The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	膝装具歩行の筋シナジーと平衡点・剛性解析および多様な支援に向けた下肢運動解析
Author(s)	鎌田, 一平
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/76588
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　鎌田　一平　）	
論文題名	膝装具歩行の筋シナジーと平衡点・剛性解析および多様な支援に向けた下肢運動解析

論文内容の要旨

近年，膝関節への負担の軽減や改善を目的として，膝装具が提案されている．しかし，日常生活で頻繁に用いるためには動力源を必要としないことや，小型・軽量で着脱容易なことが望ましい．また，膝装具歩行を筋の協調的な活動として捉える筋シナジーと筋活動には，中枢神経系から平衡点と剛性の２種類の運動情報が送られるとされる平衡点仮説に基づいた解析を行うことで，より定量的な評価につながると考えられる．さらに，日常生活で頻繁に用いられる起立-歩行動作の運動戦略を明らかにすることで膝装具の効果的な運動支援につながると考えられる．

本論文では，剛性を調整できる膝装具による平地・坂道歩行の運動戦略を筋シナジーと平衡点・剛性解析から明らかにした上で，膝装具を定量的に評価する．さらに，多様な運動支援に向けて，起立-歩行動作の運動戦略を明らかにすることを目的とする．

第１章では，本論文の背景と目的について述べた．

第２章では，動力源を用いていない小型・軽量な可変剛性機構を備えたサポータタイプの膝装具を提案した．

第３章では，膝装具歩行を定量的に評価するため，筋シナジーと平衡点・剛性解析手法を示した．

第４章では，健常若年者を対象とし，第２章で提案した膝装具を用いて平地・坂道歩行実験により，足先の平衡点と剛性を推定した結果，特に，上り坂道歩行の立脚前期，遊脚後期において，動径，偏角方向の剛性が顕著に低下していることが示された．

第５章では，健常若年者を対象とし，起立動作，起立後に歩行開始動作，起立-歩行動作の実験から，第４章と同様に足先の平衡点軌道と剛性を推定した．これにより，起立-歩行動作の運動戦略に偏角方向の剛性調節の関与が大きいことが示された．また，これらの動作の身体重心の偏角方向の角度と角速度の位相面解析から，起立-歩行動作では起立後に歩行開始動作に近い運動戦略を選択する可能性が示された．これらの結果から，第２章で提案した膝装具は，上り坂道歩行の支援に限らず，起立-歩行動作の支援が可能であることや，偏角方向の剛性が高められない場合でも，起立-歩行動作に近い運動戦略をとることで，起立-歩行動作支援に誘導できる可能性が示された．

第６章では，本論文の結論を述べた．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　　名　　（　　鎌田　一平　　）		
論文審査担当者	（職）	氏　　名
	主 査　　教　授	西　川　　敦
	副 査　　教　授	田　中　正　夫
	副 査　　教　授	野　村　泰　伸
	副 査　　准教授	平　井　宏　明

論文審査の結果の要旨

膝関節は体重を支持するための重要な関節の一つであり、加齢による筋力の低下などで膝に障害を抱えた場合、歩行などの日常生活動作に大きな支障をきたす。このような背景のもと、近年、膝関節への負担の軽減を目的とした様々な膝装具が提案されているが、その有用性や支援効果に関する定量的な評価が不十分なものが多い。本論文は、剛性を調整できる膝装具の提案と、同装具による平地・坂道歩行の支援効果ならびに起立―歩行動作の運動戦略を筋シナジーと平衡点・剛性の観点から、定量的に解析することを試みたものである。

本研究では、まず、動力源を必要としない小型・軽量な可変剛性機構を備えたサポータタイプの膝装具を新たに提案している。次に、11名の健常若年者を対象とした提案膝装具歩行時の運動学および筋活動データから、下肢筋骨格系の物理モデルに基づき筋シナジーを抽出し平衡点・剛性解析を行うことで、装具歩行の影響は平衡点軌道よりも足先剛性に顕著に現れ、特に、上り坂歩行の立脚前期および遊脚期において足先剛性の低下が大きい（提案膝装具の支援効果が高い）ことを明らかにしている。立脚期における股関節を中心とする極座標系でみた足先の動径方向剛性の低下は、装具の剛性が並列的に作用した結果であるのに対して、立脚期と遊脚期における同座標系でみた足先の偏角方向剛性の低下は、遊脚後期の脚の振り出しの支援効果を示唆している。これは遊脚期にダンピングを調整する膝装具には見られない支援効果であり、提案するバネ付き膝サポータタイプの膝装具の有用性を定量的に示す結果となっている。

また、提案膝装具のさらなる日常生活動作支援を念頭に、10名の健常若年者を対象とした起立動作、起立後に歩行開始動作、起立―歩行動作時の運動学および筋活動データから、膝装具歩行時と同様の解析手法により、足先の平衡点軌道と剛性を推定した。その結果、起立―歩行動作の運動戦略に偏角方向の剛性調節の関与が大きいことが示された。これは、提案した膝装具が起立―歩行動作の支援にも有用である可能性を示唆するものである。また、これらの動作の身体重心の偏角方向の角度と角速度の位相面解析から、起立―歩行動作では起立後に歩行開始動作に近い運動戦略を選択する可能性も示された。

以上のように、本研究は、これまで充分に試みられていなかった膝装具の有用性や支援効果に関する定量評価の方法論を提案・具現化したものである。本研究のアプローチは、膝装具のみならず、ヒトの運動支援やヒトの運動能力を向上・回復させるあらゆる機器開発にも一助となるものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。