

振動音を用いた周波数特定による 画像振動解析の高度化に関する研究

機械情報システム課 釣谷浩之 電子デバイス技術課 佐々木克浩

1. 緒言

製品開発の際には、振動が製品に及ぼす影響を把握するために、振動解析が広く行われている。一般に振動計測には、加速度センサーが用いられるが、センサーを取付けた場所しか計測ができない、センサーの取付けが困難な場合がある、センサーの取付けによって振動特性が変化する場合がある、などの問題がある。この問題を解決するために、デジタル画像相関法を用いて、動画から振動計測を行う方法をこれまで開発してきた¹⁾。また、動画を用いた解析では、動画のフレームレートの半分の周波数までしか解析ができないという問題を解決するために、Prony法の適用によりアンダーサンプリングされたデータからフレームレートよりも高い周波数までの解析を実現してきた²⁾。しかし、この方法では、計測しようとする振動の振動周波数がある程度推定できる必要があり、周波数が全く不明な状況では、高い周波数の振動解析を行うことができなかった。一方で、デジタルカメラやスマートフォンでの動画撮影時には、音も同時に録音していることから、録音された振動音から振動周波数を特定できる可能性がある。本研究では、動画と同時に振動音を録音し、この振動音から周波数を特定することでアンダーサンプリングされた、周波数が不明な振動撮影動画から高い周波数の振動解析を実現しようとするものである。本年度は、デジタルカメラで振動音を録音し、録音した振動音データから振動周波数の特定を試みた。

2. 実験方法

実験に用いた試験体は、縦 115 mm×横 160 mm×厚さ 1.2 mm のガラスコンポジット基板である。この試験体を四隅でアルミ製のスペーサーを介して 6mm の隙間を空けて振動試験機に固定した。この試験体の一次共振周波数は、以前の測定から 110Hz 付近であることがわかっている²⁾。固定した試験体を次の 9 点の周波数、20Hz、40Hz、60Hz、80Hz、100Hz、110Hz、120Hz、130Hz、140Hz で速度振幅 0.1m/s の一定振動で強制振動させ、デジタルカメラによって動画撮影を行い、同時に録音も行った。録音データのサンプリングレートは 48kHz であった。各周波数で 10 秒間の撮影を行った上で、撮影開始の 5 秒後から 6 秒後の間の 1 秒間のデータを用いて FFT により周波数スペクトルを求め、振動周波数を特定できるか確認した。

データの FFT には、MathWorks 社製の数値解析ソフトウェア MATLAB を用いた。

3. 実験結果

まず、今回用いた試験体の一次共振周波数付近の 110Hz の振動で録音データの波形と周波数パワースペクトルを確認した。Fig. 1 は、110Hz の振動音を録音した波形を示す。横軸が、時間である。図から、様々な周波数の音が重なっていることが確認できる。また、特徴的な、一定の周波数の成分が波形からも確認できる。Fig. 2 は、この波形から FFT により得られた周波数パワースペクトルである。横軸は周波数、縦軸は、各周波数での音の強度である。縦軸は、最大値が 1.0 となるように正規化している。図から 110Hz で大きく明瞭なピークが確認できる。一次共振点付近の 110Hz では、振動音から振動周波数が特定できることが確認できた。

次に他の周波数についても確認する。Fig. 3 は、60Hz、110Hz、140Hz の周波数パワースペクトルを示す。Fig. 4 は、20Hz、40Hz の周波数パワースペクトルを示す。いずれの

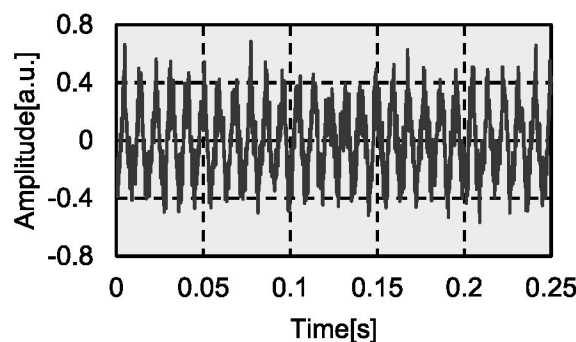


Fig. 1 Vibration sound waveform at 110Hz vibration

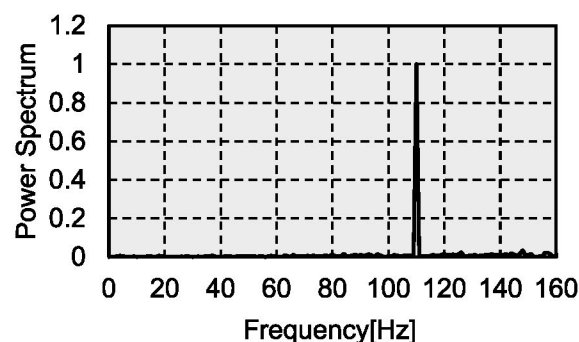


Fig. 2 Power spectrum from vibration sound at 110Hz

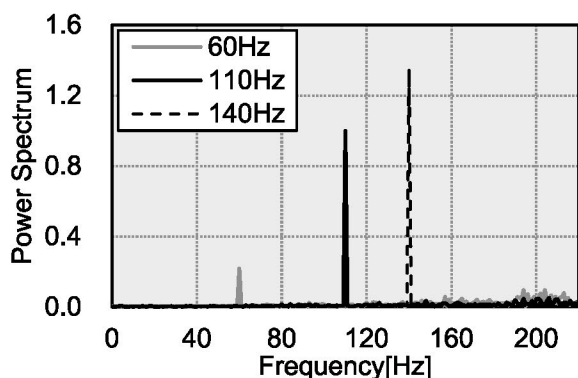


Fig. 3 Power spectrum from vibration sound at 60Hz, 110Hz and 140Hz

図も、横軸が周波数、縦軸が各周波数での音の強度である。縦軸は、110Hzのピークが1.0となるように正規化してある。Fig.3では、110Hzだけでなく、60Hz、140Hzでも振動周波数と同じ周波数のピークが確認でき、振動音から、振動周波数が特定できることがわかる。一方で、Fig.4の20Hz、40Hzでは、振動周波数と同じ周波数でピークは確認できるものの、他の周波数の強度と比較してピークが低く、このデータだけから振動周波数を特定するのは困難である。Fig.3、Fig.4を確認すると、周波数が高くなるに従って、振動周波数での音のピーク強度が大きくなっていることがわかる。今回の実験では、速度振幅を一定としたため、周波数が高くなるに従って加速度が大きくなっている。このため、振動音の強度は、加速度に比例しているのではないかと推測される。このことを踏まえると、振動音により振動周波数を特定するためには、ある程度の振動加速度が必要であると予想される。

4. 結言

本研究では通常のフレームレート(60fps)で撮影した動画からより高い周波数の振動を解析する技術の汎用性を

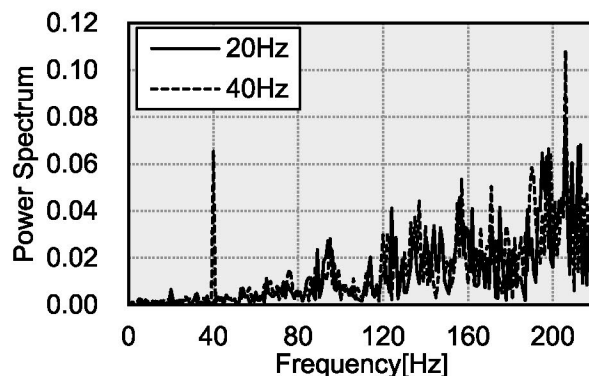


Fig. 4 Power spectrum from vibration sound at 20Hz and 40Hz

高めるために、動画撮影の際に同時に録音された振動音から振動周波数の特定を試みた。20Hzから140Hzの間の任意の周波数で振動音を録音し、その録音データからFFTにより周波数パワースペクトルを求めたところ、60Hz以上では、振動周波数と同じ周波数で明瞭なピークが確認でき、振動音から振動周波数が特定できた。一方で40Hz以下では、ピークは確認できたものの、他の周波数の音の強度と比較して小さく振動周波数を特定するのは困難であった。これは、今回の実験では、速度振幅一定で試験体を加振したため、周波数の低い領域では、振動加速度が小さくなったためと推測される。実際にこの手法を用いる場合には、現実的な適用条件を明確にする必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 釣谷浩之ほか、富山県産業技術研究開発センター研究報告、No33(2019)、pp.77-78.
- 2) 釣谷浩之ほか、富山県産業技術研究開発センター研究報告、No35(2021)、pp.86-87.

キーワード：デジタル画像相関法、振動音、周波数推定、アンダーサンプリング

Frequency Identification Using Vibration Sound for Vibration Analysis from Undersampled Moving Images Based on Digital Image Correlation

Mechanics and Digital Engineering Section; Hiroyuki TSURITANI

Electronics and Device Technology Section; Katsuhiro SASAKI

In this work, we tried to identify the vibration frequency from the recorded vibration sound. In experiment, electronic substrate was vibrated by vibration-testing machine. Vibration sounds were recorded by digital camera at some frequencies. Frequency power spectrum was determined by FFT from recorded vibration sound. In the result, vibration frequency was clearly detected from 60Hz to 140Hz. However, it was not possible to identify the vibration frequency at frequencies below 40Hz.