

高密度センサ網敷設を目的とした自立型加速度計測装置の開発

筑波大学大学院システム情報工学研究科 学生会員 ○赤上広生
筑波大学大学院システム情報工学研究科 正会員 亀田敏弘

1 はじめに

実構造物に対する性能評価や供用期間を通じての健全性評価は、地震被害を予測・計測する上で重要であるが、構造物の数が膨大であるうえに、計測装置が高価であるために普及していない。この問題を解決するためには、低価格で小型かつ自立型の計測装置の大量供給が必要である。近年では、小型・低消費電力・高性能な加速度センサやワンチップマイコンなどが登場しており、これらのデバイスを組み合わせて加速度計測装置を製作する場合、計測装置の価格は通常の1/10程度となる。本研究では、高密度センサ網敷設を目的として、大量生産民生品向けのデバイスを利用した低価格で小型かつ自立型の加速度計測装置の開発を行い、試作品の振動計測精度ならびに計測装置間の時刻同期精度について検証を行った。

2 加速度計測装置の概要

2.1 ワンチップマイコン

本計測装置では、加速度センサ等の周辺機器を制御するためにワンチップマイコンを使用した。ワンチップマイコンとは、中央処理演算装置やメモリ、入出力部等の複数の Integrated Circuit（以下、IC）で構成されていたマイクロコンピュータ（以下、マイコン）機能を1つのICに凝縮し小型化したものである。したがって、外付け部品の削減による低価格化や低消費電力化が可能となった。近年では、用途を限定しない汎用ワンチップマイコンが開発され、動作速度やプログラム書き換え可能などの機能向上、チップ単価や開発コストの大幅低減により一般ユーザでも利用可能となっている。

2.2 加速度の検知

本研究の目的を達成するためには、低価格で高精度かつ取り扱いが容易な3軸加速度センサが必要である。また、ワンチップマイコン内蔵のA/Dコンバータと直結するために、プリアンプ内蔵型加速度センサを選択した。プリアンプとは、微弱な電気信号を増幅し、出力信号を制御する装置である。

2.3 加速度データの保存

加速度センサで得られたデータを保存するために、不揮発性のフラッシュメモリICを使用した。したがって、外部からの電力供給の有無にかかわらずメモリの消去がなく、地震災害時における計測装置との通信不可という最悪な場合においても、フラッシュメモリIC回収による加速度データ取得が可能である。また、本計測装置で使用したフラッシュメモリICは、書き込み時間5msを保証している。

2.4 計測装置間の時刻同期

本加速度計測システムでは、計測装置の複数設置を想定しているため、計測装置間の時刻同期を取るために、Global Positioning System（以下、GPS）受信機の1PPS信号を利用した。GPSとは、人工衛星から無線信号を送信して位置を計測する衛星航法システムの1つである。GPS衛星は原始時計を搭載しており、受信機側では測位演算プロセスで位置を固定することにより正確な時間が得られるために、離れた地点の時計を同期させることが可能である。

2.5 計測装置アーキテクチャ

ワンチップマイコン・3軸加速度センサ・フラッシュメモリIC等を組み合わせて製作した加速度計測装置における各デバイス間の相互関係を表したアーキテクチャを図1に示す。なお、図中の矢印は電気信号の流れを表す。パーソナルコンピュータ（以下、パソコン）への加速度データの表示は、RS232ケーブルを介して行っている。

2.6 加速度計測プログラム

本計測装置における計測プログラムを図2に示す。計測装置は、計測モード・通信モードの2つのモードを持つ。計測モードでは、加速度センサの出力電圧のA/D変換とフラッシュメモリICへのデータの書き込みを繰り返す。また、サンプリングレートを設定するために、ワンチップマイコンのタイマ/カウンタ機能を利用した。具体的には、タイマ/カウンタ機能による割り込み発生時に加速度計測を開始する。さらに、1秒毎の時刻スタンプを刻むために、ワンチップマ

キーワード 構造物健全性，自立型加速度計測装置，大量生産民生品，センサ網，時刻同期

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学大学院システム情報工学研究科 TEL:029-853-7366

〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学大学院システム情報工学研究科 TEL:029-853-5114

アイコンは GPS 受信機の 1PPS 信号の立ち上がりによって割り込みを発生し、時刻スタンプのためにあらかじめ用意した変数に「0」と「1」を交互に書き込む。したがって、時刻スタンプは周期 1 秒の単位階段関数となる。指定の計測回数を超えると加速度計測を終了し通信モードに移行する。通信モードでは、フラッシュメモリ IC から加速度データを読み出し、パソコンに表示する。

3 振動計測精度検証実験

加速度計測装置の試作品が、プログラム通りに動作し加速度データの取得が可能であることを確認したうえで、既存の加速度センサと比較し試作品の計測精度について検証すると共に、試作品の問題点を明確にすることを目的とする。なお、既存の加速度センサとして 1 軸加速度センサを使用した。

実験は、既存の加速度センサと試作品を振動台上に設置・固定し、計測時間を 10 秒間、サンプリングレートを 100Hz とし、x 軸・y 軸・z 軸について 2Hz の正弦波で振動を加えた。x 軸、y 軸方向の加速度時系列を図 3 および図 4 に示す。また、得られた加速度データをフーリエ変換することにより、周波数成分の検出を行った（図 5～図 6）。

4 時刻同期取得実験

GPS 受信機の 1PPS 信号を利用した計測装置間の時刻同期の取得について検証を行うことを目的とする。具体的には 2 個の計測装置・GPS 受信機を使用して、異なる地点で同時に計測を開始させた。GPS アンテナの設置位置は、A 地点（北緯 36 度 06.5718 分・東経 140 度 06.0216 分）、B 地点（北緯 36 度 06.5355 分・東経 140 度 06.0551 分）であった。A 地点での計測装置が刻んだ時刻スタンプを図 7 に示す。なお、図中の横軸は、セラミック振動子を使用した計測装置オリジナルの時刻である。

5 まとめ

本研究では、高密度センサ網敷設を目的として、大量生産民生品向けのワンチップマイコンや 3 軸加速度センサ等を使用した低価格で小型かつ自立型の加速度計測装置の開発を試み、試作品の振動計測信頼性ならびに計測装置間の時刻同期の取得について検証を行った。

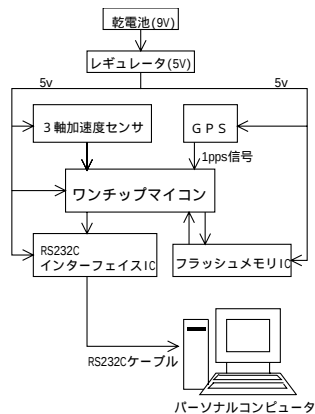


図 1: 加速度計測システムアーキテクチャ

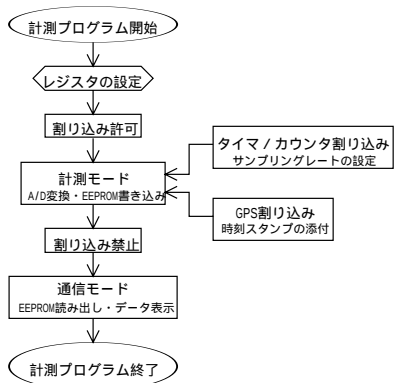


図 2: 加速度計測プログラム

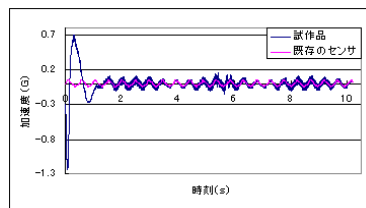


図 3: 加速度時系列 (x - 2)

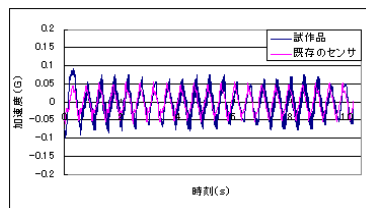


図 4: 加速度時系列 (y - 2)

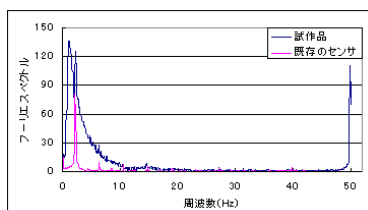


図 5: フーリエスペクトル (x - 2)

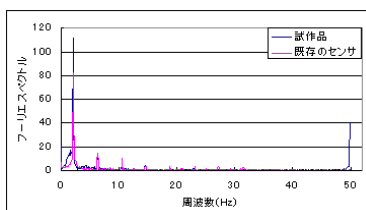


図 6: フーリエスペクトル (y - 2)

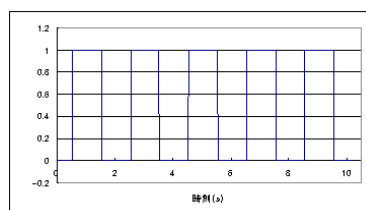


図 7: A 地点での時刻スタンプ