

常時微動による高精度自動構造物振動推定システムの開発

長崎大学工学部 学生員 ○川端 稔教

長崎大学工学部 フェロー 岡林 隆敏

長崎大学大学院 学生員 中宮 義貴

1. はじめに

構造物の維持管理するためには、構造物を長期的に観測して、その観測結果より、構造物の損傷を判断する必要がある。構造物の劣化を振動特性の変化から予測するためには、高精度の構造同定理論の構築と自動計測システムを開発する必要がある。本研究は、Data Acquisition Toolbox (数値解析ソフトウェア MATLAB) において AD コンバータと推定アルゴリズムを組み合わせたプログラムを構築することによって、橋梁の常時微動から振動特性(振動数、減衰定数)を高精度に自動推定するアルゴリズムを開発し、また、橋梁における振動計測実験を行うことによって、本システムの有効性を検証した。

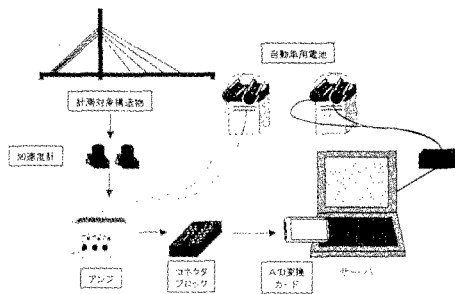


図-1 システムの概要図

2. 高精度振動推定システムの概要

(1) 自動推定システムについて

振動推定システムの概要を図-1 に、データ処理の流れを図-2 に示す。本システムは、橋梁の常時微動を計測器で測定し、A/D 変換カードでデジタル化し、データは Data Acquisition¹⁾ を用いてソフトウェアに取り込む。取り込まれたデータは開発した高精度構造同定エンジンによって直ちに処理され、振動特性を算出する。これらの動作を自動化したものが本システムである。

(2) 高精度構造同定エンジンについて

同定エンジンとして開発した構造同定手法の流れを、概略的に図-3 に示す。始めに、取り込まれた応答データの自己相関を算出する。次に、AR モデルの作成、スペクトル解析、パラメータの設定を行う。AR モデルから複素固有値解析を行うことにより振動特性を算出する。AR モデルの特性方程式から振動特性推定までを次式で示す。

$$z^n - \alpha_1 z^{n-1} - \alpha_2 z^{n-2} - \dots - \alpha_n = 0, \quad Z_k = X_{Re}^k \pm i X_{Im}^k$$

$$h_k \omega_k = (-1/\Delta) \eta \sqrt{X_{Re}^2 + X_{Im}^2}, \quad \omega_k \sqrt{1-h_k^2} = (1/\Delta) \tan^{-1}(X_{Im}/X_{Re})$$

ω_k : 振動数, h_k : 減衰定数

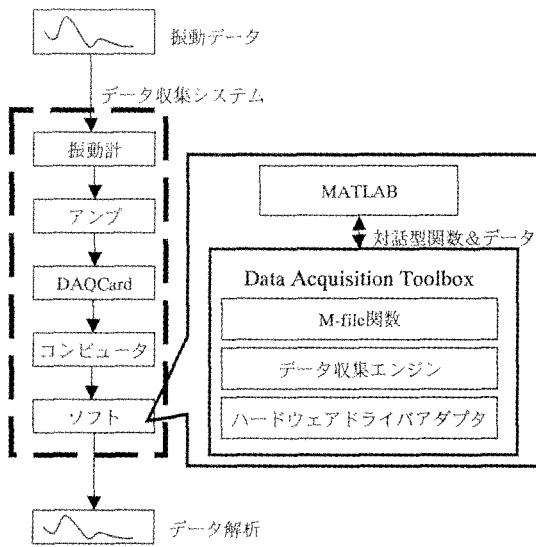


図-2 データ処理の流れ

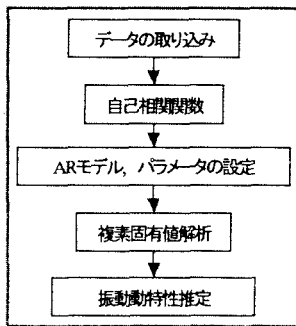


図-3 構造同定手法

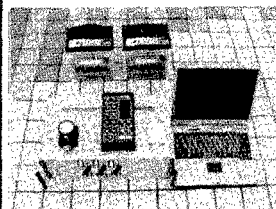


写真-1 計測システム

3. 実橋計測実験

実際の計測システムを写真-1 に示す。浦上駅

西側に架設されている浦上歩道橋橋において、計測実験を行った。今回の実験場所である浦上歩道橋の一般図および速度計の設置位置を図-4 に示す。実験は橋桁中央 6 箇所で行い、歩行者および風の影響により発生する桁の鉛直方向の速度を計測した。計測したサンプリング刻みは 0.01 秒である。同定エンジンに基づき、パラメータの設定をして振動数を自動推定した。推定振動数は 30 秒毎のデータより求める。今回の実験では、長時間の計測を行うために、外部電源として自動車用電池（鉛蓄電池）を用いて、各機器に電源供給した。

4. 実験の結果と考察

節点①においての実験データを示す。図-5 は、速度応答の計測結果である。図-6 は、応答の自己相関、図-7 は MEM と FFT のスペクトル解析の結果である。図-8 は、30 回計測した結果の推定振動数軌跡である。推定精度の判定基準として Gauss 分布を図-9 に、推定値平均と理論値との比較を表-1 に示す。これらの結果から本システムが橋梁の常時微動から振動特性を高精度に自動で推定し、また、有効性が確認できた。

5. まとめ

本研究によって以下の 2 つのことが確認できた。

1. データの収集中に振動の波形、自己相関関数、MEM や FFT、パラメータの設定によって得られる振動数の解析処理を行うプログラムを自動で推定できるシステムが開発できた。

2. 実橋実験において各モードにおける振動数の抽出ができたことから、本システムの有効性が確認できた。

橋梁ごとにパラメータの設定を行うことによって、計測器を置くだけでリアルタイムに振動数推定を行う高精度自動構造物推定システムが可能となった。

【参考文献】 1) Data Acquisition Toolbox マニュアル

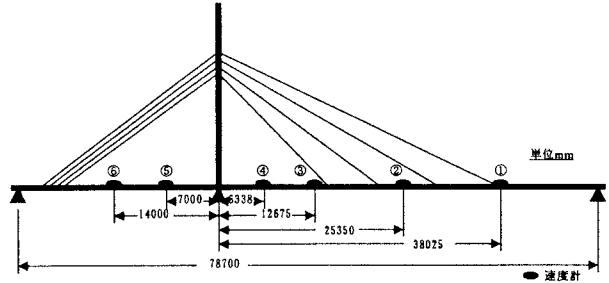


図-4 速度計設置位置

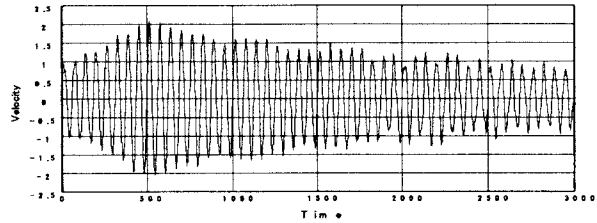


図-5 速度応答波形

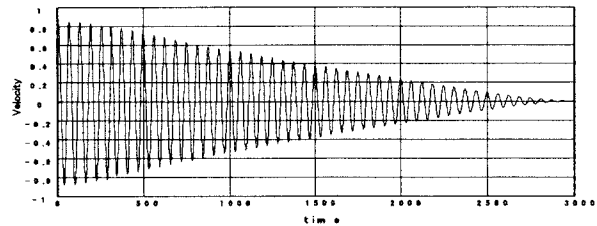


図-6 自己相関データ

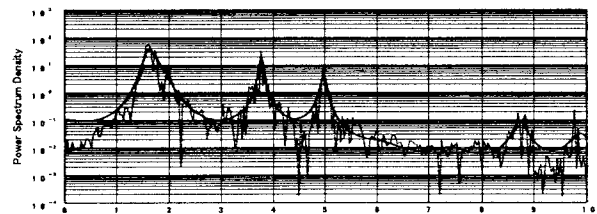


図-7 FFT と MEM

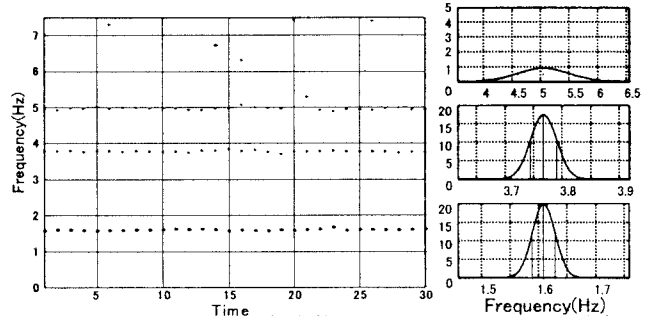


図-8 振動数

図-9 Gauss 分布

表-1 理論値と推定値

	1 次	2 次	3 次
理論値 (Hz)	1.340	3.148	4.353
推定値平均 (Hz)	1.6089	3.7675	5.0498