

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 4月9日現在

機関番号：32660

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760347

研究課題名（和文）

精密小型加振機を用いた構造センシングシステムの開発

研究課題名（英文）

Development of structural sensing system using accurate artificial vibrator

研究代表者

佐伯昌之（SAEKI MASAYUKI）

東京理科大学・理工学部・講師

研究者番号：70385516

研究成果の概要（和文）：本研究では、精密小型加振機とMEMS加速度計を搭載した無線センサネットワークの試作機を開発した。精密小型加振機と無線センサネットワークは高精度に時刻同期されており、これにより対象構造物の周波数応答関数を高精度に計測できる。実際に、鋼製の板を用いた単純梁で実験を行ったところ、その周波数応答関数が計測され、ARX法により解析した周波数伝達関数から固有振動数・減衰定数などの振動パラメータを同定することに成功した。

研究成果の概要（英文）：The prototype model of the accurate artificial vibrator and wireless sensor network with MEMS accelerometer have been developed in this research. Since the measurement of acceleration in the wireless sensor network is time-synchronized to the control of artificial vibrator, the frequency response function can be accurately observed. The laboratory experiments are conducted to investigate the performance of this system. And the results show that the system is able to estimate the frequency transfer function accurately and to estimate the eigen-frequency and dissipation parameters.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：維持管理工学

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、構造物の効率的な維持管理・長寿命化が社会より強く要請されている。現在は目視検査が主流であるが、今後はより客観的な評価指標が必要になると思われる。そのため、これまでに多くの研究者により構造センシングの研究が進められている。

(2) 構造センシングの中にも振動を用いる手法があるが、従来は常時微動などの情報を用いたものが主であり、外力が未知の状態では構造物の状態を同定した。

2. 研究の目的

(1) 極めて精密な調和振動を励起することができる精密小型加振機を開発する。

(2) MEMS加速度計を搭載した無線センサネットワークを開発し、これを上記の精密小型加振機と時刻同期する。

(3) 上記(1)と(2)を有機的に結合した新しい構造センシング手法を開発し、実際に室内実験を行って周波数伝達関数や固有振動数・減衰定数を同定できることを実証する。

3. 研究の方法

(1) 偏心した錘をサーボモータで回転させる精密小型加振機を開発した。(図1, 2参照) 回転の制御は、サーボモータに入力するパルス列の制御に帰着される。パルス列の制御は、本研究室で独自に開発された制御回路により行う方式とした。



図1：加振機

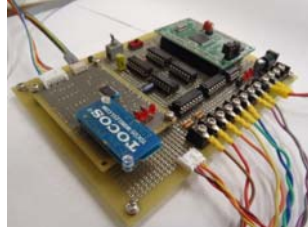


図2：制御回路

(2) MEMS加速度計を搭載した無線センサネットワークを開発した。(図3参照) このセンサは、精密小型加振機から送られてくるトリガー信号により、例えば10秒間だけ計測する様に開発されている。精密小型加振機が出力するトリガー信号のタイミングを高精度にすることで、加速度計測と精密小型加振機を時刻同期することが可能となった。



図3：無線センサノード

(3) 作製した精密小型加振機と無線センサネットワークのプロトタイプを用いて、室内実験を行った。室内実験では、2mの鋼製単純梁に精密小型加振機および加速度無線センサノードを固定し、その周波数応答関数を計測した。(図4参照)



図4：2mの単純梁を用いた振動実験の様子

(4) 周波数応答関数から周波数伝達関数を高精度に同定するプログラムを開発した。本手法では、対象構造物に入力する加振力が完全に既知であり、かつ振動源と計測が高精度に時刻同期されていることから、ARX法の適用が可能である。これにより、周波数伝達関数を高精度に推定するプログラムを開発した。

(5) 上記の周波数伝達関数を数値計算で再現するために、有限要素法を用いた単純梁振動解析プログラムを開発した。重要な点は、減衰の物理メカニズムの導入であるが、現時点では既存の剛性比例型減衰、地下逸散減衰を組み込んでいるのみである。

4. 研究成果

(1) 実際に精密小型加振機および無線センサノードを作成し、時刻同期実験を行った。その結果、17マイクロ秒の精度で時刻同期できることが確認された。この精度は、振動を用いたモニタリングの精度としては、十分に高い性能を有していると思われる。図5に実験で得られた観測開始時のジッターの様子を示す。

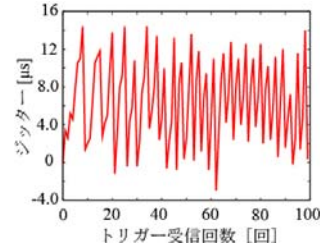


図5：観測開始時刻のふらつき

(2) 上記の時刻同期のお蔭で、無線センサノード上ではスタッキング処理を行うことで、加速度応答波形のSN比を大幅に改善することが可能となる。さらに、無線センサノード上で離散フーリエ変換をするようにしており、これにより加振機により励起された振動成分のみを抽出できるようにした。その結果、無線センサネットワークを用いた加速度計測では常に問題となっている膨大なデータ量の大幅な削減に成功した。しかも、このデータ削減手法は、必要な情報を一切歪めない・失わない方法である。

(3) 作製した精密小型加振機と無線センサネットワークを用いて、単純梁の振動実験を行った。その際、レーザー変位計で同時に応答を計測したのだが、それらは1%以下の誤差で一致する結果を得ており、MEMS加速度計を用いても高い精度で周波数応答関数を取得できることが示された。(図6参照)

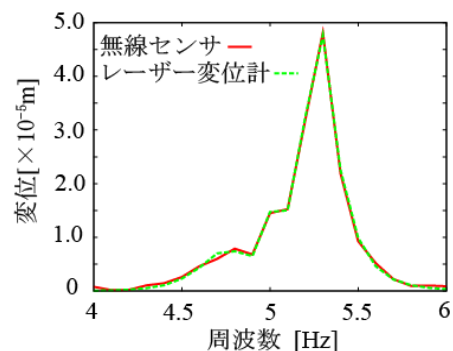


図6：周波数応答関数の比較

(4) さらに、上記の実験において取得した周波数応答関数に、ARX法を適用して周波数伝達関数を推定した。ARX法では、そのモデルに固有振動数と減衰定数のパラメータを含んでおり、これ等の値を同定することができた。複数回の実験を行ったところ、同じ条件下であれば安定した結果を得ることができていることが確認された。

(5) 振動実験を24時間以上にわたって連続的に実施した結果、構造物の固有振動数と減衰定数が温度に依存して変化することが分かった。両者を同一のグラフにプロットすると、気温の変化に遅れて振動特性も変化している様子が分かる。

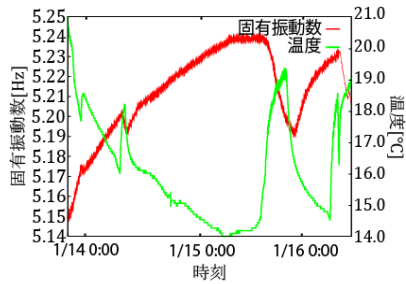


図7：固有振動数の時間変化

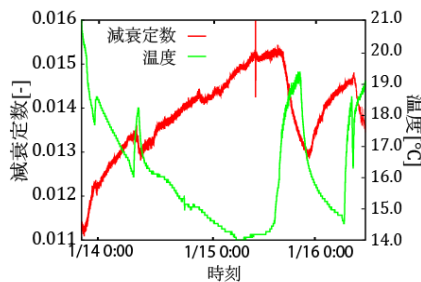


図8：減衰定数の時間変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計1件)

① 日高ちはる・斎藤拓馬・渡邊和樹・佐伯昌之，精密小型加振機と無線センサネットワークを結合した周波数応答関数計測手法の基礎的検討，土木学会論文集A2 (応用力学) (応用力学論文集 Vol.14)，Vol.67, No.2, p. I_875-I883, 2011

② 現在，査読付き論文を執筆中

〔学会発表〕 (計3件)

① 斎藤拓馬・日高ちはる・佐伯昌之，精密小型加振機と無線加速度センサネットワークを結合した構造センシング手法の基礎的検討，土木学会第66回年次学術講演会，2011年9月7日～9月9日，愛媛大学

② 渡邊和樹・佐伯昌之，精密小型加振機による取得データに対応した振動特性同定手法の開発，土木学会第66回年次学術講演会，2011年9月7日～9月9日，愛媛大学

③ 日高ちはる・佐伯昌之，無線センサネットワークを用いた周波数応答関数の高精度計測，土木学会第65回年次学術講演会，2010年9月1日～9月3日

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

http://www.rs.noda.tus.ac.jp/~saeki/structural_sensing.htm

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐伯 昌之 (SAEKI MASAYUKI)
東京理科大学・理工学部・講師
研究者番号：70385516