

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Human Balance and posture control;Upright stability and feasible movements
著者(和文)	HonarvarMahjoobin Mohammad Hadi
Author(English)	Mohammad Hadi HONARVAR MAHJOOBIN
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9350号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中島 求,井村 順一,早川 朋久,宮崎 祐介,山浦 弘
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9350号, Conferred date:2013/9/25, 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

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	Mohammad Hadi Honarvar Mahjoobin	
	氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査員	主査 中島 求	准教授	山浦 弘	教授
	井村 順一	教授		
	早川 朋久	准教授		
	宮崎 祐介	准教授		

本論文は「Human Balance and Posture Control: Upright Stability and Feasible Movements」と題し、以下の全5章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景と目的について述べている。まず本研究の背景として、統計データに基づき、転倒は特に高齢者にとって大きな健康上の問題となっていることを指摘している。次に転倒の局面を、外乱の開始、外乱への反応、地面への接近の三つに分類し、本研究では2番目の外乱への反応の局面に焦点を当て、さらにそれを解析的に扱うため、状態空間（ここでの「状態」は身体姿勢および速度を指す）の枠組みで論じると述べている。そしてこの場合、1) バランスの制御のために実現可能な運動の領域の導出、および2) 与えられた身体状態におけるバランス評価法の確立、の2点が主要な問題となると述べ、これら2点の問題に対する従来の研究状況を概観し、それらの問題点を論じている。そして本研究の目的は、1)の問題に対する解析的な方法を開発し、さらに2)の問題に対し、より直接的に安定性の概念に対応する新たな尺度を開発することであると述べている。

第2章「Mechanical Model」では、本研究で扱う力学モデルについて述べている。本研究では簡単のため矢状面内でステップを伴わない場合にモデルを限定するとし、二次元平面内で人体をリンクの連なりとして単純化したモデル化を行っている。なお人体の各リンクの慣性特性には、広く一般に用いられている日本人成人の計測データを用いている。そして足首のみの自由度を考慮した2リンクモデル、および股関節の自由度も考慮した3リンクモデルについて、それぞれ定式化を行っている。

第3章「The Balanceable Region」では、本研究で提案する概念であるBalanceable Region（以下BR）について述べている。まず第1章での1)の問題への回答として、BRの概念が提案されている。BRは、与えられた関節トルクの範囲内において、安定な状態（身体姿勢・速度）の領域に復帰することが可能な状態の領域を示すものと述べている。そして、BRを求めるにあたっては、状態空間を離散化して、各点においてその点が復帰可能か否かをチェックする方法がまず考えられるが、そのような方法は多大な計算量を要すると述べている。それに対し本研究では、関節トルクが0で復帰可能な状態から、関節トルクが最大値で復帰可能な状態を求めることにより、非常に小さな計算負荷でBRが計算可能であると述べている。そして2リンクモデルと3リンクモデルの二つの場合について、既存のデータベースより得た身体特性を用いて実際にBRを求め、その結果を示している。さらに関節トルクの拘束条件や本手法の限界などについても論じている。

第4章「The New Metric for Postural Upright Stability: Probability of Recovery - PoR」では、本研究で提案する直立姿勢の安定性を表す新たな尺度であるProbability of Recovery（以下PoR）について述べている。まず2リンクモデルを用い、関節トルクを必要としないで安定した状態に復帰可能な集合を示し、これをPoRが1と考え、関節トルクを必要とする場合に、関節トルクの統計データを用いることにより統計的に求められる、その状態から安定状態に復帰できる確率をPoRと定義している。そしてPoRの計算方法としては、直接的な計算では多大な計算時間を要するが、統計学的データを利用すれば計算時間を大幅に減少できると述べ、その方法について次のように説明している。例えばある大きさの関節トルクを發揮できる人口の割合が53%の場合、その関節トルクでのBRが53%のPoRの境界のラインとなる。よっていくつかの場合についてのBRを求めれば、PoRの等高線を描くことが可能となる。以上の方法を用い、日本人の関節トルクデータベースに基づき、2リンクモデルと3リンクモデルの場合それぞれについて実際にPoRを求めている。また本手法の応用事例として、列車内の揺れについてのリスク評価を行っている。これらの解析の結果から、従来研究において用いられてきた、単純に状態空間での距離に基づいた尺度とPoRを比較すると、従来の尺度は大幅に低く安定性を見積もる場合があるなど、その特性に大きな差があり、PoRはより適切に安定性を評価していると述べている。また2リンクモデルと3リンクモデルの結果の差について、股関節トルクの影響の観点から論じている。そして本モデルの限界についても論じ、今後の拡張の可能性についても述べている。

第5章「Conclusion」では、本論文で得られた成果を総括し、今後の展開の可能性について述べている。

以上を要するに本論文は、人間の転倒の問題において、安定姿勢に復帰可能な状態空間の領域を解析的に求める手法を開発し、また直立姿勢の安定性を適切に評価する新たな尺度を、その計算手法とともに提案したもので、学術上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(学術)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。