

ニューラルネットワークを用いた上肢の加速度による 転倒防止向け歩行識別アプリケーションの提案

北川 広大* ・ 田口 湧* ・ 戸谷 伸之**

Proposal of the Gait Classification Application by Arm Acceleration Data and Neural Network for Falls Prevention

Kodai KITAGAWA Yu TAGUCHI Nobuyuki TOYA

Abstract —Falling accidents of elderly people happen many times in Japan. In this paper, we propose the gait classification application by acceleration sensors mounted in the Smartphone for falls prevention. Furthermore, we experiment whether Neural Network using arm accelerations as feature quantities can classify "Normal" and "High step". The result showed that this method can classify "Normal" and "High step".

Key words : Acceleration Sensor, Neural Network, Falls Prevention

1. はじめに

高齢化が進む日本では、高齢者による転倒事故が多発している。高齢者の転倒事故では入院が必要となる損傷を負い、日常生活を制限されることが多い。さらに、転倒経験がある高齢者の多くは転倒事故への恐怖感から外出を控えることが報告されており、高齢者は回復後の日常生活についても制限される傾向にあると考えられる[1]。これらの報告から、高齢者の転倒事故は深刻な問題であり、転倒防止に向けたシステムが必要といえる。

高齢者の転倒状況に「つまずき」が最も多いことが知られている[1]。「つまずき」が起きる原因として、高齢者は知覚能力や運動能力の低下によって、歩行中に自らが上げている足の高さが低いことを認識できないことが挙げられる [2][3]。

そこで著者らは、日常的に歩行状態を識別・通知し「足を高く上げる歩行」を促すことによって「つまずき」を防止するシステムを提案してきた[4]。

前報では上肢に3軸加速度センサを内蔵したスマートフォンを装着し、上肢の加速度のおける時間波形から「自由歩行」と「足を高く上げる歩行」を識別できる可能性が示唆された[4]。本稿では上肢から測定される3軸加速度や合成加速度を特徴量とした機械学習によって歩行状態を識別し、「足を高く上げる歩行」を促す転倒防止向けアプリケーションを提案する。なお、本稿では機械学習による歩行状態の識別について、ニューラルネットワークを用いて検討する。

2. 対象デバイスと装着方法

一般的な歩行解析では大がかりな施設や測定装置が使われる。しかし、日常的に場所を選ばず転倒防止するためには、常に身に付けられる装置を用いることが望ましい。本アプリケーションでは、前述のように加速度センサを内蔵したスマートフォンを上肢に装着して使用する[4]。歩行における上肢の運動は、身体における回旋の制御や動的安定性の確保の面で歩行状態に影響していることが指摘されている[5]。この報告から、「足を高く上げる歩行」は、「自由歩行」に比べて動的安定性の確保が難しくなるため、上肢の加速度に変化が起きると考えられる。

* 釧路高専 電子情報システム工学専攻

** 釧路高専 創造工学科

スマートフォンを用いる利点として、広い世代に普及していることや、小型で身に付けやすいことなどが挙げられる。また、上肢にスマートフォンを装着する利点として、衣服に依存せず日常的に身に付けられることや近年普及しているスマートウォッチに応用できることが考えられる。

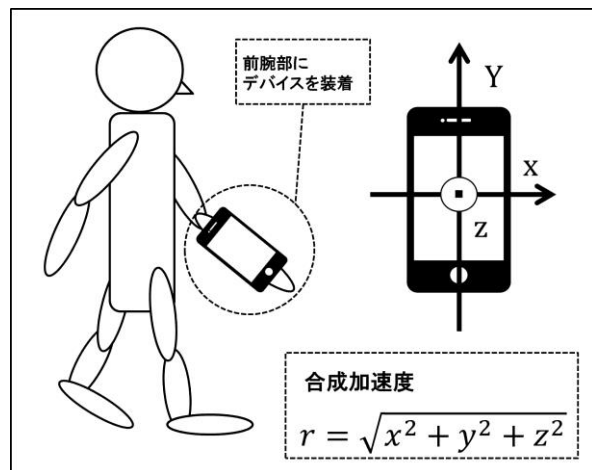


図1 スマートフォンの装着図

3. アプリケーションの動作概要

本アプリケーションでは上肢に装着したスマートフォンから測定される加速度によって、「足を高く上げる歩行」と「自然歩行」を識別し、「自然歩行」が続いている場合に「足を高く上げる歩行」を促す通知を行う。

歩行状態の識別方法として、前報では合成加速度の時間波形による歩行状態の識別を試みたが、本アプリケーションでは3軸方向それぞれの加速度と合成加速度を特徴量に用いた機械学習によって歩行状態の識別を行う。

一般的に、データの測定は時間周期で行うが、高齢者は歩行周期が一定にならず、測定データに偏りが生じる可能性が懸念される。そこで本アプリケーションでは、スマートフォンの近接センサによって、前腕部が身体と交差するタイミング（腕振り運動中に前腕部が最下点に達するタイミング）を検知し、1歩ごとに加速度を測定する仕様とした。

「足を高く上げる歩行」を促す通知を行う方法については、スマートフォンの画面に提示する方法が考えられる。しかし、画面表示による通知方法では、利用者が歩行中に画面を注視することで、利用者の視界が狭くなり、転倒事故を誘発する危険性がある。そこで本アプリケーションでは、通知方法にバイブレーションを用いることで、利用者の視界を妨げずに通知することを考えた。

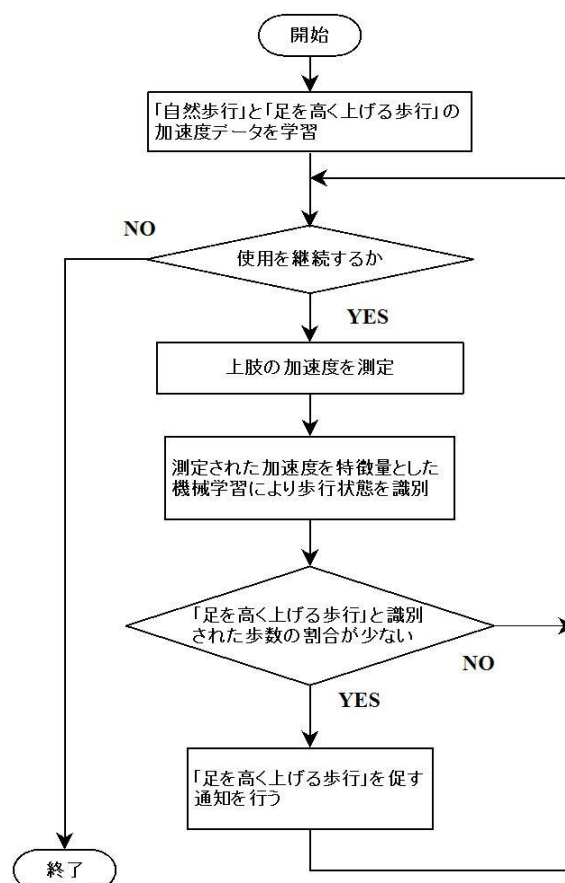


図2 提案アプリケーションのフローチャート

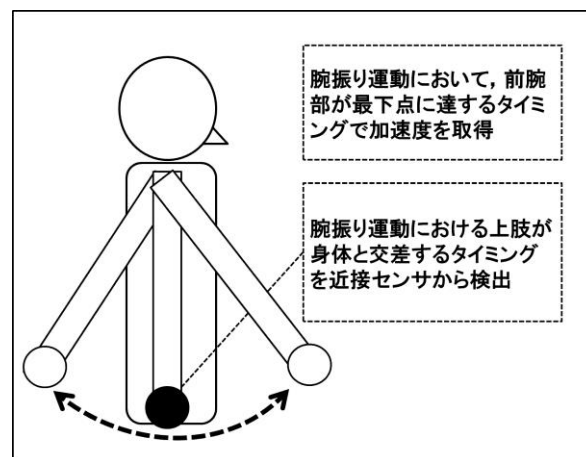


図3 加速度の測定タイミング

4. 機械学習による歩行状態の識別

本アプリケーションでは上肢における3軸加速度と合成加速度を特徴量に用いた機械学習によって歩行状態の識別を行う。機械学習による識別には様々なアルゴリズムが用いられるが、本稿では幅広く応用されているニューラルネットワークを用いた歩行状態の識別を試みる。本稿で用いるニューラルネットワークは、入力層、中間層、出力層から構成される3層の多層パーセプトロンとする。

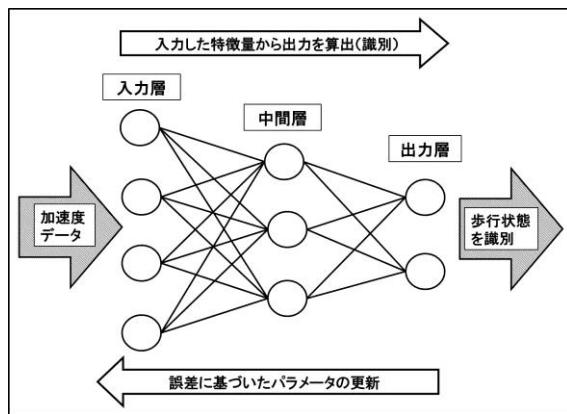


図4 識別に用いた多層パーセプトロンの構成

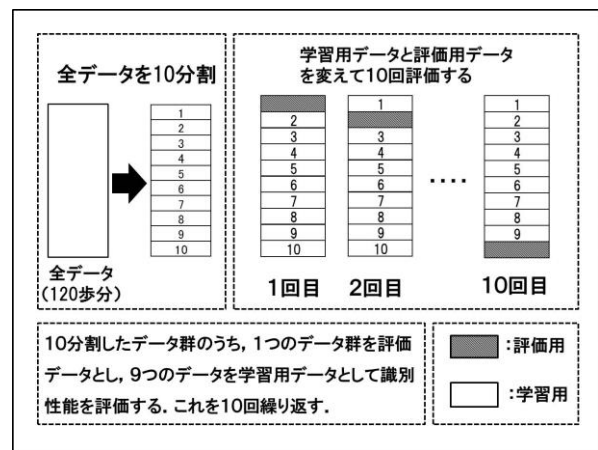


図5 10分割交差検証

5. 歩行実験による識別性能の評価

5.1. 実験方法

本稿では上肢の3軸加速度および合成加速度を用いた機械学習によって「足を高く上げる歩行」(High)と「自然歩行」(Normal)を識別可能か評価する。実験では、若年者5人にトレッドミル上で「足を高く上げる歩行」と「自然歩行」を指示し、各歩行中に60歩分の加速度を前腕部に装着したスマートフォンによって測定する(計120歩)。また、加速度の測定中には図3と同様の方式で加速度を測定するアプリケーションを動作させる。なお、本実験は釧路工業高等専門学校に設置されている「ヒトを対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

5.2. 評価方法

識別性能の評価にはフリーソフトウェアのWeka [6]を用いる。歩行状態の識別に用いるニューラルネットワークは図4と同様の構造とする。前述の通り、機械学習に用いる特徴量は測定した3軸方向の加速度および合成加速度の4パラメータとする(図1)。識別性能の評価方法としては、汎化性能を考慮して10分割交差検証を実施する(図5)。

評価に用いる指標として、被験者ごとに全データ数(120歩)において正しく識別されたデータ数の割合を識別精度として算出する。さらに、本実験では各歩行状態における適合率、再現率、F値を算出する。適合率は実際に識別されたデータ群において、正しく識別されたデータの割合であり、正確性を示す指標である。一方、再現率は識別されるべきデータ群において、正しく識別されたデータの割合であり、網羅性を示す指標である。F値は適合率と再現率の調和平均として算出され、適合率と再現率を総合的に評価する指標として用いられる。

5.3. 評価結果

図6～9に各被験者の識別精度、適合率、再現率、F値を示す。識別精度を比較すると、3人の被験者で0.8以上、5人全員の被験者で0.7以上の識別精度が算出されており、「足を高く上げる歩行」と「自然歩行」の2クラス分類においては、実用的な識別精度で識別できていると考えられる。

適合率、再現率、F値についても識別精度と同様に5人全員の被験者で0.7以上の値が算出されていた。また、適合率、再現率、F値はそれぞれの歩行状態について算出されるが、「足を高く上げる歩行」と「自然歩行」の間に大きな差はなかった。

これらの結果から、上肢の加速度を特徴量(入力値)としたニューラルネットワークによる歩行状態の識別方法は、本稿で提案したアプリケーションにおいて有用である可能性が示された。

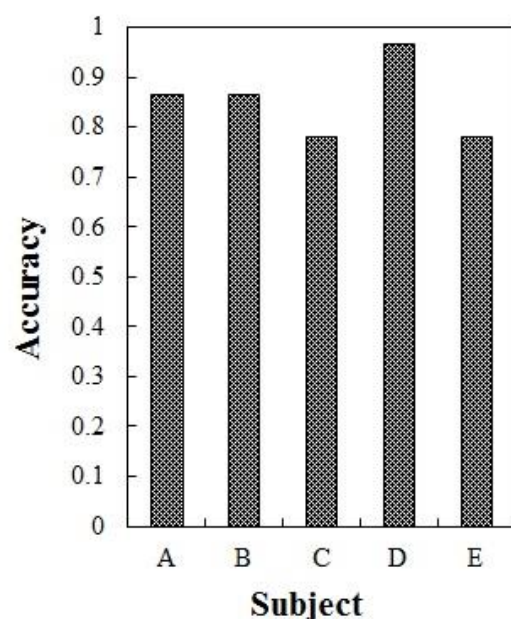


図6 被験者ごとの識別精度

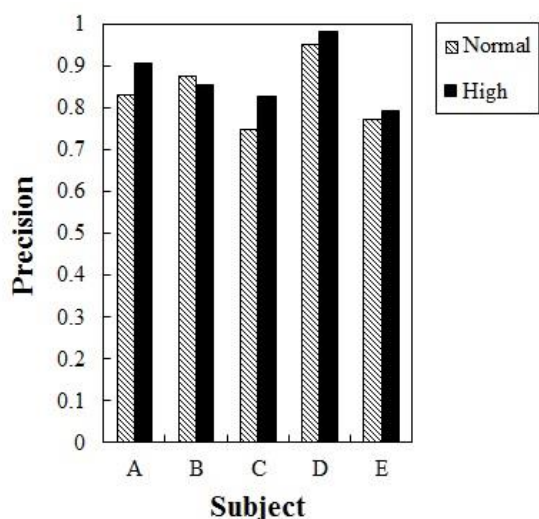


図7 被験者ごとの適合率

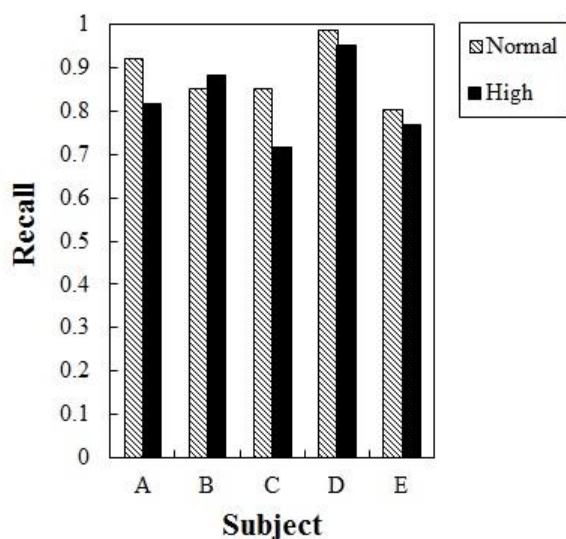


図8 被験者ごとの再現率

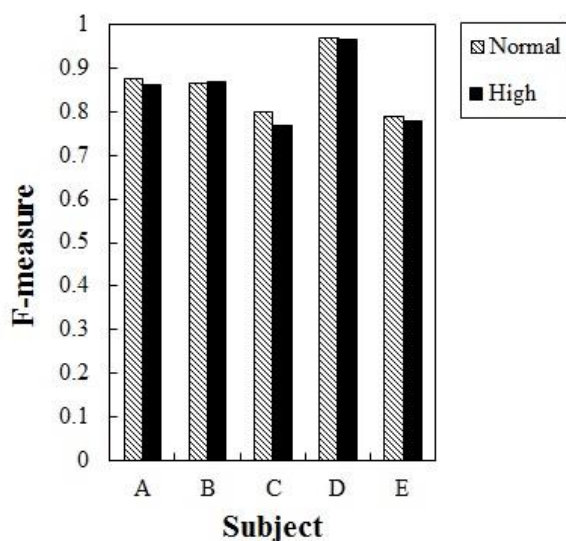


図9 被験者ごとのF値

6. おわりに

本稿では、高齢者の転倒防止に向けて、上肢の加速度を特徴量とした機械学習によって歩行状態を識別し、「足を高く上げる歩行」を促す転倒防止向けアプリケーションを提案した。また、機械学習による歩行状態の識別が可能か、歩行実験によって検討した。

歩行実験の結果、上肢の加速度を特徴量としたニューラルネットワークを用いることで、高い精度で「足を高く上げる歩行」と「自然歩行」を識別可能であることが明らかとなった。

歩行実験では、近接センサの検出限界によって上肢と身体の間を感知できず、加速度の取得タイミングを検出できないことがあった。このトラブルから、近接センサを使わない方式で加速度の取得タイミングを検出する必要があるといえる。例として、ジャイロセンサなどによってスマートフォンの傾きを感知することで、加速度の取得タイミングを検出する方式が考えられる。

今後は上記の課題解決を含んだアプリケーションの開発を行っていく。また、「足を高く上げる歩行」や「自然歩行」と異なる歩行状態の識別についても検討する。

参考文献

- [1] 金憲経他, “高齢者の転倒関連恐怖感と身体機能 : 転倒外来受診者について”, 日本老年医学会雑誌 Vol. 38, No. 6, pp. 805-811, 2001.
- [2] 齋藤誠二, 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 Vol. 46, No. 2, pp. 172-179, 2010.
- [3] 林泰史, “高齢者の転倒予防”, リハビリテーション医学, Vol. 41, No. 7, pp. 449-454, 2004.
- [4] 北川広大, 郷幸佑, 戸谷伸之, “転倒防止に向けた小型センサによる歩行状態推定方式の諸検討”, 釧路工業高等専門学校紀要, Vol. 49, pp. 27-30, 2016.
- [5] 田中真一, 村田伸, 兒玉隆之, “立位動作に及ぼす上肢の影響について”, 理学療法科学, Vol. 25, No. 2, pp. 177-180, 2010.
- [6] Machine Learning Group a University of Waikato, “Weka3 -Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java”, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>