

|       |   |    |      |
|-------|---|----|------|
| 原題    | Investigation of sources for lidar uncertainty in flat and complex terrain      |    |      |
| 邦題    | 平坦地形と複雑地形でのLidar誤差の比較調査   | 国籍 | スペイン |
| 発表者   | Fernando Borbón Guillén, National Renewable Energy Centre – CENER               |    |      |
| キーワード | Remote sensing, lidar, complex terrain, measurement uncertainty, wind resource. |    |      |

## 概要

平坦地と複雑地形において、Lidar の観測誤差特性を検証する。そのために 2 種類の Lidar と観測マストのデータを両地形において比較する。大型風力発電機と地形の影響はそれぞれ最大 30%、5%程度という結果となった。

Lidar 特に連続光式は低雲と霧の影響を受けるので、分析データからは除外した。

### 1. Introduction

平坦地形においては両者同等でも、複雑地形において、Lidar はマスト観測の平均風速より 5~10%程度の誤差が発生するとの研究報告がある。その主因は鉛直風速の偏りにあるとしている。

### 2. Measurement campaigns

#### 2.1 平坦地形 Risø Høvsøre test site

6 基の MW 風車と、それぞれの観測塔以外は平坦地。その西側に Lidar と観測マストが位置する。

#### 2.2 複雑地形 CENER Alaiz

東西に伸びる斜面のある標高 700m の丘の上で 5 ヶ月間進行中。Lidar はリッジの上に位置する。リッジから南北方向に、地形はますます複雑。

### 3. Theory

(図3)Lidar はレーザー照射方向の風速を計測し、中央の水平・鉛直成分を割り出す。均等な流れの平坦地では誤差なく計測される。一方 MW 風車など障害物や、地形、森林などで乱された風の中では風向、鉛直風、乱流、加速、鉛直プロファイルの存在により、均等な流れは乱されるため、計測値と中央の風速の間に差異が生ずる。

その上、雨や低い雲、霧によってレーザー光の伝達が低下し、観測に障害が出る。雲高計など有用。

### 4. Results

#### 4.1 データ相関とフィルター条件(図 3)

マストのカップ風速計と、ZephIR、Windcube の Lidar2 機種で、平坦地形と複雑地形での観測データ比較。観測地共通の 90m 高度で比較。

#### 【フィルター条件】

##### カップ風速計

- ・ 気温 2℃以下除外(カップ凍結)
- ・ 風速 4m/s 以下除外(カップ検定範囲外、ただし検定上限 16m/s は超えても利用)

Lidar-機種によっては観測データ以外にも他の計測項目がある。

- ・ 降雨の時間帯は除外(鉛直風速への影響とデータ取得低下)
- ・ 10 分平均内で不十分な数の計測値スキャン除外(ZeohIR のデータ品質固有条件 28/50)
- ・ 1 スキャンあたりの反射光不足や障害物照射による不完全計測値の除外(ZephIR のデータ品質固有条件 point-in-fit35/105)
- ・ 1 スキャンあたり均一流条件に乗らない計測値の除外(ZephIR のデータ品質固有ノイズ条件 turb parameter0.1 以下)

- ・ エアロゾル不足や濃霧、低雲反射波など不適正信号強度の除外 (ZephIR の信号強度条件 scaling25/50)
- ・ 10 分平均内での適正データ取得限定 (Windcube の信号条件 100%) ZephIR のフィルター条件にも適用

風向範囲

障害物の後流影響範囲の除外

#### 4.2 Lidar 誤差の原因

カップ風速計と Lidar との差異を調べるためには、同時に影響を与えうる多様な原因を識別する必要があり、簡単ではない。

##### (図 2) 水平風速の比較

平坦地形

風車後流の影響が見られる。この時期その方向からの風は低雲をもたらすので、その影響を分離するのは困難。

複雑地形

南北の地形変化の影響が見られ、流入角により Lidar の風速は低めに観測される。尾根向きでは戻る。270° でカップ風速計はマストの影響を受け、観測風速の低下が見られる。

##### (図 3) 鉛直風速の比較

平坦地形

マストには鉛直風速センサーがないので Lidar の絶対値を表示。風車後流の影響が同様に見られる。Windcube のうねりは、交換したばかりの内部ミラーのアラインメントが悪いためと推測される。

複雑地形 (図 4 に地形断面)

共通 90m に代わり 118m レベルを使用 (マストの鉛直プロペラ風速計の不具合)。南風で Lidar は+に、北風で-に出ているが、上下極性からいずれも過小評価している。風向ギャップは単にその風向からの風がなかったため。

##### (図 4) 鉛直風速に対する比較

Lidar 誤差は鉛直風速の勾配によるものとされている。マスト鉛直風速に対する水平風速誤差を表す (鉛直風速の勾配は計測していない)。鉛直風速の絶対値が大きいほど、Lidar の水平風速は小さく出ることがわかる。斜面のかけ上りとかけ下りでは傾向が違う。

##### (図 5) 乱流の影響の比較

カップ風速計の乱流強度に対する Lidar 誤差を表す。全風向のデータが含まれる。明確な傾向ではないが、乱流強度が大きいほど誤差が増すことがわかる。ただしこれを見る限り、平滑流の中で風速の絶対値の変動が大きいのか、風車の後流の影響を受けているのか、もしくは地形の影響で風が乱れているのか識別するのは難しい。

##### (図 6) シアの影響の比較

Lidar が対象とする空域の厚さがシアに対してどのような影響があるか、最下層の Lidar 誤差の分布を左の図に示す。平坦地では 0 にあった最頻度誤差が、複雑地形では-に移動する。複雑地形で Lidar は風速を低く見る傾向がわかる。

その右の図に Lidar でのシア観測を比較する。複雑地形では広範囲なシアの変化が読み取れる。逆勾配も発生する。マスト風速計と大差はないが、高さにより 0-1.2m/s の差異がある。

べき指数に対する Lidar 誤差の分布から、複雑地形でべき指数が大きくなるほどすなわち高層風速が低層に比べて大きくなるほど Lidar 誤差が小さくなる傾向にある。これは今後の研究の重要なテーマになり得る。

#### 5. Conclusions

鉛直風速の水平分布の影響を精査する必要がある。10 分平均データの比較をしてきたが、瞬時データの比較も今後必要となろう。

以上