

# マルチエージェントシミュレーション用フレームワークの開発と評価

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2024-05-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 佐々木, 夏輝 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/2000275">https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/2000275</a>

### 1. 研究背景

近年、コンピュータの性能の向上と共に、コンピュータシミュレーションの精度も向上し、その有用性が世の中に認められ、シミュレーションの結果が幅広い分野で使われている。例えば、気象庁の天気予報の精度検証結果[1]では、東京地方の翌日の降水の有無の的中率の過去5年平均は1985年から2022年の37年間で約83%から約87%へと増加している（図1）。

一般的なシミュレーションでは、現実世界を表現するモデルを利用するが、マルチエージェントシミュレーションという分野では、登場人物（エージェント）をモデルとして捉え、エージェント同士もしくは、エージェントと空間の相互作用から現実世界の現象を表現する（図2）。さらに、鳥海・山本（2014）によるとマルチエージェントシミュレーションには、エージェント同士の関係性を利用した意味世界志向と空間との関係性を利用した物理的世界志向という二つの志向性を持ったシミュレーションが存在すると説明されている。株価の変化のような意味世界志向のシミュレータでは、エージェント（投資家）の行動ルール（売/買行為）が相互作用した結果（株価）を表現する。このとき、何時何分に株価が上昇・下落したかという情報は必ずしも必要ではない。

一方で、交通渋滞を表すような物理的世界志向のシミュレータでは、エージェントは自身の空間における配置や、周囲の情報を元に自身の行動を決定し、その結果が物

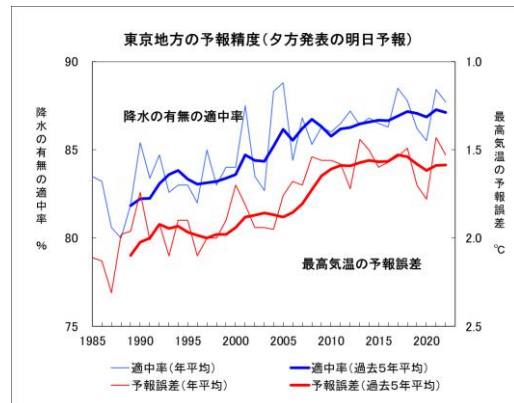


図1. 出典：気象庁「天気予報の精度検証結果」

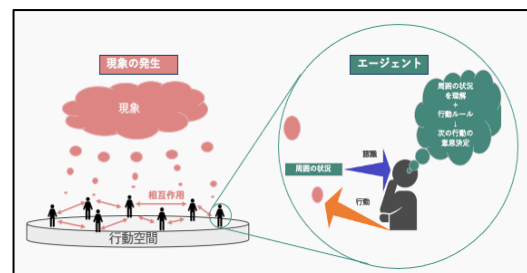


図2. エージェントの概念図

理的現象の結果となる。このように、意味世界志向と物理的世界志向のどちらの志向性においてもエージェントの行動の積み重ねから現実世界の現象を表現する。

### 2. 研究目的

マルチエージェントシミュレータの開発では、利用者が実行に必要な機能をゼロから開発することもあるが、マルチエージェントシミュレータの開発で必要となる機能を提供し、利用者のシミュレータ開発を支援するフレームワークを活用することもある。

代表的なフレームワークには、古くは、Wilensky（1999）によって開発された

NetLogo[3]や Luke ら(2005)によって開発された MASON[4]、North ら (2013) によって開発された Repast Simphony[5]が代表的である。また、近年では、Taillandier ら(2019)によって開発された GAMA platform[6]なども有名である。これらの既存のフレームワークでは、利用者のシミュレータ開発を支援するための機能の拡張が現在も継続的に行われている。

本研究では、利用者が少ないコード記述で、シミュレータ開発を行えることをシステム開発の主軸として、マルチエージェントシミュレーション用フレームワークの基盤開発を目指した。このフレームワークの概念図を図3に記す。そして、この主軸以外にも、エージェントの位置の幾何学的な関係性に基づくエージェントの移動制御機能の開発やシミュレーションの進行に及ぼす描画処理の影響を減少させるための描画処理用データのフロー開発、そして既存のフレームワークのように、長期的なフレームワークの拡張性を意識した開発を行った。

### 3. システムの機能制御 (feature)

本研究で提案するフレームワークは、様々な機能から構成されるが、これらの機能は、システムの状態の変化(状態遷移)に応じて協調して動作するように設計を行なった。

(図4)。本システムでは、状態遷移に基づいて動作する機能を feature という枠組みで導入し、この feature は ControllerGUI と StateController から制御される。StateController は、命令の内容に応じて feature のパラメータの構築・破棄を行うように設計している。この feature を制御する仕組みに従うことで、状態遷移に合わせた新たな機能を追加できる拡張性のあるシステム設計となった。次に、各 feature について紹介する。

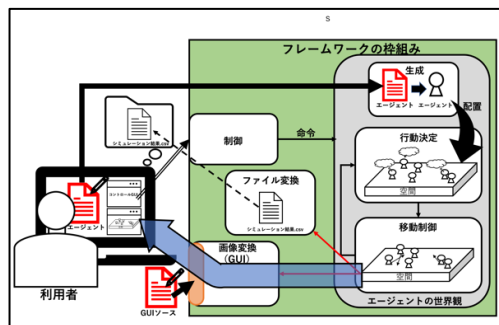


図3. システムの利用概念図

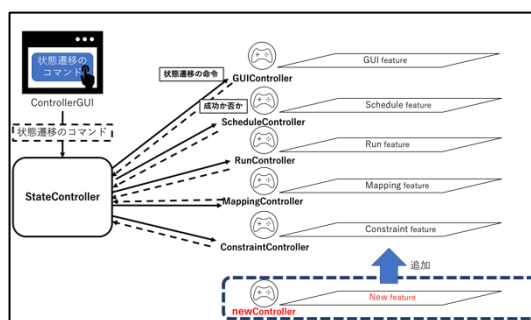


図4. 状態遷移に応じた feature の制御

まず、本システムではエージェントの移動制御を行うためのジオメトリ情報を保持する AgentCore を中心にエージェントを構成している。この AgentCore に利用者が定義したエージェントの行動内容やエージェントのパラメータを結びつけて管理できる設計としており、この機能を mapping feature という枠組みで提供することができる。

次に、空間によるエージェントに対する制約を組み込むための機能を constraint feature という枠組みで提供している。この constraint feature を拡張することで、動的に変化する空間による制約などを将来的に組み込めるように設計を行なった。

また、シミュレーションの進行に合わせて実行される処理をスケジュールとして管理する機能を schedule feature という枠組みで提供している。シミュレーション実行時における新たな処理をシステムへ組み込む際には、新しくスケジュールを登録するだけで、

新しい処理がシステム側から自動的に呼び出されるように拡張性を意識した設計を行った。

そして、各 feature で提供している機能と協調しながらシミュレーションを進行する機能を run feature という枠組みで提供している。run feature では、シミュレーション時間の経過に合わせ、エージェントの位置の幾何学的な関係性を考慮したエージェントの移動制御を行い、シミュレーションを進行する演算モードと既に演算モードで実行したシミュレーションの結果をファイルから読み込み、シミュレーションを再生する再生モードの2つのモードを提供できるように設計を行った。

さらに、時間の経過とともに変化するシミュレーションの結果を視覚的に利用者へ届ける描画機能を gui feature という枠組みで提供している。gui feature では、描画処理に向けた専用のデータフローを開発し、描画機能の処理速度がシミュレーションの演算機能の処理速度に及ぼす影響を軽減する枠組みを導入した。

最後に、これらすべての feature がシステムの状態遷移に基づいて協調的に動作することを確認した。

#### 4. シミュレーションにおけるエージェント

##### の移動に関する評価

エージェントの移動が正しく動作していることを確認するために、次のようなシミュレーション環境を構築し、評価を行った。空間中に障害物を多数設置し、その環境の中を一体のエージェントが衝突を繰り返しながら移動するシミュレーションである。このとき、移動エージェントは障害物と衝突すると進行方向を変化させ、次の衝突まで等速直線運動をする。本システムで提供するエージェントの移動制御機能が正しく動作するか評価するために、上記のシミュレーション環境の中で、移動エージェントの平均移動距離を、

実際のシミュレータによる結果と数式モデルとモンテカルロ法による結果を比較することで評価した。

まず、数式モデルの結果を基準としたときのシミュレータの結果の相対誤差は図5となる。このときの各密度における相対誤差の標準偏差は、3.46%であった。

次に、数式モデルよりも誤差が少ないと予測されるモンテカルロ法を用いた比較の結果は、図6となる。このときの各密度における相対誤差の標準偏差は、2.45%であった。

これらの結果から、本システムに搭載している座標計算系は正しく動作していると評価した。

#### 5. まとめ

本研究では、利用者が少ないコード記述で、シミュレータ開発を行えるフレームワークの基盤開発を行った。本システムで提供する機能は、状態遷移に基づいて適切に動作することを確認した。各機能は、拡張性を重要

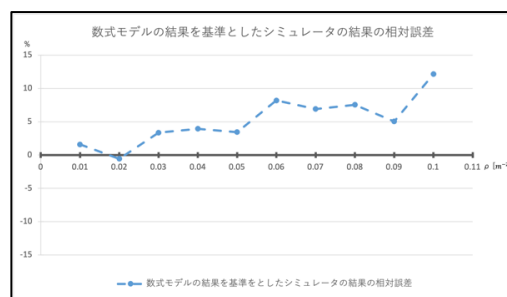


図5. 数式モデルの結果を基準としたときのシミュレータの結果の相対誤差

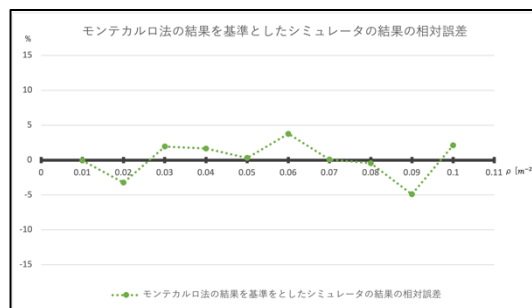


図6. モンテカルロ法の結果を基準としたときのシミュレータの結果の相対誤差

視した設計を行ったため、今後、フレームワークに新たな機能を追加していく際にも、利用者のコード記述量は最小限に抑えることが可能であると判断できる。

さらに、既存のフレームワーク (NetLogo, MASON, Repast Symphony, GAMA platform) との比較調査も実施し、提案するシステムの長所・短所についても分析した。

#### 参考文献

1. 気象庁. 「天気予報の精度検証結果」.  
[https://www.data.jma.go.jp/yoho/kensho/yohohyoka\\_top.html](https://www.data.jma.go.jp/yoho/kensho/yohohyoka_top.html), (最終閲覧日 2024 年 1 月 31 日) .
2. 鳥海不二夫, 山本仁志. 「マルチエージェントシミュレーションの基本設計」  
『情報処理』, 55(6), 530-538(2014).
3. Uri Wilensky. 1999. NetLogo.  
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.  
Center for Connected Learning and  
Computer-Based Modeling,  
Northwestern University. Evanston,  
IL. (最終閲覧日 2024 年 1 月 31 日) .
4. Sean Luke, Claudio Cioffi-Revilla,  
Liviu Panait, Keith Sullivan, and  
Gabriel Balan. MASON: A Multi-  
Agent Simulation Environment.  
*Simulation*, 81(7), 517-527 (2005).
5. Michael J North, Nicholson T Collier,  
Jonathan Ozik, Eric R Tatara,  
Charles M Macal, Mark Bragen, and  
Pam Sydelko. Complex adaptive  
systems modeling with Repast  
Symphony. *Complex adaptive systems  
modeling*, 1(3), 1-26 (2013).
6. Patrick Taillandier, Benoit Gaudou,  
Arnaud Grignard, Quang-Nghi  
Huynh, Nicolas Marilleau, Philippe  
Caillou, Damien Philippon, and Alexis  
Drogoul. Building, composing and  
experimenting complex spatial models

with the GAMA platform.

*Geoinformatica*, 23 , 299-322 (2019).