

景気循環及び所得税・法人税の減税効果再現の為の ABM モデル条件 Model Structure for Reproducing Business Cycles and the Effect of Tax Reduction of Income and Corporation Taxes in Agent-Based Modeling

高島 幸成
Kosei Takashima
千葉工業大学附属研究所

荻林 成章
Shigeaki Ogibayashi
千葉工業大学経営情報科学科

要旨: 景気循環及び GDP に及ぼす減税の影響を再現するためのモデル条件について計算機実験により検討した。その結果、景気循環を再現するための必要条件は、投資に際しての信用創造が内包されたモデル構造であること。また GDP に及ぼす所得税減税効果再現の為の必要条件は政府による非効率な支出がモデルに内包されていること、GDP に及ぼす法人税減税効果再現の為の必要条件は政府による非効率な支出に加えて、減税による利益剰余を支出するメカニズム（経営者報酬、設備投資における自己資金利用）が内包されていること、であることがわかった。このことは個々のマクロ現象に対して、それを再現するために必要不可欠なモデル構造が存在していることを示している。

Abstract: This study analyzed the model structures that are responsible for reproducing each of the business cycles and the effect of tax reduction on GDP for income and corporation taxes by a series of computer experiment. As a result it was found that the model structures for reproducing business cycles, effect of income tax reduction on GDP are that the model includes the credit creation for investment and inefficient expenditure by the government, respectively. For compensation and the utilization of internal fund for investment as factors of spending accumulated earnings in addition to the inefficient expenditure by the government.

1. 研究背景

エージェントベースモデリング (ABM) は実験室実験的な視点から人工社会を構築するボトムアップなモデリング手法であり、個々のエージェントにおける限界合理性や異質性、及びシステムの非均衡状態を取り扱うことができる点で有望な手法であると言える[1]。この観点からこれまでに多くの ABM 研究が行われているが、それらの多くはあるモデルにおいてあるマクロ現象が再現されることを示しているに留まり、着目したマクロ現象を再現するために必要不可欠な要因を明らかにするという観点からの研究は殆んどみられない。著者らはこれまで、消費者、3種の生産者、銀行、及び政府によって構成される人工経済 ABM モデルを構築し、構築したモデルによっていくつかの経済現象がボトムアップに再現できることを示した。[2,3,4]。

本研究はこれらの現象の再現についてモデル上のシステム構造（以下モデル構造という）の観点から、エージェントの種類と行動ルール及び市場などを種々変更した追加シミュレーションを行い、製品財市場の基本的なマクロ挙動の例として景気循環再現、及び GDP に及ぼす減税の影響再現の為に必要不可欠なモデル構造を明らかにすることを目的に解析を行った。

2. シミュレーションモデル

本研究における人工経済モデルは消費者、生産者、銀行、政府を内包し、消費者と生産者は表 1 に示すように 3 種に細分される。また、市場はシ

ミュレーションのモデル構造条件に応じて、製品財市場、株式市場、及び労働市場を内包する。

表 1. エージェントと行動ルール概要

エージェント	タイプ	行動概要
消費者	労働者	消費者は企業或いは政府の下で労働し、賃金を得て所得税を支払い、消費財を購入する。所得はケインズの消費関数に基づき消費予算と貯蓄予算に分けられる。また、消費財の選択は消費者それぞれが独自に保有する効用に従って行われる。また、株式市場を内包するモデルにおいて、自己資産の増加を目的に株式市場で売買を行う。
	経営者	
	公務員	
企業	リテイラー	企業は消費者を雇用し自己の事業によって利益を得て賃金と税金を支払う。
	原料生産者	生産者は製品を製品財市場で販売する。リテイラーと原料生産者は毎期、生産量と価格を前期までの自己の売上に応じて意思決定し、状況に応じて設備投資を行う。また、設備生産者は他のエージェント注文に応じて設備を生産し販売する。
	設備生産者	
	銀行	銀行は他のエージェントの剰余資金を集め、生産者に資金の貸し出しを行う。
政府		政府は税金を集め、労働者に賃金を支払い、余った資金を公共支出として利用する。

2.1 行動シーケンス

エージェントの行動は期単位で構成され、1 期を現実世界における 1 か月と仮定した。各エージェントの属性は乱数を用いて決定することにより多様性を付与している。各期中にエージェントは、図 1 に示すように、互いに相互作用しつつ行動し、その結果としてマクロ現象が創発される。また、各エージェントは各期末に複式簿記方式に基づいて決算を行い、それらの数値を集計して産業連関表及び、GDP 等のマクロ経済指標を計算する。各期のエージェントの行動シーケンスは以下の 8 ステップで構成される。

1. 各エージェントは税金を支払い、消費、支払給与、政府支出等の予算を計画する。
2. 原料生産者は前期の販売状況から生産量と価

- 格を意思決定し、原料財市場に製品を供給する。
3. リテイラーは原料生産者同様に生産計画を行い、原料財市場から原料製品を購入し、消費財市場に製品を供給する。
 4. 消費者と政府は市場で消費財を購入する。
 5. 各企業は労働者に賃金を、また経営者に経営者報酬を支払い、政府は労働者に賃金を支払う。
 6. リテイラーと原料生産者は直近の製品販売状況から必要に応じて設備投資を行う。この際に、モデル条件に応じて投資資金を、銀行借入、自己資金、或いは株式発行によって調達する。
 7. 消費者は株式市場を内包するモデル条件の際に株式の売買を行う。
 8. 各エージェントは決算を行い、所得や利益に応じて税金、及び賞与、報酬額を計算する。

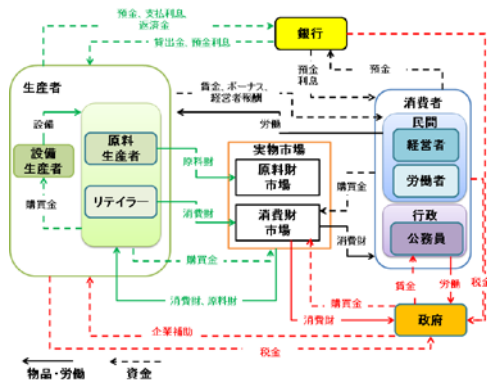


図1 モデル概要

2.2 エージェントの意思決定ルール概要

以下に各エージェントの意思決定ルールの概要を示す。具体的な行動ルールの詳細は著者らの先行研究[3, 4]に示しているので参照されたい。

○消費者の行動ルール

消費者は消費財購買行動時に E_b^t 及び自己の効用を制約として購買を行う。消費者は(1)に示すように購買予算 E_b^t を税引き後の所得 $I(1-r_{i_tax})$ からケインズの消費関数に基づいた金額、及び銀行預金 D_t から每期、エージェント毎にランダムに決定する預金引き出し率 r_{wd} 分だけを合算して定める。この時、 t は期数であり、 r_{i_tax} は所得税率、 a 及び b はケインズの消費関数の基礎消費と限界消費性向である。

$$E_b^t = a + bI^t(1 - r_{i_tax}) + r_{wd}^t D^t \quad (1)$$

○生産者の行動ルール

リテイラーと原料生産者は共に前期までの自己製品の販売状況から製品在庫量に応じて生産量と価格を変更し市場の需要に応じて自己調整する。製品の生産能力 Y はコブダグラスの生産関数に基づいて設備の数 K と労働者の数 L によって決定し、本研究では設備にかかる指数 α を 0.25 と仮定した。

$$Y_i(K, L) = A_i K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (2)$$

また、各生産者は生産計画時に生産能力を超える意思決定を繰り返した場合に市場の需要に対

して自身の供給能力が不足していると認知して設備投資を行う。設備投資を行う際に、各生産者は必要資金を銀行借入、新株発行による資金調達、自己資金利用の3つの調達手段からシミュレーション条件に応じて行う。設備生産者は各生産者の発注を受けて設備を生産し販売する受注生産方式をとる。

また、全生産者は経営者と労働者を雇用しており、労働者には固定給与と前期の売上から計算される賞与を支払い、経営者には固定給与、賞与に加えて、前期の純利益から計算される経営者報酬を支払う。

○銀行の行動ルール

銀行は他のエージェントから預金を集めて、企業に設備投資の為の長期、原料や固定給与支払いの際に運転資金不足が生じた場合に短期の貸出を行う。本研究では銀行の貸出制約は特に設けず、借入要求にはすべて応じると仮定した。

○政府の行動ルール

政府は所得税と法人税を集めて支出を行う。この時、支出は労働者への賃金と政府の公共支出によって構成される。労働者の賃金は每期、前期の民間労働者の賞与も含めた平均給与額を支払う。また、公共支出は政府支出の効率的な支出の極端な例として、市場で市場価格の製品を購入する市場購買と政府支出の非効率的な支出の極端な例として生産者に用途制約のない補助金支払う企業補助の二つの行動を行う。本研究では、これら2つの行動に費やす予算割合を入力条件とし、企業補助に用いる予算割合を政府支出の非効率度として仮定する。

3.シミュレーション条件

シミュレーション条件は表2に示すようにGDPの周期的な変動再現性解析及びGDPに及ぼす減税の影響再現性解析の2つのカテゴリに分割する。前者は生産者の設備投資と投資に関わる資金調達の意思決定を入力条件としてGDP等の景気循環挙動の再現に必要な不可欠なモデル構造を解析した。一方、後者は政府の公共支出の効率性、及び消費者の預金使用、生産者の利益剰余支出等の行動ルールを変更し、GDPに及ぼす減税の影響再現を可能にするモデル構造を解析した。

表2.シミュレーション条件

エージェント	モデル基本構造	GDPの周期的変動再現性解析		減税影響再現性解析
		投資ルール解析	資金調達ルール解析	
消費者	消費者	150	150	150
	リテイラー	30	30	30
	原料生産者	6	6	6
	設備生産者	1	1	1
	銀行	1	1	1
生産者行動ルール	設備投資の意思決定	需要で判断	投資なし/ランダム投資	需要で判断
	資金調達ルール	銀行借入と自己資金	銀行借入	全額自己資金/株式発行
	経営者報酬ルール	無し	無し	無し/有り
	設備投資回数制限	1回	1回	1回/3回
	消費者行動ルール	預金引出行動	有り	有り
政府行動ルール	課税	無し	無し	有り
	政府支出の非効率性	無し	無し	有り
市場	製品財市場	有り	有り	有り
	株式市場	無し	無し	無し/有り
	労働市場	無し	無し	有り/無し

4. シミュレーション結果

4.1 景気循環再現の為に必要なモデル構造

図 2 に示すようにモデル基本構造条件下では GDP、製品の平均価格、及び消費者の平均所得の周期的な変動が生じていることがわかる。ここで特に注意する点はこれらのマクロ指標が同期していることである。基本条件によって発生する景気循環のメカニズムは以下のように要約することができる。景気上昇期は市場内で比較的競争優位に立っている生産者の設備投資を起点として、市場を流通する資金量が増加し、需要が増加することによって他の生産者の投資が行われる相乗効果によって発生する。一方、大多数の生産者の設備投資の一巡によって設備投資が行われなくなり、資金の借入額に対して返済額の方が優勢となり市場から資金が流出し、賃金低下と需要の低下によって下降期が発生する。これらの景気循環の基本的なメカニズムについては著者らの先行研究[2]に示しているので参照されたい。

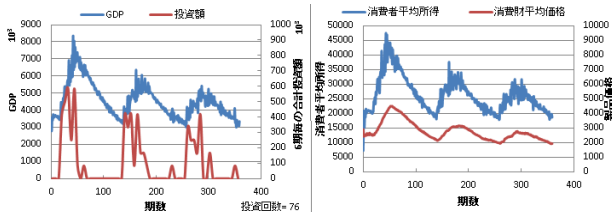


図 2 モデル基本構造における GDP、投資価格、消費者所得、及び消費財平均価格の時系列推移

これに対して、設備投資の意思決定ルールを”設備投資を行わない”、或いは”設備投資をランダムに行う”行動ルールでは図 3(a)に示すように景気の循環挙動は発生していない。このことから、内生的景気循環挙動を再現するためには各生産者が設備投資を市場の需要に従って意思決定することが大きな要因の一つであると考えられる。

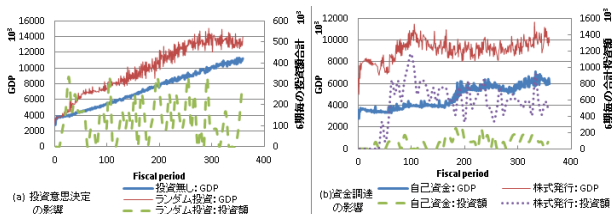


図 3 各条件下における GDP と投資額の時系列推移

景気循環を再現するためのもう一つの重要な要因は銀行から設備投資の為に資金調達の意味決定である。図 3(b)に示すように設備投資に必要な資金を全て自己資金から調達する、或いは新株発行による売却益と自己資金による資金調圧を行うモデル構造下では共に十分な周期的な景気循環挙動が発生していないことがわかる。これは銀行借入の返済による投資の制約が存在しないためである。

また、必要資金を全額自己資金で調達する条件下では若干の周期的に変動しているが、資金調達に銀行借入を用いた条件と比較すると変動が小

さい。これは設備投資を行った企業は再び設備投資を行うための資金が不足しているために、再度設備投資を行うことが可能な資金状況と需要状況に達するまで時間がかかるためである。しかしながら、全ての企業が資金不足の状態ではなく、また資金蓄積状況は生産者によって異なるため集中的な設備投資期間が発生することはない。

これらの結果から、生産者と消費者が相互作用する製品財市場の ABM において、GDP の明確な周期的変動（すなわち景気循環）は銀行からの資金調達と設備投資の 2 つの要素を兼ね備えたモデル構造である時に生じることがわかる。

一方、ケインズは資本限界効率が景気循環を決定する主要な要因[5]であることを指摘したが、これは内部収益率が景気循環の重要な要因であることを示している。このケインズの説を基に本研究のモデルにおいて、生産者が内部収益率に基づいて設備投資の意思決定を行う追加実験を行った。ここで、内部収益率は設備投資によって増加する生産量、製品の現在の価格、及び現在の当該生産者の設備の稼働率の期待値に基づいて計算する。設備の耐久年数は 60 期と仮定し、設備の価格は $EP_{t+1} = EP_t(1 + 1/10(O_t/Y))$ と仮定した。 O_t は期間 t の受注高であり、 Y は設備生産者の生産能力である。

しかしながら、銀行借入とその後の返済が内包されていないモデル構造では GDP の周期的な変動は発生しなかった。これは主たる理由として、幾つかの生産者が一度に設備を廃棄して生産能力の減少が発生しても、他の生産者の生産設備の余剰によって補われるため製品価格の低下が発生しないためである。一方、生産能力決定式 (2) の K にかかる指数 α の値を 0.95 のように極端に生産設備に依存する条件下では景気の変動挙動が発生することがわかった。しかしながら、これは極端な仮定の下での結果であるため、資本の限界効率は景気循環を再現するための主要な要因ではないと考えられる。

4.2 減税の影響再現の為に必要なモデル構造

消費者、生産者、銀行のエージェントに加えて政府を内包したモデルにおいて、GDP に及ぼす減税影響の再現性についてエージェントの行動が及ぼす影響を解析した。

税率の基本水準は所得税、或いは法人税の減税影響のそれぞれについて解析を行い、対象となる税率の初期値を 30% として、100 期で税率 10%、20% にまで減税する。また、減税を行わない条件では 30% のまま税率を据え置く。非対象の税率については初期値からシミュレーション終了まで 20% の税率で固定した条件で計算を行った。

所得税と GDP の関係は図 4 に示すように、政府支出の非効率性が存在する場合、両者の関係に逆相関、すなわち税率の低下によって GDP が上

昇する関係が現れることがわかる。さらに、図 4 に示すように所得税率と GDP の関係において、政府支出の非効率性が減少すると、減税によって GDP が低下する現象を創発することがわかる。

この所得税率と GDP の関係は消費者の消費の為の預金引出率(すなわち消費者の消費性向)と企業の経営者報酬率(すなわち企業の余剰使用率)、及び政府支出の効率性との関係によって定まっていることがわかった。これは政府支出の効率性が政府の限界消費性向に相当するためである。政府支出の効率性が消費者の限界消費性向より大きくなると、消費者の支出よりも政府支出の方がより効率的に市場内で資金を循環させるためである。

従って、所得税率と GDP の逆相関の関係を再現するには政府支出の非効率性が最も重要な要因であると考えられる。

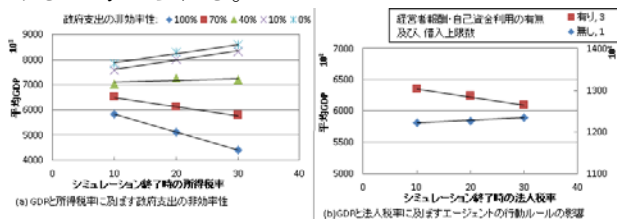


図 4. GDP と所得税率に及ぼす政府支出の効率性の影響(左)と GDP と法人税率に及ぼす生産者行動ルールの影響

一方、法人税率の低下による GDP の上昇傾向を再現するためには図 4 に示すように政府支出の非効率性の仮定に加え、経営者報酬の存在、及び設備投資に際しての自己資本利用の仮定が必須であることがわかった。

ここで、経営者報酬の存在、及び自己資金利用は共に減税によってもたらされる利益剰余金の増加が市場の需要増加をもたらす因子であることが注目される。すなわち、均衡財政の下で、且つ政府支出に非効率が存在する条件下では、政府支出の一部を民間支出に置き換えることによって市場で消費される資金の額が増加する結果、GDP 増加をもたらす、と理解される。

また、減税の効果の一つとして失業率の低下が観察されている[6]。そこで本研究では人工市場に労働市場を設置し、企業が生産能力増加の為に設備投資をするか雇用によって労働者を増やすかを期待収益に基づいて意思決定するモデル構造についても実験してみたが、労働市場の有無は法人税率と GDP の定性的関係にほとんど影響を及ぼさないことがわかった。このことは法人税減税の GDP に及ぼす影響を大きく左右している要因は民間支出と財布支出の効率性の差であることを示唆している。

これらの実験の結果は以下の 2 つのことを示唆している。一つは、入力条件がモデル構造によって表現されるとき、モデルが特定のマクロ現状の振る舞いを再現するために不可欠な要素を識

別することが可能であるという点である。このことは我々が特定のマクロ現象のメカニズムを理解することは ABM におけるモデル構造の必要不可欠な要素を解析することで可能であることを示唆している。

2 つ目に減税によって得られた企業の利益剰余が市場において投資、役員による消費、及び労働者によって有効に利用される場合、政府支出の効率性によって表現された政府の有効な限界消費性向の総計が社会の総計より小さい場合に法人税縮小は GDP を増加させる。

5. 結論

本研究は ABM において特定のマクロ現象を再現するために必要不可欠なモデル構造を明らかにする観点から生産者が生産し、消費者が購買を行う製品財市場において景気循環を再現するためのモデル構造、及び GDP に及ぼす減税の影響を再現するためのモデル構造について解析を行った。

その結果、景気循環の再現の為には生産者の需要に伴う設備投資とその設備投資の為に資金調達に銀行借入れを行う構造が必要不可欠であることがわかった。また、GDP と所得税減税の関係を再現するためには政府支出の非効率性が、また、GDP と法人税減税の関係を再現するためには加えて、経営者報酬、及び投資の為に自己資金を利用する構造が必要不可欠であることがわかった。

参考文献

- Epstein, J.M., & Axtell, R. (1996). Growing artificial societies: social science from the bottom up. *Brookings Inst. Press: Washington, DC* [ua].
- OGIBAYASHI, S., & TAKASHIMA, K. (2010). MULTI-AGENT SIMULATION OF FUND CIRCULATION IN AN ARTIFICIAL ECONOMIC SYSTEM INVOLVING SELF-ADJUSTING MECHANISM OF PRICE, PRODUCTION AND INVESTMENT. *ICIC Express Letters. Volume 4, Number 3(B), pp. 877-884*
- Ogibayashi, S., & Takashima, K. (2014). Influence of the Corporation Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System. In *Advances in Computational Social Science* (pp. 157-173). Springer Japan.
- Takashima, K., & Ogibayashi, S. (2014) (to appear in). Analysis of the Influence of Firm's Financing Strategies for Investment on GDP in an Agent-Based Economic System. *INFORMATION-An International Interdisciplinary Journal*.
- John, M. (1936). Keynes, The general theory of employment, interest and money. *DE Moggridge (Ed.), 7*.
- 佐久間隆, 増島稔, 前田佐恵子, 符川公平, & 岩本光一郎. (2011). 短期日本経済マクロ計量モデル (2011年版) の構造と乗数分析. *ESRI ディスカッションペーパーシリーズ, (259)*.