

# 加速度センサを用いたエレベータ区間検出と移動距離推定

楊 天輝† 梶 克彦† 河口 信夫†

名古屋大学大学院工学研究科†

## 1 はじめに

近年、MEMS 技術の進歩により、様々な情報機器に対して、加速度センサを設置できるようになった。加速度センサを利用して、対象とした人間やモノの姿勢や状態などを推定することが可能となる。一つの応用としては、エレベータの検出による建築内ナビゲーションシステムがある。現在ある建築内ナビゲーション技術としては無線 LAN, RF タグなどがあるが、これらの技術は電磁波を利用するので、複数の基地局を設置する必要があり、コストなどの問題が発生する。エレベータの昇降状態に関する研究では、渡邊ら [1] は気圧センサを使って、ユーザの移動状態を推定した。しかし、多くの携帯端末に気圧センサが内蔵されていないの問題がある。

本研究では、携帯端末に内蔵された加速度センサを使用して、様々なエレベータの加速度信号を記録して、エレベータデータベースを構築する。そこで、データベースを用いて、エレベータ認識と移動距離推定アルゴリズムを作る。

この手法により、フロア間の移動状態を推定できれば、フロア毎の位置情報サービスとライフログなどの応用が実現可能と考えられる。

## 2 エレベータデータベースの構築

エレベータは様々な速度があり、その波形はそれぞれ異なる。そこで、エレベータ加速度データを理解するために、エレベータデータベースを構築した。

このコーパスは著者が測定したエレベータの加速度データから構成した。測定総時間は 1.44 時間である。エレベータ区間 123 箇所、エレベータ数 33 個である。センサ装着位置は腰とした。測定端末は iPod Touch 第 4 世代を利用した。大学内、駅、高層ビルなど、様々な高さの建物でのエレベータデータを収集した。行動の種類は、歩く、エレベータ乗る、静止の 3 種類である。

エレベータデータベースの構成を以下に述べる。各エレベータには固有の ID が付与され、メーカー、総階数、全長の情報が記録されている。加速度データには各行動区分に対して行動の種類に関するラベルが付与される。また、エレベータのラベルに対しては、さらにエレベータ ID、移動階数の情報が付与される。

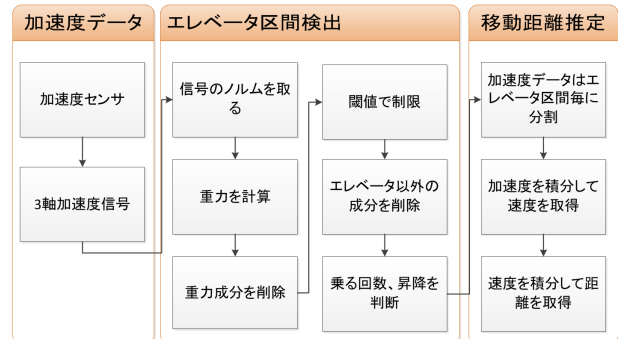


図 1: 提案システムの処理手順

## 3 提案システムの処理手順

エレベータ内の加速度信号は、歩行やジョギングなどの行動と比べて周波数が非常に低い。更に、歩行や走行のような振動がないため、振動キャンセルなどの処理を行えば、エレベータの情報のみを抽出し、移動距離を推定することが可能と考えられる。手順の流れは図 1 に示す。具体的な説明は以下に示す。

### 3.1 加速度データの初期処理

まず、加速度センサを内蔵した携帯端末から 3 軸加速度データを抽出する。実環境では、人間は携帯端末などを持つ時、一般的にはポケットに入れるので、加速度センサの向きが不定になる。そのため、向きの影響を抑えるために、3 軸の加速度データのノルムを利用する。

### 3.2 直流成分の除去

加速度データ中には、直流成分として、重力が入っている。エレベータデータベースの観察により、重力の値は時間、場所がデバイスによって変化していることがわかった。よって、移動距離を推定する際には、毎回重力を計算して除去する必要がある。重力値の計算は、以下の手順で行う。

まず、人間がエレベータを待つまたは昇降する時、一般的には静かに立つ。この間の加速度データを記録して、平均を取れば、この時点の重力成分を記録することが可能である。人が静止しているかどうかの判断は閾値で決める。重力の値の精度を更に上げるために、時間窓をかけて、一定時間で静止する場合だけ記録する。得られた静止中の加速度データの平均を取る。加速度信号からこの平均値を差し引くことで、直流成分を除去することが可能になる。

Elevator Recognition and Distance Estimation by Using Activity Information from Wearable Sensors

Tianhui Yang† Katsuhiko KAJI† and Nobuo KAWAGUCHI†  
Graduate School of Engineering, Nagoya University †

### 3.3 振幅範囲を狭くする

人間の行動には、エレベータと類似する加速度変化を示す行動(ジャンプなど)が存在する。これをフィルタリングするために、データベースの加速度データに基づき、閾値を設定する。もし加速度がこの閾値を超える場合、加速度信号からこのデータを0にする。

### 3.4 エレベータ区間検出

エレベータの波形以外のデータをすべて削除するために、フィルタを通す。このフィルタのアルゴリズムを以下に説明する。

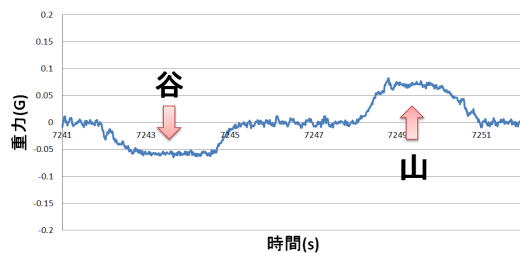


図 2: エレベータ上昇時の加速度の波形

人間の行動には歩行やジョギングのような反復運動が多く、その時の加速度はある一定値を中心として振動する。エレベータは、加速と減速があり、更に減速と加速の時間が人間の日常行動データと比べ、時間が長い。更に図 2 を見ると、エレベータの波形は一つの“山”と一つの“谷”がセットで存在する。このセットは1つのエレベータ区間である。例えば、先に“山”後に“谷”の場合、エレベータは上昇する。先に“谷”後に“山”の場合はエレベータは下降する。つまり、エレベータ加速度の特徴は、ある時間帯に連続なプラス、マイナスの値である。データベースを調査した結果、最も短い加減速時間は約 1.3s であった。そこで、加速度データに 1s の時間窓をかける。窓のずらし幅は 0.01s である。もし時間窓の中にマイナスとプラスの値が両方あれば、この窓の中の加速度が振動し、エレベータの特徴ではないことがわかるので、その窓の部分の加速度値を 0 にする。もし、この窓の中の加速度がすべてプラスまたはマイナスの値の場合は、この窓のデータはエレベータの加速もしくは減速であることが確認できるので、その窓のデータを残す。全時間帯の加速度を窓で一つずつ調べていくと、最後にエレベータの波形だけが残る。

エレベータの加速度データだけが残っているのので、これ以外のデータは 0 である。ここで、データ全体を検索して、もし“山”と“谷”があれば、エレベータ区間として検出する。

### 3.5 移動距離推定

残ったエレベータだけの加速度データを 2 回積分して、移動距離が得られる。移動方向に対しては、得られた距離の値がプラスの場合は上昇、マイナスの場合は下降になる。

## 4 実験と結果

エレベータ区間検出の実験では、HASC Challenge 2011[2] で収集された実環境データと著者が収集したデータで構成した。HASC Challenge 2011[2] で収集されたデータは歩く、走る、エレベータ乗るなどの 8 種類以上の行動データが含まれる。被験者は 42 人である。装着位置は腰、手、足などの 4 種類がある。測定端末として、iPod、GalaxySII などの 6 種類がある。実験結果は表 1 に示す。実験結果より、高い精度でエレベータの区間を検出できたと言える。

表 1: エレベータ区間検出

エレベータ区間	検出した区間	適合率	再現率
160	151	96%	94%

エレベータ移動距離推定では、著者で測定したデータのみを利用した。HASC Challenge 2011 で収集された実環境データはエレベータの移動距離の正解データが存在しないため、高さ推定は出来なかった。誤差率は誤差と実際の距離の割合である。実験結果は表 2 に示す。実験結果により、移動距離推定の誤差は 1 フロアあたりの高さ(約 3.5m)の 1/3 程度に抑えられているため、移動階数は推定可能といえる。

表 2: エレベータ移動距離推定

	距離既知の区間数	距離推定誤差 (m)	誤差率
高層 (11F~)	4	1.23	0.6%
中層 (6F~10F)	24	0.35	1.9%
低層 (~5F)	11	0.27	2.6%
合計	39	0.42	1.7%

## 5 まとめと今後の課題

今回は加速度センサだけを利用して、エレベータ区間検出と移動距離推定方式を提案した。実験結果から見ると、実環境で、建物の毎階の高さが分かれば、ユーザのフロア位置が推定できると考える。この手法により、加速度センサを用いたフロアによるサービスやライフログが実現できると考える。

今後の課題としては、エレベータ加減速中に歩くなどの雑音に強いエレベータ認識アルゴリズムや、データベースの規模を拡大して、様々なエレベータに対応可能にすることを検討中である。

## 参考文献

- [1] 渡邊孝文, 上坂大輔, 村松茂樹, 小林亜令, 横山浩之. 気圧センサを利用した昇降状態を含む移動状態推定. 信学技報, Vol. 111, No. 296, MoMuC2011-30, pp. 19-23, 2011.
- [2] HASC Challenge 2011. <http://hasc.jp/hc2011/>.