



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_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 丸山 翼

審査担当者 主 査 教 授 金井 理
 副 査 教 授 小野里 雅彦
 副 査 教 授 近野 敦
 副 査 准教授 伊達 宏昭
 副 査 客員准教授 多田 充徳

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)

近年, 高齢者や障がい者を含む誰もが, 生活環境を支障なく安全に利用できる保障, すなわち「環境アクセシビリティ」の担保に関心が高まっている. 関連の国際規格も規定され, 今後, 様々な施設において環境アクセシビリティの担保が管理者に強く求められると予想される. しかし, 実環境中のどの箇所が, どのようなユーザにとって, どの程度利用に支障を生ずるかを網羅的・効率的に評価したり, 環境内に潜在している利用上のリスクを予測し, より安全な生活環境への改善案を提示できる技術は未だ十分に確立されていない.

本論文は, その問題解決のため, 最新計測技術である地上型レーザスキャナや写真計測から得られた大規模環境の 3 次元計測データから, 人間が歩行可能な空間や経路構造をもち, 現況形状を反映した高精度な環境モデルである 3 次元 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歩行動作を再現し, 様々なシナリオ下における環境アクセシビリティをシミュレーションにより定量評価できる新たなソフトウェアを開発することを目的としている.

本論文は, 6 章から構成される.

第 1 章 Introduction では, 環境アクセシビリティ評価に関する重要性, ならびに様々な関連技術の動向と問題点を述べ, 身体的・認知的観点から高精度・高能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 環境モデルを統合したシミュレーション技術が必要不可欠で, その技術開発が研究目的であることが述べられている.

第 2 章 3D as-is environment modeling from laser-scanned point clouds では, 次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による実環境の大規模計測点群から自動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, 人間が歩行可能な空間, 経路の位相的接続関係, 階段等の属性をもつ as-is 環境モデルを生成する幾何処理アルゴリズムを開発し, 屋内環境のみならず, 数 100m 四方に及ぶ住宅地の計測点群に対しても, 数分以内でモデルを全自動で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 自由度関節構造をもつ

DHM を,3 次元 as-is 環境モデルに適応させ自律歩行させるためのシミュレーション技術を述べている. 様々な年齢・性別の人間の歩行動作を良好に模擬できることが DHM に求められるため,13 歳 ~ 73 歳男女の平地歩行モーションキャプチャ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平地以外の環境での歩行動作生成に適応可能な CCDIK 法を開発し,膝及び股関節角度において数 deg 以内の誤差で,実歩行と一定の相関が担保された DHM の歩行シミュレーションを実現できたことを示している.

第 4 章 Tripping risk evaluation based on autonomous walking simulation では,前章の DHM の自律歩行シミュレーション機能を活用し,身体的な観点からの環境アクセシビリティ評価の一つとなる「つまずきリスク」を定量評価する技術を述べている. 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,その個所を中心に DHM の歩幅,遊脚足関節軌跡,出発位置を,運動計測データの統計分布に基づき変化させながら歩行させるモンテカルロ法を適用し,注目箇所の「つまずきリスク」を確率的に評価した. その結果,特に局所的な凹みをもつ歩行面の歩行時に,高齢者のつまずきリスクが若年者に比べて平均値で 16 ポイント上昇することが示され,歩行環境が同一であっても高齢者ではつまずきリスクが大きく上昇する事を,シミュレーションから明らかにした. 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より,提案するつまずきリスク値の推定誤差についても定量的に明らかにしている.

第 5 章 Ease of wayfinding evaluation based on vision-based wayfinding simulation では,認知的観点から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 で構築された写実的 3 次元 as-is 環境モデルと,環境内のサインの発見行動を模擬できる DHM を組み合わせ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たサイン情報の視認性を Visibility Catchment Area と DHM 頭部の相対位置により模擬し,DHM が有限状態機械で規定されたルールに則り環境モデル内で経路探索を行う. その探索結果から,経路探索が失敗した個所をサイン不足による「迷い」箇所として自動抽出する機能を実現している. さらに,屋内環境での経路発見の実験結果とシミュレーション結果との比較を行い,ユーザの行動経路と迷い箇所が,両者でほぼ一致したことを明らかにしている.

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.

これを要するに,著者は,最新の 3 次元計測システムを活用し,屋内外の実環境を高精度に反映した 3 次元 as-is 環境モデルを効率的に生成し,モデル内において模擬視覚機能を伴った自律歩行が可能なデジタルヒューマンモデルを動作させることで,実環境のアクセシビリティや利用上のリスクをシミュレーションのみから評価できる情報処理技術に関し新たな知見を与えており,安全な生活環境の実現,ならびに情報工学,環境デザイン学,人間工学,ディジタル幾何処理工学の発展に寄与するところ大なるものがある. よって著者は,北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める.