

複雑地形における風況観測マスト設置位置検討に対する CFD の重要性（失敗事例から学ぶ）*

The importance of CFD for determining met mast position for complex terrain sites
(lessons learned from a failure case)

李 貫行** 内田 孝紀 ***
Graham LI Takanori UCHIDA

1. はじめに

風力発電の計画に風況を正確に把握するため、適切な風況調査を行うことは欠かせない。そのなかで、観測マストの位置決定はどのように行うべきであろうか。風況調査の目的は、言うまでもなく、得られた観測データに基づいて、発電量・乱流評価・風車選定・風車配置など重要なタスクに使われる。日本のような極端な複雑地形では、多くのマストを設置することが理想ではあるが、すべての風車計画位置にマストを設置することは経済的に現実的ではない。そのため、なるべく風車に近い、代表的な位置を選定することが重要である。しかし、様々な制限があり、実際はそう簡単ではない。地権者、保安林、輸送、に関する制約・制限によって、代表性が低い場所に選ばざるを得ない場合がよくある。その場合、大きなリスクとして強い乱流を受ける位置でマストを設置してしまうことがある。乱流が強すぎてサイトの風況に十分反映できないため風況調査の目的を果たせず、投資の無駄となってしまうことも十分あり得る。それを防ぐために、流体数値解析 CFD を用いることで乱流リスクを事前に評価し、強い乱流の有無を確認することが重要である。ここに、ある失敗事例を通じて、その重要性と必要性を紹介する。

2. サイトとマストの概要

ここで紹介するサイト周辺は複雑地形であり、尾根は概ね東西方向に位置している。サイトエリア及び設置した観測マストの位置を図 1 に示す。マスト設置位置の標高は約 970m であり、60m 高と 57.5m 高に風速計と風向計一つずつ付けている。

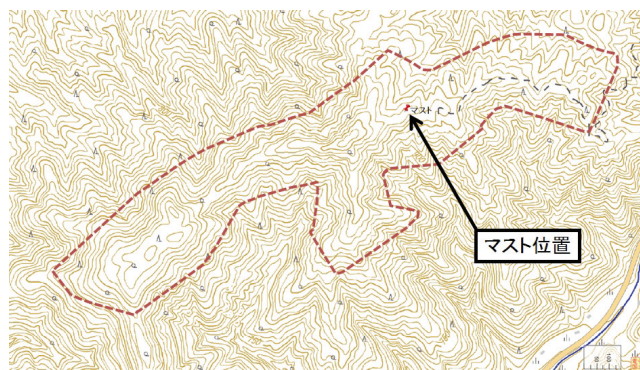


図 1. サイトとマスト位置

3. 観測マストのデータ解析

1 年分の 10 分平均の実測データに基づき作成した風配図を図 2 に示す。主風向は西北西、280 度から 310 度であり、主に冬場の風である。第二風向は南南東～南 160 度から 180 度であり、主に夏場の風である。

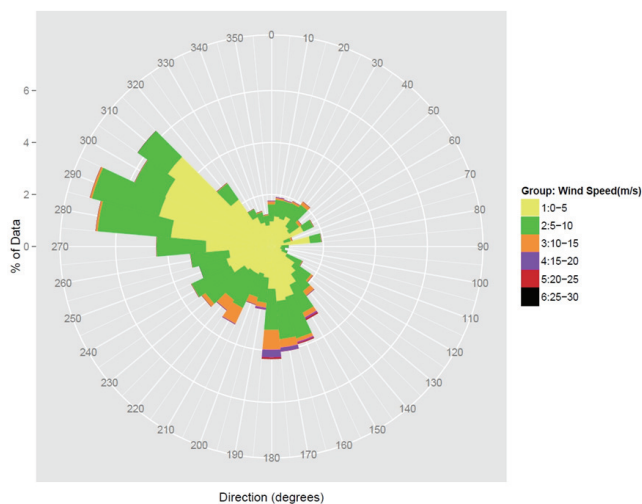


図 2. 年間風配図（57.5m 風速計と風向計）

* 平成 24 年 11 月 28 日

第 34 回風力エネルギー利用シンポジウムにて講演

** 会員 TSUBASA WINDFARM DESIGN

*** 会員 九州大学応用力学研究所

注目すべきことは、第二風向の南南東～南には風速 10m 以上のデータがあるが、冬場の主風向にはほとんど無いことである。

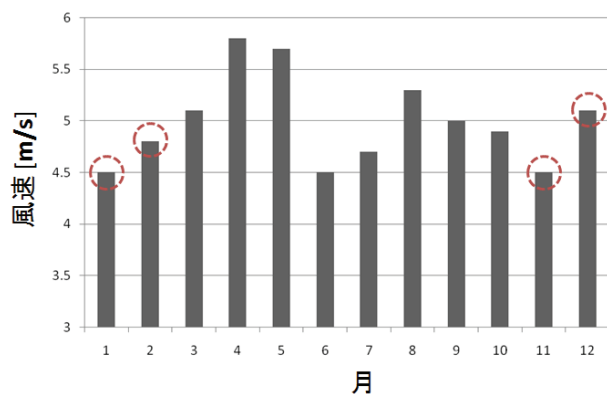


図 3. マストにおける月別平均風速（高さ 57.5m）

そのために冬場の平均風速は低く、図 3 に示す月別平均風速のとおりである。年間平均風速は 4.9m/s しかない。次に、主風向と第二風向における乱流強度を図 4 に示す。

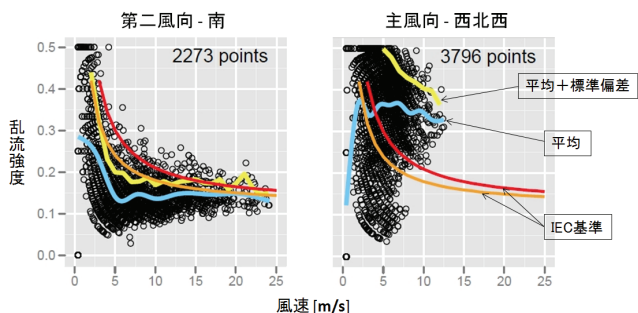


図 4. 第二風向（180 度）と主風向（290 度）の乱流強度

左側に示す第二風向の乱流強度と比べ、右に示す主風向乱流強度が非常に高く、ほとんどのデータは IEC 基準を遥かに上回る。対照的に第二風向の乱流強度は低く、ほとんどのデータが IEC 基準を下回る。乱流強度は高いほど風速変動が大きくなる。主風向に対して風速の変動が激しいことがわかる。

風速と乱流強度の時系列を図 5 に示す。この 3 時間時系列では、風向は 270～292 度の間で変動している。乱流強度は最少 0.34 から最大 0.52 まで記録された。最小風速は約 1m/s しかないため、最大風速と最小風速との差が非常に大きい。風速差は最少 13.6m/s から最大 21.9m/s である。10 分間で 20 メートル以上の風速差は相当大きな変動幅と考えられる。

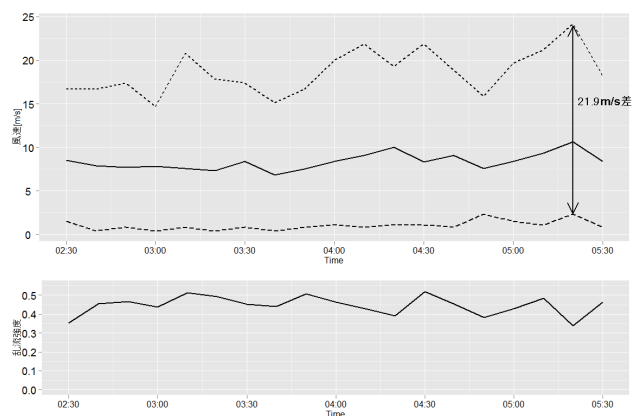


図 5. 時系列、上は風速（最大、平均、最小）、下は乱流強度

4. CFD の実施

主風向に対して、どのように乱れているかを調べるため、CFD を実施した。LES 乱流モデル搭載する非定常流体解析市販ソフト RIAM-COMPACT ®を採用して、流れを再現する。

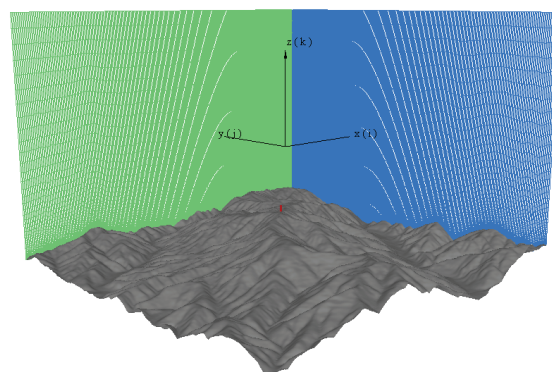


図 6. 解析モデル

図 6 に解析モデルを示す。主流方向(x)に 3.4km、主流直角方向(y)に 3.3km、鉛直方向(z)に 2.3km の解析領域を取り、x と y 方向格子サイズは等間隔 10m である、z 方向は地表面で密になるよう不等間隔とし、最小格子サイズは 1m である。計算格子数は 341(x)×341(y)×51(z)点の合計約 575 万点である。解析風向は 290 度、流入風速は 10m/s である。

解析結果を図 7 に示す。これは鉛直断面の速度ベクトル（瞬間場）である。手前の尾根で剥離することで、乱流が発生し、渦を巻いた流れが観測マストに流れ込んでいる。マストは半分以上がこの逆流の出現する渦領域に埋没している。

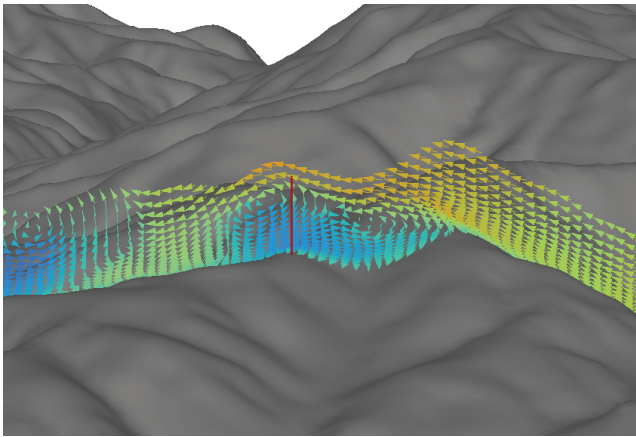


図 7. 鉛直断面の速度ベクトル（瞬間場）
角度は東北から南西

剥離した位置を図 8 に示す。マストから 140m 離れており、標高差はわずか 10m しかないが、マストの場所に強い乱流を受けさせる原因となる地形である。

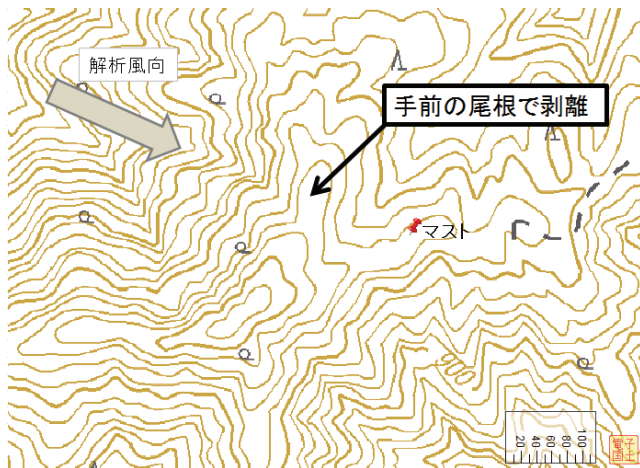


図 8. マスト位置と剥離地点

図 9 にマスト位置 58m 高さにおける CFD で再現された風速の時系列を示す。風速変動が大きく、風速差は最大で約 14.7m/s であり、乱流強度は 0.32 になる。解析結果と図 5 に示す風速計実測で同じ傾向を示している。

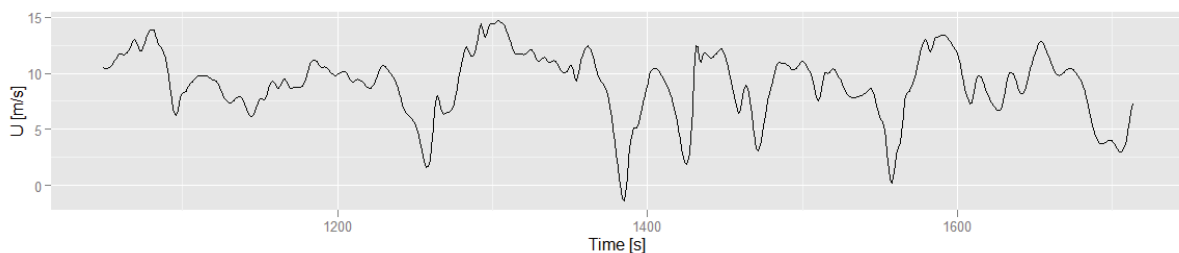


図 9. マストにおける高さ 60m CFD 風速の時系列

5. まとめ

風力発電を計画する際には適切な風況調査が欠かせない。そのため、観測マストの位置は極めて重要になる。山間地、複雑地形の場合には、上流の地形に起因した乱流が発生する可能性がある。したがって、風車位置と同様に、観測マストの位置を決定するときには、乱流リスクを注意することが必要である。紹介した失敗事例では、マスト位置では上流地形による剥離のため非常に高い乱流強度が記録され、冬場の平均風速も大幅に低下した。実施した CFD 結果でも、強い乱流を受けることを確認できた。風速変動の大きさも、CFD の結果は実測と比べ、同様の傾向を示している。したがって、CFD は乱流リスク評価に使用できる可能性を十分に持っている。観測マストの位置を検討する際には事前に CFD を実施し、乱流リスクを確認した上で位置を決定することが重要である。

参考文献

- 1) 李貫行, 高桑晋, 内田孝紀: 複雑地形におけるウインドファームの CFD を用いた乱流による故障リスク評価, 第 33 回風力エネルギー利用シンポジウム, p.135-138, 2011.