

10418 歩行支援機器開発のための転倒検知に関する研究 Study on detection of fall for development of the walking support equipment

○ 鮎川 修平 (横浜国立大) 正 高田 一 (横浜国立大)
正 松浦 慶総 (横浜国立大)

Shuhei AYUKAWA, Yokohama National University, Hajime TAKADA, Yokohama National University,
Yoshifusa MATSUURA, Yokohama National University

When the elderly will not use the muscle, risk of requiring long-term care will be higher. In order to prevent it, daily exercise is very important before occurrence of disability. In this study, we focus on the walking being the most basic exercise. In order to continue walking even if physical strength is reduced, we advance the development of assist device. Therefore we use shoes type sensor that can be attached easily. First, as the first step, we create the shoes type sensor and study how to detect the fall and prevent it in advance through experiments using the students.

Key Words: Walking, Assist device, Detection of fall

1. はじめに

高齢者が徐々に筋肉を使わなくなると、運動器が不全になり、結果として要介護になるリスクが高まってしまう。このような事態を防ぐためには、障害が起きる前の体力低下時点での予防が大切である。そこで近年、日頃行われる運動の中でも最も基本的なもののひとつである、「歩行」に注目した支援器具の研究開発が活発に行われている。しかしその高価さや、生体センサを用いることによる装着の難しさから、広く普及するには至っていない。そこで本研究では、より安価で装着も容易である靴型の荷重センサを用いることによって、歩行状態を計測・推定し、歩行を支援する機器の開発を目標とした。歩行を支援するためには、まずは高齢者における死亡事故の大きな原因の一つでもある転倒のリスクを排除する必要がある⁽¹⁾。そこで研究の第一歩として、足裏に取り付けた荷重センサによる計測から、転倒の予兆を未然に検知することを目的とする。

2. 実験装置

実験に用いた装置とその概略図を Fig.1 に示す。

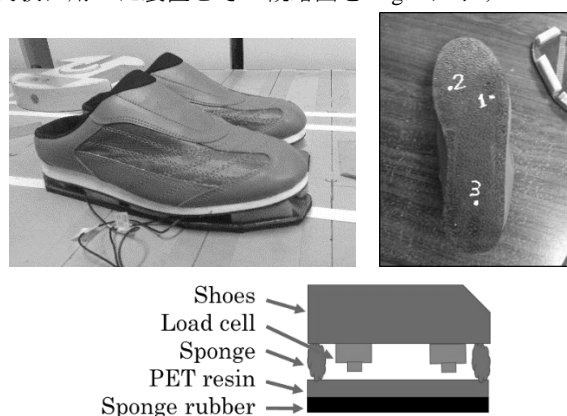


Fig.1 Experimental device

装置は、市販の靴の裏に3つのロードセルを取り付け、ウレタンスポンジによりPET樹脂と接続したものである。滑り止めのために足裏にはスポンジゴムを取り付けている。ロードセルの取り付け位置はそれぞれ小指付け根(センサ1)、親指付け根(センサ2)、かかと部分(センサ3)であり、歩行時に特に大きな荷重のかかる3点となっている。

3. 静的荷重実験

本実験に先立ち、装置に錘をのせたときの荷重を測定した。錘は質量5.05kg、接地面の直径47mmのダンベルを使用し、錘をのせた状態から10秒間保持し計測を行った。試行は錘をのせる場所を変更して4回行った。計測を行った10秒間の値の平均値を Tab.1 に示す。この結果、3つのロードセル外への力の逃げが10%程度存在することが分かる。

Tab.1 Stationary test

	Sensor1	Sensor2	Sensor3	Sum	Error
①	7.55 N	1.76 N	36.43N	45.74 N	7.6 %
②	8.09 N	0.23 N	37.78 N	46.09 N	6.9 %
③	15.80 N	31.06 N	-0.04 N	46.81 N	5.4 %
④	32.26 N	4.26 N	6.60 N	43.12 N	12.9%

4. 実験方法

本研究では、足裏に荷重センサをつけた靴を着用の上、高齢者の転倒の中でも最も報告の多い「つまずき」を再現することにより、転倒の予兆検知を行う⁽²⁾。実験は20代の男性3名で実施した。被験者は右足に荷重センサをつけた靴をはき、両足首には紐の付いたタオルを巻く。紐のもう片端はロードセルに繋ぐことができ、引っ張られたタイミングを記録できる。この紐をロードセルにつなぐか否かによってつまずきを発生させるか否かを切り替える。被験者はまず4~5歩の助走区間を歩行し、その後右足か左足のいずれかを引かれ、つまずく。このときに歩幅は59cm、速度は111.6m/sと75~79歳男性平均を再現してもらう⁽³⁾。右足か左足を引かれる試行を各4回、どちらも引かれぬ試行を2回の計10回をランダムな順番で行う。荷重計測のサンプリング時間は10ms、荷重は約0.035N刻みに出力できるものとした。

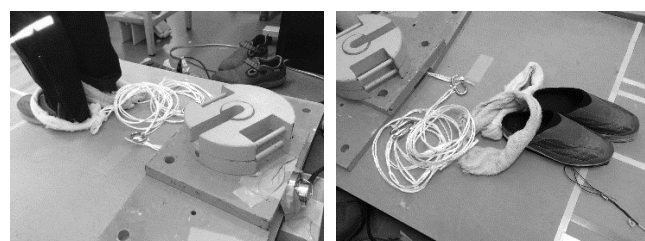


Fig.2 Experimental device

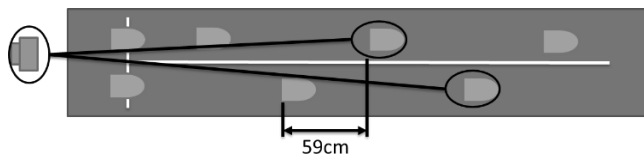


Fig.3 Experimental schematic view

5. 実験結果

計測されたデータより、足が引っ張られる状態が確認された直後から、完全にバランスを崩す前までの間と、安定歩行時との比較を行い、転倒直前特有の挙動を抽出する。

5.1 右足起点のつまずき

まずは、荷重センサで計測を行っている側である右足を起点につまずいた場合について観察を行う。Fig.4は、その内の1回の試行について経過時間と各センサの荷重の変化についてグラフに示したものである。

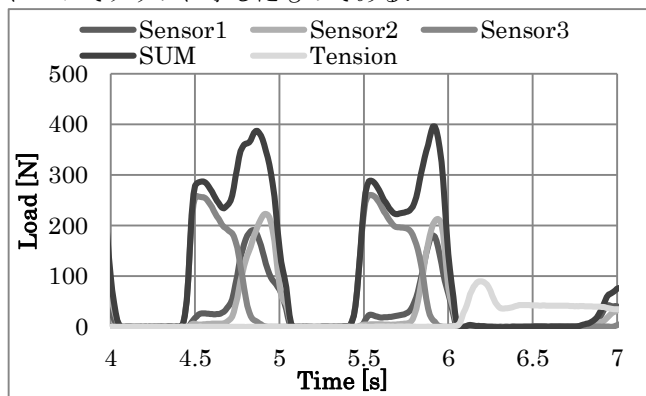


Fig.4 Temporal variation of load (right foot)

Fig.5 について張力の値が上昇した約 6.1s 地点から右足が引っ張られ始めている。4.1~4.4s, 5.1~5.4s に注目すると、この地点では右足を蹴りあげて浮かせている状態であるため、いずれのセンサも値を出力していない。しかし 6.0s 以降では、右足を浮かせた直後、わずかではあるがセンサが合計 4.0N 程度の値を出力している。同様の結果は 3 人の被験者の計 12 試行全てで確認された。このときに大きな出力を行っているセンサは前方にあるセンサ 1 かセンサ 2 のいずれかである。

5.2 左足起点のつまずき

次に計測を行っている右足と反対側の、左足を引っ張られた場合について観察を行う。Fig.5は、その内の1回の試行について Fig.4 と同様にグラフにまとめたものである。

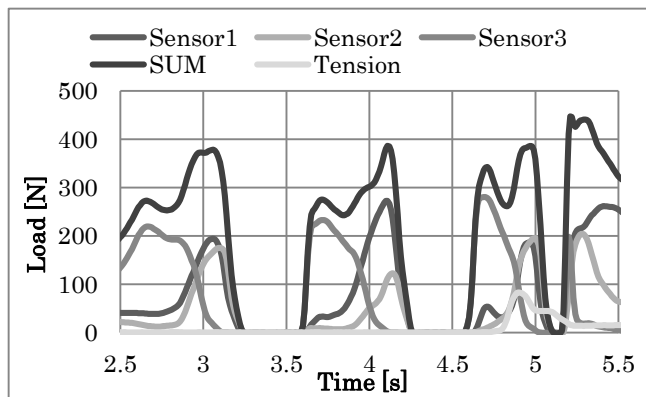


Fig.5 Temporal variation of load (left foot)

Fig.6 について張力の値が上昇した約 4.8s 地点直後のセンサ 2 の値に着目する。4.8s 以降のセンサ 2 の値の上昇は安定歩行を行っていた時の同時期である 4.0s 頃と比べても格段に大きいことが確認できる。Fig.6 に同試行でのセンサ 2 の荷重変化率のグラフを示す。

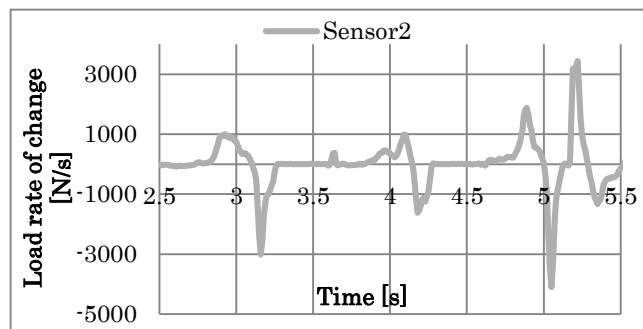


Fig.6 Load rate of change

4.0s 直後での最大値が 987N/s であるのに対して 4.8s 直後での最大値は 1884N/s にも及ぶ。同様に全被験者の左足を引っ張る試行について、残りの 11 試行を含めた引張り直後の荷重変化率の最大値と、1 周期前の同時期での最大値を Tab.2 でまとめる。

Tab.2 Maximum value of load rate of change

[N/s]	1st	2nd	3rd	4th	5th	
stable walking	1249	987	1642	966	2046	
falling	2270	1884	1908	2067	1180	
6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th
1021	2235	1187	1217	1615	1076	1335
1673	2139	2601	2719	2574	2208	1784

合計 12 試行のうち、斜線部を除く 10 試行について同様の特徴が得られた。この結果より安定歩行と転倒時での荷重変化率の境界は 1642~1784N/s 付近にあると推測される。

6. 考察・まとめ

5.1 の結果より転倒直前には、つまずいた側の足を振り上げた直後に、つま先に少量の荷重がかかる。つまり地面をタップするような動作が必ず発生していることが特徴として考えられる。また 5.2 の結果より、つまずきと反対側の足では、親指付け根側のセンサの値が急激に伸びて踏ん張っている特徴が観察された。両者の特徴は安定歩行時の同タイミングに示す値と比べて、t 検定による 1% 未満の有意差が確認された。また両者の特徴について、それぞれの閾値を設定し、つまずきが発生してから特徴が見受けられるまでの時間を解析したところ、5.1 の特徴は 0.08s、5.2 の特徴は 0.14s となり、5.1 の結果の方が転倒検知には有効であると考えられる。

今後は他の特徴が見られないか分析を続けた後、被験者数を増やし、転倒のタイミングにランダム性をもたせて検討を行う。

7. 参考文献

- (1) 厚生労働省平成 18 年度人口動態統計年報 pp.17
- (2) Berg wp.et al. Age Ageing 1997
- (3) 高齢者の歩行速度、歩幅、歩行率、および歩行パターン 東京都老人総合研究所運動機能部門 古名丈人 理学療法学 第 21 巻 学会特別号(第 29 回青森) 1994 pp.417