

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：若手研究（A）  
研究期間：2007～2009  
課題番号：19686052  
研究課題名（和文）洋上風力発電に関わる気象研究拠点としての風況モニタリングステーションの開設  
研究課題名（英文）Establishment of an offshore wind monitoring station for investigating meteorological aspects of offshore wind power generation  
研究代表者  
大澤 輝夫（TERUO OHSAWA）  
神戸大学・大学院海事科学研究科・准教授  
研究者番号：80324084

研究成果の概要（和文）：本研究は、京都大学防災研究所が所有する白浜海洋観測鉄塔を風況モニタリングステーションとして利用することにより、今後日本沿岸海域において洋上風力発電を推進していく上で必要不可欠な、1) 日本特有の海上風況特性の把握、2) 数値シミュレーションによる海上風速推定精度の検証、3) 人工衛星搭載合成開口レーダーによる海上風速推定精度の検証、及び4) 海上風況予測システムの確立、を目的として行われた。結果として、日本特有の海洋風況及びその推定精度に関していくつかの有意義な成果が得られた。

研究成果の概要（英文）：This research was conducted in the aim of 1) understanding of offshore wind characteristics peculiar to Japanese coastal waters, 2) evaluating the accuracy of the winds simulated with a mesoscale model, 3) evaluating the accuracy of the winds estimated from satellite-borne synthetic aperture radar, and 4) developing an offshore wind forecasting system, all of which are necessary for promoting offshore wind power generation in Japan, by utilizing the offshore platform of the Shirahama Oceanographic Observatory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University as an offshore wind monitoring station. Many significant results regarding offshore wind characteristics in Japanese coastal waters and the accuracy of the wind speed estimations were obtained through this research.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|         | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|---------|------------|-----------|------------|
| 2007 年度 | 14,600,000 | 4,380,000 | 18,980,000 |
| 2008 年度 | 3,700,000  | 1,110,000 | 4,810,000  |
| 2009 年度 | 1,900,000  | 570,000   | 2,470,000  |
| 年度      |            |           |            |
| 年度      |            |           |            |
| 総計      | 20,200,000 | 6,060,000 | 26,260,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：洋上風力発電、海上風、風況、メソ気象モデル、MM5、合成開口レーダー、海洋鉄塔

## 1. 研究開始当初の背景

我が国では、浮体式洋上風力発電の研究開発が船舶海洋関係の研究機関・企業を中心にして始まっている一方で、洋上風力資源自体に関する研究は非常に立ち遅れている。風況に関する情報は、風車設置海域の選定、風車や基礎の設計及び施工、施設の維持・管理、発電量の予測等、洋上風力発電のライフサイクルのあらゆる局面において必要不可欠な情報である。特に発電量（風力エネルギー）は風速の3乗に比例するため、高い風況推定精度が要求される。また比較的地形が単純な欧州沿岸と比べて日射の強い低緯度に位置し山がちな陸上地形を有する日本沿岸では、風況が非常に複雑になる。それ故、今後の洋上風力発電の推進のためには日本沿岸特有の海上風況に関するデータ収集が必須となるが、現在我が国は包括的な海上観測サイトが無いのが現状である。本研究計画が、海上風況観測拠点開設の必要性を強調する理由がここにある。

## 2. 研究の目的

本研究は、京都大学防災研究所白浜海象観測所が所有する海洋鉄塔を風況モニタリングステーションとして開設することにより、今後日本沿岸で洋上風力発電を推進していく上で必要不可欠な日本沿岸域での風況特性の理解及び、数値シミュレーション・人工衛星リモートセンシングによる海上風速推定の検証を行うことを目的とする。

## 3. 研究の方法

図-1 に本研究課題の研究概要を示す白浜海洋観測鉄塔での海上風観測を実施するとともに、メソ気象モデルによる数値シミュレーション、合成開口レーダー画像の解析を行



図-1 研究概要

った。具体的な研究課題は下記の通りである。

- 1) 日本沿岸海域（白浜）における海上風況特性の解析
- 2) メソ気象モデルによる数値シミュレーションの海上風推定精度の検証
- 3) 衛星搭載合成開口レーダーによる海上風推定精度の検証
- 4) リアルタイム海上風況予測システムの構築及び運用

本研究で利用した京都大学防災研究所白浜海象観測所が所有する海洋観測鉄塔塔を図-2 に示す。鉄塔は西に開いた田辺湾の湾口に位置し、最も近い海岸線からは2kmの距離にある。北西から東周りに南までの風向時には陸上地形の力学的影響を大きく受け、暖候期には熱的な局地循環が卓越する。それ故、白浜海洋観測鉄塔の立地は日本の沿岸海域に典型的な気象条件を兼ね備えており、数値シミュレーションや衛星観測の検証サイトとしては申し分ない。

## 4. 研究成果

得られた主な成果は下記の通りである。

### 1) 日本特有な海上風況特性の把握

白浜海洋観測鉄塔でのプロペラ風向風速計及び超音波風向風速計の観測値を用いて、白浜における風速の年々変動や季節変動、乱流特性、大気安定度依存性、海陸風循環等の風況特性に関する解析を行った。その結果、年間を通じて風速風向に顕著な日変化が存在すること、陸風循環はほとんど風力エネルギーに寄与しないこと（図-1）、海上風速及び風力エネルギーが極めて敏感に大気安定度に依存すること等が明らかになった。

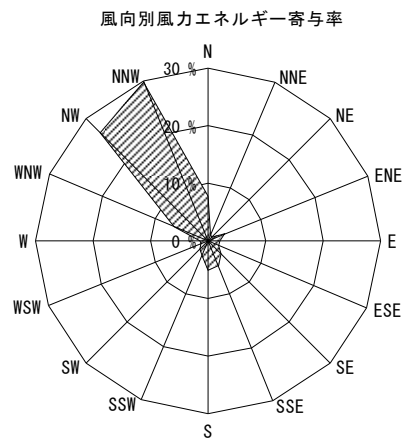


図-2 風向別平均風力エネルギー密度寄与率

鉛直プロファイルの解析のために行ったドップラーソーダ観測については、観測開始当初から様々な問題が多発し、現時点までに有意な解析結果を得ることはできなかった。

### 2) メソ気象モデルの風速推定精度検証

メソ気象モデル MM5 及び WRF を用いた年間風況シミュレーションを行い、その精度を調べた。その結果、RMS 誤差は 2m/s 台前半 (平均風速比 40% 台前半)、バイアスは平均風速比で +10% を超えることがわかった (図-3)。この精度及び傾向は、MM5 の後継モデルの WRF でもほとんど変わらないことも明らかになった。風速過大評価の要因としては、局地循環の再現性が悪いこと、陸風時に過大評価傾向が強まること、そして下面境界として用いた海面温度が海岸線付近で過大評価になっていること、等が考えられた。しかしこれらの問題に対して改善を図っても、メソ気象モデルから得られる風速は大気境界層下部で依然として高風速になることから、大気境界層スキームに何らかの問題があるものと考えられる。

### 3) 合成開口レーダーの風速推定精度検証

3つの人工衛星 ERS、ENVISAT、ALOS に搭載された合成開口レーダー (SAR) 画像を処理し、モデル関数 CMOD に観測値及びメソ気象モデルから得られた風向情報を入力することにより、白浜海域における海上風速推定精度を検証した。鉄塔観測値との比較により、推定精度は RMS 誤差で 2m/s 程度であり、バイアスは負の値となる傾向があった (図-4)。また、観測風向を用いた場合とメソ気象モデルからの推定風向を用いた場合とで推定される風速に差が見られないことから、メソ気象モデルと合成開口レーダー画像を組み合わせることで面的な風速推定が可能となる

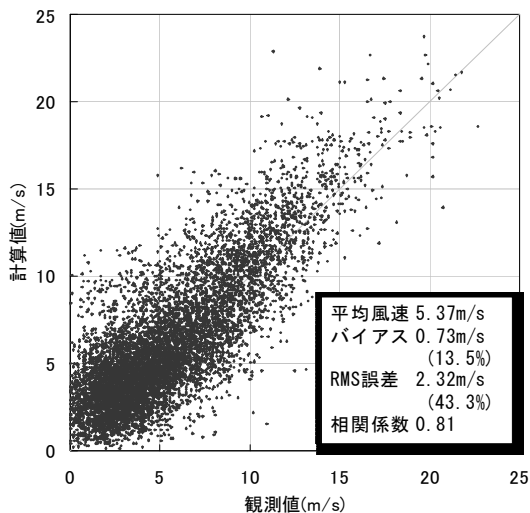


図-3 MM5 の風速誤差検証

### d) CMOD5, Shirahama

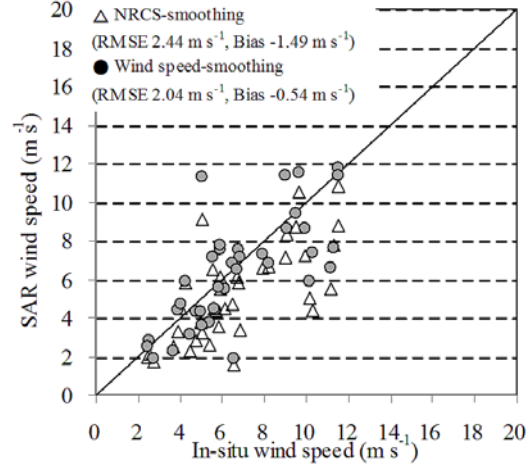


図-4 Envisat/ASAR の風速推定精度

ことが明らかになった。さらに、ワイブル統計によって年間平均風速を誤差 10% で推定するには 70 枚以上の SAR 画像が必要であることも明らかになった。

### 4) 風況予測システムの開発

沿岸海域でのリアルタイムの海上風況予測を目的として、メソ気象モデル MM5 を核とした局地気象予測システム KWFS を構築し、運用を行った (図-5)。これにより、白浜海洋観測鉄塔を含む瀬戸内海東部海域の 2 日先までの海上風予測値を 1.5km 解像度で 1 時間毎に定常的に得ることが可能になった。白浜海洋観測鉄塔でのデータを用いた予測精度検証では、RMS 誤差は初期時刻直後で平均風速の 40% 台前半、48 時間先で 55% 程度の誤差を含むことが明らかになった。バイアスは常

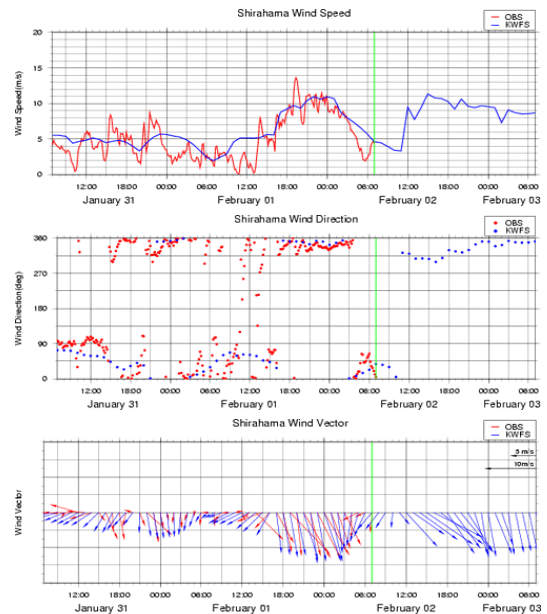


図-5 KWFS の予測結果一例

に正の値となり、2)の年間計算と同様に、この風速過大評価傾向を改善することが今後の課題として残った。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 大澤輝夫, 竹本真大, 2009: リアルタイム沿岸海上風予測システムの開発と検証, 日本航海学会論文集, 査読有, 第 120 号, pp. 131-136.
- ② Ohsawa, T., M. Tanaka, S. Shimada, N. Tsubouchi, K. Kozai, 2009: Assessment of offshore wind resources within Japan's EEZ using QuikSCAT data, Journal of the Environmental Sciences, 査読有, Vol. 18, No. 8, pp. 841-845.
- ③ 大澤輝夫, 壺内伸樹, 嶋田進, 香西克俊, 2009: 日本周辺海域の洋上風況マップに関する研究, 風力エネルギー, 査読有, Vol. 33, No. 2, pp. 92-97.
- ④ Kozai, K., T. Ohsawa, R. Takahashi, Y. Takeyama, 2009: Estimation method for offshore wind energy using synthetic aperture radar and Weibull parameters, Proceedings of the Nineteenth (2009) International Offshore and Polar Engineering Conference, 査読有, pp. 419-423.
- ⑤ Shimada, S., T. Ohsawa, S. Serizawa, I. Yoneda, 2009: Characteristics of offshore winds at Shirahama Oceanographic Observatory, Proceedings of the Nineteenth (2009) International Offshore and Polar Engineering Conference, 査読有, pp. 424-428.
- ⑥ 大澤輝夫, 塩谷茂明, 2009: メソ気象モデルを用いた沿岸海上風シミュレーションに関する研究報告, NAVIGATION, 査読無, 第 172 号, pp. 17-22.

[学会発表] (計 19 件)

- ① 嶋田進, 大澤輝夫, 武藤裕則, 鈴木崇之, 久保輝広, 2009: 白浜海象観測所におけるメソ気象モデルWRFの海上風計算精度, 第 31 回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集, 査読無, pp. 153-156.
- ② 竹本真大, 大澤輝夫, 壺内伸樹, 2009: 世界における洋上ウィンドファームの現状分析, 第 31 回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集, 査読無, pp. 197-200.

- ③ Takeyama, Y., T. Ohsawa, K. Kozai, C. B. Hasager, M. Badger, 2009: Error factors in SAR wind retrieval for inshore areas, Proceedings of European Offshore Wind 2009 Conference & Exhibition, アブストラクト査読有, Stockholm, Sweden, 14-16 Sep 2009, PO.136, 10p.
- ④ Kozai, K., T. Ohsawa, S. Shimada, Y. Takeyama, C. B. Hasager, M. Badger, 2009: Comparison of Envisat/ASAR-estimated offshore wind resource maps around Shirahama with those from mesoscale models MM5 and WRF, Proceedings of European Offshore Wind 2009 Conference & Exhibition, アブストラクト査読有, Stockholm, Sweden, 14-16 Sep 2009, PO.131, 7p.
- ⑤ Shimada, S., T. Ohsawa, 2009: Investigation of causes of inaccurate wind speeds in WRF simulation for an offshore site in Japan, Proceedings of European Offshore Wind 2009 Conference & Exhibition, アブストラクト査読有, Stockholm, Sweden, 14-16 Sep 2009, PO.137, 9p.
- ⑥ Ohsawa, T., Shimada, S., J. Tambke, B. Lange, 2009: A study on effective usage of mesoscale model for accurate offshore wind simulation, Proceedings of European Offshore Wind 2009 Conference & Exhibition, アブストラクト査読有, Stockholm, Sweden, 14-16 Sep 2009, PO.142, 10p.
- ⑦ Ohsawa, T., M. Tanaka, S. Shimada, N. Tsubouchi, K. Kozai, 2009: Assessment of offshore wind resources within Japan's EEZ using QuikSCAT data, Proceedings of World Wind Energy Conference 2009, アブストラクト査読有, Jeju Island, South Korea, 23-25 Jun 2009, S25, pp. 7-12.
- ⑧ Shimada, S., T. Ohsawa, K. Yatsu, 2009: A study on the ability of mesoscale model MM5 for offshore wind resource assessment in Japanese coastal waters, Proceedings of European Wind Energy Conference & Exhibition 2009, アブストラクト査読有, 16-19 Mar 2009, Marseille, France, PO. 62, 7p.
- ⑨ Ohsawa, T., S. Shimada, N. Tsubouchi, K. Kozai, 2009: Offshore wind resource assessment in Japanese coastal waters, Proceedings of European Wind Energy Conference & Exhibition 2009, アブストラクト査読有, 16-19 Mar 2009, Marseille, France, PO. 65, 10p.

- ⑩ 谷津健, 嶋田進, 大澤輝夫, 芹澤重厚, 米田格, 2009: メソ気象モデルによる海上風計算精度向上に関する検討, 海洋気象学会・日本気象学会関西支部近畿地区 2008年度例会要旨集, 査読無, pp. 39-42.
- ⑪ 香西克俊, 大澤輝夫, 高橋倫也, 2008: 合成開口レーダー及びワイブル分布統計解析による洋上風力エネルギー推定方法の検討, 日本リモートセンシング学会第45回学術講演論文集, 査読無, pp. 21-22.
- ⑫ 嶋田進, 大澤輝夫, 芹澤重厚, 米田格, 2008: 白浜海象観測所における洋上風況特性について, 第30回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集, 査読無, pp. 233-236.
- ⑬ 竹山優子, 大澤輝夫, 香西克俊, 2008: ENVISAT/ASARによる平塚沿岸域の海上風推定, 第30回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集, 査読無, pp. 229-232.
- ⑭ 大澤輝夫, 壺内伸樹, 嶋田進, 香西克俊, 2008: 日本周辺海域の洋上風況マップに関する研究, 第30回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集, 査読無, pp. 225-228.
- ⑮ 香西克俊, 大澤輝夫, 2008: 複数Cバンド合成開口レーダーによる海上風速推定精度に関する研究, 日本リモートセンシング学会第44回学術講演論文集, 査読無, pp. 67-68.
- ⑯ Kozai, K., T. Ohsawa, 2007: Evaluation of offshore wind resource by using ENVISAT/ASAR and MM5, Proceedings of European Offshore Wind Conference & Exhibition 2007, アブストラクト査読有, 4-6 Dec 2007, Berlin, Germany, PO. 37, 8p.
- ⑰ Ohsawa, T., A. Kataoka, D. Heinemann, B. Lange, A. Peña, C. B. Hasager, 2007: Derivation and application of an empirical equation to estimate hub-height wind speed from sea surface wind speed, Proceedings of European Offshore Wind Conference & Exhibition 2007, アブストラクト査読有, 4-6 Dec 2007, Berlin, Germany, PO. 41, 8p.
- ⑱ Ohsawa, T., A. Hashimoto, S. Shimada, J. Yoshino, T. De Paus, D. Heinemann, B. Lange, 2007: Evaluation of offshore wind simulations with MM5 in the Japanese and Danish coastal waters, Proceedings of European Wind Energy Conference & Exhibition 2007, アブストラクト査読有, 7-10 May 2007, Milan, Italy, BL3.103, 9p.
- ⑲ 大澤輝夫, 香西克俊, 芹澤重厚, 林泰一, 飯坂崇, 2007: 白浜海象観測所における洋上風況観測について, 第29回風力エネルギー

ギー利用シンポジウム予稿集, 査読無, pp. 239-242.

[図書] (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://airsea.as.maritime.kobe-u.ac.jp/KWFS/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大澤 輝夫 (TERUO OHSAWA)

神戸大学大学院海事科学研究科

研究者番号: 80324084

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし