

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

東京理科大学工学部 正会員 木村 吉郎 東京理科大学工学部 (研究当時) 非会員 岡本 浩
 東京理科大学大学院 学生員 八幡 太一

1. はじめに

大型風車の普及は著しいものがあるが、運転時に風荷重等の作用により生じる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、3次元運動解析ソフトを用いて、実風車の運転時のブレードの振動を簡易かつ定量的に捉えることができる測定方法を開発することを最終的な目的とした。その第一段階として、風車ブレード模型の先端の運動の室内での測定を試みた。

2. 実験方法

本研究では、3次元運動解析ソフト DIPP-Motion PRO (DITECT 製)を用いた。測定する対象を2台の高速カメラ (HAS-L1, DITECT 製)で撮影する。このソフトは、その画像内の測定対象を、背景に対する輝度の違いなどにより判別して追跡していくことで、測定対象の3次元的な挙動を測定するものである。風車ブレード模型は単純化し、モーターの回転軸に一枚の亚克力板 (寸法は W20×H350×D3mm) の端部を取り付けて、回転できるようにしたものを用いた。カメラの1秒あたりのシャッター数は500fps、風車模型の回転速度は2rpmとした。

3. 測定手法の検討

測定に先立ち、棒材を正六面体の辺としたキャリブレーションスケールの頂点をカメラで撮影した画像上で指定し、その座標を与えておくことにより、2台のカメラで撮影された対象の位置の3次元座標が計算される。キャリブレーションスケールの配置の仕方や、カメラの配置等によって、結果がどのように変わるかを検討した。キャリブレーションスケールを、カメラの画面で見た場合に、それぞれ図1のように見えるように置いた (カメラの配置は、1台は風車の正面に、もう1台は風車の横に配置。ただし(a), (c)ではカメラはキャリブレーションスケールを見下ろす形で配置、(b), (d)では同じ高さで配置)。図中の黄色い板は、風車ブレードの回転面の位置を表す。またカメラの配置については、図2の2ケースを想定した。これらのケースに応じて得られたブレード模型先端の、回転軸方向の変位時刻歴の例を、図3、4に示す。なおブレード模型に扇風機の風を作用させることで、模型先端にある程度大きな振動変位が生じるような形で測定している。

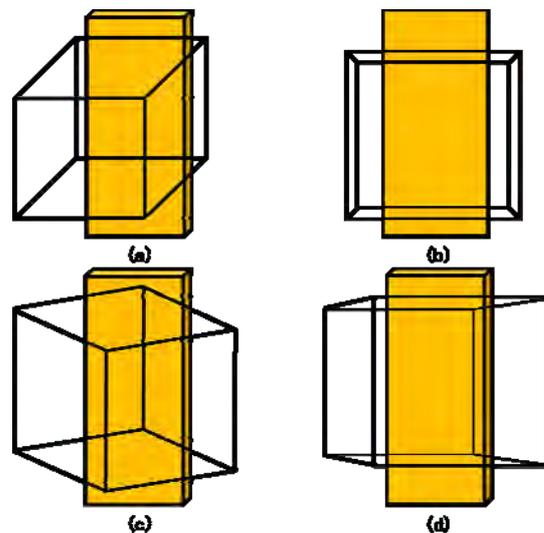


図1 風車ブレード模型に対するキャリブレーションスケールの配置を主としたケース

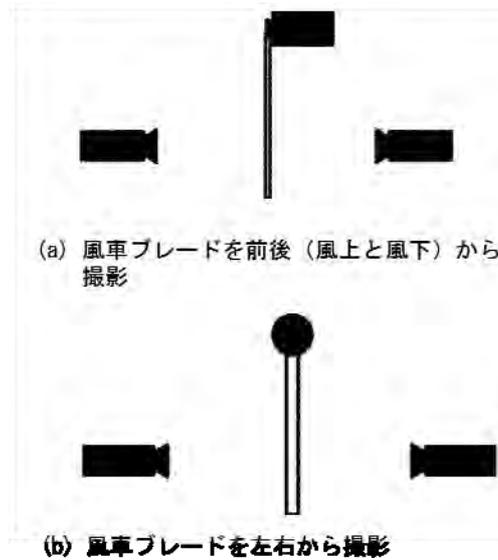


図2 カメラの配置のケース

図3のキャリブレーションスケールの配置を主として変化させた結果を見ると、(a)の場合が、最も振動の中立位置の時間に伴う変化

キーワード：大型風車、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 東京理科大学工学部土木工学科, TEL: 04-7122-9354

が少なく、ブレード振動（図ではほとんど見えない程小さい）を良く捉えられると考えられる。一方ケース(d)では、中立位置の変化が非常に大きくなってしまっている。また、図4を見ると、(b)の方が、ノイズと考えられる高周波数の変動が少なく、振動の中立位置の時間に伴う変化も比較的小さい。

以上より、ブレード先端の回転軸方向変位の精度良い測定のためには、1)キャリブレーションスケールの配置は、風車ブレードの回転面と平行になるようにし、かつスケールの頂点が重ならない方向から撮影する、2)カメラの配置は横から、すなわちブレードの回転面内の方向から撮影する、ことが必要であると考えられる。

4. 実風車を想定した場合の確認

運転中の実風車のブレード先端変位を測定することを想定して、風車ブレード模型を下から見上げるような形で測定を行うと同時に、ひずみゲージによる変位測定も行い、本手法による振動測定の精度を確認した。3次元運動解析ソフトで測定した風車ブレードの振動と、ひずみゲージによる測定結果を、1つのグラフに重ねてプロットしたのが、図5である。

両者は、特に2~3.5秒の間では良く一致しており、本研究で用いた測定システムでも、精度良く測定できると考えられる。しかし、運動解析ソフトを用いた振動測定結果で生じていると考えられる、中立位置の変化により、全体として見ると、良く一致していない部分もある。0~1.5秒や3.5秒以降ではこうした不一致が目立つ。これは、キャリブレーションスケールの配置による影響ではなく、カメラで撮影した画像で、これらの時間では対象が遠くにあり、ターゲットとしているブレード模型先端位置が不鮮明となっているため正確に追尾できていない可能性もある。

2. まとめと課題

本研究により、運動解析ソフトを用いた測定システムにより、風車ブレードの振動が測定できる目途が立ったと考えられる。しかし、振動の中立位置がゆっくり変化してしまう原因は、十分には特定できなかった。この原因を特定して改善するために、キャリブレーションスケールの配置の検討だけでなく、ターゲットの追尾が正確にできているかどうかの検討も必要である。今後はそうした検討を進めるとともに、実スケールでも適用可能であるか、現地において、実際の風車ブレードの振動を測定して検討していく予定である。なお本研究は、科研費(23656291)の助成を受けた。

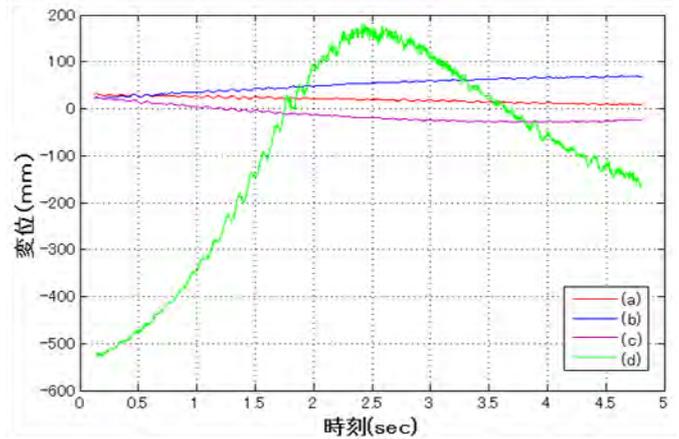


図3 ブレード模型先端変位（回転軸方向）測定結果（キャリブレーションスケールの配置（図1）のケース）

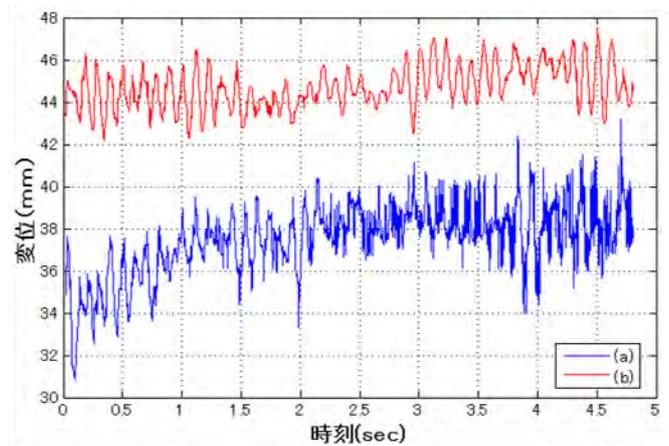


図4 ブレード模型先端変位（回転軸方向）測定結果（カメラの配置（図2）のケース。キャリブレーションスケール配置は図1(a)）

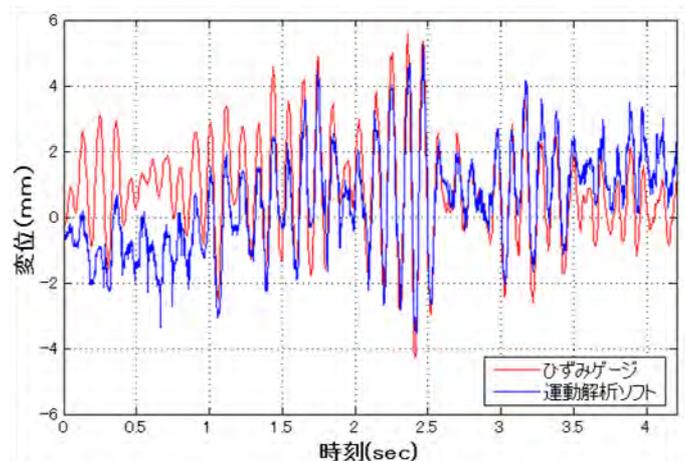


図5 実風車を想定した場合の測定結果