

ユビキタスネットワーク社会におけるメガナビゲーション技術に関する研究 (052307001)

Studies on Mega Navigation technologies in the Ubiquitous Network Society

研究代表者

石田 亨 京都大学大学院情報学研究科

Toru Ishida Graduate School of Informatics, Kyoto University

研究分担者

八槇 博史[†] 服部 宏充[†]

山本 学^{††} 加藤 整^{††} 田井 秀樹^{††} 水田 秀行^{††} 米沢 隆^{††}

神谷 誠[§] 山脇 一路[§] 山本 正[§]

Hirofumi Yamaki[†] Hiromitsu Hattori[†]

Gaku Yamamoto^{††} Sei Kato^{††} Hideki Tai^{††} Hideyuki Mizuta^{††} Takashi Yonezawa^{††}

Makoto Kamitani[§] Kazumichi Yamawaki[§] Tadashi Yamamoto[§]

[†]京都大学大学院情報学研究科

^{††}日本アイ・ビー・エム株式会社 [§]西日本電信電話株式会社

[†]Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{††}IBM Japan, Ltd. [§]Nippon Telegraph and Telephone West Corp.

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

本研究開発は、人間のその場の状況に応じた行動を取り込み、都市や都市圏を対象エリアとした大規模なマルチエージェントシミュレーションを実現するための技術を確認することを目的とした。我々はまず、大規模マルチエージェントシミュレーションシステムを構築し、その上にシナリオ記述言語 Q の解釈実行系を実装することで、大量のエージェントを Q シナリオにより制御する環境 Caribbean/Q を構築した。更に参加型シミュレーション機能を構築することにより、仮想的なマルチエージェントシミュレーション空間に、現実の人間が参加することを可能にした。これを京都市内での数万人規模の移動を想定した大規模な参加型避難誘導シミュレーションに適用することによりその有効性を実証した。また、大規模マルチエージェントシミュレーション基盤上に開発された大規模交通シミュレーションの性能を、スーパーコンピュータ HPC2500 上で検証することにより、大規模交通シミュレーションの実現可能性を確認した。

Abstract

This project focuses on developing technologies that realize the inter-city scale massive multi-agent simulation, where scenario-guided agents act as the situation demands. To this end, we have firstly developed a massive multi-agent simulation environment named Caribbean/Q, on which environment, each agent is controlled by the Q-scenario. Then we have developed a participatory simulation function and conducted a large-scale participatory evacuation guide simulation of millions of people in Kyoto-City to demonstrate its effectiveness. The performance analysis result of large-scale traffic simulation on HPC2500 of Kyoto University demonstrates the feasibility of the inter-city scale traffic simulation.

1. まえがき

従来人間の行動を再現するシミュレーション方式は、ある仮説に基づいて人間行動の基本部分をモデル化してから、その結果をイベント駆動シミュレータに取り込む方式であり、このようなシミュレータでは、人間のその場の状況に応じた行動を取り込むことができない。本研究開発の目的は、人間のその場の状況に応じた行動を取り込み、都市や都市圏を対象エリアとした大規模なマルチエージェントシミュレーションを実現するための技術を確認することにある。これにより都市全体の交通シミュレーションや、大規模災害時の避難シミュレーションなど、人間の状況判断を反映したシミュレーションを実行可能にすることを旨とする。この実現のために、本研究開発では、以下に集約される 3 項目の研究開発：

- ① 行動シナリオを定義することで数十万から数百万人のエージェントを制御する技術の開発
- ② 参加型シミュレーション機能の構築と検証
- ③ 大規模マルチエージェントシミュレーションシステムの開発と交通シミュレータによる性能検証

を行った。本稿では、それぞれの研究開発内容及び成果について概説する。

2. 研究内容及び成果

人間のその場の状況に応じた行動を再現するエージェントを、数十万から数百万人規模で動作させるシミュレーションを実現するには、まずそれら個々の振舞いを定義する必要があるが、数十万から数百万人の振舞いの定義は非現実的である。そこで我々は数十万から数百万人の行動パターンを幾つかの行動シナリオに分類し、そのシナリオに含まれるパラメータの値を適当な分布で割り当てる機能を開発することで、数十万から数百万人のエージェントを制御することを試みた。具体的には、大規模マルチエージェントサーバー Caribbean 上にシナリオ記述言語 Q の解釈実行系を実装することで、大量のエージェントを Q で記述された行動シナリオにより制御する環境 Caribbean/Q を構築した。更に、Q シナリオを Caribbean 上で読み出せる構文木に変換する Q トランスレータを開発した。これによりエージェントに Q シナリオを与えることで、数百

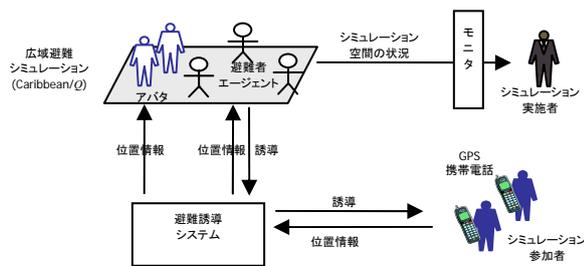


図1 参加型避難誘導シミュレーションシステム

万のエージェントが個別の行動シナリオを持つ大規模マルチエージェントシミュレーションを実行することに成功した。更に Q インターフェースを拡張し、関数定義機能を装備させることにより、エージェントに確率的な振舞を取らせること、エージェントの行動シナリオのパラメータの値を簡易に割り振ることが可能になった。

各エージェントが相互に作用する仮想的なマルチエージェントシミュレーション空間に、現実の人間が参加することにより、シミュレーション精度の向上や仮想空間における疑似体験獲得が期待される。そこで、我々は、前述した Caribbean/Q 上に、現実の参加者の挙動をシミュレーションに取り込む参加型シミュレーション機能を構築した。具体的には、災害避難誘導のシミュレーションにおいて、GPS 携帯電話を利用し、被験者の移動経路をシミュレータに取り込むことで、図1に示される参加型避難誘導シミュレーションシステムを構築した。実際に、本システムを用いて京都市内での数万人規模の移動を想定した大規模な参加型避難誘導シミュレーションを行った。本システムでは GPS で取得された被験者の現実空間における位置情報が避難誘導システムを通じて仮想空間に反映され、現実空間の被験者は アバタとして再現される。仮想空間内で避難者エージェントと相互作用により得られたシミュレーション結果は、モニタを通じて被験者に伝えられ、被験者は疑似的な避難体験を得られるようになる。更に我々は、シナリオを緻密化するために、実験ログから人間の行動モデルを抽出する汎用的なアルゴリズムを設計し、交通ドメインに適用することにより、運転者の操作モデルを獲得することに成功した。

都市や都市圏を対象エリアとした大規模シミュレーションを実現するには、数十万から数百万人エージェントを処理可能なマルチエージェントシミュレーションシステムを開発する必要がある。本研究開発では、大規模マルチエージェントシミュレーション基盤 (以下 ZASE と省略する) を設計、開発し、更に ZASE 上で交通シミュレータアプリケーションを実装することによってその性能を評価した。図2に ZASE のアーキテクチャーを示す。ZASE は、エージェントシミュレーション全体を統合的かつ効率的に制御する基盤であり、高性能なエージェント間メッセージングシステム、分散計算環境でのシミュレーション機能、ログ管理機能などを特徴としており、数百万を超えるマルチエージェントシミュレーションを実行するための環境を提供する。この基盤を利用することにより、エージェントベースシミュレーションシステム開発者は、マルチスレッド処理や、データ排他制御、時間同期処理、実行結果ロギング等を考慮せずアプリケーションプログラムを開発することが可能になった。我々は、まず単一計算機上で実行可能な実行基盤を開発し、MPI を通信ライブラリとして用いることができるように ZASE を拡張することで、大規模クラスタ環境の実行を実現した。このように

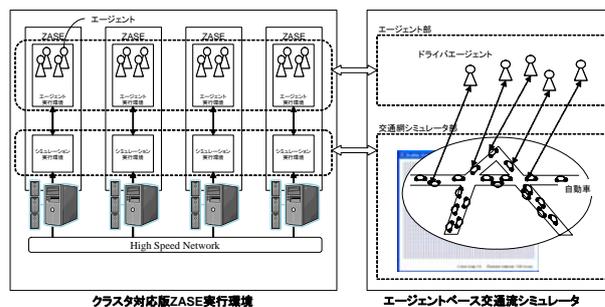


図2 大規模マルチエージェントシミュレーション基盤のアーキテクチャー

して開発された ZASE の性能特性を把握するために ZASE 上に交通流シミュレータを開発し、スーパーコンピュータ HPC2500 上で大規模交通流シミュレーションを実施した。81km² の人工的な道路網の交通流シミュレーションの性能を計測した結果、1シミュレーションサイクル(1秒)を計算するのに要する計算時間は、1プロセスで実行した場合は16.5秒であるものの、81プロセスを利用することにより2.1秒まで短縮されることが解った。

3. むすび

本研究開発により、数十万から数百万人の人間が、その場の状況に応じ相互に作用する大規模マルチエージェントシミュレーションを実行するための基盤技術を確立した。この基盤上に構築した交通流シミュレータの性能検証結果により、都市レベルの大規模交通流シミュレーションが実用上問題ない時間スケールで実行可能なことを示した。また京都市内での数万人規模の移動を想定した大規模な参加型避難誘導シミュレーションを行い、参加型シミュレーション機能の効果を検証した。

【誌上发表リスト】

- [1] 中島悠、椎名宏徳、山根昇平、八槇博史、石田亨、“大規模シミュレーション基盤におけるプロトコル記述とエージェントの分離” 電子情報通信学会論文誌、Vol.J89-D No.10 pp.2229-2236、2006.
- [2] 中島悠、椎名宏徳、服部宏充、八槇博史、石田亨、“マルチエージェントシミュレーションを用いた避難誘導実験の拡張” 情報処理学会論文誌”、Vol.49 No.6、2008.
- [3] G. Yamamoto, H. Tai, H. Mizuta, “A Platform for Massive Agent-based Simulation and its Evaluation”, AAMAS 2007 (2007)

【受賞リスト】

- [1] Yi-chuan Jiang and Toru Ishida, PRIMA-2006 Best Paper Award, “Concurrent Agent Social Strategy Diffusion with the Unification Trend”, 2006年8月8日
- [2] 中島悠、椎名宏徳、山根昇平、第23回テレコムシステム技術学生賞、“Disaster Evacuation Guide Using a Massively Multiagent Server and GPS Mobile Phones”, 2007年3月17日

【報道発表リスト】

- [1] “GPS 携帯、避難を誘導、京大が実験”、朝日新聞夕刊14面、2006年1月13日
- [2] “GPS 携帯で災害避難実験”、産経新聞夕刊15面、2006年1月13日
- [3] “GPS 携帯で避難誘導、京大グループ実験”、読売新聞夕刊15面、2006年1月13日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.ai.soc.i.kyoto-u.ac.jp/meganavi/>