

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420865

研究課題名(和文) ブイ観測・数値計算ハイブリッド型洋上風況調査システムの研究開発

研究課題名(英文) Research and development of a buoy measurement/numerical simulation hybrid type system for offshore wind resource assessment

研究代表者

大澤 輝夫(Ohsawa, Teruo)

神戸大学・海事科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80324284

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、洋上において風車ハブ高度の風況を安価且つ安定して推定可能な「ブイ観測・数値計算ハイブリッド型洋上風況調査システム」を構築することを目的とし、その研究開発を行った。推定アルゴリズムは、ドイツ北海沿岸の気象マストFIN03の観測値及び茨城県波崎海洋研究施設棧橋上でのライダー観測値を用いて開発された。最終的に、ブイ運動を模した動揺シミュレータによる低高度風速観測値とメソスケールモデルWRFによって算出された鉛直風速プロファイルを用いた実海域実験を行うことにより、本システムによって100m高度風速を誤差15%以内の精度で推定できることを確認した。

研究成果の概要(英文)：This research was conducted in the aim of developing “a buoy measurement/numerical simulation hybrid type system for offshore wind resource assessment”, which can estimate offshore wind speed at a turbine-hub height inexpensively and stably. The algorithms for wind speed estimation were developed using anemometer measurements from German meteorological mast FIN03 in the North Sea and LIDAR measurements from the pier of the Hazaki Oceanographic Research Station, Ibaraki, Japan. It was eventually confirmed that the system can estimate 100m-height wind speed with an accuracy of 15%, from an offshore in-situ experiment using low-level wind speeds measured by a buoy-motion simulator and vertical wind speed profiles simulated with the mesoscale model WRF.

研究分野：気象工学

キーワード：風力発電 洋上風力発電 風況調査 風車 メソスケールモデル WRF 海上風

1. 研究開始当初の背景

洋上風力発電所の開発コストは陸上の 1.5 ~ 2 倍と言われており、開発規模が比較的大きいために事業リスクは必然的に高くなる。それ故、事業前の現場海域での風況調査、即ち現場の風況が巨額投資に見合うかどうかの検討が極めて重要になる。

陸上で 2, 3 百万円で可能な風況観測も、洋上で風況調査用の鉄塔を設置すればコストは億から十億円のオーダーになる。この鉄塔に代わる手法として、最近ドップラーライダー（光波によるドップラー効果を利用して上空の風速を計測する測器）を使うことが検討され始めている。ライダーは、鉄塔等の固定プラットフォーム上に設置すれば十分な精度が見込めることは実証済みであるが、浮体上に設置する場合には動揺に対する補正の問題があるために、実用化にはしばらく時間がかかると見られる。

従って、現時点において鉄塔の建設が不可能となる水深 50m 以上の海域では、風車ハブ高度（60m ~ 100m）の実風況を正確に把握する手法がないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、安価な気象海象観測ブイによる海上観測値と気象数値シミュレーションによる鉛直方向の風速情報を使って、風車高度の風況を推定する新しいタイプの洋上風況調査システム「ブイ観測・数値計算ハイブリッド型洋上風況調査システム」の開発を試みる。この安価で任意海域に適用可能な風況調査システムが導入できれば、洋上風力開発の促進と事業失敗リスクの軽減が期待できる。本研究で開発されるシステムの概要を図-1 に示す。

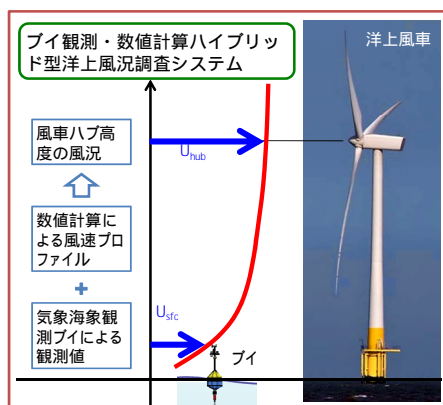


図-1 洋上風況調査システムの概要。

3. 研究の方法

本研究では「ブイ観測・数値計算ハイブリッド型洋上風況調査システム」を開発するため、以下の3つの要素研究を行った。

1) 風速鉛直プロファイル算出法の検討

海上表層の風は衛星搭載マイクロ波散乱計による観測データと既存の海洋鉄塔観測、及びライダー観測から得られる観測値を用いて、複数の鉛直風速プロファイル算出手法を比較・検討した。

2) メソスケールモデルの精度向上策の検討

メソスケールモデル WRF (Weather Research and Forecasting model) の計算条件を変えながら、鉛直風速プロファイルの計算特性及び計算精度を比較し、最適な計算手法を検討した。

3) ブイ観測及びシステム全体の精度検証

ブイ運動を模倣した動揺シミュレータを作成し、その上に超音波風速計を搭載して風観測を実施し、ブイ動揺の影響を評価した。また実海域においてライダーによる洋上風観測を行い、開発されたシステムの精度検証を行った。

4. 研究成果

本研究で得られた主な成果は下記の通りである。

1) 風速鉛直プロファイルの算出法

ドイツ北海沿岸の気象マスト FIN03 の観測値及び港湾空港技術研究所波崎棧橋上でのライダー観測値を用いて、10m 高度風速観測値を 80m 高度風速へ変換する際の精度について検証した。鉛直プロファイルには、モン・オブコフ相似則に基づく鉛直 1 次元モデルとメソ気象モデル WRF の計算値に基づく 3 次元モデルの 2 つを使用した。その結果、FIN03 と波崎の海風時にはいずれのケースも高い推定精度が得られる一方で、波崎の陸風時には 1 次元モデルの推定精度が著しく悪化することが示された(図-2)。これらより、鉛直プロファイルの算出にメソスケールモデルを用いることの有用性が示された。

2) メソスケールモデルの精度向上策

陸風時のメソスケールモデル WRF の鉛直プロファイルの精度向上が本システム開発の鍵であると考え、乱流スキームの選択、4 次元データ同化の設定、計算領域の設定等の観点から計算手法を検討した。その結果、鉛直プロファイルの面からは LES よりも RANS の方が高精度であること、大気境界層内の 4 次元データ同化はしない方が良いこと、第 1 計算領域が狭すぎると精度が悪化すること等が明らかになった。また低高度風速観測値として人工衛星の海上風観測値を使った場合でも、本研究の手法を用いれば WRF 単体よりも高い精度が得られることも明らかになった(図-3)。

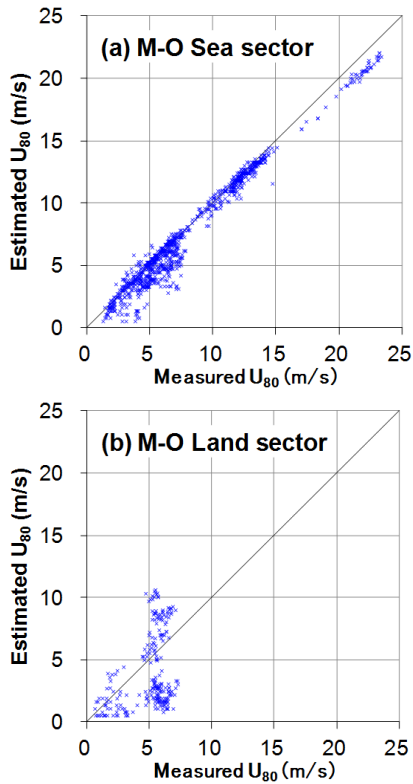


図-2 波崎栈橋におけるモニン・オブコフ相似則に基づく 80m 高度推定風速の精度検証結果。(上：海風時，下：陸風時)

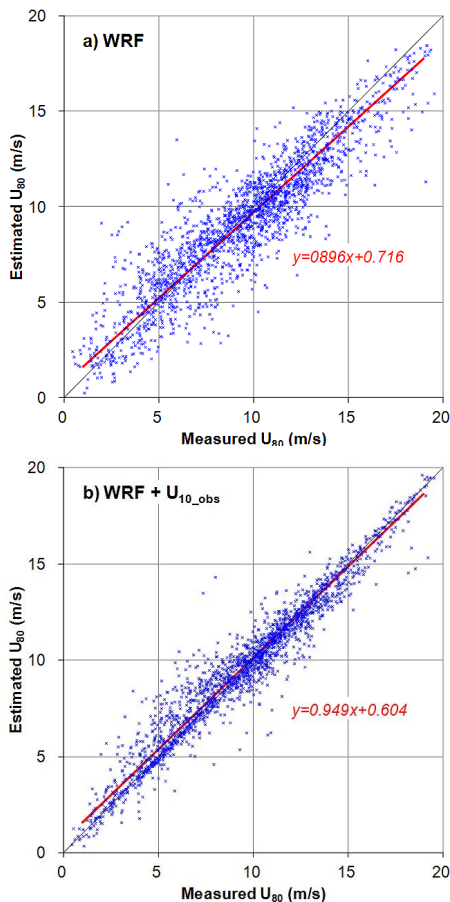


図-3 ドイツ FINO3 における 80m 高度風速の精度検証結果。(上：WRF 単体，下：本手法)

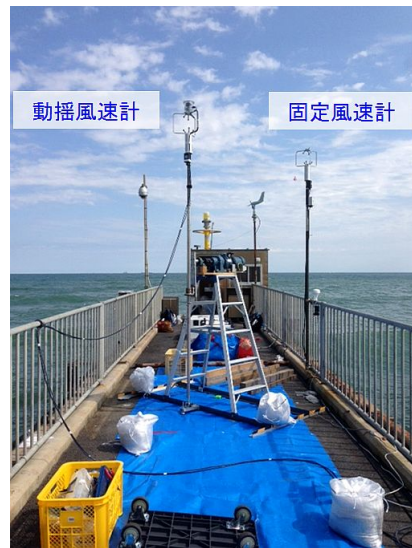


図-4 波崎栈橋上に設置した動揺シミュレータ。

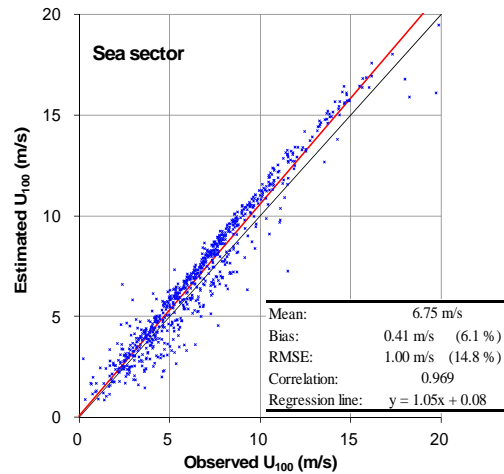


図-5 波崎栈橋における本システムによる 100m 高度の風速推定精度の検証結果。

3) ブイ観測及びシステム全体の精度検証

ブイの運動を模擬的に再現可能な動揺シミュレータ(図-4)上に超音波風速計とジャイロを搭載することにより、波崎栈橋上においてブイ上での風速観測値に対する動揺影響の評価を行った。その結果、10分平均風速値に対してブイ運動は大きく影響しないことがわかった。システム全体としては、陸風時の鉛直プロファイルの再現性には問題が残ったものの、海風に対しては、ブイ観測値とWRF計算値を併用する本システムにより、15%以内の誤差で風車ハブ高度(100m)の風速を推定できることが確認出来た(図-5)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

大澤輝夫, 嶋崎翔太, 市川弘人, 嶋田進, 竹山優子, 小垣哲也, 川口浩二, 中村聡志, 2015: ブイ観測・数値シミュレーション併

用型洋上風況推定手法の有用性検証,土木学会論文集 B3(海洋開発),Vol.71, No.2, pp.1_132-1_136.

中尾知博,大澤輝夫,香西克俊,中村聡志,2015:WRFによる沿岸海上風シミュレーション時の四次元データ同化適用手法に関する検討,土木学会論文集 B3(海洋開発),Vol.71, No.2, pp.1_137-1_142.

大澤輝夫,香西克俊,2015:洋上表層観測値とWRF鉛直プロファイルから推定されたハブ高度風速の精度について,日本風力エネルギー学会論文集,Vol.38, No.4, pp.110-114.

Yuko Takeyama, Teruo Ohsawa, Katsutoshi Kozai, Charlotte Bay Hasager, Merete Badger, 2013: Comparison of geophysical model functions for SAR wind speed retrieval in Japanese coastal waters, Remote Sensing, Vol.5, No.4, pp.1956-1973.

〔学会発表〕(計10件)

市川弘人,大澤輝夫,芝本夏子,小長谷瑞木,水戸俊成,江口信也,2015:沿岸海上におけるWRF計算値と水平照射型ライダー観測値の比較,第37回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集,11月26-27日,東京,pp.229-232.

Teruo Ohsawa, Kazuki Ishigami, Takeshi Misaki, Yasuyuki Baba, Koji Kawaguchi, 2015: Comparison of WRF-based methods for wind resource assessment at an offshore site, Proc. of the 25th Annual International Offshore and Polar Engineering Conference, 22-26 June 2015, Kona, Hawaii, USA, pp.706-712.

大澤輝夫,嶋崎翔太,中尾知博,市川弘人,香西克俊,嶋田進,竹山優子,小垣哲也,川口浩二,中村聡志,2014:波崎海洋研究施設におけるブイ観測・数値シミュレーション併用型洋上風況調査手法の精度検証,第36回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集,11月27-28日,東京,pp.325-328.

Teruo Ohsawa, Tetsuya Orita, Katsutoshi Kozai, Susumu Shimada, Gerald Steinfeld, Detlev Heinemann, 2015: Accuracy evaluation of hub-height wind speeds estimated from scatterometer and mesoscale model, Proc. of EWEA OFFSHORE 2015, 10-12 March 2015, Copenhagen, Denmark, P0.176, 7p.

Teruo Ohsawa, Katsutoshi Kozai, 2014: Accuracy of hub-height wind speed estimation from in-situ surface

measurements and WRF-simulated vertical wind profile, Proc. of Grand Renewable Energy 2014, 27 July - 1 Aug, 2014, Tokyo, O-Wd-1-7. (in CD-ROM)

Kozai Katsutoshi, Tsuguhiro Morita, Teruo Ohsawa, 2014: Validation of satellite-derived wind speeds for evaluating offshore wind energy resources, Proc. of Grand Renewable Energy 2014, 27 July - 1 Aug, 2014, Tokyo, P-Wd-1-17. (in CD-ROM)

見崎豪之,大澤輝夫,竹山優子,香西克俊,馬場康之,川口浩二,2013:沿岸海域におけるWRF水平風速勾配の計算精度,第35回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集,11月12-13日,東京,pp.347-350.

大澤輝夫,香西克俊,2013:洋上における表層気象観測値を利用した風車ハブ高度の風力資源量調査,第35回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集,11月12-13日,東京,pp.351-354.

嶋田進,大澤輝夫,往岸達也,菊島義弘,小垣哲也,川口浩二,中村聡志,2013:波崎海洋研究施設におけるウィンドライダーを用いた風速鉛直プロファイル観測,第35回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集,11月12-13日,東京,pp.359-362.

Teruo Ohsawa, Susumu Shimada, Detlev Heinemann, Gerald Steinfeld, Michael Schmidt, Lüder von Bremen, Jens Tambke, 2013: Offshore wind resource maps in German coastal waters based on WRF simulation, Proc. of EWEA OFFSHORE 2013, 19-21 Nov 2013, Frankfurt, Germany, P0.258, pp.1-8.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕(計0件)

〔その他〕(計0件)

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 准教授
研究者番号: 80324084

(2) 研究分担者

香西 克俊 (KATSUTOSHI KOZAI)
神戸大学大学院海事科学研究科 教授
研究者番号: 30186613

(3) 連携研究者

なし