

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21572

研究課題名（和文）人工知能が浸透した社会を再設計するマルチエージェントシミュレーション立法学の創成

研究課題名（英文）Legislation based on Multi-Agent Simulation for Re-Design of AI Society

研究代表者

服部 宏充（Hattori, Hiromitsu）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：50455581

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、様々な社会現象を模擬するマルチエージェントシミュレーションと、論理表現に基づく情報の取り扱いに適した論理型言語ベースのソフトウェアを接合させ、社会への新たな法や制度の導入の検証を簡易に行うための環境の確立を試みた。本環境では、法律やルールなど人の行動に関する制約情報を新たに加えその影響を調べる際、法律やルールを論理型言語の知識として挿入すればよく、シミュレータには極力変更を加えず、簡易な実装と実行が可能となる。本環境を用いることで、法規による社会の制御方法の事前検証を容易に実施することができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会システムや都市のより良い設計を考える際、物理的な環境整備だけでなく、法やルール（いわゆる法規）によって人々を巧みに導き、社会や都市を良い状態に保つアプローチが考えられる。新たな法規を作り上げるには、その社会・都市規模での影響を考慮する必要があり困難である。本研究では、シミュレーションならびに法推論に関する技術を組み合わせることで、人間だけでは困難な法規の設計を効果的に支援する環境を構築した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we tried to construct an environment for verifying the introduction of new laws and norms into society by combining a multi-agent simulation, which simulates various social phenomena, and logic-programming-based software suitable for handling information based on logical expressions. In the environment, when examining the effects of newly added laws and norms, which can work as constraints on human behavior, it is only necessary to insert the laws and rules as knowledge in logic programming language, and the simulator can be implemented and executed simply with minimal modification. Using the constructed environment, preliminary verification of how to control society by laws and norms can be easily conducted.

研究分野：人工知能

キーワード：マルチエージェントシミュレーション 法推論

1. 研究開始当初の背景

法律は各人に行動規範を示し、規範を破った者に刑事罰を科して社会の安全・安心を確保する機能を有し、社会にとって不可欠である。従来の法制度の制定では、立法者が専門家の見識等を参照し、社会的な影響を予測・配慮してきた。しかし、AI 技術は未曾有の変化を社会に起こしつつあり、従来の人手による立法では対応が困難になりつつある。

2. 研究の目的

本研究では、高度化・複雑化する社会の最適な法制度を設計するために、マルチエージェントシミュレーション (MABS) に基づく立法支援技術を開発する。人間をエージェントと呼ぶ知的ソフトウェアとしてモデル化し、エージェントの相互作用の連鎖から交通などの複雑な社会現象をボトムアップに模擬する AI 技術である MABS によって、法の専門家が生成する法制度群を網羅的に検証し、またその破綻条件を同定する社会構造解析を行いながら新規立法を支援する技術を確立し『MABS 立法学』と呼ぶ新たな学問領域を創成する。

3. 研究の方法

法情報学で培われた法的推論技術を、大規模社会シミュレーションと接合し、立法プロセスと社会的影響を相互作用させ、具体的に立法を支援するための基盤を構築する。より詳細には、マルチエージェント都市シミュレータ MACiMA と法推論システム Proleg という異種のソフトウェアを接合し、これらのソフトウェアの連携により、シミュレータ上で機能するエージェントに法推論の機能を実現する。シミュレーション中に、シミュレータ外で機能する Proleg との通信を行うため、シミュレータの動作速度は低下するが、都市規模でのシミュレーションの実施に問題が生じないように、効率的に動作するよう工夫した実装方式を採用する。また、具体的な問題に対する適用可能性について検討を行う。

4. 研究成果

マルチエージェント都市シミュレーション環境 (MACiMA) と法的推論システム PROLEG の接合について、PROLEG と接続する数千～数万エージェントが動作する規模のシミュレーションを実施可能とするために工夫した実装を行った。具体的には、MACiMA の基盤となっているマルチエージェントシミュレーションサーバというべきソフトウェアで

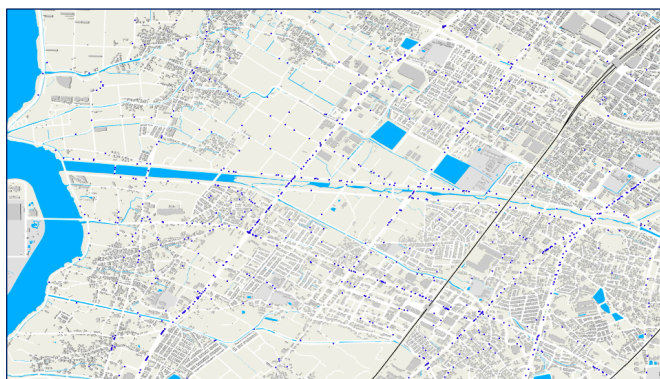


図1：法定速度を考慮した交通シミュレーション

ある GAMA に TCP/IP 通信のためのモジュールを組み込み、MACiMA 上のエージェントと PROLEG との TCP/IP 通信経路での相互接続を可能とした。また、複数のエージェントが同時並行的に接続する事に障害があったため、ルータ様の役割を担うエージェントを新たに構築し、複数のエージェント-PROLEG 通信を効果的に処理可能とした。本実装により、都市規模の交通シミュレーションにおいて、本研究で構築した法的推論可能なマルチエージェントシミュレーション環境を利用可能としている。

本環境において、交通法規に基づく行動の調整をエージェントが行い、エージェントの集団行動の変化が可能かを確認した。本環境では、車両と同様に、車両が走行する道路もエージェントとして表現されており、交通シミュレーションは、車両エージェントと道路エージェントの相互作用の連鎖によって実現されている。道路エージェントは各区間に関する環境状況を保持しており、法定速度に関する情報も含まれている。動作検証のためのシミュレーションとして、道路エージェントから、走行中の区間の法定速度の情報を車両エージェントが受け取り、自身の走行速度と共に PROLEG に走行速度に関する検討を依頼する。PROLEG では、法定速度超過の場合に減速を指示し、そうでない場合は速度の維持ないしは加速が可能と判定し、MACiMA に返信する。そのため、道路ネットワークの各区間への法定速度の設

定に基づく自動車流の制御を模擬可能である (図 1 に実行例を示す)。

さらに、本環境を用いて、任意の道路区間の混雑状況に基づいて、混雑の悪化回避のために車両の混雑区間への進入を禁止にするといった、状況に対応し適時考慮が求められる交通制御ルールを適用した場合の交通状況を計算し、交通ルールの動的適用についての検証を行った。図 2 に示す通り、通常走行時 (図上) は幹線道路に多くの車両が集中するのに対して、ルールの適用時 (図下) は、車両の集中が一定の水準を超えると進入禁止のルールを適用し、ルールによって走行経路の見直しを迫られた車両が迂回路を採るため、幹線道路周辺に車両が染み出している。なお、このとき、迂回路をとった車両はむしろ平均走行時間が短くなる結果となり、ルールの適用によって必ずしも不利益を被るわけではない事が確認されている。そして、本シミュレーションの実装は、PROLEG 側に動的な進入禁止ルールを表す知識を組み込み、シミュレータ側では、進入禁止ルールが機能するように、シミュレータ側からの送信情報を追加するだけで良く、実装コストは低く抑えられている。

上記の通り、本研究で構築した環境により、低い実装コストで、新たな法の導入に基づく社会現象の変化を検証できる事が確認できた。



図 2 : 動的な進入禁止ルールの適用

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Junjie Zhong, Hiromitsu Hattori
2. 発表標題 Generation of Traffic Flows in Multi-Agent Traffic Simulation with Agent Behavior Model based on Deep Reinforcement Learning
3. 学会等名 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB-2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nishiura, T. and Hattori, H
2. 発表標題 Exploring Parameters for Generating Semi-Realistic Traffic Flow with Data Assimilation Approach
3. 学会等名 The 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 25th 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	新保 史生 (Shimpo Fumio) (20361355)	慶應義塾大学・総合政策学部(藤沢)・教授 (32612)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	佐藤 健 (Sato Ken)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------