

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械物理工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	松田 聡一郎		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	武田 行生 教授	
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	菅原 雄介 准教授	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文では、簡便・安価かつ高齢者の自立的な歩行支援法を確立するために、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、高齢者の歩行時の支持物による転倒防止に関する力学的効果を明らかにし、高齢者の平面歩行時における支持物のアセスメントツールを開発することを目的としている。このために、歩行中の高齢者および支持物からなる系の機械工学的モデル化およびそのモデルに基づく評価指標の検討を行っている。そして、検討した方法により支持物の評価を行い、この結果を通じて転倒防止効果の定量的な議論を行えること、およびこの議論に基づく支持物の使用・活用法を提案できるようになることを本論文における到達目標としている。本論文は全 6 章より構成され、各章の概要は次の通りである。

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。

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を用いてモデル化している。

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、その高さや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、転倒防止を促す力学的な効果は、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し、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有点で構成される反力特性立体を提案し、導出している。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、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、支持物の高さの違いに応じた 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・形状の評価を可能としている。

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。これを解析モデルに適用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バ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挙げている。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挙げるとともに、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に相関がある場合があることを示している。さらに、上記の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、有意な解が求められること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・決定を可能としている。

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 章の成果を基に、より実生活に近い条件下における支持物の使用・活用法を検討・考察している。まず、高齢の支持物使用者、および単一の支持物を仮想的に設定し、本論文で検討した指標を用いて支持物を評価した例を示している。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検討・考察している。これらとともに、本研究の応用・発展例を挙げ、本研究が支持物・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に応用・発展できると述べている。

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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械物理工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	松田 聡一郎		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	武田 行生	教授
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	菅原 雄介	准教授

要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis presents the development of an assessment tool for fall prevention of the elderly using support objects during walking on a plane. To do that, kineto-static model of the whole system including the elderly and support objects he/she used was discussed. Based on the model, evaluation indices for the physical effect on fall prevention were investigated. Firstly, while the difference between reaction force obtained from the support objects depending on their surface shape was considered, the characteristics of the reaction force about each support object were modeled as friction cone. Secondly, regarding non-portable support objects, the common point of the friction cone and manipulating force ellipsoid which expresses the direction where it is easy to generate force at his/her hand was proposed as reaction force characteristics solid. Based on it, an evaluation index of height and shape of support objects was formulated, and the effectiveness of the index was validated through experiment. On the other hand, as a representative portable support object, a cane was focused on in this thesis. In order to assess anterior positions of the cane tip for prevention of anterior fall, three evaluation indices for determination of the cane tip's position were formulated through dynamic simulation and experiment. In the analysis model used in the simulation, an interface between a human hand and a cane was modeled as dynamic pair which expressed moveable and spring-damper characteristics in consideration of handgrip weakness and increased reaction time of the elderlies. Finally, the values of the formulated indices about each type of support objects were calculated under a condition of using a single support object. This thesis concluded that quantitative discussion about an effect of support objects on fall prevention could be done by using the developed assessment tool. In addition to that, based on the quantitative discussion, an application method of the support objects could be proposed according to physical ability of the user and environment where the support objects were used.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).