

令和元年6月18日現在

機関番号：34425

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01295

研究課題名(和文) 避難シミュレーションにおける避難モデル精度向上方策の検討

研究課題名(英文) A study on the improvement of method for dynamic model parameters determination in evacuation simulation using multi-agent system

研究代表者

三好 哲也 (Miyoshi, Tetsuya)

阪南大学・経営情報学部・教授

研究者番号：10254434

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、避難者流動実験を模擬するモデルパラメータを避難者流動データに基づいて最適化することを目的とする。そのために、遺伝的アルゴリズムを応用して、エージェント別にパラメータの推定手法を提案した。研究遂行のために、(1)屋内避難者流動計測方法の提案と条件別の避難実験の実施および避難者流動計測、(2)計測された避難者流動データから避難者モデルパラメータを最適化する手法の提案、(3)提案手法を流動実験の結果に適用し、避難者モデルパラメータの分布の推定に取り組んだ。その結果、得られたパラメータ分布に基づく避難シミュレーションを実行することによりシミュレーション結果の信頼性評価の可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

災害時の避難状況を想定するために避難シミュレーションが提案、実装されている。避難シミュレーションの結果は、避難者の行動特性や避難状況を表す環境特性を表す多数のパラメータの設定に依存するが、その設定方法についての指針は示されていない。本研究では小規模避難実験を通して、避難者モデルパラメータの分布を推定し定性的な評価を行ったものであるが、この成果は、駅舎などの多数要素を含む人流データに適用することで、大規模シミュレーションに必要なパラメータ設定の可能性を示唆したものである。今後、種々の環境における多数の流動データを分析することでモデルパラメータの環境依存性を考察できる方策を構築した。

研究成果の概要(英文)：Several kinds of disaster simulations have been developed for this reason. Many evacuation simulation methods are based on multi-agent systems. The social force model is one approach that considers the influences and interactions between evacuees. When aiming to improve the precision of social force model simulations, the model parameters should be appropriately determined.

In this research, a method for determining the parameters used in the social force model is proposed by applying an evolutionary computing method to collected evacuee flow data. The proposed parameters estimation method were applied to some evacuee flow data which were observed in the evacuation experiments, and the distribution of agents parameters, which determine the dynamics of agent flow, would be estimated consequently. We could simulate the evacuation situation using the parameter distribution as a stochastic process.

研究分野：情報科学，安全性工学

キーワード：避難シミュレーション マルチエージェントシステム 流動モデル 遺伝的アルゴリズム

1. 研究開始当初の背景

災害時の被害低減のために災害状況を正確に推定することは重要な課題である。そのため、避難者を自律的エージェントとみなして、マルチエージェントシステム（MAS）による避難状況の推定並びにそれに基づく避難計画や効率的避難実現のための環境改善が進められている。ソーシャルフォースモデルを用いたシミュレーションを実施する際の課題点は、エージェントの歩行速度やエージェント間の相互作用などエージェントの行動を定める各種パラメータ設定の信頼性である。しかし、多くの研究報告では、現実の避難時の流動データの収集が困難であるため、従前の近似的な状況での研究報告との比較による評価にとどまっているのが現状である。

2. 研究の目的

本研究課題では、MASを用いた避難シミュレーションにおいて、事前に実施された避難訓練や実験などから、観測できる群集の流動に基づき避難モデルに含まれるパラメータを適切に設定する方法を開発することが目的である。さらに、算出したパラメータを用いた避難シミュレーションの再現精度を評価し、モデルパラメータ設定に関する指針を定める方策を構築する。本研究課題においては、狭小な教室からの避難状況の測定と避難者の流動データに適合した避難モデルパラメータの最適化手法を確立する。また、様々な施設での避難者流動を計測することを想定して、比較的安価に避難訓練時などの流動を映像として記録し、その映像から避難者の流動を簡便に算出することのできるシステムの開発も、本研究課題遂行のための副次的な目的とする。

3. 研究方法

(1) ソーシャルフォースモデルによる避難シミュレーション環境の構築

大学講義室からの避難を想定した歩行流動実験を模擬する避難シミュレーションを実行するためのシミュレータの構築を行った。避難を想定した種々の条件での歩行流動実験から得られる流動データに対して、避難シミュレーションを実行して避難者モデルパラメータの最適化を繰り返し実施する。そのため、種々の環境でのシミュレーションを効率的に行えるように、通路や障害物などの避難環境を構造化して簡便に設定できる避難シミュレータを構築した。また、エージェントの行動を規定するパラメータの設定も簡便に行えるようにシミュレータの条件設定のインターフェースを改善した。

(2) 避難実験時の避難者流動の計測方策の確立

本研究では、実験によって計測した人の実際の流動データを用いて、避難者モデルパラメータを最適化する手法の提案が目的である。そのために、まずデータ収集方法の検討を行った。開発した流動計測システムでは、天井に設置した360度カメラで撮影した実験の様子を動画として記録する。そして、その動画像上の被験者頭部位置の追跡データと被験者身長データから、実験場所における被験者の位置座標を特定する方法を提案・実装した。また、360度カメラを用いた推定方法では、カメラから遠方位置の被験者の位置特定に大きな誤差を含む可能性が高いため、複数のカメラを用いて計測したデータの算術平均を取ることによる誤差低減の方法を実装した。

開発した被験者位置特定システムを用いて、室内で実施した歩行流動データを計測し、室内の被験者の軌跡を視覚化することにより、計測精度の評価を行った。

(3) 計測された避難流動からモデルパラメータの決定方法の確立

一般に被験者の性別、年齢、身体特徴などの個人特性の相違を考慮すると、避難者モデルに含まれるパラメータは均一ではない。避難シミュレーションでは、避難者間の相互作用を考慮した避難者モデルの時間積分として被験者の位置が決定されるため、各パラメータを同時に最適化する問題として定式化することは困難である。そこで、多数エージェントに対する個々のパラメータの組み合わせによって避難モデルが表現されていると考えて、計測された人流データを近似するパラメータ最適化問題として定式化を行った。具体的には、まず、モデルに含まれるエージェントに関するすべてのパラメータを遺伝子として構成する。そして、その遺伝子で表現されるパラメータを用いたシミュレーション結果と実際の人流データとの乖離の程度を評価値として算出する。その値が小さい遺伝子を次世代に継承する遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて実験データに適合するパラメータを算出する手法の提案ならびに実装を行った。

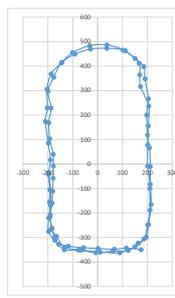
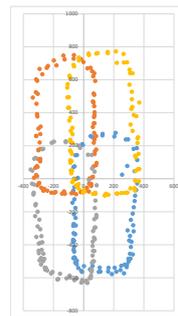
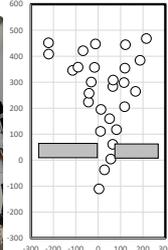
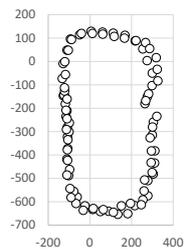
(4) シミュレーションによって得られたパラメータの分布に基づく考察

避難シミュレーションでは避難者がエージェントで表現される。避難シミュレーションでのエージェントの行動は、エージェントの移動速度やパーソナルスペースを表す他エージェントと距離に依存した相互作用の程度を意味するパラメータによって規定される。実験を通して得た被験者の流動データを計測し、これらの流動データに対して、エージェント別に提案手法によって最適化されたパラメータを算出した。その結果として、速度を決定するパラメータやエージェント間の相互作用を表すパラメータの分布を推定した。

4. 研究成果

(1) 屋内被験者の流動データの取得環境の整備

屋内の避難者流動を簡便に計測できるシステムを開発し、それを用いたエージェント位置算出例を図 1 に示す。360 度カメラにより取得した動画像から被験者の屋内位置を求めた結果である。限定された領域ではあるが、ある程度の再現精度をもって被験者の流動を画像から算出できることを示した。360 度カメラによる被験者の位置計測における誤差を低減するために複数カメラによる平滑化手法の結果を図 1(3)に示す。それらを活用し、非常口扉の大きさを変化させたときの避難総時間の平均を算出した結果を図 2 に示す。このように避難シミュレーションの条件を変更して、避難者の流動計測と集計を 360 度カメラで撮影した動画像から簡便に算出できる可能性を示した。

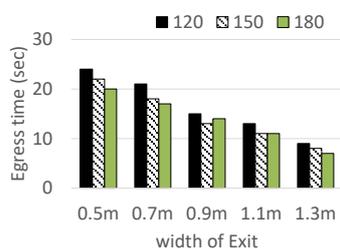


(1)記録例 1

(2)記録例 2

(3)複数カメラによる誤差低減

図 1 屋内被験者流動計測

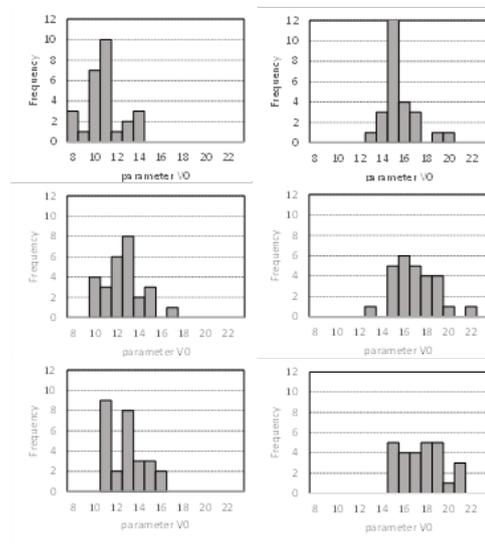


※歩行速度に関する 3 つの条件別に集計を行った結果である。

図 2 非常口幅の避難総時間への影響

(2) 避難モデルパラメータの分布の推定

避難シミュレーションの精度は、用いる避難モデルやモデルに用いるパラメータ値に依存する。本研究課題では、観測された避難者流動にシミュレーション結果を一致させるようなモデルパラメータを提案手法により算出した。エージェント毎に推定されたパラメータからそれらの分布を推定している。図 3 はエージェントが同方向に移動する場合と対向して移動する場合の流動データに基づき決定した避難者パラメータの一つである速度を決定するパラメータの分布を示している。この手法を種々の避難時の流動データに適用することにより、想定する避難状況におけるモデルパラメータの決定の指針を形成することができる。本研究で提案した方法は流動データから避難モデルパラメータの分布を推定できる基礎を与えるものである。



(1)同方向移動

(2)対向方向移動

図 3 速度を決定するパラメータ分布

5. 主な研究発表

[雑誌論文]

① 三好 哲也, 避難シミュレーションにおける避難者流動計測法と避難者モデルパラメータの推定法, 材料, 査読有, Vol. 68, No. 3, pp. 278-284(2019)

DOI:https://doi.org/10.3156/jsoft.31.2_45

[国際会議発表]

① Tetsuya Miyoshi, Identification of Parameters for a Social Force Model in Evacuation Simulation Using Evolutionary Computation, Proc. on 6th International Conference on Civil and Engineering, pp. 172-176(2019), Leuven, Belgium, 2019-3-21, 査読有,

<http://www.iccue.org/ICCUE2019-program.pdf>

[学会発表]

① 三好 哲也, 進化計算による避難者流動モデルにおけるパラメータ推定, 第 31 回信頼性シンポジウム, 熊本大学, 2018-12-16

② 三好 哲也, 音走査による積極的避難誘導システムにおける方向定位特性, 第 34 回ファジィシステムシンポジウム, 名古屋大学, 2018-9-4

③ 三好 哲也, 避難シミュレーションにおける避難者モデルパラメータの決定方法, 日本材料学会 第 67 期通常総会・学術講演会, 高知工科大学, 2018-05-27

④ 三好 哲也, 避難実験に基づく避難者モデルパラメータ決定, 第 44 回東海ファジィ研究会, 日間賀島公民館, 2018-2-7

⑤ 三好 哲也, 避難シミュレーションにおける避難者モデルパラメータの同定, 第 30 回記念信頼性シンポジウム, 阪南大学ハルカスキャンパス, 2017-12-15

⑥ 三好 哲也, 避難シミュレーション評価のための避難者流動計測, 日本材料学会 第 66 期通常総会・学術講演会, 名城大学, 2017-05-28

⑦ 三好 哲也, 避難者の動的特性に関する一考察 ―避難実験を通して―, 日本材料学会 第 29 回信頼性シンポジウム, 東京理科大学 森戸記念館, 2016-12-15

⑧ 三好 哲也, 避難シミュレーションにおける信頼性の確保, 信頼性フォーラム (第 65 期通常総会・学術講演会併設), 富山大学, 2016-05-27