

補助事業番号 28-126
補助事業名 平成28年度 受動機構による大腿義足用の高機能膝継手の開発補助事業
補助事業者名 香川大学工学部 知能機械システム工学科 井上恒

1 研究の概要

平地歩行、階段昇降、中腰姿勢の維持、これらを大腿義足で実行可能な機械式膝継手の開発を行った。これらの動作にはそれぞれ異なる機能が必要であるが、機能が互いに干渉しない一つの機構を設計した。次に、膝継手の試作機を製作し、模擬大腿ソケットを着用した健康者で歩行動作の評価実験を行った。その結果、各種動作の安全かつ確実な実行に成功した。また、各機能を動作に応じて自動的に切替えることにも成功した。

2 研究の目的と背景

大腿切断者が使用する義足（大腿義足）では、義足の膝関節（膝継手）の機能が歩行能力を再獲得するのに重要な役割を担っている。電子制御の膝継手は高機能であるが、非常に高額であり、広く普及するには至っていない。一方、電子部品を用いない受動機構による機械式膝継手は比較的安価であるが、機能面では不足することもあり、電子制御の膝継手と同様の行為を行うことが困難な場合もある。この問題は国内だけでなく、海外でも同様である。特に発展途上国では事故等で多くの方が下肢切断になっているが、社会復帰も難しい状況である。大腿切断者による日常生活および不整地での作業等を考慮すると、平地歩行、階段昇降、中腰姿勢の維持などの機能が膝継手には必要である。現在、これらの機能は、それぞれ異なる機構で実現可能である。しかし、これらが別々の機構で実現されているのは実用性が低い。そこで本研究では、これら全ての動作を実行することが可能な、高機能な機械式膝継手の開発を目的とした。

3 研究内容

(1) 受動機構による高機能膝継手の設計

健康者を対象に、モーションキャプチャシステムを用いて平地歩行、階段昇降、中腰姿勢の動作分析を行った。この分析では動作中の関節角度や関節モーメントなどを算出し、各種歩行動作に要求される身体の運動機能を調査した。そして、この分析結果から、足関節と膝関節を失っている大腿義足使用者が各種歩行動作を実行可能になると考えられる膝継手機能の設計を行った。上記機能の設計の後、それを可能にする機構の設計を行った。歩行動作の種類によって要求が異なる機能を一つの受動機構で実行でき、かつ、任意の膝継手角度で中腰姿勢を維持可能にする機構を開発した。

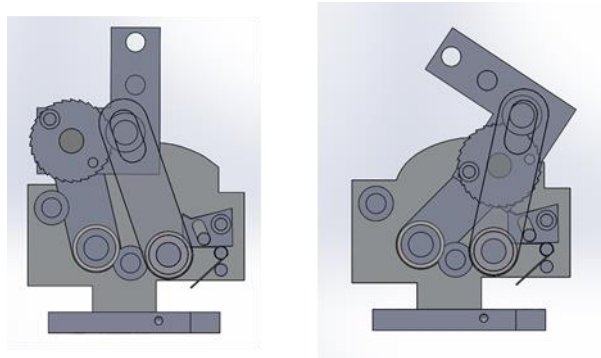


図1 本研究で開発した大腿義足の膝関節（膝継手）

平地歩行時（右図）には4節リンク機構として働き、階段昇段および中腰姿勢の維持（左図）では平地歩行と異なる機構が働く。これらの機能の切替えは歩行動作によって自動的に行われる。

（2）模擬大腿ソケットを用いた健常者による評価実験

膝継手の試作機を製作し、模擬大腿ソケットを着用した健常者で歩行動作の評価実験を行った。その結果、平地歩行、階段昇段、中腰姿勢の維持に成功した。平地歩行と階段昇段では健常者と同様に交互の脚で行うことができた。中腰姿勢の維持では任意の高さでそれを行うことに成功した。また、これらの動作をモーションキャプチャシステムと床反力計で測定したところ、義足側に体重と同程度の荷重を行っており、各種動作に義足側がしっかりと貢献したことが推察された。

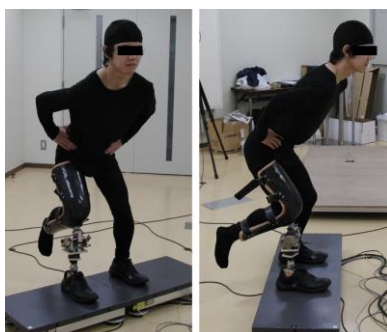


図2 開発した膝継手による評価実験の様子（中腰姿勢の維持）

4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

日常生活用の義足の開発としては電子制御式が注目されている昨今であるが、本研究によって機械式膝継手の多機能化・高機能化にも一石を投じることができると考えられる。一般的に機械式の方がコストを低く抑えられるため、本研究の内容は日本国内だけでなく発展途上国を含めた海外で有用となることが期待される。

また、障害者スポーツの発展にも貢献できる可能性がある。特にパラリンピックではルール上、機械式以外の義肢装具の使用は認められていない。そのため、2020年に開催される東

京パラリンピックに向けて、機械式膝継手の開発は注目を集めることになる。本研究によって開発された中腰姿勢の維持機能は、階段昇段時の膝折れ（転倒）防止としても機能する。これは、膝継手が屈曲したまま様々な方向に荷重をかけられることを意味する。大腿義足でのランニングには転倒の危険が常に付きまとうが、それを減少させて安全性を向上に貢献できる可能性がある。さらに、健常者と同様に短距離走におけるスタート直後に低い姿勢を保ったまま加速する動作を実現可能になれば、パフォーマンス向上にも大きく貢献することができる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者らはこれまでに交互の脚で階段昇段ができる機械式の膝継手を開発してきた。しかし、既存の機構で達成されている平地歩行を含めて、これらの機能は別々の機構で達成されている。本研究では、これに新たな機能（中腰姿勢の維持）を加えて、これら別々の機構で達成されている機能を一つの機構に統合したものである。本研究により、従来は難しいと考えられていた機械式膝継手の多機能化・高機能化に現実性が帯びた。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 1) 井上恒, 杉本達也, パリプンノチャイ・アナンヤー, 田中文博, 和田隆広, 中腰姿勢を可能にする機械式膝継手の開発, 第32回日本義肢装具学会学術大会, 2016年.
- 2) Inoue, K., A passive mechanism that realizes semi-crouching posture for transfemoral prosthetic knee: Possibility for application to sprinting. International Research Forum on Biomechanics of Running-specific Prostheses (IBRSP), 2017.

7 補助事業に係る成果物

- (1) 補助事業により作成したもの
機械式の膝継手の試作機を製作した。

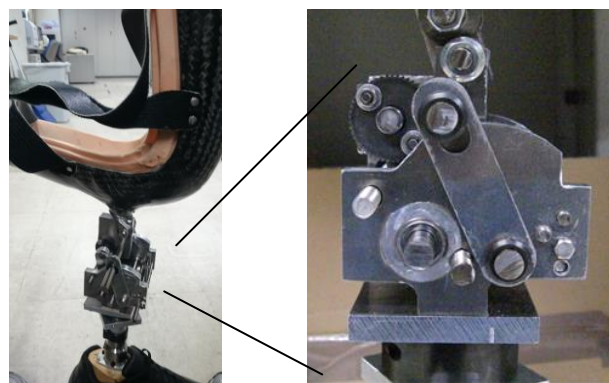


図3 膝継手の試作機

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 香川大学工学部 知能機械システム工学科

(カガワダイガクコウガクブ チノウキカシステムコウガクカ)

住 所： 〒761-0396

香川県高松市林町2217-20

申 請 者： 井上 恒 (イノウエ コウ)

E-mail : kohinoue@eng.kagawa-u.ac.jp

URL : <https://sites.google.com/site/jingshangyanjiushi/home>