

社会経済課題のメカニズム解析のための経済プラットフォーム構築

○中嶋涼斗 市川学 (芝浦工業大学)

Development an Economic Platform for Mechanism Analysis of Economic and Social Issues

*R. Nakajima and M. Ichikawa (Shibaura Institute of Technology)

概要— 社会経済システムにおける問題を取り扱う上で、従来の研究ではミクロ・マクロ経済モデルによる分析が行われてきた。しかし、複雑な現代社会において提供されるサービスや政策をデザインするためには、個々の意思決定による相互作用が社会全体に及ぼす影響を把握する必要がある。このようなミクロ・マクロをリンクさせた分析手法として、エージェントベースモデルが注目を浴びている。しかし、これまでのエージェントベースモデルによる経済分析は、実データの不十分さと技術的課題から現実即した分析が困難であった。そこで、本研究ではリアルスケールシミュレーションに適した合成人口データと SOARS Toolkit を用いることで、この課題を解決するプラットフォームを構築することを試みる。

キーワード: 社会システム, エージェントベースシミュレーション, 経済市場

1 背景

国内の経済循環や景気循環などのマクロ経済において、経済学の観点では全体を通しての資金循環に注目することが主流であり、消費者一人ひとりの行動から国内経済全体を見通す研究はこれまで十分にされていない。近年 COVID-19 の影響により大幅なマイナス成長となっていた国内経済は、感染者数の急減と緊急事態宣言の解除を受けて、それまで抑えられていた飲食や旅行、レジャーなどの分野を中心にリバウンドが生じた。個人消費の増加が高成長を牽引したことから、消費者一人ひとりの行動からの創発による、日本経済全体への影響は無視できないと考えられる¹⁾。

しかしながら、マクロな経済の挙動を分析する上で、従来の研究では消費者全体、あるいは企業全体の動きを観察することが多い。そのため、経済全体の分析をするために国民一人ひとり、あるいは個々の企業ごとに焦点を当てた研究は見られない。また、複雑化した現代社会において提供されるサービスや政策をデザインするためには、個々の意思決定による相互作用が社会全体に及ぼす影響を把握する必要がある。このように、現代の複雑化した経済社会では、ミクロ・マクロリンク現象と呼ばれる、個々の人間行動と社会全体の動態との相互関係を分析することが求められている。

2 研究目的

本研究では、経済循環を構成する労働市場や消費市場などの経済市場の動向に注目する。複雑な経済循環を示すためには、様々な市場の構築が必要となるが、本研究では特に物理的な取引に着目し、「消費市場」「労働市場」「生産市場」の3つの市場の実装を行う。これらの各市場の経済循環における役割と、消費者や企業の振る舞いを再現することで、経済環境が影響する社会問題のメカニズムの解明と、経済政策の評価を可能とする経済シミュレーション・プラットフォームを構築する。

3 先行研究

経済の循環をみるために、従来の分析ではマクロ経済モデルを用いることが一般的であり、人口動態が日

本経済に影響を与えるマクロ経済のシミュレーション研究は多岐にわたる。水野ら(2016)は、生産年齢人口の減少が貯蓄率を低下させるという共通点から、人口の変化が生産性と貯蓄率に与える影響を簡易にモデル化できるという点を活かし、Cuddington(1993)のソローモデルに基づいたマクロモデルの枠組みを日本経済に応用し、出生率の低下、ならびに生産年齢人口の減少がマクロ経済に与える効果をシミュレーションによって分析し、今後100年の経済成長率が少子化の程度によってどの程度影響を受けるのかを定量的に示した²⁾³⁾。また、内海ら(2018)は水野ら(2016)の研究で用いられたマクロ動学モデルの枠組みに対し、新たに労働時間の地域差を踏まえたモデルによるシミュレーションを試みており、タイプ別の労働者の比率から経済成長率の分析を行っており、育児や家事時間を重視する労働タイプへの移行が進むことで中長期的な成長率の低下とGDPの減少を抑えることができることを示した⁴⁾。しかし、これらのマクロ経済のシミュレーション研究では、度々現実世界との乖離が課題として挙げられ、シミュレーションの結果に整合性があるとは言い難い。

一方で、シミュレーションの分野において、経済社会を複雑系として捉えた分析を行うための手法として、近年ではエージェントベースモデル(以下、ABM)が注目を浴びている。ABMは、社会を構成している国民や企業などの意思決定主体をエージェントとしてモデル化し、それらエージェントの行動ルールを動的に定義する。また、その相互作用によって構成される、実システムと同じ原理で動作する人工社会モデルを再現し、社会のマクロな創発現象を表現する。高島(2014)は、マクロ経済の基本挙動を再現できるモデルを構築し、マクロ現象再現のためのモデル条件とメカニズムについて明らかにした⁵⁾。しかし、モデルの精緻化が不十分であり、モデルの拡張性の必要性を指摘している。杜(2017)はエージェントベース社会シミュレーションを用いて、経済市場から社会保障制度などの分野において、多様な世帯への影響を観察し、所得代替率の変化について検討できることを示した⁶⁾。しかし、都道府県別を単位としたものであるため、個人や組織に焦

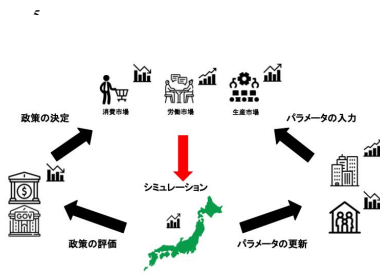


Fig. 1: 経済プラットフォーム構想.



Fig. 2: D2Jにおける実装イメージ.

点を当てるには、更に高い粒度による分析で、より実社会に即したものが求められる。

4 方法論

本研究では、先行研究の課題に対して、SOARS Toolkit⁷⁾と原田ら(2019)が作成した合成人口データ⁸⁾を用いることで、より小さい粒度での分析と、より現実に即した経済社会の再現を可能とする経済シミュレーション・プラットフォームを構築する。SOARS Toolkitは、より大規模なエージェント数で高速なシミュレーションを実現するために開発されたJava言語の社会シミュレーション・ライブラリである。また、本研究では、より高い粒度での分析を目的とするため、合成人口データベースに登録されている模擬個票データを用いる。合成人口データは、公開されている統計データを用いて合成された世帯単位の個票データであり、リアルスケール社会シミュレーションに対して非常に有用である。

4.1 経済プラットフォーム概要

本研究では、現実の経済循環を再現するために、経済市場の動向に注目したプラットフォームを構築する。プラットフォームの概要はFig. 1に示す通りである。また、本研究では先行研究の課題である現実に即した分析を行うために、経済プラットフォームをD2J(Digital-twin Japan, 以下D2J)上のモジュールとして実装する(Fig. 2)。

D2Jは市川研究室で開発が進められている、SOARS Toolkitを用いた仮想日本エージェントベース社会シミュレーション・プラットフォームの略称である。プラットフォーム上では、日本の都市構造と人口構成の再現、また人々の行動を再現している。D2Jを用いることで、感染症や震災時の避難シミュレーションなど、都市構造、人口構成が説明変数となる社会シミュレーションを容易に実装することができる。また、モデルの設計・開発および共有、複数のモデルを統合したマルチアスペクトモデルのシミュレーションを行うことができ、日本国内の任意の対象地域を指定することで、

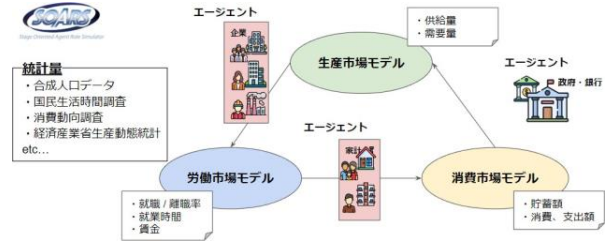


Fig. 3: 経済市場モジュールのシステム図.

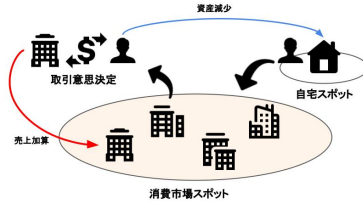


Fig. 4: 消費市場における行動概要.

マルチスケールなシミュレーションを実行できる。そのため、本研究の目的であるミクロ・マクロを対象としたさまざまなスケールの分析を対象とするシミュレーションに適切だと考える。

本研究では、D2Jのモジュールとして経済市場モジュールを実装する。経済市場モジュールは消費市場モジュール、生産市場モジュール、労働市場モジュールの3つの市場サブモジュールから構成され、各市場におけるエージェントの振る舞いと、それに影響を与えるパラメータを実装することにより、D2Jにおいて経済循環を再現する(Fig. 3)。

経済市場モジュール上では、消費者を1世帯とし、消費者、企業、政府・金融機関がエージェントとして振る舞い、スポット化した各市場において各々の意思決定を行う。意思決定やパラメータに用いる変数は、各種統計量から推定される確率に基づいて付与されたものである。エージェントは日常行動と、それに伴う市場間の取引を行う。日常行動は、消費者であれば起床、通勤・通学、帰宅、就寝といった1日のサイクルをベースとしており、企業は生産活動や売上・利益算出、賃金分配を行う。政府・金融エージェントはこれらとは異なり、日常行動ではなく、パラメータの調整などを任意に行うものとする。

4.2 消費市場モジュール

本研究における消費市場モジュールは、消費者と企業の財の受け渡しを再現している(Fig. 4)。消費者は1日ごとに消費市場スポットに向かい、市場に存在する企業とランダムにマッチングしたのち、その企業と取引を行うかどうかの意思決定を行う。企業は消費市場スポットに常在するものとし、取引を行った消費者の消費額をその日の売り上げとして加算していく。ここで、消費市場スポットは消費者と企業をマッチングさせる役割を担っている。

本稿で述べるアブストラクトモデルでは、消費者と企業に個別に属性を振り分けておらず、各消費者、企業エージェントが同じ振る舞いをする。消費者は自身の資産額に応じた消費額を決定し、月末に所得が分配される。また、企業は月末に固定費、変動費などの支出と売上から利益の計上を行う。消費者の消費額と所得、企業の資産、支出額は消費動向調査等の統計量に

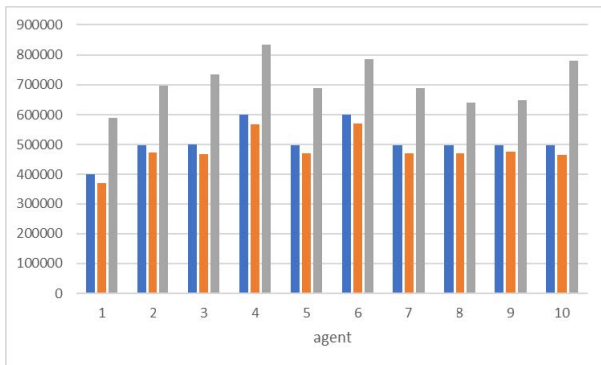


Fig. 5: 消費者の資産額.



Fig. 6: 企業の売上, 支出, 利益.

に基づき、それぞれ表1に示す範囲の平均値を平均、平均からの差を標準偏差とした正規分布に基づいて生成された乱数に基づいて決定される。例えば、表1における消費者の初期資産であれば、平均50万、標準偏差10万の正規分布に従う乱数により決定される。

5 実験

5.1 飲食店を想定した消費市場シミュレーション

Table 1: シミュレーション条件

シミュレーション条件		
時間条件	タイムステップ	1日
	期間	30日
消費者	生成数	100
	初期資産	¥400,000 - 600,000
	所得	¥200,000 - 400,000
	消費額	¥500 - 1,000
企業	生成数	5
	初期資産	¥500 - 1100万
	支出	¥400,000 - 600,000

消費市場のアブストラクトモデルによる飲食店市場シミュレーションを行う。シミュレーションの条件をTable. 1に示す。

4.2節で述べたように、消費者と企業には属性を付与していないため、市場取引価格もすべて同一であるものとし、消費者による企業に対する選好もないものとしている。消費金額は家計調査などから月々の平均消費金額を日ごとで換算して算出したものである。

5.2 結果と考察

5.1節のシミュレーション結果を図5, 6に示す。図5は消費者の初期資産、所得付与前の総資産、所得付与後の総資産額、図6は企業の月の売上総額、支出、利益をグラフ化したものである。

図5はそれぞれ、青色が初期資産、橙色が所得付与前の資産、灰色が所得付与後の資産額を示している。なお、見やすさの関係上エージェントを無作為に10人だけ抽出したものを可視化している。図6は月の売上が橙色、支出が灰色、利益が黄色で示されている。消費者に関しては、所得付与後に全員が初期資産を大幅に上回っており、企業は一つの企業のみマイナス利益になった。今回のシミュレーションは飲食店市場のみにおける消費行動を対象としているため、消費者は食費に関する消費しかしておらず、所得付与後に大幅に資産が増加している。一方で、企業に関しては、企業規模に基づいた設備投資や人件費などの支出の内訳を細かく定義していないため、支出の影響が乱数で決定された値であることから、企業規模などを考慮していないため、妥当な結果とはいえない。

6 まとめと今後の展望

本研究では、経済循環を構成する労働市場や消費市場などの経済市場の動向に注目し、これらの各市場の経済循環における役割と、消費者や企業の振る舞いを再現することで、経済環境が影響する社会問題のメカニズムの解明と、経済政策の評価を可能とする経済シミュレーション・プラットフォームを構築する。はじめは経済循環を構成する経済市場を「消費市場」「労働市場」「生産市場」の3つであると想定し、実装を行う。消費市場モジュールのアブストラクトモデルでは、飲食店市場を想定したシミュレーションを行い、消費市場における消費者と企業間の資金循環を観察できることを確認した。しかしながら、現在の市場モデルはアブストラクトのため、消費者が現実に即した消費行動を行っていないことや、取引が世帯と企業間の取引のみであること、企業規模や商品ごとの市場価格を考慮していないことが課題として挙げられる。これらの課題に対しては、今後実装を進める労働市場や生産市場の出力が大きく影響を与えるものと考えられる。

そのため今後は、消費者や企業に属性を付与し、消費関数を導出することでより現実に即した消費行動・循環の再現を行うことと、ほかの市場を実装することにより企業間取引や市場における取引価格の導出などを行う。また、労働市場や生産市場だけではなく、株式市場や金融市場などの様々な市場の構築や、政府・金融エージェントの振る舞い、海外情勢の影響を考慮した経済市場の動向が観測できるシミュレーションモジュールを構築することを進めていく。

参考文献

- 1) 第一生命経済研究所. 「2022・2023年度経済見直し」, <https://www.dlri.co.jp/report/macro/181964.html> (最終閲覧: 2022/06/10)
- 2) 水野, 内海: 少子化による年齢別人口構成の変化と経済成長率に関するシミュレーション分析, 千葉商大論叢, 第53巻, 2号, pp.97/103(2016)

- 3) Cuddington John T: Modeling the Macroeconomic Effects of AIDS, with an Application to Tanzania, World Bank Economic Review 7 (2), 173/189(1993)
- 4) 内海幸久, 佐藤哲彰: 労働者タイプを考慮した階層別少子化ソローモデルのシミュレーション分析, 千葉商大論叢, 第 55 巻 22 号, pp.35/47(2018)
- 5) 高島幸成: ABM によるマクロ経済基本挙動再現の為のモデル構造に関する研究, 千葉工業大学学位論文 博士 (工学) (2014) .
- 6) N. Du: Research on economic markets and social security systems using agent-based social simulation, Kansai University Graduate School Doctoral Dissertation (Information). 2017.
- 7) 小野功, 市川学, 出口弘: 大規模エージェントベースシミュレーションのための SOARS Toolkit の提案, SSI2020 予稿集, 4/5 (2020)
- 8) 原田拓弥, 村田忠彦: 出生コホートを考慮した日本全国の仮想個票の合成, 計測自動制御学会第 18 回社会システム部会研究会資料, 148/155 (2019)