

# 審査結果の要旨

論文題目「不整地歩行における下肢関節の運動制御に関する研究」

学位申請者 五十嵐 健太

本論文は、不整地上を歩行する際に人が行っている歩行制御に関するものである。本論文で報告されている主な学術的成果は、主成分分析法や統計学上の有意差検定法を駆使し、人が障害物をまたぐ場合、あるいは不整地を歩行する際の歩行安定性を確保するための身体運動学的機序を解明したことである。

本論文の背景には、近年高齢化が進行し高齢者の転倒事故が増加しており、不整地を人が歩行する際に人が無意識に行っている転倒回避策の解明が求められているという現状がある。これに応えるため本論文は、歩行路に障害物が存在する場合あるいは凹凸のある不安定な路面上で歩行する際の歩行安定性を確保するための身体運動メカニズムを解明し、転倒防止のためのリハビリテーション指針の確立に貢献する知見を得ることを目的とした。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、転倒の危険性について、事故の件例から説明し、転倒の予防の意義を示している。そして、障害物跨ぎ動作と凹凸のある不安定な路面上での歩行に着目し、それぞれの従来の研究成果を検討し、それら研究の問題点及び未解明な点を示し、それらを踏まえ、本研究の目的を、不整地上での歩行制御のメカニズムの解明としたことが明確に述べられている。序論としての的確であり、申請者が申請論文に関する関連研究について十分な知識とそれらの問題点に関する認識を有していると判断できる。

第2章では、遊脚制御として、障害物跨ぎ動作に着目し、若年者を対象に明所時と暗所時の跨ぎ動作の比較・検討を行っている。さらに、障害物に光源を設置することによる効果の検証を行っている。具体的には、跨ぎ動作時のつま先の軌跡に着目し、障害物を跨ぎ越す前後のつま先の挙動全体を分析している。その結果、明所条件と暗所条件では、つま先の軌跡の特徴が異なることを、主成分分析法ならびに統計学的手法を用いて明瞭に証明している。

第3章では、立脚制御として、凹凸のある不安定な路面上を歩行した際の下肢関節制御に着目した。従来の研究における問題点の一つに、接地面が不均一であり、そのために得られるデータの変動が大きいということが指摘されており、本実験の路面の設定においては、接地の状態を判別するために突起物を被験者の足長に合わせて等間隔に並べたものを用いている。被験者にその路面上を歩かせ、突起物1つのみに接地した場合、突起物2つに接地した場合、突起物無しの平地歩行の3条件で比較し、その際の股関節・膝関節・足関節の運動と関節剛性を分析している。その結果、不整地歩行と平地歩行の違いについては、平地歩行では、主に股関節運動によって前方へ移動していることに対して、不整地歩行では、股関節運動を抑え、単脚支持期前半では膝関節を主体とした運動制御を行っていたことと、単脚支持期後半において、股関節伸展角度が大きいことと、不整地条件では前方に対する安定領域ぎりぎりで行っていたことを明らかにしている。さらに、この期間において、股関節パワーが負の値を示したことから、運動を抑えるような慎重な制御をしていたことを指摘している。不整地歩行における両脚支持期では、膝関節の運動を抑え、足関節の剛性を高めることで脚を固定させるような制御を行っていたことを明らかにしている。また、突起物1つのみに接地した場合と突起物2つに接地した場合の違いについては、両脚支持期において、前者の場合は膝関節と足関節の剛性を低くして不整地に適応していたのに対し、

後者の場合は高くすることで不整地に適応していたことと、単脚支持期後半では、前者の場合は膝関節の運動を抑えることで、後者の場合よりもより慎重な運動を行っていたことを明らかにしている。

実験データは運動学、運動力学、ならびにバイオメカニクスなどの様々な手法を用いて分析され、それらを統合して考察が行われ、明瞭な結論が導出されている。

第4章では、不整地歩行中における遊脚制御のメカニズムの解明のため障害物跨ぎ動作に着目した第2章の結論と、不整地歩行中における立脚制御のメカニズムの解明のため凹凸のある不安定な路面上での歩行動作に着目した第3章の結論を統括し、まとめられている。

第5章では、第1章から第4章までの小括を行い、得られた成果についてまとめている。本研究の目的が達成されたことを示し、今後の展望を述べている。

本論文は人が不整地を歩行する際に無意識下で行っている転倒回避のための方策を様々な科学的手法を用いて多面的に分析しており、その結果導出された結論は一般性を有しており、学術的意義が極めて高いと考えられ、今後さらなる発展が十分に期待できることを示している。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、学位申請者 五十嵐健太 氏は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

#### 論文審査委員

|    |          |        |        |                   |
|----|----------|--------|--------|-------------------|
| 主査 | 博士（工学）   | 奥山 淳   | 工学部教授  | （総合理工学研究科総合理工学専攻） |
| 委員 | Ph.D     | 山本 佳男  | 工学部教授  | （総合理工学研究科総合理工学専攻） |
| 委員 | 博士（工学）   | 甲斐 義弘  | 工学部教授  | （総合理工学研究科総合理工学専攻） |
| 委員 | 博士（体育科学） | 山田 洋   | 体育学部教授 |                   |
| 委員 | 工学博士     | 小金澤 鋼一 | 元工学部教授 |                   |