

2006年1月10日

人間科学研究科長 殿

小林吉之 氏 博士学位申請論文審査報告書

小林吉之氏の学士申請論文を下記の審査委員会は、人間科学研究科の委嘱をうけ審査をしてきましたが、2006年12月19日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

記

1. 申請者氏名： 小林 吉之

2. 論文題名： 傾いた障害物に対するヒトの回避動作に関する研究

3. 本文

3. 1 本論文の主旨

本論文の目的は、転倒のもっとも大きな要因である『つまずき』について、これまで数多く行われてきた研究では着目されてこなかった『傾いた障害物』に対する回避動作という観点からヒト歩行、特に回避動作の特徴、及びその原因についてまとめ、更にその原因に対する補正方法を提案することである。そのための手法として、従来の動作解析の手法を用いた評価を行い、『傾いた障害物』を跨ぎ越える際の特徴について言及している。本論文では更に、これまで着目されてこなかったヒト足部の身体位置覚の評価を行い、『傾いた障害物』を跨ぎ越えた際の特徴が生じる原因について調べられていると共に、その原因を補正する補正方法の提案まで行われている。

3. 2 本論文の構成

本論文は以下の全6章から構成されている。

- 第1章 序論 歩行研究の背景と本研究の位置づけ
- 第2章 外側に高く傾いた障害物を跨ぎ越える際の特徴
- 第3章 内側に高く傾いた障害物を跨ぎ越える際の特徴
- 第4章 ヒト足部の身体位置覚
- 第5章 ヒト足部身体位置覚の補正方法
- 第6章 結論

3. 3 本論文の概要

はじめに第1章では、現代における転倒関連の研究の重要性について、わが国が直面している超高齢社会の観点からまとめられており、更にこれまでに行われた先行研究について、歩行中の『つまずき』が転倒の直接的な要因とされていることと障害物回避動作に関

する研究が多く行われていることが述べられている。

第2章～第3章では、これまでの障害物回避動作に関する研究で着目されてこなかった、前額面上で傾いた障害物を乗り越えた際の動作の解析を行っている。前額面上で傾いた障害物には、乗り越える足の外側が高く傾いた障害物と内側が高く傾いた障害物の2種が考えられたため、第2章では外側が高く傾いた障害物を提示した際の実験について、第3章では内側が高く傾いた障害物を提示した際の実験について、それぞれまとめられている。

傾いた障害物を乗り越える際の回避動作に着目し、三次元動態計測装置によって計測された運動学的変数の比較を行った結果、外側が高く傾いた障害物を乗り越える際には、水平な障害物を乗り越える際と比べ、クリアランスが有意に減少し、よりつまずきやすい回避動作となることが確認されている。他方内側が高く傾いた障害物を乗り越える際には水平な障害物を乗り越える際と同等のクリアランスが確保され、外側が高く傾いた障害物を乗り越える際のように、よりつまずきやすくなるということはないことが確認されている。

第4章では、前額面上で傾いた障害物を乗り越える際に認められた特徴である外側が高く傾いた障害物をまたぎ越える際のクリアランスのみ減少する原因について、ヒト足部の身体位置覚の観点から、知覚している足部位置と実際の足部位置との誤差の比較を行っている。実験では足元の視野が遮蔽された状態で、床面に表示した基準線に足部内側もしくは外側を沿わせ、その際の正確性を比較している。その結果、足部外側を床面の基準線に沿わせる場合には基準線に踏み込むように接地され、足部内側を接地する場合には基準線から離れる方向に接地される傾向が認められていると報告されている。これらのことから、ヒトの足部は自身が知覚している位置よりも外側にずれていることが考えられ、このようなずれによって、第2章から第3章で確認されたような外側が高く傾いた障害物を乗り越える際のみクリアランスの減少が生じていることを示唆している。

最後に第5章では、第4章でまとめられている実験によって、ヒト足部の身体位置覚の特徴として認められた知覚された足部位置と実際の足部位置とのずれを補正する手法が提案されている。先行研究を基に、大腿部中央外側に500gの錘を固定し、下肢全体の慣性テンソルの主軸をより外側にずらせることで、知覚される足部位置をより外側に補正するという方法を提案している。補正の効果を検証するために知覚された足部位置と実際の足部位置の誤差の比較、及び実際の歩行に与えられる影響の評価を行った結果、知覚された足部位置と実際の足部位置との誤差は減少され、更に歩行中の歩隔も狭まり補正の有効性が認められたと報告している。また歩幅、歩調、仙骨の左右方向動揺量などの基本的な運動学的変数には補正の影響は認められず、本研究で提案した補正方法を実用化できる可能性を示唆している。

以上一連の研究によって、ヒトが日常生活で不用意に転倒する原因の一つには、ヒトが自らの足部位置を正確に知覚できていないためであることが示唆されており、下肢の慣性テンソルを調節し足部知覚位置を錯覚させることで上記のようなつまずきを減少させる方法が提案されると共に、『傾いた障害物』を安全にまたぎ越える方法について提言されている。

3. 4 本論文の評価

本論文は、ヒトの最も基本的な移動手段である歩行動作中の転倒に着目し、傾いた障害

物を跨ぎ越える際の回避動作に着目したものである。このテーマは超高齢社会を目前に控えた我が国にとって、高齢者の自立を妨げる要因である転倒を減少させるという観点から社会的にも非常に重要な研究であるといえる。本論文で検討されている『傾いた障害物』に対する回避動作は、これまで数多く行われてきた障害物回避動作に関する研究では着目されてこなかったもので、ヒトの動作を理解する上でも非常に重要な研究であり、既に国内外の学会において高い評価が得られている。また本論文では、『傾いた障害物』回避時の特性が生じる原因を、ヒトの足部身体位置覚のずれとして説明しており、その補正方法の提案も行われている。本研究によってヒトが日常生活において転倒する原因の一端が解明され、その解決方法が提案されることは、今後より転びにくい歩行環境もしくは歩行を補助する道具を整備・開発する際の重要な手がかりとなると考えられる。

以上より、博士学位申請論文審査委員会は、本論文が博士（人間科学）を授与するに十分値すると判断した。

3. 5 本論文の前提となった学術論文誌

本論文の前提となった学術論文誌の本人を第一著者とする原著論文は、以下の通りであった。

1. 小林吉之，高嶋孝倫，林美恵子，藤本浩志：2003 視覚障害者誘導用ブロックが晴眼者の歩行に与える影響に関する研究，日本機械学会論文集C編，69巻681号，86-92頁
2. Yoshiyuki KOBAYASHI，Takamichi TAKASHIMA，Mieko HAYASHI，Hiroshi FUJIMOTO：2005 Gait analysis of people walking on tactile ground surface indicators. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 13-1, 53/59
3. 小林吉之，嶺也守寛，高嶋孝倫，藤本浩志：2006 傾いた障害物を跨いで越える際の歩容に関する研究，バイオメカニズム学会誌，30巻2号，85-92頁
4. 小林吉之，嶺也守寛，高嶋孝倫，藤本浩志：2006 視覚障害者誘導用ブロックが高齢晴眼者の歩行に与える影響に関する研究，日本機械学会論文集C編，72巻720号，2574-2579頁
5. 小林吉之，嶺也守寛，藤本浩志：2007 ヒト足部の身体位置覚に関する研究，日本機械学会論文集C編，73巻725号に掲載決定

4. 小林吉之 氏 博士学位申請論文審査委員会

主査審査員	早稲田大学	教授	博士（工学）（早稲田大学）	藤本 浩志
審査員	早稲田大学	教授	博士（人間科学）（大阪大学）	野嶋栄一郎
審査員	早稲田大学	教授	工学博士（東京大学）	戸川 達男
審査員	国立身体障害者リハビリテーションセンター・学院 義肢装具学科 主任			博士（工学）（早稲田大学） 高嶋 孝倫
				以上