

平成 30 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災分野

研究期間：平成 30 年度

課題番号：183004

研究課題名（和文）：MEMS センサーと小型カメラの併用による可視化を目的とした建築構造物の風応答計測

研究課題名（英文）：Measurement system for wind-induced structural response utilizing MEMS sensors and a camera

研究代表者：仁田 佳宏

交付決定額（当該年度）：200,000 円

1. 研究の目的

半導体技術の急速な発達とともに、建築・土木構造物における計測システムも大きく発展しており、従来の計測システムと大きく異なるものも開発されつつある。特に MEMS 技術を活用したセンサーは、従来のセンサーと比較して、小型化かつ低価格化しており、様々な構造物の応答をより簡便にかつ安価なシステムで計測できるようになりつつある。また、計測データや解析結果の活用を考えると、技術者だけではなく、居住者や建築主などの一般の人々にも、計測データや解析結果の提示が必要となるため、如何にデータを分かりやすく提示するかが、今後重要となると考えられる。

本研究では、技術者以外の一般の人々にもデータを分かりやすく伝えるために、計測データの視覚化を目的として、MEMS センサーを活用した計測システムに関する開発を行う。計測システムの開発においては、使用する MEMS センサーの選択とデータの視覚化が重要となる。そのため、様々な MEMS センサーの性能試験を行う。また、データの視覚化については、Raspberry Pi などの小型 PC に、MEMS センサーと小型カメラを直接接続し、データと画像を同時に表示できるようなシステムを提案する。開発した計測システムは、技術者だけではなく、居住者や建築主などの一般の人々にも、計測データを理解しやすく提示できると考えられ、本研究による成果は今後の防災活動に大きく寄与できると考えている。

2. 研究の方法

MEMS センサーとカメラを活用して、「どのような MEMS センサーを用いて土木・建築構造物の風応答を計測するか」というハード面と「土木・建築構造物の風応答をどのように可視化するか」というソフト面の両面から計測システムの開発を行う。

「どのような MEMS センサーを用いて土木・建築構造物の風応答を計測するか」というハード面については、まず購入が容易 MEMS 加速度センサーや RTK-GPS に対して、計測試験を実施し性能を確認する。この性能比較を基に、風応答の計測に用いる MEMS センサーを選択する。

「土木・建築構造物の風応答をどのように可視化するか」というソフト面については、技術者だけではなく、居住者や建築主などの一般の人々に、理解しやすいデータの表示方法について検討する。これらの検討結果に基づいて、風応答の計測のための視覚化計測システムを構築する。

3. 研究成果

まず、「どのような MEMS センサーを用いて土木・建築構造物の風応答を計測するか」というハード面に対して、MEMS 加速度センサーと RTK-GPS センサーの性能検証を行っている。まず、検討する MEMS 加速度センサーとして、カイオニクス社製を選定した。Fig.1 に選定した MEMS 加速度センサーを示す。選定した MEMS 加速度センサーの性能は、計測範囲 $\pm 2G$ の 3 軸加速度センサーであり、各軸とも感度は $660mV/G$ である。選定した MEMS 加速度センサーの性能を、振動台による加振実験により検討する。検討では、入力波として変位振幅が一定の $0.2 \sim 10.0Hz$ のスイープ波を用い、低振動数域まで計測可能なひずみゲージ式加速度センサーと比較する。検証する MEMS 加速度センサーと比較対象としたひずみゲージ式加速度センサーの比較結果を Fig.2 に示す。また、MEMS 加速度センサーの周波数特性をひずみゲージ式加速度—の周波数特性で基準化したものを Fig.3 に示す。

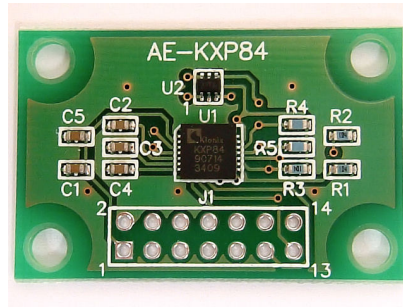


Fig.1 カイオニクス社製 MEMS 加速度センサー

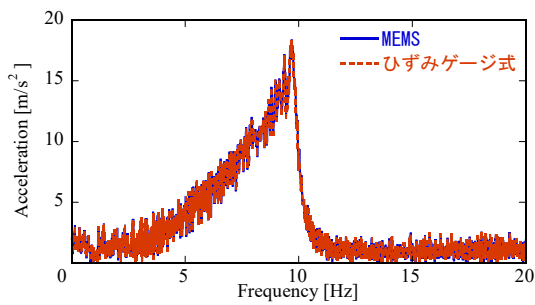


Fig.2 周波数特性の比較

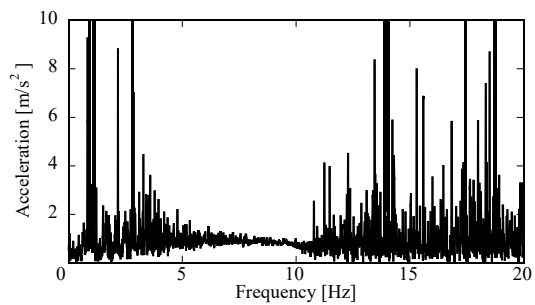


Fig.3 ひずみゲージ式加速度計による基準化



Fig.4 RTK-GPS センサー

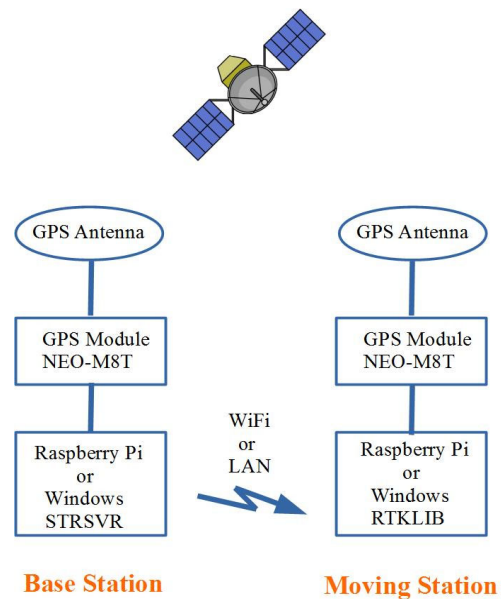


Fig.5 RTK-GPS の模式図

Fig.2 および Fig.3 より、検討した MEMS 加速度センサーは、A/D 変換の性能などにより、小振幅となる低振動数域で部分的に問題があるものの、実用に供すると考えられる。

次に、RTK-GPS センサーの検討を行っている。使用した RTK-GPS センサーを Fig.4 に示す。RTK-GPS では、Fig.5 の模式図に示すように、移動局の位置を基準局から相対で求めることにより、変位応答を計測する。RTK-GPS センサーの変位応答計測の性能を検討する目的で、構造物の屋上で、静的な変位計測を行う。静的な変位計測試験の状況を Fig.6 に示す。計測した変位の時刻歴と軌跡をそれぞれ Fig.7 および 8 に示す。Fig.7 および Fig.8 から、mm 精度で計測可能であることが確認できる。しかし、衛星からの電波受信状況の影響が大きく、振動計測に用いるためには、さらなる検討が必要である。以上の結果から、応答データ視覚化計測システムには、



Fig.6 静的変位計測試験

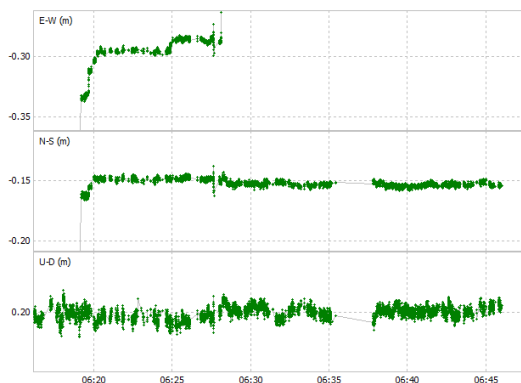


Fig.7 変位の時刻歴

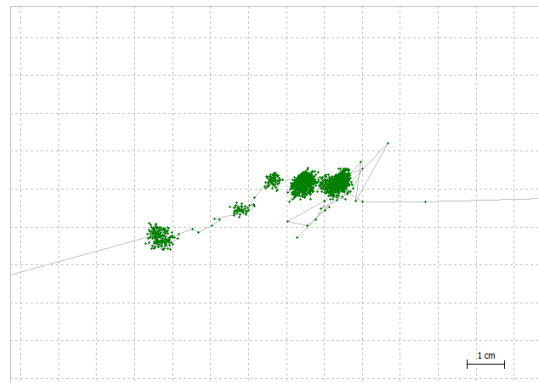


Fig.8 変位軌跡

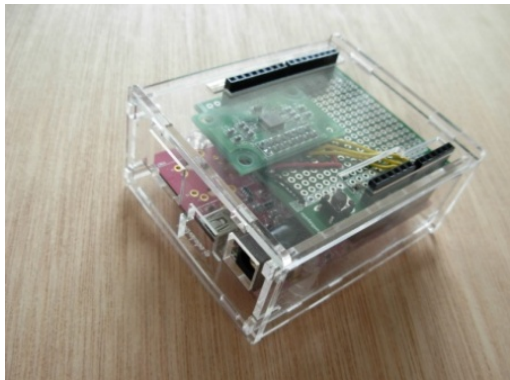


Fig.9 MEMS 加速度センサー搭載 GR-SAKURA

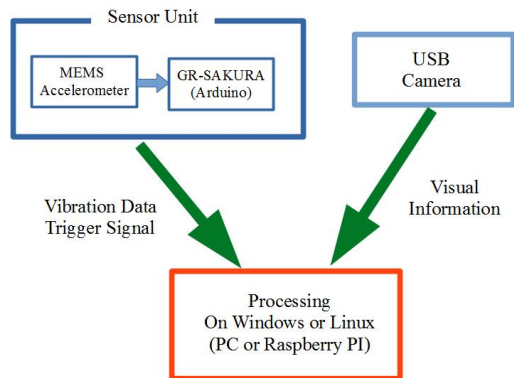


Fig.10 応答データ視覚化計測システム

MEMS 加速度センサーを用いることとする。

応答データ視覚化計測システムに用いるため、MEMS 加速度センサーを Arduino 互換の GR-SAKURA に設置し用いる。GR-SAKURA は、32bit の CPU、12bit の A/D 変換を搭載しており、Arduino よりも高機能なものとなっている。MEMS 加速度センサー搭載 GR-SakURA を Fig.9 に示す。

「土木・建築構造物の風応答をどのように可視化するか」というソフト面に対して、応答データ視覚化計測システムは、MEMS 加速度センサー搭載の GR-SAKURA および USB カメラを、Raspberry Pi などの小型 PC に接続した応答データ視覚化計測システムを用いて検討する。Fig.10 に、応答データ視覚化計測システムの模式図を示す。本検討では、技術者のみならず、居住者などの一般の人々にも理解しやすいように視覚化するために、オンラインで計測データと USB カメラからの映像を同時に表示することとする。同時に表示するために、本システムは、オープンソフトウェアの Processing を用いている。本システムの表示パネルを Fig.11 に示す。本システム

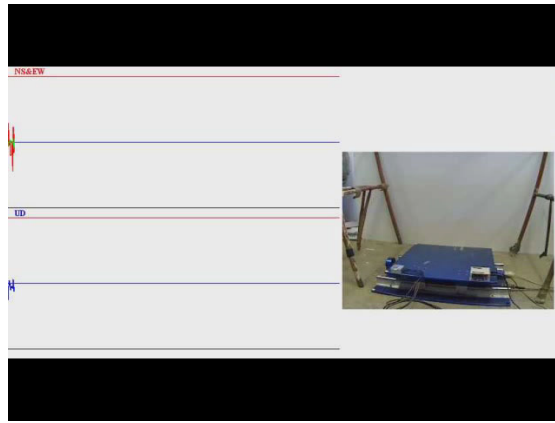


Fig.11 応答データ視覚化計測システムの表示パネル

を用いることで、構造物の風応答を視覚化し、一般の人々にも示せることができると考えられる。

4. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 0 件)

〔図書〕 (計 0 件)

〔その他, 産業財産権, ホームページ等〕

国際風工学研究集会「International Workshop on Wind Effects on Buildings and Urban Environment」にて発表

5. 研究組織

(1)研究代表者

仁田佳宏 (足利工業大学・工学部・准教授)

(2)研究分担者

吉田昭仁 (東京工芸大学・工学部・教授)

稲井慎介 (戸田建設(株)・技術開発センター・構造技術ユニット)

石田琢志 (戸田建設(株)・技術開発センター・構造技術ユニット)

尾内俊夫 (足利大学・客員研究員)

6. 要約(Abstract)

研究課題名: MEMS センサーと小型カメラの併用による可視化を目的とした建築構造物の風応答計測

研究代表者名 (所属): 仁田佳宏 (足利大学)

内容:

本研究では、技術者以外の一般の人々にもデータを分かり易く伝えるために、計測データの視覚化を目的として、MEMS センサーを活用した計測システムに関する開発を行った。計測システムの開発においては、使用する MEMS センサーの選択とデータの視覚化が重要となる。そのため、MEMS 加速度センサーと RTK-GPS センサーの性能試験を行った。性能試験の結果から、MEMS 加速度センサーを採用し、MEMS 加速度センサーと USB カメラを、Raspberry Pi などの小型 PC に接続した応答データ視覚化計測システムを提案した。提案した応答データ視覚化計測システムは、技術者だけではなく、居住者や建築主などの一般の人々にも、計測データを理解しやすく提示できると考えられ、本研究による成果は今後の防災活動に大きく寄与できると考えている。