



リアムコンパクト数値モデルとドローン空撮測量を連携した

新しい数値風況診断技術の開発に成功

ー風力発電所における地形起因の大気乱流を解明・風車の事故を未然に防ぐー

九州大学応用力学研究所の内田孝紀准教授は、西日本技術開発株式会社および株式会社環境GIS研究の協力の下、株式会社九電工と共同研究を実施し、内田准教授が開発している「数値風況診断技術RIAM-COMPACT(リアムコンパクト)」と「ドローン空撮測量」を連携した新しい数値風況診断技術を開発することに成功しました。

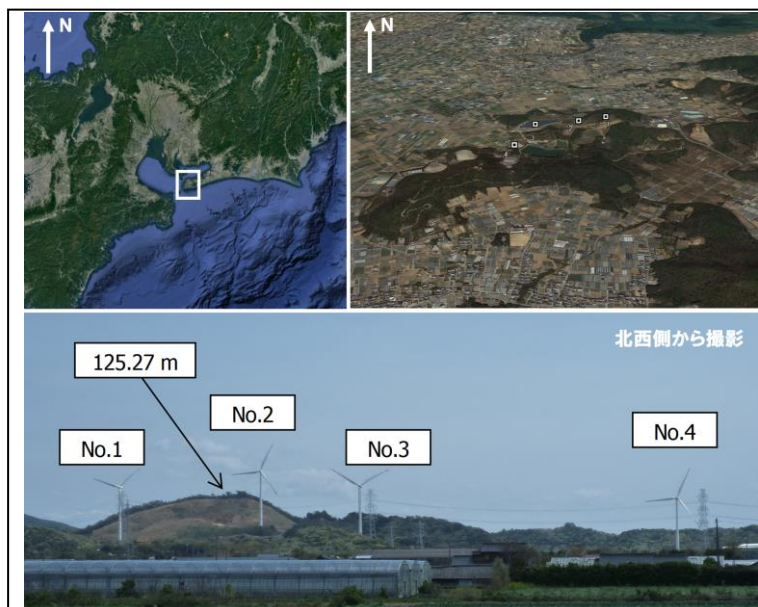
本研究で対象となった愛知県田原市の渥美風力発電所には、出力2MWの大型風車(V80-2MW)が4基設置されています。渥美風力発電所では、東南東の風が発生した際、その影響により風車の主要部品の故障が多発し、その主な原因が地形起因の大気乱流の発生によることが示唆されました。本研究では、その原因を詳細に調査するため、ドローンによる空撮測量を行い、現地の地形起伏や地形表面を覆う樹木の高さや空間分布を空間解像度1mでコンピュータ内に忠実に再現することに成功しました。特に、これまで被害の大きかった2号機をターゲット風車にし、詳細に調査・研究を行った結果、風車周辺に発生している地形起因の大気乱流の存在を視覚的に明らかにしました。

今後は、一連の数値風況診断の結果を用いてさらに詳細な考察を行い、風車の「重大事故」を未然に防ぐための風車制御方法の確立を目指します。我々が「産学連携」で一丸となって取り組む今回の共同研究は、陸上および洋上の大規模風力発電の適切な普及・拡大に大きく貢献することが期待されます。

研究者からひとこと：

本研究で対象とした出力が数MW以上の大型風車と同様、固定価格買取制度の適用を目的とした出力20kW未満の小型風車においても、日本海事協会(ClassNK)による「型式認証(性能・安全性に関する要求事項への適合性評価)」が実施され、それに合格した機種が販売されています。

しかしながら、小型風車の場合は、十分な風況調査を実施しないまま設置されるケースが非常に多く、風車設置後の風車トラブル(事故・故障・予想発電量が出ない等)が多数報告されています。地面から風車中心までの高度が低く、地形起因の大気乱流の影響を強く受けやすい小型風車も大型と同様、風車設置前の精緻な数値風況診断が必要不可欠です。



(参考図)

本研究で対象にした愛知県田原市の渥美風力発電所、ベスタス社の2MWの風車(V80-2MW)が4基設置されています。

【連絡先】 応用力学研究所 准教授 内田 孝紀(うちだ たかのり)
電話:092-583-7776 FAX:092-583-7779
Mail:takanori@riam.kyushu-u.ac.jp

別紙

本研究で対象にしたのは、2007年3月より運転を開始した愛知県田原市の渥美風力発電所(図1)です。渥美風力発電所には、ベスタス社の2MW商用大型風車(V80-2MW、地面から風車中心までの高度は78m、風車のブレード直径は80m)が4基設置されています。ブレード先端の最高到達点は地面から118mになります(図2)。図2に示すように、風車のナセル上には、風向センサー・風速センサーが設置されており、風車の運転制御等に活用されています。2号機風車に関して、上記のセンサーで取得された実測データを解析した結果を図3および図4に示します。その結果、この地域の卓越風向である北北西においては、風車の故障等に関する乱流強度(風速の変化量)の値はそれほど大きくないものの、東南東の風の場合には非常に大きな値を示していることが明らかになりました。そこで本研究では、東南東が発生した際の2号機をターゲット風車にし、風車周辺の気流性状をコンピュータシミュレーションにより忠実に再現し、詳細な調査を行いました。

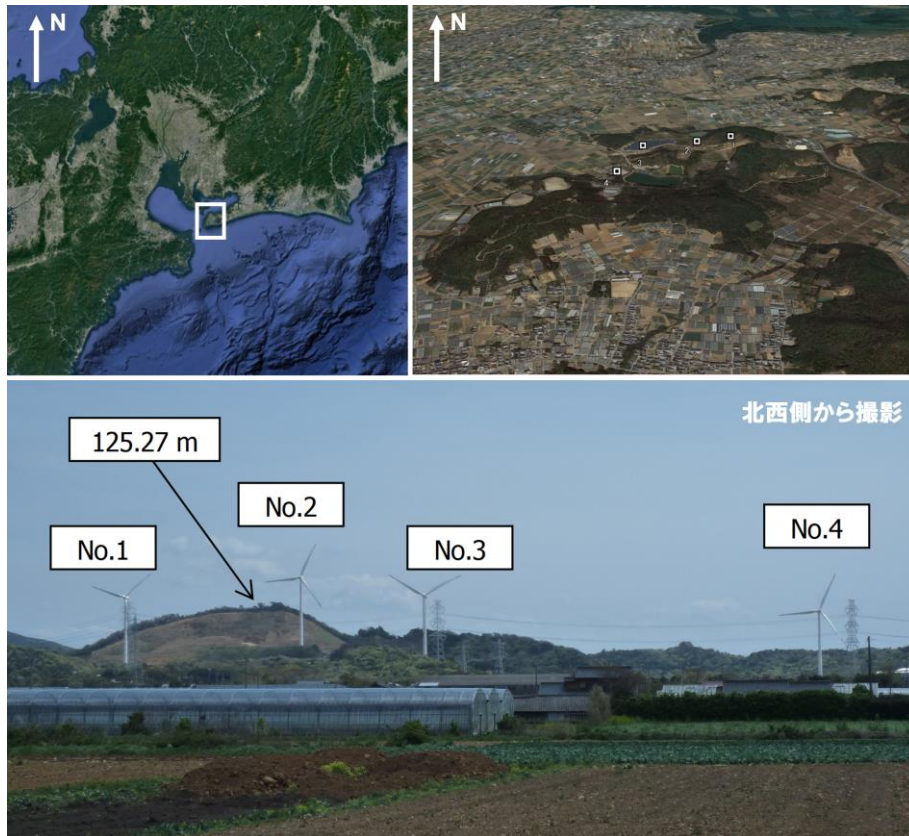


図1 愛知県田原市に位置する渥美風力発電所

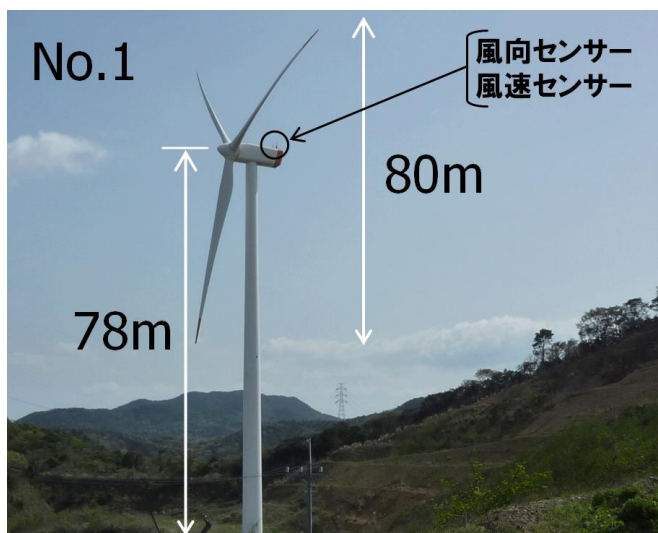


図2 風車のスケール(現地写真)

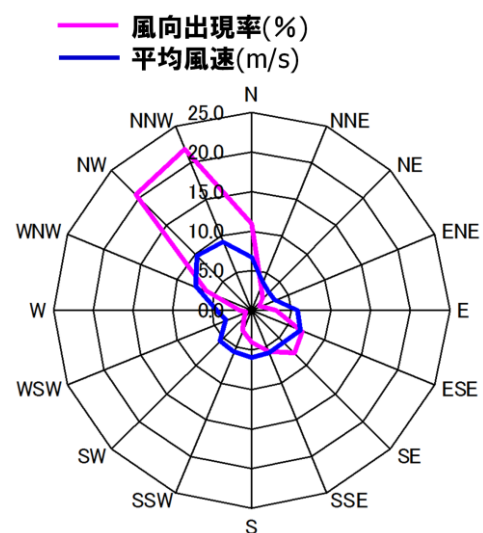


図3 2号機風車の風向センサー・風速センサーの分析結果、風配図、2016.4~2017.3

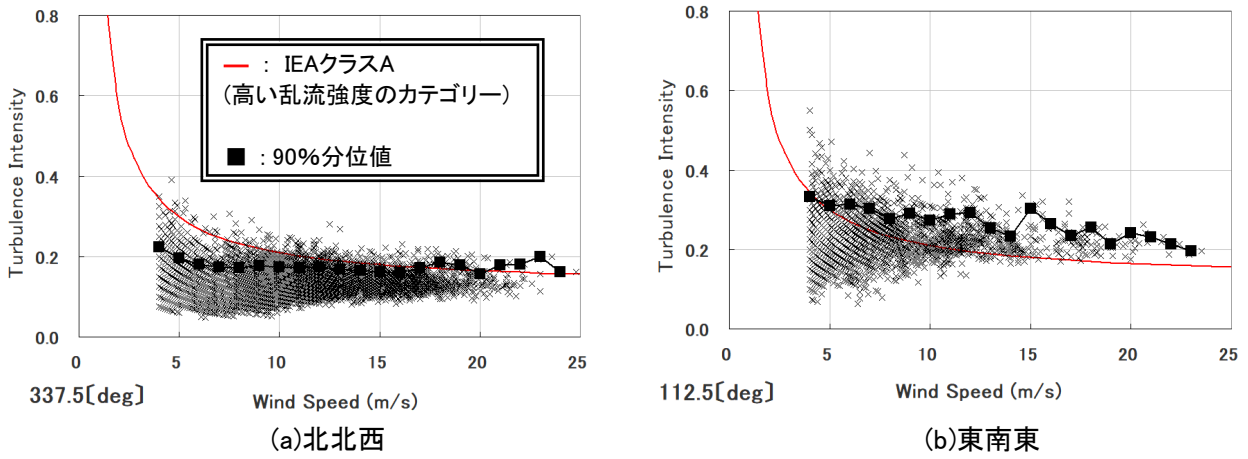


図4 2号機風車の風向センサー・風速センサーの分析結果、乱流強度分布図、2016.4~2017.3

この目的に対し、無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン)を用い、対象範囲を格子状にうまく自動的に飛行・撮影するための飛行プログラムにより、地上高約75m上空から連続的な真下撮影を行いました。本研究で使用したドローンはDJI社製のPhantom4です(図5)。



図5 本研究で使用した無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン)、DJI社製Phantom4

上空からの連続撮影にて取得された約570枚の画像群を3次元画像解析ソフトで処理し、最初に3次元の点群データを作成しました。そのままでは絶対的な位置精度に誤差が生じるため、国土地理院が提供する5mメッシュ標高を用いて座標補正を施した上で、最終的に(1)地形標高データと(2)樹木や地上構造物の高さデータの2種類に分離し、メッシュデータ(4km×4km:水平空間解像度1m)として出力しました。

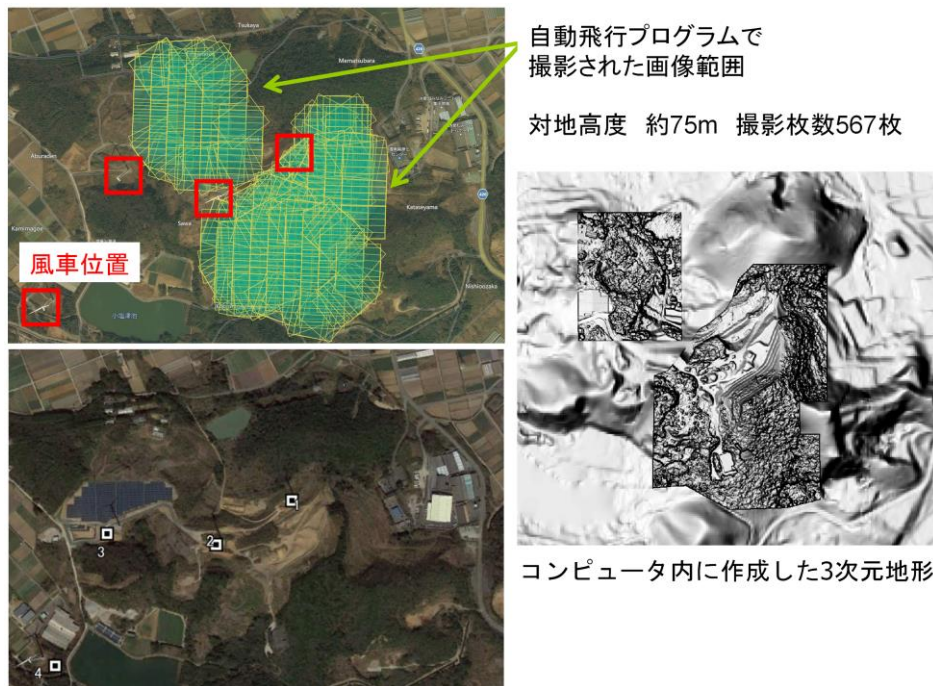


図6 無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン)による地形構築

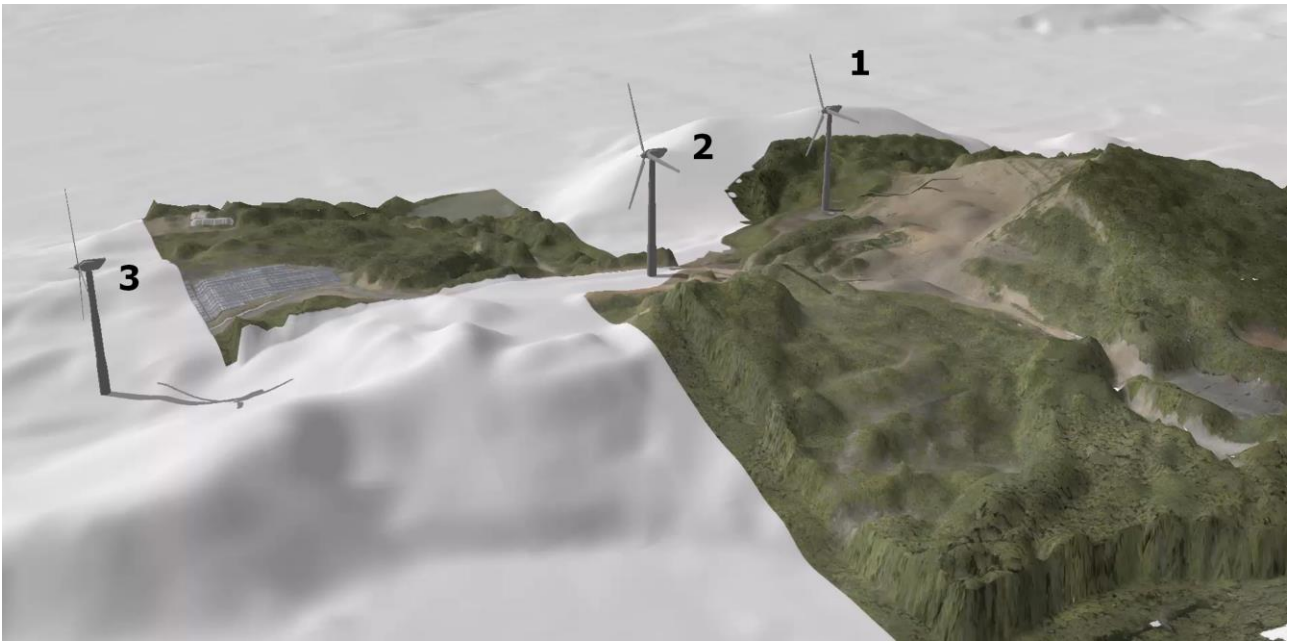


図7 3次元画像解析ソフトで処理した標高データとその鳥瞰図

内田准教授は、図6および図7に示す3次元詳細地形データを入力データとして、内田准教授が開発を進めている数値風況診断技術「RIAM-COMPACT(リアムコンパクト)」を用いて、東南東の風の流れを応用力学研究所のスーパーコンピュータ(NEC製のSX-ACE)で計算し、局地的・局所的な風の流れの時間的・空間的な変動を可視化することに成功しました(図8および図9)。図9には、2号機風車を通る鉛直断面内の主流方向(x)の風速分布(u)を示します。2号機風車は、そのすぐ上流に位置する標高約125mの小地形からの剥離流(地形起因の大気乱流)の影響を強く受けている様子が確認されます。計算結果のアニメーションを作成し、これを詳細に観察すると、特に風車ハブ中心(地上高78m)から地面において風速は時間とともに激しく変動していることが明らかになりました。風車立地点における風速の鉛直分布は流入風速分布から著しく逸脱した上、さらに大きく歪んでおり、結果として高度方向に大きな風速差が多数発生していることが示されました。一般的に、風車のパワーカーブ(理論値)は、風車の存在は仮定せずに、平坦地の下で風車ハブ中心へ流入する風速値で規定されています。また、速度シアも5~7程度のベキ法則に従う分布が前提になっています。よって、ベキ法則から大きく逸脱した場合には、発電電力量の大幅な低下が予想され、同時にヨーモータやヨーギアなどの故障にも直結します。

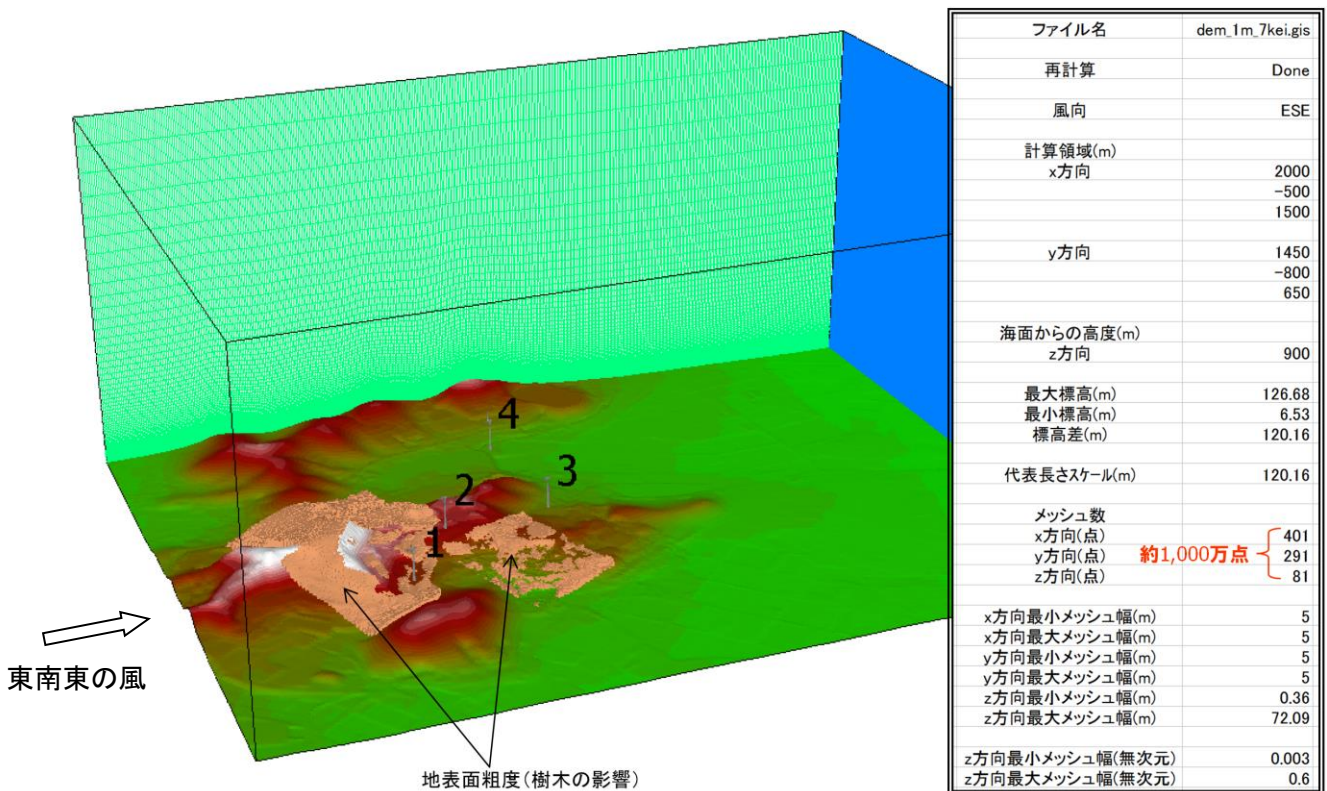


図8 RIAM-COMPACT(リアムコンパクト)で設定した計算領域等

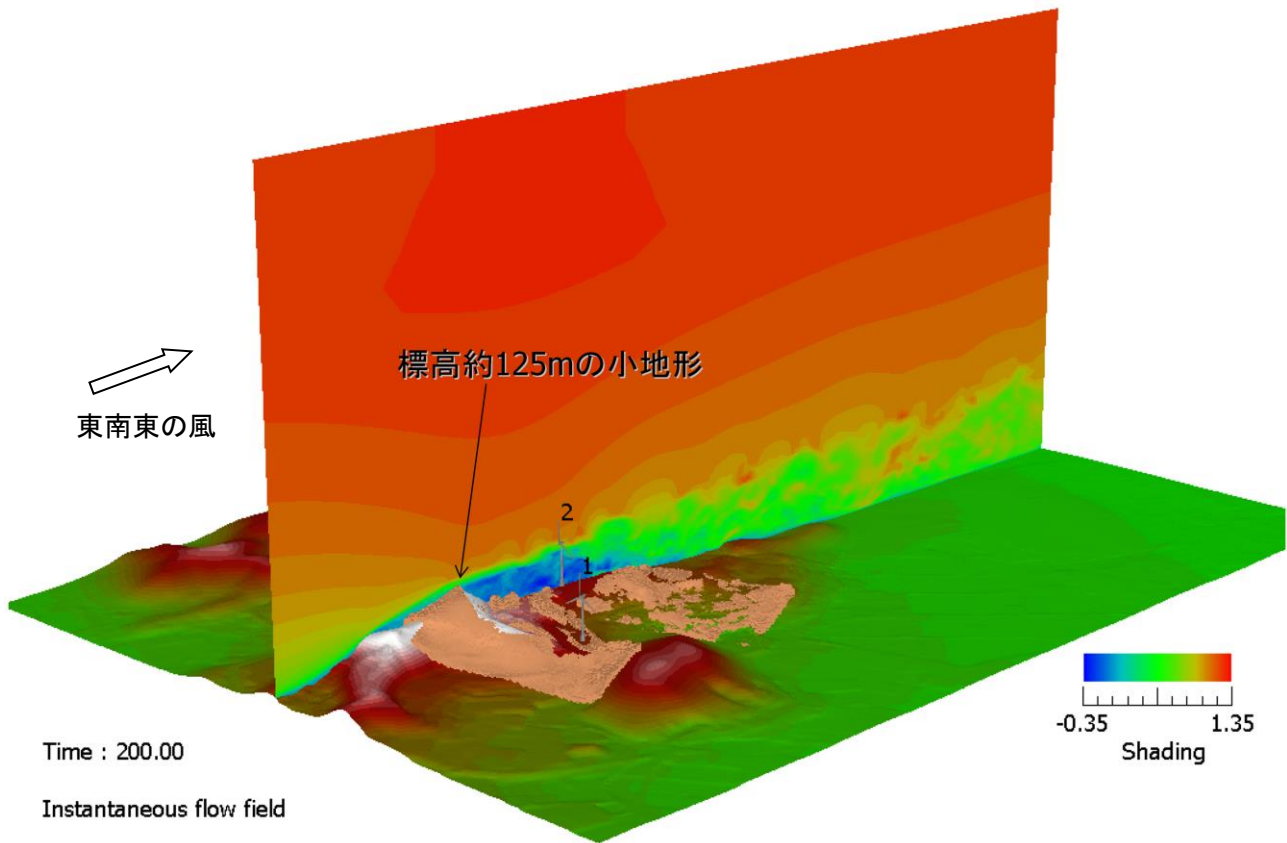


図9 RIAM-COMPACT(リアムコンパクト)による計算結果の一例

渥美風力発電所においても、東南東の風が発生した場合、①ヨー制御の多頻度動作によるヨーモータのブレーキパッド損耗および遊星ギヤの破断(金属疲労と推定)と、②ピッチ制御の多頻度動作による油圧操作系の故障が多数確認されています。今後は、一連の数値風況診断の結果と、現地における運用経験、さらには風車メーカーとの協議を通じて、地形起因の大気乱流の影響が顕著となる風向と風速の条件を満たした際には、風車を自動的に停止させることで風車の故障を未然に防ぐ手法を検討していく予定です(図10)。

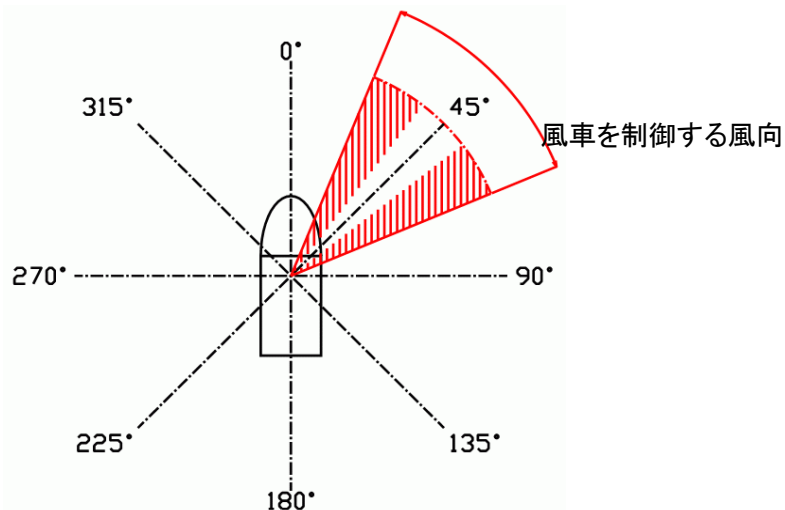


図10 風車の適切な運転制御手法のイメージ図

■謝辞

本研究は九州大学と株式会社九電工との共同研究(研究タイトル:「風力発電所を適正に運用するための風車制御に関する共同研究」、研究期間:平成29年3月14日~平成30年3月31日、研究代表者:内田孝紀)の支援を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

■参考文献

- 1)内田孝紀, LESによる数値風況診断に基づいた風車制御とその経済効果,
日本風力エネルギー学会論文集, Vol.39, 通巻116, pp.61-68, 2016
- 2)内田孝紀 他4名, RIAM-COMPACTによるウインドリスク(地形乱流)の数値診断—愛知県渥美
風力発電所を例として—, 日本風力エネルギー学会論文集, Vol.35, 通巻99, pp.14-23, 2011

■お問い合わせ先

【研究全体のお問い合わせ】

応用力学研究所 風工学分野 准教授 内田 孝紀(うちだ たかのり)

電話:092-583-7776

FAX:092-583-7779

Mail: takanori@riam.kyushu-u.ac.jp

【株式会社九電工のお問い合わせ】

営業本部 事業開発部 事業推進グループ 大藪 秀樹(おおやぶ ひでき)

電話:092-523-0674

FAX:092-524-7124

Mail: h-yabu@kyudenko.co.jp

【西日本技術開発株式会社のお問い合わせ】

火力本部 火力技術部 技術調査グループ 川島 泰史(かわしま やすし)

電話:092-713-0516

FAX:092-713-6841

Mail: y-kawashima@wjec.co.jp

【株式会社環境GIS研究所のお問い合わせ】

代表取締役 荒屋 亮(あらや りょう)

電話:092-847-0105

Mail: araya@engisinc.com