速の相関係数, 表3, 4にはそれぞれ冬季(1月), 夏季(8月)の相関係数を示す。表より, 全体的に冬季は相

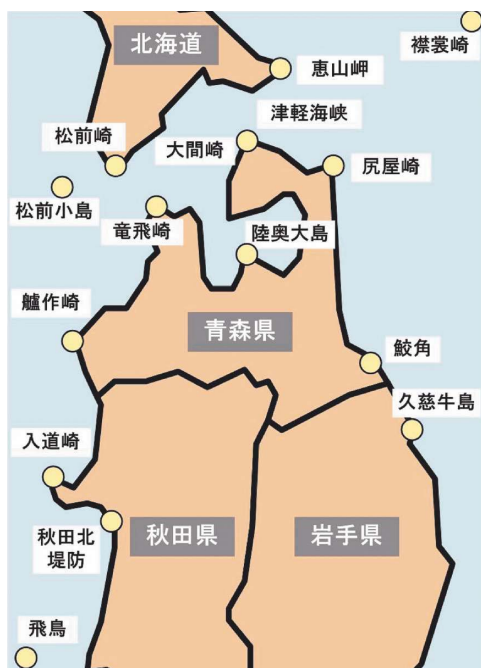


図1 風況データを採取した灯台

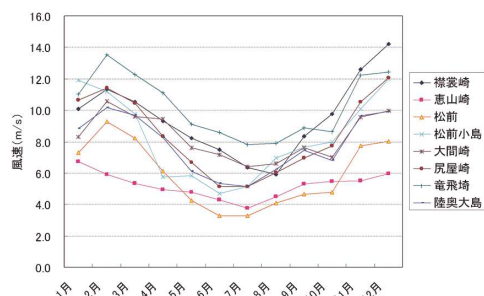


図2 津軽海峡の灯台の月別平均風速

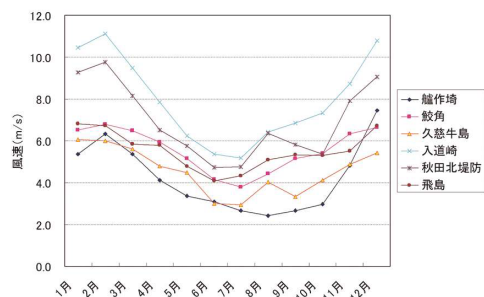


図3 日本海・太平洋沿いの灯台の月別平均風速

北東北における風力発電出力平滑化のための風況解析（小玉・松坂）

表 1 各灯台の月別平均風速

	襟裳岬	恵山崎	松前	松前小島	大間崎	尻屋崎	竜飛埼	陸奥大島	鱸作埼	鯨角	久慈牛島	入道崎	秋田北堤防	飛島
1 月	10.07	6.71	7.31	11.93	8.32	10.64	11.03	8.85	5.35	6.51	6.06	10.41	9.27	6.81
2 月	11.32	5.92	9.28	11.18	10.58	11.43	13.53	10.16	6.33	6.79	6.00	11.12	9.75	6.72
3 月	10.55	5.35	8.21	9.75	9.61	10.46	12.28	9.69	5.37	6.47	5.59	9.49	8.14	5.84
4 月	9.30	4.93	6.13	5.77	9.45	8.33	11.09	8.25	4.12	5.93	4.78	7.85	6.51	5.79
5 月	8.22	4.77	4.25	5.82	7.61	6.70	9.11	6.13	3.38	5.16	4.50	6.25	5.76	4.78
6 月	7.49	4.31	3.30	4.69	7.18	5.15	8.58	5.34	3.09	4.16	2.99	5.36	4.73	4.09
7 月	6.34	3.76	3.30	5.14	6.39	5.15	7.84	5.14	2.67	3.80	2.93	5.17	4.75	5.32
8 月	5.92	4.51	4.08	6.95	6.61	6.05	7.89	6.24	2.42	4.42	4.02	6.43	6.35	5.09
9 月	8.35	5.30	4.67	7.64	7.63	6.96	8.87	7.44	2.67	5.16	3.33	6.85	5.82	5.35
10 月	9.76	5.46	4.76	7.98	6.99	7.75	8.62	6.81	2.97	5.41	4.11	7.32	5.35	5.30
11 月	12.61	5.51	7.74	10.07	9.58	10.55	12.22	9.65	4.83	6.33	4.86	8.72	7.89	5.52
12 月	14.23	5.96	8.01	11.98	9.95	12.07	12.43	9.92	7.44	6.64	5.41	10.79	9.05	6.72
平均	9.50	5.21	5.91	8.27	8.31	8.43	10.27	7.79	4.21	5.56	4.58	7.97	6.94	5.52

表 2 各灯台の風速の相関（年間）

	襟裳岬	恵山崎	松前	松前小島	大間崎	尻屋崎	竜飛埼	陸奥大島	鱸作埼	鯨角	久慈牛島	入道崎	秋田北堤防
恵 山 崎	0.336												
松 前	0.554	0.297											
松前小島	0.484	0.495	0.609										
大 間 崎	0.590	0.352	0.736	0.487									
尻 屋 崎	0.638	0.519	0.652	0.698	0.648								
竜 飛 埼	0.547	0.304	0.836	0.530	0.786	0.611							
陸奥大島	0.593	0.350	0.740	0.612	0.752	0.712	0.745						
鱸 作 埼	0.394	0.240	0.614	0.447	0.467	0.479	0.617	0.461					
鯨 角	0.498	0.432	0.549	0.531	0.578	0.646	0.555	0.625	0.404				
久慈牛島	0.401	0.404	0.443	0.485	0.436	0.573	0.419	0.503	0.319	0.620			
入 道 崎	0.434	0.353	0.645	0.588	0.514	0.553	0.633	0.560	0.700	0.498	0.416		
秋田北堤防	0.387	0.338	0.606	0.561	0.464	0.539	0.558	0.506	0.636	0.486	0.431	0.773	
飛 島	0.246	0.358	0.414	0.467	0.325	0.379	0.394	0.351	0.408	0.348	0.328	0.641	0.641

表 3 各灯台の風速の相関（1 月）

	襟裳岬	恵山崎	松前	松前小島	大間崎	尻屋崎	竜飛埼	陸奥大島	鱸作埼	鯨角	久慈牛島	入道崎	秋田北堤防
恵 山 崎	0.399												
松 前	0.430	0.265											
松前小島	0.371	0.600	0.594										
大 間 崎	0.557	0.491	0.711	0.611									
尻 屋 崎	0.581	0.644	0.604	0.733	0.759								
竜 飛 埼	0.456	0.280	0.856	0.640	0.765	0.657							
陸奥大島	0.445	0.295	0.752	0.636	0.770	0.658	0.832						
鱸 作 埼	0.238	0.169	0.687	0.553	0.485	0.426	0.690	0.599					
鯨 角	0.418	0.460	0.513	0.645	0.630	0.693	0.597	0.642	0.445				
久慈牛島	0.409	0.521	0.457	0.575	0.525	0.655	0.504	0.522	0.383	0.673			
入 道 崎	0.349	0.371	0.677	0.666	0.574	0.573	0.707	0.625	0.758	0.567	0.510		
秋田北堤防	0.343	0.343	0.692	0.632	0.586	0.564	0.710	0.641	0.735	0.530	0.476	0.833	
飛 島	0.326	0.387	0.498	0.553	0.421	0.473	0.473	0.426	0.481	0.366	0.378	0.636	0.617

表4 各灯台の風速の相関(8月)

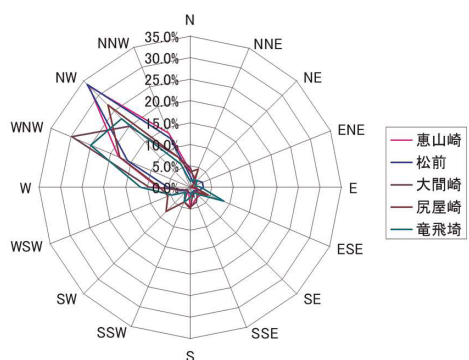
	襟裳岬	恵山崎	松前	松前小島	大間崎	尻屋崎	竜飛崎	陸奥大島	鱧作崎	鮫角	久慈牛島	入道崎	秋田北堤防
恵山崎	0.293												
松前	0.403	0.511											
松前小島	0.398	0.603	0.608										
大間崎	0.466	0.497	0.740	0.515									
尻屋崎	0.460	0.675	0.587	0.684	0.601								
竜飛崎	0.346	0.455	0.812	0.447	0.719	0.528							
陸奥大島	0.385	0.476	0.688	0.572	0.696	0.645	0.713						
鱧作崎	0.374	0.381	0.540	0.400	0.439	0.344	0.470	0.340					
鮫角	0.408	0.489	0.509	0.530	0.488	0.622	0.471	0.521	0.385				
久慈牛島	0.265	0.617	0.551	0.625	0.452	0.734	0.491	0.590	0.366	0.673			
入道崎	0.422	0.521	0.556	0.647	0.468	0.577	0.481	0.484	0.627	0.520	0.576		
秋田北堤防	0.367	0.543	0.508	0.684	0.459	0.588	0.369	0.448	0.475	0.497	0.644	0.749	
飛島	0.255	0.475	0.443	0.670	0.364	0.530	0.308	0.424	0.318	0.395	0.650	0.660	0.741

関係数が高めで、夏季は低めの値を示していることが分かる。また、津軽海峡の各灯台間の相関係数は高く、日本海側と太平洋側の相関はあまり無いことが分かる。つぎに、1月および8月の津軽海峡および日本海・太平洋沿いの風向の出現率を図4,5に示す。図4,5から分かるように、冬季は風向が一定に定まっており、津軽海峡周辺および日本海・太平洋側ともに主風向は北西である。夏季は、全体的に東よりの風になり、主風向が北西から東に変わる春、東から北西に変わる秋は風向が定まりづらい傾向にある。

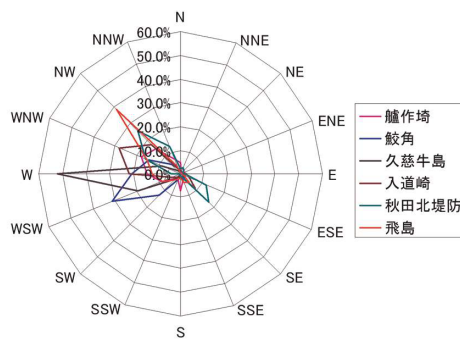
3. 出力変動平滑化のための風況解析

津軽海峡の相関および風向を見てみると松前崎→大間崎、松前崎→竜飛崎、竜飛崎→大間崎間の相関はかなり高く、風向も乱れが少ない。このことから、これらの地域に大型の風力発電所が建設されれば、系統に影響を及ぼす可能性がある。このため、系統の強化やバッテリー、可変速運転などによる風力発電機の出力変動そのものを押さえる方策が必要となってくると思われる。

図6に1月における各灯台の主風向の様子を図示する。図から、ほとんどの灯台で主風向は北西～西南西を示しており、津軽海峡の灯台間と日本海・太平洋沿いの灯台間で相関があると

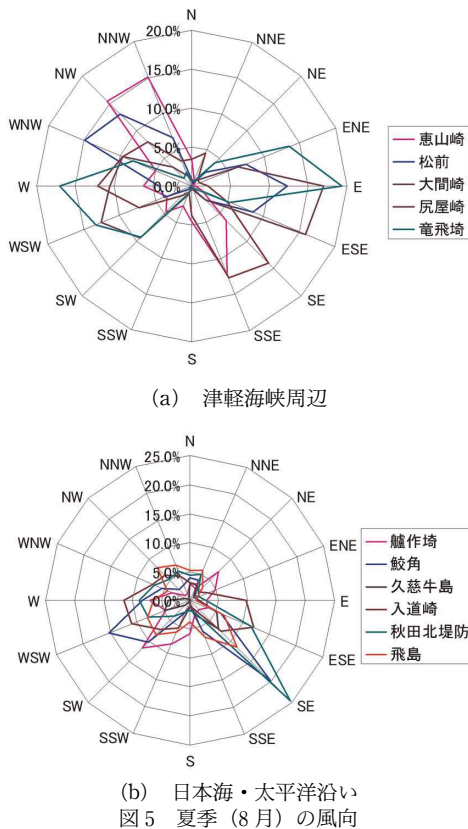


(a) 津軽海峡周辺



(b) 日本海・太平洋沿い
図4 冬季(1月)の風向

推定できる。しかし、実際には津軽海峡の灯台間での相関は高いが、日本海側の鱧作崎、入道崎などと太平洋沿いの鮫角、久慈牛島灯台間の

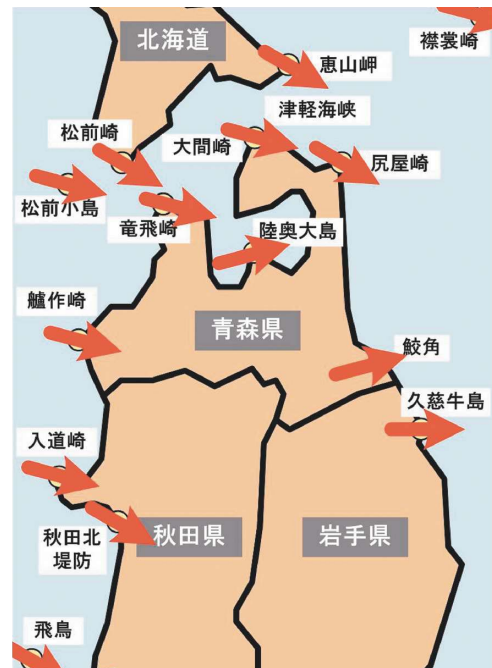


相関係数は低くなっている。これは日本海側から太平洋側に抜けるまでに時間がかかることと間にある奥羽山脈を越えるときに風速が乱されるためではないかと思われる。

また、津軽海峡、日本海側、太平洋側それぞれの地域での相関は高いが、各地域間（津軽海峡→日本海側、津軽海峡→太平洋側）での相関は低く、系統へ連結された場合は風力発電機の出力量変動が平滑化され、系統への影響は少ないと思われる。

4. ま と め

以上、北東北の風況を解析し風力発電による出力変動が系統へ与える影響について述べた。この結果、北東北の沿岸の風速は概ね 6 m/s を超えており、良好な風況を持っていることが分



かった。また、風向は冬季が北西から夏季は東から吹くことが示された。各灯台の相関については、それぞれの地域での相関は高く、これだけでは系統へ影響を与える恐れがあるが、各地域間では、相関が低くなっており、全体として出力変動をキャンセルしあうのではないかとと思われる。

参 考 文 献

- 1) 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存量推定に関する研究, 八戸工業大学異分野融合科学研究所紀要, p. 57-63, 第2巻, 2004年2月
- 2) 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, p. 221, 2002年8月
- 3) 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, p. 405-415, 2003年
- 4) 日本海洋データセンター (JODC) ホームページ, http://www.jodc.go.jp/index_j.html