

機関番号：51303

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500495

研究課題名（和文） 進行性歩行障害に対する歩行訓練装置の開発と応用

研究課題名（英文） Development and application of walking training system to progressed gait patients

研究代表者

古瀬 則夫 (FURUSE NORIO)

仙台高等専門学校・電気システム工学科・准教授

研究者番号：30249734

研究成果の概要(和文)：本研究で開発する歩行訓練装置は自宅での使用を想定しているため、容易に身体に装着できるように小型で携帯可能なセンサシステムを開発するとともに、杖や歩行器などの補装具と訓練場所を想定した装置に改良を加え用いた。完成したセンサシステム等を身体に装着し健常者による歩行実験を行いセンサによりデータを取得できるか確認し、さらに、そのデータを用い訓練者に有用な訓練情報を提示すると共に、歩行訓練の達成度を呈示できる波形処理システムを開発した。

研究成果の概要（英文）： The sensor system that was able to carry small as possible to be installed in the body easily was developed, and because the walking training device developed in the present study assumed use with home, the improvement was added and used for the device that assumed the assistive device and the training area places such as the canes and walkers. The sensor system etc. that completed it were installed in the body and the walking experiment by the able-bodied person was developed, and whether data was able to be acquired by the doing sensor was confirmed, the data was used in addition, useful training information for those who trained was presented, and the wavy processing system that was able to present the achievement level of the walking training was developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：歩行訓練，センサ，歩行障害者，補装具，歩行期

## 1. 研究開始当初の背景

脊髄小脳変性症（SCD）や筋萎縮性側索硬化症（ALS）などの神経難病は、その多くは進行性であり、有効な治療法も少なく、徐々

に様々な身体機能の障害をきたす。しかし、診断を受けた段階で歩行が可能であれば、できるだけ長い期間歩行できる状態を維持することが病気の進行を遅らせる有効な手法であ

ると考えられている。そのため、病院やリハビリテーションセンター等の施設だけでなく自宅でも日常的に歩行訓練などのリハビリテーションを行うことが重要であり、そのことから患者自身が自宅で利用できる歩行訓練装置の開発が必要であると考えられる。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、歩行訓練中に脚部の状態を計測する身体装着型センサとその波形処理方法を検討し、歩行訓練に有益な情報を患者に呈示、さらに訓練の達成度を自動的に評価するセンサシステムを開発する。補助なしでの歩行が困難な患者に対しては、電気刺激装置や杖による上肢のサポートを加え円滑な歩行を訓練することが考えられる。また、自宅での使用を想定した場合、訓練場所として平行棒、歩行練習用階段、トレッドミルが考えられるので、それら装置を用いた場合の歩行訓練装置の評価も行う。

センサから得られる訓練情報と訓練者自身の残存した体感情報を基に患者自身が歩行すると共に、補助が必要な場合電気刺激装置や杖等の運動補助装置を操作し歩行を補助することによって、より円滑な歩行が再建される。このような歩行訓練を繰り返すことにより歩行動作が改善され、歩行訓練をより円滑に行うことができるようになる。これまでの歩行訓練では医師や作業療法士が知識や経験に基づいて、訓練方法や歩行の良し悪しを訓練者に指摘していたが、提案システムでは身体装着型センサからの出力信号を基に訓練時の歩行状態を解析し、訓練情報を歩行ステップ毎に呈示するため、患者自身でより効率的な訓練が実現できると考えられる。

## 3. 研究の方法

運動機能麻痺者に対して、歩行訓練補助システムを導入し、歩行状態を定量的に解析することにより効果的な歩行訓練を実現できる。その実現には歩行動作時の歩行期に関する情報は不可欠であると考えられる。

本研究では下記の4つの分け方で歩行期を分類した(歩行期をつま先と踵の接地状態で表す)。歩行期は(1)から(4)の繰り返しを周期としている。この4種類の歩行期は参照デー

タとしてアルミ電極により検出された。

- (1) 立脚中期 (つま先と踵が着床)
- (2) 立脚後期 (つま先が着床、踵が離床)
- (3) 遊脚期 (つま先と踵が離床)
- (4) 立脚前期 (つま先が離床、踵が着床)

これまでの研究では4種類の歩行期を足背に装着にした圧電式ジャイロスコープにより検出していたが、本研究では踵に装着した2軸の加速度センサの出力信号を基に歩行期を検出することの実現可能性を健常者の歩行動作実験により検討した。歩行実験ではセンサ装着位置の比較検討のため、2軸の加速度センサを脛、靴の踵と爪先の3ヵ所に、X軸を進行方向(前方为正)、Y軸を上下方向(上方为正)として装着した。

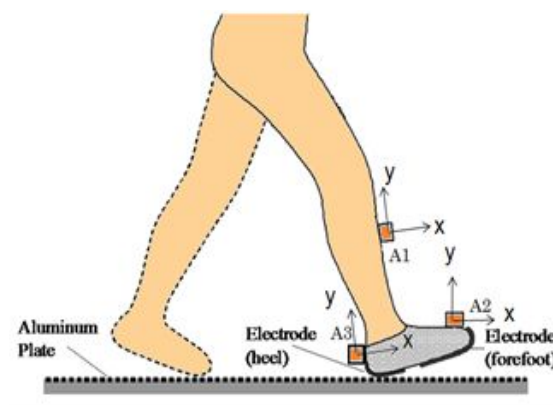


図1. 加速度センサの装着位置 (A1,A2,A3が加速度センサ)

歩行実験は、健常者3名(19-21歳)、通常と感じる速度、アルミ板(6m)上で6施行ずつ行わせた(1施行で5,6ストライド)。このとき靴のつま先と踵にアルミ電極を装着し、4種類の足底の設置状態を歩行期として検出した。この信号は加速度センサの出力を基に検出される歩行期の参照信号として用いた。加速度信号は増幅、フィルタ処理後、記録された。

本研究で加速度センサの出力信号により検出するのは踵が離地する立脚後期の開始(立脚中期の終了)と、つま先が離地する立脚後期の終了(遊脚期の開始)である。歩行動作時の加速度信号を解析した結果、靴の踵に装着した加速度センサの信号のみで2種類の歩

行事象を検出できることが分かった。2種類の事象を検出する方法を下記する。

(1) 立脚後期の開始（踵離地）の検出

X,Y信号の長さにデジタルL.P.F. (IIR, 2nd,  $f_c=5\text{Hz}$ ) 処理を施した信号が50msecの間平均0.025G以下後、0.075G以上になった時。

(2) 立脚後期の終了（つま先離地）の検出

Y軸方向の加速度の大きさが-1.0G（一步目は-0.2G）以下になった後-0.9G（一步目は0G）以上になった時。

踵に装着した加速度センサの出力と歩行期の検出結果の一例を図2に示す。立脚後期の開始の検出では加速度センサによる事象の検出がアルミ電極による検出よりも $5.0\pm 9.3\text{ms}$ 早く検出することができた。立脚後期の終了の検出では加速度センサによる検出が $4.9\pm 18\text{ms}$ 遅く検出された。全ての事象を検出し、誤って検出した場合は無かった。なお、各施行の最後のステップは評価から省いた。

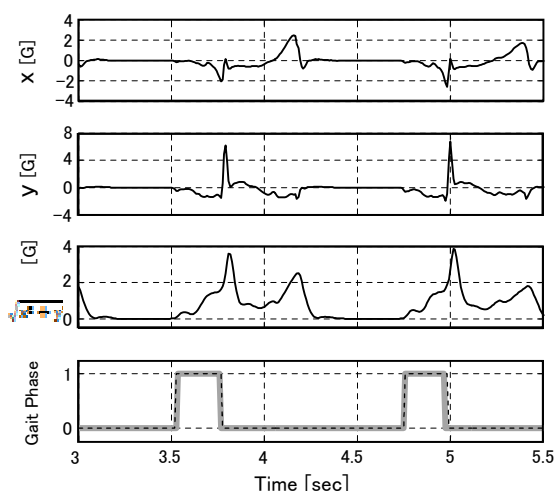


図2. 加速度センサの出力と歩行期の検出結果. Gait Phase :0:立脚後期以外の歩行期, 1:立脚後期, 破線:加速度センサより検出される歩行期, 実線:アルミ電極より検出される歩行期.

ジャイロスコップにより歩行期を検出した以前の研究とは評価方法が異なるため、以前よりどの程度改良されたか、このままでは定量的に判断できないが、臨床適用を考慮した場合十分な精度が得られたものと考えられる。センサ装着位置に関しては靴の踵の方が足背等より容易に装着でき有用性が高く、また、

立脚前期の検出とは同一のセンサ装着位置であり実用性が高いと考えられる。

#### 4. 研究の成果

加速度センサによる歩行動作計測システムを構築し、健常被験者による歩行実験を行った。そして、加速度センサから検出した歩行期とアルミ電極から検出した歩行期の時間差を調べることにより、より正確で安定した歩行期を検出するアルゴリズムの有用性を検討した。下肢の3か所に装着した加速度センサの比較結果から、歩行期の検出に有効であると考えられる靴の踵に装着した加速度センサの出力信号を用いることにより、立脚前期と立脚後期の開始と終了を検出することが可能であることが確認できた。

本研究で開発した歩行訓練装置は自宅での使用を想定しているため、容易に身体に装着できるように小型で携帯可能なセンサシステムと電気刺激装置を開発するとともに、杖や歩行器などの補装具と訓練場所を想定した装置に改良を加えた。完成したセンサシステム等を身体に装着し健常者による歩行実験を行いセンサによりデータを取得できるか確認し、さらに、そのデータを用い訓練者に有用な訓練情報を呈示すると共に、歩行訓練の達成度を呈示できる波形処理システムを開発した。

歩行訓練装置の開発に関しては、歩行訓練中に脚部の状態を計測する身体装着型センサとその波形処理方法を検討し、歩行訓練に有益な情報を患者に呈示、さらに訓練の達成度を自動的に評価するセンサシステムを開発し、補助なしでの歩行が困難な患者に対しては、電気刺激装置や杖のサポートにより円滑な歩行を訓練することが考えられる。また、自宅での使用を想定した場合、訓練場所として平行棒や歩行練習用階段が考えられるので、それら装置を用いた場合の歩行訓練装置の有効性を評価するため、それら平行棒などの装置に改良を加えた。

## 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 1 件)

- ① 峯岸由佳, 渡邊高志, 古瀬則夫, 簡易歩行評価のための足部ジャイロスコープによる健常者の歩行事象の解析, バイオメカニズム学会誌, 査読有, Vol.34, No.1, 2010, pp.66-67

[学会発表] (計 9 件)

- ① 高橋佑太郎, 古瀬則夫, 加速度センサによる歩行期の検出—立脚前期の開始と終了の検出—, 平成 22 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2010 年 8 月 27 日, 青森
- ② 佐藤駿介, 古瀬則夫, 加速度センサによる歩行期の検出—立脚後期の開始と終了の検出—, 平成 22 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2010 年 8 月 27 日, 青森
- ③ N. Miura, S. Sugimoto, T.Watanabe, K. Seki, H.Kanai, A basic study on surface electrical stimulation system for motor rehabilitation, The 5th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, 2010 年 2 月 24 日, 仙台
- ④ 小室和樹, 古瀬則夫, ジャイロスコープによる歩行動作における歩行期の検出, 第 43 回日本生体医工学会東北支部大会, 2009 年 11 月 21 日, 福島
- ⑤ 栗山和音, 古瀬則夫, ジャイロスコープによる歩行動作における下肢関節角度の測定, 第 43 回日本生体医工学会東北支部大会, 2009 年 11 月 21 日, 福島
- ⑥ 三浦尚人, 杉本 賢, 渡邊高志, 関 和則, 金井 浩, 運動リハビリテーションのための表面電気刺激制御システムに関する検討, 第 29 回バイオメカニズム学術講演会, 2009 年 11 月 15 日, 札幌
- ⑦ 峯岸由佳, 渡邊高志, 古瀬則夫, 吉澤誠, 圧電式ジャイロスコープを用いた足底接地期の検出に関する基礎的検討, 第 29 回バイオメカニズム学術講演会, 2008 年 10 月 25 日, 東広島
- ⑧ Norio Furuse, Takashi Watanabe,

Detection of Gait Phases with Piezoelectric Gyroscope under Different Walking Speed Conditions, The 13th Annual Conference of the International Functional Electrical Stimulation Society, 2008 年 9 月 22 日, ドイツ連邦共和国

- ⑨ 杉本賢, 渡邊高志, 古瀬則夫, 吉澤誠, 圧電振動ジャイロを用いた無線型センシングシステムに関する基礎的検討, 第 47 回日本生体医工学会大会, 2008 年 5 月 10 日, 神戸

[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] (計 0 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

古瀬 則夫 (FURUSE NORIO)

仙台高等専門学校・電気システム工学科・准教授

研究者番号: 30249734

### (2) 研究分担者

渡邊 高志 (WATANABE TAKASHI)

東北大学・大学院医工学研究科・准教授

研究者番号: 90250696

### (3) 連携研究者

水戸 和幸 (MITO KAZUYUKI)

電気通信大学・電気通信学部・助教

研究者番号: 90353325