

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：若手（B）  
研究期間：2007～2008  
課題番号：19700197  
研究課題名（和文）歩行支援を目的とした歩容推定による歩行制御手法の開発と義足制御への応用  
研究課題名（英文）Development of a powered hip disarticulation prosthesis with swing phase controller  
研究代表者  
畠 直輝（HATA NAOKI）  
国立障害者リハビリテーションセンター＜研究所＞・研究員  
研究者番号：20435697

## 研究成果の概要：

健常側下肢の運動情報に基づいて股義足の歩容を制御可能な動力股義足を開発し、健常者及び股離断者に装着させて自由歩行とトレッドミル歩行での歩容解析を行った。直線的な自由歩行では大腿振り出し角度と歩行速度との相関があり、当該の角度を制御入力とした。股義足股関節での振り出し角度を歩行速度により制御することで、低速歩行時での不要な振り出し角度を抑制し、中高速歩行時での義足側足先と床面との空間を確保できた。本研究の動力股義足の特徴である、股関節軸膝関節軸の動力化により、腰部の動揺を抑制し、健常側足関節での立脚時伸びあがりを減少できることが確認された。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	2,000,000		2,000,000
平成 20 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計			3,560,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能ロボティクス

キーワード：制御工学，知能ロボティクス，医療・福祉，リハビリテーション，歩行支援

## 1. 研究開始当初の背景

福祉機器において歩行制御を取り入れることを目的とした研究の背景には、電動車いすやシニアカーなどの移動補助機器が多様化するなかで人間が自らの脚で移動することへの支援手段が依然として未発達という現状による。

現状の歩行制御研究が大規模かつ複雑・多様化するなかで高齢者や障害者に焦点を当てた単純で効果的な歩行制御法についての指針を示すべきであるという信念のもと、これまでに数値シミュレーションにより、歩行モデルを安定化させる歩幅調整式歩行制御法の理論・設計についての研究を行い、極めて単純な機構により多様な歩容を簡単な操作入力により実現できることを示してきた。

さらに健康な被験者らの歩行運動の解析から、一般的な歩行における制御機能の構成を調査し、歩幅調整を主体とした歩行機能が顕著に働いていて、提案する歩幅調節機構での代用が可能であるという見解に至っている。

## 2. 研究の目的

本研究の核となる歩幅調整式歩行制御は、立脚の倒れこみ角度とその速度情報を用いることで次歩の着床位置を計算している。筋電位による各筋肉の張力を計算することや、足裏の圧力分布から重心点を予測するなどのデリケートかつ複雑な行程は必要としない。しかしながら、歩幅調節歩行制御システムの積極的な使用による歩行制御の研究例は少なく、福祉分野への転用可能性について議論する動向は現状では皆無である。本研究を通して歩幅調節式歩行制御システムが多様な歩行に対して高い安全性を有していることを解明し、その設計手法を確立することで、歩行困難者(半身不随患者・切断患者・受傷患者)が少ない訓練で安心して即時使用可能な装具の開発につなげ、車いすよりも高い身体機能維持効果と立位姿勢による移動からくる日常生活の質的向上の実現を目的とする。

## 3. 研究の方法

片脚用の動力装具の試作器として、股関節・膝関節を矢状面にて駆動可能な股義足を開発する。歩行制御システムの実装では、装具で検証するよりも義足として機構部とヒトの下肢とを連結しないことが倫理面と安全面ととるべき方法と考える。実現する歩容は装具でも義足でも等価なものと考えられる。以上から、装具を念頭におきながら義足

による実験的検証から、歩行速度や歩行リズムなどの定量的評価から動力装具の有効性を確かめる。

実験には、股離断で股義足を使用している義足使用者に装着してもらう方法と、両下肢とも健常であり片側の下肢を懸垂した状態で腰下部に実験機を装着する方法の2通りを採用し、以下の内容について研究を行う。

### ・ 歩行補助装具の試作開発

試作機は十分実用性を考慮した、日常生活環境下で使用可能な形態とする。これには、高性能に依存した汎用コンピュータを使用せず、近年のモバイル機器で採用されるDSPシステムを利用する。また、電源においても携帯可能な容量と重量で長時間の稼動を前提とする。このような機能的制約条件を解決する駆動制御機構を提案する。

### 装具の使用における任意歩容実現の技術向上の評価

開発する装具の性能を評価する。評価実験には、3項目用意し、第一に既存の装具などとの比較のために平坦面を歩行する際の所要時間、歩行速度を計測する。第二に本研究独自の指針として、歩容を前進・後退・直進・旋回を組み合わせた多彩な状況について装着者の意思どおり装具が動作しているかを運動解析と試験者評価により検証を行う。さらに傾斜路面・段差路面での実験も行い、日常生活環境下で要求される一般的な歩容での提案装具の動きを総括する。

## 4. 研究成果

下肢切断者による装着及び歩行実験を実施した。研究に参加した被験者は3名、男性でいずれも右側下肢の切断者であり、残存する身体運動能力は日常的な歩行を行うのに十分であった。

全被験者ともに、モーションキャプチャと床反力計による運動解析を実施し、それぞれの被験者が使用している股義足(従来型)との歩行比較を行った。その結果、腰部の動揺(骨盤の前湾後湾運動)の減少や、健側支持期の伸びあがりの減少が確認された。ひざ継ぎ手の動作においても、受動要素である従来式にくらべ、提案する動力式のひざ継ぎ手は任意に屈曲姿勢と進展タイミングを調節でき歩容改善、つま先部分と床面とのクリアランスの確保において効果を発揮し、義足振り出しの際の躓き防止に貢献できることを確認した。

被験者 1 名において、トレッドミル上での歩行速度既定における運動量の比較を行った。設置式の呼気代謝計測装置を使用し、吸気・呼気の  $O_2/CO_2$  体積量、心拍数などを計測することで従来股義足と動力股義足との運動量比較を行った。結果としては、動力股義足の運動量は従来股義足のものよりも多かったが、歩数において動力股義足が従来股義足よりも多くなっていた。さらに、それぞれ実験中 3 度の試行で、従来股義足の心拍数や  $VO_2$  値には特別な変化は見られなかったが、動力股義足では、回を追うごとに心拍数、 $VO_2$  値の低下がみられた。その際の疲労に関する主観値 (Borg 指数) が心拍数などの低下とよく一致していることも確認された。トレッドミルで運動量計測を行った被験者の主観では、平坦面における自由歩行は、動力股義足の方が楽に感じるということであった。それらのことから推察すると、従来股義足での歩行が楽に行える範囲と動力股義足での歩行が楽に行える範囲は一致していない可能性がある。両範囲を明らかにすることにより、動力股義足に従来股義足の運動特性を模擬させる歩行速度域の決定が可能となる。

また、これまでの実験をとおして感じられる問題として、電源や駆動制御システムを内蔵した動力股義足は、その重量が腰部ソケット内部に与える悪影響をより増加させてしまうことにある。従来の股義足の上に装着可能な形体が、要不要に合わせて利用が可能となるなど合理的であり、片マヒに対する支援機としても発展可能である。次機の開発に際しては、装着タイプの是非について検討すべきである。

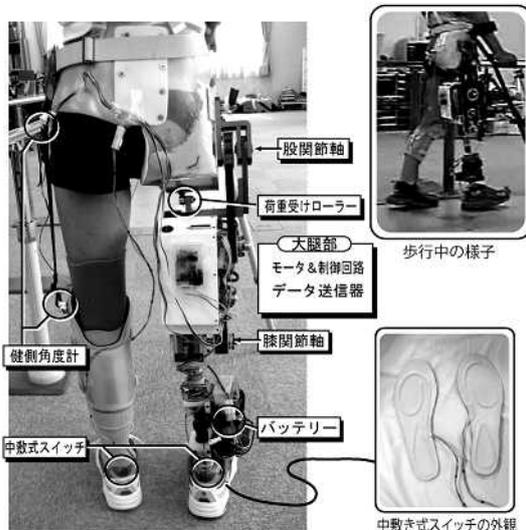


図 1：開発した動力股義足の概要

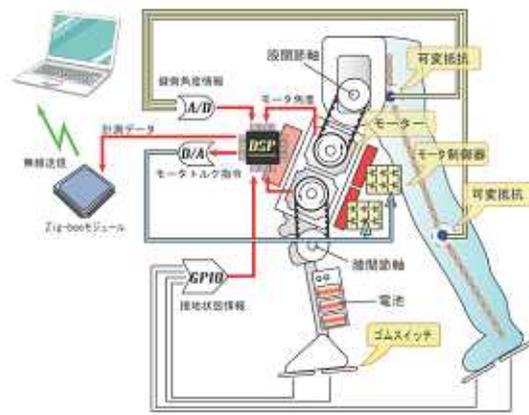


図 2：システム概要図

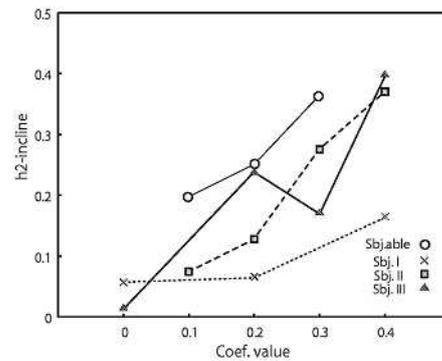


図 3：歩幅制御パラメータによる歩幅変化勾配の比較 (横軸：制御係数、縦軸：歩行速度変化に対する歩幅が示す直線の傾き)

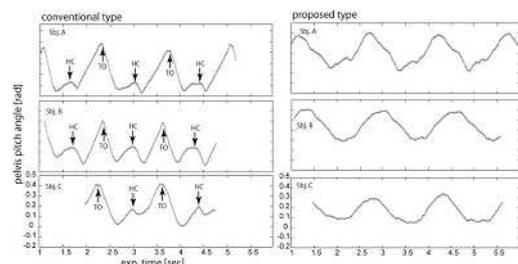


図 4：腰部動揺の比較 (左：従来・右：提案)

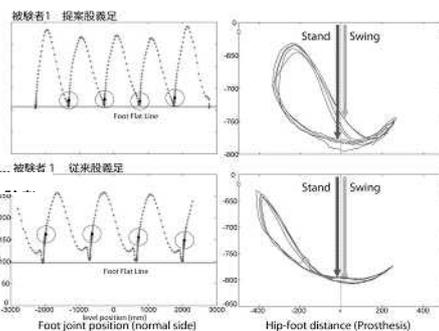


図 5：健常側足部伸び上がりの比較

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)

嶋直輝、久保勉、井上剛伸、動力股義足遊脚制御器の開発と実験評価、日本機械学会論文集、第75巻、750号、C編、156～164頁、2009年、査読あり

〔学会発表〕(計 4件)

平成18年

福祉工学シンポジウム2006(千葉・野田市)  
発表題目:「歩行の動的システムの導出と歩幅指示装具の製作」  
嶋直輝、pp.275-278.

平成19年

平成19年度機械学会関東支部ブロック合同講演会  
発表題目:「健側下肢運動による動力義足の制御システム構築と能動股義足への応用」,  
嶋直輝、pp.137-138、2007年

福祉工学シンポジウム2008(山口)

発表題目:「股関節とひざ関節を駆動可能な股義足遊脚期制御システムの開発」  
嶋直輝・久保勉・井上剛伸、pp.147-150、2008年.

日本義肢装具学会・学術講演会

発表題目:「股継手・膝継手動力化による股義足と従来型との歩容比較」  
嶋直輝・久保勉・井上剛伸、2008年.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1件)

特許出願: H19年12月26日

特願2007-334028「股関節及び膝関節自動股義足

取得状況(計0件)

なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

嶋直輝(HATA NAOKI)

国立障害者リハビリテーションセンター  
<研究所>・研究員

研究者番号: 20435697

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし