

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760189

研究課題名（和文） 慣性特性の利用効率に基づく大腿義足イナーシャマッチングの研究

研究課題名（英文） Inertia Matching of Trans-femoral Prosthesis based on Effective Use of Its Inertia Property

研究代表者

和田 隆広 (WADA TAKAHIRO)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号：30322564

研究成果の概要（和文）：本研究では、慣性特性が義足階段昇段における歩きやすさおよび歩容に及ぼす影響を調査した。義足慣性特性を変化させ、階段交互昇段時の歩きやすさの主観評価を実施した。またその際の歩容の変化を計測し、その特徴を解析した。その結果、階段昇段し易い慣性特性が存在することを明らかにした。また、階段昇段に向けたリハビリテーション手法を提案した。

研究成果の概要（英文）：The present study focuses on walking on stairs with the prosthetic leg as an example of higher ADL. We suppose that it is important to improve easiness of walking on stairs. This study, therefore, aims to development of the prosthesis leg with smooth gait in stairs. As the first step, effect of the inertia property on easiness of stair ascent was investigated by conducting experiments with an expert user of the prosthesis. In addition, gaits with the various inertia properties were investigated. As a result, it was found that easiness of walking was changed widely by inertia property of the prosthesis.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：

科研費の分科・細目：機械工学、知能機械学・機械システム

キーワード：義足、慣性特性、リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国では生活様式の欧米化に伴い、生活習慣病が増加している。その結果、糖尿病や閉塞性動脈硬化症といった血行障害に起因した高齢下肢切断者人口も増加している。切断者のADL (Activities of Daily Living) 向上には適切なリハビリテーションおよび、適切な義足の処方が望まれる。そのためには、

歩きやすい義足の特性やその歩容を適切に把握することが重要と考えた。一方我々は先行研究[1]にて大腿義足の平地歩行において義足慣性特性が歩容および歩きやすさに大きな影響を及ぼすことを示唆した。そこから、階段昇段時にも義足慣性特性が重要と考えた。

2. 研究の目的

そこで本研究では、慣性特性が義足階段昇段における歩きやすさおよび歩容に及ぼす影響を調査することを目的とする。本稿では義足慣性特性を変化させ、階段交互昇段時の歩きやすさの主観評価を実施した。またその際の歩容の変化を計測し、その特徴を解析した。

3. 研究の方法

実験参加者はインフォームドコンセントを得た、義足を12年間日常的に使用している熟練者の男性である。保原らによると、抵抗値の低い膝継ぎ手が昇段に有利であるとされている [2]。そこで抵抗値の低い膝継ぎ手 3R15 (Otto Bock製) を利用した。また足部は IC40 (Otto Bock製)、ソケットは参加者が日常的に扱っているものを使用した。義足の慣性特性は 0.14kgf、0.3kgf の錘の位置を 0% 条件、Best 条件、100% 条件の 3 条件の位置に装着することにより、以下の 7 条件に変化した (Table. 1)。なお、Best 条件は参加者がもっとも好む錘位置である。

Table1 Experimental Condition

Weight condition	Weight positional condition		
	0% (knee joint)	48% (Best)	100% (foot joint)
0.14kgf	①	②	③
0.3kgf	④	⑤	⑥
None	⑦		

実験日における Best 条件の錘位置は、膝関節から計測した錘位置を下腿長で正規化し、最遠点 (足関節) に付けた場合を 100% とした場合に、48% であった。

デジタルカメラ Exilim EX-F1 (CASIO) を周波数 300Hz で使用し、歩容を計測した。なおカラーマーカを義足側の大転子、両足の膝関節、外果、MP 関節に張り付けて撮影し、運動解析ソフト Dipp Motion (株式会社ディテクト製) を用いて義足遊脚期モデルの座標化を行った。その座標データから関節角度を算出した。撮影時は、立位姿勢から 1 段目に義足、2 段目に健側、3 段目に義足がくるように、交互昇段を行ってもらった。撮影の前には平地および階段歩行の練習を十分行った。なお階段昇段の方法としては、保原ら [2] の方法を参加者に教示した。段差への衝突など失敗した場合もそのまま撮影を続行した。また各試行終了時に、昇りやすさの主観評価を VAS (Visual Analog Scale) を用いて行った。実験の様子を Fig. 1 に示す。

4. 研究成果

錘条件ごとの「昇りやすさ」の主観評価を

Fig. 2 に示す。0.14kgf の錘を 48% に取り付けた場合が最も主観評価が高く、0.3kgf の錘を 100% に取り付けた場合が最も評価が低かった。また None 条件より 0.14kgf の錘条件の方が評価が高かった。以上から、慣性特性は歩きやすさに大きく影響を及ぼし、適度な慣性特性が重要であることがわかった。



Fig. 1 Experimental scene

Fig. 2 Subjective assessment

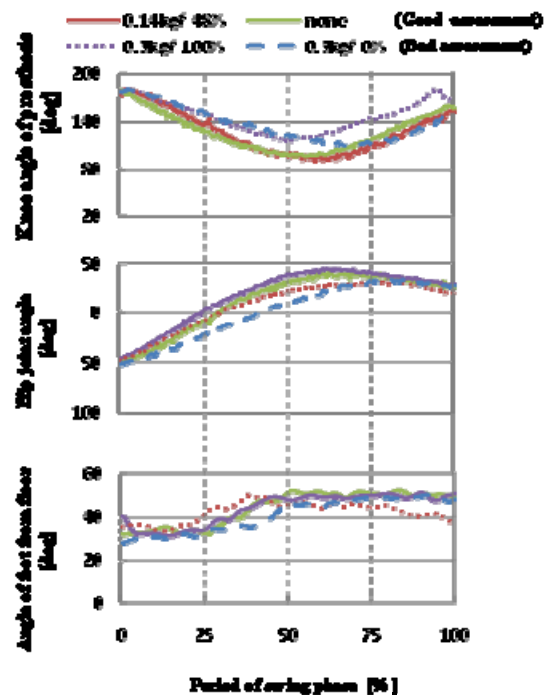
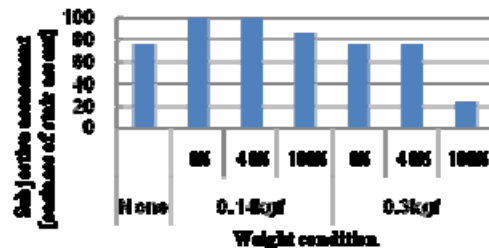


Fig. 3 Joint angles

次に、遊脚期における主観評価の高い試行と低い試行の各 2 試行の股関節角度、義足側の膝

関節角度、健側の足部が床面となす角度を Fig. 3に示す。「昇りやすさ」の主観評価が高いほど膝関節が屈曲し、股関節の角度も大きくなっている。また、健側足部と床面のなす角の結果から、健側は義足の振り上げに応じて踵が上がっていることがわかる。

Fig. 4に義足側膝関節のピーク値と「昇りやすさ」の主観評価との相関図を示す。なお、失敗した試行などは除外した。相関係数は0.81であり、強い相関が認められた。その他にも、評価が高いほど、屈曲角ピーク値のタイミングも遅かった(図示せず)。また「昇りやすさ」と義足膝屈曲角のピークタイミングの間の相関係数は0.74であった。

次に、成功例と失敗例を比較すると、義足の振りあげ方と健足側足関節の歩容に違いが見られた。例としてFig. 5に義足側の下肢の軌跡を示す。失敗例では足が前方に向かって振りあげられている。つまり、段に上ろうと義足側を前へ振り出し過ぎると、義足膝関節が伸展する際に義足の爪先が段に衝突し、失敗に繋がると考えられる。

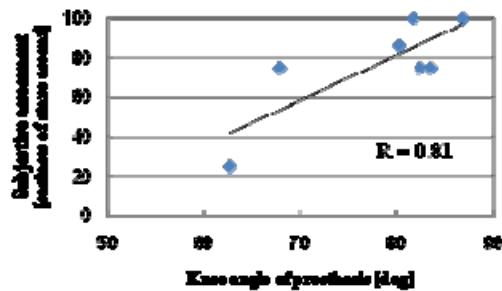
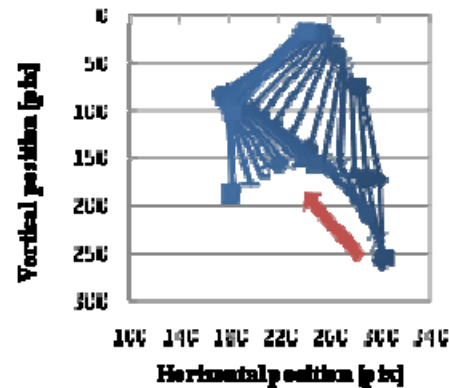


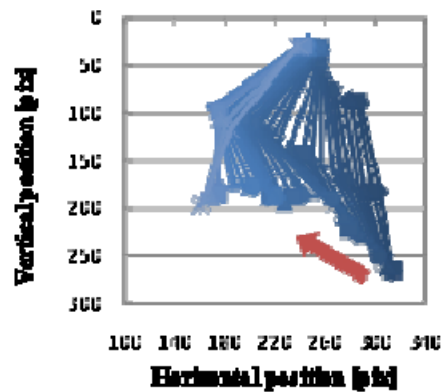
Fig.4 Correlation between subjective assessment and prosthesis knee angle

5. まとめ

慣性特性を変化させて階段交互昇段実験を行った結果、主観的昇りやすさには、慣性特性が大きく影響しており、適度な慣性特性が重要であることを示した。また、主観評価の高い場合の歩容を調査することにより、以下の特徴が見出された。つまり、①義足側膝関節を良く曲げること、②健足側足関節を大きく屈曲させ、維持すること、③義足を振り上げる時、前ではなく、上へ持ち上げること、が「昇りやすさ」と強い相関が認められた。3つのポイントで共通して言えることは、すべての動作が段差から義足への距離を稼ぐことに繋がっていることである。つまり、どの踵条件でも3つのポイントを意識して行えば、階段交互昇段が行える可能性は高くなると考える。上記の3つのポイントを意識して行うことと、切断者の残された機能に合った踵条件を見つけることで、階段交互昇段をスムーズに行うことができると考えられ、義足階段歩行のリハビリにつながる知見である。



(a) Success (R.14kgf-40 14-2)



(b) failure (R.31kgf-40 14-3)

Fig.5 Comparison between success example and the failure example

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3件)

- (1) Takeuchi, T., Wada, T., Awakihara, K., Sekimoto, M., "Analysis of Walking Skill with Trans-Femoral Prosthesis based on Inertia-Induced Measure", Proceedings of IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering, pp.641-646, 2011 査読有
- (2) Harada, R., Inoue, K., Wada, T., Tachiwana, S., "A Novel Knee Joint Mechanism of Trans-femoral Prosthesis for Stair Ascent", Proceedings of IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics, 2012 (掲載決定)、査読有
- (3) Inoue, K., Hobarra, H., Wada, T.,

“Effects of Foot Placement on the Lower Extremity at Swing Phase during Stair Ascending: Implication for a Transfemoral Prosthesis”, Proceedings of IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering, 2012 (掲載決定) 査読有

[学会発表] (計3件)

- (1) 尾崎光利, 粟木原香, 原田龍一, 竹内豊計, 和田隆広, “大腿義足慣性特性が階段歩行に及ぼす影響”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, 2011年5月26~28日、岡山コンベンションセンター (岡山)
- (2) Harada, R., Awakihara, K., Takeuchi, T., Wada, T., “Effects of Inertial Properties of Trans-femoral Prosthesis on Its Gait”, The 13th Japan and Korea Joint Ergonomics Symposium, 2011年6月6日、早稲田大学国際会議場 (東京)
- (3) 原田龍一, 井上, 和田隆広, 立和名, “階段交互昇段を可能とするリンク機構式義足膝継ぎ手の開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2012年5月27~29日発表予定、アクティティ浜松 (静岡)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 隆広 (WADA TAKAHIRO)
香川大学・工学部・准教授
研究者番号: 30322564