

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510182

研究課題名(和文) エージェントの自己調整機能を重視した人工経済社会モデル

研究課題名(英文) Agent-Based Model of Artificial Economic systems featuring Self-Adjusting Mechanism

研究代表者

荻林 成章 (OGIBAYASHI, Shigeaki)

千葉工業大学・社会システム科学部・教授

研究者番号：40296306

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：消費者、生産者、銀行、政府、及び消費財市場、株式市場、労働市場からなる人工経済システムのエージェントベースモデルを構築し、価格の均衡、資金循環、景気循環、GDPと物価の関係、所得税及び法人税の減税乗数、などのマクロ経済基本挙動の再現に及ぼすモデル条件の影響を解析した。その結果、個人や法人の多様な行動とその相互作用からマクロ経済挙動が内生的に創発され、定性的に傾向が再現されること、及びマクロ経済挙動ごとにその再現に必要なモデル構造とその基本メカニズムが解明できた。また政府支出の非効率性を考慮した減税乗数式を導出した。これらは投稿論文4篇、学会発表12篇(内国際会議論文5篇)にまとめた。

研究成果の概要(英文)：An agent-based economic system model consisting of consumers, producers, a bank, a government, 3 types of markets including goods, stock and labor markets has been developed. Moreover, the influence of the model structure on the reproducibility of each of the fundamental macroeconomic behaviors such as price equilibrium, business cycle, relationship between GDP and consumer price, effects of the income and corporate tax reductions on GDP has been analyzed. As a result, it was revealed that each of the macroeconomic behaviors can be qualitatively reproduced due to the actions and interactions of autonomous agents when the corresponding model structure is appropriate. The model structures that are indispensable for reproducing each of the macroeconomic behaviors and their mechanism have been elucidated. Moreover, equations for multipliers of tax reduction were derived. Results have been reported in 4 journal papers and 12 conference papers including those of 5 international conferences.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：マクロ経済システム エージェントベースモデリング モデル構造 GDP 価格均衡 景気循環 減税乗数 創発

1. 研究開始当初の背景

エージェントベースモデリング(以下 ABM)の特徴は社会を構成する意思決定主体(以下エージェント)の種類や行動ルールをモデル化し、実システムと類似のメカニズムで機能する人工社会をコンピュータ上に構築し、種々の社会現象の創発挙動を解明する点にある。一方、一国のマクロ経済はグローバル化、複雑化しており、その挙動のメカニズムには不明な点も多く、様々の経済政策をとる上での合意形成上の阻害要因となっている。

ABM はボトムアップ型のモデリング手法であるために、種々のマクロ現象の生成メカニズムを解明可能であり、種々の政策効果をシミュレーションにより検討できる新しい手法を開発することが可能である。しかしマクロ経済の挙動を再現するモデルは国際的にも少なく、学術的にも課題は多い。

2. 研究の目的

(1) ABM による人工経済システムモデルを構築し、マクロ経済の基本的挙動がコンピュータ上で創発・再現されることを実証するとともに、主なマクロ経済挙動再現のために必要不可欠なモデル構造を解明する。

(2) 上記により ABM モデルの妥当性評価の手法を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) C++によるオブジェクト指向プログラミングにより、消費者、3 種類の生産者、銀行、行政、及び実物商品、株式、及び労働の各市場からなる人工経済システムモデルを開発する。

(2) 上記モデルを用いて、エージェントの種類や行動ルールなどのシステム構造に関わる各種要因を一つずつ変更する一連のコンピュータ実験を行うことにより、マクロ経済の基本挙動が創発・再現されるためのモデル条件を検討する。なお、行政が関わる徴税の影響の検討に際しては、行政の支出構造として効率的支出の極限として市場価格による消費財の購入を、非効率的支出の極限として、無目的な補助金、を仮定し、これらの支出割合を 10%刻みで変更し、GDP に及ぼす行政支出効率性の影響を合わせて解析した。

(3) 主なマクロ経済基本挙動としては、市場価格の均衡、サプライチェーン、資金循環、景気循環、所得税及び法人税の減税乗数、を取り上げ検討する。

4. 研究成果

(1) 価格の均衡：消費者及び生産者のみが存在する人工社会システムにおいて、消費者の所得一定の下で価格均衡の条件について解析した結果、初期条件に関わらず市場の平均価格、生産者の供給量と消費者の需要、及び在庫レベルは均衡値に近づくことが確認された。すなわち ABM では、需要と供給による市場価格の均衡が内生的に決定される。こ

れを再現するためのモデル条件は、在庫管理指向による生産者の生産量及び価格の調整行動が必須要件である。消費者の購買行動の影響は比較的小さいが、低価格指向の場合にはより早期に均衡状態に到達する傾向にあることがわかった。また上記の均衡は平均価格に対してであって、市場における複数の価格の存在はエージェントの多様性の結果として再現される。

(2) 資金循環の再現：消費者が他のエージェントの下で労働して報酬を得、その資金で生産者の製品を購入するシステム構造の下では、市場の資金循環は自動的に再現される。

(3) サプライチェーンの再現：最終製品生産者と原料供給生産者が存在する系では、最終製品生産者集合の供給能力と原料生産者集合の供給能力が共に最終製品の生産量及び価格に影響し、最終製品生産者集合の供給能力が一定の場合には、原料生産者の供給能力が高いほど価格は低下する傾向、すなわちサプライチェーンの影響が再現される。この条件が再現されるための必要条件は系が資金循環系であることである。

(4) ベキ分布の再現：上記の資金循環系では、消費者の所得分布、生産者の売上高分布、及び同一期に売れた商品価格の最大価格差分布が概ねベキ分布に従う傾向が確認された。前 2 者の分布は現実の経済システムでも確認されている現象であり、ABM の人工市場でも、エージェント属性の多様性と行動の相互作用の結果、ベキ分布が再現されていると考えられる。但しベキ指数の絶対値には数 10%程度の差異が見られた。差異の原因は本研究の人工経済システムにおいて考慮していないその他の条件(エージェントの多様性の差を含む)によるものと考えられる。

(5) 景気循環の再現：生産者が生産能力拡大のために設備投資を行い、そのための資金調達に銀行借入が含まれる場合には、GDP の周期的変動、すなわち景気循環が再現された。その生成メカニズムは以下のとおりである。売上好調な一部の企業による設備投資が設備生産者の下で賃金を得る労働者の所得増加をもたらす、それが市場の需要をさらに誘起して新たな設備投資と銀行借入を誘起する好循環が繰り返されて GDP 上昇期が形成される。しかし設備投資のためのローン制約から借入が一巡すると、設備投資が低迷する一方で借入金返済が優勢となり、市場から銀行へ資金が逆流する結果、GDP 下降期が形成される。

借入が優勢で銀行から市場へ資金が流入する時期に GDP 上昇期が形成され、銀行への資金逆流期に GDP 下降期が形成される傾向は、現実システムでも見られている傾向であり、本モデルにおいて現実システムと類似のメカニズムにより景気循環が創発されているものと考えられる。

景気循環をもたらす必須要件は、銀行借入とそれに伴う返済期間がエージェント間で

完全ランダムではなくある平均値の周りに分布する、という資金循環に関わるシステム構造である。長期ローン返済期間が完全にエージェント間でランダムであれば周期的なGDP変動は生じない。また資金を、企業の内部留保資金や、新株式発行増資によって全て調達する場合には、GDPの変動は生じるがその変動は周期的ではない。その理由は、これらの資金調達が返済義務を伴わない形態のものであるためと言える。

現実の景気循環には短周期から長周期まで様々な周期の循環が存在することが知られている。その場合の検討は本研究スコープの範囲外であり今後の課題であるが、その場合にも景気循環の原因が銀行借入と返済であることに変わりはなく、その場合の周期の大小を左右するものは、設備投資を誘起する原因となる新商品や新技術が新たな商品や技術を生み出す波及効果の大小によるものと考えられる。

(6) 所得税減税によるGDP増加効果の再現：上記のモデルに政府を加えると、政府による徴税と消費が新たにGDPへの影響因子として加わる。徴税の形態を所得税のみとした場合、GDPに及ぼす税率の影響は政府支出の効率性に大きく左右され、政府支出の効率性が消費者の限界消費性向よりも小さい場合にのみ、減税によってGDPが増加し、現実システムの傾向が再現されることがわかった。現実システムの政府の役割には所得の再分配や福祉政策等が含まれており、それらによる非効率性が必然的に存在するが、本モデルでは税率は所得に無関係としており所得再分配は考慮していない。また、政府支出の非効率度は補助金支出額/(補助金及び市場購買による総支出額)で定義している。従って、本モデルで仮定した非効率性は、政府支出の中に市場価格以上の価格での発注や、政府介入による価格調整や参入障壁、業界保護などのレントシーキングに伴う非効率性に相当し、これらの非効率性の存在が、所得税減税によるGDP上昇効果を再現するための必須要件であることを示している。

(7) 法人税減税によるGDP増加効果の再現：法人税減税によるGDP増加は、政府支出の非効率性の仮定だけでは再現できない。新たな要因として、経営者報酬の存在、設備投資資金調達における内部留保資金の活用、借入ローン本数の上限緩和(1から3に増加)、労働市場の存在、の4要因について解析した結果、法人税減税によるGDP増加傾向を再現するためには、経営者報酬の存在及び内部留保資金活用、の仮定が必須であることがわかった。これらの要因は、企業の内部留保資金の市場への放出を誘起する要因である。すなわち、法人税減税が企業から市場へ流出する資金の増加をもたらすようなシステム構造が、法人税減税によるGDP増加傾向再現のための必須な要件であると言える。

また、このシステム構造の場合には、消費

者の金融資産が時間の経過とともに増加する傾向も再現することができた。

上記モデルにおいて、労働市場有無の影響すなわち、生産能力向上のために新たに労働者を雇用する企業と解雇された失業者とのマッチングの場の存在は本質的に重要な要因ではないことがわかった。このことは、法人税減税による失業率の低下は、法人税減税とGDPとの関係において必須要件ではないことを示している。

なお、本モデルでは法人税減税による海外からの資金流入や新たな起業は考慮していないが、その範囲ではGDPに及ぼす法人税減税の影響は、所得税減税の影響に比べて小さいという結果となった。海外資金流入の影響は今後の課題である。

(8) 政府支出の非効率度を考慮した経済連関モデルによる減税乗数式の導出：森嶋通夫の無資源国の経済学(1984)の経済連関モデルに修正を加え、政府支出の非効率度及び経営者報酬を考慮した経済連関表を作成し、減税乗数式を導出した。その結果、所得税及び法人税の減税乗数は政府支出の非効率度と民間支出の非効率度の差で表され、政府支出の非効率度が民間のそれより大きい場合に減税乗数がプラスとなり、ABMシミュレーションの結果と一致した結果が得られた。

(9) ABMにおけるモデル妥当性の評価：

本研究の結果、個々のマクロ現象ごとにそれをモデルにおいて再現するための必須なモデル構造と必須でないモデル構造が存在することがわかった。このことから、ABMにおけるモデルの妥当性は、モデル化された人工社会システムから着目するマクロ現象が創発されるかどうかによって判定できるものと言える。着目するマクロ現象を再現するために必須なモデル構造は、モデルに含まれるエージェントの種類や行動ルールを1つずつ変更する一連のコンピュータ実験により解明することが可能であることがわかった。

なお、本研究で判明したモデルシステム構造が、着目するマクロ現象を再現するための唯一のモデル構造であるとは限らない。それらとは別に、より影響の大きい別なモデル構造が存在する可能性は否定できない。しかしそれは影響度の大小関係に関わる問題であり、ある研究により必須と判断されたモデル構造に関する知見が否定されるものではない。むしろこれらの知見が体系化されていくことによって、より広いシステム構造条件における、マクロ現象再現のためのモデル構造が明らかとなり、その結果として、着目するマクロ現象の生成メカニズムが解明できるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

Takashima, K., Kato, K., Ogibayashi, S.,

" Analysis of the Influence of Firm ' s Financing strategies for Investment on GDP in an Agent-Based Economic system " , Information, Vol.17, 6(B), June (2014) (査読有)

Ogibayashi,S.,Takashima,K.

" Influence of the Corporation Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System " , Advances in Computational Social Science, Agent-Based Social Systems Vol. 11, Springer, pp157-173, 2014(査読有)DOI:10.1007/978/4-431-54847-8_11

Ogibayashi,S.,Takashima,K.

" Infulence of Government Expenditure Policies and Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System " , Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems ,Agent_Based Social systems vol.10, Springer, pp147-161, 2013(査読有)

DOI:10.1007/978-4-431-54279-7_11

荻林成章,高島幸成:「消費者、企業、銀行間で構成される人工市経済社会のエージェントベースシミュレーション」,統計数理研究所共同研究レポート,271,pp12-18,2012(査読無)

[学会発表](計 12 件)

高島幸成,荻林成章,「ABM 人工経済を用いたマクロ経済挙動に及ぼす公共支出、税率、及び経済主体の貯蓄性向解析」,社会・経済システム学会,10月,2013(査読無)

Ogibayashi,S.,Takashima,K.,Koyama.,

" Analysis of influential factors responsible for the effect of tax reduction on GDP " ,2013 Annual Conference of the Computational Social Science Society of the Americas (CSSSA2013), Aug,2013(査読有)

Ogibayashi,S.,Takashima,K,"Influence of Corporation Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System " ,The 4th World Congress on Social Simulation (WCSS2012), Sep.,2012(査読有)

Takashima,K, Kato,K.,Ogibayashi,S. " Analysis of the interaction between commodity and stock markets in an agent-based economic system " ,The 2012 Asian Conference of Management Science and Applications (ACMSA2012) , Sep.,2012(査読有)

荻林成章,加藤健太,「実物市場と金融市場を包含した人工経済システムの解析」,日本オペレーションズリサーチ学会,3月,2012(査読無)

荻林成章,高島幸成,「エージェントベース人工社会のマクロ経済挙動に及ぼす政

府支出政策及び税率の影響」,進化経済学会,3月,2012(査読無)

Ogibayashi,S.,Takashima,K,"Influence of Expenditure Policies of Government and Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System " , The 7th International Workshop on Agent-based Approach in Economic and Social complex Systems (AESCS2012), Jan,2012(査読有)

Ogibayashi,S.,Takashima,K.,"Analysis of the Influence of Expenditure Policies of Government on Macroeconomic behavior of an Agent-Based Artificial Economic System " , The 7th European Social Simulation Association Conference (ESSA2011) ,Sep.,2011(査読有)

荻林成章,高島幸成:「エージェントベースシミュレーションによる人工経済システムの GDP に及ぼす政府支出政策の影響の解析」,日本ゲーミング&シミュレーション学会,5月,pp51-52,2011(査読無)

荻林成章,高島幸成:「エージェントベース人工社会のマクロ経済挙動に及ぼす政府支出政策及び税率の影響」,経営情報学会,10月,2011(査読無)

会田巖,荻林成章,高島幸成:「エージェントベース人工経済システムの創発挙動に及ぼすパラメータ条件の影響」,経営情報学会,10月,2011(査読無)

渡邊亮太,荻林成章,高島幸成:「企業の新規参入を考慮したエージェントベース人工経済システムの解析」,経営情報学会,10月,2011(査読無)

[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

<http://www.ogi-lab.info>

6. 研究組織

(1)研究代表者

荻林 成章 (OGIBAYASHI, Shigeaki)

千葉工業大学・社会システム科学部 教授
研究者番号: 40296306

(2)研究分担者

徐 春暉 (XU, Chunhui)

千葉工業大学・社会システム科学部 教授
研究者番号: 70279058

(3)連携研究者

寺野 隆雄 (TERANO, Takao)

東京工業大学・総合理工学研究科 教授
研究者番号: 20227523