

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540111

研究課題名(和文)世界70億人の100年を地球規模でシミュレートするためのエージェント技術の開発

研究課題名(英文)Development of agent technology to simulate the global scale of 100 years of 7 billion people worldwide

研究代表者

川村 秀憲(Kawamura, Hidenori)

北海道大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：60322830

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は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環境についての研究である。シミュレーション対象として、Thomas SchellingによるSegregation modelを取り上げ、オープンストリートマップをデータを用いて構築された環境で数万規模のエージェントが居住地選択を行い、社会的地位などで居住地域がどうセグメント化されていくのかにおける大規模エージェントシミュレーションに成功した。

研究成果の概要(英文)：This research is a study on environment to execute large scale multi agent simulation. As a simulation target, Segregation model by Thomas Schelling is taken up, tens of thousands of agents select a place of residence in an environment constructed using data as an open street map, how residential areas are segmented by social status etc. We succeeded in large - scale agent simulation as to whether to go.

研究分野：人工知能

キーワード：マルチエージェント

## 1. 研究開始当初の背景

マルチエージェントによる社会シミュレーションの必要性が高まる中、依然として国内外では小規模のエージェント実行技術しなく、例えば国際関係や人口が数億いる国などの状況をシミュレーションするためには新しい技術が必要であった。研究申請時には、そのための研究の例は少なく、本研究の必要性が高まっていた。

## 2. 研究の目的

世界規模の諸問題を理解し、解決策を模索するためには世界規模の社会システムを適切に理解する必要がある。従来、エージェントシミュレーションは様々な社会システムのモデル化、分析に使われてきたが、規模を落とすことなく世界規模の社会システムを理解するための方法についてはほとんど研究がなされてこなかった。そこで、本申請では「世界 70 億人の 100 年を地球規模でシミュレートするためのエージェント技術の開発」を目標とし、大規模エージェントのパラメータを設定する方法、世界規模のデータの可視化手法、そしてそれを実現するためのシミュレーション技術について研究を行う。その成果によって、エージェントシミュレーション研究にブレークスルーをもたらすことを目指す。

大規模なシステムを分析する際、ローマクラブの報告書『The Limits to Growth』に見るように、古くはシステム構成要素の状態をパラメータ化し、その関係を数学的にモデル化して数値シミュレーションを行うシステムダイナミクス的手法が主流であった。システムダイナミクスでは、システム内部の諸要素の流れをフローとしてモデル化して分析を進めるため、サブシステムの集合体として

の要素モデルが精度良く記述可能で有り、サブシステムのフローの因果関係が明瞭な場合には有用であるが、モデル化が困難な場合は的外れな結果を導きかねないという欠点もある。

一方、近年ではシステムの構成主体をエージェントとしてモデル化するエージェントシミュレーションの手法が盛んである。エージェントシミュレーションでは、エージェントに学習や進化といった環境適応能力を実装し、グリッドワールドやゲーム環境、複雑ネットワークなどでモデル化される環境でシステム全体をシミュレートする。モデルの妥当性や実装方法に議論の余地はあるものの、複雑なシステムの振る舞いを構成論的に記述し計算機実験を通して理解する手法は、従来手法では明らかに出来ない複雑なシステムを理解する強力な方法論となってきた。

これらの背景のもと、本研究では世界規模の社会システムを理解するための手法として、エージェントシミュレーションに着目する。従来、エージェントシミュレーションでは様々な簡略化が行われてきた。分析対象となるシステムを定めた後、多くの研究が、(1) エージェントの振る舞いの簡略化、(2) 環境・相互作用の簡略化、(3) 規模の簡略化、の3つを同時に行い、エージェントモデルを実装してきた。その上で、学習手法や進化手法を発展させて(1)に関する技術を向上し、環境や相互作用の実験設定を変更して(2)の影響を感度分析する研究が多数を占めていた。一方、(3)の規模の簡略化については重要課題として着目されてきたとは言えず、利用可能な計算機の性能のリミットからごく小規模のエージェント数でのシミュレーションで研究を行うことを是とする風潮があった。しかしながら、規模の

オーダを何桁も落とすことで失われる性質や問題点には見過ごせない重要なこともあるはずである。

### 3. 研究の方法

大規模エージェントシミュレーションを実現するために、数台の計算機によるオンメモリエージェントシミュレーションを開発する。規模を落とさず、単純化されたモデルから出発することで研究を可能とする。シミュレーションで発生する膨大なログデータは適切な統計処理を施した後、Hadoop上に集約することで高速に扱うことが可能となる。

居住地のパラメータを割り振る際に世界の人々が実際にどこに居住しているのかの緯度経度を決定することは容易ではないが、世界規模で公開されている地図データ（googlemap および open street map）を利用し、仮想的に居住地を割り振る方法を構築する。具体的には、地図の建築物データの利用だけでなく、日本の建築基準では必ず家は道路に面して建てられているので道路密集地に居住者が多いなどといった知識や、平均的な家族構成データ等を利用してモデルを構築する。

### 4. 研究成果

最初は小規模なエージェントシミュレーションから出発し、最終的にはハイパフォーマンスコンピューティングのフレームワークである Repast HPC という環境をベースにエージェントシミュレーションを行う環境を構築した。シミュレーション対象として、Thomas Schelling による Segregation model を取り上げ、オープンストリートマップをデータを用いて構築された環境で数万規模の

エージェントが居住地選択を行い、社会的地位などで居住地域がどうセグメント化されていくのかにおける大規模エージェントシミュレーションに成功した。また、その技術を応用してエージェントのマイクロタスク割り当てモデルについてシミュレーションを実施し、システムの有効性を確認した。

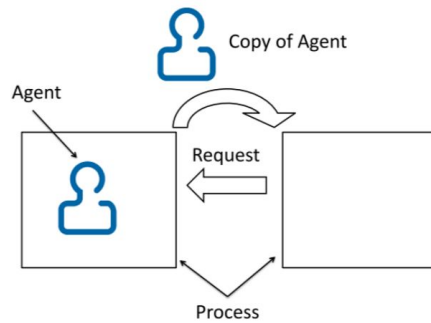


Fig. 1 Requesting Agents Across Processes



Fig. 5 Conversion map data to 100 × 100 grid

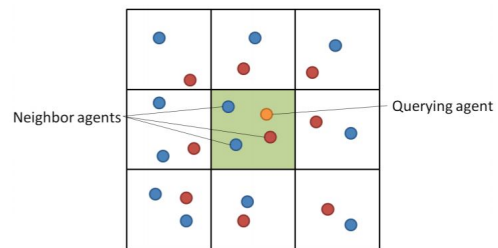


Fig. 6 Definition of neighbor agent on suggested model

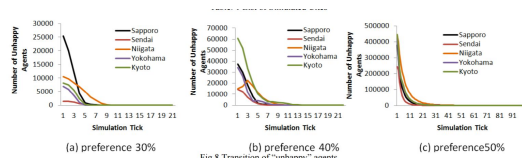


Fig. 8 Transition of "unhappy" agents

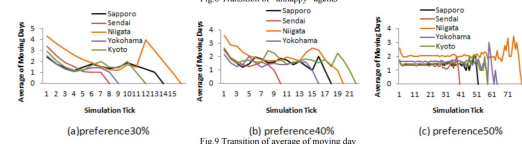
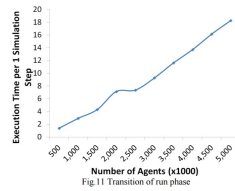
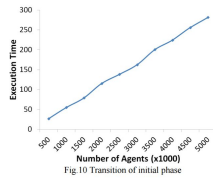


Fig. 9 Transition of average of moving day



## 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1件)

(1) Shofuku Kin, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki: Implementation of Massive Agent Model Using Repast HPC and GPU, Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics: JSCI, Vol. 13, No. 2, pp. 41-45 (2015)

〔学会発表〕(計2件)

(1) Shinsaku Segawa, Shofuku Kin, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki: Implementation of Massive Agent Model Using Repast HPC and GPU, World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Information (2014)

(2) 江川 知樹、小野 良太、山下 倫央、川村 秀憲: タスク優先度に基づくマイクロタスクの逐次割当手法の提案と評価、情報処理学会知能システム研究会 (2016)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川村 秀憲 (KAWAMURA, Hidenori )  
 北海道大学・大学院情報科学研究科・教授  
 研究者番号: 60322830