

# スマートフォンを利用した転倒検知率向上に関する研究

## Precision Enhancement of Fall Detection by Using Smart Phone

猪股 史也†  
Fumuya Inomata

諏訪 敬祐†  
Keisuke Suwa

### 1. はじめに

現在、日本は高齢化社会である。65歳以上の高齢者人口は過去最高の3079万人(前年2975万人)となり、高齢化率も25.1%(前年23.3%)となっている。今後は人口の減少も予想され、高齢者率は2060年には39.9%に達し国民の約2.5人に1人が65歳以上の高齢者となる社会が来ると推計されている[1]。健康と長寿を両立することが地域社会、国にとってきわめて重要な問題である。

高齢化社会では、高齢者の転倒が問題になっている。高齢者の転倒は、死に至る「転倒死」や重大な傷害を招き、寝たきりなどの介護が必要になる理由として挙げられる。転倒を無くすことは困難であると考えられ、高齢者の転倒を速やかに、かつ正確に検出することが重要である。本稿では、普及が進むスマートフォンを利用し、搭載されている複数のセンサを活用して転倒検知率向上を実現する方法を提案し、検出精度を明らかにする。

### 2. 関連研究

#### 2.1 加速度センサを利用した転倒検知

一般的な転倒検知システムは加速度センサを利用し、衝撃を検知することで転倒を判断する。転倒検知に関する研究や製品は既に存在しており、上記のような手法が用いられているが、普段の生活の中の衝撃と実際の転倒の区別を明確にすることが出来ず、誤検知が多いという問題がある。

このような問題点に対して、近年の転倒検知システムでは、誤検知率を抑えるために複数のセンサを組み合わせることで、加速度による衝撃以外で転倒を判断している。文献[2]では、加速度センサとジャイロセンサを身に着けることで、転倒の衝撃と転倒後の体勢を計測し転倒したかどうかを判断している。

#### 2.2 スマートフォンを利用した転倒検知

同様のセンサ類を搭載し、複数のセンサを利用できるスマートフォンに注目が集まっている。従来方式[2]では加速度センサとジャイロセンサをそれぞれ装着する必要があったが、スマートフォンを用いた場合には一つの端末を装着することで複数のセンサを利用できる利点がある。文献[3]では、加速度を利用した振動とジャイロセンサにおける角速度を計測することで転倒を検知するアプリケーションを開発し、偽陽性と偽陰性を検証する実験を行っている。

### 3. 提案手法

本研究では、スマートフォンに搭載された複数のセンサを利用することで、現状の転倒検知の問題点である誤検知率の高さを解決する。利用するのは、一般的なスマートフォンに搭載されている加速度センサとジャイロセンサ、そ

して今後の搭載端末の増加が見込まれる気圧センサを利用する。気圧センサは端末周囲の気圧を計測できるため、端末のある高低差を相対的に計測することができる。現在、気圧センサを搭載した端末は限られているが、Android端末でサポートされており、センサの小型化、高性能化、低廉化が進むことで搭載端末の増加が予想される。

スマートフォン端末のセンサを利用するアプリケーションを開発し、収集されたセンサデータから動作を判断することで、転倒かどうかを判断し、転倒以外の状態も判断する。動作の判定フローを図1に示す。

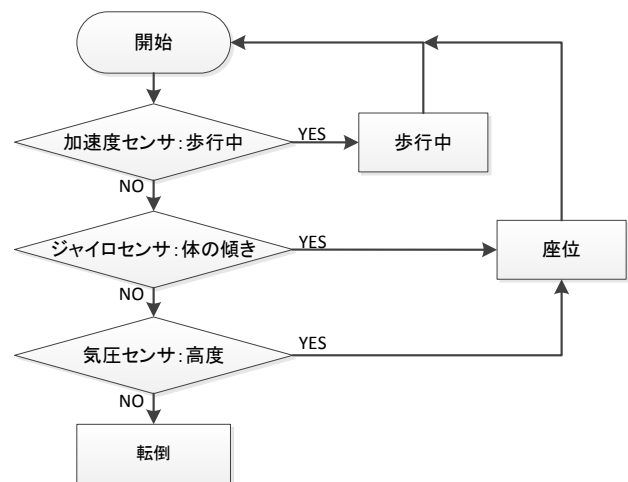


図1 転倒判定フロー

### 4. 実装

アプリケーションは、サムスン電子及びGoogleが開発したAndroid搭載スマートフォン「Galaxy Nexus」に実装した。この端末には従来の加速度センサとジャイロセンサに加えて気圧センサが搭載されており、端末周囲の気圧を計測することができる。

#### 4.1 加速度センサによる計測

加速度センサを用いて歩行中であるかの判定を行う。スマートフォンに搭載されている3軸加速度センサの重力加速度を取得し、合成値 $r$ を以下の式(1)で求めて判定を行う。ここで $G_x, G_y, G_z$ はx軸、y軸、z軸のそれぞれの加速度である。

$$|r| = \sqrt{|G_x|^2 + |G_y|^2 + |G_z|^2} \quad \dots \quad (1)$$

停止中の $r$ の値は重力加速度 $9.8\text{m/s}^2$ を示し、歩行時には規則的に上昇下降を繰り返す。停止中であることを判定するため3秒間で $r$ の値が一度も $9.8 \pm 1$ を超えなかった場合に停止中と判断し次のセンサによる判定に移る。

#### 4.2 ジャイロセンサによる計測

ジャイロセンサを用いてスマートフォンの向きの変化を検知する。歩行から停止へと動作が変化した場合、端末の

† 東京都市大学大学院 環境情報学研究科

向きが変わっていなければ直立している状態であると考えられる。歩行していないかつ端末の向きが変わった場合、装着位置によるが寝ている状態か座っている状態であると考慮される。直立している状態であれば再度歩行かどうかの判定に戻り、それ以外の結果が得られた場合は、次のセンサデータによる判定に移る。

### 4.3 気圧センサによる計測

気圧センサによる端末高度の判定を行う。加速度センサによる停止とジャイロセンサによる体の向きの変化を計測した後、端末の位置が下へ移動したと判断された場合にアプリケーションは転倒を検知する。

センサデータの処理として、取得したデータに誤差が多くノイズの除去が必要であった。一定数のデータの平均を算出して比べることで、気圧差によって端末が上下に移動したと判断する。本端末で収集したデータから気圧差と高低差の関係を示すグラフを図2に示す。10 cmあたりの高度差で約 0.17hPa の変化が確認できた。しかし、ノイズの影響で単純な数値の変化だけでは実際に位置が低下したか判定できない。実際の落下時のデータを図3に示す。図3は1分間のデータであり、30秒経過時点で100 cm下方に移動した。データ50件毎に処理することでノイズを除去したグラフが点線であり、囲まれた点が落下の影響を受けている数値、落下の影響を受けた点は気圧差の中間で求められる。本稿では端末の50 cmの落下を検知した時に転倒と判定するとし、の中間値である0.03hPaの気圧差を検知した時に転倒と判定する。

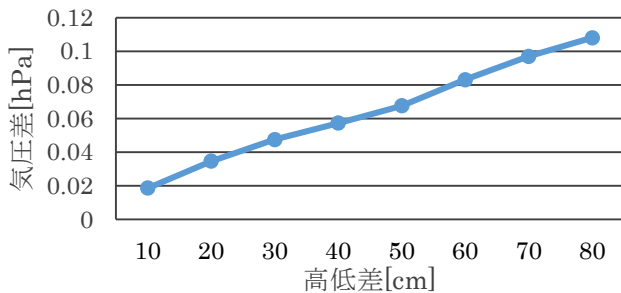


図2 高低差における気圧差

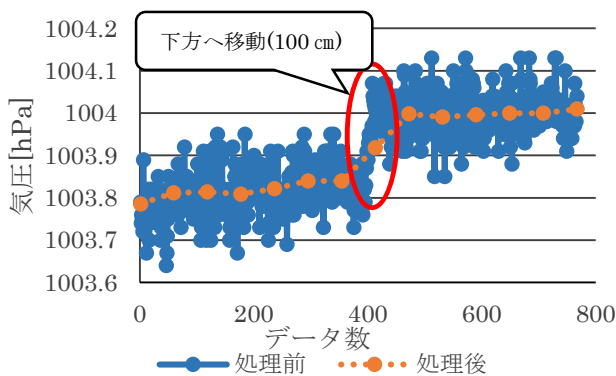


図3 気圧データ

## 5. 評価実験

### 5.1 評価方法

提案手法を利用したアプリケーションと、一般的に用いられている加速度センサのみで行われる転倒検知、[3]で利用された加速度センサとジャイロセンサを用いた転倒検知の3つのアプリケーションを同一の端末にインストールし、

実際に利用することで偽陽性と偽陰性の評価を行い、総合的な検出率を評価した。偽陽性を評価するために、被験者は図3のように端末を身に付けて10分間普段の生活で起こり得る動作を行い、誤って検出される転倒データを収集した。図5が実験の様子である。偽陰性の評価は、歩いている状態から床に倒れる動作を行い正しく転倒を検知できるかの実験で評価した。



図4 装着位置



図5 偽陽性検知の様子

### 5.2 評価結果

各方式の評価結果を表1に示す。偽陰性は発生した転倒を検知できなかった場合で偽陽性は誤って転倒を検出した場合である。総合検出率は偽陰性と偽陽性の値から求める。加速度のみで判定する従来方式Aでは、倒れる方向によって検知できない場合があり偽陰性が高くなっている。[3]による検出では11.16%改善され、3つのセンサを組み合わせた提案方式では確実に転倒を検出することができた。偽陽性においては従来方式Aと従来方式B[3]において、共に10%を超える偽陽性であったが、提案方式では1.5%に抑えることができた。使用するセンサを増やし、適切な処理を行うことで正確な検出が行えた。

表1 評価結果

	偽陰性 (%)	偽陽性 (%)	総合検出率 (%)
提案方式	0	1.5	99.25
従来方式 B[3]	2.84	11.2	93.2
従来方式 A	14.0	14.6	85.7

## 6. まとめ

本稿では、転倒検知システムにおける偽陽性の値を抑えるためにスマートフォンの複数のセンサを組み合わせる手法を提案した。端末の装着位置を上半身に限定することで誤検知率をほぼ0%に抑えることができた。今後は、別のセンサを組み合わせることにより検出精度の向上と、端末の携帯位置に依存しない転倒検出アルゴリズムを確立する。

### 参考文献

- [1]内閣府, 平成25年版 高齢社会白書, <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/gaiyou/index.html>
- [2]Qiang Li, John A. Stankovic, Mark Hanson, Adam Barth and John Lach, "Accurate, Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture Information", Wearable and Implantable Body Sensor Networks, 2009. BSN 2009. Sixth International Workshop on, pp138-143 (2009).
- [3]Jiangpeng Dai, Xiaole Bai, Zhimin Yang, Zhaohui Shen, and Dong Xuan. "PerFallD: A Pervasive Fall Detection System Using Mobile Phone", Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2010 8th IEEE International Conference on, pp292-297 (2010).