

u-リハビリ空間実現のための歩容情報センシングの研究開発 (082310012) Development on Gait Information Measuring System for Walk-Rehabilitation

研究代表者

和田親宗 九州工業大学

Chikamune Wada Kyushu Institute of Technology

研究分担者

蜂須賀研二[†] 和田太[†] 牧野健一郎[†] 小田太士[†] 辻卓則^{††} 大多和文成^{††} 郡山太^{††} 雪竹直登^{††}
木室義彦^{†††} 家永貴史^{†††} 楊智梅^{†††} 杉村行信^{††††}

Kenji Hachisuka[†] Futoshi Wada[†] Kenichiro Makino[†] Taishi Oda[†] Takunori Tsuji^{††}

Takenari Ohtawa^{††} Futoshi Koriyama^{††} Naoto Yukitake^{††} Yoshihiko Kimuro^{†††}

Takafumi Ienaga^{†††} Zhimei Yang^{†††} Yukinobu Sugimura^{††††}

[†]産業医科大学 ^{††}(株)ロジカルプロダクト ^{†††}(財)九州先端科学技術研究所 ^{††††}九州工業大学

[†]University of Occupational and Environmental Health, Japan ^{††}Logical Product Corporation

^{†††}Institute of Systems, Information Technologies and Nanotechnologies

^{††††}Kyushu Institute of Technology

研究期間 平成 20 年度～平成 21 年度

概要

靴型の計測装置を履くだけで、歩行リハビリに必要な歩容情報ないし歩容を推定できるようなデータを実時間で取得・表示するシステムを開発した。システムは、歩容推定に必要な相対的な足位置や足底圧力分布の実時間計測技術、電子タグ技術を用いた経過時間や歩行距離により生じる足位置データの補正技術、センサデータから得た歩容情報を分かりやすく表示する呈示技術、表示装置までのデータを過不足なく送受信できる無線技術を組み合わせて構成されている。

そして、開発したシステムを臨床現場での試用、有効性の評価、実用化への課題の明確化を行った。その結果、条件が限定されるものの、自宅等での日常生活の歩容状態の取得が可能であること、表示画面による歩行訓練や運動量評価などが可能であることが分かった。

Abstract

First, we have developed a walking rehabilitation system which can measure gait information such as foot length and center of pressure by wearing a shoe-type device. This system can also comprehensively display analytical results for gait with real time operation. Our system consists of four kinds of technique: (1)A measuring technique is used to obtain by which distance between both feet and distribution of foot pressure; (2)A correcting technique is employed to get precise distance between both feet by using RFID tags; (3)A displaying technique is used to show walking characteristics comprehensively; (4)A wireless data transmission technique is used to send and receive data without any errors

Next, our system was used by patients, physicians and physical therapists to evaluate effectiveness of our system and to find any problems. From the results, it was found that both of walking training and evaluation for quantity of motion could be executed in daily life by use of our system.

1. まえがき

本研究開発の目的は、日常生活における動的な歩容情報を取得、実時間で提示するシステムを開発し、従来の歩行リハビリ訓練における諸問題（患者自身による歩容の把握、歩行時の動的情報の取得など）を解決することである。最終的には、「いつでもどこでもリハビリできる空間」の実現を目指す。以下に実施した研究開発および臨床現場での試用による評価を述べる。

2. 研究内容及び成果

具体的な研究目的は次の3つである。

- (1) 無拘束での歩容情報取得技術の開発
- (2) 歩容情報のわかりやすい実時間可視化技術の開発
- (3) 取得した歩容情報の臨床現場における有効性の検証

図1に(1)および(2)を組み合わせたシステムのイメージを記す。靴型計測装置により無拘束状態で歩容情報（足位置や足底圧など）を取得、解析装置を経て歩容情報をわか

りやすく実時間で表示する。表示された歩容情報により、患者は足の動かし方を直感的に理解できる、また、動的な歩容情報により客観的な歩行能力評価を行うことが可能となる。さらに、自宅で取得した歩容情報を医師に送ることによって遠隔からのリハビリ指導も可能となる。

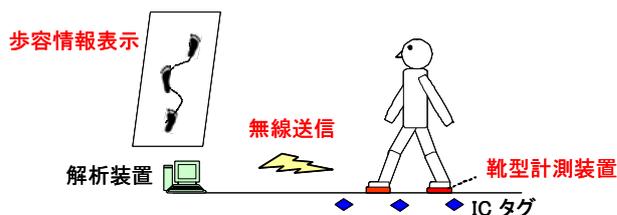


図1 歩容情報取得技術および実時間可視化技術

(1) 靴型計測装置の開発

開発した装置（図2に示す）の仕様を以下にまとめる。

- ・距離計測精度は、両足支持期は3cm程度、（遊脚期は歩

行距離に対して 10%以下の誤差)

- ・圧力測定箇所数：片足 9 カ所、両足 18 カ所
- ・データサンプリング周波数：30Hz
- ・重量：片足 490g
- ・電源：充電式単 3 電池× 4 本
- ・連続動作：360 分（1 日に 50 分の使用で、1 週間以上の連続動作が可能）
- ・時刻同期計測：表示装置からの計測開始信号に同期して、両足のセンサが同時計測を開始
- ・送信出力：1mW
- ・間欠送受信：両足のセンサ情報の送信は、間欠で重ならないようにタイミング制御を実施



図2 試作した靴型計測装置

(2) 歩容情報の可視化

本装置の試用により、通常歩行周期の基本的な要素のうち、空間因子の歩幅 (step length)、歩隔 (step width)、足角、時間因子としてストライド時間の情報が取得可能であった。以上を組み合わせることで、速度やケイダンスの評価も可能であり、おおむね歩行周期の特徴を表現できることが確認された。

次に、歩行訓練の場合、歩数は重要な情報であるが、従来の万歩計のように、健康成人の加速度を計測するものは、リハビリ患者のように、すり足や歩行時の加速度が小さい場合、うまく計測できない。今回開発した靴型計測装置は、圧力センサの情報から遊脚期を安定して判別することが可能である。そのため、リハビリ患者にとって有効な万歩計機能を実現できる。

最後に、S字歩行、足の上下運動訓練、左右バランス訓練を行うために図3の画面を作成した。左側に、S字歩行時の足跡を示しており、3~4m程のS字歩行ができる。右上には、遊脚期の足の高さおよび足の前後の傾きを示しており、ある一定の高さになった時の足の高さを知らせることで、足を上げる訓練を実施できる。右下は、足の前後および左右にかかる体重の分布を示している。この画面については、患者やリハビリ関係者から、わかりやすいという評価を得た。

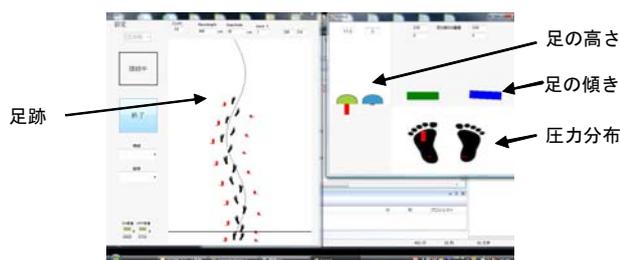


図3 歩行訓練画面の例

(3) 有効性の検証

システムの使用感および情報の呈示方法、作成した訓練プログラムについては、関係者および患者から高い主観的評価を得ることができた。現時点では、開発システムを使うことで、1)直線性習得訓練 2)歩幅調整訓練 3)荷重負荷訓練 4)足の振り上げ訓練、を患者一人で行うことが可能である。

しかし、装置の耐久性等の問題により長期臨床試験を行うことができず客観的な訓練効果を示すには至っていない。

ただ、従来の万歩計では不可能であったリハビリ者特有の歩行における歩数を正確に計ることについては有効性を客観的に示すことができた。

さらに、日常生活を想定した様々な場面での計測結果より、計測距離が短くなる場合や動作に不安定な場合など改良すべき点はあるものの、病院などのリハビリ現場だけではなく日常生活の場面での利用も可能であることが分かった。

3. むすび

靴型の計測装置を履くだけで、歩行リハビリに必要な歩容情報ないし歩容を推定できるようなデータを実時間で取得・表示するシステムを開発した。そして、開発したシステムを臨床現場での試用、有効性の評価、実用化への課題の明確化を行った。その結果、条件が限定されるものの、自宅等での日常生活の歩容状態の取得が可能であること、表示画面による歩行訓練や運動量評価などが可能であることが分かった。

今後は、以下の課題を解決し、「いつでもどこでもリハビリ」を実現するシステムの実用化を進めていきたい。

- (1) リハビリ歩行だけではなく健康歩行への対応
 - (a) 歩幅および歩隔の計測範囲の拡大
 - (b) 早い歩行タイミングへの対応
- (2) 圧力センサや超音波センサの耐久性向上
- (3) 電源や同期信号のケーブルレス化
- (4) 長期間にわたる臨床試験の実施

【誌上発表リスト】

- [1] F.Wada, Y.Sugimura, C.Wada, Y.Kimuro, T.Ienaga, T.Tsuji, T.Otawa, F.Koriyama, N.Yukitake, K.Makino and K.Hachisuka, "A Wearable Device for Collecting Gait Information", Asian Prosthetic and Orthotic Scientific Meeting 2009 (APOS2009), p.72(2009/08/21)
- [2] Y.Sugimura, F.Wada, K.Makino, T.Oda, K.Hachisuka, T.Ienaga, Z.Yang, Y.Kimuro, T.Otawa, N.Yukitaka, F.Koriyama, T.Tsuji and C.Wada, "Development of a shoe-type device for collecting gait information", 11th International Congress of the IUPESM: Medical Physics and Biomedical Engineering, pp.514-515(2009/09/08)
- [3] 和田親宗・杉村行信・和田太・蜂須賀研二・辻卓則・家永貴史・木室義彦, "歩行訓練支援システムのための靴型計測装置の開発", 計測自動制御学会九州支部第 28 回学術講演会, pp.111-114 (2009/11/28)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

[http:// www.life.kyutech.ac.jp/~wada/project_j.html](http://www.life.kyutech.ac.jp/~wada/project_j.html)