

# 風計測ライダの風力発電への応用

## Wind sensing lidar for wind energy application

亀山俊平、今城 勝治、小竹論季、梶山裕、円城雅之（三菱電機株式会社）

S. Kameyama, M. Imaki, N. Kotake, Y. Kajiyama, M. Enjyo (Mitsubishi Electric Corporation)

### Abstract

Recently, we have developed the wind sensing lidar for wind energy application. In this development, we newly invented the original function of the adaptive parameter tuning to keep the high data availability in various atmospheric conditions. We demonstrated the performance of the developed lidar in European test site and got the approval from a third party that the performance satisfied the acceptance criteria of NORSEWInD standards. The product named DIABREZZA™ which has the environmental resistance for offshore applications is also introduced.

### 1. まえがき

ウィンドファームの建設においては、建設サイトが風力発電に適しているかの事前確認のため、風況調査が実施される。従来この調査では、気象観測マストを建造し、風車のハブ高さと同程度の高さに風向・風速計を設置して長期的に風計測する方法が採られてきた。これに対し近年、風車サイズの増大と洋上風力発電の導入推進とともに、次の問題があがっている。まず、風車の巨大化により気象マストの建造費が増大し、風況調査が高コスト化している。特に日本では、建築基準法の問題も抱えており、高さ 60m 以上のマスト建設には建造費以外にも大きなハードルを抱えている。さらに、マスト建造費の問題は洋上ではよりシビアであり、建造費は陸上と比較して桁違いに高いと言われている。上述の理由から、マストを必要としない風況調査用測器として、風計測ライダ (LIDAR: Light Detection And Ranging) が注目されている。風計測ライダは上空風の鉛直分布を遠隔計測できるため、マストが不要となるだけでなく、風車のロータ面全体への流入風を予測できる。風計測ライダの風況調査への適用に関しては、約 10 年前から研究されてきたが、性能に関しては発電事業者、コンサル会社といったユーザに認知されるに至っている。また、IEA (International Energy Agency) では、IEC (International Electrotechnical Commission) での国際標準化に向け推奨実施要領の作成も進んでいる。当社は 90 年代後半から風計測ライダを開発しており [1, 2]、製品もリリースしている。当初は都市気象計測や航空安全を主眼においていたが、風力発電でのニーズに応えるため、近年はこの用途向け開発に注力してきた。風力用途では、機器開発だけでなく、ライダが所要風計測精度を有しているかの第三者検証が必須である。この検証のため、当社は風力分野における欧州主要研究機関である ECN (Energy research Centre of the Netherlands) と連携し、ECN の試験サイトでの評価試験を実施した。ここでは、当社における風力向けライダ開発の概要、および検証試験の内容と結果を紹介する。さらに、この結果に基づいて開発した製品版” DIABREZZA™” についても合わせて紹介する。

### 2. 風力発電用途向け開発の概要

当社製風計測ライダは、光通信用ファイバ部品の利用により小型・高信頼であり、かつ目に対し安全な波長 1.5 $\mu$ m 帯のレーザ光を用いている点に特長がある。今回、このライダに対し、風況調査用として開発を行った。本ライダでは、高度 250m までの風向・風速を計測することが可能である。高度分解能、計測レートは可変であるが、25m、1 秒が基本となっている。新規開発したポイントについて次に述べる。

ライダが誤差なく風計測を行うには条件がある。上述の通り、風向・風速を算出するには複数ビーム方向の計測が必要であるが、ビームの走査が 1 周する間に、風向・風速が変化しないことが前提となる。この変化を小さくして計測誤差を抑えるため、光スイッチによる高速ビーム走査方式を今回新たに採用した。さらに、風況調査では、屋外に設置して長期観測が必要なため、風雨にさらした状態でも連続観測が行えるよう、耐環境性を向上した。また、従来のライダ計測における課題として、計測性能が大気条件に大きな影響を受ける点があった。風計測ライダでは、エアロゾルからの散乱光を利用するため、エアロゾルの数が少ない条件では受信レベルが低下し、風計測できないケースが存在する。本開発では、計測可能な頻度 (有効データ取得率) を向上させるため、環境適応制御 [3] と称する新技術を開発した。本機能は、計測を行いながら受信信号を解析することで、所定の計測を可能とするように計測パラメータを可変するものである。

### 3. 欧州での評価試験と製品化開発

開発した試作機に関し第三者評価を得るため、ECN の試験サイトにて校正された定点型風向・風速計との比較実験を行った。図1に試験サイトの設置風景を示す。高度 100m に位置する風向・風速計と、ライダーにより計測された水平方向風向・風速値との比較を行った。ライダーは基本的に1秒毎に風向・風速計測を行うが、10分間のデータを平均し平均値どうしの比較を行った。図2に風速計とライダーの水平方向風速値の比較結果を示す。回帰直線  $y=ax$  で近似したときの傾き  $a$  は 0.986、決定係数  $R^2$  (相関係数の二乗値) は 0.990 であった。これらの値は、欧州洋上風力研究開発プロジェクト NORSEWInD (NORthern SEas Wind Index Database) で要求されているライダーの性能条件[4]を満足するとして、ECN 側から承認された[5]。また、有効データ取得率に関しても 95%以上を実証している。



図1 試験風景

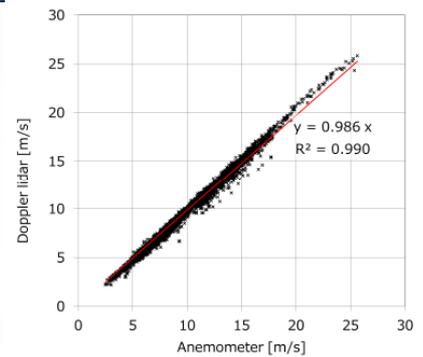


図2 風速比較結果

ECN での評価結果に基づき、製品版“DIABREZZA™” (図3) の開発を行った。風計測性能に関しては上述の通り既に第三者評価を受けているため、風速精度に関わる部分は試作機と同じとした。小型・軽量化を行い、サイズ：66×60cm×66cm、重量：50kg を実現した。また、洋上計測にも適用するため、防水性を IP67 規格準拠に向上している。また、2章で述べた環境適応制御も搭載している。



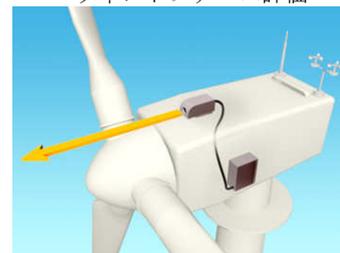
図3 製品写真

### 4. 風力発電における他用途展開

風力発電における風計測ライダーの応用例を図4にまとめて示す。以上においては、風況調査への適用について述べてきたが、風力発電における風計測ライダーの他の利用として、風車評価や風車制御、ウィンドファーム制御等があげられる。風車評価に関しては、IEC での国際標準化も進められており、また地上設置ではなく、風車にライダーを搭載して常に前方の風を計測することで、より効率的な風車評価を行う試みも進められている。さらに前方の風計測から流入風を予測して、風車制御を行う研究も始まっている。風車のピッチ、ヨーを制御することで、ブレードへの負荷低減による風車寿命の向上や、発電効率の向上といった効果が期待されている。当社製ライダーによる実証も国内にて進みつつある[7]。また、ここでは紹介しなかったが、当社では距離 10km 以上を計測できる長距離計測用ライダーを開発している[8]。このライダーを、図4(c)に示すように利用することでウィンドファーム全体の風況調査や制御に適用し、発電効率の向上につなげることも将来的には期待できる。



(a) 風況調査、風車評価、ウィンドファーム評価



(b) 風車評価・制御



(c) 広域風況調査、ウィンドファーム制御・評価  
図4 風計測ライダーの風力発電への応用

### 5. まとめ

風力発電用途向け風計測ライダー開発について紹介した。当社製を含む風計測ライダーが、風力発電分野で有効活用されることを期待する。

### 参考文献

- [1] S. Kameyama et al., Applied Optics, 46, pp. 1953-1962, 2007.
- [2] T. Ando et al., in Proc. of MRS Symposium, 1076-K04-05, 2008.
- [3] 小竹他、レーザーセンシングシンポジウム予稿集、2014.
- [4] C. B. Hasager et al., Remote Sens., 5, pp. 4280-4303 2013.
- [5] <http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2014/0528.html>
- [6] <https://www.mitsubishielectric.co.jp/lidar/products/wind/index.html>
- [7] <http://injournal.no/energy2015-day2/files/2015/06/ESWJ-2015-met-ocean-Kameyama.pdf>
- [8] S. Kameyama et al., Proc. SPIE, Vol. 8526, 2012.