

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：52605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13109

研究課題名(和文) 空気バネを用いた両大腿義足長可変装置の開発

研究課題名(英文) Development of bilateral trans-femoral prosthesis length variable device using air spring

研究代表者

柴田 芳幸 (Shibata, Yoshiyuki)

東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり工学科・准教授

研究者番号：50614319

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：空気バネにより、両大腿義足の左右の脚長に差を生じさせる義足長可変装置を開発し、斜面横断時の姿勢を安定させて歩行可能にすることを目的とした。模擬義足を製作し、義足長可変装置を取り付け、健常者による平地と斜面の立位実験を行った。斜面谷側より山側の空気バネに加える圧力を小さくすると立位しやすいことがわかった。結果より、斜面山側より谷側の義足長を短くすることで立位しやすくなることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、主に東京都立産業技術高等専門学校にて実施し、若く健康な学生が多数参加した。彼らにとって、肢体不自由、切断という障害は未知の世界である。若い健康な学生が、両膝と足関節を固定し、足裏を延長しただけで自立歩行が困難になってしまう。このときの転倒する危険性、恐怖感を体験できたのは福祉工学教育として有意義だったと考える。今後も、義足利用者へ研究成果を還元することを目標に研究活動を行う。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a variable prosthesis length device that makes the left and right leg lengths of bilateral trans-femoral prosthesis different using air springs, and to stabilize the posture when crossing a slope and enable walking. A simulated bi-lateral trans-femoral prosthesis was manufactured, developed variable prosthesis length device was attached, and a standing test was performed on a flat ground and a slope by a healthy subject. It was found that it is easier to stand when the pressure applied to the air spring on the mountain side is smaller than that on the slope valley side. This results suggest that it is easier to stand by shortening the prosthesis length on the valley side than on the mountain side.

研究分野：リハビリテーションロボティクス

キーワード：空気バネ 大腿義足 斜面横断 義足歩行 床反力 転倒モーメント

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

義足歩行において、下肢切断者の身体活動度に合わせて膝継手を選定することが重要である。下肢切断者の身体活動度が高い場合は、膝関節が屈曲する機構を持つ遊動膝継手を利用することで、歩行時の歩容の自然さや歩行持続時間の拡大を実現できる。近年では、オットーボック社の C-Leg やナプテスコ社の Hybrid-Knee など、油圧や空圧をうまく制御して歩行時の立脚と遊脚動作を外力によって補助することができる高機能膝継手が開発されており、これらを用いることで坂道や階段の上り下りなど、大腿切断者が多様な歩行機能を再獲得できるようになってきた。しかしこれらは、片側大腿切断者や、高活動レベルの両側大腿切断者についての例であり、高齢者や糖尿病患者など極低活動レベルの両側大腿切断者が、杖等を用いない義足のみによる二足歩行を再獲得することは非常に困難である。さらに斜面を横断するときを考えると、生体の下肢があれば膝関節や足関節を曲げて、下肢の長さを適切に調節して路面の傾斜に適応した姿勢を取ることができる。しかし、両側大腿切断の場合、義足の左右長は常に一定であるため傾斜に直交した姿勢となり、走破が困難で転倒の危険を伴ってしまう。このような場面を安全に回避するための既製部品は存在しない。

### 2. 研究の目的

本研究では、極低活動レベルの両大腿義足利用者が、斜面を横断する場面について着目した。対象となる両大腿義足利用者は、杖を使った立位姿勢や平地歩行ができる程度の活動レベルであり、斜面横断時の姿勢を安定させ、斜面横断を可能にすることが最終目的である。本研究は、斜面横断時の姿勢を安定させるために、義足足部から膝継手の間に取り付けて、左右の脚の長さ差を生じさせることのできる義足長可変装置の開発を行う。

### 3. 研究の方法

#### (1) 模擬両大腿義足 (模擬義足) の製作

開発する義足長可変装置を、試験もなしに実際の切断者に利用してもらうことは極めて危険であると判断し、健常者の下肢の自由度を両大腿切断者と同程度に制限することのできる模擬義足を設計、製作して、これに義足長可変装置と義足足部を取り付けて、健常者による立位、歩行実験を行うこととした。模擬義足製作にあたり、被検者は健常男性 (19 歳, 身長 170 [cm], 体重 [65kg]) とした。

#### (2) 義足長可変装置の開発

義足長可変装置の動力には空気バネ (スリーブ型 1M1A-1, プリヂストン) を用いた。体重を支持しながら下肢の長さを任意に変化させるためには、機械式のねじやラッチ機構などを用いると摩擦力が大きく駆動するために大きな動力装置が必要になってしまうため、本研究では空気バネを利用した。空気バネはゴムでできており、加えた圧力により反発力が変わり下肢長が変化する。本研究では、圧力が 500 [kPa] のとき下肢長最長、200 [kPa] のときを下肢長最短とした。

#### (3) 歩行路と斜面の製作

床反力計 (9286A, キスラー) 1 枚を用いた、立位、歩行実験を行うために、平地歩行路と斜面を設計・製作した。歩行路と斜面は木材を加工して製作した。斜面の勾配については、国土交通省の定める「歩道面の勾配等 イ) 歩道の縦断勾配は、5%以下とする。ただし、沿道の状況等によりやむを得ない場合には、8%以下とすることができる。」に基づき、製作時の簡便さから 4 度 (7%) に設定した。

#### (4) 転倒モーメントの計測

製作した模擬義足に義足長可変装置を用いることで、斜面立位時の転倒モーメントを軽減できないか検討するため、床反力を実験・計測して転倒モーメントを算出した。実験の概要を図 1 に示す。床反力計の上に、製作した平地と斜面のパネルをそれぞれ乗せて起立した。義足長可変装置に義足足部を取り付けると、下肢が長くなりすぎてしまい立位姿勢の保持が困難であったため、義足足部を装着せず義足長可変装置のみを模擬義足に取り付けて実験を行った。姿勢維持のため、両上肢でロフトストランドクラッチ (杖) を使った。実験条件を以下に示す。被検者: 健常男性 1 名 (19 歳, 身長 170 [cm], 体重 [65kg]) 実験条件: 左右の空気バネ圧力 500 [kPa] で平地立位 3 秒間 3 試行。斜面谷側の空気バネ圧力 500 [kPa] で固定。山側の空気バネ圧力 500 [kPa], 300 [kPa], 200 [kPa] の各圧力で立位 3 秒間 3 試行。空気バネの圧力はハンドポンプにて加圧し、圧力ゲージを目視で確認した。床反力計は 1000 [Hz] でサンプリングした。斜面の向きと被検者の立位姿勢より、図 1 に示す Y 軸回りのモーメントを転倒モーメントとする。また、床反力計測と同時に、姿勢の安定性について被検者へ聞き取りを行う。

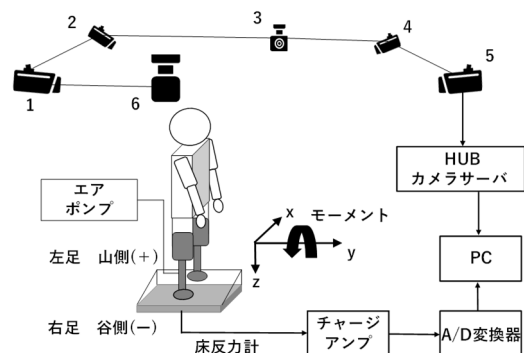


図 1. 斜面立位時床反力計測

#### 4. 研究成果

##### (1) 製作した模擬義足

図2に製作した模擬義足の全体像を示す。模擬義足は、腰椎支持部付長下肢装具と同様の形状をしており、支柱には厚さ[5mm]、幅20[mm]のアルミ板材を使用し、被検者の腰部と下肢の寸法、形状に合わせて切断、曲げ加工を行った。大腿部と下腿部に被検者の身体各部を固定するためのバンドを備えている。足関節についてはバンドのみでの完全固定が困難であったため、実験毎に養生テープで被検者の足指が底背屈しないよう固定した。模擬義足の関節軸を股関節だけにすることで、大腿義足歩行に多く見られる、ぶんまわし歩行するように健常者の下肢の自由度を制限した。

##### (2) 開発した義足長可変装置

空気バネを基本とし、下部にアダプター(4R22, オットーボックス)を用いることで、ピラミッドシステムを採用している義足足部に接続できるようにした。(図2の下側参照)通常、義足足部と膝継手の中間にはアルミパイプがあるため、本装置にもアルミパイプが備わっていないと膝継手に接続ができない。本研究では健常者用に製作した模擬義足に本装置を接続するため、空気バネの上側の形状を、空気を導入するコネクタを覆うように、木製のアタッチメントを製作して模擬義足の足裏と接続した。

##### (3) 歩行路と斜面の製作

歩行路には、床反力計を1枚設置した。床反力計の上に、製作した平地と斜面のパネル(図3参照)を乗せ変えて使用する。歩行路の助走路部分は、床反力計(含む平地および斜面パネル)と、上面の高さが同じになるように木材を加工した。歩行路は横幅400[mm]、全長約2000~5000[mm]で変更可能である。

##### (4) 転倒モーメントの計測

図3に斜面立位時の床反力計測の様子を示す。被検者は、平地と斜面の両方において、両手で杖を使って上体を支持しなければ、立位することができなかった。図4に転倒モーメントのグラフを示す。各実験条件につき、1試行3秒間、3試行の平均値を棒グラフで表した。図4に示すように、平地立位時が最も転倒モーメントが大きかった。斜面立位時では、斜面山側の空気バネにかかる圧力200[KPa]のときに、圧力300[KPa]、500[KPa]のときよりも転倒モーメントが大きくなった。また、実験時の姿勢の安定性について、被検者へ聞き取り調査(主観評価)を行った結果、平地立位時の安定性を基準として考えたとき、斜面立位時では圧力200[KPa]が最も姿勢が安定しており立ちやすかったことがわかった。300[KPa]と500[KPa]は立ちにくかった。

##### (5) 考察と今後の課題

本実験では、事前に模擬義足の習熟訓練を行わなかったため、立位姿勢を取るために両手で杖を用いる必要があった。姿勢が安定していれば杖に依存することがなくなり、体重をしっかりと模擬義足にかけられることが考えられる。実験結果から、平地立位時の転倒モーメントより、斜面立位時の転倒モーメントが低い値になっていることから、平地立位時に比べて斜面立位時では杖を使って姿勢を安定させたことが考えられる。一方で斜面立位時では、斜面山側の空気バネの圧力200[KPa]のときに転倒モーメントが大きくなった。このことから、模擬義足の左右の下肢長に差を生じさせることで、姿勢が安定し、体重を模擬義足にしっかりとかけられるようになることが示唆された。しかしながら、本実験では模擬義足のみでの立位姿勢を取ることができず、また、立位時に杖をついた場所が床反力計の外であった。模擬義足と被検者の固定方法、義足長可変装置の作り込み、義足足部の未装着など、機械部分の製作に不完全さが目立ってしまった。今後は、装置全体の完成度を向上し、実験条件を再検討して、今回の結果が本当に正しいのかどうか改めて検証する必要がある。



図2. 模擬義足全体像



図3. 斜面立位の様子

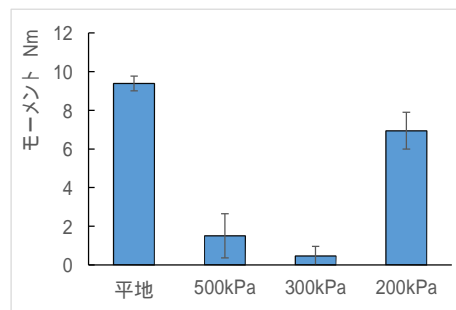


図4. 斜面立位時の転倒モーメント

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	大西 謙吾  (Ohnishi Kengo)  (70336254)		
研究協力者	保原 浩明  (Hobara Hiroaki)  (40510673)		