

加速度情報による歩行訓練における回復状況の評価

○湯澤亮祐（高知工科大），王碩玉（高知工科大），姜銀来（高知工科大），林勲（関西大）

概要 歩行リハビリテーションにおいて、要訓練者の回復状況を正しく評価することは重要な課題である。本研究は、要訓練者一人でも自分の回復状況を評価できるように、ウェアラブルセンサで歩行機能の回復状態を自動に評価する方法を目指す。今回の報告では、ウェアラブル加速度センサを使った歩行評価法を提案する。墜落性跛行を段階的に疑似再現し、加速度を計測・解析することで、提案手法の有効性を検討する。

キーワード: 歩行リハビリ，加速度情報，計測

1 緒言

先行研究では、全方向移動型歩行機を開発している。全方向移動型歩行機を用いた歩行リハビリは、歩行機能の早期回復に貢献でき、歩行リハビリへの有用性が臨床試験で認められている¹⁾。要訓練者一人でも自立で歩行訓練を行えるため、理学療法士が要訓練者の症状に応じてデザインした訓練メニュー（運動の方向、距離、時間など）を歩行訓練機に保存しており、歩行訓練機が訓練メニューに定義した動作を実行し、要訓練者が歩行訓練機に追従して歩行訓練を行う。したがって、要訓練者の回復状況を正しく評価し、それに適する訓練メニューを選択することは重要な課題である。

現在、歩行リハビリテーションの回復評価は医学療法士及び医師による、視診、筋電、レントゲン、床反力等の方法で患者の回復状態を評価している。しかし、病院で行うため場所的、時間的、束縛を受ける。そこで本研究は、ウェアラブルなセンサで歩行の回復状態を自動に評価する歩行能力の評価法を開発し、要訓練者一人でも自分の回復状況を計測できることを目指す。

今回の報告では、手軽で定量的に歩行リハビリテーションの状況を評価するために、ウェアラブル加速度センサを使った歩行評価法を提案する。墜落性跛行を段階的に疑似再現し、加速度を計測・解析することで、提案手法の有効性を検討する。

2 墜落性跛行における加速度計測

実験方法は、歩行障害の一つである墜落性跛行に着目して実験を行った。墜落性跛行は、左右脚の長さが違うことにより生じる歩行障害である。墜落性跛行を疑似再現した場合、片脚の補高する高さを変える事で段階的に障害度合いを疑似しやすい。また段階的に再現出来る事で、そこから得られるデータを、比較しやすい事が挙げられる。実験のために、Fig.1に示すような補高装置を開発した。これらの装置を用いて、左右脚の長さの差は、0～5cmの6レベルを疑似できる。

報告²⁾では文献^{3) 4)}の平均歩行速度を参考に拘束条件を決めた。しかし、加速度データを計測して解析した結果、歩数や周期を拘束しきれていない事が分かった。文献⁵⁾より、身長が低くなるほど歩幅が短くなる傾向があり、身長が高くなるほど歩行周期が少なくなる傾向にある報告が出ている。つまり身長によって歩行周期が早すぎる人や歩幅が広すぎる人がいた。よって前回の平均歩行速度を100%として今回の実験では70%の歩幅、周期にすることで無理のない条件で実験を行った。

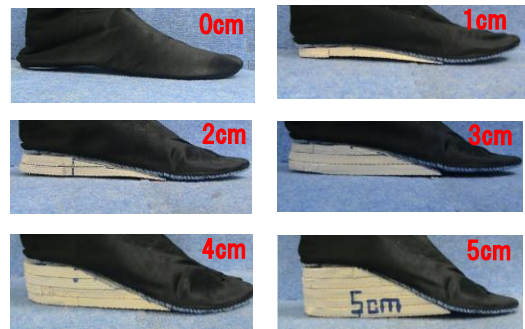
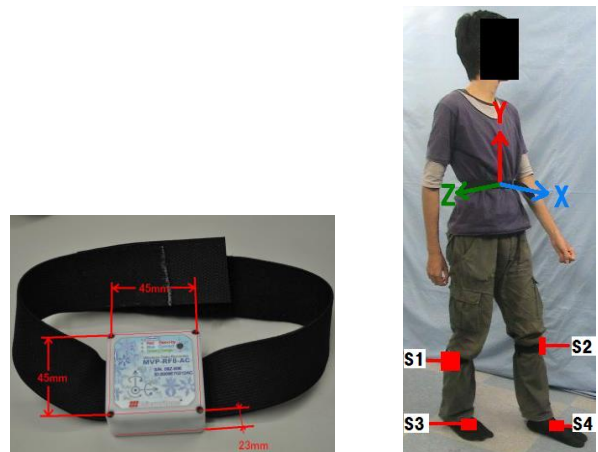


Fig. 1 Thick-soled footwear



(a) Wearable accelerometer

(b) Sensor positions and coordinates

Fig. 2 Acceleration measurement

平均歩行速度70%を参考に、Table.1のように数値を決めた、歩幅は床への目張り、歩行周期はメトロームとした。歩行距離を6m、被験者は健常者で20代男性A~Dの4名、補高装置は右足に装着した。測定は補高装置毎に4回行った。前回の報告²⁾より、歩行時の加速度信号は足先に近い方が特徴を読み出し易いという結果となったため、S1~S4の4か所で計測を行った。

Table.1 Experiment parameters

距離	6.0	[m]
歩幅	0.5	[m/歩]
歩数	12	[歩]
周期	40	[周期/min]

3 実験結果

加速度の計測結果、右足甲、Y 軸、補高 0cm の 1 周期分を抜き出し示したのが Fig.3 である。歩行動作に沿って加速度情報が取れている事が分かる。

- Point①踵離床期 : 踵が床から挙がる時
- Point②踏切期 : 足が離床するとき
- Point③加速期 : 前へ加速されるとき
- Point④遊脚中期 : 身体の下を通りすぎるとき
- Point⑤減速期 : 踵接地前
- Point⑥踵接地期 : 踵が床面に接地したとき
- Point⑦足底接地期 : 足底全体が床面に着いたとき
- Point⑧立脚中期 : 全体重が真上にかかったとき

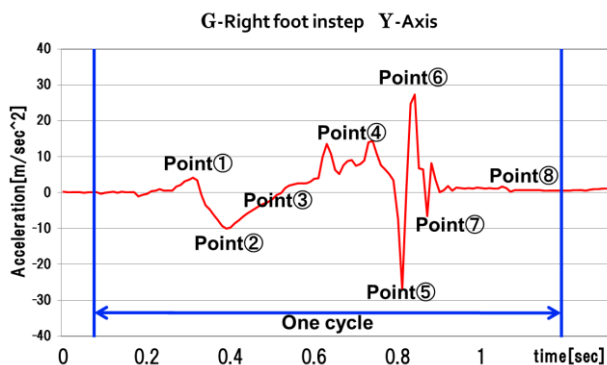


Fig.3 Acceleration of one walking cycle

文献⁶⁾では、足に重りを付け老化を疑似した状態で加速度を計測し、解析した報告がある。解析方法は、加速度情報を一度絶対値化した後、平均したものである。この方法を今回の墜落性跛行を疑似した結果にも使えるのか判定した。

判定は補高高さ 0cm と 5cm の差を取り、”+”なら増加傾向、”-”なら減少傾向と示している。4 名の結果を並べて表示し、同様の傾向箇所があれば使える可能性があるかと判定する。そしてセンサの場所毎に差を表示した表が Table.2 である。

Table.2 Average acceleration difference between footwear thicknesses of 0cm and 5cm

		A	B	C	D
S1	X	-0.231	0.057	0.116	0.272
	Y	-0.255	0.010	0.344	0.328
	Z	0.121	-0.065	0.047	-0.486
S2	X	-0.568	0.156	0.045	-0.193
	Y	-0.457	-0.019	0.152	-0.184
	Z	0.113	0.057	0.013	-0.223
S3	X	-0.595	-0.065	-0.043	-0.039
	Y	0.080	-0.307	0.001	-0.626
	Z	-0.076	0.193	0.422	-0.100
S4	X	-0.115	0.124	0.228	-0.147
	Y	0.132	-0.031	0.198	-0.346
	Z	0.206	0.163	0.196	-0.020

Table.2 を見るとセンサ G の X 軸で同様の傾向を見る事が出来るが、数値が非常に小さく、また全体的に

同様の傾向があるとはいえない。さらに足の長さを 0cm~5cm の 6 段階で判定を目指す事を考えると墜落性跛行を疑似した解析には適さないと考察する。

Table.2 の結果を踏まえ、次に特定の箇所注目し解析を行った。墜落性跛行は、左右で足の長さが違うため、足を振る時や着地時の加速度情報に差が出ると考えた。1 周期毎の、足を前に振っている時に出る X 軸の最大加速度、踵接地期における Y 軸最大加速度を抽出し、先ほどと同様に補高高さ 0cm と 5cm の差を取り傾向を比較した。その結果が Table.3 である。

Table.3 Maximum acceleration difference between footwear thicknesses of 0cm and 5cm

		A	B	C	D
S1	X	0.22	2.05	4.13	0.15
	Y	-3.54	4.02	-1.57	0.51
S2	X	3.01	10.01	-1.18	2.70
	Y	-3.54	8.29	1.32	4.52
S3	X	-4.55	-2.44	-3.49	-2.89
	Y	2.26	4.10	1.94	1.78
S4	X	4.03	6.75	-0.81	10.23
	Y	0.01	1.54	3.15	2.44

Table.3 を見るとセンサ E の X 軸、センサ G の X 軸 Y 軸、センサ H の Y 軸が同様の傾向にあることが分かる、また逆にセンサ E の Y 軸では個人差が大きいと考えられる。

4 結言

今回、各解析方法が、墜落性跛行を疑似した状態の障害度合いの判定に使用できるのか検討した。結果、文献⁶⁾の解析方法では個人差が大きく判定に適さなかった。しかし、特定の箇所に注目した解析方法では判定に使える可能性があるセンサ箇所、軸を見出すことができた。

今後、特定箇所に注目して解析を行っていく。また身長により平均歩行速度が違うため、身長毎に計測を行い、場合分けして障害度合いを分けられる閾値の設定を目指す。

参考文献

- 1) 角島元隆 : Spine 28:2472-6 The Effect of Leg Length Discrepancy on Spinal Motion During Gait (2003), <http://www1.gifu-u.ac.jp/~ort/4-6-6-main.html>
- 2) 湯澤亮祐, 王 碩玉, 姜銀来 : 歩行リハビリテーションにおける回復状態評価のための基礎研究, 機械学会中国四国支部第 42 回学生員卒業研究講演会講演前副集, S1010 (2012).
- 3) Jacquelin Perry:ペリー歩行分析 正常歩行と異常歩行, 第 20 章歩行周期分析, 253/259(2007)
- 4) 鈴木堅二 : Clinical Rehabilitation 別冊リハビリテーションにおける評価 1-9 歩行障害の診断と評価, 62/68 (1996)
- 5) J. Anthrop. Soc. Nippon : 人類誌, 98(4), 385/401 (1990)
- 6) 谷川智宏, 太田 茂, 長尾光城, 宮川 健 : 川崎医療福祉学会誌, 12(1), 102/107 (2002)