

## 逐次フーリエ変換によるリアルタイム振動モード表示

名城大学 正会員 ○小塩 達也

## 1. はじめに

構造物の固有振動数や振動モードといった知識は、実務の領域では様々な問題把握やその対策のために必要な項目でありながら、大学教育において座学でこれらを取り扱おうとすると、多数の教育要素をカリキュラムに盛り込む必要があるが、その一方で、これらの項目を直観的に理解するためのツールは不足していると考えられる。そこで、筆者は実験科目としての範囲内で、学生に直観的にフーリエスペクトルや振動モードを理解させることを目的として、パワースペクトルおよび振動モードをリアルタイムで可視化する方法を検討し、可視化ソフトウェアを製作したのでその方法および実施例などをここに報告する。

## 2. 逐次フーリエ変換

逐次フーリエ変換は、逐次的に得られる計測値をリングバッファに保存し、リングバッファアドレスで固定されたフーリエ基底群とのベクトル積を考えることで、リングバッファ内の計測波形のフーリエ変換を逐次的に継続して求める方法<sup>1)</sup>である。観測値を $x_i$ 、フーリエ基底を $C_{ij} = \text{COS}(2\pi ij/N)$   $S_{ij} = \text{COS}(2\pi ij/N)$ 、フーリエ係数のN倍の値を $A_j$ 、 $B_j$ と置くと、離散フーリエ変換は次式であらわされる。

$$\bar{A}_j = A_j + (\bar{x}_{ct} - x_{ct}) \cdot c_{ct,j} \quad \bar{B}_j = B_j + (\bar{x}_{ct} - x_{ct}) \cdot s_{ct,j} \quad (1)$$

各式の左辺はフーリエ係数の更新後の値、 $ct$ は現在のリングバッファアドレス、 $\bar{x}_{ct}$ は更新後の現在値、 $x_{ct}$ は更新前の値(リングバッファ内のもっとも古い値)である。これは一般的に用いられるFast Fourier Transform (FFT) またはクーリー・チューキー法と呼ばれるアルゴリズムに対して、逐次フーリエ変換はリングバッファの更新ごとにフーリエスペクトルの差分のみを計算するため、FFTよりも少ない計算量で済み、FFTにあるような標本数の制約もなく、リアルタイム処理に適した計算法である。逆フーリエ変換もリアルタイムで可能であるため、波形モニタ、周波数モニタと同時に帯域ろ過処理後の波形データも取得可能である。

## 3. 可視化ソフトウェアの製作

東京測器研究所の動ひずみ測定器 DC-204R を使用し、計測値(モニタ値)をリアルタイムで取得、最大4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製作した。振動モードの表示については、厳密な自由振動モードではなく、目標とする卓越振動数を含む周波数帯域について、リアルタイムで帯域ろ過処理をした値をY座標とし、測定点をX座標として簡易的に図化することとした。サンプリング周波数は5ms、標本数は2000(10秒)とし、画面更新間隔は0.01秒ごとに行うこととした。帯域ろ過処理はリアルタイムよりも前の値を再合成する必要があるため、100個前の値(0.5秒)に対して行うこととした。各処理の時間はそれぞれの更新間隔に収まり、遅延はないことを確認した。

## 4. 実装結果

図-1に示すような鋼帯板に4つの加速度計を設置し、振動モードを可視化した。可視化中の画面を図-2および図-3に示す。4点の波形、パワースペクトル、フィルタ後の波形、振動モード図で構成される。フィルタの帯域はパワースペクトルのグラフ下に設置したスライダーで指定する。振動モード図は梁で測定を行うため4つの測定点の他に、梁の支点部の位置を不動点として、計6点の座標およびそれをつないだ線分

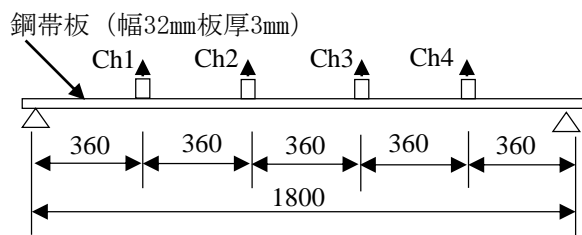


図-1 鋼帯板および測定点の配置図

キーワード フーリエ変換, 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口1-501 名城大学 理工学部環境創造工学科 E-mail: tojio@meijo-u.ac.jp

を表示させた。1次および2次の振動モード形状が確認できる。

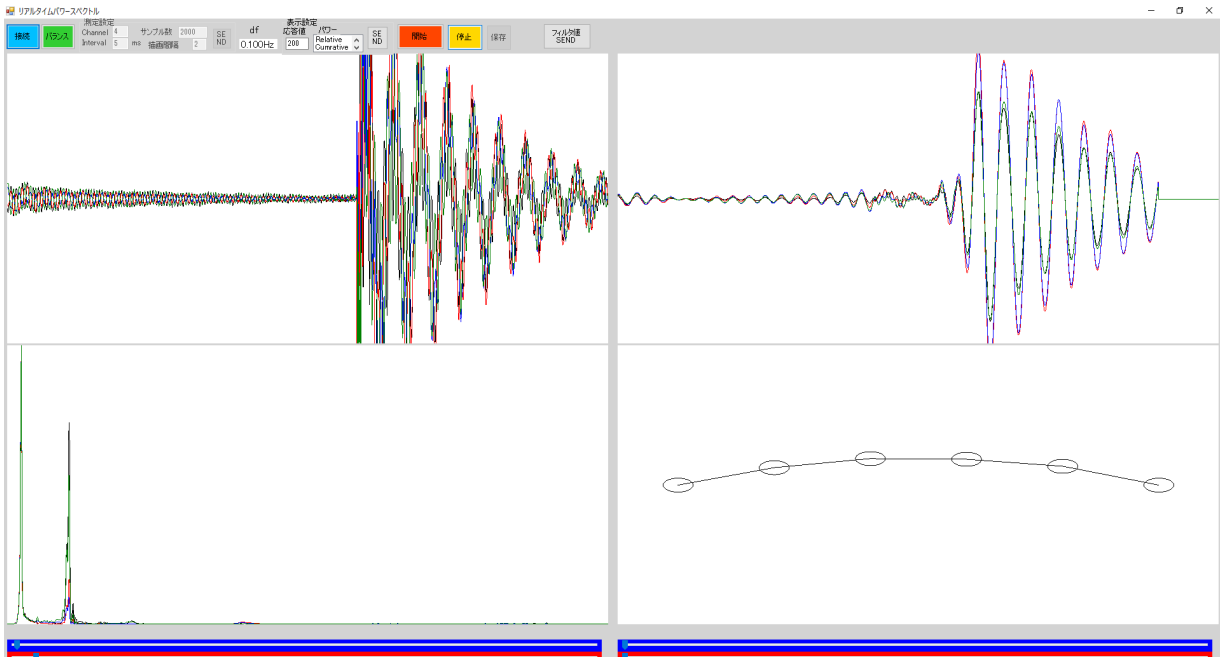


図-2 1次モードの観測結果

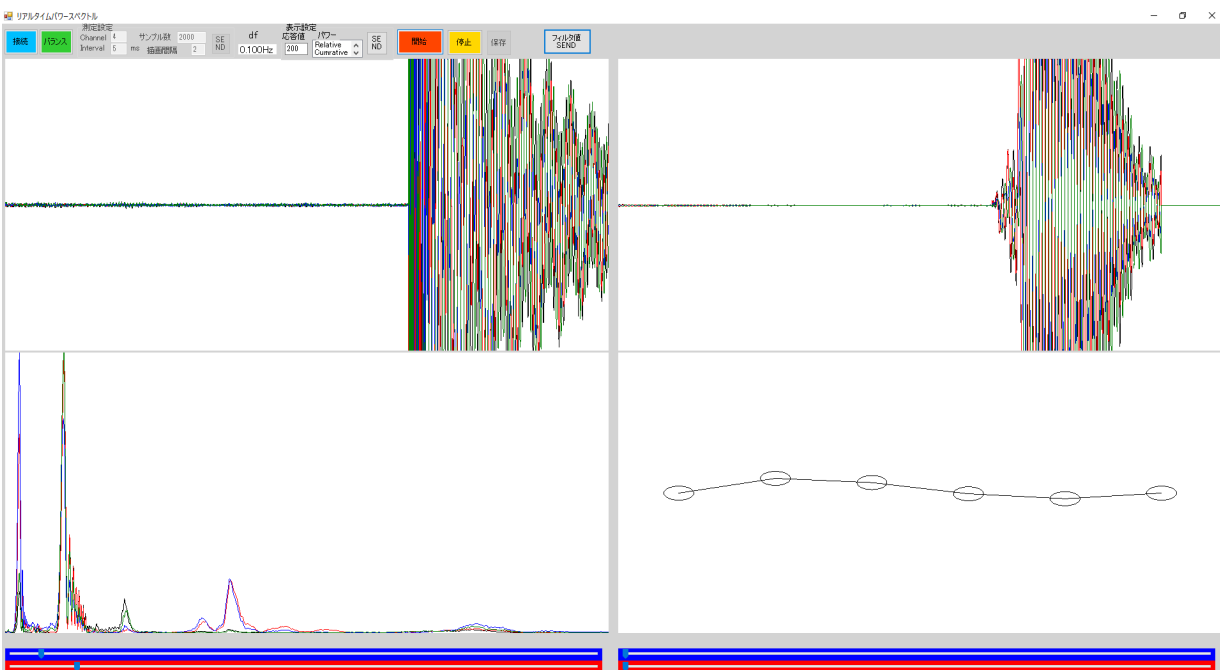


図-3 2次モードの観測結果

## 5. まとめ

逐次フーリエ変換の特徴を生かし、パワースペクトルおよび振動モードを直観的に理解する方法として、可視化ソフトウェアを製作し、その効果を検証した。

逐次フーリエ変換は、従来のFFTと呼ばれる高速フーリエ変換とは異なり、逐次的な計算では計算量が少なく、ここで報告したようなリアルタイム処理に向いている方法である。可視化以外の用途も考えられるため、興味がある方は筆者まで連絡されたい。

## 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