

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | 転倒防止を目的とした高齢者と支持物の運動力学的モデリングと評価指標に関する研究 |
| Title(English) | A study on kineto-static modeling and evaluation indices of elderly people and support objects aiming at fall prevention |
| 著者(和文) | 松田聡一郎 |
| Author(English) | Soichiro Matsuda |
| 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11551号, 授与年月日:2020年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:武田 行生,菅原 雄介,岩附 信行,岡田 昌史,中島 求 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11551号, Conferred date:2020/6/30, 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 |

(博士課程)

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 | 松田 聡一郎 | | |
|-------------|-----|-------|---------|--------|------|----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 武田 行生 | 教授 | | 中島 求 | 教授 |
| | 審査員 | 菅原 雄介 | 准教授 | 審査員 | | |
| | | 岩附 信行 | 教授 | | | |
| 岡田 昌史 | | 教授 | | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「転倒防止を目的とした高齢者と支持物の運動力学的モデリングと評価指標に関する研究」と題し、全6章よりなる。

第1章「緒論」では、本研究の背景と目的、従来の研究および本論文の構成について述べている。社会の急速な高齢化に伴い、高齢者のQOLを現状維持あるいは向上させることが重要であり、本論文では、ある程度の支援により歩行が可能となる高齢者の自立的な歩行支援法の確立に焦点を当て、人間の手を介して反力を受けられる設備・器具・建築構造物・家具（手すり、杖、壁、机など）を一般化して支持物と呼び、高齢者に対する支持物による転倒防止に関する力学的効果を明らかとし、支持物の評価指標の開発、およびこれに基づく支持物の活用の定量的検討を可能とすることが目的であると述べている。

第2章「支持物の反力特性のモデル化」では、本論文で対象とする支持物と、その可搬性および形状を示している。そして、支持物の形状に依存して得られる反力特性に着目し、この反力特性を摩擦円錐によりモデル化している。

第3章「バランス復帰特性に基づく単一の支持物が存在する環境の評価法」では、可搬性のない支持物（手すり、壁、机）を取り上げ、その高さ・形状と転倒防止効果の関係を表す評価指標、およびこの指標を構築するための適切なモデルについて検討を行っている。まず、転倒防止のための力学的な効果は、手先で力を発揮しやすい方向と支持物の形状特性に依存して得られる反力の方向に依存すると考え、これを定式化するために、上肢をモデル化した7自由度シリアルリンク機構により計算される操作力楕円体と、第2章で導出した摩擦円錐の共通集合で構成される反力特性立体を提案し、その計算方法を示している。そして、この反力特性立体に基づいて、バランス復帰に関する評価指標の候補を4つ挙げている。これらのうち、バランス復帰の観点から支持物の妥当な評価を行える指標を明らかにするために、支持物の形状・高さを種々に変化させ、a. 支持物を用いた歩行実験、およびその実験によって得られたパラメータを用いた指標の計算、b. 不安定な足場を用いた実験による支持物の官能評価を行い、aおよびbの結果を比較している。そして、この比較結果より所望の評価を行える指標を示している。以上の検討を通じて、支持物使用者の身長・体重を基本的な入力として、単一の支持物が設置されている環境の高さ・形状の評価が可能となったと述べている。

第4章「ダイナミックペアを適用したモデルに基づく杖歩行時の前方杖先位置の評価法」では、可搬性のある支持物として杖を取り上げ、これを使用した前方への転倒防止効果に着目し、つま先と杖先の距離と転倒防止効果の関係を表す評価指標、およびこの指標を構築するための適切な身体・杖のモデルについて検討を行っている。まず、高齢に伴う握力低下や反応時間の増加を考慮し、手と杖の機械的インターフェースを、運動可能かつ粘弾性特性を持つ機械要素で構成されるダイナミックペアによりモデル化している。そして、矢状面内で地面に対してそれぞれ回転自由に連結された身体および杖を上記のダイナミックペアで連結した平面4節リンク機構を解析モデルとして動力学シミュレーションを行い、杖先位置の違いが転倒防止効果に及ぼす影響を検討している。その結果、手と杖のインターフェースにおけるダンパ要素によるエネルギー消散量、および手が杖から受ける力の大きさを転倒防止に関する評価指標として提案している。これらに加え、人間の各関節における負の仕事の行いやすさを評価指標として提案するとともに、この指標の値と歩行実験による安全性に関する官能評価結果の間の相関について議論を行っている。さらに、上記の提案指標を使用することにより、前方

の杖先位置の決定のための最適化問題が設定可能であり，これによる最適解を具体的に示している．以上により，杖使用者の身長・体重を基本的な入力として前方杖先位置の評価・決定が可能となったと述べている．

第 5 章「身体機能・環境条件に応じた支持物使用・活用法の提案および本研究の展望」では，第 3 章および第 4 章の成果をもとに，実生活に近い具体的な条件を与えて，支持物の活用法を検討・考察している．まず，使用者の年齢，身長および体重と，手すり，机，壁および杖の高さや摩擦係数等を具体的に定め，本論文の提案指標を用いた支持物の評価結果を示し，その結果をもとに，推奨される支持物の優先度を示している．次に，支持物の使用者の具体的な身体能力条件，および具体的な環境条件を設定し，上述の評価結果に基づき，各条件下における支持物の活用法を具体的に論じている．さらに，杖歩行の教示システムの開発などの具体的事例を挙げ，本研究の支持物・環境の設計論，支援機械の開発，および支持物を使用した歩行教示法の確立への応用・発展可能性について論じている．

第 6 章「結論」では，本研究で得られた成果を要約して述べている．

以上を要するに，本論文は，支持物による高齢者の転倒防止効果の運動力学的モデリングおよびそれに基づく定量的な評価指標を開発し，身体および環境に関する条件をもとに支持物の活用の検討を可能とするとともに，今後の高齢者の転倒防止を目的とした支持物および住環境の設計ならびに支援機械の開発等への指針を与えたものであり，工学上および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。