

## Wearable device による歩行状態検知システムの提案

- 転倒注意への応用 -

阿部 一希<sup>†</sup> 村田 嘉利<sup>†</sup> 鈴木 彰真<sup>†</sup> 佐藤 永欣<sup>†</sup>岩手県立大学 ソフトウェア情報学部<sup>†</sup>

## 1. はじめに

高齢者や足の不自由な方を中心に足のつま先や足全体を引きずりながら歩く歩行形態が見られる。このような歩行形態は、転倒の危険につながる。本論文では、踵から着地する望ましい歩行形態と、足の不自由な方に見られる足の引き摺り歩きや爪先から着地する歩行形態の違いを、身体上の複数箇所に加速度センサやジャイロセンサを取り付けて計測し、違いが顕著に表れる箇所とその時の特徴点を示す。また、Wearable device (WD) を使って歩行状態をモニタリングし、警告を発するシステムを開発し、その有効性を示す。

## 2. 関連研究

山岸<sup>1)</sup>らは高齢者と青年の歩行形態を側面から撮影し、高齢者は青年よりも筋力が衰えているために歩行スピードが遅く、つま先の上がる角度も小さく蹴り出す力も弱いことを明らかにしている。齋藤<sup>2)</sup>らは、障害物をまたぐ際のつま先の最高到達点について高齢者と青年を比較し、高齢者では段差を視界で捉えることができず、つま先の最高到達点が低くなり、特に4cm以上の段差ではつま先が上がらないことを確認している。黒住<sup>3)</sup>らは、つま先からの着地と踵からの着地では加速度データのピークに違いがあるとして、高齢者の歩行形態の違いを検知可能と言っている。

Proposal of walking monitoring system with Wearable device: Applying to falling advisory

<sup>†</sup>Kazuki Abe Iwate Prefectural University

<sup>†</sup>Yoshitoshi Murata Iwate Prefectural University

<sup>†</sup>Akimasa Suzuki Iwate Prefectural University

<sup>†</sup>Nobuyoshi Sato Iwate Prefectural University

## 3. 設置箇所と特徴点

歩行形態による違いを顕著に検出できる設置箇所を明らかにするため、設置箇所として腰/ズボンのポケット/足首/足の甲を選択する。ひきずり歩行とつま先着地、および踵着地の各歩行を連続して行い、加速度の比較を行う。腰にWDを装着した場合、図1に示す様に、ひきずり歩行とそれ以外の歩行形態で振動周期に違いはあるが、つま先着地と踵着地で違いは見られなかった。ポケットの場合、中にいたWDが自由に動くこと、足首装着時では歩行の際に腱の伸縮から、計測が正確に行えなかった。以上のことから、腰、ポケット、足首の3箇所は計測に不適格と判断した。一方、図2に示す様に足の甲にWDを取り付けた場合、図3の様につま先からの着地時には、他の2つの歩行形態と異なり、y軸のマイナス方向への加速度の変化は見られない。また、このときz軸では対照的にプラス方向への加速度の変化は見られない。同時計測した角速度を見ると、ひきずり歩行においては角速度の変化がほとんど無い。以上より、足の甲にWDを装着することで、ひきずり歩行、つま先からの着地歩行および踵からの着地歩行の3つの歩行形態の判定が可能となる。

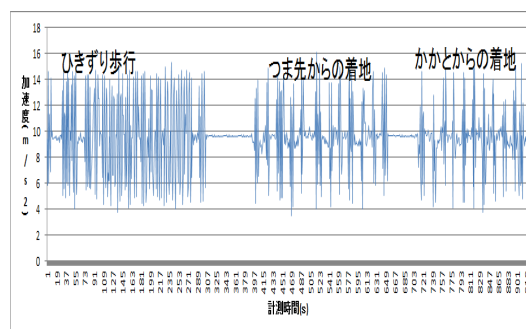


図1. WDを腰に装着した時の加速度

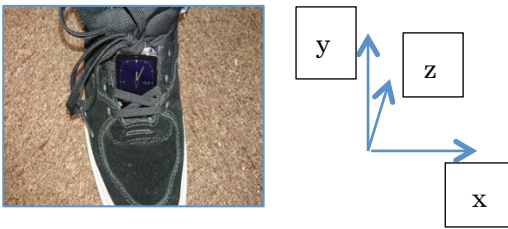


図2. 足の甲への設置と3軸の方向

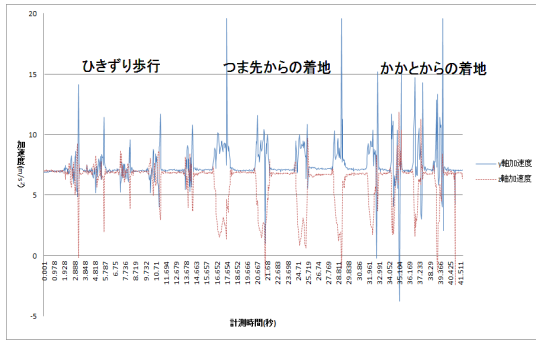


図3. 足の甲にWDを装着した時の加速度

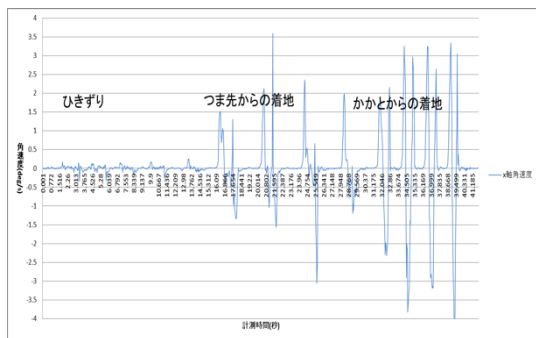


図4. 足の甲にWDを装着した時の角速度

#### 4. システム構成

WDを図2のように設置し、Android wear内で加速度と角速度の各データを処理し、つま先からの着地、ひきずり歩行を検知した場合、ペアリングされたスマートフォンから振動と音でアラームを発する。静止状態／ひきずり歩行／つま先からの着地／踵からの着地の各状態を検知する閾値を表1に示す。

表1 各状態における閾値

状態	閾値
静止状態	$0.02 > \text{角速度} > -0.02$
ひきずり歩行	$0.3 > \text{角速度} > -0.3$
つま先からの着地	加速度 y-5 > 加速度 z
踵からの着地	$-0.03 > \text{角速度} > 0.03$

#### 5. 結果

5人の被験者にひきずり歩行／つま先からの着地／踵からの着地を想定して5歩ずつ歩行してもらったところ表2の結果が得られた。誤検知はあるが、平均的には80%以上の精度で検出可能である。

表2. 歩行形態別認識結果

	ひきずり	つま先着地	踵着地
A	4	5	5
B	3	5	5
C	5	5	5
D	5	4	4
E	5	5	5

#### 6. 終わりに

本研究では、WDを足の甲で取り付け、加速度と角速度の変化からひきずり歩行とつま先からの着地を識別できることを明らかにした。また、その結果を基にアラームを出すシステムを開発し、健常者が模擬的に歩行した場合には80%以上の精度で検出できることが分かった。今後は、リハビリテーション施設に協力して頂き、検証実験の状態検知する閾値の最適化を進める。

#### 参考文献

- 1) 山岸 豪, 徳田 哲男, 「老人歩行-光学的分析による-リハビリテーション医学」, 日本リハビリテーション医学会誌 12(2), 97-104, 1975
- 2) 斎藤 誠二, 村木 里志, 「高齢者の障害物またぎ動作における足の軌跡と位置知覚に関する研究」, 人間工学, The Japanese journal of ergonomics 46(2), 172-179, 2010
- 3) 黒住 亮太, 他, 「三軸加速度センサを用いた詳細歩行能力解析と歩行移動支援の検討—安全・安心な移動支援システム—」, バイオエンジニアリング講演会講演論文集 2012(24), "7B14-1"- "7B14-2", 2012-01-06