

## 未知の地動入力に対する構造物の動特性推定

日本大学 正会員 仲村 成貴  
 日本大学 正会員 鈴村 順一  
 日本大学 正会員 花田 和史

## 1. はじめに

実構造物の動特性を把握することによって、耐震性の評価や制震装置の性能評価、構造物の損傷評価に重要な情報が得られることから、振動実験から得られるデータの処理法や動特性の同定法が数多く提案されている<sup>1)</sup>など。しかし地震観測や常時微動観測では構造物への入力を特定することは困難であり、一般には入力や雑音性状などを仮定してデータ処理が実施される。例えば、入力を構造物の最下観測点や近傍地盤観測点での挙動、観測値に含まれる雑音を白色性などと仮定し、長時間もしくは多くの事象による記録を用いて周波数応答関数（FRF）や自由振動応答などが推定される。著者らはデータ処理法の一つとして、未知な入力作用する系のFRF推定法を提案し、白色性に限らない雑音が混入する入出力観測値から、比較的少ない観測回数であっても良好なFRFを推定できることを確認している<sup>2)</sup>。提案法によるFRFとは対象系への入出力関係を表すものではなく、観測点間の相対的な挙動を振動数領域で表現するものである。本稿では、地動入力を未知とした場合における提案法の有用性について、数値例に基づいて検証することを目的とする。

## 2. 対象系と数値データ

図1に示す10質点系モデルを対象とする。質点の質量  $m$  を全て 1kg、剛性  $k$  を全て 2kN/cm、モード減衰定数を全次一定型の 0.02 と設定した。この質点モデルの基礎に RMS 値で基準化した Elcentro NS 波を入力し、各質点の応答値に表1に記す2種類の雑音をそれぞれ混入させて観測値とした。ここでは応答値と雑音それぞれの RMS 値の比を S/N 比としている。白色性雑音性状として、振動数帯域 0.02 ~ 20Hz において平坦な振幅特性とランダムな位相特性を持たせたバンドリミテッド白色雑音を用いた。応答振幅に逆比例する雑音性状 (case2) とは、平均値 0、標準偏差 0.1 の正規分布を持つ乱数とのスペクトル応答値の逆数を乗じたようなものであり、一般には想定されていない雑音設定条件であって、雑音処理性能を検証するために用いている。質点の位置により S/N 比が異なるが、全質点の平均 S/N 比は約 1000% である。図2に第5層の質点応答、図3に第5層に混入させた雑音の一例をそれぞれ示す。時間間隔を 10ms、1回の観測時間を 40.96s とし、観測回数 10 回分のデータから FRF を推定する。混入させる雑音によって推定値は変動することが予想されるので、混入させる雑音を変化させて 10 パターンの FRF の組を推定して推定値の変動を検討する。

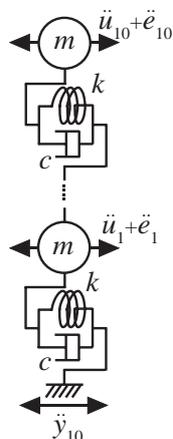
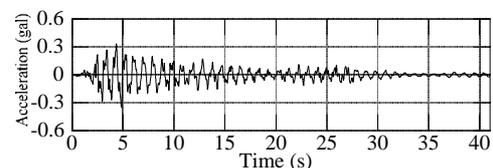
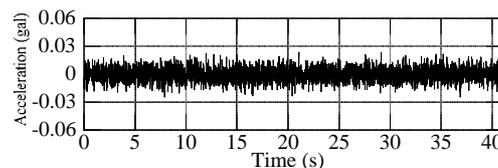
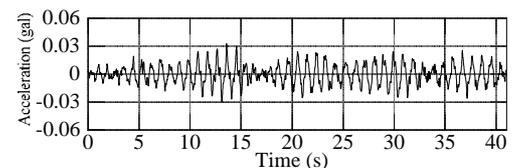


表1 検討 case

case	1	2
雑音性状	白色性	応答振幅に逆比例
S/N比 (%)	約1000	約200 ~ 約3000

図2 5層の応答値  $\ddot{u}_5$ 

(1) case 1



(2) case 2

図1 10質点系モデル

図3 5層の応答に混入させた雑音  $\ddot{e}_5$  の一例

キーワード 未知の地動入力，周波数応答関数，雑音処理，手法の評価

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 日本大学理工学部土木工学科 TEL 03-3259-0689

### 3. 推定結果

観測点数を 10 として全質点の観測値を用いてFRFを推定した．推定結果の一例として，最下層を基準とした最上層に対するFRF平均値と変動係数を， $H_v$ 推定（フーリエスペクトル比）<sup>3)</sup>と比較して図 4, 5 に示す．同図のFRFは推定された 10 パターンの平均値である．FRF振幅（図中(1), (2)）には，case1 では両手法で同様の傾向が認められるが，case2 では特に低次ピーク周辺においてフーリエスペクトル比より提案法の方が真値に近い値が推定され，提案法の雑音処理性能が高いことが示されている．ただし，その変動（図中(4)）はフーリエスペクトル比の方が小さい．FRF位相（図中(3)）とその変動係数（図中(5)）には，case1, 2 と両手法に大きな相違は見られない．

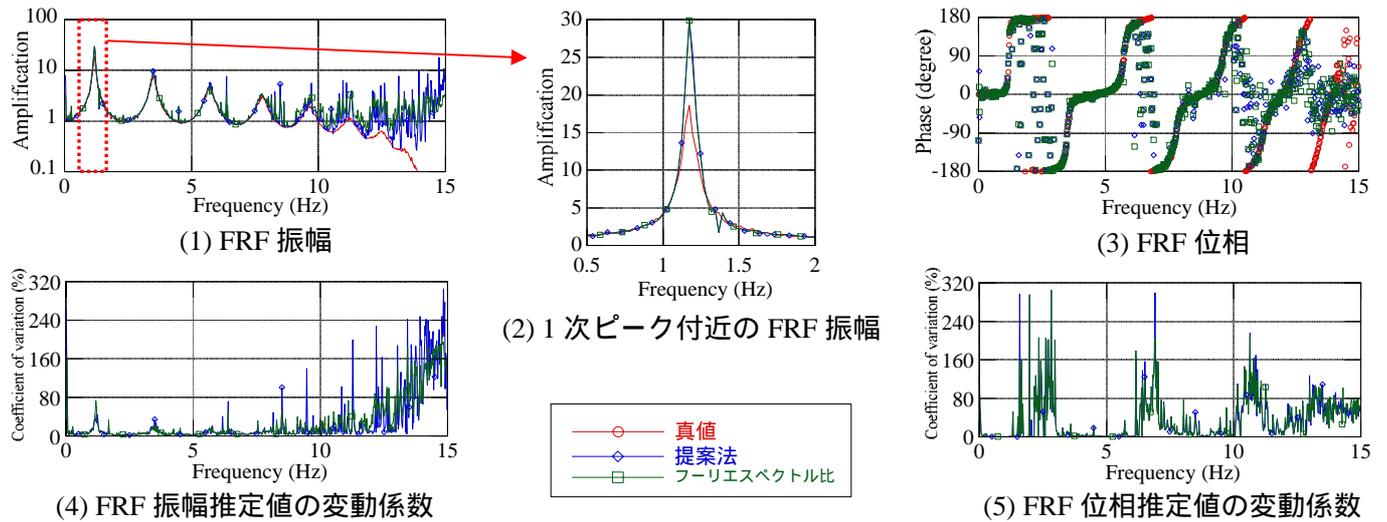


図 4 case1 での最上層 / 最下層 FRF と変動係数

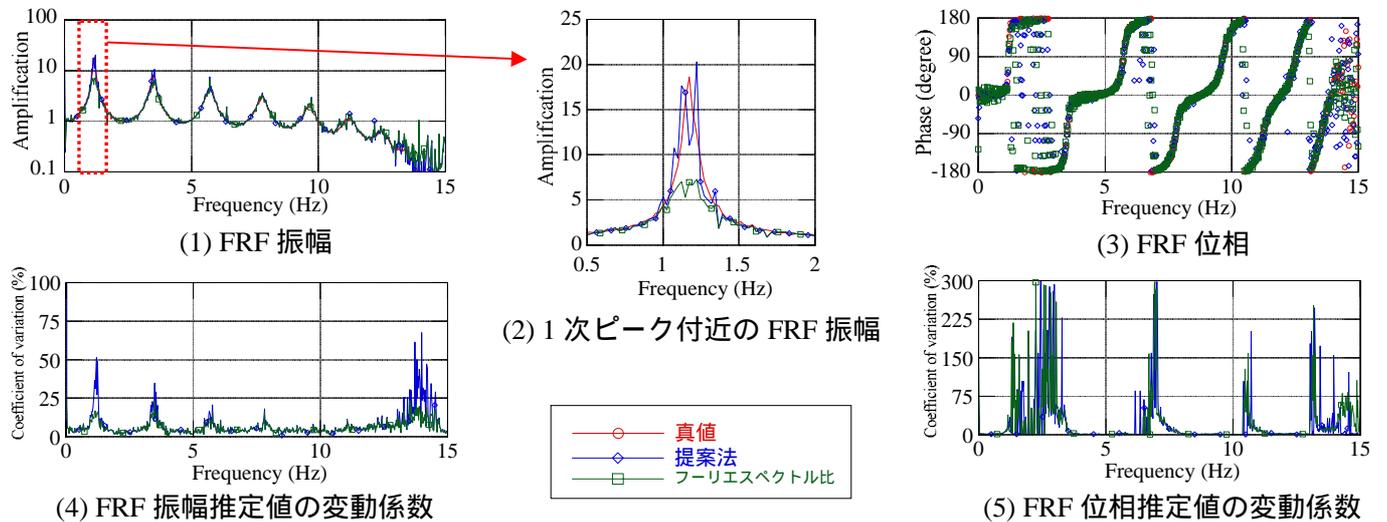


図 5 case2 での最上層 / 最下層 FRF と変動係数

### 4. おわりに

フーリエスペクトル比による FRF 振幅推定値の変動は小さいが，case2 では特に低次の振幅を過小推定する傾向がある．提案法ではフーリエスペクトル比よりも推定値の変動が大きいが，平均的には真値に近い振幅値が推定されることが確認された．提案法の雑音処理性能は高く，有用性が検証された

**謝辞** 本研究は，平成 16 年度文部科学省学術フロンティア推進事業（日本大学理工学部：継続）「環境・防災都市に関する研究」（研究代表者：石丸辰治）の一環として実施したものである．

**参考文献** 1) モード解析ハンドブック編集委員会：モード解析ハンドブック，コロナ社，2000. 2) 仲村成貴，鈴木順一，花田和史：雑音が含まれる系の周波数応答関数推定法，構造工学論文集，Vol.52A，pp.219-226，2006. 3) 理論地震動研究会：地震動 その合成と波形処理，鹿島出版会，1994.