

# ドローン空撮測量と連携した新しい数値風況診断技術の開発 九州大学 応用力学研究所

ドローン空撮画像から作成した詳細3D地形を用いて  
高精度な風況シミュレーションを実施  
風車設備の長寿命化につながる運用が可能に



九州大学 応用力学研究所 准教授 内田 孝紀 氏



**九州大学**

## PROFILE

組織名：九州大学 応用力学研究所  
 住所：〒816-8580  
 福岡県春日市春日公園6-1  
 問合せ先：内田 孝紀 准教授  
 Email: takanori@riam.kyushu-u.ac.jp  
 使用製品  
 Drone2Map for ArcGIS  
 ArcGIS Desktop

課題  
 ・地形乱流による風車故障の発生  
 ・風況シミュレーションのための詳細地形データの取得

導入効果  
 ・ドローンで詳細な地形データ作成  
 ・乱流予測による風車疲労の予測  
 ・風車故障を未然に防ぐ運転制御に寄与

## 導入パートナー企業



**西日本技術開発株式会社**

組織名：西日本技術開発株式会社  
 火力本部 火力技術部 技術調査グループ  
 住所：〒810-0004  
 福岡県福岡市中央区渡辺通2-1-82  
 電気ビル共創館7F  
 問合せ先：川島 泰史 氏  
 Email: y-kawashima@wjec.co.jp



組織名：株式会社環境GIS研究所  
 住所：〒814-0001  
 福岡県福岡市早良区百道浜2-1-22  
 福岡SRPセンタービル308  
 問合せ先：荒屋 亮 氏  
 Email: info@engisinc.com

## ■概要

風車の周囲では、地形により目に見えない「乱流」が発生し、それらが風車に力学的な疲労を与え故障につながっている。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研究所の協力の下、「数値風況診断技術RIAM-COMPACT（リウムコンパクト）」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確立した。技術開発に向け、東海地方にある実際のウィンドファームを対象に検証が行われた。当該施設の風車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ている。その主な原因は、地形起因の大気乱流の発生によると示唆されている。そこで、その原因を詳細に調査するため、ドローンを使った空撮測量を行い、現地の地形起伏や地表を覆う樹木の高さ、空間分布を空間解像度1mで忠実にコンピューター内に再現した。その結果、風車周辺に発生している地形起因の大気乱流の存在が視覚的に明らかになるとともに、実測データの解析結果との定量的な一致が得られた。

この知見から今後は風車の「重大事故」を未然に防ぐための風車制御方法の確立が目指されるとともに、風力発電事業の収益性を高めることが期待されている。

## ■課題

本研究の対象である商用大型風車には、風向・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る（図1）。特に故障の多い風車のセンサー情報

を分析すると、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った。そこで、東南東の風が発生した際の、風車周辺の気流性状をコンピューターシミュレーションにより忠実に再現し、詳細な調査をすることとした。

風況シミュレーションで地形乱流を可視化するには、周辺の地形・樹木等の微細な3D形状の取得が極めて重要となる。既存の地形図からは、近年の地形改変や、樹木の場所、樹高などを捉えることができないという課題が指摘された。

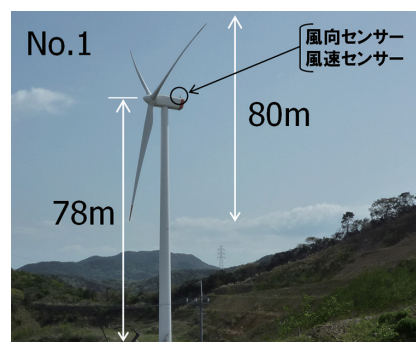


図1 風車の形状

## ■課題解決手法

詳細な周辺地形は、無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン）で風車サイトを撮影し、それらを画像解析することで取得した。撮影は、対象範囲を格子状にくまなく自動的に飛行・撮影するための自動飛行プログラムを用いて、地上高約75m上空から連続的な真下撮影の手法で行った。使用したドローンはDJI社製のPhantom4である。

次に、ドローンで撮影した約570枚の画像群を3次元画像解析ソフトDrone2Map for ArcGISで処理し、(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(水平空間解像度1m)として出力した。

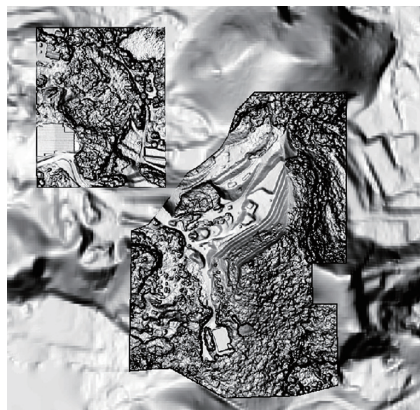


図2 ドローンで作成した標高

作成した3次元詳細地形データを入力データとし、数値風況診断技術「RIAM-COMPACT」を用いて、東南東の風の流れをスーパーコンピュータ（NEC製のSX-ACE）で計算することで、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した。図3は、風車を通る鉛直断面内の主流方向（x）の風速分布を示す。風車は、そのすぐ上流に位置する標高125mの小地形からの剥離流(地形性乱流)の影響を強く受けている様子が確認できる。特

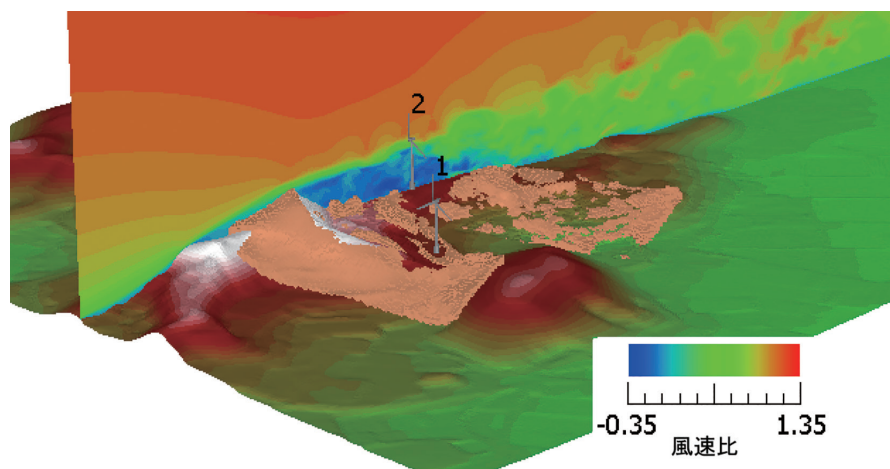


図3 風況シミュレーション結果の一例

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った。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、結果として極端な速度シアが多数発生していることが示された。

## ■ArcGIS活用の経緯

今回ドローンで撮影した連続写真の解析には、Drone2Map for ArcGISを、その後のデータ加工や可視化においてArcGIS Proを使用した。Drone2Map for ArcGISは合計3GB程度におよぶ膨大な写真データ群を汎用パソコンで安定して解析できた。解析地形データから樹木等の高さ情報の抽出や3次元的な地形の可視化にはArcGIS Proが活用された。

## ■効果

一般的に、風車の発電量は、鉛直上方に向けて徐々に風速が増加していく「ベキ法則」に沿った風が風車ブレードに流入することを前提に設計されている。よって、ベキ法則から大きく逸脱した今回のシミュレーション結果からは、発電電力量の大幅な低下が予想され、同時に極端に大きな速

度シアはヨーモータやヨーギアなどの故障にも直結しているとされる。実際の風車においても、東南東の風が発生した場合、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アの破断（金属疲労と推定）と、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る。

ドローンおよびDrone2Map for ArcGISを用いた3次元地形データは、地形図からは取得できない実際の形状を取得するため、非常に信頼性の高いシミュレーションが実現した。加えて、Drone2Map for ArcGISで出力される3D成果物は、ArcGIS Proを用いて3次元的にプレゼンテーションが可能である。ドローンによる風車視点の映像などと合わせて見ることで、地形形状と乱流発生メカニズムを専門家以外の方と共有できる有用なコミュニケーション手段として活用できることが分かった。

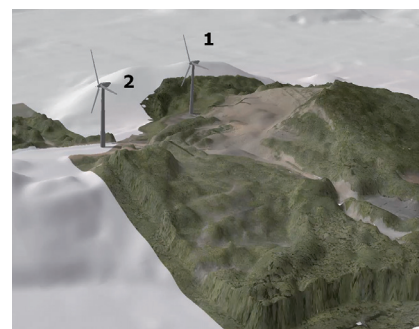


図4 風車サイトの3次元可視化

## ■今後の展望

本結果から、今後は風向・風速条件によって風車を自動的に停止させるためのアルゴリズムの開発を進め、風車の故障を未然に防ぐ風車制御手法を確立する予定である。また、近年導入が進んでいる小型風力発電は、周囲の樹木や建物の影響をより強く受けるため、ドローンを活用した地形データ構築手法を用いて最適な導入を促進していきたい。