

運転時の風車ブレードの3次元運動解析ソフトを用いた振動測定の検討

東京理科大学理工学部 フェロー ○木村 吉郎 東京理科大学理工学部(研究当時) 非会員 星野 龍一郎
 東京理科大学理工学部(研究当時) 非会員 木村 大知 (株)駒井ハルテック 正会員 幽谷 栄二郎

1. はじめに

わが国でも大型風車の普及は著しいものがあるが、疲労損傷等の原因になる、運転時のブレードの振動特性については、十分には明らかになっていない。本研究では、模型を用いた予備的検討¹⁾に引き続き、3次元運動解析ソフトを用いて、実風車ブレードの運転時の振動特性を、簡易に測定することを試みた。

2. 測定手法の概要

3次元運動解析ソフト DIPP-Motion PRO(DITECT 製)を用いた。 (株)駒井ハルテック富津工場の KWT300 型の中型風車 (定格出力 300kW, ロータ直径 33m) を 2 台の高速カメラ (HAS-L1, DITECT 製)を用いて 500fps で撮影した。それを 3次元データに直すために行うキャリブレーションは、図 1 に示すような相似関係を用いて、東京理科大学野田キャンパスの建物屋上近くにキャリブレーションスケールを設置して行った。図 1(a)の平面図中のカメラの前後に平行に描かれている棒状のものは、三脚の位置を正確に決定するために製作した三脚支持台を設置する山形アンクル材である。その設置は、高さがある水平面内になるとともに、所定の位置となるように、測量により正確に行った。また測定データに対して、座標変換を適用することにより、x 軸が風車の風上向き、y 軸が上向き、z 軸が水平風向直角方向 (右手系) となるようにした。なお原点は、タワーの中心軸位置のロータの中心高さにとった。

図 2 に、ブレードを 2 台のカメラにより撮影したそれぞれの画像の例を、運動解析ソフトにより得られたブレード先端の追尾の軌跡と共に示す。先端の追尾は、運動解析ソフトにより基本的には自動で行われ、その精度は、最終的に得られる結果に直結する。画角とカメラを設置できる位置の制約から、ブレード先端の追尾は、ほぼ最下点から、水平近くまでの、1 回転全体ではなく、その約 1/4 程度についてのみ行えた。

3. 測定結果

図 3 に測定結果の例 (回転数は 28.4rpm) を示す。図には 3 つのブレード先端を次々追尾した結果を示しており、左から、ブレード 1→ブレード 2→ブレード 3→ブレード 1→... の先端の変位を表す。ロータ回転面から直角方向の x 座標の変化量は小さいものの、変動しており、これは、ブレードの弱軸に関する曲げ振動に対応する変位であると考えられる。例えば図 3(a)の

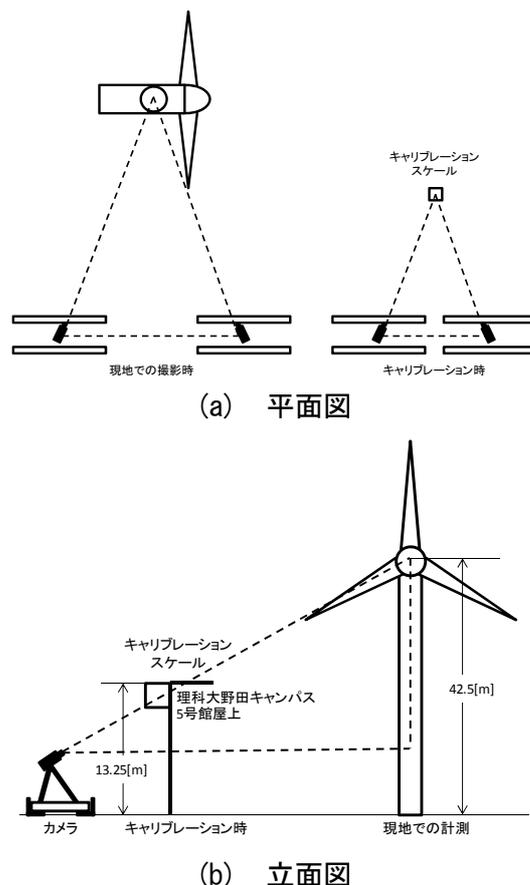


図 1 現地とキャリブレーションの相似関係



図 2 2 台のカメラによる画像と追尾の例

キーワード：実風車, ブレード, 対風応答, 3次元運動解析ソフト, 振動モニタリング

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科, TEL: 04-7122-9354

左から3番目の、ブレード3先端の変位を正弦波で近似してみると(図4), 実測値には、追尾が十分正確に行われていないことにより生じていると考えられるデータの不連続が少し見られるが、概ね正弦波で近似できている。このようにしてブレードの振動数を求めると、2.3~2.6Hzであった。同形式のブレード単体の固有振動数は、1次で2.66~2.67Hz, 2次で7.51~7.53Hzであった。これらの値よりはやや低めではあるが、両者は概ね一致していることから、本測定では、ブレードの1次モードの振動を捉えられていると考えられる。

それぞれの追尾の開始時点と終了時点近くのデータについては、ターゲットとしているブレードの先端が、タワーの陰のそばになる、または距離が遠くなるため、追尾の誤差が大きくなり、一般に精度が悪くなる傾向があった。しかしほとんどのデータで、追尾の開始時点はx軸方向に変位が増加する傾向がみられ、これは、タワーの存在によりブレードに作用する風荷重が減少するために生じる振動が支配的となっていることを示している可能性がある。

なお図4に示した結果は、カメラで撮影された動画に対して、明るさが急に变化するエッジの部分強調するような、Kirshフィルタを用いて画像変換し、ブレード先端をより追尾しやすくした後に処理を行ったものである。また、風速が高いほどブレードの応答が大きくなる傾向もみられた。ブレードの疲労問題を考えると、高風速時の観測が重要と考えられるが、測量器具の扱い等、設置作業が難しくなるため精度が低下する恐れもある。

4. まとめと課題

3次元運動解析ソフトを用いて実風車ブレード先端の振動を把握するためには、カメラを相似関係を満たすように精度良く設置し、3次元解析ソフトで得られるデータを正確に座標変換する必要があった。得られたブレード先端の風向方向変位は、追尾の精度の問題などから不連続が生じている場合もあり、必ずしも十分な精度が得られているとは言えないが、ブレードの振動特性をある程度把握することができた。なお本研究は、科研費(23656291)の助成を受けた。

参考文献: 1) 木村, 岡本, 八幡: 3次元運動解析ソフトを用いた風車ブレードの振動測定手法の検討, 土木学会第67回年講, 1-307, 2012.

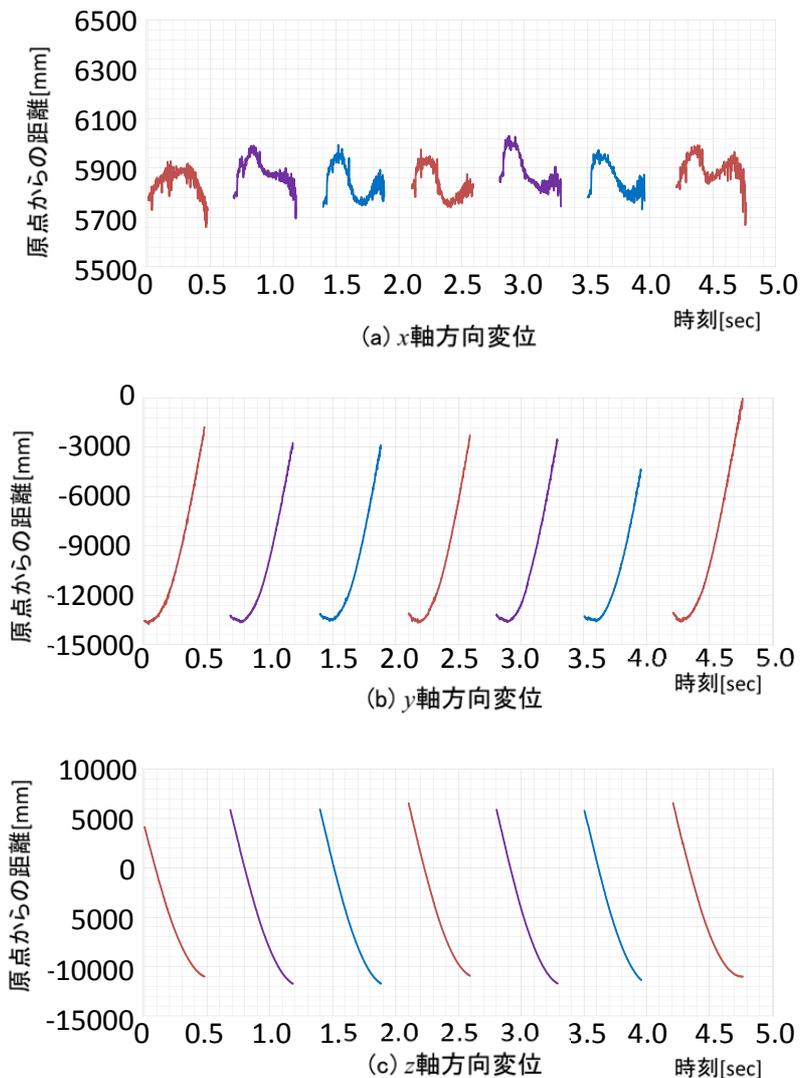


図3 ブレード先端変位の測定結果の例

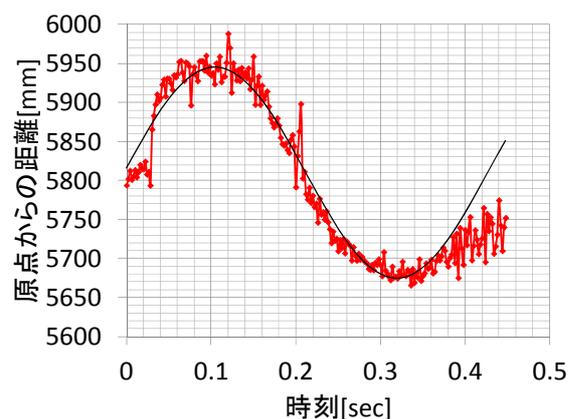


図4 風向方向変位xとその正弦波による近似