

## 逐次フーリエ変換を用いた多点測定による振動モードのリアルタイム可視化

名城大学 学生会員 ○梁 鴻泉

名城大学 正会員 小塩 達也

### 1. 研究の背景と目的

構造物の振動現象を学ぶ上で、振動モードやパワースペクトルは非常に重要な概念であるが、座学で取り扱うには、実現象とかけ離れたモデルとなったり、また多大な時間が必要となったりする。そこで、本研究室では、振動現象を理解するためのツールとして、逐次フーリエ変換を用いてパワースペクトルと簡易的な振動モードを計測中に表示するシステムを作成した。昨年までの成果では4点までの測定であったが、処理時間を計測、プログラムを見直した結果、8点の同時処理が可能であることが判明した。ここでは、歩道橋に8点の加速度計を設置し、ねじれモードを含む振動モードをリアルタイム表示した結果を報告する。

### 2. 逐次フーリエ変換

振動計測結果から周波数領域の情報を得る場合、高速フーリエ変換（Fast Fourier Transform）という計算方法がよく使用される、これは、離散フーリエ変換よりも計算回数を少なくするために用いられるが、全てのデータが揃わないと計算ができないため、測定値がサンプリング間隔で逐次得られてゆくような波形のモニタリングに合わせた処理には対応しにくい。小塩が提唱する逐次フーリエ変換は、リングバッファの性質とフーリエ基底の周期性を利用して、観測窓内の1つのデータ更新に伴うフーリエスペクトルの差分を逐次計算してゆくため、リアルタイムでのフーリエ変換に適している。逆フーリエ変換も可能であるため、特定の帯域をフィルタ処理した観測データを用いて、簡易的な振動モード図をリアルタイム表示することができる。

### 3. 実験方法



写真 - 1 測定対象橋梁

東京測器研究所の動ひずみ測定器 DC-204R を使用し、PC に計測値（モニタ値）をリアルタイムで取得、最大8点の値について波形、パワースペクトル、振動モードを表示するソフトウェアを作成した。写真-1 に示す、歩道橋（橋長約 40）に図-1 に示すように8点の計測点を設置し、作成したソフトウェアでねじれ振動を含む振動モードが原位置で観察できるかについて検証した。

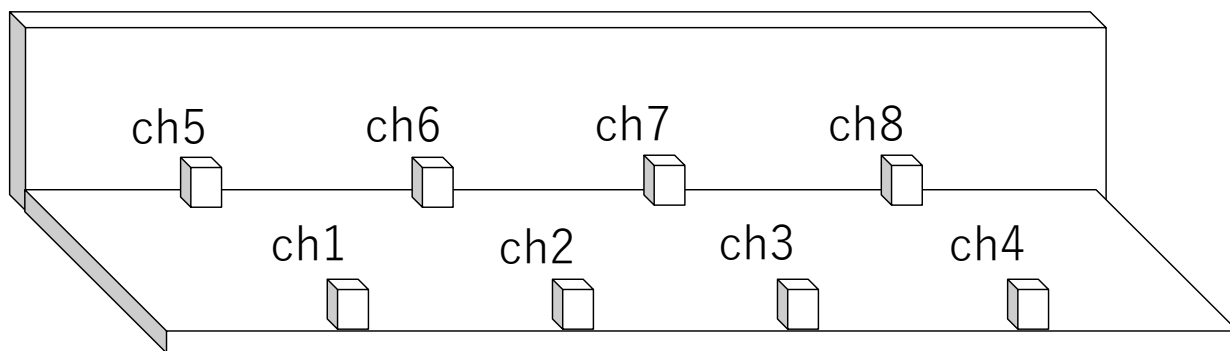


図 - 1 加速度計設置位置

キーワード フーリエ変換，多点測定，パワースペクトル，振動モード，逐次フーリエ変換  
 連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜ロー一丁目 501 番地 名城大学 理工学研究科 環境創造学専攻  
 E-mail : 223434004@ccmailg.meijo-u.ac.jp

#### 4. 実験結果と考察

始めに学生2名が歩道橋上をジャンプしたり、ランダムに走ったりするなどで加振し、パワースペクトルを観察、卓越振動数を確認した。その後、それらの卓越振動数を含む帯域を画面上で選択、バンドパスフィルタを設定して、振動モード図を観察した。図-2に曲げ1次振動モードの処理画面について、図-2に8点での例、図-3に4点での例を示す。4点での測定に比べ、8点に計測点を増やすことで、振動モード図を立体的に表現できている。図-4に1次ねじれ振動モード、図-5に2次ねじれ振動モードの処理画面を示す。実験結果より、本研究室で作成した測点を8点にしたリアルタイム可視化表示のソフトウェアは振動モード図の概要を理解しやすいツールとして有効であると検証できた。

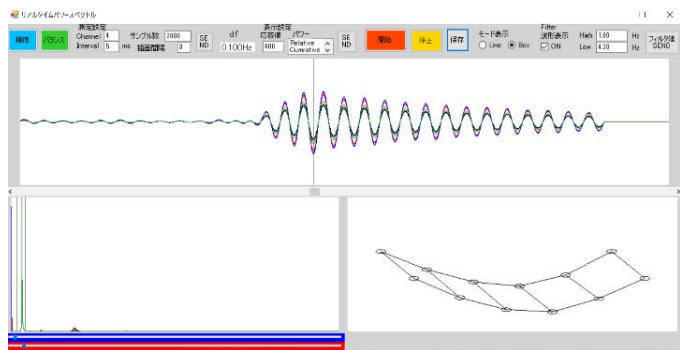


図-2 曲げ1次モードの処理画面

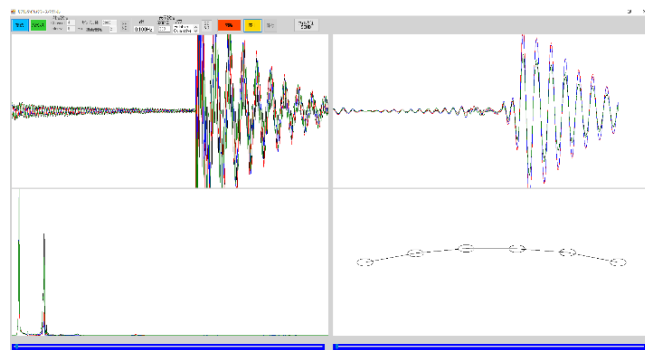


図-3 昨年度4点の曲げ1次モードの処理画面

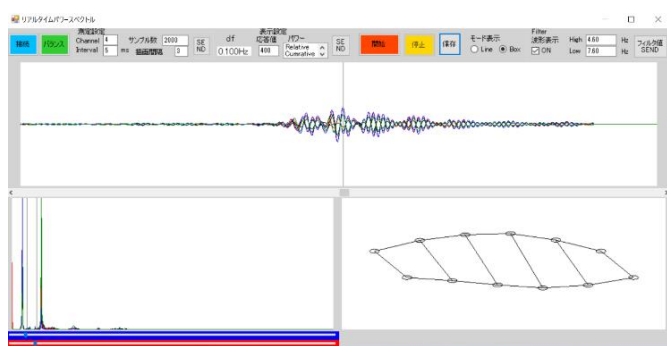


図-4 1次ねじれ振動モードの処理画面

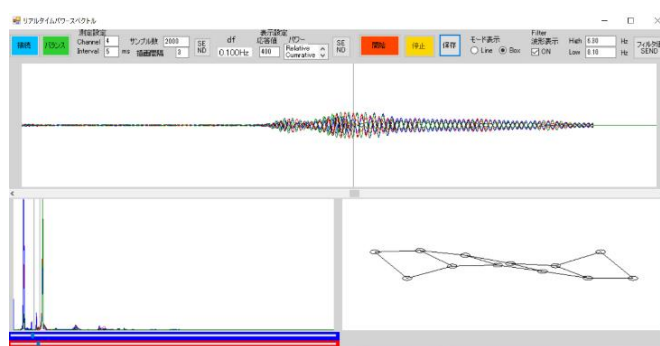


図-5 2次ねじれ振動モードの処理画面

#### 5. まとめ

本研究では、大学などの授業における振動現象を体感的な理解の向上させることと振動解析を簡易化することを目指し、対比実験を行いその実用性と効果の検証を行った。昨年までのリアルタイム可視化表示では測点数が4点までだったところを、本研究では、8点に増やしたことで振動モード図がより明確になり、ねじれ振動モードのような立体的な振動モードが表示できるようになった。振動モード図をアニメーションで表示することで、実際に振動の動きをあまり見られない橋梁の動きを確認でき、振動モード図の概要を理解しやすいため、教育効果は高いと考えられる。

4点から8点に測定点を増やすことで、より複雑な振動モードをとらえることができるようになった一方で、センサー設置にかかる時間は増加することになった。そこで今後は、計測点を減らしつつ、多点計測を同様な効果がある計測方法を検討中である。具体的には、1つの基準点に対する参照点の測定をあらかじめ行い、振動数ごとの2点間の振幅比を最小2乗法により算出、基準点の振動波形からその参照点の波形を振動数ごとの振幅比から推定する方法である。参照点としては、幾何的に対称性のある位置、近い位置にある点に対して有効であり、参照点の「学習」＝振動数ごとの振幅比の取得により測定点の省略が可能と考えている。

#### 参考文献

- 1) 小塩達也, 逐次フーリエ変換とその応用, 構造工学論文集, Vol.68A, pp.310-316, 2022-3