

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社会システム挙動の解析

Analysis of the Behavior of Agent-Based Artificial Economic System Model Taking into Account of New Entry of a Firm

渡邊亮太*

荻林成章*

高島幸成*

Ryota Watanabe*

Shigeaki Ogibayashi*

Kosei Takashima*

*千葉工業大学社会システム科学研究科

*Chiba Institute of Technology

要旨：

エージェントベースシミュレーションは現実システムの分析手法として多くの社会問題で活用されている。先行研究である消費者・生産者・銀行の各エージェントからなる人工経済シミュレーションにおいて、生産に関する自己調整機能をもつエージェントのミクロな行動ルールから、市場価格の形成・景気循環・資金循環等のマクロ的な挙動が再現できることが確認されている。本研究では上記モデルに生産者の新規参入の要素を加えて起業・廃業ルールを追加し、これらの行動ルールが資金循環や GDP 及び企業資産分布等の創発挙動に及ぼす影響について検討する。

Abstract:

Agent-based simulation has been used for many social problems as a method of analyzing real systems based on bottom-up approach. In the previous study, an artificial economic model composed of consumers, producers and a bank as been developed and fundamental macroscopic behaviors such as the market price formation, business cycle are found to be reproduced based on the microscopic rules of actions of agents and their interactions. This study aims to develop a revised model where rules of actions of business starting and bankruptcy are taken into account and their influences on the emergent behavior, such as the distribution of corporate assets have been analyzed.

1. 背景

エージェントベースモデリング (ABM) は自律的に意思決定を行うエージェントのミクロ的な行動とそれらの相互関係から、マクロ的なシステム挙動を再現し、そのメカニズムを解析することによって現実システムの分析や理解を図る手法であり、近年では疫病の伝染問題、金融市場の投資家行動、消費者行動分析等の様々な社会問題の解析に利用が模索されている。これら社会問題は要素間の意思決定において背後に経済的要因が重要な要因であることが多く、経済モデルの構築と、創発現象の相互影響の解明は ABM 研究において重要な課題であると考えられる。

本研究は生産に関する自己調整機能をもつエージェントのミクロな行動ルールから、市場価格の形成・景気循環・資金循環等のマクロ的な挙動が再現できることを明らかにした荻林・高島の人工市場モデル[1]を先行研究とし、先行研究モデルに考慮されていない生産者の新規参入をモデルに盛り込むと共に、廃業ルールを改変し、経済システム全体の創発現象に及ぼす影響を解析した。

2. シミュレーションモデル

本モデルは式(1)に示すように、消費者 (C)、リテイラー (R)・ホールセラー (W)・設備製造 (E) の3種企業、銀行 (B)、及び政府 (G) を経済モデルを構成するエージェントとして人工経済モデルを構築した。以下に各エージェントの行動ルールを示す。

$$Agent = \{C, P, B\}, \quad P = \{R, W, E\} \quad (1)$$

C: 消費者, P: 企業, B: 銀行

R: リテイラー, W: ホールセラー, E: 設備製造

2.1 消費者エージェント

消費者エージェントは一つの企業エージェントの下で労働し、賃金を得て、給与の中からケインズ型の消費関数に従い預金を行い、製品の購買を行う。製品の購買は現金と預金から引き出した預金引出額で行い、預金引出額は乱数で発生させた預金引出率に従って預金から引き出す。購買における選好は乱数によって初期値として設定した効用に基づき、複数の製品種の中から値段が最も安

く、かつ最も効用が高くなるものを選択・購買し、この選択と購買を購買予算額がなくなるまで続ける。式(2)に各期開始時の現金及び式(3)に預金の状態変数を記す。

$$MC_C^i = MC_C^{i-1} + MD_C^{i-1} r_{withdraw} - Expenditure^{buy^{i-1}} + b \text{wage}^{i-1} + a_0 \quad (2)$$

$$MD_C^i = MD_C^{i-1}(1 - r_{withdraw}) + (1 - b)x^{i-1} - a_0 + Interest_C^{i-1} \quad (3)$$

$$\text{wage}^i = \text{Const wage}^i + \text{Bonus}^i$$

$$\text{Consumption budget}^i = a_0 + bx^{i-1} + MD_C^i r_{withdraw}$$

i : 期数	,	suffix: エージェントタイプ	,	MC : 現金
MD : 預金	,	$r_{withdraw}$: 預金引出率	,	$Interest$: 銀行の支払い利息
$Bonus$: ボーナス	,	$Expenditure^{buy}$: リテイラー製品購買額	,	$Consumption budget$: 消費予算
$Const \text{wage}$: 固定給	,	$Sales$: 売上	,	$a_0 + bx$: ケインズ型消費関数
a_0 : 基礎消費	,	b : 限界消費性向		

2.2 企業エージェント

企業 P は消費者を雇用し、給与を支払い、生産計画を立て、製品を市場に供給して販売し、利益を含めた残預金を貯金する。給与はシミュレーション開始時に消費者毎に乱数で定めた固定給と、利益が出た際に支払うボーナス給から構成される。また、ボーナス給は利益に乱数で発生させたボーナス率を掛けた金額を一人当たりのボーナス額は雇用している従業員に対して均等に配分する。

リテイラー R、及びホールセラー W は複数種の製品を生産し、価格を在庫が増加した場合は低下させ、減少した場合は増加させる。生産量の決定は直近 10 期の販売状況から 5% の在庫が常に発生するように生産量を決定する。また、生産量の上限値 Y はコブダグラス型の生産関数によって上限値を定め、下限値は上限値の 70% とした。本研究では機械力の乗数 α を 0.25、労働力の乗数 β を 0.75 とした。また、リテイラー及びホールセラーは初期に設備を 1 単位保有し、生産計画が生産上限に達する状況が一定期間続いた場合に生産能力を向上させるために設備製造業者から設備を 1 単位購入する形で設備投資を行う。設備投資の際に銀行から長期借入として資金を借り入れ、長期借入金返済期間中は再度の設備投資は行わない。

設備製造者は他エージェントから設備投資の要求を受けた際に設備を生産する受注生産方式をとり、本研究では設備 1 単位当たりの価格が固定とする。

式(4)に各期開始時の預金の状態変数を記す。また、企業は期末に保有現金を全額預金するため、期末の値は 0 となる。

$$MD_P^i = MD_P^{i-1} + Sales_P^{i-1} + Interest_P^{i-1} - (Cost_P^{i-1} + \sum_{k \in \{C\}} \text{wage}_k^{i-1}) + \text{Repayment}_P^{i-1} \quad (4)$$

$Cost$: 原料費, $Repayment$: 借入金利息, $Sales$: 売上

企業エージェントの内、リテイラーは起業・廃業ルールを持つ。先行研究モデル[1]では新規参入は行われない(起業ルールなし)と仮定し、廃業ルール(以下、旧廃業ルールと称す)は一定期間製品が 1 つも売れない期が 20 期以上継続した場合に、当該品種の生産を停止し、すべての製品種の生産を停止した場合に廃業し、システム内から除去されると仮定している。これに対し、本研究では起業ルールを追加すると共に廃業ルール(以下、新廃業ルールと称す)を次のように改変した。すなわち、新廃業ルールでは、現実システムと同様に資金ショートが生じた際に廃業が発生するルールとし、借入資金の返済において返済が行えない状況時に廃業フラグを加算し、返済が行えた場合に廃業フラグを減算して廃業フラグが限界値(本研究では 20)に達した際に廃業しシステムから除去される。また、起業は企業エージェントが廃業した際に起こるものと仮定し、初期の資本金以外のパラメータはシミュレーション開始時と同値に設定し、資本金はシミュレーション開始時の上限、下限の中間値として銀行から長期借入で資金を得る。また、雇用者は倒産した企業の消費者を再雇用すると仮定した。

2.3 銀行エージェント

銀行エージェントは消費者を雇い、他エージェントの余剰資金を集め、企業に貸出を行い、利子を受け取り、利息を支払う。資金の貸出は企業エージェントの要求に従い、返済期間が長く設備投

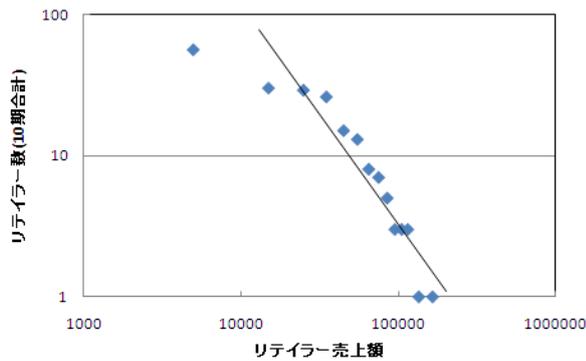


図2 旧廃業ルール下でのリテラー売上額分布

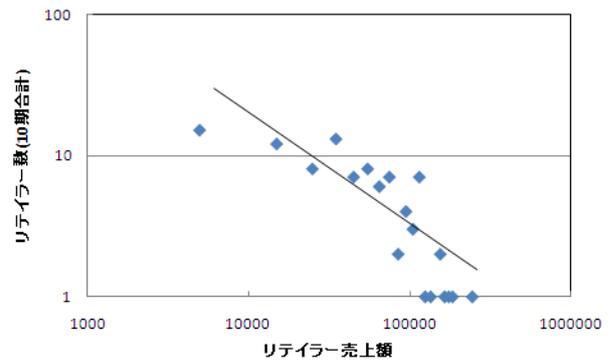


図3 新廃業ルール下でのリテラー売上額分布

4.2 経済システムに及ぼす起業・廃業ルールの影響

新廃業ルールにおいて、起業ありなしの比較を行った。図4はGDPの時間推移を示す。新廃業ルールの下で起業ルールなしの場合にはGDPピーク値がシミュレーションの進行と共に顕著に低下するが、新廃業ルールに起業ルールを加えた場合には、GDPピーク値の低下はさほど顕著ではない。これは主として新規参入企業の設備投資効果によるものと考えられる。

リテラーの売上高分布を図5に示す。新廃業ルールの下で起業ルールを加えた条件下では廃業ルールのみ条件と異なり売上高分布にべき乗分布が再び現れる結果となった。この現象は現実システムにおける、企業の新規参入と淘汰により、人工経済システム内において少数の大企業と多数の中小企業で構成される企業分布が創発されるためと考えられる。

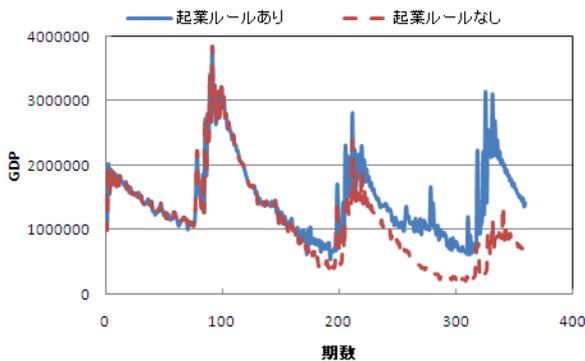


図4 GDPに及ぼす起業ルールの影響

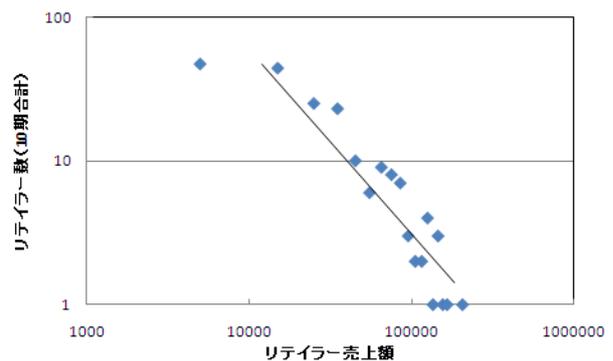


図5 リテラー売上高分布(起業ルール追加)

5. 結論

本研究では、消費者、3種の企業、銀行で構成された、価格、生産量、投資行動を自己調整する人工経済モデルに現実システムにより近い廃業行動と、新規参入行動を組み込み、起業・廃業によって経済システム全体の創発現象に与える影響を解析した。その結果、現実により近い廃業の意思決定をモデルに組み込むことにより、より現実に近い経済システム挙動が再現されること、シミュレーションの進行に伴う生産者の新陳代謝によって、少数の大企業と多数の中小企業で構成される企業分布が創発されること等がわかった。この現象は現実社会システムの企業の新規参入と淘汰による少数大企業と多数中小企業の創発現象を傾向的に再現できたものと考えられる。起業の新陳代謝に伴う企業の生産性向上や労働市場等を考慮した解析は今後の課題である。

参考文献

[1] Ogibayashi, S., Takashima, K.: "Multi-Agent Simulation of Fund Circulation in an Artificial Economic System Involving Self-Adjusting Mechanism of Price, Production and Investment", "ICIC Express Letters", Vol.4, No.3,(2010),877-884.7.