



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of virtual accessibility evaluation system by combining digital human models with 3-dimensional as-is environment models [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	丸山, 翼
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第12655号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65972
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Tsubasa_Maruyama_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 丸山 翼

学 位 論 文 題 名

Development of virtual accessibility evaluation system by combining digital human models with 3-dimensional as-is environment models

(デジタルヒューマンモデルと 3 次元 as-is 環境モデルを組み合わせた仮想アクセシビリティ評価システムの開発)

超高齢社会を迎えた我が国では、健常者のみならず高齢者や障がい者を含む誰もが、建物等の生活環境を支障なく安全に利用できることの保障、すなわち「環境アクセシビリティ」の保障が、生活の質の向上にとって喫緊の課題となっている。公共施設等に対するアクセシビリティのガイドラインが規定された国際規格 ISO-21542 も近年制定された。従って今後、様々な建物や施設において、アクセシビリティの担保が、その管理者に強く求められることとなる。例えば公共施設では、脚力や視力が低下した高齢者でも、目的地までの経路が容易に理解でき、かつ歩行や車椅子走行が困難とならないような整備・改修を行う義務が生ずる。しかし、規格には建築物の様々な箇所に対する標準的な設計推奨値が規定されているのみであり、管理者にとって環境中のどの部分が、どのようなユーザにとって、どのような利用時に、どの程度利用に支障を生ずるのかが数値的に予測できず、合理的な整備・改修計画が立案できないといった問題が生ずる。

本論文は、その問題解決のため、大規模な屋内外実環境を地上型レーザスキャナや 3 次元写真計測から得られた数億点にものぼる 3 次元計測点群から、短時間の処理により、人間が歩行可能な空間や経路構造の属性をもち、現況を反映した高精度な環境モデルである as-is 環境モデルを自動構築し、そのモデル内で精緻な関節構造と視覚模擬機能をもつ人体モデルであるデジタルヒューマンモデル (DHM) が、自律的に経路選択と位置制御を行いながら人間と類似した歩行動作を再現し、様々なシナリオ下における身体的・認知的側面からの環境アクセシビリティを、シミュレーションに基づき、統合的に定量推定できる新たな技術を開発することを目的とした研究である。

本論文は、6 章から構成される。

第 1 章 Introduction では、研究背景である環境アクセシビリティ評価の重要性を述べると共に、従来の人間行動シミュレーション、デジタルヒューマンモデリング、レーザ計測による as-is 環境モデリングなどに跨る関連研究の動向と問題点を纏め、身体的・認知的観点から高精度・高効率な環境アクセシビリティ評価を行うには、DHM と 3 次元 as-is 環境モデルを組み合わせたシミュレーションが必要不可欠であり、そのシステム構築が本研究の目的であることを述べている。

第 2 章 3D as-is environment modeling from laser-scanned point clouds では、第 3 章以降で述べる仮想アクセシビリティ評価の基盤となる 3 次元 as-is 環境モデルを、地上型レーザスキャナで実環境を計測して得られた大規模な計測点群から構築する技術を述べている。すなわち、レーザ計測点群のみから歩行可能な空間、経路の位相的な接続関係、階段等の属性をもつ as-is 環境モデルを全自動で構築するアルゴリズムを開発し、小規模な屋内環境のみならず、数 100m 四方に及ぶ住宅地のような屋外環境に対しても、数分以内で as-is 環境モデルが生成可能なことを示している。

第 3 章 Autonomous walking simulation of digital human model では、41 自由度の関節構造をもつ精緻な人体モデルである DHM を、3 次元 as-is 環境モデルに適応させて自律歩行させるシミュレーション技術を述べている。シミュレーションでは、様々な年齢・性別の人間の歩行動作を模擬でき、かつ実歩行動作と一定の相関を持つことが DHM に求められるため、産業技術総合研究所より提供された歩行モーションキャプチャ (MoCap) データベースに含まれる 13 歳〜73 歳男女の平地歩行 MoCap データを基準歩行パターンとして参照し、これを坂道や階段などの平地以外の歩行環境の歩行動作に適応させる CCDIK 法を開発し、実歩行と運動学的な意味で相関が担保された DHM の歩行シミュレーションを可能としたことを示している。

第 4 章 Tripping risk evaluation based on autonomous walking simulation では、歩行シミュレーション機能を応用し、as-is 環境モデル内での「つまずきリスク」を定量評価可能な技術を述べている。すなわち、環境モデル内において、DHM のつま先クリアランス値が低下した注目箇所を発見し、その箇所を中心に DHM の歩幅、遊脚足関節軌跡、出発位置を、人間の運動計測データの統計分布に基づき変化させて歩行させることを繰り返すモンテカルロ法を適用し、注目箇所の「つまずきリスク」を確率により定量評価した。その結果、平地歩行時に対する段差歩行時のつまずきリスク増加量が、若年者よりも高齢者の方が 2 割程度高くなる結果が示された。また屋内環境での若年者歩行実験とシミュレーションとの比較から、提案するつまずきリスク評価値の精度限界について議論している。

第 5 章 Ease of wayfinding evaluation based on vision-based wayfinding simulation では、認知的な観点での環境アクセシビリティの一つである「経路発見容易性」を、Structure from Motion から構築された写実的な 3 次元 as-is 環境モデルと DHM を組み合わせ、シミュレーションで評価する技術を述べている。すなわち、環境モデル内に掲示されているサイン情報の DHM に対する可視性を Visibility Catchment Area により模擬し、サインに従って DHM が有限状態機械で表現された行動規則に則りモデル内で経路探索を行う。その結果から、経路探索失敗箇所を、サイン不足による「迷い」箇所として自動検出可能とした。さらに、実際の屋内環境での経路発見を行わせた実験とシミュレーションの比較を行い、ユーザの行動経路と迷い箇所が、両者でほぼ一致していたことを示している。

第 6 章 Conclusions and future works では、各章で得られた成果の要点をまとめ、併せて今後の課題を論じている。