

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25350663

研究課題名(和文) 二重課題歩行による運動情報の時系列変化解析を組み入れた転倒予防法の提案

研究課題名(英文) Proposal of fall prevention method incorporating time series change analysis of gait parameters using dual task walking

研究代表者

佐川 貢一 (Sagawa, Koichi)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：30272016

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：被験者延べ100名を対象として、難易度の異なる二重課題実施時の歩幅の変化を測定して歩行注意係数を導出し、過去1年間の転倒経験の有無と比較した。その結果、転倒未経験者の歩行注意係数は、転倒経験者の歩行注意係数よりも有意に大きい値となり、さらに転倒未経験者の歩行注意係数は有意に1以上の値となった。

また、考え事を開始してからの転倒危険性の時間変化を予測するため、若年者及び健常高齢者を対象とした二重課題歩行実験を行い、課題の有無を入力、重複歩距離の変化を出力とするARXモデルを同定した。その結果、課題実施後2秒から3秒の間に重複歩距離が最小値となり、この間に転倒の危険性が増大することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We obtained resistant coefficient against dual-task walking performed by 100 elderly person and compared it with the experience of fall for the past one year. Experimental results indicate that the coefficient obtained from non-fall experienced subjects is significantly larger than that from fall experienced subjects. Moreover, the coefficient from non-fall experienced subjects is significantly bigger than one.

In addition, to estimate the time change of risk of fall during thought, system identification is performed using presence or absence of task as input data and stride length as output data. Two ARX model are developed for young healthy adults (8 subjects) and elderly person (23 subjects). Step response of the obtained model is calculated and simulation results indicate that the stride length minimizes between two and three seconds after applying dual-task. It is suggested that the risk of fall increases during this period after the beginning of thought while normal gait.

研究分野：生体医工学

キーワード：歩行解析 転倒経験 二重課題 慣性センサ 歩幅 健常高齢者 爪先

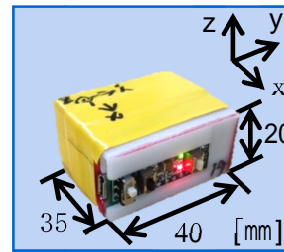
1. 研究開始当初の背景

申請者はこれまで、地域のリハビリ施設と共同で、歩行機能評価システムの実用化に取り組んできた。その際、患者の中には、自立歩行が可能であるにもかかわらず、何もないところで突然転倒することがあり、その対策が急務であることを知った。これは、歩行以外のことに意識が移動することで、歩行に対する注意意識が低下して歩き方が変化するためであると考えられている。また、申請者らの予備調査でも、日常生活中に転倒した健常高齢者の10~20[%]は考え事をしていたことが疑われた。このような中、近年、歩行中に計算や語想起を行う二重課題実施時の歩行速度や歩行周期などの歩行パラメータが可能になってきたことから、高齢者の転倒予測に応用することが検討されている。しかし、その方法は二重課題の有無による歩行パラメータの平均値の比較がほとんどであり、例えば突然話しかけられたときの反応は考慮されていない。歩行中に転倒に至るメカニズムを詳細に解明するためには、課題提示による注意意識低下直後から、転倒危険度が上昇する過程(過渡応答)での時系列解析が不可欠である。そのためには、歩行パラメータなどの運動情報を、秒単位で長時間測定する必要がある。しかし従来の研究では、10[m]程度の歩行動作を巻き尺とストップウォッチで測定する方法が国内外で一般的であり、運動情報の時系列変化の解析は不可能であった。

一方申請者らは、両足爪先の3次元軌跡を長時間測定可能な有線式慣性センサシステムを開発するとともに、歩きながら計算を実施する若年者の歩行パラメータ測定実験を行い、歩行速度の低下や歩幅の短縮など、従来研究を支持する結果を得た。これを利用すれば、課題提示後の歩行パラメータの時間変化を一步毎に調査することが可能となる。しかし、現システムは有線のため高齢者への適用には危険が伴い、また課題内容の同時計測は行われていないという問題がある。無線タイプの計測システムを開発し、多くの被験者を対象とした二重課題歩行実験を簡便に行うことができるようになれば、高齢者の転倒要因の解析や予防法の提案を行うことが可能となる。

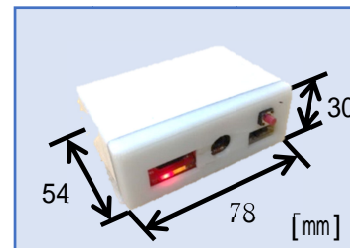
2. 研究の目的

本研究の全体構想は、高齢者が物理的な障害物がないところで転倒するメカニズムを解明し、将来的な転倒の発生率を予測することにより、転倒防止策の提案と安全安心な生活環境の構築に資することである。何もないところでの転倒は、歩行以外のことに意識が集中することで歩行に対する注意力が減少し、歩き方が変化したときに発生すると考えられている。しかし、注意力減少によって歩き方が時間とともにどのように変化するのは解明されていない。そこで本研究では、



構成要素	概要
3軸加速度センサ	MPU-6050, ±16[g]
3軸ジャイロセンサ	MPU-6050, ±2000[deg/s]
無線モジュール	Xbee
マイコン	dsPIC33FJ128GP802
記録メディア	microSD

Fig.1 つま先装着型慣性センサ



構成要素	概要
非反転増幅回路	560倍
ローパスフィルタ	カットオフ周波数3386[Hz]
無線モジュール	Xbee
マイコン	dsPIC33FJ128GP802
記録メディア	microSD

Fig.2 慣性センサ同期型ボイスレコーダ

健常高齢者を対象に、注意力減少後、一步ごとの歩行パラメータ(歩行速度、爪先高さ、直進性など)の時間変化を詳細に調査し、転倒の危険性が高くなる過程を解明する。そして、注意力低下による転倒の危険性を回避する方法を提案することを目指す。

3. 研究の方法

本研究では、身体各部に装着した無線センサにより測定される運動情報と、二重課題に対する回答を同時記録できる無線センサシステムを開発する。そして、課題負荷による転倒発生の危険度を時系列で解析することで、効果的な転倒予防法の提案を試みる。

二重課題歩行実験の前に、実験参加者より過去1年間での転倒経験、趣味、年齢、以前の職業についての聞き取り調査を行った。聞き取り調査実施後、実験参加者は副次課題の練習として、着座状態で都道府県名をできるだけたくさん列挙するという想起問題を10秒間行った。その後、一步ごとの歩行パラメータを計測するための爪先装着型慣性セン

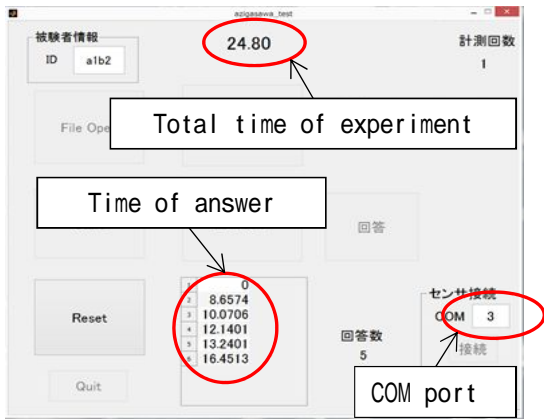


Fig.3 センサシステム制御用アプリ

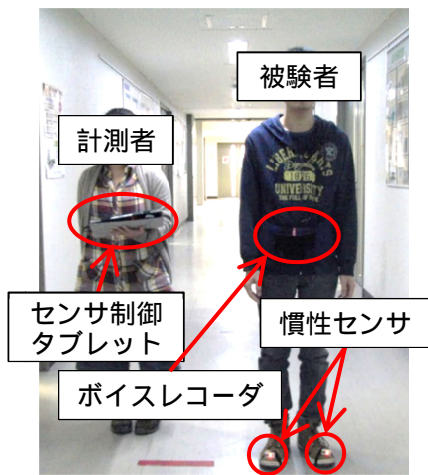


Fig.4 センサ装着例

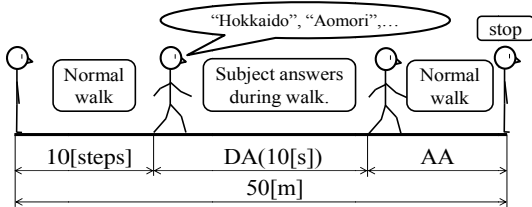


Fig.5 二重課題歩行実験の流れ

DA: During Answer, AA: After Answer

サ(Fig.1)と、課題に対する回答を記録するためのボイスレコーダ(Fig.2)を装着した状態で、普段通り歩いてもらった。実験装置を装着したのは、二重課題歩行時との一貫性を保つためである。これらのセンサシステムの制御や、実験中の回答数及び回答時間の記録は、専用のアプリケーションを作成して行った(Fig.3)。Fig.4は、被験者に各種センサを装着して行う二重課題歩行実験の様子である。歩行経路は50[m]とし、歩行経路の最初と最後には赤いコーンを設置した。続いて、二重課題歩行実験を3回行い、そのうちの1つは、練習で実施した都道府県名の想起問題を使用している(Fig.5)。これにより、都道府県名の想起問題を野菜、魚、外国の名前などの想起問題よりもかなり簡単に感じさせること

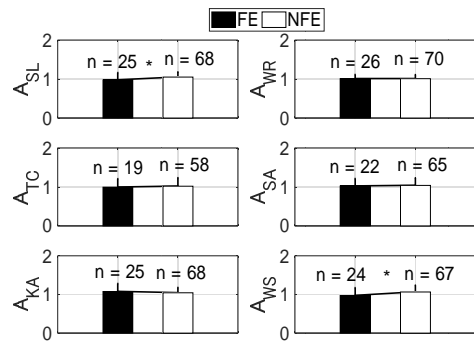


Fig.6 歩行パラメータと歩行注意係数の違いの関係

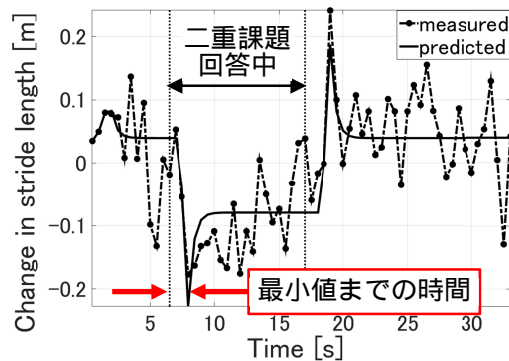


Fig.7 二重課題歩行実験中の重複歩距離の時間変化(点:実測値、実線:推定結果)

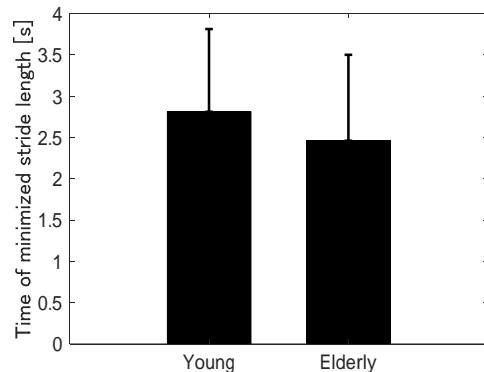


Fig.8 二重課題回答直後から重複歩距離が最小となるまでの時間

で、難易度の差を広げる狙いがある。実験後、二重課題解答時と回答後の歩行パラメータを求め、従来から研究代表者らによって提案してきた歩行注意係数を求めた。さらに、歩行パラメータを等間隔に再サンプリングして、二重課題開始直後からの歩行パラメータの時間変化をARX(AutoRegressive eXogenous)モデルで同定し、モデルのステップ応答を推定することによって転倒の危険性が時間とともにどのように変化するのが検討する。

4. 研究成果

Fig.6は、転倒経験の有無と、各歩行パラメータより求めた歩行注意係数の関係である。ASL, ATC, AKA, AWR, ASA, AWSはそれぞれ、

重複歩距離、つま先高さ、爪先蹴り角度、歩行率、爪先振り上げ角度、歩行速度から求めた歩行注意係数である。ASLとAWSに、転倒経験の有無による有意差が確認された。しかし、歩行速度は重複歩距離と歩行率から導出可能であるものの、歩行率に関しては転倒経験の有無に違いは見られないことから、AWSの有意差は重複歩距離の影響によるものと考えられる。したがって、ASLは転倒経験の有無を判別する指標として有効であることが確認された。

Fig.7は、二重課題歩行実験で得られた重複歩距離の実測結果の一例と、ARXモデルを構築して求めた重複歩距離の時間変化の推定結果である。課題実施により重複歩距離は急激に減少した後、一定の値に収束し、課題終了後は課題前と同程度の値に戻っている。ARXモデルより推定した重複歩距離の変化は、モデルに一定値を入力することにより求めた。実験結果及びモデルの推定結果ともに、課題実施後2秒程度で重複歩距離が最小の値となっている。同様の解析を被験者全員に対して行い、課題実施直後に重複歩距離が最小となるまでの時間を求めた結果、Fig.8のような結果となった。健常若年者の場合 2.81 ± 1.00 [s]、健常高齢者の場合 2.46 ± 1.04 [s]となり有意差はないものの高齢者の方が最小値になるまでの時間が早いという結果が得られた。このことから、歩きながら考え事をする場合、2~3秒で歩き方が最も消極的になり、転倒の危険性が高まることが示唆された。このことは、歩行中の転倒予防のための一つの指針となるものである。今後は、健常高齢者の転倒の有無と、重複歩距離が最小値になるまでの時間との比較を行い、高齢者の転倒の原因の解明と予防に役立てることを検討する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

1. Kazunori KIKUCHI and Koichi SAGAWA, 3D posture estimation of upper limb considering clavicle using inertial sensor, Mechanical Engineering Journal, Vo.3, No.1, 1-9, 2016, <http://doi.org/10.1299/mej.15-00541> (査読有)
2. Koichi Sagawa, Kensuke Ohkubo, 2D trajectory estimation during free walking using a tiptoe-mounted inertial sensor, Journal of Biomechanics, 48(10), 2054-2059, 2015(査読有)
3. 佐川貢一, 福川亮, 本井幸介, 木立るり子, 二重課題歩行特性と副次課題成績を組み入れたワーキングメモリモデルによ

る健常高齢者の転倒経験の識別, 人間工学, Vol.50, No.6, 342-349, 2014 (査読有)

〔学会発表〕(計20件)

1. 佐川貢一, 久我拓史, アミルムクリズ, 長井力, 中路重之, 倉内静香, 大規模健康診断での身体装着型歩行機能評価システムの精度改善, IIP2018 情報・知能・精密機器部門(IIP部門)講演会, 2018
2. Amir Mukhriz Azman, Hirofumi Kuga, Koichi Sagawa, Chikara Nagai, Fastest gait parameters estimation precision comparison utilizing high-sensitivity and low-sensitivity inertial sensor, IFMBE, 2017 (査読有)
3. Amir Mukhriz, Hirofumi Kuga, Koichi Sagawa, Chikara Nagai, Estimation of gait parameter during high speed walking using inertial sensors, 計測自動制御学会東北支部 第309回研究集会, 2017
4. 白川 秀人, 久我 拓史, 長井 力, 佐川 貢一, 大規模健康診断での使用を想定したつま先装着型歩行計測センサの開発, 計測自動制御学会東北支部 第309回研究集会, 2017
5. 工藤真由子, 佐川貢一, 木立るり子, 若年者および健常高齢者を対象とした二重課題歩行中の重複歩距離変動のモデル化, 第56回日本生体医工学会大会, 2017
6. 久我拓史, アミルムクリズ, 長井力, 佐川貢一, 中路重之, 高橋一平, 慣性センサを用いた最大速度歩行時の歩行距離推定精度の改善, シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2016, 2016
7. Amir Mukhriz, 久我拓史, 佐川貢一, 慣性センサを用いた最大速度歩行時の歩行パラメータ推定, LIFE2016, 2016
8. 工藤真由子, 佐藤駿祐, 木立るり子, 佐川貢一, 二重課題歩行時の歩行パラメータを利用した健常高齢者の転倒経験識別法の検証, 生体医工学, 2016
9. 佐川貢一, 工藤真由子, 佐藤駿祐, 木立るり子, 転倒経験判別のための二重課題歩行能力測定システム, F-1-4, IIP2016 情報・知能・精密機器部門講演会, 2016
10. Hirofumi Kuga and Koichi Sagawa, Estimation of walking distance 10 meter fastest walk utilizing tiptoe-mounted inertial sensor, 2015 International Conference on Mechatronics and Information Technology, 2015
11. 佐川貢一, 坂上滉哉, 佐藤駿祐, 本井幸介, 高橋一平, 澤田かほり, 中路重之, 慣性センサによる10m最大速度歩行時間の推定, 日本機械学会 2015年度年次大会, J1630202, 2015
12. 吉澤溪太, 佐川貢一, 小野俊郎, センサネットワークデバイスの人生体情報計測

- への応用, 2015 年度精密工学会秋季大会
 学術講演会, 2015
13. 佐藤駿祐, 本井幸介, 木立るり子, 佐川
 貢二, 二重課題の難易度と体幹の動作お
 よび歩行パラメータとの関係について,
 第 54 回日本生体医工学会大会, 2015
 14. 坂上滉哉, 佐藤駿祐, 本井幸介, 高橋一
 平, 澤田かほり, 中路重之, 佐川貢二, つ
 ま先センサを用いた 10m 歩行時間推定
 の精度について, 計測自動制御学会東北
 支部 50 周年記念学術講演会, 2014
 15. 東泉雄大, 吉澤溪太, 佐川貢二, 小野俊
 郎, センサネットワークデバイスによる
 運動中の生体情報計測, 2014 年度精密工
 学会東北支部学術講演会, 2014
 16. 本井幸介, 田中あすか, 田中真祐美, 津
 曲優子, 湯地忠彦, 東祐二, 佐川貢二,
 藤元登四郎, 山越憲一, チャレンジドキ
 ャーズにおける健康・生活支援のための無
 意識型ヘルスケアモニタシステムの開発,
 第 53 回日本生体医工学会大会, 2014
 17. 本井幸介, 西山和宏, 杉原遥, 湯地忠彦,
 東祐二, 佐川貢二, 藤元登四郎, 山越憲
 一, 小児リハビリテーションにおける
 ウェアラブル姿勢・活動計測システムを
 用いた自由歩行評価の有効性検討, 第 53
 回日本生体医工学会大会, 2014
 18. 佐藤駿祐, 山口慶太, 本井幸介, 佐川
 貢二, 木立るり子, 二重課題歩行特性とワ
 ーキングメモリを利用した健常高齢者の
 転倒危険性の評価, 第 53 回日本生体医工
 学会大会, 2014
 19. 山口慶太, 小笠原直樹, 本井幸介, 佐川
 貢二, 長距離二重課題歩行実験での一步
 毎の歩行パラメータ計測, 第 35 回臨床歩
 行分析研究会定例会, 2013
 20. 山口慶太, 小笠原直樹, 本井幸介, 佐川
 貢二, タブレット端末を用いた二重課題
 歩行計測システム, 計測自動制御学会東
 北支部第 281 回研究集会, 2013

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

[http://www.mech.hirosaki-u.ac.jp/~sagawa/
 2016/SagawaLab_Intro_2016_49.pdf](http://www.mech.hirosaki-u.ac.jp/~sagawa/2016/SagawaLab_Intro_2016_49.pdf)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐川 貢一 (SAGAWA Koichi)

弘前大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30272016

(2) 研究分担者

本井 幸介 (MOTOI Kosuke)

静岡理工科大学・理工学部・講師

研究者番号：80422640

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()