

## ■部会 Report

# 風況部会の活動紹介

風況部会長 谷垣 三之介

株式会社ウインド・エナジー代表取締役

風況部会ではその名の通り風況に関するテーマについて活動を続けています。

平成 21 年度も前年度に引き続き、EWEC（欧州風力エネルギーシンポジウム）発表論文を中心とした欧州の技術動向の収集を行います。例会は原則として月 1 回、輪講形式で担当者（各回 2 名）が、それぞれ自分の興味を持った論文について紹介、意見交換を行います。

テーマは風況に関するもの、風車性能に関するものを中心としますが、必ずしも厳密に考える必要は無く、それ以外でも、メンバーが興味を持つようなテーマであれば自由に取上げて良いことにしています。

また、今年度は、部会員外への情報発信の場として、協会員全体を対象としたセミナーの開催も考えています。

昨年度の登録部会員数は 10 名、6 月 13 日の第一回例会を初めとして、今年 5 月 22 日の最終回まで合計 12 回の例会を行い、16 件の文献を取り上げました。また、特別例会として、インタードメイン（株）の杉本さんに同社が扱っておられる ZephIR ライダーについて解説して頂きました。取り上げた文献は以下の通りです。

1. Large Scale Wind Resource Mapping Using a State-of-the-Art 3D Scanning Lidar  
最新の 3D スキャン Lidar による広域風況マッピング
2. Graduated Approach to Turbine Site Suitability  
段階別風車サイト適合性評価法
3. Revising Reference Wind-Speed Definition for Power Performance Measurements of Multi-MW Wind Turbines  
MW 級風車の発電性能測定のための参照風速定義について
4. Round Robin Numerical Flow Simulation in Wind Energy  
風力エネルギーにおける数値流れシミュレーションのラウンドロビンテスト
5. Power curves for wind turbines - a dynamical approach  
風車のパワーカーブ----動力学的アプローチによる評価
6. Influence of wind factors for fatigue loads of the wind turbine system  
風車疲労強度に及ぼす風況因子の影響

7. Wind climate and extreme winds from the regional climate model REMO  
領域気候モデルによる風の気候場と極値風速
8. Flow and wakes in large wind farms in complex terrain and offshore  
複雑地形および洋上の大規模ウインドファームにおける風の流れとウエーク
9. Wind Scanner: A full-scale Laser Facility for Wind and Turbulence Measurements around large Wind Turbines  
ウインドスキャナー: 大型風車周辺の風と乱れ計測のためのフルスケールレーザー計測システム
10. 特別例会: ZephIR Lidar の製品および観測事例の紹介  
- インタードメイン(株)杉本氏
11. Diurnal Wind Characteristics and WTG Loading  
風速の日変化特性と風車荷重
12. Availability Trends Observed At Operational Wind Farms  
運転中のウインドファームで観察された稼働率の傾向
13. Database for Validation of Design Load Extrapolation Techniques  
設計荷重の外挿技術確認のためのデータベース
14. Ensemble Predictions: Understanding uncertainties  
アンサンブル予報: 不確実性の理解
15. Lidar performance in complex terrain modeled by WAsP Engineering  
WAsP Engineering でモデル化した複雑地形における Lidar の性能
16. Commercial Lidar Profilers For Wind Energy-A Comparative Guide  
風力用 Lidar の比較ガイド
17. Wind Profiles and Forests - Validation of Wind Resource Assessment Methodologies Including the Effects of Forests  
樹林帯の風速分布-樹林帯の影響を考慮した風資源評価手法の検証

取り上げたテーマをジャンル別に整理すると以下のようになります。

- LIDAR による風観測に関するもの 5 件
- 風車の疲労強度・サイト適合性評価に関するもの 4 件
- 風車性能試験に関するもの 2 件
- シミュレーション（風況・発電量・ウエーク）に関するもの 3 件
- 風車の稼働実績に関するもの 1 件

これら文献を眺めてみると、風況に関して欧州の研究開発および実務上の問題意識がどう

いった点にあるかが薄ぼんやりと見えてきます。それは、次のような状況です。

## 1. ライダー

- ▶ ライダー（レーザービームを使ったリモート風計測システム）は、3次元空間の風速変動を捉えることが出来る、という点で従来のマスト風速計の限界を大きく打ち破る計測システムとして注目されている。この利点を生かして、ウインドファーム計画地全体をカバーする3次元風況マッピングや、風車周辺の3次元流れ場を計測する試みがなされている。
- ▶ ライダーは真上の風速を計る場合は、ソーダールと同じく、円錐状にビームを走査させる必要があるため、マスト風速計のような点計測は無理で、空間（地上100mの計測では直径120m、高さ20m程度）平均値の計測となる。複雑地形では空間内の風速場は一様ではないため、マスト風速計と比較すると10%程度の誤差が生ずる可能性がある。
- ▶ 複雑地形における非均一風速場を風況シミュレータで解析し、これからライダーの計測誤差を算定、実測値と比較した報告がある。結果は必ずしも充分なものとはいえないが、シミュレータの精度をあげることが出来れば、複雑地形におけるライダー計測の実用性を事前に評価するためのツールとして利用できる可能性はある。
- ▶ 風車用に開発されたライダーは、現在 ZephIR（英国）と Windcube（仏）の2製品が市場に投入されている。前者は連続波方式、後者はパルス波方式と計測原理が異なっており、それぞれ利害得失がある。

## 2. 風車の性能試験

- ▶ 風車の性能試験は、ハブ高さの風速を計測して、これをもとに風車出力を整理しているが、風車が大型化するにつれて、テニスコートに匹敵するような広い翼面積の風速をただ一点だけの風速で代表させて、風車の性能を規定することには無理があるのではないかと、議論がある。翼面全面の風速を何らかの方法で平均化し、等価ハブ高風速とし、これを、従来のハブ高風速に置き換えて風車性能を評価しようとする考え方である。
- ▶ これを実現するためには例えば翼径80m、ハ

ブ高80mの2MW風車の場合、地上40mから120mまでの高さの風速を連続的に計測する必要がある。このような場合、面計測の可能な、ライダーが従来のマスト風速計に代わり得るシステムとして注目されており、IEC61400-12-1『風車性能試験法』の標準計測システムとして取り入れる可能性について検討がなされている。

- ▶ 流入風の乱れ強度が風車性能に与える影響も無視できない。
- ▶ 風車に固有で、乱れ等のサイトの風況条件に依存しないパワーカーブを定義する手法として、動的解析法による性能試験法も提唱されている。

## 3. 風況シミュレータ

- ▶ WAsPは風況シミュレータの定番ツールだが、線形モデルであるがゆえに、複雑地形における精度に限界がある。非線形CFDモデルは複雑地形に適しておりその限界を破るものであるとされているが、WAsPに比べてどの程度優れているのか、どの程度のシミュレーション精度が期待できるのか、といった点について系統だった評価が十分になされているわけではない。
- ▶ これに関して、デンマーク・フランス・日本の8つの非線形CFDモデルを使ってラウンドロビンテストが実施された。
- ▶ その結果、モデルにより推定精度に大きなバラツキがあり、年間平均風速で5%~13%、発電量で7%~25%の間に誤差が分布していた。非線形CFDモデルといえども必ずしも万能ではないことがわかった。WAsPでどの程度の誤差になるかは示されていないが興味のあるところである。
- ▶ 樹林帯の内部、或いは樹林帯に近接して風車サイトが立地するケースも多いが、樹林が風用に及ぼす影響は実は良く判っていない。風況シミュレータにあっても樹林帯の内部・周辺については誤差が大きく現われるところである。WAsPと非線形シミュレータの一つであるWindSIMを使い、パラメータスタディを行った結果が報告されている。粗度値とゼロ面変位を樹木の高さに関連付けたパラメータ設定が比較的良好な結果を生んでいる。
- ▶ 特に洋上のような広大でしかも風況観測デ

ータの乏しいエリアの風資源を推定し、また、局風速の分布を推定する手段として、領域気象モデルをつかって解析する試みがある。

- ▶ 大規模ウインドファーム内の風車ウエークによる発電ロス量は10%から20%に及ぶが、これを予測するための風況シミュレータにおけるウエークモデルは未だ十分に精緻なレベルには達していない。EC 予算の研究開発プロジェクト UPWIND の一環として、複雑地形および洋上の大規模ウインドファームにおける風車配置を最適化（発電量/荷重の観点から）することを目的として、ウエーク内の風速と乱れのモデル研究が進められている。

#### 4. 風車の疲労強度およびサイト適合性

- ▶ IEC61400-1 による風車のサイト適合性評価は、§ 11.9 の風況データによる簡易評価法で合格とならない場合、§ 11.10 の詳細検討により行う必要があるが、設計データを必要とするため、風車メーカーに検討を依頼する必要がある。これを避けるため、その間に中間ステップを設け、簡易評価で不合格な場合でも、事業者/コンサル側で評価できる範囲を広げようという試みがなされている。
- ▶ タワーの疲労荷重に対する乱流強度、ウインドシアの影響について調査の結果として、以下の知見が報告されている。①実機タワーの測定データから算出した等価疲労荷重は乱れ強度の増加に伴って増加する。乱れ強度が2%増加すると等価疲労荷重は約 10%増加し、これは IEC のクラスが1ランクアップすることに相当する。②ウインドシアはタワーの疲労荷重にはほとんど影響を及ぼさないが、ブレードには影響を及ぼす。③観測された風況因子から作成した 3D 風モデルによる動解析の結果は、実機による結果と同様の傾向を示した。
- ▶ ウインドシア（風速の上下差）は夜間大きく日中に小さくなる傾向がある。大陸の内陸部では夜昼の差が極端に大きく、N 値換算（年間平均値）で夜間 2.5 程度、日中 10 程度に達するところもある。これほど差が大きくなると、風車の疲労荷重に与える影響も無視できなくなる。風車の等価疲労荷重に対する影響を空力弾性シミュレータ BLADED を用いてパラメータ解析を行った結果、標準のケース

に比べて、フラップ方向モーメントとハブモーメントが大幅に増大することがわかった。計測および解析結果は、一般化までには至らないと思われるが、風速の日変化までも含めたサイトごとの荷重解析を行うことで、より精度の高い疲労寿命予測を行えることが示唆されており、大変興味深い。複雑地形においても同様の解析を行うとどのような結果になるか、興味のあるところである。

- ▶ IEC61400-1Ed. 3（風車の設計標準）では荷重外挿の要求が新たに追加されたが、その方法についてはガイドラインが全く示されず、設計者に混乱を招いている。状況を改善すべく IEC 標準委員会の中に、IE3（IEC Load Extrapolation Evaluation Exercise）というワーキンググループが結成され、作業を進めている。まずは、荷重外挿のベースとなるデータセットおよび、荷重外挿法の正確度を評価するためのデータセットの作成から作業をスタートした。その進捗状況と、これによってシミュレーションを行った結果について報告されている。

#### 5. 風車の稼働実績

- ▶ ガラードハッサン社が蓄積してきたウインドファーム（全世界の設備容量の 15%、ウインドファーム数 250 超、稼働期間 15 年まで）の評価実績から得た稼働率の実績集計結果
- ▶ 平均 97%程度、80%を切るファームは少ない。運開 1 年目は 93%程度、以後年ごとに向上、MW 機は小型機に比べ、最初の 2 年間は稼働率が低いが、3 年目以降は肩を並べる。
- ▶ 風速別に見ると、15m/s 以上、および 7m/s 以下のレンジで稼働率が総体的に低下している。高速域では過負荷によるトラブルが原因となるものが多い。低風速域は定期メンテナンスや緊急でないメンテナンスを実施することによる。

