

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	片側大腿切断者における義足歩行の生体力学特性
Title(English)	Biomechanical characteristics of independent walking in unilateral transfemoral prosthesis users
著者(和文)	久野元気
Author(English)	Genki Hisano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12364号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中島 求,倉林 大輔,塚越 秀行,山北 昌毅,宮崎 祐介
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12364号, Conferred date:2023/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		久野 元気	
論文審査 審査員		氏名		職名		氏名	職名
	主査	中島 求		教授	審査員	宮崎 祐介	准教授
	審査員	倉林 大輔		教授			
		塚越 秀行		教授			
	山北 昌毅		准教授				

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Biomechanical characteristics of independent walking in unilateral transfemoral prosthesis users」と題し、片側大腿切断者の独立義足歩行の生体力学特性を明らかにすることを目的としており、以下の全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景として、下肢切断者が切断後に義足を使用した独立歩行を再獲得することが切断後のQOL向上に必要な不可欠であることを述べている。また、独立歩行の獲得率が特に低い片側大腿切断者が義足を使用して再度歩けるようになるためには、独立歩行を獲得した片側大腿切断者がどのように歩いているのか、独立歩行を獲得しても存在する「膝折れ」はどのように防ぐことができるのかの2点のリサーチクエストに答える必要があると指摘している。そして本研究の目的は片側大腿切断者の義足歩行の生体力学特性を明らかにすることであり、以降の各章の内容にそれぞれ対応する、地面反力の左右方向のバランス、下肢関節のキネマティクス・キネティクス、膝折れリスク、全身の動的バランスの4つに着目する必要があることを述べている。

第2章「Symmetric force impulses through asymmetric gait strategy」では、まず健側肢と義足肢における身体内外方向の地面反力のバランスに関する解析を行っている。独立歩行を獲得するには、まず安定した直進歩行を達成しなければならないが、直進歩行のためには、身体重心が毎回のステップで直線状に戻ってくる必要があり、さらにその際、左右脚が地面から受ける力積が同等である必要があることを指摘している。そして解析により、片側大腿切断者は義足肢・健側肢間で、同等の力積を受けているが、その戦略は非対称であり、義足肢がより短い接地時間で大きな内側方向の力を獲得していることを明らかにしている。

第3章「Kinematics and kinetics in transfemoral prosthesis users」では、片側大腿切断者の下肢3関節のキネマティクス・キネティクスを詳細に解析し、義足肢・健側肢そして健常者の脚との違いを明らかにしている。独立歩行を獲得していくには転倒を防ぐ必要があるが、片側大腿切断者の転倒率は下腿切断者に比べ非常に高く、これは片側大腿切断者が義足の膝継手を用いており、歩行時に下肢3関節をコントロールする際、健常者と異なる特徴を持つためであることを指摘している。そして解析により、股関節・膝関節・足関節における関節の角度・モーメント・パワーのピーク値を健常者と比較することにより、健側肢の股関節・足関節および義足肢の股関節・膝関節において、片側大腿切断者特有の歩行パターンが存在することを明らかにしている。

第4章「Factors associated with a risk of prosthetic knee buckling during walking in unilateral transfemoral prosthesis users」では、第3章において可能になった下肢3関節モーメントの詳細な解析を用いることにより、片側大腿切断者の膝折れリスクを評価し、どのような特徴をもった片側大腿切断者が高い膝折れリスクを持っているのかを調査している。膝折れは直接転倒にも結び付く大腿義足特有の現象であり、防ぐべき課題の一つであると考えられるが、本章では、膝折れのリスクを義足膝関節における屈曲方向の角力積を用いることにより定量的に評価している。そして算出された膝折れリスクと被験者の属性情報との相関分析を行うことにより、より体格が小さい義足使用者ほど、高い膝折れリスクを有していることを明らかにしている。

第5章「Dynamic balance during walking in transfemoral prosthesis users: step-to-step changes in whole-body and segment angular momenta」では、身体重心周りに発生する角運動量を解析することにより、大腿義足歩行中の動的バランスを調査している。人間が安定した歩行を行うためには、身体重心周りの回転運動におけるバランスを取る必要があり、身体重心周りの全身の角運動量は、身体各セグメント(腕や足など)が身体重心周りにもつ角運動量の総量として求められる。通常ヒトの歩行では、各セグメントが角運動量を相殺し合うことにより、全身の角運動量を小さくし、安定した歩行を行っているが、身体構造的に左右の非対称性が大きい片側大腿切断者においては、全身でバランスを取ることが難しいことが予想される。この問題に対し、本章での解析により、身体を真横から捉えた矢状面、真上から捉えた水平面の2平面において、片側大腿切断者が健常者に比べステップ間での全身の角運動量の変動が大きいことを明らかにしている。さらにその原因について、各セグメントの貢献度を評価することにより、義足肢が健側肢よりも質量が小さいためであることも明らかにしている。これらは、片側大腿切断者がステップ間での回転運動による身体重心周りの姿勢変化が大きいことを示唆しており、義足の重量や質量分布を調整することにより改善が見込まれると示唆している。

第6章「Summary and conclusions」では、本論文で得られた成果を各章ごとに総括し、第1章で述べたリサーチクエストに対する結論を述べている。

以上を要するに本論文では、生体力学的な観点から、片側大腿切断者がどのように独立した義足歩行をおこなっているかを初めて体系的に解析したもので、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。