

高速度カメラと3次元運動解析ソフトを用いた実風車ブレードの振動測定

東京理科大学大学院
 昭和株式会社 (研究当時 東京理科大学大学院)
 (株)駒井ハルテック
 東京理科大学

学生会員 ○河合 康太
 非会員 新井 那亜
 正会員 幽谷 栄二郎
 フェロー 木村 吉郎

1. 目的

発電用風車の事故の防止，発電効率の向上は重要である．そのためには，高精度な対風応答解析手法の確立が有効だが，その精度の検証に必要な運転時の実風車ブレードの振動を測定した例は少ない．そこで，動画の運動解析による実風車ブレードの振動測定手法を開発してきたが¹⁾，ここでは，キャリブレーション手法の比較と測定例について述べる．

2. 測定方法

実風車（駒井ハルテック製 KWT300）を2台の高速度カメラで撮影する．その際，キャリブレーション用の画像も撮影する．3次元運動解析ソフトで，撮影した動画のブレード先端を追尾し，ブレード先端の3次元座標の時刻歴を出力する．しかし，出力された3次元座標のデータのままでは，回転成分が支配的となり，ブレードの振動を精度よく把握できないので，座標変換を行い，ローター面に直角方向成分を抽出する．

3. キャリブレーション

静止画像で座標の分かっている8点以上をポイントすることで行う．以下の2種類の方法でキャリブレーションを行い，その簡易性と精度を比較，検討した．

(1) スケールを吊り下げる方法 (方法1) : ナセル部からスケールを吊るして撮影する (図1)．

(2) ブレード先端を用いる方法 (方法2) : ブレードを静止させ，その先端をポイントする．ローターとヨーの角度をそれぞれ180°ずつ変えて，計12箇所ポイントした (図2)．

4. 測定結果

(1) ブレード先端の軌跡 : 座標変換後の座標軸の定義を図3，4に示す．動画追尾，キャリブレーション，座標変換が正確に行われていれば，変換後のX'-Y'面では直線，Y'-Z'面では円に近い軌跡を描く．Y'-Z'面での円の歪みが小さいことから，両方法共にある程度の精度があると考えられる (図5，図6)．この2つのうち，キャリブレーション時のポイントを少しずらした場合の，測定変位に与える影響は，方法2の方が少なかった (図7，8)．

キーワード ブレード，風車，対風応答，現地観測，運動解析，風工学
 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. 04-7124-1501(内線 4070)



図1 スケールを吊り下げる方法



図2 ブレード先端を用いる方法

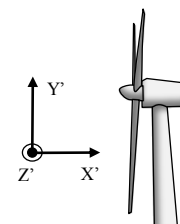


図3 X'-Y'軸面

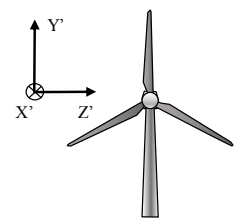


図4 Y'-Z'軸面

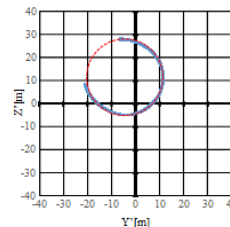


図5 方法1の軌跡

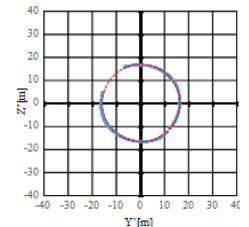


図6 方法2の軌跡

(2) 実直径との差：軌跡の円の直径と，実風車の直径との差が小さいほど精度が良いと判断できる．方法1は2~55cm程度の差があり，測定ケースによりばらつきがあった．方法2では20~48cm程度の差が生じた．これらの差の生じる原因は明らかにできていないが，実直径33mに対する誤差は1.5%以内に収まっている．この差が変位の時刻歴に及ぼす影響を検討する．方法1のキャリブレーション時にポイントをずらすことで，実直径との差が生じる数ケースを作り，その変位の差との関係と，実直径との差が60cm以下であるものの変位の時刻歴を図9に示す．このとき，変位の時刻歴から，その差は小さく，概形に及ぼす影響も小さいことが分かる．この結果からも方法1，2はある程度の精度は確保されていると言える．

(3) 風向方向の変位の変動：図10にブレード変位の時刻歴の例を示す．左縦軸は変位X' (cm)，右縦軸は風速である．グラフ上の青線はブレードの振動，黒三角は風速，赤点はブレードがタワー前方を通過したポイントを示している．図のように，3枚のブレードの変位が似ていて，徐々に変化しているケースが多かった．また，タワー前方通過時に，風向方向変位が極小値，もしくは変曲点となっている場合が大多数であった．これにより，タワー前方通過時には空気力が変化しており，その結果，変位の変動に影響を与えている可能性が考えられる．さらに，風速変動の近いケースでも変動が大きく異なる場合や，近い場合があった．原因はピッチ角の違いや，変動風速の分布が異なっていた可能性が考えられるが，ピッチ角情報を得ていないことと，変動風速の分布がわからないことから，検証できていない．

5. 結論・今後の課題

精度の良い振動測定を行うことができるキャリブレーション方法を検討し，タワーの影響や定性的な特性を把握することができた．今後の課題は，ピッチ角の情報とともに測定を繰り返し，応答解析と比較することで振動特性の把握や解析精度の向上につなげたい．なお，本研究はJSPS 科研費 26289146 の助成を受けたものです．

参考文献

1) 幽谷栄二郎，木村吉郎，星野龍一郎，木村大知，3次元運動解析による風車ブレード振動測定の試み，構造工学論文集，Vol.60A，pp.380-386，2014

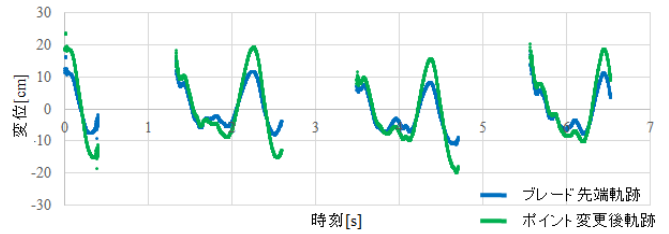


図7 方法1のポイント精度による軌跡のズレ

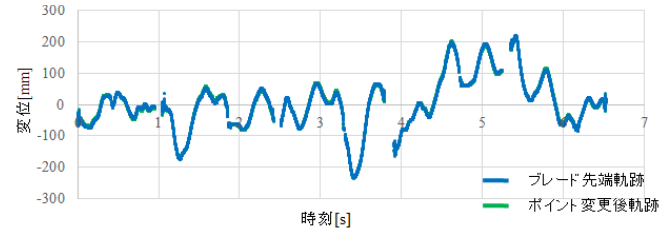


図8 方法2のポイント精度による軌跡のズレ

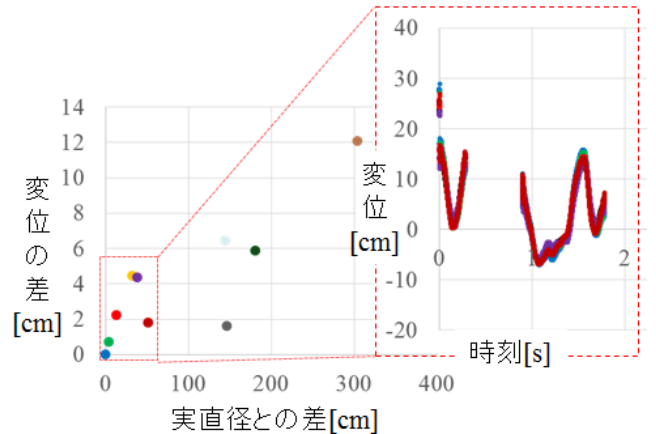


図9 実直径との差が60cm以下の変異の差

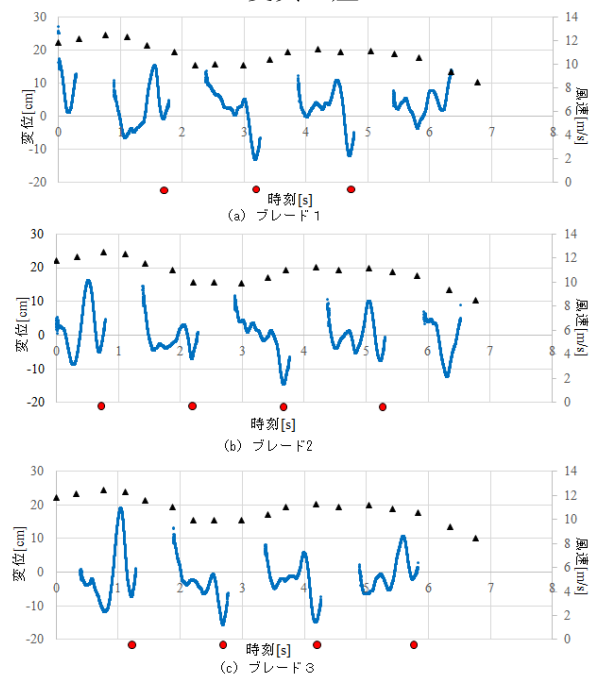


図10 ブレード変位の時刻歴