

機関番号：11501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760198

研究課題名(和文) 総合的身体機能を考慮した安全性の高い歩行学習システム

研究課題名(英文) Gait Rehabilitation System Considering Total Body Function with High Safety

研究代表者

菊池 武士 (Takehito Kikuchi)

山形大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：10372137

研究成果の概要(和文):

本研究では、障害者の歩行機能を評価、改善するための新規な歩行学習システムの構築を目標として、(1) MR 流体ブレーキを搭載した制御型下肢装具とその歩行制御方式の開発、および(2) 速度および方向を制御可能な制御型歩行器とその制御方式の開発を行った。(1)に関しては、従来の MR 流体ブレーキより小型軽量のブレーキを開発し、新規の制御型短下肢装具に組み込み、歩行実験を実施した。また、(2)に関しては、市販の車輪付き歩行器の左右1輪ずつに MR 流体ブレーキを搭載し、歩行速度と方向を制御可能な歩行器を開発した。

研究成果の概要(英文):

In this study, we conducted the following developments with the aim to develop a new gait rehabilitation / evaluation system for the disabled people; (1) development of the intelligently controllable ankle-foot orthosis with a compact MR fluid brake and its control method, and (2) development of the intelligently controllable caster walker with the compact MR fluid brake and its control method. In terms of (1), we developed a compact MR fluid brake, installed it into an ankle-foot orthosis, and conducted gait tests. On the other hand, we installed these brakes into wheels of a commercially produced caster walker and completed an intelligent walker which can control the direction and walking speed of users.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学

キーワード：人間機械システム，リハビリテーション科学，運動療法学

1. 研究開始当初の背景<sup>[1]</sup>

超高齢社会を迎え、我が国における脳卒中患者の数は増加の一途にある。厚生労働省の平成19年度「日本における人口動態」によ

れば、主要死因別死亡率の年次推移で脳卒中は昭和40年代を境に減少傾向であり、死亡率の第1位から第3位へと下降している。これに反して、障害を残したまま生活されてい

る方の数は増加していることとなる。

このように、現在の我が国における医療環境を考えると、重篤な疾患から一命を取り留めた患者に対してその後のリハビリテーションによる機能回復（いわゆるリハビリ）の問題が非常に重要であることがわかる。

歩行（移動）に障害を有する患者に対しては、患者本人のみならず家族への負担も大きい。特に、歩行機能の障害はADLに密接にかかわるために早期のリハビリテーションおよび機能評価が重要である。

## 2. 研究の目的<sup>[11]</sup>

著者らはこれまで、MR流体を用いて高性能でコンパクトなMR流体ブレーキを開発し、また開発されたMR流体ブレーキを短下肢装具の足関節トルク制御に応用した制御型短下肢装具（以下、制御型AFO）を開発してきた。これらの装具はブレーキ等の受動要素のみを用いているため、「装置の側から能動的に動作しない」という意味で安全性が高い装置となっている。この装具は元々、障害者の日常生活を補助することを目的としてきたが、その機能を歩行リハビリテーション時に応用すれば全く新しい歩行学習システムとしても使用可能であると考えられる。

しかし、歩行訓練を考えた場合、「装置の側から能動的に動作しない」という意味での安全性とは別に、転倒等の事故が発生しないような安全への配慮が必要であり、これまでの実験においても必ず療法士等が患者の横について一緒に歩き、多大な労力がかかっていた。

そこで、本研究では、上記の装具と、新規に提案する制御型歩行車を一緒に使用し、安全性の高い歩行訓練を実施可能なシステムを目的とする。

## 3. 研究の方法

上記の目的を実現するために（1）新たな制御型AFOとその制御方式の開発、および（2）MR流体ブレーキを搭載したインテリジェント制御可能な歩行器とその制御方式の開発を行った。

### 3-1 新規制御型AFOの開発<sup>[4]</sup>

図1に開発された制御型AFOを示す。既報にて開発していた装置に対してブレーキのさらなるコンパクト化、センサ系の改善によるさらなる軽量化を図った。センサには従来使用していたフットスイッチに代わり加速度計を使用し、加速度と足関節角度の関係によって歩行状態（図2）を判別する新たな状態判別法を提案した。

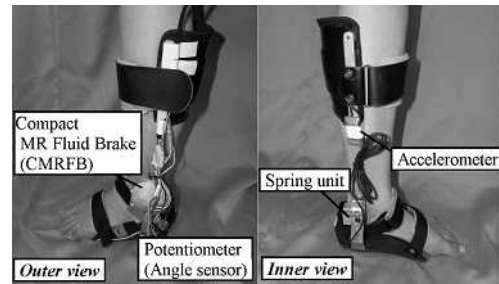


図1 新規制御型短下肢装具<sup>[4]</sup>

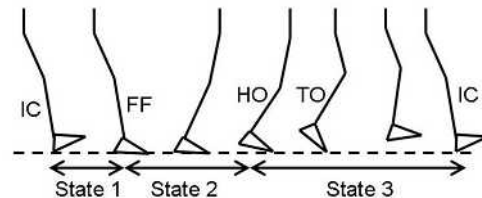


図2 新規制御型短下肢装具における歩行状態判別<sup>[4]</sup>

上記の歩行状態において、制御型AFOの制御の目的を立脚初期(State 1)における底屈速度の適切な制御および遊脚期(State 3)における足部の底屈制動とした。

### 3-2 制御型歩行器の開発<sup>[5]</sup>

図3に開発された制御型歩行器を示す。歩行器本体は市販の車輪付き歩行器を使用し、これの左右の中央輪に上記の制御型AFOで使用したものと同等のコンパクトなMR流体ブレーキを内蔵した。歩行器前方には安価なWebカメラを搭載し、外部環境の視覚情報に応じたブレーキ制御を可能とした。

この制御型歩行器のインテリジェント制御の一例として、床に引かれたラインに追従するライン追従制御を開発した。Webカメラで観測した床面映像から、提案する画像処理法にてライン形状を抽出し、歩行器との位置誤差および角度誤差を推定する（図4参照）。この2種の誤差を低減するように左右の車輪の回転速度を適切なブレーキトルクの調整によって実現した。

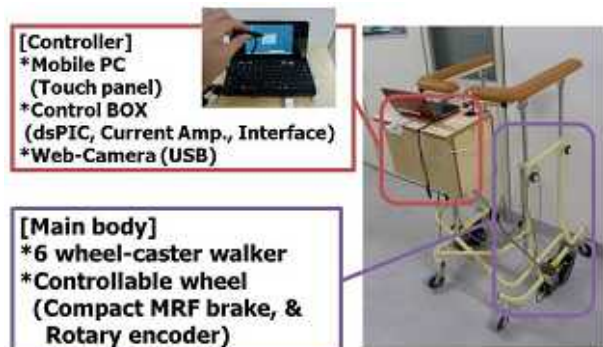


図3 制御型歩行器

#### 4. 研究成果

##### 4-1 新規制御型 AFO による歩行実験<sup>[4]</sup>

被験者は、ギランバレー症候群により下肢末梢部の随意運動が困難であり、足関節は弛緩性麻痺を呈している男性一名とした。

倫理的配慮については、同意書をもとに説明と同意を行い、測定中の転倒等の事故防止のため、実験協力者により常時サポートできる体制で実施した。

上記の被験者に対して、(a) 装具なし歩行、(b) 装具ありで遊脚期底屈制動のみ、(c) 装具ありで遊脚期底屈制動および立脚初期底屈速度制御(100deg/s)、(d) 装具ありで遊脚期底屈制動および立脚初期底屈速度制御(200deg/s)にて歩行実験を実施し、それぞれの実験中の関節角度プロファイルを動作解析装置にて計測した。

(a)の結果では遊脚期に下垂足が件所であったが、(b)、(c)、(d)では遊脚期の過度な底屈を防止し、地面との適切なクリアランスの確保を実現した。また(c)、(d)を比較した場合、立脚初期の底屈速度目標値によって膝関節の角度変化に違いがみられた。これは、歩行速度に依存した適切な立脚初期の底屈速度制御により膝折れを防止できる可能性を示唆している。

##### 4-2 制御型歩行器による歩行実験<sup>[5]</sup>

開発した歩行器(一次試作器)を老健施設にて使用していただき、その使用に対する意見を実際に対象としている使用者からいただいた。この結果を二次試作機の設計に反映した。開発された二次試作機に対しては現時点では、障害者を模擬した健常者によって予備的な実験を実施した。一次試作器における実験で、高齢者には白内障等で視覚が不十分なユーザが多数おり、一次試作器における制御では視覚不自由者に適切な歩行方向の指示が行えなかったが、新規の制御方式においては視覚が不自由であっても適切な方向への誘導が可能となった。

#### 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4件)

- [1] Takehito Kikuchi, Sosuke Tanida, Kikuko Otsuki, Takashi Yasuda and Junji Furusho, A Novel Estimating Method of the Gait State and Velocity Control in the Initial Stance Phase for the Intelligent Ankle Foot Orthosis with Compact MR Fluid Brake (i-AFO), Journal of the Japanese Society for Experimental Mechanics, Vol.10, pp.240-246 (2010), 査読有

- [2] Takehito Kikuchi, Kikuko Otsuki, Junji Furusho, Hiroya Abe, Junichi Noma, Makio Naito and Nicolas Lauzier, Development of Compact MR Fluid Clutch for Human-Friendly Actuator, Advanced Robotics, Vol.24 No.10, pp.1489-1502 (2010), 査読有

- [3] 谷田惣亮, 菊池武士, 古荘純次, 小澤拓也, 大月喜久子, 藤川孝満, 森本正治, 橋本泰典, コンパクト型 MR 流体ブレーキを用いたインテリジェント短下肢装具の開発と臨床評価に関する研究, バイオメカニズム学会誌, Vol.34, No.2, pp.124-131 (2010), 査読有

- [4] 谷田惣亮, 菊池武士, 大月喜久子, 安田孝志, 古荘純次, 小澤拓也, 藤川孝満, 森本正治, コンパクト MR 流体ブレーキを用いたインテリジェント短下肢装具3次試作機の開発と足関節弛緩性麻痺患者への適用, 日本生体医工学学会誌, Vol.48, No.1, pp.50-58 (2010), 査読有

[学会発表](計17件)

- [1] Takehito Kikuchi, Toshimasa Tanaka, Sosuke Tanida, Keigo Kobayashi, Kazuhisa Mitobe, Basic Study on Gait Rehabilitation System with Intelligently Controllable Walker, Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.277-282 (2010), 査読有

- [2] Takehito Kikuchi, Sosuke Tanida, Kikuko Otsuki, Takashi Yasuda, Junji Furusho, Development of Third-Generation Intelligently Controllable Ankle-Foot Orthosis with Compact MR Fluid Brake, Proceedings of 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2209-2214 (2010), 査読有

- [3] 菊池武士, 田中利昌, 小林慧吾, 水戸部和久, インテリジェント制御型歩行車(i-Walker)による歩行方向アシストのためのライン追従制御, 第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3J2-2 (2010), 査読無

- [4] 菊池武士, 谷田惣亮, 水戸部和久, 小林慧吾, 田中利昌, 高齢者の歩行支援を目的としたインテリジェント制御型歩行車(i-Walker)の方向制御実験, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会予稿集, pp.522-525 (2010), 査読無

- [5] 菊池武士, 谷田惣亮, Speed and direction control of the intelligent walker (i-Walker), 第49回日本生体医工学学会大会予稿集, PS3-7-1 (2010), 査読

- 無
- [6] 菊池武士, 谷田 惣亮, 川那辺哲雄, インテリジェント制御型歩行車 (i-Walker) のカメラ画像に基づく方向制御と虚弱性高齢者を対象とした臨床実験, 日本機械学会 2010 年ロボティクス/メカトロニクス講演会講演論文集, 1A2-F07 (2010), 査読無
- [7] 菊池武士, 小林慧吾, 水戸部和久, MR 流体ブレーキを用いた安全性の高い歩行学習システムのための基礎研究, 平成 22 年春季フルードパワーシステム講演会予稿集, pp.25-27 (2010), 査読無
- [8] Kikuko Otsuki, Takehito Kikuchi, Sosuke Tanida, Takashi Yasuda, Junji Furusho, Development of 3rd Prototype of Intelligent Ankle Foot Orthosis With MR Fluid Brake (3rd i-AFO), Proceedings of The 4th International Symposium on Advanced Fluid/Solid Science and Technology in Experimental Mechanics, P-13, (2009), 査読有
- [9] Kikuko Otsuki, Takehito Kikuchi, Junji Furusho, Hiroya Abe, Junichi Noma and Makio Naito, Development of Compact MR Fluid Clutch / Brake (CMRFC/B), Proceedings of Sixth International Conference on Flow Dynamics, pp.172-173 (2009), 査読有
- [10] Sosuke Tanida, Takehito Kikuchi, Taigo Kakehashi, Kikuko Otsuki, Takuya Ozawa, Takamitsu Fujikawa, Takashi Yasuda, Junji Furusho, Shoji Morimoto, Yasunori Hashimoto, Intelligently Controllable Ankle Foot Orthosis (I-AFO) and its application for a Patient of Guillain-Barre Syndrome, Proceedings of The 2009 IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics, pp.857-862 (2009), 査読有
- [11] 大月喜久子, 菊池 武士, 谷田 惣亮, 安田 孝志, 古荘 純次, 森本 正治, MR 流体ブレーキを搭載したインテリジェント短下肢装具 (i-AFO) 3 次試作機の開発と臨床試験, 日本実験力学学会講演論文集 分科会合同ワークショップ 2009, pp.13-17 (2009), 査読無
- [12] 大月喜久子, 菊池武士, 谷田惣亮, 川那辺哲雄, 古荘純次, MR 流体ブレーキを用いたインテリジェント歩行車 (i-Walker) によるライン追従および転倒防止制御, 日本実験力学学会講演論文集 分科会合同ワークショップ 2009, pp.9-12 (2009), 査読無
- [13] 菊池 武士, 谷田 惣亮, 大月 喜久子, 古荘 純次, コンパクト MR 流体ブレーキ

を用いたインテリジェント短下肢装具 (I-AFO) - 3 次試作機の開発と制御 -, 福祉工学シンポジウム 2009 講演論文集, pp.30-31 (2009), 査読無

- [14] 谷田 惣亮, 菊池 武士, 大月喜久子, 安田 孝志, 古荘 純次, 小澤 拓也, 藤川 孝満, 森本 正治, コンパクト MR 流体ブレーキを用いたインテリジェント短下肢装具 3 次試作機の開発と足関節弛緩性麻痺患者への適用, 生体医工学シンポジウム 2009 講演会予稿集, pp.136-139 (2009), 査読無
- [15] 菊池 武士, 谷田 惣亮, 大月 喜久子, 安田 孝志, 古荘 純次, コンパクト MR 流体ブレーキを用いたインテリジェント短下肢装具 (i - AFO) ~3 次試作機の開発と制御~, 第 27 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3C1-02 (2009), 査読無
- [16] 大月喜久子, 谷田惣亮, 梯大悟, 菊池 武士, 安田孝志, 古荘純次, 森本正治, コンパクト MR 流体ブレーキを用いたインテリジェント短下肢装具 (I-AFO) ~ 足関節弛緩性麻痺患者への適応と小型軽量化 ~, 日本機械学会 2009 年ロボティクス/メカトロニクス講演会講演論文集, 1P1-K04 (2009), 査読無
- [17] 田中大貴, 谷田惣亮, 菊池武士, 古荘純次, MR 流体ブレーキを搭載した歩行車のライン追従及び転倒防止に関する基礎研究, 日本機械学会 2009 年ロボティクス/メカトロニクス講演会講演論文集, 1P1-K14 (2009), 査読無

〔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〕

ホームページ

<http://reha-robot.yz.yamagata-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊池 武士 (Takehito Kikuchi)

山形大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号: 10372137

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし