

# 高齢者の健康向上を目的としたインソール型歩容センサにおける歩容パラメータ抽出方法の提案と評価

定仙 竜樹<sup>†</sup> 高木 勇史郎<sup>‡</sup> 大野 陸<sup>‡</sup> 河並 崇<sup>‡</sup>

金沢工業大学大学院情報工学専攻<sup>†</sup>

金沢工業大学工学部情報工学科<sup>‡</sup>

## 1. まえがき

近年、健康寿命の延伸を目的とした施策が実施され、その多くは公民館などで実施する施設通所型である。しかし、この方法では参加に積極的な高齢者しかカバーすることができない。そこで、本研究ではインソール型歩容センサを用いて日常的に無理なく歩容データを収集することで、施設通所型の施策への参加に消極的な高齢者への健康支援ができないかと考えた。本研究では、コストを抑え普及率を高めることを目的とし、歩容解析に最低限必要なセンサの数および接地位置を実験により求める。また、床反力計から得た歩容情報と比較し、開発したインソール型歩容センサの精度の評価を行う。

## 2. 歩容パラメータ

歩容パラメータとは人の歩行を分析する際に用いる変数である。歩行時において、歩行の及ぼす要因になるものが3つあり、時間による要因、距離による要因、角度による要因によるものがある。本研究では、時間による要因にのみ着目し、図1に示す歩容パラメータの抽出を行い歩容評価に用いる。

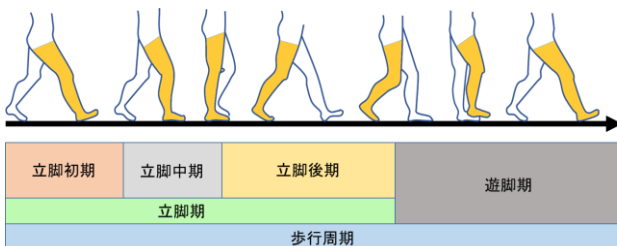


図1 歩容パラメータの一部

歩行周期とは、足が底面についてから同じ足が次に底面に着くまでの時間を表す。歩行周期は立脚期と遊脚期からなっている。立脚期とは足が底面についている期間、遊脚期は足が底面

Proposal and Evaluation of Gait Parameter Extraction Method for Insole Type Gait Sensor for Healthy Elderly People

<sup>†</sup>Ryuju Josen,

<sup>‡</sup>Yushiro Takaki, <sup>‡</sup>Riku Ono, <sup>‡</sup>Takashi Kawanami

Information and Computer Engineering, Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of Technology <sup>†</sup>

Department of Information and Computer Science, College of Engineering, Kanazawa Institute of Technology<sup>‡</sup>

から離れている期間を表している。ここで、立脚期は初期、中期、後期に分け、それぞれ踵だけが底面についている期間、踵とつま先が底面についている期間、つま先だけが底面についている期間としている。この他に両足が床面についている期間を表す両脚支持期や、1分間当たりの歩数を表すケイデンス(歩調)を用いる。

## 3. インソール型歩容センサ(センサ数 32)

歩行時の接地時間と接地位置を計測するために図2に示すインソール型の歩容センサを開発した。歩行による足裏の接地の検出には、インソールの裏に設置したe-テキスタイルセンサ<sup>[1]</sup>を用いる。e-テキスタイルセンサは布に金属導線を縦横に立体的に織り込んだ構造でできており、金属導線の交点に圧力がかかることで導通する。図2のインソール型歩容センサでは、交点の数を32箇所とすることで広範囲の足裏の接地を比較的詳細に計測できる。e-テキスタイルセンサ接点の位置と位置番号を図3に示す。計測時のサンプリング周期は6ミリ秒である。



図2 インソール型歩容センサ (センサ数 32)

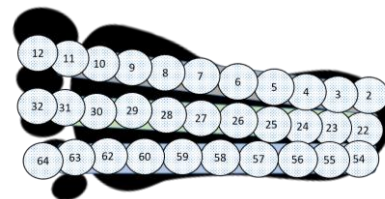


図3 e-テキスタイルセンサの接点位置と番号

## 4. 接地頻度調査実験

### 4.1 実験方法

実験場所は、十分な広さがある平坦な屋内で

行った。被験者は足に障害がない 20 代の男性とした。被験者は、インソール型歩容センサ（センサ数 32）を履き 15 歩歩行する。その際、立脚期における各 e-テキスタイルセンサの接地頻度を計測する。なお、本実験において踵は 9 カ所、中間は 14 カ所、つま先は 9 カ所と割り当てた。

#### 4.2 実験結果

踵、中間、つま先の接地頻度を表 1 に示す。50%以上の頻度を抽出すると、踵は 3, 23, 54, 55 番、中間は 9, 58, 59, 60 番、つま先は 10, 12, 30, 32, 62, 63 番の接地頻度が高いことが分かる。

表 1 踵、中間、つま先の接地頻度

		かかと													
番号		2	3	4	22	23	24	54	55	56					
頻度		30.1%	99.7%	0.0%	0.0%	85.5%	13.5%	63.7%	71.0%	0.0%					
		中間													
番号		5	6	7	8	9	25	26	27	28					
頻度		0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	62.3%	43.4%	0.0%	0.0%	1.9%					
		中間													
番号		29	57	58	59	60									
頻度		34.0%	48.5%	63.7%	68.3%	61.9%									
		つま先													
番号		10	11	12	30	31	32	62	63	64					
頻度		80.8%	0.0%	63.1%	58.4%	0.0%	85.5%	76.4%	72.0%	0.0%					

#### 5. インソール型歩容センサ（センサ数 2）

接地頻度調査により、歩容パラメータの抽出に必要な e-テキスタイルセンサの位置を導いた。コスト削減、個人差の吸収、耐久性向上の観点から、頻度の高かった接点位置中心にグループ化した e-テキスタイルセンサを利用する。ここでのグループ化とは、複数の接点を共通した信号として取り出せる仕様である。図 4 に示すインソール型歩容センサ（センサ数 2）では、グループ化された e-テキスタイルセンサは踵とつま先の 2 カ所に配置している。



図 4 インソール型歩容センサ（センサ数 2）

中間部分は、踵とつま先のグループが同時に接地されている時間を立脚中期の歩容パラメータとすることで省いている。また、実利用に近

づける実装を目指し、BLE 通信でデータを取得できるようにしている。計測時のサンプリング周期は 10 ミリ秒である。

#### 6. 床反力計を用いた精度評価実験

##### 6.1 実験方法

実験場所および被験者は接地頻度調査実験と同様とした。精度の妥当性の担保として、バイオメカニクス分野における歩容解析で用いられる床反力計による歩容パラメータを妥当基準とし、インソール型歩容センサによって得られる歩容パラメータの妥当性を検証する。なお、床反力計は靴底の接地時間を取得するのに対し、インソール型歩容センサはインソール裏面で接地時間を取得するため、絶対的な時間には必ずずれが生じる。そのため、本実験では各々ふつう速度で歩いた時間を 1 と正規化し、ゆっくり歩行したときと、はやく歩行したときの増減した時間の割合を各々求め比較することで、被験者個人の歩容パラメータの変化が正しく取得できているかを検証することにした。比較する歩容パラメータは平均立脚期と平均遊脚期とした。

##### 6.2 実験結果

表 2 の平均立脚期において、速度がゆっくりとふつうを比較するとインソール型は 1.48 倍、床反力計は 1.44 倍となった。誤差としては低く、高い相関がみられる。速度がはやい場合には非常に高い相関がみられた。平均遊脚期についても同様に相関が高く、本歩容センサを用いた歩容評価の妥当性は高いと考えられる。

表 2 精度評価実験結果

速度	平均立脚期		平均遊脚期	
	インソール型	床反力計	インソール型	床反力計
ゆっくり	1.48	1.44	1.30	1.33
ふつう	1.00	1.00	1.00	1.00
はやい	0.74	0.74	0.73	0.74

#### 7. むすび

本実験では、接地頻度調査実験を行い、歩容解析に必要なセンサの数および位置を求めた。また、床反力計との精度評価実験においては、床反力計と高い相関のある歩容パラメータを取得できたことから、本目的において本システムによる歩容評価の高い妥当性を検証した。

#### 謝辞

本研究は総務省戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）の支援を得た研究の一部です。

#### 参考文献

[1] 福井県工業技術センター「スマートテキスタイルのための織物基板製造技術の開発」, <http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/kenkyu/data/seni/se07.html>, (2019/1/10 参照)