

# HEMS のための人行動把握センサシステムの研究

生野 雷人<sup>†</sup> 数野 翔太<sup>†</sup> 岡本 健司<sup>‡</sup> 内海 和貴<sup>‡</sup>  
 関家 一雄<sup>§</sup> 一色正男<sup>†</sup>

神奈川工科大学創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科<sup>†</sup>

神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻<sup>‡</sup>

神奈川工科大学スマートハウス研究センター<sup>§</sup>

## 1. 背景

近年、地球温暖化やエネルギー問題を抱え、東日本大震災の影響も受け、エネルギーについて関心が高まっている。これを受け、住宅のエネルギーの使用量を、省エネルギーという観点から管理できるシステム HEMS (Home Energy Management System) が注目されている。しかし現在の HEMS は、住宅の家電や電気設備の電気やガスなどの使用量をモニターに表示することが一般的で、生活者に合わせた家電機器の自動制御をできないのが現状である。そこで本研究では、人の足音などを解析した研究<sup>(1)</sup>などを参考に、実用的な HEMS を目指して人の行動を把握するセンサシステムを研究する。

## 2. 目的

住宅内の床振動や生活音を利用し、生活をしている人に注目して、振動センサを用いた人行動把握センサシステムの研究を行う。振動センサは加速度センサを利用し、非接触でありながらリアルタイムで人行動を把握できるアルゴリズムの検討をする。また、このアルゴリズムを利用し Fig. 1 のような HEMS コントロールのために人の行動を推定できるかを検討した。



Fig. 1 生活者が部屋を出る際の HEMS コントロール

## 3. 本研究でのシステム構成

本研究では、Fig. 2 に示すように、人が無意識に出している生活音や振動を情報として活用し、蓄積したセンサデータで人の行動を把握するセンサシステム構成を想定した。振動センサのデータを蓄積し、蓄積したデータから人の行動を推定するアルゴリズムを構築しようと考えた。ここで振動センサとして用いる加速度センサは X、Y、Z 軸方向の加速度を電圧 (44.9mV/(m/s<sup>2</sup>)) で出力する。

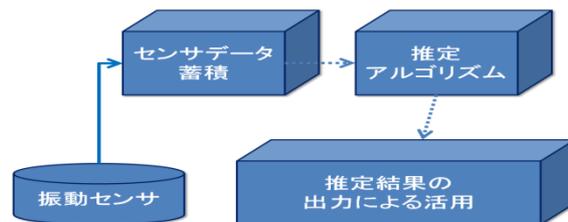


Fig. 2 想定するシステム構成

## 4. 実験内容

今回、人行動把握システムの基礎として、3 つの実験を行った。1 つめは振動センサを用いて距離を推定できるかの実験。2 つめは人の歩行とドアの開閉が識別できるかの実験。3 つめの実験では、振動センサで人の足音を捉える際に、ノイズの影響を減らすため、最適なフィルタを求める実験である。

### [実験 1] 距離を推定する実験

振動の大きさと距離の関係を知るために、一枚板のテーブルの上に振動センサを設置し、振動センサから 30cm ごとに 150cm まで離れた箇所に、硬質ボールを同じ高さ (10cm) から落とす実験を行った。このときボールの跳ねる回数は落下時の一回のみとした。Fig. 3 に一枚板のテーブルと実験の様子を示す。

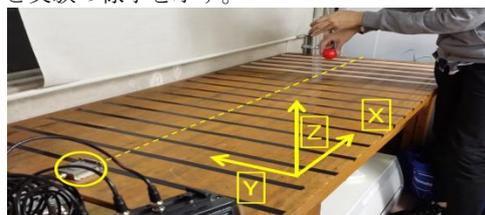


Fig. 3 [実験 1] に使用した振動センサと机 (黄色い丸がセンサで、X 軸が距離)

### [実験 2] 足音とドア開閉音の識別実験

Fig. 4 のような部屋に入出入りする人の足の振動とドアの開閉の振動を識別できるか実験を行った。生活者には片開きの引き戸を開け、部屋に入室し閉じてから部屋を歩行するという行動をさせ、この行動を振動センサで捉えた。歩行経路を図中に太矢印で示した。



Fig. 4 [実験 2] を行った部屋の平面図

「Study of Human Behavior Sensor System for HEMS」

<sup>†</sup> Department of Home Electronics Development, Kanagawa Institute of Technology

<sup>‡</sup> Department of E&E, Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

<sup>§</sup> Smart House Research Center, Kanagawa Institute of Technology

[実験 3] 周波数フィルタの効果実験

振動センサで人の足音を捉える際に、ノイズの影響を減らして精度を上げるため、最適なローパスフィルタを求める実験を行った。Fig. 5 に実験した環境を示す。歩行経路は図中の太矢印部分を往復した。

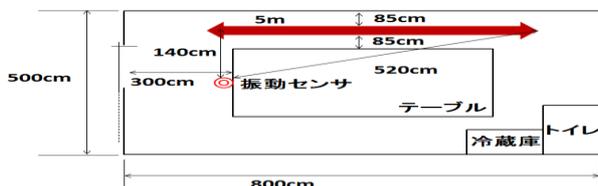


Fig. 5 [実験 3] を行った部屋の平面図

以上の実験で使用した機器を Table 1 に示す。

Table 1

種類	メーカー	型番
振動センサ	IMV	VP-8013
データロガー	GRAPHTEC	GL900

5. 実験結果・考察

[実験 1] 距離を推定する実験の結果

実験結果のグラフを Fig. 5 に示す。Fig. 5 では同じ大きさの衝撃で、距離のみが異なる実験を行った。Z 軸方向(垂直方向)では距離がセンサから離れるほど振動が小さくなるという結果になった。また、90cm の地点で X 軸方向と Y 軸方向の振動が大きいのは、その地点がテーブルの中心であり、テーブルの梁や足の影響が少ないため振動が大きく、かつ振動時間が長いのだと考えられる。このことにより、同じ振動の大きさであれば距離の違いに傾向があることが分かった。これを活用し、人の歩行している際に、近づいているか、遠くに向かっているかの推定をすることができる可能性があることも分かった。

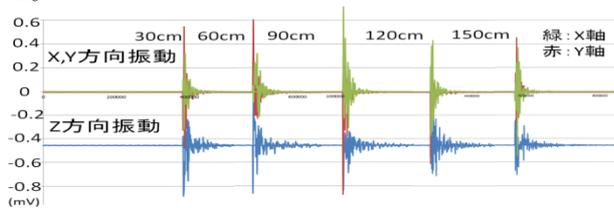


Fig. 5 [実験 1] センサと振動発生箇所との距離による違い

[実験 2] 足音とドア開閉音の識別実験の結果

実験結果のグラフを Fig. 6 に示す。Fig. 6 では歩行している際の振動とドアの開閉をしている際の振動に差があることが分かる結果となった。この結果から、振動センサを用いて人の足音の振動とドアの開閉の振動の識別が可能になると思われ、生活者が在室であるか、不在であるかの判断ができるのではないかと考えられる。また、この判断ができれば生活者に合わせた、Fig. 1 のような家電機器の制御の実現も可能になると考えられる。

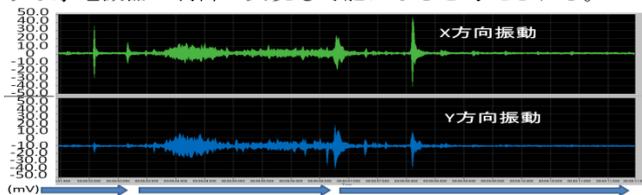


Fig. 6 [実験 2] 人の足音の振動とドア使用時の振動

[実験 3] 周波数フィルタの効果実験の結果

足音を検知する際に最適な周波数フィルタを求める実験を行った。この実験ではフィルタ無し、500Hz、50Hz、5Hz 以上の周波数をカットするフィルタを用いた実験を行った。Fig. 7 と Fig. 8 は、フィルタ無しと、最適だと思われる 500Hz 以上の周波数をカットするフィルタを適用したグラフである。足の接地のタイミングを矢印で示しておく。ノイズを抑制したことで、より正確な歩行の振動を捉えることが可能になると考えられる。

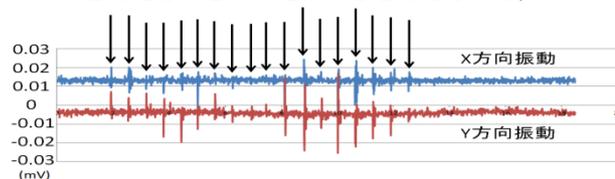


Fig. 7 [実験 3] フィルタ無しの歩行の振動

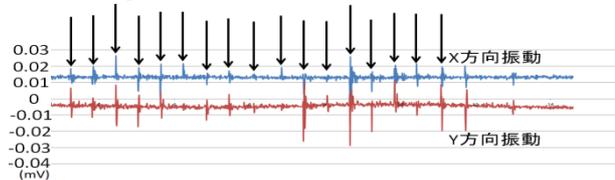


Fig. 8 [実験 3] 500Hz のフィルタ有りの歩行の振動

6. まとめ

本実験で分かったことは以下の通りである。  
 [実験 1] 同じ衝撃であれば距離の推定ができる。  
 [実験 2] 足音とドア開閉音の識別ができる。  
 [実験 3] ローパスフィルタを用いることでより正確に足音を捉えることができる。  
 人の行動を把握するシステムとして振動センサに注目をして実験を行い、人の足音やドアの開閉などを捉えることは可能であった。本実験結果により、振動値をリアルタイムに処理する推定アルゴリズムを作成することで、生活者の行動を HEMS コントロールに反映することができるようなシステム構築の可能性を示すことができた。

7. 今後の課題

本実験では高価格で高性能のセンサで実験をしたため、一般家庭での普及には難しい点が課題であり、今後の研究では、一般家庭用低価格での実現とセンサなどの大きさなどが課題となる。しかし振動センサだけでは室内で生活者が何をして過ごしているのかを推定することは困難だと思われる。精度を上げるにはカメラやマイクなどの併用が有効だが、生活者の会話などのプライバシーに影響する恐れがあることが大きな問題である。これらの改善策として、生活者の会話をフィルタでカットなどをして、プライバシーを保護する方法等、センサシステムと生活者との関係についても検討して実用性のあるシステム提案へ、研究を進めたい。

8. 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導、ご協力いただいた IMV 株式会社様に心より感謝いたします。

文献

- (1) 江守健太郎 「足音を用いた個人認識に関する研究」 2006 年 電気通信大学大学院 修士論文