

スマートフォンを用いた階段利用判定

川添 翔太 諏訪 敬祐

近年、厚生労働省はじめ多くの自治体や企業が節電、健康促進のため階段利用を推進している。本研究ではそのような現状をもとに階段利用をより促進するため、スマートフォンを用いて階段の利用状況を利用者本人に伝えるアプリケーションを開発した。また、特に本研究では階段利用状況をデータ化するにあたって必要な階段以外の移動状態(平地の歩行、昇降機器を用いた移動、停止)の検知精度の高精度化を目指した。その結果、スマートフォンセンサ値を用いてデータマイニングする手法により移動状態の判定率が80%となり、開発したアプリケーションは階段利用状況を伝えるのに有効であることを明らかにした。

キーワード：階段昇降運動、Android、データマイニング、決定木、C4.5

1 はじめに

1.1 研究の背景

厚生労働省は生活習慣病対策として「1に運動2に食事 しっかり禁煙 最後にクスリ」をスローガンに、運動習慣の徹底と食生活の改善に取り組むための啓発活動を行っている^{[1][2]}。このスローガンの中で「1に運動」と記述された要因に、私たちの運動不足が深刻さを増すと同時に、生活習慣病の有病者が増加したことが挙げられる。しかし、私たちの日常生活における活動量は交通機関の発展やコンピュータの普及によって確実に減少している。そのため、時間を割いてスポーツジムなどに通い、運動することが効果的だが、施設へのアクセスの悪さなどで運動実践を妨げる要因がある。そこで、日常生活で実践可能な活動量の増強が必要であり、日常生活で日々行っている階段昇降運動はその身近な例として適している。階段利用はエレベータなどの昇降移動方法と異なり電力を消費しないため、節電にも繋がる。

現在、急速に普及しつつあるスマートフォン現在、急速に普及しつつあるスマートフォン現現在、急速に普及しつつあるスマートフォンを用いて運動量を管理するサービスがAPPLE社のAPP StoreやGoogle社のGooglePlayなどのアプリケーション販売サイトで提供されている。サービス内容や利用の目的は様々だが、大部分がカロリー計算やランニング、ウォーキングのログの取得による肥満防止や健康維持のための意識改善に

役立っている。そして、その運動量を管理するため、多くのサービスがGPSなどの受信機やスマートフォンに搭載されている各種センサを用いてロギングを行っている。いまやスマートフォンに搭載されたセンサはスマートフォンの機器操作に用いられるだけでなく、日常の行動をデータ化するために重要なツールとなってきた。しかし、今後は提供するサービスに合わせた各種センサの有効な使い道を考えていくという課題もあり、データマイニングのような大量のデータの中に潜んでいる有用なパターンやルールなどの情報を見つけ出す技術との併用が期待されている。

1.2 研究の目的

本研究では階段利用推進のため、スマートフォン内蔵のセンサを用い、データマイニングによって階段不利用を検知し、知らせるスマートフォンアプリケーションを作成する。また、機能に必要な利用者の昇降方法(階段、エスカレータ、エレベータのいずれを利用したか)を高精度で検知する機能の検証、評価を行う。

2 開発、環境

2.1 開発環境

本研究では、スマートフォンセンサを用いて階段利用状態を含めた4つの移動状態を検知するアプリケーションを作成した。表1にその開発の環境、使用言語及びセンサを示す。

2.2 使用センサ、機器について

センサは加速度センサ (accelerometer) と気圧センサ (pressure sensor) を用いた。加速度センサとはそ

KAWAZOE Shota

東京都市大学 環境情報学部 情報メディア学科 2013年度卒業生
SUWA Keisuke

東京都市大学 メディア情報学部 情報システム学科 教授

表 1 開発環境, 使用言語センサ等

	内容
開発環境	Eclipse Standard 4.3.1,
開発言語	JAVA
使用センサ	加速度センサ (accelerometer) 気圧センサ (pressure sensor)
使用機器	GALAXY NEXUS SC-04D (Android 4.0)

の名の通り, 物体の加速度を計測する機器である。現在, 加速度センサは Android マーケットで提供されている多くの運動量管理アプリケーションで歩行, 歩数の検知のために使用されているケースがある。今回の研究ではアプリケーション利用者の歩行検知を行う必要があるため加速度センサを使用した。

また, 今回の研究ではさらに, 昇降運動の検知も必要である。そこで, 昇降運動中にユーザの所在位置の標高が変化することで気圧差が生じるという考えのもとに気圧センサを昇降運動検知用のセンサとして使用した。

使用機器としてスマートフォンには気圧センサ, 加速度センサの両方を唯一搭載 (2014年2月現在) しているサムスン電子製スマートフォン GALAXY シリーズの GALAXY NEXUS SC-04 を使用した^[3]。

3 システム構成

本研究では移動状態を検知するアプリケーションを作成し, 検知のためユーザの移動状態は4つのカテゴリに分類した。検知する状態は以下の4つである。

1. 平地での歩行
2. 階段での歩行
3. エスカレータ及びエレベータ内での停止
4. 昇降移動を伴わない停止

ユーザはアプリケーションを起動した状態のスマートフォンをズボンの後ろポケットもしくは腰に装着し, 移動する。そして, 平地での歩行や階段昇降といったユーザの移動状態に準じた効果音が鳴るという仕組みである。加速度センサからの情報と気圧センサからの情報を取得し, その値がアプリケーション内で設定した閾値であるかどうかという判断をしている。センサ情報は0.02秒ごとに取得し, 2秒分 (100個) のデータが貯まったら判定を行うという設定をしている。本研究のシステムの内容を図1に示す。

本研究はあくまで階段利用を促進するため階段を利用したかどうかを検出する機能の検証を目的としているため, 効果音による移動状態の通知を行った。ちなみに効果音はそれぞれ4つの移動状態をイメージした効果音となっている。

4 Android アプリケーション

本研究の検証のため, JAVA 言語を用いて Android アプリケーションを作成した^[4]。今回は主にセンサによ

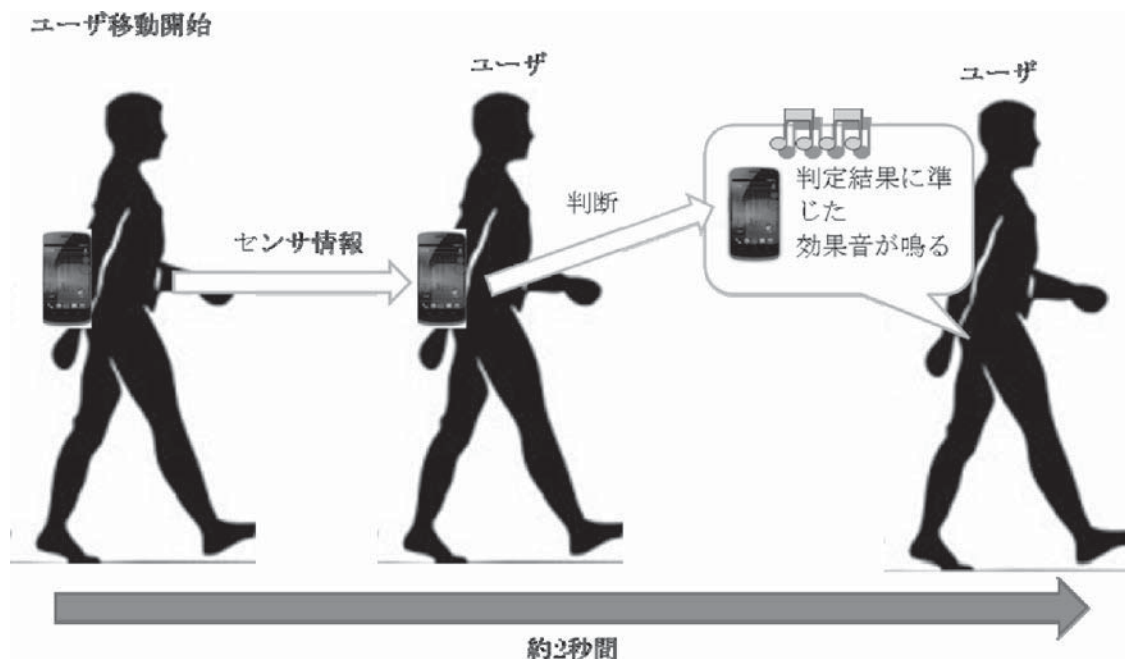


図 1 システムのイメージ図

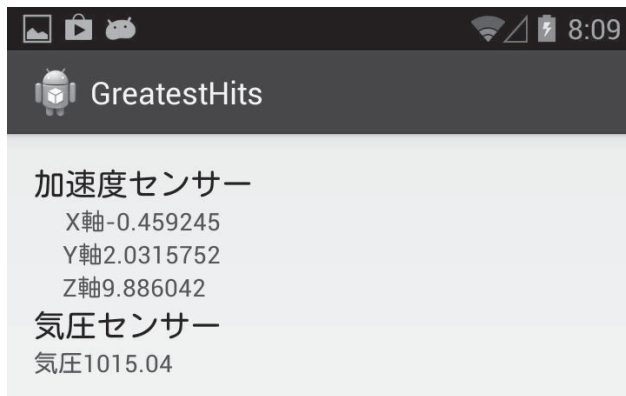


図 2 アプリケーションのインターフェース

る移動状態の検知に重きを置いたため、ユーザは起動と停止のみできる。画面には加速度センサの値と気圧センサの値が 0.02 秒ごとに表示される。かなり高速のため肉眼での読み取りはできない。

なお、本アプリケーションは GreatestHits と名付けた。図 2 にアプリケーションのインターフェースを示す。

5 移動状態の判定方法

移動状態の検知にはまず、ユーザが歩行中かどうかをセンサ情報からアプリケーション内で判断する。その後昇降移動中かどうかを判断し、その結果によって 4 つの移動状態（平地での歩行、階段での歩行、エレベータ及びエスカレータ内での停止、昇降移動を伴わない停止）のどの状態であるか判定している。アプリケーション内ではただ if 文で分岐させている単純な構造である。判定のプロセスを図 3 に示す。

6 データマイニング

6.1 実施したデータマイニングの概要

本研究では 4 つの移動状態を判定するためにデータマイニング手法の決定木を用いて判断に必要な閾値を設定した [5]。そして決定木生成には C4.5 アルゴリズムを利用した。決定木とは意思決定や物事の分類を多段階で繰り返し実行する場合に、その多段の分岐過程を階層化した木構造であり、データをもとに枝をたどっていくと適切なターミナルノードにたどり着け、状態判断が可能となる手法である。各データセットは目的属性と予測属性からなり、予測属性はデータ要素、目的属性は答えとなる状態を表す。データのセットにはトレーニングセットとテストセットがあり、トレーニングセットは木を生成するための機械学習に利用し、テストセットで実際にその木を使って目的属性を判断し、正しく判断できたかの評価を行う。

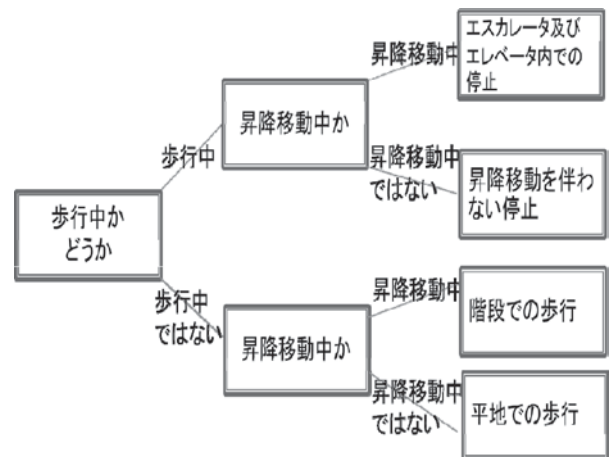


図 3 移動状態判定のプロセス

表 2 データマイニングに使用した値とその用途

	気圧センサ	加速度センサ
値の取得間隔	0.02 秒毎に一回	0.02 秒毎に一回
変換した値	回帰直線の傾き	Y 軸値の分散
変換に使用するデータ	センサデータ 100 個 (2 秒分)	センサデータ 100 個 (2 秒分)
値の用途	昇降運動の検知	歩行状態の検知

6.2 データマイニングに使用した値

今回のデータマイニングでは移動状態の判定のために C4.5 アルゴリズムを用いてセンサの閾値を決定した。その際にトレーニングデータとして使用した値は加速度センサの Y 軸値（機器の縦方向）の分散値と気圧センサ値の回帰直線の傾きである。表 2 にその内容を示す。

分散値とはある値の集合の分布の大きさのことである。また、回帰直線とはある数値の集合を直線で近似的に表現することである。

分散値を利用した理由は集合の分布であるため、加速度センサの突然の値の変化に惑わされにくいという利点があるためである。気圧センサの値を回帰直線の傾きに変換している理由は

GALAXY NEXUS SC-04D に搭載されている気圧センサの値にばらつきがあり、図 4 のように近似的に表

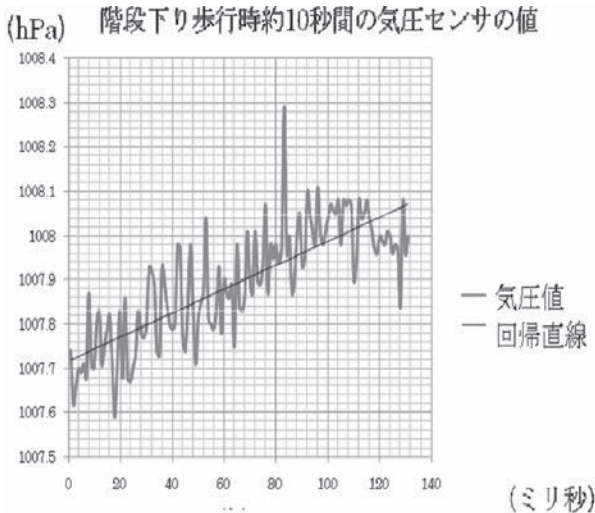


図4 気圧値と回帰直線の関係

表3 歩行検知用のテストデータ (一例)

Variance	State
0.007825	stop
11.11666	Walk

表4 昇降運動検知用のテストデータ (一例)

Inclination	State
-7.42E-04	Walk
-0.00169	stairup
0.001079	stairdown

す必要があるためである。

6.3 テストデータの作成

テストデータの作成は前述の変換したセンサデータ取得用のアプリケーションを仮に構築し、実際に川添が階段歩行や平地歩行などを実施し、行った。平地歩行検知用のテストデータは平地歩行時と平地での停止時の加速度の分散値にそれぞれ「Walk」「Stop」という属性を設けた。昇降運動検知用のテストデータは階段昇り、降り時と平地での歩行時に取得した気圧値の回帰直線の傾きにそれぞれ「StairUP」「StairDOWN」「Walk」という属性を付けた。実際に取得した値の一部を表3に示す。尚、回帰直線の傾きはInclination、分散値はVariance 状態はStateと表記している。

6.4 C4.5 アルゴリズムによる決定木の作成

前述の取得したテストデータを用いてC4.5アルゴリズムによる決定木生成を行った。加速度センサY軸の分



図5 歩行判定に用いる決定木

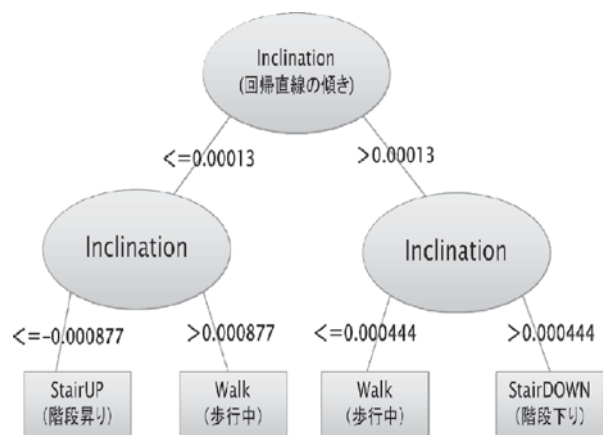


図6 昇降運動判定の決定木

散値を用いて生成した決定木を図5に示す。歩行検知の決定木は平地歩行時の分散値データ100個と平地での停止の状態の分散値データ100個計200個を学習させた結果である。同様に気圧センサの回帰直線の傾きを用いて生成した決定木を図6に示す。昇降運動検知の決定木は平地にいる状態の回帰直線の傾きデータ50個と階段昇り、降り時の回帰直線の傾きのデータそれぞれ50個を用いて学習させた。

7 アプリケーションの検証

本研究で作成したアプリケーションを実際に使用し、移動状態検知の精度を検証した。検証は3回行い、1回目は精度検証のために移動状態判定の正誤を調べた。2、3回目は場所変えて検証を行った。検証内容を表5に示す。また、検証時のスマートフォンはズボンの後ろポケットに装着した。装着した様子を図7に示す。

8 結果

表6の屋内での検証では、全ての判定の平均正判定率は80%となった。また、個々の判定を見ると平地歩

表 5 検証内容

	被験者の情報,実施内容
性別	男性
年齢	22 歳
実施日時	平成 25 年 12 月 17 日, 平成 26 年 1 月 8 日
実施場所 1 (1 回目)	東京都市大学横浜キャンパス 情報基盤センター内及び 3 号館 横浜市営地下鉄線中川駅構内
実施場所 2 (2 回目)	東京都市大学横浜キャンパス (屋外)
実施場所 3 (3 回目)	東京都市大学横浜キャンパス 3 号館から横浜市営地下鉄線 中川駅構内までの道のり



図 7 検証時のスマートフォンの位置

行が 81%，階段歩行は 71%，昇降機器内での停止が 94%，昇降移動無しの停止は 74%の精度で判定した。検証結果を表 6 に示す。表は一番左の列が被験者が実際に行った移動状態を表し、一番上の行はアプリケーションが判定した移動状態を表している。

結果として特に異常な判定はなく、平地歩行中の場合、歩行中という条件が同じである階段歩行が 7 回判定され、エスカレータ内の停止の場合、停止中という条件が同じである昇降移動無しの停止が 16 回判定している。

エレベータ内停止での結果として当初、昇降機器移動無しの停止判定が誤検出されると予想したが、エレベータの動き出しと動き終わりが Y 軸方向の加速度に変化があるため階段歩行という判定が 9 回誤検出された。

表 6 屋内での検証結果

真\判定	平地歩行	階段歩行	エレベータ/ エスカレータ内 停止	昇降移動 無しの停止	合計
歩行	43	7	0	0	50
階段	10	40	0	0	50
エレベータ	0	9	41	0	50
エスカレータ	0	0	34	16	50
停止	0	0	4	46	50
正判定率P	81%	71%	94%	74%	
平均正判定率 P	80%	※正判定率=アプリが判定した移動状態の正解率			

表 7 屋外での検証結果 (平地歩行と階段歩行)

真\判定	平地歩行	階段歩行	エレベータ/ エスカレータ 内停止	昇降移動 無しの停 止	合計
歩行	46	4	0	0	50
階段	7	43	0	0	50
正判定率P	86%	91%	/	/	/

表 8 東京都市大学横浜キャンパス 3 号館から横浜市営地下鉄中川駅までの利用結果

真\判定	平地歩行	階段歩行	エレベータ/ エスカレータ 内の停止	停止	合計
歩行	163	24	0	0	187回(約374秒)
階段	3	11	0	0	14回(約28秒)
エレベータ	0	1	4	0	5回(約10秒)
エスカレータ	0	0	5	2	7回(約14秒)

屋外の検証結果から、屋内より判定精度が若干高いが、基本的に屋外と屋内の気圧は同じであるため、とくに大きな差はない。

外的要因を考えて屋外の検証を行ったが特に大きな差はなく屋外、屋内変わらない。

表 8 は東京都市大学横浜キャンパス 3 号館からエレベータで降り、平地歩行し、途中で屋外の階段を上ったのち、エスカレータを利用して横浜市営地下鉄中川駅構内へ移動した結果である。

移動中に問題となったのが、坂道歩行における階段利用判定の誤検出である。緩やかな坂道では誤検出はないが、急な坂道だと階段判定を誤ってしまうことがわかる。

9 考察

表 6～表 8 の結果から歩行時、昇降機器利用時の停止の検知は 80%以上の検出率になったが、階段と停止の正判定率が約 70%という結果になった。また、エスカレータ利用時における平地での停止判定を 30%以上の割合で検知してしまう結果となり、誤検出の割合が高くなった。これは、エスカレータの速度が階段昇降の速度より低速のため、回帰直線の傾きが小さく、停止

の閾値を超えなかったためであると考える。

また、今回の実験に使用したエスカレータは一般的な速度のものを利用したが、高速のものであるとまた違った結果が出ると思われる。昇降機器内の停止の正判定率が94%という高い数値になったのはエレベータとエスカレータの判定を昇降機器内での停止というカテゴリにまとめたことが大きな要因となっている。

屋外と屋内の差はあまりないと考えられるが、屋外における坂道は誤検出を引き起こす恐れが大きい。坂道も考慮に入れた判定閾値の検討が必要であると考える。

10 まとめ

本研究では目的である、階段の使用、不使用を知らせるために必要な移動状態の検知機能が付いたアプリケーションを作成できた。また第二の目的である移動状態の高精度検知は平均判定率が80%と高い判定率となった。

しかし、課題点もあり、その一つに被験者の数の少なさや気圧センサが搭載されている Android 端末が2014年現在の一部であることである。今回の研究によって移動状態の検知をセンサデータからデータマイニングの処理を行うことで機能の確認を行うことができた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、助言頂いた諏訪研究室 OBの小野澤清人氏に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 厚生労働省 国民健康・栄養調査
http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou_eiyou_chousa.html
- [2] 厚生労働省 階段利用キャンペーン
http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou_eiyou_chousa.html
- [3] SAMSUNG 電子ジャパン
<http://www.samsung.com/jp/>
- [4] AndroidDevelopers
<http://developer.android.com/index.html>
- [5] 元田 浩・津本 周作・山口 高平・沼尾 正行：データマイニングの基礎，オーム社，2006