

氏 名	岡 谷 賢
国 籍 ・ 本 籍	徳島県
学 位 の 種 別	博士（工学）
学 位 の 番 号	甲第228号
学位授与の日付	平成26年 3 月19日
学位授与の要件	名城大学学位規程第 3 条第 3 項該当
学 位 論 文 題 目	避難者の意思決定や会話といった社会的要因を考慮した避難シミュレーション
論文審査委員	主 査 高 橋 友 一
	副 査 柳 田 康 幸
	副 査 山 田 啓 一

論文内容の要旨

1. 研究の目的

防災対策において、あらゆる事態を想定し、状況に応じた対処方法を規定しておく事は重要である。東日本大震災においては、地震が起きた際の避難場所が明確に定まっていなかった事が原因で多くの人が亡くなった例がある。こういった事態が起こるのを防ぐためには、防災担当者が予め災害時に人がどういった行動をとるのかを解析し、それらを踏まえてどの程度の人が何処へ避難するべきなのかを知っておく必要がある。

ショッピングモールや地下鉄の駅など大規模な建物において避難訓練などを何度も行い、避難状況を解析することは難しい。少しずつパラメタを変え網羅的に何度も解析を行う事ができる避難シミュレーションを用いて、災害状況を解析する研究が行われている。避難シミュレーションは、大規模ビルからの避難において混雑が起きる箇所や、避難にかかる時間などを推定する事ができ、東京消防庁などで利用され始めている。その一方で、9.11 WTC 事件や東日本大震災後の報告書において多くの問題点が指摘された。これらの報告書は避難者を対象とし、面接調査などにより作成され、災害発生直後、避難時に人が何を考え、どう行動したかに関して詳細にまとめられている。そこでは、地震が起きた事を知ってもすぐに避難しない人がいた事や、非常放送をはっきりと聞き取る事ができなかった人がいた事など、避難時間を遅延させる様々な問題点が報告された。既存の避難シミュレーションにおいても、これらの問題は扱われていなかった。

避難状況の解析や避難にかかる時間の推定、さらに防災対策手法の効果を検証する過程において、これらの問題を考慮しておく必要がある。本研究では、これらの社会的インタラクションを避難シミュレーションに取り入れる事を目的とする。具体的には、個々の事情や考え方に応じた多様な避難行動をとる避難者の意思決定モデル、災害時に行われる様々なコミュニケーションを表現する情報伝達モデルを提案する。

2. 関連研究と本研究のねらい

避難状況のシミュレーションにおいて重要な研究分野は、歩行シミュレーション、避難者の意思決定モデル、情報伝達モデルである。歩行シミュレーションに関しては、これまでに様々な手法が提案されてきた。その一方で避難者の意思決定モデルや、情報伝達モデルに関する研究は多数の問題が残っている。

歩行動作に関する研究分野では、歩行者の年齢や性別、体力といった身体的要因に加え、混雑の度合いにより歩行速度が遅くなるといった状況を扱う計算手法が提案されてきた。地図の表現形式によって、計算コスト、再現できる混雑の複雑さが異なる。主な計算手法は、ネットワークモデル、セルオートマトン、オープンスペースモデルなどがある。地図情報をノードとエッジにより表現するネットワークモデルでは、人はエッジ上の一点に存在しノードでの流量を制限する事で混雑状況を表現する。この手法は計算量が少ない一方で広場や複雑な構造を持つ建物などでの混雑を扱う事はできない。セルオートマトンでは、人が歩く事のできる領域を細かい領域に分割したセルの集合として地図情報を表現する。一人が一つのセルを占有し、他の人が占有しているセルに移動出来ない条件を設ける事で混雑状況を表現する。この手法は、一方通行の混雑など単純な混雑を扱う手法としては優れているのに対し、対向流など複雑な混雑状況を扱うのには不向きである。オープンスペースモデルでは、人の混雑を粒子モデルで表現し、他の人に衝突しないように力を作用させることで混雑状況が表現される。計算量が多い一方で、出入口付近で起こるアーチ現象や、対向流といった複雑な混雑状況を扱う事ができる特徴を持つ。これらの手法を用いることで、十分な精度で混雑状況を再現する事ができる。

エージェントベースシミュレーションにおける意思決定モデルに関する研究分野では、If-Then ルール、決定木といった単純なものから、ソフトコンピューティング（ファジーニューラルネットワーク等）に基づく曖昧性を考慮した手法などが提案されている。また、心理や感情といった人特有の認知状態を表現することを目的とした Belief Desire Intention (BDI)モデルなどが提案されている。避難シミュレーション研究においても、前述した歩行シミュレーション手法とエージェントベースシミュレーションを組み合わせる避難状況を再現する避難シミュレーションが示されている。避難路に詳しいリーダーが避難者を誘導するといった状況など、複雑な人間活動を再現した研究例がある。その一方で、これらの避難シミュレーション研究における意思決定モデルは、避難エージェントがリーダーエージェントの行動を真似するといった、意思決定モデルとしては単純な手法である。避難シミュレーションにおける避難者の意思決定モデルにおいては、災害時に人が何を知り、何を考え、どう行動するかといった意思決定の過程をモデル化することが求められる。我々は、BDI モデルをベースとしてこれまでの研究で扱われていない、避難者の心理や感情を考慮した意思決定モデルを提案する。

避難シミュレーション研究において、情報伝達に関する研究例は少ない。危険に関する情報や避難等の情報が伝わる過程は、その後の意思決定に大きく影響を及ぼす要因として重要であるといえる。消防法によって規定されている非常放送や、誘導員が誘導を行うことで情報が発信される。シャノンの情報

通信モデルにおいて、情報の伝達過程に起こりうる問題は、技術的問題、意味論的問題、効果の問題に分類される。以下に、それぞれの問題に対し東日本大震災で起きた例を示す。技術的問題としては、非常放送が行われたにも関わらず、避難者には聞こえていなかった状況や、放送自体は聞こえたが内容をはっきりと聞き取れないといった状況が報告されている。意味論的問題としては、避難方法を聞いたがその言葉が指し示す経路や場所が分からない状況などが報告されている。効果の問題としては、直ちに避難する必要がある事を放送しても、その放送に従わない状況が報告されている。このように、災害時においても、情報伝達に関わる問題を扱う事は重要であるといえる。我々は、避難シミュレーションにおいて、情報伝達の不確かさを考慮した情報伝達モデルを提案する。

3. 研究の成果

プロトタイプシステムを構築し、名城大学での避難シミュレーションを行い、提案手法の有用性を示した。

意思決定モデルの研究では、個々のエージェントが異なる記憶、感情、判断基準を持ち、個々の視覚情報を元に対処行動を決定するモデルを構築した。このモデルを用いて、親子や友人といった人間関係を要因とする人の行動、災害が起きた際の心理的状态遷移の違いに起因する多様な行動などを避難シミュレーションで扱った例を示した。

情報伝達モデルの研究では、非常放送や現場での誘導といった情報を与える手段の違いや、伝達の効率の違いが避難状況を変化させる事を示した。非常放送を完全に聞き取れず、誘導内容とは違う行動をとる人がいる事など現実の災害現場で確認されている行動を再現する事ができた。

これらのシミュレーション結果は、既存研究では扱われてこなかった、避難者の個性や情報伝達といった社会的要因を考慮している点において有用である。

論文審査の結果の要旨

9.11 WTC 事件や東日本大震災の報告書において、事件発生を知ってもすぐに避難しない人がいた事や、明確に非常放送を聞き取れないなど既存の避難シミュレーションが扱っていない問題が指摘された。避難シミュレーションにおいてこれらの要因を考慮する事を目的に、個々の避難者の事情や考え方に応じた多様な避難行動をとる意思決定モデルに関する研究と、災害時における様々なコミュニケーションを表現する情報伝達モデルに関する2点について研究を行った。

意思決定モデルに関する研究では、従来扱われてきた年齢や性別、体力といった身体的要因に加え、心理や感情といった人の内面状態を Belief-Desire-Intention モデルで表現した意思決定モデルを提案した。このモデルで、親子や友人といった人間関係に関わる行動、災害時の心理的状态の違いに起因する多様な行動を表現し、避難シミュレーションでその効果を示した。

情報伝達モデルに関する研究では、非常放送や誘導員による避難誘導、避難者間の会話といった情報伝達やその伝達の不確かさを考慮したモデルを提案し、非常放送や現場での誘導といった情報手段と伝達効率の違いが避難状況に影響を及ぼす状況を再現できる事を示した。

これらにより、既存研究では扱われていない避難者の個性や情報伝達といった社会的要因を考慮したシミュレーションが可能になり、東日本大震災や 9.11WTC 事件の報告書に見られる災害状況を定性的に再現できた。防災対応マニュアルや避難誘導方法の策定や評価において、あらゆる状況を想定した対応を考える事が可能する手段が提供できたと考える。

学位論文としての条件を備えていると評価できる。従って、学位を授与することを
妥当なものと判断する。