

原題	Seasonal Correction of Short-term Sodar and Lidar Measurements for Use in Energy Yield Assessments of Wind Farms		
邦題	Sodar/Lidarの短期間計測データの季節補正	国籍	ドイツ
発表者	Karin Görner (DEWI GmbH), Annette Westerhellweg (DEWI GmbH), Simon Brillet (VALOREM)		
キーワード	Lidar, Sodar, wind profile, energy yield, atmospheric stratification		

1. 概要

リモセン機器が普及してきて、1年以上のマスト観測に加えて、ハブレベルの高高度プロファイルまで調べられるようになった。WASPなどモデルの精度の検証にも有益である。一方リモセン観測は一般に1回2～3週間の短期間観測である。ウインドファームの発電量など、マストとリモセンのデータを基に1年サイクルの高高度風況の近似をするのであれば、ウインドプロファイルの時節的な変化を考慮する必要がある(図1)。DEWIは異なるアプローチの2つの方法を提案する。

2. 観測キャンペーン

観測サイト

フランス南西部

マストは松林から500m東、その東55mにLidar(Windcube)とSodar(Triton)、その東180mに30m幅の松林。

サイト南北は1.5kmにわたって開けている。主風向は西と東南東。

マストシェイドの影響データは除外、風速2m/sより大きなデータのみ使用。

図2/3はマスト、Sodar、Lidar 共有期間における、マストとそれぞれ Sodar/Lidar の風速相関。

3. 【Method 太陽天頂角法】

日々変化するプロファイルは地表の加熱/冷却が起こす大気階層が熱による作用で変化し、時節性変化の根源となる。これは太陽高度に依存する。

太陽高度は天頂角の余弦コサインで現す。高度が高いとき(南中)と低いときがそれぞれ-1と+1。日の出日の入りがゼロ。観測時間ステップごとに、サイトの地理的位置からこの値を計算する。

天頂 (zenith)

地上から重力とは反対の方向へ真っ直ぐ伸ばした直線(鉛直線)が天球と交わる点。

天頂角 (zenith angle)

天球上の天体の位置と天頂との成す角を当該の天体の天頂角と呼ぶ。天頂角の補角を高度角と呼ぶ。

天球 (celestial sphere)

地球と中心を共有する半径不詳の巨大な仮想の球。地球の外の宇宙に存在するすべての天体の位置を、地球の中心と天体を結ぶ線分またはその延長が天球と交わる点で表したものを天球儀という。天球儀上の位置は、天の赤道からの天の北極方向へ測った角度(赤緯)と春分点(春分の日に太陽が位置する点)から天の赤道に沿って測った角度(赤経)によって表記する。天球は、地軸を回転軸として東から西の方向へ回転する。

『太陽天頂角と光学的厚さによる紫外線と可視光線、近赤外線の日変化』

京都女子大学現代社会学部現代社会学科

太陽天頂角 χ は緯度、季節と時間によって変化する。したがって、太陽天頂角 χ は、緯度、赤緯、時角によって決まる。赤緯とは赤道座標系を用いた時の天体の緯度であり、 δ であらわす。時角とは正午からの時間を角度で表

したものであり、1時間は 15 度に相当し、太陽南中時は 0 度である。時角を H とすると、太陽天頂角 X を求める式は次のようになる。

$$\cos(X) = \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(H) + \sin(\varphi)\sin(\delta)$$

φ : 緯度 Latitude

H : 時角(太陽南中時 = 0、西回りに測る、1 時間 = 15 度) Hour Angle

δ : 赤緯 Solar Declination (1月1日からの通算日: Day of the Year に依存)

図 4 と 5 (それぞれ Sodar と Lidar)

横軸 天頂角コサイン

縦軸左 基準高さをマストトップ 80m として、代表高さをハブ高さ 100m とした風速比 (100m/80m) とビン平均

縦軸右 天頂角コサインを 0.05 のビンで区切った観測個数 (青が実観測期間、緑が年間)

風速比が 1 に近いのは昼間で、大気階層が安定していないとき。大気階層が顕在する夜間は風速比が大きい。昼間のほうが観測データのばらつきが少ない。

1 年間の代表する風速比は、実観測期間に得られた各ビンの風速比 (エラー付黒点) を、1 年間のビン頻度 (緑の線) に応じて加重平均して算出する。

図 4 と 5 のばらつきの原因:

- ・ 地表の加熱/冷却 (太陽高度) 以外の要因
- ・ 地形の影響
- ・ 夜間の境界層がハブ高より低い (境界層上下の不連続プロファイル)
- ・ リモセンの空間的観測原理

4. 【Method 勾配相関法】

マストの低層プロファイルでの勾配と、リモセンの高層での勾配の比には、時節的な変化に関係なく、相関関係がある。ある条件下でハブ高までプロファイルが対数分布すると、この相関関係は線形であることが判明している。

図 6 と 7 (それぞれ Sodar と Lidar の全共有期間でのデータ)

横軸 マストの 80m-60m 風速比 = $(v_{80}-v_{60})/v_{80}$

縦軸 Sodar と Lidar それぞれ 100m-80m 風速比 = $(v_{100}-v_{80})/v_{80}$

緑線が全方位、青線が 30 度セクター別。

マストの 1 年間低層プロファイル勾配を方位セクター別に、この相関に当てはめ、目標 (100m) の年間風速を推定できる。

5. 結果

リモセンの短期観測データから、長期のマスト観測期間の v_{80m}/v_{60m} 風速比を推測してみた結果が表 3。実測では「1.134」。Method では大きめに、では小さめに出た。

6. 結論

【Method 太陽天頂角法】

地形の変化があるサイトで、方位別に関係を調べてみれば、ばらつきの一因がわかり、精度を向上できる。積雪など、1年のうちに地表反射条件が変化する場所では不向き。

【Method 勾配相関法】

マストとリモセンの高度間で、プロファイルの比率に相関が明確なとき成り立つが、実際は観測機器の観測原理的な違いにより、明確な相関が見られることは希である。DEWI がマストだけで試してみたところ、2-3%程度の誤差。

いずれの方法にせよ、リモセン観測の時期が、1年に起こる風況と大気状態(安定・中立・不安定)を表現しうる時期であることが必要。これは例えば季節の変わり目の時期となろう。

いずれの方法もハブ高さまでプロファイルが対数分布形状をなすことが前提となる。こうならないのは昼間より夜間である。安定境界層の高さが低いためである。プロットのばらつき具合がそれを示している。

以上