

氏名（本籍）	高島 幸成（東京都）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第182号
学位授与の日付	平成26年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	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
論文審査委員	（主査） 教授 荻林 成章 （副査） 教授 山口 佳和 教授 五百井 俊宏 准教授 白井 裕 防衛大学校 教授 生天目 章

## 学位論文の要旨

### 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

近年、エージェントベースモデリング(Agent-Based Modeling 以下 ABM)によるアプローチが社会科学の分野において進展し注目を集めている。このアプローチの特徴は、社会を構成している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と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コンピュータ上に再現し、ボトムアップに社会のマクロな創発現象を説明しようとする点にある。

ABMによる社会研究において、問題とする社会現象にとって最も本質的なメカニズムを明らかにするためには、モデルは「KISS 原理」に基づきできるだけシンプルであることが必要とされている。一方、モデルには、問題とするマクロ現象が再現されるために必要な全ての要因が考慮されていなければならない。すなわち、ABM アプローチでは、対象とするマクロ現象に関わる意思決定主体の行動ルールのみを仮定した人工社会モデルをコンピュータ上に構築するが、この人工社会が実システムと同じ原理で動作して着目するマクロ現象が創発されるようにするためには、人工社会モデルを構成する意思決定主体の種類やその行動ルール、すなわちモデル構造が実システムを模擬したものであることが極めて重要であり、モデル構造が実システムと類似であれば実システムと類似のマクロ現象が人工社会において創発されると考えられる。着目するマクロ現象が創発されるようにするための、必要十分なモデル構造を明らかにすることは、一つの要因のみを変更するコントロールされた計算機実験を繰り返すことにより実現することが可能であり、その結果として着目するマクロ現象が実システムにおいて創発されるメカニズムを明らかにすることが可能と考えられる。

多くの社会現象は経済と密接に関係しているため、ABM のマクロ経済システムへの応用は極めて重要な研究分野と考えられ、我が国内での研究例は限られているものと、世界的には、経済

成長、景気循環、銀行の役割、金融政策の効果、貧富の差、などマクロ経済に関わる多くの研究がなされている。これらの研究の多くではマクロ経済現象の創発挙動などが解析されているが、モデルの構造はそれぞれ異なっており、問題とするマクロ現象を再現するために必要十分なモデル構造に関わる仮定が何であるかについては、殆ど述べられていない。すなわち、マクロ経済システムに関わる ABM アプローチにおいて、マクロな現象を再現するモデルの構造について必要十分な条件を明らかにしようとする視点からの研究は殆ど見られない。

そこで、本研究はマクロ現象再現の為にモデルが具備すべきエージェントや行動等のモデル構造を明らかにするという着眼点から、エビデンスベース・分析的アプローチによる政策検討を行うことの可能な人工経済モデルの構築を念頭に、マクロ経済現象の基本挙動を再現できるベースモデルの開発を行った。

また、モデル開発にあたっては、実体経済システムの基本的な経済活動として製品財市場を中心とした経済の基本挙動、政府の徴税・支出と製品財市場の相互作用、及び製品財市場と株式市場の相互作用に着目し、これらのマクロ経済の基本挙動再現のためのモデル条件の実験的解明及び、個々のマクロ現象の創発に関わるメカニズム解明を並行して実施した。

その結果、消費者、生産者、銀行、政府、製品財市場、及び株式市場からなるマクロ経済の基本挙動を再現できるベースモデルを構築し、マクロ現象再現の為にモデル条件とマクロ現象創発のメカニズムについて明らかにした。

製品財市場を中心とした経済の基本挙動では、価格均衡の内生的な再現、サプライチェーン、資金循環、設備投資による長期的な生産量の調整等のマクロ現象がベースモデルによって再現できること、及びそのモデル構造を明らかにした。また、設備投資に起因して、銀行借入による市場への資金流入と設備投資の一巡による借入返済による市場からの資金流出によって GDP が周期的に変動する挙動が創発されることを示し、景気循環挙動の重要な要因の一つであることがわかった。

政府の徴税・支出機能と製品財市場の相互作用では、政府の支出に限った効率度に着目し、GDP に及ぼす所得税、及び法人税の減税乗数の傾向を本モデルによって再現できることを示した。また、減税の乗数効果を再現するためには、政府支出の非効率性、及び企業の利益剰余を設備投資や労働分配によって市場に還元するモデル構造が必要不可欠であることを明らかにした。この GDP に及ぼす減税のメカニズム解明の一環として、経済連関表をもとに減税の乗数式を導出し、乗数式の傾向がシミュレーションの結果と一致することを示すと共に、財政均衡条件の下で減税乗数は民間の消費性向と政府支出の効率度の差によって表わすことができ、政府より民間効率性が高い場合に減税は GDP を増加させることがわかった。

製品財市場と株式市場の相互作用では、設備投資の為に資金調達手段を株式市場からの調達のみで行うと GDP の周期的変動が生じなくなることを示し、銀行から市場への資金の流出入が循環挙動の重要な要因であることを裏付けることを明らかにした。また、製品財市場の需要に応じて生産者が設備投資を行う際に株式市場から資金調達をすることで、一時的に株式の供給過剰が生じ、GDP と物価が連動する一方で GDP・物価と株価が連動しない現象を再現した。

以上の結果から、本研究では、膨大かつ複雑なマクロ経済システム全体から、実体経済の基本となる製品財市場の取引、政府機能に関わる取引、実体経済と株式市場の相互作用等の一部分に限定された範囲において、マクロ経済の基本挙動を再現できるベースモデルを構築し、かつマクロ現象を再現するためのモデル条件及びマクロ現象創発に関わるメカニズムを明らかにした。

## 審査結果の要旨

エージェントベースモデリング（以下 ABM）は実システムと類似の原理で動作するボトムアップ型の人工社会システムモデルであり複雑系システムを取り扱うことが可能なアプローチとして注目を集めている。しかしながらこれまでの研究では複雑系としてのシステム挙動に焦点を当てた研究が多く、創発されるマクロ現象ごとに、それを再現するための必要十分なモデル構造は殆ど明らかにされていなかった。また我が国に限れば ABM のマクロ経済システムのへ応用研究自体殆ど見られない。本研究はマクロ経済の基本挙動を再現するためのモデル条件を、再現すべき主要なマクロ現象ごとに明らかにしたもので、極めて新規性が高く、かつ ABM による社会問題解決の方法の道筋をつけた意義深い研究といえる。

第 1 章は序論であり、本研究の背景として、既存アプローチの限界及び ABM の妥当性と意義、先行研究、本研究の目的について述べている。ABM の妥当性に関しては、定性的にマクロ現象が再現されるために必要十分な条件はモデル構造が実システムを模擬していることを指摘し、本研究の新規性と意義について述べている。

第 2 章では、第 3 章から第 5 章で明らかにしている主要なマクロ現象ごとに、その再現のために具備すべき必要十分はモデル条件をまとめて示すとともに、消費者、生産者、銀行、及び政府からなる人工経済システムモデルの詳細を、ODD プロトコルを含めて、示している。

第 3 章では、製品財市場における、価格均衡、サプライチェーン、資金循環、景気循環等のマクロ現象が、第 2 章で示したモデル条件によって、定性的に再現できることを示している。また GDP と資金循環に及ぼす設備投資と銀行借入の影響について解析し、景気循環の基本メカニズムを明らかにしている。

第 4 章では、政府の徴税機能、及び製品財市場における支出機能に焦点を当て、政府による所得再分配機能がモデルで再現されることを示すと共に、所得税減税および法人税減税の乗数を再現するために必要不可欠なモデル構造を明らかにしている。更に、政府支出の効率性を全支出額に対する市場価格での購買額の比で定義した上で、資金の流れの均衡条件から減税乗数を表す理論式を導出し、減税乗数に及ぼす諸条件の影響がモデル解析結果と一致することを示すと共に、減税乗数は民間支出と政府支出の効率性の差に集約されることを明らかにしている。

第 5 章では、製品財市場と株式市場が存在する人工経済システムにおいて、両市場間の相互作用に及ぼす資金調達手段の影響について解析し、新株発行による資金調達条件下でも、両市場及びエージェント間を資金が正常に循環することを示すと共に、GDP、物価、株価に及ぼす資金調達手段の影響およびそのメカニズムを明らかにしている。

第 6 章では本研究の成果を総括し、今後の課題を述べている。本研究では、製品財市場を中心としたマクロ経済の極めて基本的と考えられる機能を内包したモデルを構築し、それらのマクロ経済現象を再現するための必要不可欠なモデル条件を

明らかにしている。また今後の課題として、政府・中央銀行による金融政策、国際取引、製品財市場および金融市場の機能の多様化を内包したモデルへの拡張の必要性を指摘している。

以上のように、本論文はマクロ経済の基本挙動を再現するための必要不可欠なモデル条件を明らかにすると共に、それらの機能を実装したモデルを構築し、更にそれらのマクロ経済現象の創発メカニズムを明らかにしている独創性の高い論文であり、かつその実用的価値は極めて高い。本研究を今後更に発展させることにより、一国の経済政策や企業の経営戦略の有効性などの検討にも適用可能なABMモデルの実現も近い将来可能となることが期待され、本研究はその先駆的な研究と位置づけられる。

以上のことから、学位申請者の高島幸成は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。

以下余白