

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500186

研究課題名(和文) エージェントシステムによる避難指示と避難行動の解析と減災への応用

研究課題名(英文) Agent-Based Evacuation Behavior Simulations and its Application to Prevention Planning to Emergencies

研究代表者

高橋 友一 (Takahashi, Tomoichi)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：80278259

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：避難行動において重要な要素である避難誘導に着目し、身体的な相違の他に、過去の災害時の報告書にある行動に至る個人の状態をモデルで表現し、避難情報の提供方法や個人の心理状態と行動パターンもパラメータとするマルチエージェントベースの避難シミュレーションを構築した。一斉避難放送や警備員から避難誘導、避難誘導情報の適切さ・伝達効率、エージェントの行動パターンなどの条件を変化させたシミュレーション結果を解析し、避難誘導内容・方法により避難行動に変化がある事を示し、それをもとに避難シミュレーションが防災計画の評価に有効な事を示した。

研究成果の概要(英文)：During emergencies, it is extremely important to safely exit buildings and perform rescue operations quickly. Evacuation drills are conducted periodically to practice smooth evacuations and effective rescue operations. To evaluate the effectiveness of evacuation drills, it is necessary to analyze human evacuation behaviors from two perspectives: the perspective of the evacuee and the perspective of the rescue responder.

We developed TENDENKO that simulates the evacuation of a crowd of evacuees and rescuers in realistic situations. TENDENKO has three features: emergency information is announced to agents, agents have social and personal relationships between them and behave according to their roles, and rescue agents move against the flow of evacuee agents. Our research shows the simulations serve to improve evacuation planning for the building to save more lives during future emergencies.

研究分野：情報工学

キーワード：避難行動シミュレーション マルチエージェントシステム 群衆シミュレーション 情報伝達モデル

1. 研究開始当初の背景

災害時において、不十分な情報の中で不安になっている人にとって、避難放送、救助隊の指示、会話による情報共有は、迅速な避難行動をする上で重要な要因になる。一方、迅速な避難行動を妨げる要因として、災害時に避難指示が十分に伝わらない事や人それぞれの事情で避難するまでの時間にばらつきがある事などが指摘されている。

本研究は、避難する人の行動規範や時々々の心理状態に応じた対応をエージェントモデルで表現し、災害状況に応じた避難誘導を提示する事で人(エージェント)に避難行動などを起こさせる。その個々のエージェントの行動と他のエージェントとの関わりが全体の避難行動を如何に変化させるかシミュレーションで解析し、シミュレーション結果から得られる知見を災害時の避難放送や防災計画に反映する事で、減災といった安心安全な社会構築に役立てる事を目的とした。

2. 研究の目的

本研究は、避難行動において重要な要素の一つである人に対する避難誘導内容・方法に着目し、身体的な条件の他に、情報提供方法、提供された情報による個人の心理状態の変化などをパラメータとする避難シミュレーションを構築する。

システム構築にあたって、人の動きを一律に扱うマクロレベルではなく、過去の災害時の報告書にある行動に至る個人個人の状態をモデルで表現し、その状況によって避難行動が変化するミクロレベルでのシミュレーションを行う。そのためマルチエージェント指向シミュレーション(MABS)を用い、以下にあげる特徴を有するシステムを構築する。

- 1) 避難者の心理状態を、BDI(Belief - Desire - Intention)モデルで表現する。
- 2) 避難者エージェントの特性として、老若男女や身体的特徴に加え、性格や家族関係等の人間的な属性を持つ。
- 3) 避難指示に加え、会話によるエージェント間の情報共有により避難行動のリーダになる・リーダの指示に従う又は違う行動をする等の行動を創発する。
- 4) 伝達方法として館内放送や警備員から案内、その情報の信頼度などが設定できる。その違いにより全体の避難行動が変化する。

そして、提供情報から行動へ時間の相違による避難行動の質的な変化を解析する事で、避難誘導内容・方法を含めた防災計画を評価する事を目的とする。

3. 研究の方法

- 1) 東日本大震災の調査で、避難にあたって防災警報を見聞きした人の割合は東北3県で40%前後、避難者の災害状態認識、事情の相違から切迫避難・用事後避難・直後避難と避難開始時間に相違が生じた報告がある。この

情報を受けとった人の割合、その後避難行動を開始した人の割合は、福島県、宮城県、岩手県で異なる。この事は、人が避難誘導や周囲の人から入手する情報と避難活動に関係がある事を示している。その様な状況をシミュレーションできるエージェントモデルの検討、システム開発を行った。

2) 避難者の性格や親子関係等の属性、それに伴う情報の扱い方は、避難行動に結びつく。そのような人の属性の表現モデルについても検討を進めた。併せて、粒子モデルをベースに他人との衝突を考慮する人格や身体的な特徴のほかに、個々人の避難意志を考慮した人の流れ(隘路・階段での渋滞など)を計算するモデルを検討した。

3) 建物からの避難計画の有効性や問題点を検討する事は大事であるに関わらず、実際の建物と人で実証実験する事は難しい。世界貿易センタービルに関する NIST(アメリカ国立標準技術研究所)の報告では、建物に入った救助隊を、階段ですれ違う人は助けと心強く思うとともに避難の障害を感じるという指摘がある。東日本大震災の調査では、警報を見聞きした人の中で防災無線をはっきりと聞き取れた人の割合は 75%前後であるといった報告がある。

これらの調査報告を元に、数千人規模で複数階からなる建物からの避難、複数の建物から屋外にある避難所への避難行動を、以下の2項目を含んだシナリオについてシミュレーションし、検証を実施した。

- 1) エージェントの種類: 救助隊と市民と異なる立場のエージェントを対象にする。市民には、老若男女の他に親子関係や性格など異なる行動規範を持つ複数の種類のエージェントを用意した。
- 2) エージェントへの情報: 館内放送や警備員から適切な情報提示があるかないかで、避難行動は変化する。提示される情報の完全さ、提供情報から行動へ時間の相違による避難行動の質的な変化を検討した。

4. 研究成果

1) 東日本大震災の調査にある避難者行動をシミュレーションできるエージェントモデル、世界貿易センタービル崩壊時にける建物から階段を使用して避難する際に救助隊とのすれ違い等の他人との衝突を考慮する人格や身体的な特徴を考慮した人の流れ(隘路・階段での渋滞など)を計算する粒子モデルに対処した避難シミュレーションシステム(TENDENKO)を開発した。

2) 避難者への避難指示がすべて人に伝わり、聞いた人が内容を理解するとは限らない。又、誰から聞いたかによりその情報の信頼度は異なり、情報を受け取った人のその後の行動は変化する。親子関係といった人間関係や情報の信頼度・伝達率をパラメータにする情報

伝達モデルを提案し、その相違が全体としての避難行動に結びつくかを評価するシステムの検討を、5階建ての建物（大学図書館）から1,000名規模の避難行動のシミュレーション実験を行った（図1）。

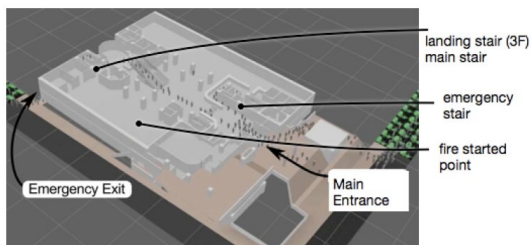


図1. TENDENKOでシミュレーション例

避難状況として、一斉放送による避難指示に加え、伝達（声が届く）距離が10mに限定された図書館の係員からの避難誘導した場合、建物内部の避難者だけの場合と建物外部からの救助隊が建物内部に救助に入る場合などを想定したシミュレーションを実施した。図2は一斉避難、時間をおいての避難指示、避難者タイプ、情報伝達率を相違による避難者の割合変化の一例を示す。これにより一斉避難より避難経路の渋滞を考慮した避難方法の方が避難率をして良い結果を示す事を明らかにした。

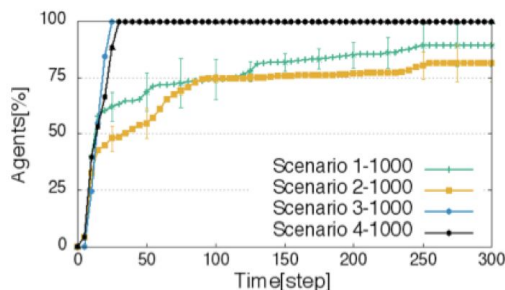


図2. 建物からの避難者率の時間推移

3) 大規模な公共施設への適用の一例として、名古屋駅前の地下街における避難状況を想定した環境を用意した。この目的は、駅前の地下街での避難は建物避難に比較し、一桁違う10,000人規模が対象になる。さらに、駅の地下街では、電車の到着により新たに人は流入してくる。そのような状況を効率よくシミュレーションするためにGPGU(画像処理用汎用計算装置)を使用した並列処理の検討を行った。図3は、GPGUを使用した時の計算時間を示す。

4) 地下街からの避難シミュレーションにおいて、Twitterに代表される携帯情報機器を用いた情報伝達による避難誘導を検討した。その新しい通信手段による避難指示で、行動パターンが変化し、何割の人が情報で行動を開始すると全体としての避難行動に結びつくかを評価し、情報伝達モデルの相違によるシミュレーション結果に変化がある事を示

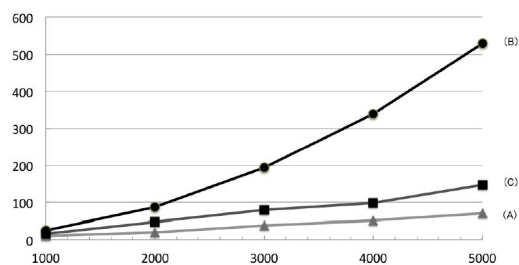


図3. エージェント数の増加と計算時間

した。

5) ISOの基準に従い、避難にかかる時間を尺度に用いて災害発生状況に応じた誘導により効率的な避難ができる事を示した。

その結果を実際の防災に活用するには、シミュレーション結果を検証する必要がある。大規模災害の状況を再現し実験する事は、実際問題として困難である。又、実行できたとしても、人間行動を要因として含むためその再現性が保証されにくい。避難行動シミュレーションをそのような人間を要因とする社会システムの検証としてとらえ、検証にあたって満たすべき条件を提案するとともに、その条件でTENDENKOのシミュレーション例を元に、条件適用可能性の評価を実施した。

6) 避難シミュレーション結果を災害発生時の避難誘導指示に役立てる方策として、スマートフォンに代表される携帯情報端末を利用したシステムを検討し、実用新案特許として申請、取得した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

1 岡谷賢、高橋友一、避難シミュレーションにおける情報伝達モデル、電気学会論文誌C. 134、2014、252-257

2 岡谷賢、高橋友一、Agent-Based Evacuation Behavior Simulations and Evacuation Guidance, Journal of Information Processing, 22,2014, 319-324

3 岡谷賢、高橋友一、Application of the Information Transfer Model to Evacuation Guidance, Planet@rsik,2013,34-43

4 本多俊貴、鈴木裕利、石井成郎、遠藤守、高橋友一、災害情報収集システム利用者の情報評価に関する一考察、電子情報通信学会論文誌, J95-D、2012、202-212

[学会発表](計5件)

1 高橋友一、伊藤暢浩、Qualitative Methods of Validating Evacuation Behaviors、Joint International Conference on SMEC 2014、ニチイ学館 神戸ポートアイランドセンター(神戸)

2 丹羽俊徳、岡谷賢、高橋友一、Evacuation

Simulation with Guidance for Anti-disaster Planning, RoboCup International Symposium 2014, 2014, 319-324, Joao Pessoa (Brazil)
3 岡谷賢、丹羽俊徳、高橋友一、TENDENKO: agent-based evacuation drill and emergency planning system, The Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS) 2014, 1669-1670, Paris (France)
4 岡谷賢、Mary Southern、高橋友一、Dynamic information transfer and sharing model in agent based evacuation simulations, The Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS) 1295-1296, 2013, Saint Paul (USA)
5 丹羽俊徳、岡谷賢、高橋友一、Parallel Computation Using GPGPU to Simulate Crowd Evacuation Behaviors: Planning Effective Evacuation Guidance at Emergencies, RoboCup International Symposium 2013, 2013, 348-359, Eindhoven (Netherlands)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：非常時の状況に応じた避難経路情報表示機能を持つ情報提供システム

発明者：高橋 友一

権利者：同上

種類：実用新案

番号：実願 2 0 1 4 - 6 0 7 8

出願年月日：平成 2 6 年 1 1 月 1 4 日

国内外の別：国内

取得状況(計 1 件)

名称：非常時の状況に応じた避難経路情報表示機能を持つ情報提供システム

発明者：高橋 友一

権利者：同上

種類：実用新案

番号：実用新案登録第 3 1 9 6 4 3 5 号

出願年月日：平成 2 6 年 1 1 月 1 4 日

取得年月日：平成 2 7 年 2 月 1 8 日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 友一 (TAKAHASHI, Tomoichi)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：8 0 2 7 8 2 5 9

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：