

陸上風力の風況観測における パルス式ドップラーライダーの特長

— パルス式とCW方式のしくみの違いを、図でわかりやすく —

風力発電の風車は年々大型化しています。そのため、風車を建てる前の風況調査では、「ハブ（羽根の中心）の高さの風」だけでなく、**羽根が回る範囲全体の、高さごとの風**を知ることが重要になっています。本コラムでは、地上から上空の風を測る「ドップラーライダー」の2つの方式を比べながら、当社が採用しているパルス式の特長を紹介します。

1. なぜ「たくさんの高さ」で測る必要があるのか

風は地面との摩擦で弱められるため、一般に、地面に近いほど弱く、上空ほど強くなります。この「高さによる風の強さの変化」を**風速シア**と呼びます。高さによって風向が変わることもあります。

大型の風車では、羽根の下端と上端の高さの差が100mを大きく超えます。羽根が1回転するあいだに、性質の違う風を受け続けることになるため、発電量の予測や風車の機種選定では、羽根が回る範囲全体の風を高さごとに把握することが大切です。

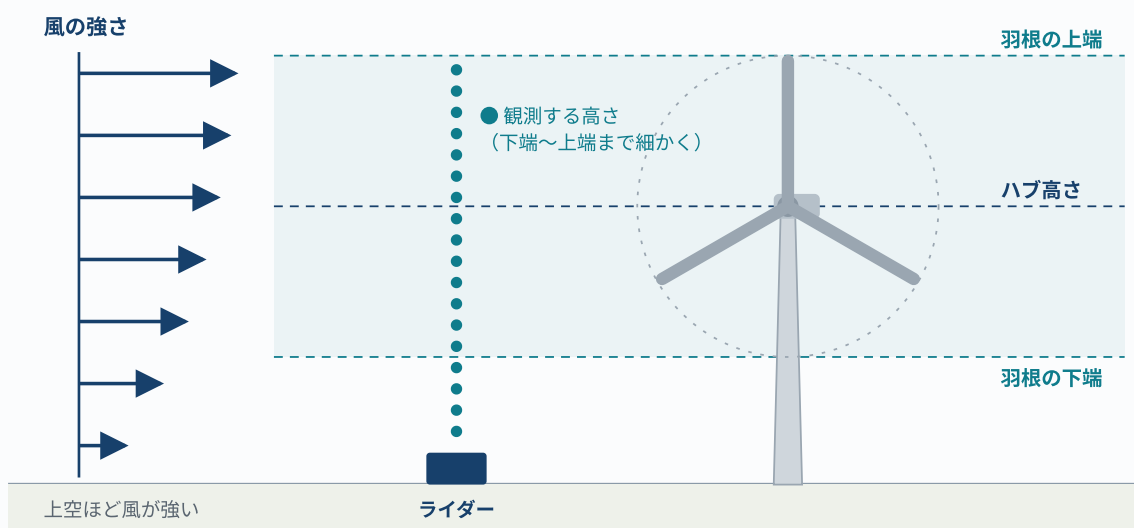
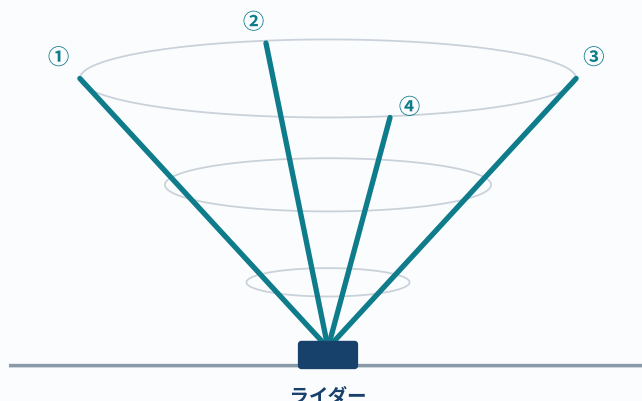


図1 風車の羽根が回る範囲と、ライダーで観測する高さのイメージ

2. ドップラーライダーのしくみ

ドップラーライダーは、地上からレーザー光を上空へ照射し、空気中に漂う細かいちり（エアロゾル）に当たって跳ね返ってきた光を受け取る装置です。ちりは風に乗って動いているため、跳ね返った光の周波数がわずかにずれます（ドップラー効果）。このずれから風の速さを求めます。

1本のレーザーで分かるのは「ビームの向きに沿った風の成分」だけです。そこで、向きを変えて複数の方向へ照射し、その結果を組み合わせ、水平方向の風速と風向を計算します。



4方向に順番に照射

斜め上の4方向へビームを向け、それぞれの方向の風の成分を測ります。

4つの結果を組み合わせ、**水平の風速・風向**を高さごとに計算します。

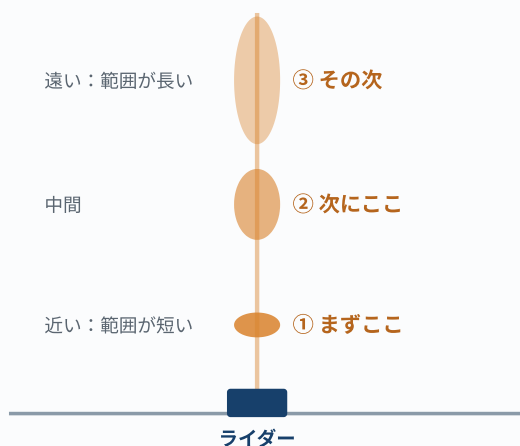
図2 斜め上に向けた複数のビームを組み合わせ、上空の風を求める（パルス式の場合の例）

このとき「どの高さの風か」を見分ける方法の違いによって、ドップラーライダーは大きく**パルス式**と**CW（連続波）方式**の2種類に分けられます。

3. CW方式：ピントを合わせて「1つつ」測る

CW方式は、レーザー光を途切れなく出し続け、カメラのピントのように**レンズの焦点を合わせた高さ**の風を測ります。いくつもの高さを測る場合は、焦点を順番に切り替えながら測定します。

焦点は遠くなるほどぼやけるため、遠い（高い）ところほど、**風をまとめて測る範囲（プローブ長）が縦に長**くなります。近距離では細かく測れる一方、高い所では広い範囲の平均値になるのが特徴です。



CW方式のポイント

- 焦点（ピント）で高さを決める
- 高さは1つつ順番に測る
- 遠いほど測る範囲が長くなる
- 近い高さ・少ない高さの細かい測定が得意

図3 CW方式：焦点を切り替えながら、高さを1つつ測る

4. パルス式：光が戻る「時間」で高さを見分ける

パルス式は、ごく短いレーザー光（パルス）を発射し、跳ね返ってくるまでの**時間**で距離を見分けます。近い高さからの光は早く、遠い高さからの光は遅れて戻ってくるため、**1回の発射で、多くの高さの情報を同時に受**

け取れます。山びこが遠い山ほど遅れて返ってくるのと同じ考え方です。

受け取った信号は、時間の区切り（レンジゲート）ごとに分けて処理します。区切りの長さは一定なので、**どの高さでも、ほぼ同じ大きさの範囲**で風を測れます。

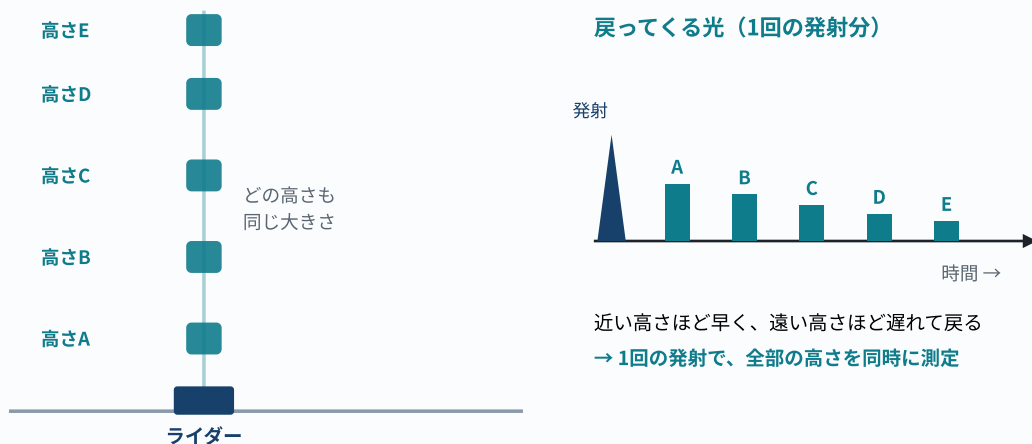


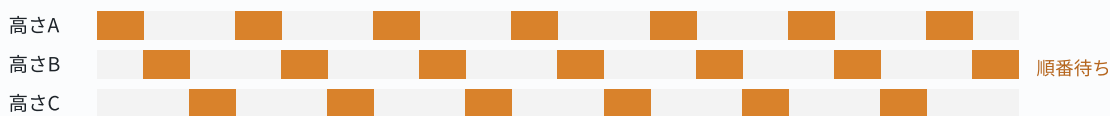
図4 パルス式：戻ってくるまでの時間で高さを見分け、多くの高さを同時に測る

5. たくさんの高さを測るときの違い

風況調査では、10分間の平均風速がよく使われます。あわせて、その10分間に風がどれだけ強まったり弱まったりしたか（**風速のばらつき**）も重要です。ばらつきは「風速標準偏差」や「乱流強度」という指標で表され、風車にかかる負担の評価などに使われます。

ばらつきを正しく求めるには、10分間のうちに**十分な数のデータ**を集める必要があります。ここで2つの方式に違いが出ます。

CW方式（高さを順番に測る）



パルス式（全部の高さを同時に測る）



図5 10分間の測定時間の使い方のイメージ（色がついている時間に、その高さを測定）

CW方式は高さを1つずつ順番に測るため、**測る高さを増やすほど、1つの高さに使える時間とデータ数が少**くなります。そのため、風のばらつきを詳しく評価したいときは、測る高さを数か所に絞って使われることもあります。

パルス式は全部の高さを同時に測るので、**測る高さを増やしても、1つの高さあたりのデータ数は基本的に変わりません**。羽根が回る範囲全体を、細かい間隔でまとめて観測したい陸上風力の調査に向いています。

ポイント 「多くの高さを、同じ条件で、同時に」測れることが、パルス式の最大の特長です。

※風速のばらつき（乱流強度）は、どちらの方式でも、空中のある範囲の風をまとめて測るという性質上、羽根車型の風速計の値と差が出るということが知られています。風車の設計に用いる場合は、方式を問わず、観測塔のデータとの比較や補正を含めた評価が大切です。

6. 2つの方式の比較

比べる項目	パルス式	CW（連続波）方式
高さの見分け方	光が戻るまでの時間	レンズの焦点（ピント）
複数の高さの測り方	同時に測る	1つずつ順番に測る
高さを増やしたとき	1高さあたりのデータ数はほぼ変わらない	1高さあたりの時間・データ数が減る
高い所で測る範囲	高さによらずほぼ一定	高くなるほど長くなる
得意な使い方	羽根の回る範囲全体を、多くの高さで長期間観測	近い高さ・少ない高さを細かく測定

CW方式にも、近距離を細かく測れるなどの長所があります。どちらが優れているかではなく、**観測の目的に合った方式を選ぶことが大切です**。多くの高さで風の変化をとらえたい陸上風力の風況調査では、パルス式の特長が生きてきます。

7. 当社のパルス式ドップラーライダー「Molas B300」

当社が提供する Molas B300 は、地上に設置して使うパルス式ドップラーライダーです。斜め上の4方向へビームを照射し、その結果を組み合わせ、上空の水平風速と風向を高さごとに観測します。

測定範囲 30～300m	観測できる高さの数 最大24高度	高さの設定 1m刻み
データ取得 1秒ごと（1Hz）	風速精度 0.1m/s	風向精度 1°

※風速・風向精度はメーカー公称値です。

例えば、30mから260mまで10mおきに24の高さを設定すれば、羽根の下端からハブ高さ、上端までを細かく観測できます。

- ✓ 高さごとの風速の変化（風速シア）
- ✓ 高さによる風向の変化
- ✓ 羽根の下端・ハブ高さ・上端それぞれの風の状況
- ✓ 風速のばらつき（風速標準偏差・乱流強度）

これらを1台で、長期間にわたって継続的に取得できます。Molas B300 は海外の第三者機関による性能評価を受けており、当社では国内の風力発電事業の風況観測にも使用しています。当社のドップラーライダー設置実績は、2025年12月末時点で47件です。

まとめ

- ✓ 大型風車の風況調査では、羽根が回る範囲全体を高さごとに観測することが重要です。
- ✓ CW方式は焦点を切り替えて高さを1つずつ測り、近い高さ・少ない高さの細かい測定が得意です。
- ✓ パルス式は光が戻る時間で高さを見分けるため、多くの高さを同時に、同じ条件で測れます。
- ✓ Molas B300 は最大24高度を自由に設定でき、陸上風力の多高度風況観測を支援します。

風況観測のご相談、ドップラーライダーのレンタル・観測についてのお問い合わせは、株式会社NTシステムズまでお気軽にご連絡ください。