

機関番号：33903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19700032

研究課題名(和文) 災害救助における地図の構造と協調行動

研究課題名(英文) relationship between a structure of a map and cooperation among agents on disaster-relief

研究代表者

伊藤 暢浩(ITO NOBUHIRO)

愛知工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：40314075

研究成果の概要(和文): 災害シミュレーションの役割の1つは、仮想的な被災空間での救助戦略の評価である。災害救助の成果は、被災地によって左右されるため、ある被災地で有効な戦略が、別の被災地でも有効であるとは限らない。そこで本研究では被災地の特徴を定量化し、災害救助戦略の結果との間にある関係を分析した。その結果、道路ネットワークの構造及び建物配置と、災害救助戦略の間に依存関係があることがわかった。

研究成果の概要(英文): One purpose of disaster simulation is to evaluate a strategy for disaster relief on a virtual disaster-affected area. A result of disaster relief depends on the disaster-affected area. It means that one strategy that is effective for an area is not always effective for another area. In this research, we quantified features of disaster area. And we analyzed the relation between features of disaster area and results of disaster relief. Through this research, we clarified the dependency between a road network and location of buildings, and a strategy of disaster relief.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,200,000	720,000	3,920,000

研究分野：マルチエージェントシステム

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェアエージェント、レスキュー工学

1. 研究開始当初の背景

近年、国内外で頻発している大規模な地震、津波、台風などの自然災害による大規模災害に対する取り組みに注目が集まっている。その取り組みの一つに、日本を中心にして1999年に始まったロボカップレスキュープロジェクトがあり、現在ではアメリカ、ドイツ、ポルトガル、トルコなども参加する国際的なプロジェクトとなっている。このプロジェク

トでは、火災の発生、建物の延焼などあらゆる物理現象をできる限り正確にモデル化し、さらにマルチエージェントシステム(以降、MAS)を用いて人間1人、1人を独立した行動主体(エージェント)として設計することにより、現実に近い災害救助シミュレータの実現を目指し研究開発に取り組んでいる。

私はこれまでMASにおいて多面的性質を表現可能なエージェントモデル、協調行動を

獲得するためのプロトコル、異種エージェント間の組み合わせとその評価などの研究をおこなってきた。これらの研究と実績から1999年にロボカップレスキュープロジェクトに参加しプロトタイプレスキューエージェントの実現を担当、更に文部科学省の大都市大震災軽減化特別プロジェクト・シミュレーションアーキテクチャ開発チームにおいても災害救助エージェントの実現を担当している。

災害救助シミュレータでは被災地のシミュレーションを通して、自然災害による被害予測や、それに基づく被害対策などへの利用が期待されている。また、適用する地域に応じて地図やエージェントの能力を自由に変更可能でなくてはならない。したがって災害救助エージェントの設計に必要とされることは次のとおりである。

- ・ 災害救助エージェントの組み合わせを自由に変更し防災戦略を評価分析できること
- ・ 地図を変更しても有効な防災戦略を設計できること

以上の2つを達成するにはMAS分野で最も難しい課題のひとつである「MASの協調行動の評価」の問題に取り組む必要がある。MASは環境とその環境に含まれる複数のエージェントによって構成される[0-2]。つまり、MASの協調行動の結果は環境に依存してしまうことになる。したがって災害救助シミュレータの要求に応えるためには次の研究が必要となる。

- (1) 災害救助エージェントの組み合わせと評価
- (2) 災害救助エージェントと地図の関係の分析
- (3) (1)および(2)に基づくエージェントの評価分析法

2. 研究の目的

本研究では上述の(1)~(3)を目的とし、これらを実現するために研究の目的を次の4つのテーマに分割する。

- (1) 災害救助シミュレーションにおける協調行動に関する研究

Cooperation, Coordination, Teamworkなど従来研究における協調行動についてロボカップの災害救助シミュレータ上で検討をおこない、協調行動の定義をおこなう。

- (2) 地図のネットワーク構造分析に関する研究

地図をネットワーク構造としてとらえ、グラフ理論や社会ネットワーク分野のソーシャルワールド性、スケールフリーネットワークなど、さまざまな角度から地図を分析する。

- (3) 地図の難しさを考慮した協調行動の評価法に関する研究

(1)および(2)の研究により定義したエージェントの協調行動と地図の難しさに基づいて、その間にある関係を明確化する。また、それに基づいた災害救助エージェントの協調行動を評価する方法を提案する。

- (4) 災害救助シミュレータへの統合

(1)~(3)の研究成果を大都市大震災軽減化特別プロジェクトの震災総合シミュレーションシステムやロボカップレスキューシミュレーションシステムなどに適用し、成果の確認をおこなう。

3. 研究の方法

2.で述べた(1)~(4)の研究目的を達成するために、次の(1)~(6)を実施する。

- (1) まず協調行動に関する論文を調査し、協調行動を代表的な4つのカテゴリ(Cooperation, Coordination, Coalition, Teamwork)に分類して検討する。

協調行動には単純な形式的定義から論理学等による定義まで幅広い。本研究ではすべての協調行動に関する記述をチェックして分類と再定義をおこなう。

- (2) サッカーおよび災害救助シミュレーションにおける検証

マルチエージェントシステム(以降、MAS)のテストベッドとして、ロボカップサッカーおよび災害救助(レスキュー)シミュレーションがある。これらはそれぞれ1997年、2001年以降、研究成果を試す競技会として世界的におこなわれており、その競技の様子を記録した膨大なログファイルが存在する。

本研究ではそのログファイルの内容から必要なものを抽出し、論文サーベイの結果を反映した協調行動の定義についてその妥当性について検討をおこなう。

- (3) 協調行動の定義を用いたツールの設計と実装

本研究で用いる災害救助シミュレーションでは現在、「被災した都市の被害総額」で評価をおこなっている。しかしこれは協調行動の指標としては問題がある。例えば、災害救助シミュレーションにおける火災消火において、結果として全焼してしまった場合を考える。この場合、協調行動をとった結果、消火能力が不足しているために全焼したのか、協調行動が不適切であったために全焼してしまったのかわからない。そこで、本節の

(1)および(2)の結果に基づいたツールを災害救助シミュレーション用に設計、実装しロボカップレスキュープロジェクトに提供する。

- (4) ネットワーク構造分析による「地図の難しさ」の定義

地図は災害救助シミュレーションのMASに大きな影響を与える。その影響の原因は地図の持つ構造にあると考えられる。本研究では

この構造として道路の接続状態に注目して、ネットワーク構造分析をおこなう。ネットワーク構造分析では社会ネットワークの構造分析の分野で用いられている手法を導入する。また、ネットワーク構造はグラフ構造とも考えることができるため、グラフ理論の側面からも分析をおこなうこととする。

(5) 地図の複雑さを考慮した協調行動の評価

本節の(1)～(3)の研究成果による協調行動の定義と、上述の(4)による地図の難しさの間にある関係に注目した研究をおこなう。対象とするのはロボカップの災害救助シミュレーションである。

上述の(4)の成果からさまざまな難しさの地図を用意し、それらを用いた災害救助シミュレーションにおいて協調行動に関する考察をおこなう。この結果から「地図の複雑さ」と「協調行動」の間にある関係を明確化する。

(6) 災害救助シミュレータへの統合

これまでの成果をロボカップレスキュープロジェクトの災害救助シミュレーションシステムおよび大規模大震災特別プロジェクトの震災総合シミュレーションシステムに適用可能なツールとして提供する。

4. 研究成果

3. で述べた(1)～(6)について以下の研究成果を得た。

(1) 協調行動に共通する特徴は「通信に基づいて複数のエージェントが問題解決を行う」ことであることがわかった。また、各定義における特徴をまとめ、本研究で取り扱う災害救助戦略に対して、「協調行動」を整理した。

(2)および(3) (1)に基づき、ロボカッププロジェクトのサッカーおよび災害救助シミュレーションの過去のログデータを分析し、競技の結果と分析結果について考察し、その相関性の強いデータをリアルタイムに表示するツールの設計と開発を行った。

(4) 災害救助隊(エージェント)の活動に対して、複数の計算値により地図の特徴を表現するため、主に重回帰分析を用いて「地図の難しさ」の定義を検討した。その結果、定義により、概ね「地図の複雑さ」を定量的に表現ができた。

(5) 「地図の複雑さ」に応じた「協調行動」の結果について統計的に分析した。その結果、いくつかの例外が見つかり、その例外によって統計学上、「地図の複雑さ」と「協調行動」の関係が強いとはいきれないことがわかった。この原因として、定量化の結果を検証するためのシミュレーション条件が不十分であると考えられたため、条件を変更し再度シミュレーションを実施した。その結果、以前よりも結果は改善したが、絶対的に十分な結果とはいえなかった。医学統計など異分野

における同様の場合を考慮すると、得られた結果は十分であるとも考えられるが、その数値の持つ意味について、更に深く検討する必要がある。

(6) ロボカップレスキューを協調行動のベンチマークとして提供する準備しているが、その一部として、本研究の成果の活用を検討している。

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7件)

1. Kazunori Iwata, Nobuhiro Ito, Yu Fukuda, Naohiro Ishii, "Analyzing Map Features and Building Information for Disaster Response using Agent-Based Simulations," The Proceedings of the 14th Annual KES Conference, KES2011, 査読有, 採録決定, 2011.
2. Tomohito Suzuki, Nobuhiro Ito, "RoboCupRescue2010 - Rescue Simulation League Team Description <NAITO-Rescue>," The Proceedings of International Symposium, 査読有, RoboCup2010 Singapore, Team Description Papers, pp.1-8(CDROM), 2010.
3. Kazunori Iwata, Nobuhiro Ito, Yoichi Setoguchi, Naohiro Ishii, "Analyzing the Relationship between Complexity of Road Networks and Mobile Agents' Simulation," Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, 査読有, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5712, pp.639-647, 2009.
4. Yu Fukuda, Nobuhiro Ito, Toshihito Suzuki, "RoboCupRescue2009 - Rescue Simulation League Team Description Naito-Rescue," The Proceedings of RoboCup International Symposium, RoboCup2009 Graz, Team Description Papers, pp.1-8(CD-ROM), 2009.
5. Kazunori Iwata, Nobuhiro Ito, Kuniyoshi Toda, Naohiro Ishii, "Analysis of Agents' Cooperation in RoboCupRescue Simulation," Software Engineering Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, 査読有, Studies in Computational Intelligence, 149, pp.227-237, 2008.
6. Yu Fukuda, Keisuke Natsume, Nobuhiro Ito, Eiji Yamada, Yoshitaka Kuwata, Kazunori Iwata, Koichi Wada,

- “Evaluation of Situated-Optimal Planning Strategy with Integrated Disaster Simulation System,” The Proceedings of SICE Annual Conference 2008, 査読有, pp.433-438, 2008.
7. Kazunori Iwata, Nobuhiro Ito, Yohei Kaneda, Naohiro Ishii, “Complexity of Road Networks as Agents’ Environments – Analyzing Relevance between Agent Evaluations and their Environments –,” Agent and Multi-Agents Systems: Technologies and Applications, KES-AMSTA2008, 査読有, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4951, pp.474-484, 2008, Keisuke Natsume, Nobuhiro Ito, “A Group Forming between Fire Brigade and Police Force,” The Proceedings of Rescue Agent Competition Team Description Papers, 査読有, RoboCup2007 Atranta, <http://users.ecs.soton.ac.uk/sdr/roboocup2007/symposium/tdp13.pdf>, 2007.
- 〔学会発表〕(計8件)
1. 堀江幸生, 伊藤暢浩, 幸塚義之, 園田純, 「平均探索情報量とマルチエージェントシミュレーションとの関連性についての考察」, 人工知能学会, 社会におけるAI研究会, 第11回研究会(社会におけるAI・エボリューションナリコンピュテーション合同研究会)オンライン予稿集, <http://sites.google.com/site/jsaisig-sai/meeting-2010-12-1/sig-sai-2010-12-04-05.pdf?attredirects=0>, pp.1-8, 2010年12月4日, 愛知県.
 2. 園田純, 磯村啓祐, 伊藤暢浩, 「RoboCup Rescueにおける仮想構造を持つ組織形成について」, 平成22年度電気関係学会東海支部連合大会講演予稿集, G5-6, 2010年8月31日, 愛知県.
 3. 伊藤暢浩, 高橋友一, 「ロボカップシミュレーションリーグの歩み」, 平成21年度電気関係学会東海支部連合大会シンポジウム, ロボカップから社会へ, S1-1, 2009年9月10日, 愛知県.
 4. 長谷部優, 森久和昭, 伊藤暢浩, 「災害救助戦略における地図情報の利用についての検討」, 第23回人工知能学会全国大会予稿集, 1D2-S06-11, 2009年6月17日, 高知県.
 5. 鈴木俊人, 福田佑, 伊藤暢浩, 岩田員典, 犬塚信博, 和田幸一, 「地図情報を用いた災害救助エージェントの活動予測について」, 人工知能学会, 社会におけるAI研究会, 第8回研究会オンライン予稿集, <http://sites.google.com/site/jsaisig-sai/past-meetings/meeting-2008-03-1/>

- sig-sai-2009-03-04-23.pdf?attredirects=0, pp.1-9, 2009年3月4日, 宮城県.
6. 福田佑, 瀧澤寛明, 伊藤暢浩, 岩田員典, 和田幸一, 「建物および道路に関する地図の特徴と災害救助エージェントの依存関係について」, 2008年度空間情報科学研究センター第11回年次シンポジウム, 2008年11月11日, 千葉県.
 7. 福田佑, 夏目恵介, 伊藤暢浩, 山田英二, 桑田喜隆, 岩田員典, 和田幸一, 竹内郁雄, 「震災総合シミュレーションシステムによる状況最適についての検証」, 2008年度空間情報科学研究センター第11回シンポジウム, 2008年11月11日, 千葉県.
 8. 瀧澤寛明, 伊藤暢浩, 岩田員典, 和田幸一, 「災害救助シミュレーションにおける道路と建物の特徴について」, 情報処理学会, 情報処理学会研究会報告, No.2008-ICS-151, pp.61-66, 2008年3月5日, 北海道.
- 〔図書〕(計2件)
1. 伊藤暢浩, 人工知能学会, 人工知能学会誌特集「編集委員今年の抱負 2011」(松原仁編), 「災害救助シミュレーションの壁」, 2011, p.13.
 2. 伊藤暢浩, 人工知能学会, 人工知能学会誌特集「ロボカップ12年」(野田五十樹編), 「ロボカップレスキューシミュレーションの動向」, 2011, pp.220-228.

〔その他〕
 ホームページ等
 RoboCupRescue Simulation League Agent Competition,
<http://roborescue.sourceforge.net>.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 暢浩 (ITO NOBUHIRO)
 愛知工業大学・情報科学部・准教授
 研究者番号: 40314075

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: