

千葉工業大学
博士学位論文

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

平成 26 年 3 月
高島 幸成

論文の内容の要旨

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

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の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、設備投資の為の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、マクロ経済の基本的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。

S u m m a r y

Title of thesis :

Study on the Model Structure in Agent-Based Modeling for Reproducing
Fundamental Macroeconomic Behavior.

Agent-based modeling (ABM) is widely used in social simulations to explain or understand social phenomena. The feature of this approach is to explain the emergent behavior of macro phenomena in social systems based on the bottom-up principle by modeling the action rules of autonomous decision makers and the interactions among them in the artificial social systems built on a computer that works with the same principle as that of the real systems.

One important research field is the application of ABM to macroeconomic systems, because many of the social problems include macroeconomic aspects. When using ABM, it is considered important that the model be as simple as possible, based on “KISS Principle,” to understand the most essential mechanisms of the phenomena in question. However, it is also important to consider all factors required to reproduce the desired phenomena, because the structure of the artificial system should be the same as that of the real system to enable the characteristics to emerge as they do in the real system. It is considered that elucidating the factors essential to reproducing the desired characteristics of the system can be done using a series of computer experiments in which only one constituent factor of the model is changed at a time, while the other factors are held constant.

In most of the previously reported research studies on ABM that have focused on various macroeconomic aspects, however, the model constitutions assumed were different in each case. This makes it difficult to identify the crucial assumptions of each model and to what extent the assumptions are important in reproducing the phenomena under concern. Researchers have also developed relatively more practical models that simulate multiple-market economic structures as elaborately as possible. However, given the nature of these economic phenomena, these studies have not fully clarified the structural factors of the model that are important for their reproducibility.

Motivated by this lack of understanding on the structural factors of the model that are indispensable for reproducing each of the macroeconomic phenomena, the present study focuses on elucidating the structural factors of the model that are essential for the reproducibility of fundamental macroeconomic phenomena, such as equilibrium in price, fund circulation, business cycles, production linkage in supply chain, influence of taxation on GDP etc., as well as developing a base model that could be used to analyze

the influence of public policies on macroeconomic behaviors. The developed model includes autonomous agents consisting of consumers, three types of producers, a bank and a government who behave and transact in the goods market and financial market.

As a result, the following findings were obtained.

The model reproduces loose equilibrium in the price as well as in the demand and supply, mutual dependency of equilibrium states between consumption goods and raw materials markets in the networks of supply chain, monetary circulation among agents including employers and workers. In addition, cyclic variation in GDP as well as average price of consumption goods endogenously emerges, showing business cycle which was found to be caused because of the repetition of the inflow of money due to loans from banks accompanied by the producer's investment and the outflow of money due to repayment. The model structure required for the reproducibility of these phenomena and their underline mechanism were also clarified.

Inefficiency in government expenditure in the form of firm subsidy is an indispensable factor to reproduce the positive influence of income tax reduction on GDP. For reproducing the positive influence of corporation tax reduction on GDP, executive compensation and the use of internal funds for investment are indispensable factors in addition to the inefficiency in government expenditure. To clarify the reason for these results, equations for multipliers of tax reduction were theoretically derived based on economic linkage table. It was revealed that, under the balanced budget condition, the multipliers of both income tax reduction and corporation tax reduction are expressed as the difference in the efficiency of expenditure in private sector and that in public sector. The executive compensation, the use of internal funds for investment and inefficiency in government expenditure are indispensable factors to explain the efficiency of expenditure in private and public sectors.

In the case of the model including goods and stock markets, in which both markets interact due to the issuance of new stocks by firms as a measure of financing for investment, it was revealed that endogenous emergence of stock prices and fund circulation among both markets are reproduced. It was also found that average consumer price changes in accordance with the change in GDP, while average stock price does not show co-movement with GDP, which are in good agreement with the actual phenomena.

As mentioned above, the present research revealed the structural conditions of the model required to reproduce fundamental behavior of macroeconomic systems, as well as its underline mechanism. As a result, an agent-based model has been developed that can mimic the fundamental macroeconomic phenomena.

目次

第1章 序論

1.1 研究背景	1
1.1.1 社会システムの複雑性と既存アプローチの限界	1
1.1.2 エージェントベースモデリングについて	2
1.1.3 ABM の妥当性と意義	4
1.2 先行研究と本研究の位置づけ	10
1.2.1 ABM アプローチによる社会モデル	10
1.2.2 ABM アプローチによる経済モデル	10
1.3 研究目的	13
1.4 本論文の構成	14

第2章 マクロ経済の基本挙動を再現できる人工経済モデルの開発, 及びモデル条件の解明

2.1 はじめに	16
2.2 研究目的	17
2.3 研究方法	18
2.3.1 モデル条件解明の方法	18
2.3.2 サブモデルの構築	20
2.3.3 実装の方法	23
2.4 研究結果	25
2.4.1 モデルの概要	25
2.4.2 モデルの詳細—エンティティの行動と状態変数—	35
2.4.3 モデルの詳細—市場を構成するサブモデル—	42
2.4.4 シミュレーションの実行について	57
2.5 まとめ	60

第3章 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動における価格均 衡, 及び資金循環挙動の解析

3.1 はじめに	61
3.2 研究目的	62
3.3 研究方法	62
3.3.1 モデルの適用範囲	62
3.3.2 シーケンスステップ	63
3.3.3 シミュレーション条件	64
3.4 シミュレーション結果	67
3.4.1 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動の再現	67

3.4.2 GDP 及び資金循環に及ぼす設備投資と銀行借入の影響 解析	71
3.4.3 GDP に及ぼす諸要因の影響解析	74
3.5 考察	78
3.5.1 GDP に及ぼす設備投資と銀行借入のメカニズム	78
3.5.2 GDP に及ぼす諸要因の影響	82
3.5.3 本モデルにおける複雑系の傾向	83
3.7 まとめ	85
第4章 GDP に及ぼす減税の影響解析	
4.1 はじめに	87
4.2 研究目的	88
4.3 研究方法	88
4.3.1 モデルの適用範囲	88
4.3.2 シーケンスステップ	89
4.3.3 政府の徴税と支出について	90
4.3.4 経済連関表による減税乗数の導出	91
4.3.5 シミュレーション条件	93
4.4 シミュレーション結果	97
4.4.1 GDP と政府の徴税・支出の関係に及ぼす税率の影響解 析	97
4.4.2 GDP と政府の徴税・支出の関係に及ぼす法人行動ルー ルの影響解析	102
4.4.3 GDP と税率に及ぼす政府支出と民間支出の影響解析	111
4.5 考察	112
4.5.1 所得税の減税乗数の導出	113
4.5.2 法人税の減税乗数の導出	115
4.6 まとめ	117
第5章 GDP に及ぼす企業の資金調達行動の影響解析	
5.1 はじめに	119
5.2 研究目的	119
5.3 研究方法	120
5.3.1 モデルの適用範囲	120
5.3.2 シーケンスステップ	121
5.3.3 現実データの利用	122
5.3.4 シミュレーション条件	122
5.4 シミュレーション結果	124

5.4.1 GDP 推移に及ぼす企業資金調達戦略の影響	124
5.4.2 GDP と物価、及び株価の関係	125
5.4.3 企業資金調達混合戦略の影響解析	129
5.5 考察	130
5.5.1 GDP に及ぼす企業の資金調達戦略の影響	130
5.5.2 株式市場に及ぼす製品財市場の影響	131
5.6 まとめ	134
第 6 章 結論	
6.1 結論	136
6.2 今後の課題	137
参考文献	139
謝辞	147
本論文を構成する原著論文及び発表	148

Appendix

Appendix 1. ODD Protocol

Appendix 2. シミュレーションプログラム実装について

Appendix 3. 経済連関表

第1章 序論

1.1 研究背景

1.1.1 社会システムの複雑性と既存アプローチの限界

人間が個々の意思決定に従って行動し、その行動と相互作用によって構成される社会システムは複雑なシステムとして認識される[1]。この複雑性を内包した社会において、小事は労働や消費等の個人間の関係から、大事は外交や戦争等の国際関係まで種々の問題が常に発生し、我々は社会で発生する問題に対して対処することを求められる。これらの問題解決に際して、我々は暗黙の裡に対象となる問題の原因と結果を予測し、何らかのメカニズムを想定し意思決定していると考えられる。

個人的な問題解決の場合には、想定するメカニズムに関する認識に誤りがあるとしてもそれは個人の問題の範囲内であり、社会の問題には発展しない。しかし、企業の経営判断、政府の政策の実施のような大規模な利害関係者を内包する事柄を決定するように、互いの利害が対立する可能性を含む個人や法人の集合における意思決定を行う場合には、社会的問題に発展する可能性が高い。そのため、個人や法人の集合の意思決定において、対象とする社会問題に関わるメカニズムの理解は、科学的な意思決定[2]を行う上で必要不可欠である。

そこで科学的な意思決定を行うために、我々は対象とする問題に対して、自然現象に関わる問題を対象とする自然科学や、人間組織システムにおける問題を対象とする社会科学のように、種々のシステムに対して様々なアプローチでメカニズムを明らかにしようと試みてきた。自然科学では、理論的アプローチと実験的アプローチを武器に理学、工学において真理を見定め、今日の科学技術の上に燦然たる構造物を打ち立てた。しかしながら、自然科学において未だにメカニズムが明らかとなっていない現象が多く存在し、たとえば地震の発生メカニズムのような複雑な問題に対して長らく対応に苦慮していた[3]。このような問題に対して、Bak らの示した砂山モデル[4]は複雑系という新しいパラダイムを提供し、新たなメカニズム探求の側面を切り開いた。

一方、社会科学においても物理学や数学の概念を取り込んだ理論的アプローチによって、経済学や経営工学等の体系が組み立てられている。しかし、社会科学の分野においても同様に株価の暴落等の現象の予測が不可能であることや[3]、マクロ計量モデルでは予測の精度が上がらず石油ショック等の構造変化に対応できない[5]等の問題を抱えている。

殊に経済学にはアノマリー(Anomaly)と呼ばれる、既存の理論でうまく説明できない現象が50年以上前から様々な事例で示されており[6]、企業倫理[7]、経営分析[8]、金融市場[9]のようなアノマリーに関する研究や、アノマリーを放置したまま「システムの大規模な転換に対応できない計量経済学や、今現在起こっている危機を除外したモデルを用いる動学

的一般均衡モデル」に基づいて政策の意思決定を行うことに批判[10,11]が上がっている。これは社会システムが、システムを構成する要素の行動とその相互作用によって「均衡では説明できない現象や、明確な方程式で記述されている現象であっても、その挙動に多くの不確実性を含むケースが存在する」[12]ためである。

そのため、我々は社会システムにおいても従来の視点と異なる複雑系に対応するパラダイムによって問題に対処することが必要になっている。複雑系が話題になる時はほとんどの場合、思ってもみなかった大変動の発生や目立った自己組織的な創発等が問題にされる[13]が、Wallerstein[14]は「改良主義的・中道的なリベラリズムの権威が失墜し、たとえばポスト・モダニズムによる脱構築や世界システム分析による脱思考等々に兆候が表れているように社会科学が揺らぎ始めている」[15]とし、既存の社会科学のアプローチに限界が来ていることを指摘している。出口によれば、複雑系をめぐる研究は「ニュートンのパラダイムに乗らない残余項を定式化しようとする長い闘いの歴史」[16]であり、サイバネティクスやゲーム理論、カオス理論等の多くのアプローチがなされてきた。

これら、複雑な現象に対するアプローチの中で Farmer ら、或いは Buchanan は従来の均衡モデルより非線形の振舞の広い領域を扱えるアプローチ[11, 17]として、エージェントに基づいたアプローチの有用性を指摘している。

1.1.2 エージェントベースモデリングについて

エージェントベースによる社会システムへのアプローチの特徴は、端的に言えば、自律的な意思決定主体の行動と相互作用をモデル化して人工社会を構成し、ボトムアップにマクロ現象の創発挙動を説明しようとする点にある。エージェントベースアプローチは、エージェントベースモデリング、或いはエージェントベースシミュレーション、マルチエージェントシミュレーション、ポリエージェントシステム等、様々に呼称されているが、本研究では多くの文献において用いられているエージェントベースモデリング (Agent-Based Modeling, 以下 ABM) の呼称を用いる。

ABM に関する研究は、古くは Simon の発想が基になっているが[18][19], Schelling の、寛容な人であってもわずかな嗜好の差が原因となって、自然に自分と異なる人種を排他する傾向が創発することを明らかにした分居モデル[20]が ABM に基づいた実験としてパイオニアであるとされる[21]。これに続いて 1990 年代になると、Axelrod の繰返し囚人のジレンマゲーム[21]や Epstein のシュガースケープモデル[1]等、ABM の代表的な研究が登場した。ABM アプローチに類する研究は先駆的研究者の一人である N.Gilbert によると 1990 年代以降であり[22]、出口らによると 1990 年代から徐々に国内外で醸成され、2000 年前後から急速に明確な輪郭を取りつつある[18]分野であり、近年、社会科学に携わる研究者の着目を集め急速に広がりを見せているアプローチである。

しかしながら、ABM アプローチは近年登場した学問であり、対象とする問題も社会・経済の多岐にわたるため、その特徴と要件の認識には研究者によって多少の違いが見られる。

ここで何名かの研究者が述べる ABM アプローチの特徴について簡略に以下に示す。

表.1.1 ABM アプローチの特徴

塩沢	社会・経済システムを構成する最重要要素である人間をその行動ベースでとらえ、システムが形成する場と相互作用規則の下で、どのような全体過程が発展するかを研究しようとする[23]
高橋	意思決定のルール集合を持ったエージェントがルールと環境に応じて行動し、エージェント同士と環境の相互作用に基づいて次の行動を行う個人と集団の意思決定学習サイクルとして特徴づけられ、エージェントという概念に基づいて組織や経済システムにおける複雑な性質をシミュレーションにより解明しようとする[24]
出口・木嶋	シミュレーション技法により、異質な特性を備えた多数のエージェントを登場させて、具体的に動作を行わせ、個人と社会を繋ぐミクロ・マクロリンクを、ボトムアップな手続きにより探求できる[19]
寺野	数学的に記述された法則と言葉で記述した事例・ケースの中間に位置し[25]、エージェントと呼ぶ内部状態と意思決定・問題解決能力並びに通信機能を備えた複数主体のボトムアップなモデルであり、インタラクションに基づく創発的な現象やシナリオを分析しようとする[26]
生天目	人間の行動を自由な意思を持つ主体として、また、他の人と相互作用することで自らの行動が拘束されるという側面を持つ、生身の人間に近いモデルとして扱うためのアプローチ[27]
R.Axelrod	エージェントベースモデリングは演繹法と帰納法に対する第3の科学的アプローチであり、複雑な社会の特性を理解することが目的である[20]
Epstein・Axtell	複数のプロセスが共進、社会システムの平衡状態ではないダイナミクス及び、異質な個体群を体系的に研究しうる。[1]
Famer・Duncan	既定された規則に従って対話する多くの意思決定者(エージェント)及び組織を内包したコンピュータシミュレーションであり、従来の平衡モデルより非線形の振る舞いのはるかに広い範囲を扱うことができる。[11]
N.Gilbert	多くの数理モデルと異なり、ABMは機能と能力が異質的であるエージェントを含み、エージェント間の相互作用の結果を直接扱うことができる。[21]

表 1.1 に示すように、ABM アプローチの特徴は軸となる概念は共通しているが細部において研究者によって若干の違いが見られる。そこで、本研究では ABM アプローチの特徴を以下のように定義する。

エージェントベースモデルは自律的な意思決定主体であるエージェントによって構成された人工社会モデルである。エージェントはミクロな行動ルールに従って行動し、エージェント同士の相互作用によって創発されるマクロ現象の影響を受けつつ行動する適応型の自律的な意思決定主体である。

ABM アプローチの特徴は、コンピュータシミュレーションによってこのモデルを実装し、入力条件やモデル条件を種々変更して、ボトムアップにマクロ現象の創発挙動を観察し、そのメカニズムを説明しようとする点である。

1.1.3 ABMの妥当性と意義

ABM はコンピュータモデリング・シミュレーションの手法の一つであるが、ボトムアップ型であるという点で従来型のコンピュータモデリングとは根本的に異なるアプローチである。ABM シミュレーションの先駆的な事例である Shelling の分居モデルは、机の上でコインとサイコロを使ってシミュレーションを行ったが、90 年代に入りコンピュータの計算性能が上昇し、複雑な計算を伴うコンピュータシミュレーションが比較的容易に行える社会環境が整ったことで ABM 研究は一気に広がりを見せた[16, 22]。

この ABM アプローチは、現実と同じメカニズムで動作する人工社会をコンピュータ上に構築することにより、ボトムアップにマクロ社会現象の創発挙動を観察し、そのメカニズムを解明しようとするものであるが、それだけにとどまらず、今後、社会問題に対する意思決定支援ツールとして発展することが期待される。一方、ABM におけるモデルの妥当性に関しては、「シミュレーションをやってみたらコーなった」という所謂、「ヤッコー」[28]であるとの批判が多い。本節は社会システム科学におけるこれまでの科学的アプローチを自然システム科学と対比して ABM の科学的方法論としての妥当性と意義について論じる。

自然システム科学における科学的アプローチ

自然システム科学は、理論的アプローチ、実験的アプローチ、及びコンピュータによるモデリングアプローチに大別され、人間が関与しない自然システムを研究の対象としている。

- 1) 自然システム科学における理論的アプローチとは、自然システムに関する様々な自然法則の定式化であり、全ての自然の状態の時間変化を記述したもので一般に微分方程式で記述される。自然システムにおいては、「真実は時空を超えて唯一無二である」という特徴を備えることから、理論的アプローチの研究成果はコントロールされた実験的アプローチにより妥当性が確認され、自然の法則が明らかにされてきたといえる。
- 2) 実験的アプローチは、自然システムの場合に真実は時空を超えて唯一無二の原則が成り立つことをよりどころとして、一つ一つの影響因子を個別に変更することにより、自然システムの諸現象に関わるメカニズムや法則を明らかにする必要な役割を果たしてきた。このアプローチは、他の条件を一定にコントロールした条件で一つ一つの要因を変更するラボ実験、実物では困難な実験を実験室レベルで行えるようにする模型実験、生産現場やフィールド等実システムの場合で最終的な確認として行われることが多い現場実験等到大別される。全ての実験をコントロールされたラボ実験や模型実験で行うことには限界があるが、

メカニズムを理解する上で重要な役割を果たしてきた。またメカニズムを完全に理解するには不十分な場合であっても、メカニズムに関する仮説を創出するには十分に有効であったと言える。

3) コンピュータによるモデリングアプローチは、実験的アプローチにおける限界を補完するものとして用いられる。コンピュータによるモデリングアプローチでは、着目する現象に関するメカニズムを仮定し、そのメカニズムに基づき方程式を構築し、それらの方程式が共に満たされるように計算が行われるのが一般的である。

これらの方程式群がモデルであるが、いずれの場合もメカニズムを仮定しているという点が重要である。コンピュータによるモデリングアプローチはメカニズムを仮定して式を導出し、それらを解いて得られた結果を実験結果と比較して結果が一致していれば、仮定したメカニズムが正しいという考え方を取る。

このように、自然システム科学では実験を拠り所にして、種々の自然現象のメカニズムが明らかにされ、それらが人間社会に応用されて今日の近代文明がある、といえる。

なお、自然科学において、統計的アプローチはメカニズム解明には用いられないのが一般的である。統計的アプローチとしては、重回帰分析や実験計画法等があるが、これらはマクロな変数間の関係や、プロセスに対する入出力の関係が、誤差に比べて優位であるかどうかの判定には役に立つが、メカニズムを明らかにするためのアプローチとしては用いられてこなかったことに留意すべきと思われる。

社会システム科学における科学的アプローチ

社会システムは自然システムと異なり、真理は時空を超えて唯一無二の原則が成り立たない。種々の社会現象は人間によって引き起こされるものであり、必然的に社会の文化、歴史、人々の物の考え方やその変化等の影響を受ける。即ち、人々の行動規範は時間と共に変化し、場所によっても変化するため、自然科学のようなコントロールされた実験は原理的に不可能である[1]。

社会システム科学におけるアプローチとして理論的アプローチ、統計的アプローチ、実験的アプローチ、コンピュータシミュレーションアプローチがある。

1) 理論的アプローチの代表として経済理論が挙げられる。経済理論は経済システムの基本的振舞や人間の行動原理に関する理論といえる。しかしながら、人間社会においては、真理は唯一無二の原則が成り立たないために、真理は歴史的に、また社会体制によって変化するため、マルクス経済学、ケインズ経済学、新古典派経済学等、様々な理論が出現し、それらの妥当性を実験的に確認することも困難である[29]。

2) 統計的アプローチとして経済学には計量経済モデルというアプローチがある。これは過去のマクロ経済指標の観察データを分析して、マクロ指標間の関係を線型方程式で表し、それらの線型方程式群の連立方程式を解くことにより、マクロ変数間の関係を統計的に明らかにしようとするものである。しかしながら、この方法では経済プロセスの入力因子と

出力因子の関係を統計的に明らかにすることはできるが、それらの因子がどのように関係し合って出力因子が決定されるか、すなわちシステム挙動に関するメカニズムを正しく理解することは一般に困難である。たとえば、計量経済モデルにおいて、公共投資による乗数効果が Keynes の乗数理論に比べて小さいという結果が定常的に得られている[30]が、この理由は統計的アプローチによるモデルのみでは明らかにすることができない。これは自然科学に比してメカニズムの解明を実験的アプローチによって行うことが困難であり、統計的に優位なマクロ指標間の関係を抽出することはできるがメカニズムについてはブラックボックスとなっているためである。

ミクロ的基礎付のあるマクロモデルとして知られている DSGE (Dynamic Stochastic General Equilibrium Models) モデルは理論的アプローチと統計的アプローチの混合型と位置づけられる。すなわち、DSGE モデルは、代表的な企業や消費者のミクロ的な行動原理に基づきマクロ変数を表す式を導出し、その式中で仮定されているパラメータを、実システムのマクロ変数間の関係の理論値と統計的観察値とが一致するようにキャリブレーションにより決定するという方法と言える。このアプローチでは、モデルが実際のシステム挙動を表しているという前提のもとにキャリブレーションにより理論式中のパラメータを求めようとするが、意思決定主体の多様性を無視した条件でマクロ変数間の関係式を導いているため、パラメータ値の決定には任意性が不可避免的に混入する。すなわち、正しいという保証のない理論式に実データを合わせこもうとする点に根本的問題があり、Farmer ら[11]も指摘しているように、複雑な経済システムを記述するには限界がある。

3) 実験的アプローチに関しては部分的なアンケートや限定された地域での社会実験、あるいは実験経済学等の分野が存在する。しかしながら、人々や組織の行動および社会の状態は時間的に変化し、空間的にも異なるため、自然科学における実験的アプローチのように着目する一つの要因のみを変化させるようなコントロールされた条件での社会実験は困難である。

4) コンピュータシミュレーションを用いるアプローチでは、人間系の動作原理をモデルで表し、人工社会をコンピュータ上に再現して入出力の関係を解析することが可能である。このコンピュータシミュレーションには、従来のコンピュータシミュレーションとエージェントベースアプローチの 2 種類の手法が存在する。

従来のコンピュータシミュレーションは、システムダイナミクスに代表されるように着目する社会現象に関するメカニズムを仮定して、マクロ変数間の関係式を定式化して時間に関する微分方程式で表し、コンピュータシミュレーションにより種々の要因間の関係を解析するものである。この場合、メカニズムを仮定してマクロ変数間の関係を解析しているため、解析結果を実システムにおけるマクロ変数間の関係と比較して、その妥当性を検証し、実システムと計算結果が一致していれば仮定したメカニズムが正しいという論理が展開される。しかし、この手法で得られた結論は統計的アプローチ同様、コントロールされた実験による妥当性の検証には困難を伴うため、メカニズムの解明という点では限界が

ある。

一方で、エージェントベースアプローチでは、マクロ的な仮定を一切おらずに意思決定主体のミクロ的な行動のみを仮定して社会のモデルを構築し、ボトムアップにマクロ現象を創発させることが可能なため、そのモデルが正しいことが確認できれば、コンピュータ上で入力条件やモデル条件を種々変更してマクロ現象の創発挙動を観察することによりメカニズムに関する知見を得ることが可能である。

モデルが正しいことの確認、すなわちモデルの妥当性検証は一般にコンピュータシミュレーションにおける重要な課題である。自然科学における多くのモデルにおいて、モデルの妥当性はモデルが実験における観察結果と一致しているかどうかで判定される。一方社会科学においてはコントロールされた実験が困難であることから、厳密な意味での妥当性検証は困難である。特に、従来のモデル、すなわち何らかのメカニズムの仮定のもとにマクロ的な変数間の関係を理論的に記述する型のモデルでは、コントロールされた実験値との比較が困難な社会システムにおいては、妥当性検証は原理的に困難であり、しばしば「ヤッコー」すなわちやったらこうなった、或いはそうなるようにモデルを組んでいるという批判を受けることになる。ABMにおいても同様の「ヤッコー」或いはそうなるようにモデルを組んでいるという批判を受ける。

しかしながら、ABMアプローチはマクロ変数に関わる仮定を一切おらずに、各意思決定主体の行動ルールと状態変数のみの仮定に基づき、現実システムと同じメカニズムで動く人工社会をコンピュータ上に再現するものである。マクロ現象は社会を構成する意思決定主体の行動とそれらの相互作用、およびこの創発されたマクロ現象がエージェントのミクロ的な行動に影響するミクロ・マクロリンク[31]の結果である点で、従来型のメカニズムを仮定したモデルとは根本的に異なる。すなわち、ABMにおいては例えシミュレーション結果を実現象と直接的に比較できない場合であっても、仮定した意思決定主体の行動ルールからどのようなマクロ現象が創発されるかを観察することを通じて、社会現象の発生メカニズムに関して重要な示唆が得られる。また、ミクロマクロリンクが存在するためその相互作用は複雑で、一般的に計算の結果をあらかじめ見通すことはできないため、「そうなるようにモデルを組む」ことは極めて困難である[18]。

ABMにおける妥当性検証の方法は、モデルの精緻度によって異なる[22]。Nigel GilbertはABMのモデルをその精緻度のレベルによって、Abstract Model, Middle Range Model, Facsimile Model に分類し、それぞれのモデルにおける妥当性検証の考え方のあるべき姿を次のように指摘している[22]。Abstract Modelにおける妥当性は、理論的に解釈可能なマクロレベルのパターンが創発されるかどうか、にある。その代表例はABMの先駆的著書[1]にみることができる。そこでは砂糖を資産と見立てて人工社会経済システムにおいて種々のマクロ現象がどのような仮定から創発されるかが示されている。そこで創発されるマクロ現象は抽象的なものであり、実現象と直接的に比較することはできないが、我々はその計算結果から社会マクロ現象の創発メカニズムに関して多くの示唆を得ることができ

る[22]. Middle Range Model ではマクロ現象の創発挙動が実現現象と類似していること、およびシミュレーション結果が実現現象の統計的特徴と類似していること、をモデル妥当性の条件としている[22]. Facsimile Model は特定の実現象をできるだけ正確に再現しようとするものであり、モデルで用いる乱数のシーズによらず実現現象が再現されることが求められる[22].

このように、ABM における妥当性検証のあるべき姿はモデルの精緻度によって異なり、特定のマクロ現象を正確に再現できなければ「ヤッコー」であるという批判は妥当ではない。その理由は、ABM の場合マクロ的な仮定をおかずにミクロ的な仮定のみからマクロ現象が計算結果として得られるようにモデルを構築するため、モデルが、エージェントの行動とその相互作用からマクロ現象が創発される、言い換えれば実システムと類似のメカニズムで動作する人工社会システムとなっているためである。

一方、Nigel Gilbert の上記妥当性検証の考え方の記述において[22]、モデルの妥当性を保証するためにモデルが具備すべき条件については、明確に述べられていない。

モデルが具備すべき条件という点での妥当性の条件を、正確に記述すれば、「モデルが妥当とは、モデルと実システムとが互いに準同型写像の関係にあること」[32]と定義できる。モデルが実システムと準同型写像の関係にあるためにモデルが具備すべき条件について明確に述べられた論文は見当たらないが、本研究ではその条件とは、モデルの構造が実システムと同じであること、と考えられる。すなわち、社会システムにおいては、あらゆる社会現象は社会を構成する意思決定主体の行動とそれらの相互作用から生じるので、ABM における人工社会システムの構造が実社会システムと同じであれば、そのシステム内で起こるマクロ現象は両者一致するはずである。もし一致していなければ、モデルで仮定した人工社会の構造の中に、実社会システムと異なる欠陥がある、と考えるべきと考えられる。

従って、あるモデルでシミュレーションを行い、実システムと比較し、結果がもし異なっていれば、モデルの構造を変えて再びシミュレーションする、というプロセスを繰り返すことにより、実社会システムで起こるマクロ現象において、どのような要因が本質的に重要であるか、言い換えれば社会現象のメカニズムが明らかになってくるものと考えられる。

モデルの構造が実システムと同じであること、を更に厳密に定義すれば、モデルの入力は、エージェントの行動および状態変数の集合、であり、モデルの出力は入力、入力間の相互作用、および入力と出力の相互作用、の集合として表されることから、定性的にはエージェントの種類と各エージェントの基本的行動ルールが同じであること、と考えられる。また、自然科学における相似則のアナロジーから、定量的には、各種エージェントの数や循環する資金の量などを代表的な次元指標として、無次元化した入力パラメータが同じであること、を意味すると考えられる。この考えは現時点では仮説であり[33]今後検証が必要であるが、このような考え方で、ABM におけるモデルの妥当性の検証および、モデルが妥当となるようにモデルを構築することが可能になると考えられる。

すなわち、ABMにおいて、一つの要因のみを変更するコントロールされたコンピュータ実験を繰り返し、人工社会において創発されたマクロ現象を実システムのそれと比較することにより、モデルの妥当性を確保するためのモデル条件を明らかにすることができると考えられる。構築するABMモデルをAbstract ModelからMiddle Range Modelの範囲とすれば、実システムの再現は定性的範囲でよく、そのためのモデル条件はエージェントの種類と行動ルールであり、これらが実システムと類似であれば創発されるマクロ現象も実システムと類似になると考えられる。逆に実システムのマクロ現象を再現できなければ、それはモデルで仮定したエージェントの構成や行動ルールに実システムと異なる点が含まれることを意味しており、前述のコントロールされたコンピュータ実験を繰り返すことにより実現現象を再現するためのモデル条件を明らかにすることができる。またその過程で、着目する実システムのマクロ現象の生成メカニズムについての知見を得ることが可能になると考えられる。

従って、図1.1に示すようにABMによる社会システムに対するアプローチは、ミクロ的な行動ルールの仮定からどのようなマクロ現象、つまり、システムの創発挙動が生じるかをコンピュータ実験によって明らかにするものであり、自然科学におけるラボ実験と同様にメカニズムの解明が可能であり、従来の社会科学のシミュレーションと大きく異なる特徴を持つと考える。

ABMはミクロな仮定からマクロな現象が生じる知見自体が研究の成果であり、これらの知見を体系的に積み重ねることによって、あるマクロ現象の生成メカニズムを明らかにすることができると言える。

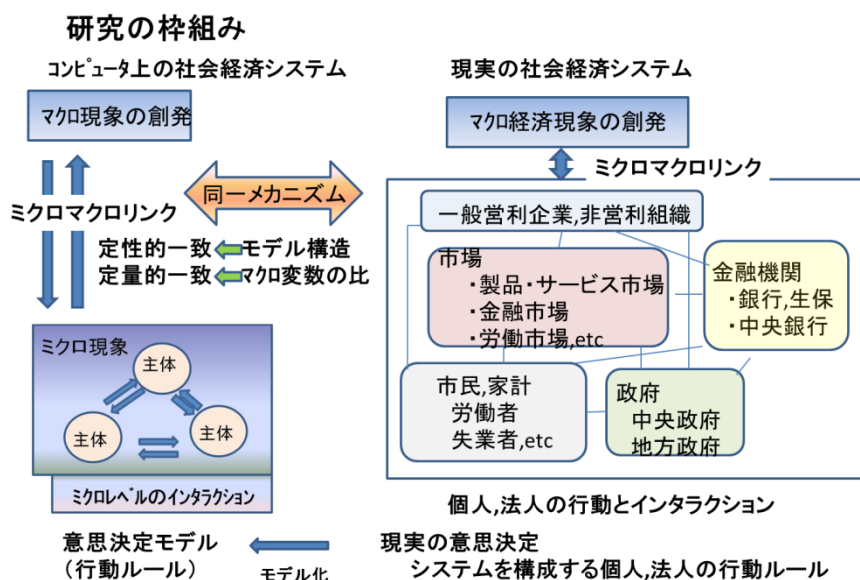


図1.1 ABMモデルと社会システムの関係

1.2 先行研究と本研究の位置づけ

1.2.1 ABMアプローチによる社会モデル

ABM は複雑性を伴う人間社会のメカニズムを明らかにするうえで有望性の高いアプローチであり、文化や伝染病のような伝播を取り扱う研究[1,34-37]、規範や戦略の進化等の意思決定を取り扱う研究[20,38-39]、分居モデルや避難経路、交通事故のような人の移動を対象とした研究[19,40-41]、マーケティングや組織の構成等の経営に関わる研究[42-45]等多くの研究が試みられている。またこれらの研究を支援するために、SOARS[46]、artisoc[47]、Net-logo[48]、MASON[49]等のモデリング支援ツールも開発されている。

1.2.2 ABMアプローチによる経済モデル

ABM アプローチは上述したように社会システムにおける様々な社会問題の側面に対して適応が試みられている。これらの社会問題の側面において経済的側面は極めて重要な分野であると考えられる。たとえば、地方過疎化、雇用問題、経済格差等は産業の分布、或いはその分布を決定する経済の好況・不況、産業製品の価格等が影響を及ぼすと考えられる。また、少子高齢化、年金、医療等の問題においては、政府の予算、公共支出、及び税率が影響を及ぼすものと考えられるが、これらの要素に政策として強く影響を与える税収は経済活動によってもたらされる。

一方、日本社会は、少子高齢化、社会福祉費用の増加、医療費の増加など多くの社会問題を抱えているが、問題解決のための方策は立っていない。その理由は問題の中に多くの利害関係が問題に内包されているために、国民の合意形成が難しいという点が挙げられる。このような状況において好ましい合意形成の方法は、様々な選択肢に対して、エビデンスベースでそれぞれの選択肢の効果を分析し、客観的な評価手段を提供することである。

このような複雑な問題に対する評価手段として、目的関数には様々な指標が同時に関係しているため、それぞれの指標に対する様々な政策効果を定量的に分析して政策決定することになることが期待される。今日、これらの評価手段として実際に用いられているアプローチとして、従来の理論的アプローチや統計をベースとした計量経済モデルや DSGE モデルなどが存在する。しかし、これらの評価手段は Famer が指摘するように計量経済モデルは急激な変化に対応することが難しく、DSGE モデルは完全に社会の状態を仮定するために今現在発生するリスクを織り込むことができず共に限界がある。

このように社会問題の状況設定或いは意思決定には経済的側面が意思決定の要素として強く働くことが考えられ、ABM の社会問題解析におけるアプローチにおいて経済システムのモデル化及びメカニズムの解明は、非常に重要な分野であると考えられる。

ABM アプローチによる経済システムにおける部分研究は現在、多く行われている。

これらの中には従来のマクロ経済学におけるミクロ視点の欠如[50, 51]や、経済が複雑系であるとし均衡型の概念の利用に対する批判[52]、代表的な効用最大化エージェントを用い

る経済解析の問題点の指摘、動的一般均衡モデルに基づいた政策決定に対する批判[52-55]等から ABM の重要性の主張がなされている。これらの研究は既存の経済パラダイムに対する批判点から ABM アプローチに基づいたパラダイムシフトの重要性を説いている。

一方、90 年代にはエージェントの学習機能に着目して、クモの巣モデルを構成するエージェントに遺伝的アルゴリズムを組み込むことを試みた研究[56-59]や、世代重複モデルに遺伝的アルゴリズムを組み込むことを試みた研究[60-65]がなされた。これらの研究は経済理論のモデルを構成するエージェントの意思決定の一部に ABM アプローチを適応したもので需要を所与とするマクロ仮定が含まれているモデルである。

その後、2000 年代に入り、個別の経済問題を解析するために ABM の適用を試みるモデルが提示されるようになった。個別の経済現象を対象とした研究には企業の売上予測が楽観的か悲観的かによってビジネスサイクルと企業の心情にどのような共進化が現れるかを検証した Westerhoff の研究 [66]や、バッファストックモデルを用いた家計、強化学習を行う企業による市場モデルを構築し銀行が家計と企業間の資金フローを促進し、市場の安定性がエージェントの限定合理性に依存することを示した Chan らの研究 [67]がある。また、2 者間取引による ABM における財の交換から価格の生成を示した Gints の研究[68]、マクロ現象のスタイライズドファクトを生成できる Dossi らのモデル [69]を基に労働市場と製品市場からなるモデルにおいてジョブマッチと交渉、賃金と価格設定、需要の構成を解析した Fagiolo らの研究[70]などが行われている。日本国内においては、多層企業モデルによる価格と生産量の調整による市場均衡の西部、吉地らの分析[71, 72]、消費者と生産者の 2 つの経済主体間における資金循環と主体の意思決定の影響を解析した今福の研究[73, 74]、日本の上場企業を対象に化学メーカーの倒産によって、取引の多い化学商社、化学商社と取引があった比較的小規模な企業が連鎖的に倒産する池田らの連鎖倒産のシミュレーション[75]等が行われている。

これらのモデルには目的とする現象に着目するために、消費者を代表的消費者としてモデル化し需要関数が仮定されるようなマクロな仮定が含まれている[66, 67, 69-72, 75]、実際の製品の売買や意思決定を伴わない[69, 71-74]、或いは財の交換による取引で構成され現実システムと大きく剥離した構造[68]、等々のマクロ仮定が含まれている。

また ABM 経済モデルを構築し、政府の税制、或いは補助金や規制等の政策の影響を解析している研究もある。税制を対象とした研究としては税率が宝くじ市場に及ぼす需要と供給にラフファー効果が表れること明らかにした Chen らの実験[76]、トビン税によって株式市場が安定化する条件を探索した Mannaro らの研究[77]や、Westerhoff の研究[78]等の金融市場を対象にした研究があるが、これらは金融市場を対象としており実物市場を取り扱っていない。また、政策の影響解析を行った研究としては現実の農家の構造を模倣し補助金等の政策が農家の構造にどのような影響を与えるかを示した Happe らの研究[79]、コンピュータ業界に及ぼす補助金や規制の政策影響を解析した Malerba らの研究[80, 81]等があるが、同様に需要関数等にマクロな仮定が含まれている。

一方で、非常に盛んにおこなわれている分野として金融市場の構造を対象とした人工市場研究がある。サンタフェ人工株式市場研究[82]をはじめとして、外国為替市場[83, 84], 先物市場[85], 交換媒介物の創発[86]等多くの分野が存在する。

特に株式市場を対象とした研究は多く行われており、株式市場に参加する投資家の行動を対象とした研究[87-89]等の研究がおこなわれている。これらの研究はマーケットが相互作用によって自己組織的に変化するメカニズムを明らかにすることを目的に研究されている。しかしながら、これらの研究で用いられたモデルは金融市場のみを対象としたモデルであり、企業の実業部分となる実物市場については所与のデータを用いているか仮定して与えている。

以上のようにマクロ経済を構成するサブシステムに関する研究は多く行われているが、その多くは特定の領域を対象とするために、経済システム全体としてみた時に需要や供給等、システムの挙動に影響を与えるマクロ仮定が含まれている。

一方でマクロな仮定を置かず、ほぼミクロな行動ルールの相互作用によってシステムを構築しているモデルも多くはないが報告されている。

それらの一つは米国の Sandia 国立研究所が開発した ASPEN モデル[90]であり、政府・中央銀行の財政・金融政策の影響を解析した研究[91], エージェントの相互作用の結果、内生的な価格が均衡することを示した研究[92], 電力市場への影響を解析するために発展させた ASPEN-EE モデル[93]等の研究がおこなわれている。

また、イタリア、フランス、ドイツ、英国、及びトルコにおける欧州の 8 つの研究所の研究者が共同で開発を開始した EURACE モデルがあり、労働市場への支出として労働者の技能向上と企業の技術革新を仮定した際の支出配分の影響を解析した Dawid らの研究[94]や中央銀行を主とした金利による政策効果を解析した Cincotti らの研究[95]等が行われている。

また、個別の研究者としては政府支出について失業補償を通した需要促進よりも研究開発投資を通した技術促進がより経済に好影響を与えることを示した Russo のモデル[96]等がある。

これらのモデルはミクロな行動ルールを保有するエージェントの相互作用によってシステムの挙動を構成しているが、それらのモデルで採用しているモデル構成は研究論文ごとに異なっており、ある仮定のもとにモデルを構成して解析した結果、あるマクロ現象の創発が再現された、あるいはそのマクロ現象に及ぼす種々の要因の影響を明らかにした、という内容が多くを占め、マクロ経済を特徴づける種々のマクロ現象を再現するために必要不可欠なモデル構成とその要因を明らかにした研究はほとんど見当たらない。その背景には本研究の着眼点である、定性的にモデルが実システムと準同型写像の関係にあるための条件はエージェントの種類とその行動ルールである、という考え方がほとんど認識されていなかったためではないかと思われる。例えば、Fagiolo らの直近の 2012 年の論文[52]においても、モデルが実システムを再現するかどうかには、初期条件やパラメータ値の組み

合わせが影響していることなどが指摘されており、本研究で述べているモデル構造の点については、少なくとも明示的にはほとんど言及されていない。前項で述べたように本研究におけるモデル妥当性の考え方によれば、パラメータ値などが大きく関与するのは定量値を問題とする Facsimile Model の範疇であり、定性的にモデルが実システムを再現するために必要な条件は、モデルで仮定されているエージェントの種類とその行動ルールと考えられ、マクロ経済に関わるマクロ現象ごとに、その再現を保証するための条件を明らかにしていくことが必要と考えられるが、それらについて明示的に述べている研究はほとんど見当たらない。

また、エビデンスベースで分析的なアプローチによる政策決定方法として ABM は有効な方法の一つであると考えられるが、ASPEN や EURACE 等は米国、欧州の問題解決を目的として構築されているため、このような解析を行うことのできる日本経済の基本挙動を再現できる人工経済モデルは報告されていない。

そこで本研究は、日本経済のエビデンスベース・分析的アプローチによる政策検討を行うことのできる日本経済の挙動を再現できる人工経済モデルの構築を念頭に、その基礎部分の構築を目指した。

モデルの構築にあたっては、マクロな仮定を置くことなく、ミクロなエージェントの行動ルールとその相互作用によって、マクロ現象の再現に必要不可欠なモデルの構成とその要因の関係を一对として、シミュレーションを行いマクロ経済現象の再現の条件とモデルの条件が対応するモデルの構築を行う。

1.3 研究目的

本研究は、日本経済のエビデンスベース・分析的アプローチによる政策検討を行うことのできる日本経済の挙動を再現できる人工経済モデルの構築を念頭に、その基礎部分となるベースモデルが対象とするマクロ現象を創発するためのモデル条件を明らかにすると共にモデルを構築し、構築したモデルの適用範囲としていくつかの現象を定性的に再現するシミュレーションを行い、メカニズムを明らかにする。なお本研究におけるモデルは実システムのマクロ現象を定性的に再現することを目標としているため、以下、モデル構成の内のエージェントの種類およびその行動ルールを総称して、モデル構造或いはモデル条件と称す。

本研究は以下の 4 つを目的とする。

1. 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人工経済システムのマクロ経済の基本挙動を再現できるベースモデルの構築及びモデル条件の解明
最終ターゲットとしての、政策検討ツールとして使用可能な人工経済システムのモデルとしては、例えば産業連関表などが再現できる Facsimile Model が将来目標となるが、本研究では、その前段階として、マクロ経済の基本挙動として、以下のマクロ現

象を対象とする.

—価格の均衡の再現

—サプライチェーンの再現

—資金循環の再現

—生産能力の長期的調整

—所得税減税乗数効果の再現

—法人税減税乗数効果の再現

—製品財市場と株式市場の相互作用

2. 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動のマクロ現象再現のためのモデル条件, 及びメカニズムの解明
3. GDP に及ぼす減税と政府支出の影響のマクロ現象再現のためのモデル条件, 及びメカニズムの解明
4. 株式市場と製品財市場を共に内包するモデルにおいて, 株価の内生的に創発, 両市場間での正常な資金循環を再現するためのモデル条件, 及びメカニズムの解明

1.4 本論文の構成

本章は第 1 章から第 6 章によって構成されている.

第 1 章は研究の背景と目的及び構成を示す.

第 2 章は本研究で目的とする日本経済を対象としたエージェントベース人工経済モデルのベースモデルの詳細, 及びマクロ現象再現のために具備すべきモデル条件について 3 章から 5 章で得られた結果をまとめて示す. すなわち第 2 章では本研究で得られたフル仕様のモデルとして, 実物経済システムに株式市場システムを加え, 更に労働市場も含めた, モデルの詳細をまとめて示す.

3 章において, モデルの製品財市場を中心とした範囲に焦点を当て, 再現するマクロ現象として価格均衡, サプライチェーン, 資金循環が本モデルによって再現できることを示す. 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を行い, そのメカニズムを明らかにする.

4 章において, 政府の徴税・支出機能と製品財市場における取引の相互作用に焦点を当て, 富の再分配機能としての政府の徴税・支出の機能を示すと共に GDP に及ぼす減税の影響について解析を行い, 所得税, 及び法人税の減税が GDP に及ぼす乗数効果を再現できることを示すと共に, 減税の乗数効果に必要な不可欠なモデル構造とそのメカニズムを明らかにする.

5 章において, 実体経済と金融経済の相互作用に焦点を当て, 製品財市場と株式市場の相互作用が GDP 等のマクロ経済指標に及ぼす影響について解析を行い, 株価が内生的に創発されること, 及び新株発行による資金調達によって株式市場を含めた市場において資金が正常に循環することを示すと共に, 企業の資金調達戦略が GDP, 物価, 株価に及ぼす影響と

そのメカニズムを明らかにする.

第 6 章では本研究の結論を述べる.

第 2 章 マクロ経済の基本挙動を再現できる人工経済モデルの開発, 及びモデル条件の解明

2.1 はじめに

社会問題の状況設定或いは意思決定には経済的側面が意思決定の要素として強く働くことが考えられ、ABM の社会問題解析におけるアプローチにおいて経済システムのモデル化及びメカニズムの解明は、非常に重要な分野であると考えられる。

ミクロな行動ルールとその相互作用の仮定から経済システム全体を構築しようとする人工経済モデルとしては米国の ASPEN モデル、或いは欧州の EURACE モデル等の先行研究が存在する。ASPEN モデル[90]は政府・中央銀行の財政・金融政策の影響を解析した研究[91]、エージェントの相互作用の結果、内生的な価格が均衡することを示した研究[92]、EURACE モデルは労働市場への支出として労働者の技能向上と企業の技術革新を仮定した際の支出配分の影響を解析した Dawid らの研究[94]や中央銀行を主とした金利による政策効果を解析した Cincotti らの研究[95]等が報告されている。

これらの研究報告は種々の経済的側面について焦点を当て新しい発見を示しているが、その多くはマクロ現象の創発について中心的に取り扱っている。また、一つのモデルで多数の現象の創発について示しているため、それぞれの創発したマクロ現象を再現するために必要不可欠となるエージェントの種類、行動、属性、及び活動の場のようなモデルの必要最小限の構造を示す報告はほとんど見られない。

このため、研究者によって実システムを区切る視点によって対象となるモデルの重要な仮定が異なり、創発したそれぞれの現象に対してどの要素がどの程度重要な要因となっているかが明確になっていないように見受けられる。

これに対して本研究は個々の主体の行動とその相互作用で現象を創発する実システムと同じメカニズムで動く人工社会をコンピュータ上に再現する ABM の特徴から、モデル内で創発するマクロ現象が実社会システムと同じであれば、そのシステム内で起こるマクロ現象は両者一致するはずであると考ええる。従って、もし一致しないのであれば、モデルで仮定した人工社会の構造の中に、実社会システムと異なる欠陥があると考えべきという視点に基づき、再びシミュレーションをする。このプロセスを繰り返すことにより、実社会システムで起こるマクロ現象において、どのような要因が本質的に重要であるか、言い換えれば社会現象のメカニズムが明らかになるものと考えられる。

そこで本研究は創発したマクロ現象を再現するために必要不可欠となるエージェントの種類、行動、属性、及び活動の場のようなモデルの必要最小限のモデル構造を明示することを特徴とした人工経済モデルの構築を行う。

モデルの構築にあたっては日本経済の社会構造を参考とし、日本経済のエビデンスベース・分析的アプローチによる政策検討[11]を行うことのできる日本経済の基本挙動を再現できる人工経済モデルの構築を念頭に、その基礎部分の構築を目指した。

本研究では、日本経済の社会的構造を長期継続指向の構造であると仮定して日本型の人工経済モデルを構築する。例として、雇用を挙げると、ASPEN は生産量を労働者の増減を行うことによって調整し、EURACE は生産計画後に労働市場から労働者を雇用する構造をとっており、雇用者と雇用主の関係が比較的継続しづらい構造をとっている。一方で、日本型の雇用慣行は諸外国と比較しても雇用年数が長く、解雇が行いづらい長期雇用慣行の社会システムであるとされる[97]。従って、本研究では労働者と雇用主の関係を比較的長期的な関係として関連させ、生産量の調整についても解雇ではなく生産能力以下の生産に抑えることで対応し、一定期間の赤字が続く場合に解雇を行う構造を持つ。

2.2 研究目的

現実を構成するシステムは実体経済システム、金融経済システムとそれらを構成する財、労働、貨幣、金融など多くの市場と市場を構成する構成要素によって複雑に構成されている。本研究はこれらの複雑な構成要素から、経済システムの基礎となる範囲を限定し、各要素や市場の関連の基礎を構築し、種々の経済問題へのモデルの発展・検討を行うことが可能なベースモデルを開発する。

ベースモデルの開発にあたって、本研究は製品財市場の売買と労働と賃金の支払いによって構成される市場の取引を、実体経済を構成する基本的な経済挙動の範囲として考慮する。また、経済を対象とした政策検討を行うにあたって、政策の実行者である政府要素と経済システムとの関連は必要不可欠であると考えられるため、政府要素と経済システムの関連を内包する必要があると考えられる。最後に、現実の経済システムは実体経済と金融経済が相互に作用している為、実体経済と金融経済の双方の関連の基礎部分を考慮する。

従って、本研究は経済の諸問題への検討のために発展させることが可能なベースモデルを、製品財市場を中心とした基本的な経済活動、政策検討のための前提として政府の徴税・支出と製品財市場との関連、製品財市場と金融市場の関連の 3 つのサブシステムによって構成する。

以上のことから、マクロ経済の基本挙動としての最低限の機能として本研究は以下の機能の実現を考慮する。

本研究のモデルの対象範囲において具備すべき必要最低限の機能

- 1) 市場への財の供給と需要によって財の価格及び供給が内生的に決定される機能
- 2) 生産者の生産能力拡大投資による長期的な供給能力の調整機能
- 3) 銀行及び金融業務による資金仲介機能

4) 政府による徴税及び支出機能

1), 2), 3) の機能は製品財市場を中心とした基本的な経済挙動を再現するために必要な機能であり, 1), 2) は製品財市場における製品財の取引を扱う上で不可欠な機能であり, 3) は市場の活動を円滑化する機能である. また, 4) の機能によって政府機能の基礎部分を構成し, 3) の一部として実体経済と金融経済の関連を構成する.

以上のことを踏まえたうえで本研究は以下のことを目的とする.

- ・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人工経済システムのマクロ経済の基本挙動を再現できるベースモデルの構築及びモデル条件の解明
- ・当該モデルを用いて再現すべきマクロ経済挙動として以下のマクロ現象を対象とする.
 - 価格の均衡の再現
 - サプライチェーンの再現
 - 資金循環の再現
 - 生産能力の長期的調整
 - 所得税減税乗数効果の再現
 - 法人税減税乗数効果の再現
 - 製品財市場と株式市場の相互作用

但し, 本研究の想定する範囲は製品財市場及び株式市場を対象としており, 消費者の資本財市場, 海外取引, 株式市場以外の金融市場は考慮しない. また, 労働市場を内包するが, 一種類の消費者と一種類の生産者のみに限定し, 生産関数は設備の数及び人の数に依存し, その関数系は与条件とする.

従って, 必然的に本研究が対象とする価格の均衡, 資金循環などは上記を限定とした範囲内での現象を扱う.

2.3 研究方法

2.3.1 モデル条件解明の方法

本研究はモデルを基にエージェント, 行動ルール及び市場の各構成要素を変更しする一方でそれ以外の構成要素を一定に保ち, 対象となる構成要素の影響を明らかにする経済システムにおける実験室的な解析をシミュレーションによって行う.

従って, モデルはコンピュータプログラムを用いて実装し, エージェントや財, 市場等のエンティティの構成や数, 或いは行動ルールを変更してシミュレーションを行い, 創発したマクロ現象の傾向を解析すると共に現実システムのマクロ現象と定性的に比較を行い, モデルの条件解明を行う.

各マクロ現象の実験内容を以下に示す。

- ・ 価格均衡の再現

価格均衡の再現は製品財市場における需要と供給、及び需要側と供給側の各エージェントの意思決定と相互作用によって製品財の需要が内生的に均衡状態を再現するために必要なモデル条件の解析を行う。実験条件として、消費者、リテイラー、消費財、及び製品財市場を内包するモデル条件において、生産量決定ルール、価格決定ルール、また、パラメータを実験水準として種々変更して均衡状態に達成するモデル条件を明らかにする。

- ・ サプライチェーンの再現

サプライチェーンの再現は製品財市場における需要と供給によって価格が内生的に生成される価格均衡条件の下で、消費財生産者と原料財生産者の意思決定と相互作用によって消費財、原料財の両製品財の価格、供給が相互作用によって変化する状態を再現するために必要なモデル条件の解析を行う。実験条件として、価格均衡再現の為のモデル条件に加えて、原料生産者、原料財の存在、及び原料生産者の初期条件を種々変更して、原料生産者の意思決定が消費財の価格や供給量に影響を及ぼすモデル条件を明らかにする。

- ・ 資金循環の再現

資金循環の再現は価格均衡再現条件の下で、需要側の購買原資が供給側からの賃金によって賄われ、供給側の生産費用が需要側からの売上によって賄われるように資金がモデルを構成するエージェント間を循環する状態を再現するために必要なモデル条件の解析を行う。実験水準として、価格均衡再現の為のモデル条件に加えて、消費者と生産者間の収支の方法、及び資金が特定のエージェントに極度に偏在することを防ぐために消費者の預金引出、労働者へのボーナス等を考慮し、市場内の資金循環が機能するモデル条件を明らかにする。

- ・ 生産能力の長期的な調整

生産能力の長期的な調整は価格均衡、サプライチェーン、資金循環を再現するモデル条件の下で、各生産者が自身の生産能力内で生産量を調整する行動に加えて、設備投資、解雇を通じて生産能力自体を市場の需要に適応させ長期的に需要に適応させるためのモデル条件について解析を行う。実験水準として、消費者、リテイラー、原料生産者に加えて、設備生産者、及び資金調達のための銀行を追加し、生産能力の長期的な調整を再現するモデル条件を明らかにする。

- ・ 所得税減税乗数効果の再現

所得税減税乗数効果の再現は製品財市場の基本的な経済挙動及び、政府の徴税と支出が存在するモデル条件の下で、GDPに及ぼす所得税減税の乗数効果を再現することが可能なモデル条件について解析を行う。実験水準として、政府の存在、政府の支出先の割合、及び所得税率を変更し、所得税減税の乗数効果を再現するモデル条件を明

らかにする。

- 法人税減税乗数効果の再現

法人税減税乗数効果の再現は製品財市場の基本的な経済挙動，及び政府の徴税と支出が存在するモデル条件の下で，GDP に及ぼす法人税減税の乗数効果を再現することが可能なモデル条件について解析を行う．実験水準として，政府の存在，政府の支出先の割合，法人税率，及び生産者の支出に関する行動ルールを変更し，法人税減税の乗数効果を再現するモデル条件を明らかにする．

- 製品財市場と株式市場の資金循環

製品財市場と株式市場の資金循環は製品財市場の基本的な経済挙動，株式市場が存在するモデル条件の下で，製品財市場と株式市場の間で相互に資金が循環するモデル条件について解析を行う．実験水準として，株式市場の存在，生産者の株式発行行動ルール，消費者の株式投資ルール，及び生産者の資金調達行動ルールを変更し，製品財市場と株式市場の資金循環を再現できるモデル条件を明らかにする．

2.3.2 サブモデルの構築

本研究はエージェントの行動とその相互作用によって特定のマクロ現象，機能を再現する主体と要素，及び行動ルールの集合をサブモデルと称する．ベースモデルは製品財市場を中心とした基本的な経済挙動，製品財市場と政府の関連，及び製品財市場と株式市場の3つに大別され，それぞれの範囲において基本的な経済挙動として以下に示すマクロ経済挙動を再現する複数のサブモデルによって構成されている．以下に対象とするマクロ現象を再現するためのサブモデルの考え方を示す．

(1)製品財市場を中心とした基本的な経済挙動モデル

製品財市場を中心とした基本的な経済挙動は実物の製品の生産・売買及び労働と投資によって構成される実体経済における基本的な経済挙動のベース部分であり，消費者，生産者，銀行によって構成される．本研究のベースモデルでは基本的な経済挙動として価格均衡，サプライチェーン，資金循環，生産能力の長期的調整の4つのマクロ現象を再現可能なサブモデルをそれぞれ構築した．

- 価格均衡サブモデル

本研究において製品財市場を中心とした経済活動は研究の主たる対象範囲であるため，製品の売買を通じた経済活動はその中心の行動となる．この時，製品の売買の主要な意思決定要因の一つとして価格が挙げられ，価格が需要側の各エージェントの行動と，供給側の各エージェント行動及びその相互作用によって内生的に形成されるマクロ現象は必要不可欠であり，本研究のベースモデルの基本的なマクロ経済現象として仮定した．

実システムにおいて，価格は各企業が任意で意思決定しており，価格設定の意思決定には需要側の購買の意思決定によって決まる．一方，各企業の価格や生産量の意思決定

は、需要側の何をどれだけ購入するか、という意思決定に影響を及ぼす。従って、内生的な価格の生成には需要側の意思決定ルールと供給側の意思決定ルールが必要不可欠になると考えられる。

そこで本モデルは需要側の意思決定ルールと供給者側の意思決定ルールを以下の考えに基づいて仮定した。

需要者の意思決定ルール

本研究は複数種類の製品が存在する市場を仮定し、各種の製品を生産する各生産者が任意に価格を意思決定するために一物一価が成り立たない市場を想定している。従って、需要者はどの製品種を購入するか、また製品種の中からどの生産者が生産した製品を購入するかを意思決定する行動ルールが必要不可欠となる。

どの生産者が生産した製品を購入するかという需要者の意思決定ルールにおいて、最も単純な選択基準は製品の価格であり、最も安価な製品を購入することは自然な行動であると考えられる。従って本研究において、同質で異なる価格の製品が複数ある場合、消費者は認知できる製品の中で最も安い製品を購入する最低価格指向の購買行動を仮定した。

また、購入する製品種の選択は市場で認知できる製品種の中から自らの効用を最大化することを目的に選択する行動を仮定した。

供給者の意思決定ルール

供給者は市場の需要に応じて生産量と価格の2種類の意思決定を行い適応する。

本研究では、供給者の生産量の意思決定は在庫管理理論[98]に基づいて単純な定期発注方式を基にした意思決定を仮定した。また、この時、生産量の意思決定は個々の生産者の生産能力の範囲内で生産量の増減を決定する。これは生産量の意思決定において、需要の増加、或いは減少によって即座に労働者の雇用や設備投資、或いは解雇や設備の廃棄を行うことは現実的には行わないと考えられる為である。

一方、価格の決定については、日銀統計局の“日本企業の価格設定行動”[99]及び、みずほ総研の“企業の価格改定行動に関する調査分析”[100]を基に企業の価格設定に関する意思決定の要因を基に意思決定ルールを仮定した。これらの統計では価格の設定に関して、需要動向が強い影響要因として挙げられている。そこで本研究は市場の需要によって価格を上下させる単純な意思決定を価格決定のルールとして仮定し、需要の動向の認知に自身の製品在庫を認知とする意思決定ルールを仮定した。

本研究では以上の内生的な価格形成を創発するモデル構造を価格均衡サブモデルとして実現し、ベースモデルを構成するサブモデルの一つとした。

- ・ サプライチェーンサブモデル

サプライチェーンの構造は現実システムにおける製品の生成過程が、原料、一次、二次と最終製品の完成までに多くの企業を経るために、上流の生産量や価格の意思決定が下流の生産量や価格の意思決定に影響を与えるため、経済システムを構築する上で必要な要素であると考えられる為にベースモデルの必要なマクロ経済現象として仮定した。

本モデルはサプライチェーン再現の為に、原料を生産する主体と最終製品を生産する主体を仮定し、最終製品の生産に原料を必要とする行動ルールを仮定した。

本研究ではサプライチェーンの構造を再現するモデルの構造をサプライチェーンサブモデルとして実現し、ベースモデルを構成するサブモデルの一つとした。

- ・ 市場内の資金循環サブモデル

市場内を資金が循環する構造は現実の経済システムを対象とする上で主要な要素の一つとなると考えられる。現実の経済システムにおいて、企業の労務費、原料費等の活動資金の原資は家計を中心とした需要側からの売上や、銀行からの資金調達などであり、家計資金の原資は企業等の労働先からの賃金などである。従って、市場内で資金が循環する構造は、ある主体の支出や貯蓄の意思決定がその意思決定主体も含めたすべての意思決定主体に影響を与える要因となり必要不可欠であると考え、本研究のベースモデルの基本的なマクロ経済現象として仮定した。

本モデルは資金循環構造の再現のために、全ての主体の資金が他の主体からの資金によって構成されるエージェント間の行動を仮定した。資金循環構造の構築にあたってはそれぞれの主体が支出する予算を計画する意思決定ルールを組み込んだ。

消費者はケインズ型の消費関数[101]に基づき支出予算と貯蓄額を定め、政府は每期予算を使い切る単年度型を期ベースにした支出予算を計画する。また、特定の主体が支出を行わない状況が続けると資金循環が滞るため、各主体の貯蓄、利益剰余から資金を支出する行動ルールを定めた。また、各経済主体に会計情報を持たせ、每期複式簿記方式[102-104]に基づいて会計決算を行う行動を仮定した。

本研究では市場内の資金循環を創発するモデルの構造を資金循環サブモデルとして実現し、ベースモデルを構成するサブモデルの一つとする。

- ・ 生産能力の長期的な調整サブモデル

実システムにおいて、各企業は自身の製品の供給能力を超える過大な需要が市場において長期間にわたって続く場合、生産能力を増加させて対処するものと考えられる。従って本研究では、市場の需要に応じて生産者が設備投資、雇用を行うことにより各自で市場の需要に対応することによる市場全体の長期的な生産能力の調整が必要不可欠であると考え、本研究のベースモデルの基本的なマクロ経済現象として仮定した。

生産能力はコブダグラス型の生産関数[101]に従って生産者ごとに定義され、生産者は

雇用か生産設備の投資によって生産能力を拡大する。また、企業が設備投資を行う際に、設備投資に対する資金調達を円滑に行うために銀行による資金調達の機能を本モデルでは考慮する。

本研究では生産能力の長期的な調整を生産能力拡大投資サブモデルとして実現し、ベースモデルを構成するサブモデルの一つとした。また、雇用を行うために労働市場サブモデルを構築し、ベースモデルを構成するサブモデルの一つとした。

(2)製品財市場と政府の関連モデル

政府は経済システムを構成する上で大きな影響力を持つ構成要素であると考えられ、税制の改定、規制の制定、支出の方針など経済システムの問題解決に対してシステムに操作を加える要素として考えられる。従って、政府の政策影響の解析を行うために政府要素と経済システムの関連は必要不可欠であると考えられる。本研究では製品財市場と政府の関連を考慮し、相互作用するモデルを内包した。

・政府の徴税・支出サブモデル

本研究は政府要素と経済システムの関連のベース部分として製品財市場と政府の徴税・支出の影響を本研究のベースモデルの基本的なマクロ経済現象として仮定した。

本研究は政府の徴税・支出の影響を再現するために、製品財市場を中心とした基本的な経済挙動モデルに加えて、政府主体を内包した。政府は所得税、及び法人税を徴税し、雇用、及び支出を行う。

本研究では以上の政府の徴税と支出サブモデルとして実現し、ベースモデルを構成するサブモデルの一つとした。

(3)製品財市場と株式市場の関連モデル

現実のシステムにおいて実体経済システムと金融経済システムは相互に作用しあっている。従って、実体経済システムと金融経済システムの関連は必要不可欠であると考えられる。本研究は実体経済システムにおける製品財市場と金融経済システムにおける株式市場に焦点を当て双方の市場における関連を考慮し、相互作用するモデルを内包した。

・株式売買サブモデル

本研究では、株式市場は企業が事業を行うための資金調達の手段として株式を発行し、投資家が自らの資産を増加させることを目的に投資を行い、それぞれの行動が供給の増加や、需要の増減等実体経済に影響を及ぼす。

本研究は各企業が設備投資を行う際に株式を発行し、資金を調達するための株式市場を株式売買サブモデルとして実現し、ベースモデルを構成するサブモデルの一つとする。

2.3.3 実装の方法

本研究は対象となる経済システムの範囲を特定し、対象とする経済システムが保持すべきマクロ現象を定め、マクロ現象を再現することのできるモデルを構築する。構築したモ

デルはコンピュータプログラムによって実装することによってシミュレーションを実行する。

開発環境と言語

コンピュータプログラムは開発環境に Visual Studio 2010 を用い、C++言語によるオブジェクト指向プログラミングによって開発を行った。

クラス構成

モデルを実行するプログラムは表 2.1 に示すクラスによって構成される。

表.2.1 クラス構成

Appli	シミュレーションアプリケーション管理クラス、全体のシミュレーションのシーケンスを管理する。
CMarket	製品財市場、労働市場管理クラス、生産者から出荷された消費財、原料財、及び求人票を管理する。
FMarket	株式市場管理クラス、新株の発行及び既発行の株式の売買を管理する。
Agent	消費者、リテイラー等の各エージェントの親クラス、各エージェントが共通する機能及び状態変数を保有する。
Consumer	消費者クラス、消費者の購買行動、預金行動等の機能、及び消費者特有の状態変数を保有する。
Producer	リテイラー、原料生産者、及び原料生産者の親クラスであり、雇用、給与支払い機能、製品の生産と出荷に関する機能、及び状態変数を保有する。
Wholesaler	原料生産者クラス、Producerの機能に加えて原料財生産の生産量決定、価格決定の機能、及び状態変数を保有する。
Retailer	リテイラークラス、Producerの機能に加えて消費財生産の生産量決定、価格決定の機能、及び状態変数を保有する。
Equipment_maker	設備生産者クラス、設備生産者の生産に関わる機能、及び状態変数を保有する。
Bank	銀行クラス、預金に関する銀行機能、貸出機能、及び状態変数を保有する。
Government	政府クラス、徴税、政府支出に関する機能を保有する。
Product	製品クラス、商品一つ一つの实体クラスであり、生産者、製品種番号、価格等の属性を持つ。
Product_class	製品種クラス、製品種に関する機能及び情報を保有し、市場全体、及び各エージェントが個別に製品種を認識するための情報として保有する。
Stock	株式クラス、株式一つ一つの实体クラスであり、発行した生産者、額面価格、売買時の価格、現在の所有者等の情報を保有する。
Stock_class	株式種クラス、株式種に関する機能及び情報を保有する。
Account	会計クラス、各エージェントがオブジェクトとして一つ保有し、エージェント毎の会計に関する機能及び情報を保有する。
Parameter	パラメータクラス、シミュレーション開始時に設定されるパラメータを管理する。
Random	乱数生成クラス、乱数の生成を行う。
Show	計算結果出力クラス、シミュレーションの計算結果を集計し出力する。
Space	取引クラス、あるエージェントから他のエージェントに行動を行う際の管理を行う。
Tax	税金クラス、税金に関する情報を保有するクラス。
Function	計算クラス、消費者、生産者等のベクターの計算処理を行う。
Vector_owner	集合クラス、消費者、生産者等のベクターの計算処理補助を行う。
Price_tag	価格タグクラス、各企業の製品種、価格、在庫を保有する購買行動補助クラス。
Sellowner	生産者管理クラス、製品タグと生産者及び製品の関連管理クラス。

2.4 研究結果

以下、本研究で構築したモデルの説明を行う。モデルの説明に際して、説明が複雑になるため、モデルの概要とモデルの詳細に分割し説明を行う。モデルの概要については構築したモデルの概要として対象範囲、概念図、各実体の定義、及び基本挙動として対象としたマクロ現象の創発とそのモデル条件について説明する。また、モデルの詳細については各実体が保有する行動と状態変数、各サブモデルの行動ルールについて説明する。

2.4.1 モデルの概要

(1)モデルが対象とする経済システムの範囲

本研究は日本経済における問題解析、政策提言を可能とする ABM モデルの構築を最終目的とし、その基礎モデルとして現実を構成する経済システムの中で以下の範囲を対象とする。

- ・対象とする経済システム：実体経済システム、金融経済システム
- ・内包する市場：製品財市場、株式市場、労働市場
- ・内包するエージェント：消費者、リテイラー、原料生産者、設備生産者、銀行、政府
- ・内包する財：消費財、原料財、生産設備、株式

一方、本研究は対象とする範囲において以下の範囲に制限する。

- ・実体経済：実体経済において製品財を対象とした製品財市場のみを対象とし、サービス業を考慮しない。
- ・金融経済：金融経済は株式市場と銀行を介した貨幣供給を本研究の対象とし、公社債、為替、手形、先物等の市場は考慮しない
- ・製品財市場：製品財市場は消費財、及び原料財、生産者を対象とする生産設備を市場の範囲に考慮するが、消費者を対象とする資本財を考慮しない。
- ・株式市場：株式市場は資金調達のための発行市場と流通市場を考慮するが、市場参加者は消費者が兼ね、機関投資家等は考慮しない。
- ・労働市場：労働市場は消費者ーリテイラー間のみの労働市場を考慮し、他のエージェントは労働市場への参加を考慮しない。
- ・政府：本研究では資源の再配分の機能のみを内包し、公共財の様な資源配分や景気の安定化の行動等は考慮しない。

(2)モデルの概念図

本モデルは製品財市場を構成する要素として、財を生産する主要な担い手として企業、また消費の担い手として家計、市場内の資金循環を円滑化するための銀行、及び所得の再分配を行う政府をそれぞれエージェントとして考慮する。

本研究において、企業は主に財の生産・販売による利益の獲得を目的とするために生産者、家計は主に財の購買・消費を目的とするために消費者とそれぞれ定義する。また、銀行は金融経済に属する構成要素ではあるが、資金循環の円滑化のために預金業務、及び資金の貸出業務のために、本モデルでは製品財市場の構成要素として考慮する。

また、生産者は生産する製品財に応じて、消費財を生産するリテイラー、リテイラーの生産に必要な財を生産する原料生産者、リテイラー及び原料生産者に生産設備を供給する設備生産者の3種類に細分化される。従って、製品財市場は消費財、原料財、生産設備の3つの財を内包する。消費財は消費者、及び政府が購買を行い消費する財であり、現実システムにおける最終消費財を抽象化した財として想定した。また、原料財はリテイラーが消費財一つを生産する際に一つ消費する原料であり、現実システムにおける部品や原料の様な中間財を抽象化した財として想定した。最後に生産設備はリテイラー、原料生産者が製品を生産する際に必要とする生産設備を抽象化した財として想定した。

また、本モデルはこれらの財を取り扱う場所のことを市場と称する。市場は製品財の売買の場であり、各生産者は生産した製品財を市場に出荷し、各消費者、政府は製品財を市場から購買する。この時、市場で購買された製品の購入金は購入時点で購買された製品を生産した生産者の売上となる。

一方、株式市場は構成主体として、株式を発行する生産者と、株式を購買する消費者を内包する。生産者は設備投資に際して資金調達のために新株を発行して市場から資金を集め、消費者は自己資産の増加を目的として株式の売買を行う。また、株式市場は取り扱う財として企業毎に発行した株式を取り扱う新株発行市場と、株式を取り扱う株式流通市場によって構成される。

これらのエージェント、財、市場の関係を概略した資金の流れを図2.1、財と労働の流れを図2.2にそれぞれ示す。

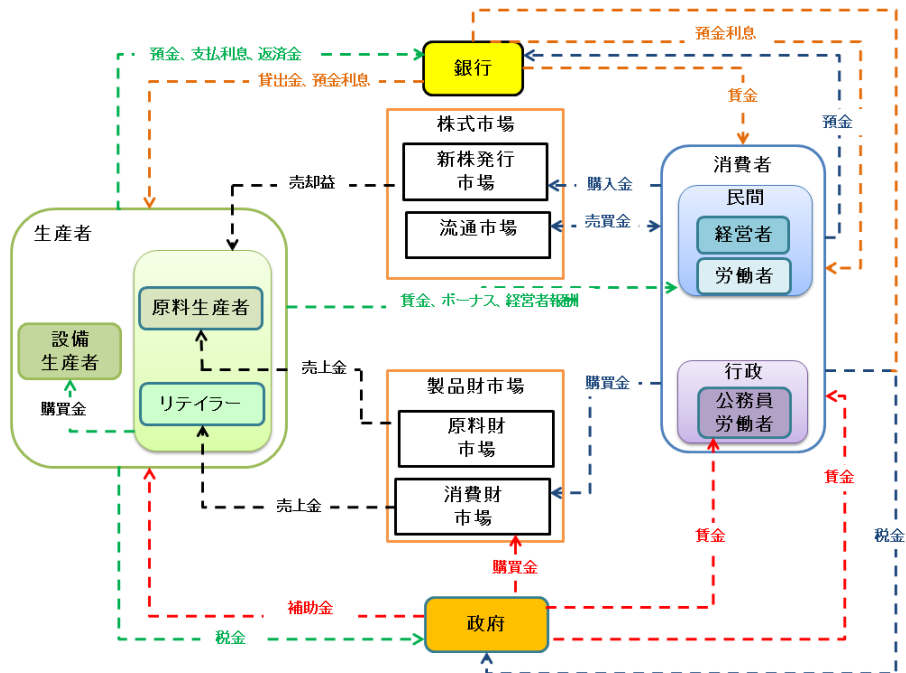


図2.1 ベースモデルにおけるエージェント・市場間の資金の流れ

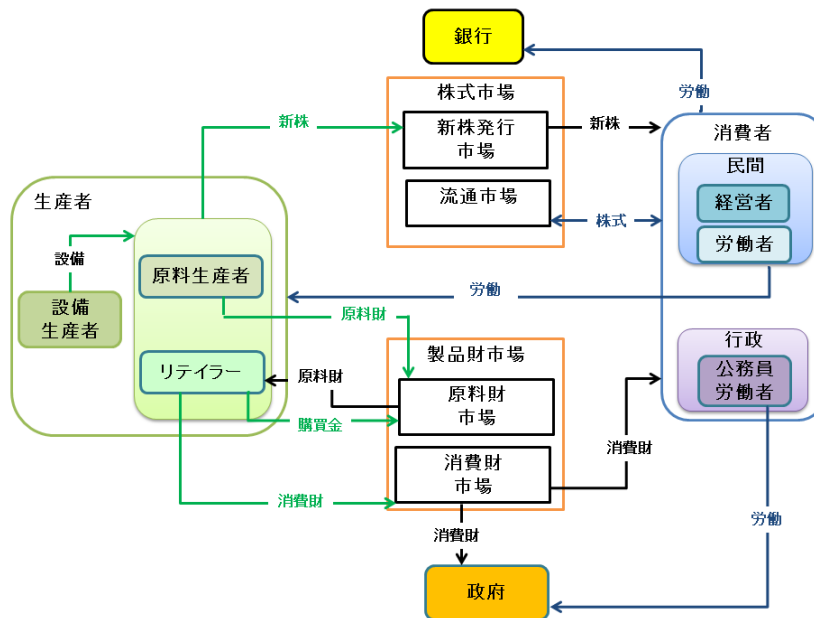


図2.2 ベースモデルにおけるエージェント・市場間の財・労働の流れ

(3) エージェントの定義

① エージェントの定義

本モデルにおけるエージェントは経済活動の主体である個人、組織を意思決定主体として定義する。以下にエージェントの主要な種類と主な属性と異質性について示す。

エージェントの種類

個人：消費者

組織：リテイラー、原料生産者、設備生産者、政府

表.2.2 ベースモデルにおけるエージェントの主な属性と異質性

主な属性		エージェント 毎の異質性					
		消費者	リテイラー	原料生産者	設備生産者	銀行	政府
現金	Ca	異質	異質	異質	異質	異質	異質
預金	De	異質	異質	異質	異質	異質	異質
効用の重み	we	異質	—	—	—	—	—
労働先	OP	異質	—	—	—	—	—
所得	I	異質	異質	異質	異質	異質	異質
価格	p	—	異質	異質	—	—	—
生産量	q	—	異質	異質	—	—	—
生産能力の係数	A	—	異質	異質	—	—	—
設備数	K	—	異質	異質	—	—	—
労働者数	L	—	異質	固定	固定	固定	固定

② 各エージェントの概要

消費者

消費者の定義：

現実システムにおける家計主体を表すエージェントであり、モデル内において需要の主たる担い手となる。

消費者の主要な行動：

消費者エージェント以外のエージェントに所属し、所属するエージェントの下で労働を行い、賃金を得て消費を行う。

消費者の持つ異質性：

- ・消費財の製品種に対する効用
- ・所属する雇用者（リテイラー等）と組織から支払われる給与

リテイラー

リテイラーの定義：

現実システムにおけるメーカーの様な最終消費財を生産する企業主体を表すエージェントであり、モデル内において消費者、政府が購買する消費財の生産を担う。

リテイラーの主要な行動：

設備と労働力、及び原料を入力として、個体毎に複数種類の消費財を生産し、生産し

た消費財は消費財市場に納品する見込み生産方式をとる.

リテイラーの持つ異質性：

- ・消費財の生産性
- ・消費財に設定する価格
- ・消費財の売上
- ・雇用している労働者数
- ・保有する機械数

原料生産者

原料生産者の定義：

現実システムにおける部品，素材等の原料を生産する企業主体を表すエージェントであり，モデル内においてリテイラーが購買する原料財の生産を担う．

原料生産者の主要な行動：

生産設備及び労働力を入力として，個体毎に複数種類の原料財を生産し，生産した原料財は原料財市場に納品する見込み生産方式を取る．

原料生産者の持つ異質性：

- ・原料財の生産性
- ・原料財に設定する価格
- ・原料財の売上
- ・雇用している労働者数
- ・保有する機械数

設備生産者

設備生産者の定義：

現実システムにおける工場，機械等の生産設備を生産する企業主体を表すエージェントであり，モデル内においてリテイラー，原料生産者が利用する生産設備の生産を担う．

設備生産者の主要な行動：

設備生産者はリテイラー，原料生産者の要求があった際に設備を生産する受注生産方式を取る．

設備生産者の持つ異質性：

他種のエージェントと異なる機能を有するが，同一種のエージェントが存在しないため，同一エージェント間の異質性は存在しない．

銀行

銀行の定義：

現実システムにおける市中銀行の預金業務機能，資金の貸出機能と，中央銀行の資金供給機能を兼ねる主体であり，モデル内において市場内の資金循環を円滑化する．

銀行の主要な行動：

消費者，生産者の各エージェントから余剰資金を預金として集め，生産者エージェントに貸出を行い，利息から利益を得る．

銀行の持つ異質性：

他種のエージェントと異なる機能を有するが，同一種のエージェントが存在しないため，同一エージェント間の異質性は存在しない．

政府

政府の定義：

現実システムにおける政府主体を表し，モデル内において徴税と支出を行うことによって富の再分配を行う．

政府の主要な行動：

所得税，法人税の徴税を行い，消費財の購買と企業への補助金，失業保障による富の再分配を行う．

政府の持つ異質性：

他種のエージェントと異なる機能を有するが，同一種のエージェントが存在しないため，同一エージェント間の異質性は存在しない．

(4)財の定義

本モデルは対象とする市場に従って，消費財，原料財，設備，及び株式の 4 種類の財とシステム内を流通する資金によって財が構成される．以下に各財の特徴を示す．

消費財

消費財の定義：

消費財は現実システムにおける最終製品を表した消費財であり，モデル内においてリテ일러によって生産され，市場に納品され，消費者，政府によって購買され消費される．また，本研究では各種の財を食料，衣類のような特定の希求水準を満たすための特性値を持たせない仮想的な財として取り扱う．従って，各種の違いは消費者の効用と生産者の生産可能品種によるのみであり，消費者は初期に乱数で定められた効用の重みによって製品種の選好傾向が異なる．また，生産者は複数の製品を生産し，同一の製品であっても異なる価格が存在する．

生産者　：　リテ일러

購買者　：　消費者，政府

関連市場：　消費財市場

- 特徴 :
 - ・複数種類が存在する
 - ・同一種類であっても生産者が異なる
 - ・同一種類であっても生産者によって価格が異なる
 - ・時間経過による劣化，保管に必要な経費等は考慮しない

原料財

原料財の定義：

原料財は現実システムにおける鉱物，農産物等の原料を表した中間財であり，モデル内において原料生産者によって生産され，リテイラーによって購買される．原料財は消費財と同じ数の種類が存在し，特定の種類の消費財の原料として一対一で対応しており，消費財を一つ生産するために一つの原料を必要とする．

生産者 : 原料生産者

購買者 : リテイラー

関連市場 : 原料財市場

- 特徴 :
 - ・消費財の生産のために必要な原料
 - ・消費財の種類と原料財の種類は一対一で対応する
 - ・消費財一つの生産に原料財一つを消費する
 - ・複数種類が存在する
 - ・同一種類であっても生産者が異なる
 - ・同一種類であっても生産者によって価格が異なる
 - ・時間経過による劣化，保管に必要な経費等は考慮しない

設備

設備の定義：

設備は現実システムにおける生産機械等の生産設備を表した資本財であり，モデル内においてはリテイラー，原料生産者の発注に従って設備生産者が生産し，販売する．

生産者 : 設備生産者

購買者 : リテイラー，原料生産者

関連市場 : 直接取引のため，関連市場無し

- 特徴 :
 - ・発注に応じて生産する
 - ・価格一定
 - ・会計上の減価償却を行うが廃棄しない

株式

株式の定義：

株式は現実システムにおける株式を表した金融資産を表した財であり，モデル内にお

いてはリテイラー，原料生産者によって発行され，消費者によって売買される．

発行者　：　リテイラー，原料生産者

売買者　：　消費者，リテイラー，原料生産者

関連市場：　株式市場

特徴　　：　・設備投資を行う際の資金調達のために発行される
・消費者は資産増加を目的として株式を売買する

資金

資金の定義：

資金は現実システム内における円やドルのような貨幣を表した財であり，モデル内に存在する各エージェントによって財の売買，労働の対価として利用される．本研究ではベースモデルとして定性的な傾向の再現を目的としているため，資金は特定の単位を保有しない．

(5)市場の定義

本モデルは財を取り扱う場所のことを市場と称する．市場は製品財を取り扱う消費財市場，原料財市場，及び株式を取り扱う株式市場の 3 つを内包する．また，株式市場は新規の株式発行時の売買を行う新株発行市場と既発行の株式の売買を行う流通市場にそれぞれ分かれる．さらに，本モデルは財を取り扱わない市場としてリテイラーと消費者間の労働市場を内包する．以下に各市場の概要を示す．

消費財市場

消費財市場はシステム内のすべての消費財が存在する場であり，リテイラーは生産した消費財を市場に納品し，消費者と政府は消費財市場にアクセスし，市場内に存在する製品を認知して購買する．

原料財市場

原料財市場はシステム内のすべての原料財が存在する場であり，原料生産者は生産した原料財を市場に納品し，リテイラーは原料財市場にアクセスし，市場内に存在する製品を認知して購買する．

新株発行市場

新株発行市場は生産者が設備投資のために資金調達を行うために発行した新株を売買する場であり，リテイラー，原料生産者は新株発行市場に発行した新株を提示し，消費者は新株発行市場で株式を売買する．

流通市場

流通市場は既発行の株式を売買する場であり、消費者は自己の投資戦略に従って株式の売買を行い、リテイラー、原料生産者は自社の業績が良い場合に自社株の買い戻しを行う。

労働市場

労働市場は労働力の需要と供給のマッチングの場であり、企業は求人票を提示し、失業者は求人票の条件に従って応募し、双方が合意した場合に雇用関係が生じる。本研究では企業はリテイラー、失業者はリテイラーに所属していた消費者を対象とする。

(6)対象とするマクロ現象の再現

本モデルが対象とするマクロ現象及びマクロ現象再現のためのモデル条件について、それぞれ、マクロ現象、及びその再現に必須のモデル構造と必須ではないモデル構造について製品財市場を中心とした基本的な経済挙動、製品財市場と政府の徴税・支出機能の関連、製品財市場と株式市場の関連の3つの範囲について下に示す。また、具体的なマクロ現象の再現のシミュレーション結果については3章以降で示す。

① 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動

製品財市場を中心とした基本的な経済挙動の範囲におけるマクロ現象とそのモデル条件について表2.3に示す。

表2.3 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動のマクロ現象とモデル条件

マクロ現象	必須のモデル構造				必須ではないモデル構造			
	エージェント	市場	財	行動ルール	エージェント	市場	財	行動ルール
価格の均衡 ー財の価格と供給が均衡する	同一種類で複数の価格が存在する市場において、消費者が認知できる製品から最低価格の消費財を購入する一方で、生産者が自身の製品の在庫に応じて生産量と価格を変更し続ける。				消費者とリテイラー以外のエージェント、及び消費行動と生産行動のルール以外は必須条件ではない。			
	・消費者 ・リテイラー	・消費財市場	消費財	・最低価格指向購買行動 ・在庫管理指向生産行動	・原料生産者 ・設備生産者 ・銀行 ・政府	・原料財市場 ・株式市場 ・労働市場	・原料財 ・設備 ・株式	・サプライチェーン ・資金循環 ・生産能力拡大 ・政府の徴税と支出 ・株式市場
サプライチェーン ー生産の上流過程の意思決定が下流の最終消費財に影響する	消費財の価格均衡現象に加えて、原料においてリテイラーと原料生産者の間で需要と供給の価格均衡のための条件を内包し、リテイラーが消費財を生産するために原料の数と価格を考慮に入れる。				設備投資に関わる意思決定とエージェント、或いは政府機能とエージェント、株式市場、労働市場等は必須条件ではない。			
	・消費者 ・リテイラー ・原料生産者	・消費財市場 ・原料財市場	・消費財 ・原料財	・最低価格指向購買行動 ・在庫管理指向生産行動 ・リテイラーの原料消費	・設備生産者 ・銀行 ・政府	・株式市場 ・労働市場	・設備 ・株式	・資金循環 ・生産能力拡大 ・政府の徴税と支出 ・株式市場
資金循環 ーある主体の収入がある主体の支出によって変化する	消費者の購買原資がリテイラーから支払われる一方で、リテイラーの購買原資が消費者から支払われる。また、蓄積した貯蓄・利益剰余を預金引出、ボーナス、経営者報酬などによって定期的に支出する。				サプライチェーンに関わる意思決定、設備投資に関わる意思決定とエージェント、或いは政府機能とエージェント、株式市場、労働市場等は必須条件ではない。			
	・消費者 ・リテイラー	・消費財市場	・消費財	・消費者の購買原資がリテイラーから支払われる ・リテイラーの経費原資が消費者からの売上 ・資金を一時的に蓄積させない行動(預金引出、ボーナス)	・原料生産者 ・設備生産者 ・銀行 ・政府	・原料財市場 ・株式市場 ・労働市場	・原料財 ・設備 ・株式	・サプライチェーン ・資金循環 ・生産能力拡大 ・政府の徴税と支出 ・株式市場
生産能力の長期的な調整 ー生産者の生産能力が長期的に調整される	価格均衡、サプライチェーン、資金循環モデルに加えて、設備生産者を内包し、各生産者が需要に応じて生産能力拡大の意思決定を行う。				政府エージェントと意思決定、株式市場、或いは労働市場は必須条件ではない。			
	・消費者 ・リテイラー ・原料生産者 ・設備生産者 ・銀行	・消費財市場 ・原料財市場	・消費財 ・原料財 ・設備	・設備投資行動 ・借入行動	・政府	・株式市場 ・労働市場	・株式	・政府の徴税と支出 ・株式市場

② 政府の徴税と支出機能

政府の徴税と支出機能，及び製品財市場の取引との相互作用におけるマクロ現象とモデル条件を表 2.3 に示す．

表.2.4 政府の徴税と支出機能のマクロ現象とモデル条件

マクロ現象	必須のモデル構造				必須ではないモデル構造			
	エージェント	市場	財	行動ルール	エージェント	市場	財	行動ルール
所得税減税乗数 － 所得税の減税によって GDPが増加する	製品財市場の基本的な挙動モデルに加えて，政府及び，その徴税と支出機能を加え，さらに政府の支出に限った効率度における効率度の低い支出行動が必要不可欠．				株式市場，労働市場は必須条件ではない． また，企業の利益剰余に対する支出行動についても必須条件ではない．			
	・消費者 ・リテイラー ・原料生産者 ・設備生産者 ・銀行 ・政府	・消費財市場 ・原料財市場	・消費財 ・原料財 ・設備	・製品財市場の基本的な取引 (3つのサブモデルと設備投資) ・政府の徴税行動 ・政府の支出行動 ・政府支出の非効率度		・株式市場 ・労働市場	・株式	・株式市場
法人税減税乗数 － 法人税減税によって GDPが増加する	所得税減税の乗数効果再現のモデル構造に加えて，経営者報酬，及び設備投資の自己資金利用等の企業の余剰利益に対する支出行動が必要不可欠．				株式市場は必須条件ではない． また，労働市場についても現象再現において主要な影響を与えない．			
	・消費者 ・リテイラー ・原料生産者 ・設備生産者 ・銀行 ・政府	・消費財市場 ・原料財市場	・消費財 ・原料財 ・設備	・製品財市場の基本的な取引 (3つのサブモデルと設備投資) ・政府の徴税行動 ・政府の支出行動 ・政府支出の非効率度 ・経営者報酬 ・設備投資の自己資金利用		・株式市場 ・労働市場	・株式	・株式市場

③ 製品財市場と株式市場の相互作用

製品財市場と株式市場の相互作用におけるマクロ現象とモデル条件を表 2.4 に示す．

表.2.5 製品財市場と株式市場の相互作用のマクロ現象とモデル条件

マクロ現象	必須のモデル構造				必須ではないモデル構造			
	エージェント	市場	財	行動ルール	エージェント	市場	財	行動ルール
株式市場と製品財市場の資金循環に伴う株価の内生的創発 － 財市場が株式市場の資金循環に影響を与え株価の形成に影響を与える	製品財市場の基本的な挙動モデルに加えて，株式市場，消費者の自己資産の増加を目的とした株式売買，及び生産者が設備投資の自己資金調達に新株発行の売却による調達が必要不可欠．				政府エージェントと意思決定は必須条件ではない．			
	・消費者 ・リテイラー ・原料生産者 ・設備生産者 ・銀行	・消費財市場 ・原料財市場 ・新株発行市場 ・流通市場	・消費財 ・原料財 ・設備 ・株式	・製品財市場の基本的な取引 (3つのサブモデルと設備投資) ・設備投資の資金調達に伴う新株発行 ・消費者の株式売買	・政府	・労働市場		・政府の徴税と支出

2.4.2 モデルの詳細—エンティティの行動と状態変数—

本モデルの状態変数及び行動ルールの基本的な構成を以下に示す。

(1) エージェントの行動と状態変数

エージェントが保有する行動と状態変数について以下に示す。説明にあたって、表 2.6 に示す様に各エージェントが共通して保有する機能別にエージェントを階層化する。例として、生産者は下位階層としてリテイラー、原料生産者、設備生産者に階層が分かれるが、さらに生産者は銀行と共に上位階層に企業エージェントをもつ。また、便宜上、消費者を雇用するエージェントは共通した属性を保有するために雇用者機能階層を設ける。

表.2.6 エージェントの機能別階層

エージェント	消費者 C		民間労働者 C_w	
			経営者 C_e	
			公務員労働者 C_p	
			失業者 C_u	
	雇用者機能	企業 F	生産者 P	リテイラー R
				原料生産者 W
				設備生産者 E
		銀行 B		
		政府 G		

以下に各エージェント階層の保有する行動、及び状態変数を示す。また、下位にいくつかのエージェントが存在するエージェントの説明には当該エージェント階層の下位エージェントを記述する。この際、下位エージェントは最下層のエージェント階層を記す。

また、各状態変数の特性について、初期設定時の設定方法、エージェント間における変数の違いの有無、時間経過による値の変化の有無についてそれぞれ示している。各特長の意味を以下に示す。

初期設定時の設定方法

- Sequential : 0 から順次加算される一意の数値
- Specified : パラメータによって指定された数値
- At random : パラメータによって指定された特定域からランダムで生成される数値

エージェント間における変数違いの有無

- Heterogeneous : 初期値或いは時間経過によってエージェント毎で不均一な値
- Homogeneous : 初期値或いは時間経過に関係なくエージェント毎で均一な値

時間経過による値の変化の有無

- ・ Constant：時間経過による変化する変数
- ・ Time dependence：時間経過に伴う自身或いは他社の行動によって変化する変数

エージェント

行動ルール：

- ・ 決算行動：毎期末に複式簿記方式に基づいて決算を行い、収支を計算する。

状態変数：

表.2.7 エージェントが共通で保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		概要
			エージェント間での違い	時間経過による変化	
エージェント 共通	エージェントID	Sequential	Heterogeneous	Constant	エージェントの個体を認識する番号
	エージェントタイプID	Specified	Homogeneous	Constant	エージェントタイプ(消費者、リテイラー等)を特定する番号
	現金	At random	Heterogeneous	Time dependence	エージェントが保有する現金額、各行動によって変化する

エージェントの属性を保有する下位エージェント：

民間労働者，経営者，公務員労働者，失業者，リテイラー，原料生産者，設備生産者，銀行，政府

雇用者機能

状態変数：

表.2.8 雇用者機能が共通で保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		概要
			エージェント間での違い	時間経過による変化	
雇用者機能	雇用数	L Specified	Heterogeneous	Time dependence	所属する労働者の数
	労働者エージェントID	em At random	Heterogeneous	Time dependence	所属する労働者を特定する消費者エージェントのID集合
	固定給	W_f At random	Heterogeneous	Constant	雇用する各労働者に支払う固定給額集合

雇用者機能の属性を保有する下位エージェント：

リテイラー，原料生産者，設備生産者，銀行，政府

消費者

行動ルール：

- ・ 消費予算計画行動：每期，消費者の消費財購買行動に利用するための予算を前期の収入と保有している預金から決定する。
- ・ 消費財購買行動：每期，消費予算を制約として，自身の効用が最も高くなるように消費財を消費財市場から購買する。
- ・ 貯蓄行動：每期，収入に応じて予算計画時に決定した金額を預金する。

- ・納税行動 : 毎期, 所得税率に応じて所得から法人税を支払う.
- ・株式売買行動 : 資産の増加を目的として株式市場において株式の売買を行う.
- ・求職行動 : 労働市場から求人を探し, 求人票に対して応募する.

状態変数:

表.2.9 消費者エージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		概要	
			同一エージェント間の違い	時間経過による変化		
消費者	預金	<i>De</i>	At random	Heterogeneous	Time dependence	エージェントが保有する預金額。各行動によって変化する
	効用の重み	<i>we</i>	At random	Heterogeneous	Constant	購買可能な製品種からどの製品を購入するかを決定する効用の重み
	購買した製品数	<i>q_{buy}</i>	-	Heterogeneous	Time dependence	製品種毎の購買した製品の量。各期の開始時に購買数量は0にリセットする
	労務先	<i>OP</i>	At random	Heterogeneous	Time dependence	当該エージェントが所属する生産者のエージェントID
	基礎消費	<i>a</i>	Specified	Homogeneous	Constant	所得に関わりなく消費に利用する最小消費予算額
	限界消費性向	<i>b</i>	Specified	Homogeneous	Constant	税引後の可処分所得から消費財を購入するための予算を決定する係数
	預金引出率	<i>r_{ed}</i>	At random	Heterogeneous	Time dependence	消費財購買のために引き出す預金額の割合。毎期、エージェント 毎に引出率を乱数で定める

消費者機能の属性を保有する下位エージェント:

民間労働者, 経営者, 公務員労働者, 失業者

ここで, 各消費者の下位階層は所属する雇用者の違いによる差異のみであるため, 下位層の説明項目は設けず, 以下に概要を記す.

- 民間労働者 : 生産者, 銀行エージェントに所属する経営者以外のエージェントであり, 固定給与及びボーナスを賃金として受け取る.
- 経営者 : 各生産者エージェントに 1 エージェントが所属し, 固定給与, ボーナス及び経営者報酬を賃金として受け取る.
- 公務員労働者 : 政府エージェントに所属し, 給与を賃金として受け取る.
- 失業者 : 他のエージェントに所属していない消費者であり, 政府から失業保障を受取り, 求職行動を行う.

企業

行動ルール

- ・給与支払行動 : 毎期, 雇用している各労働者である消費者に賃金を支払う.
支払う賃金は固定給, ボーナスによって構成される.
- ・法人税支払行動 : 毎期, 法人税に応じて利益から法人税を支払う.

状態変数

表.2.10 企業エージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		時間経過による変化	概要
			同一エージェント間の違い	同一エージェント間の違い		
企業	ボーナス率	r_b	Specified	Homogeneous	Constant	雇用する労働者に支払うボーナス額を決定する係数

企業機能の属性を保有する下位エージェント：

リテイラー，原料生産者，設備生産者，銀行

生産者

行動ルール：

- ・ 短期借入行動 : 原料費，或いは労務費である固定給の資金が不足する場合，銀行から翌期返済の資金借入を行う．
- ・ 返済行動 : 銀行から借入を行っている場合に，借入金と利息を返済する．
- ・ 経営者報酬支払行動 : 每期，決算後に利益が生じ，累積の利益剰余が存在する場合に税引後利益から一定の割合を経営者に支払う．

状態変数：

表.2.11 生産者エージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		時間経過による変化	概要
			同一エージェント間の違い	同一エージェント間の違い		
生産者	預金	De	At random	Heterogeneous	Time dependence	エージェントが保有する預金額，各行動によって変化する
	短期借入額	Ls	-	Heterogeneous	Time dependence	運転資金不足の際に借入れ，翌期に返済する短期借入額
	経営者エージェントID	ex	At random	Heterogeneous	Constant	所属する経営者を特定する消費者エージェントのID
	経営者報酬率	r_{exec}	Specified	Homogeneous	Constant	経営者に支払う経営者報酬額を決定する係数

該当するエージェント：

リテイラー，原料生産者，設備生産者

リテイラー

行動ルール：

- ・ 生産計画行動 : 每期，過去の販売量と現在の在庫量を尺度として，生産する製品量と価格を意思決定する．
- ・ 原料購買行動 : 每期，生産計画に基づいて生産に必要な原料財を原料財市場から購買する．
- ・ 生産行動 : 每期，購入した原料財を制約として生産計画に基づき製品を生産し消費財を消費財市場に納入する．
- ・ 設備投資行動 : 販売する製品の在庫量の変化を尺度として，設備投資の意思決定を行い，設備投資を行う．
- ・ 長期借入行動 : 設備投資を行う際に，長期に渡って分割で返済する長期の資金借入

を銀行から行う。

- ・株式発行行動 : 設備投資を行う際に、新株を発行して新株発行市場で販売し、設備投資の資金を調達する。
- ・解雇行動 : 決算時に損失が一定期間続いた場合、雇用している労働者を一人解雇する。
- ・雇用行動 : 販売する製品の在庫量の変化を尺度として、雇用の意思決定を行う。
- ・生産停止行動 : 一定期間、一つも売れない状態が続いた製品種について、製品の生産を停止する。
- ・廃業行動 : すべての製品種が生産できなくなった場合、廃業してシステム内から退去する。

状態変数 :

表.2.12 リテイラーエージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		時間経過による変化	概要
			同一エージェント間の違い			
リテイラー	長期借入額	L	-	Heterogeneous	Time dependence	設備投資を行う際に借入れ、翌期以降元利均等返済で返済を行う借入額
	製品種ID	i	At random	Heterogeneous	Constant	生産可能な製品種ID
	製品販売記憶	-	-	Heterogeneous	Time dependence	市場において供給した製品の販売数の記憶リスト
	製品在庫リスト	-	-	Heterogeneous	Time dependence	市場において供給した製品の在庫量のリスト
	生産能力の比例係数	A	At random	Heterogeneous	Constant	コブダグラスの生産関数の係数であり、各企業の技術力を表す。
	設備数	K	Specified	Heterogeneous	Time dependence	生産設備の数
	設備投資フラグ	f_{inv}	-	Heterogeneous	Time dependence	設備投資の意思決定のためのフラグ値
	借入上限	L_{lim}	Specified	Homogeneous	Constant	同時期に借入れることができる長期借入の上限本数
	解雇フラグ	f_d	-	Heterogeneous	Time dependence	労働者解雇の意思決定のためのフラグ値
	生産停止フラグ	f_s	-	Heterogeneous	Time dependence	生産停止の意思決定のためのフラグ値

原料生産者

行動ルール :

- ・生産計画行動 : 每期、過去の販売量と現在の在庫量を尺度として、生産する製品量と価格を意思決定する。
- ・生産行動 : 每期、生産計画に基づき原料を生産し原料財市場に納入する。
- ・設備投資行動 : 販売する製品の在庫量の変化を尺度として、設備投資の意思決定を行い、設備投資を行う。
- ・長期借入行動 : 設備投資を行う際に、長期に渡って分割で返済する長期の資金借入を銀行から行う。
- ・株式発行行動 : 設備投資を行う際に、新株を発行して新株発行市場で販売し、設備投資の資金を調達する。

状態変数 :

表.2.13 原料生産者エージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		概要	
			同一エージェント間の違い	時間経過による変化		
原料生産者	長期借入額	L	—	Heterogeneous	Time dependence	設備投資を行う際に借入れ、翌期以降元利均等返済で返済を行う借入額
	製品種ID	i	At random	Heterogeneous	Constant	生産可能な製品種ID
	製品販売記憶	—	—	Heterogeneous	Time dependence	市場において供給した製品の販売数の記憶リスト
	製品在庫リスト	—	—	Heterogeneous	Time dependence	市場において供給した製品の在庫量のリスト
	生産能力の比例係数	A	At random	Heterogeneous	Constant	コブダグラスの生産関数の係数であり、各企業の技術力を表す。
	設備投資フラグ	f_{inv}	—	Heterogeneous	Time dependence	設備投資の意思決定のためのフラグ値
	設備数	K	Specified	Heterogeneous	Time dependence	生産設備の数
	借入上限	L_{lim}	Specified	Homogeneous	Constant	同時期に借入れることができる長期借入の上限本数
	解雇フラグ	f_d	—	Heterogeneous	Time dependence	労働者解雇の意思決定のためのフラグ値
	生産停止フラグ	f_s	—	Heterogeneous	Time dependence	生産停止の意思決定のためのフラグ値

設備生産者

行動ルール

- ・設備生産行動：リテイラー、原料生産者の設備発注を受けて設備を生産・販売する。

状態変数：

表.2.14 設備生産者エージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		概要
			同一エージェント間の違い	時間経過による変化	
設備製造	設備価格 p_E	Specified	—	Constant	設備一つ当たりの価格
	期当たり設備生産能力 y_E	Specified	—	Constant	1期当たりの設備生産上限数

銀行

行動ルール：

- ・短期貸出行動：生産者の要求に応じて翌期に返済条件を設けた資金貸出を行う。
- ・長期貸出行動：生産者の要求に応じて数期に渡る返済条件を設けた資金貸出を行う。
- ・利息支払行動：利息支払行動時点の各消費者、生産者の預金に応じて利息を支払う。

状態変数：

表.2.15 銀行エージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		時間経過 による変化	概要
			同一エージェント間の 違い			
銀行	返済期間	RT	Specified	—	Constant	長期借入金の返済期間
	貸出金利	r_0	Specified	—	Constant	借入金の利子率
	預金金利	r_{int}	Specified	—	Constant	預金の利子率

政府

行動ルール：

- ・徴税行動：消費者の給与所得、および企業の利益からそれぞれ所得税と法人

税を徴収する。

- ・ 予算決定行動 : 税收から、公務員労働者に支払う給与、市場購買、企業補助、失業保障に支払う公共支出の予算を決定する。
- ・ 給与支払い行動 : 公務員労働者に給与を支払う。給与は企業に所属する消費者の収入の平均値を每期計算し支払う。
- ・ 市場購買行動 : 消費財から最も安い製品順に市場購買予算がなくなるまで購買する。市場購買行動は政府の支出において、効率的な支出の極端な例として仮定した。
- ・ 企業補助行動 : 生産者に予算制約のない補助金を均等に支払う。企業補助行動は政府の支出において、非効率的な支出の極端な例として仮定した。
- ・ 失業保障支払行動 : 失業者が存在する場合、失業者に固定給与額分の資金を保障として支払う。

状態変数：

表.2.16 政府エージェントが保有する状態変数

エンティティ	状態変数	初期設定	状態変数の特性		時間経過による変化	概要
			同一エージェント間の違い			
政府	所得税率	r_{in}	Specified	—	Constant	消費者の所得に課す所得税率
	法人税率	r_{co}	Specified	—	Constant	企業の利益に課す法人税率
	市場購買予算率	r_{ms}	Specified	—	Constant	市場購買行動に利用する予算の割合
	企業補助予算率	r_{ff}	Specified	—	Constant	企業補助行動に利用する予算の割合

(2)財の状態変数

以下に本モデルが内包する財が保有する状態変数を示す。

また、各状態変数の特性として生成時に初期化を行うエージェントと時間経過による変化を示している。各特長の意味を以下に示す。

時間経過による値の変化の有無

- ・ Constant：時間経過による変化する変数
- ・ Time dependence：時間経過に伴う自身或いは他社の行動によって変化する変数

消費財

状態変数：

表.2.17 消費財が保有する状態変数

エンティティ	状態変数	生成時の初期化	状態変数の特性		概要
			時間経過による変化		
消費財	製品種ID	i	生産者によって初期化	Invariable	当該製品の製品番号
	価格	p	生産者によって初期化	Variable	当該製品の価格、生産した企業によって定められる
	販売者番号	R	生産者によって初期化	Invariable	当該製品を生産したエージェントID
	購買者番号	G, G	—	Invariable	当該製品を購入したエージェントID

原料財

状態変数：

表.2.18 原料財が保有する状態変数

エンティティ	状態変数		状態変数の特性		概要
			生成時の初期化	時間経過による変化	
原料財	製品種ID	i	生産者によって初期化	Invariable	当該製品の製品番号
	価格	p	生産者によって初期化	Variable	当該製品の価格、生産した企業によって定められる
	販売者番号	W	生産者によって初期化	Invariable	当該製品を生産したエージェントID
	購買者番号	R	—	Invariable	当該製品を購入したエージェントID

設備

本研究において設備は発注者の内部状態に関係なく価格が一定であり、各生産者は減価償却を会計上行うが設備の廃棄を考慮しない。そのため、設備自体は特定の状態を保有せず、状態変数を保有しない。

株式

状態変数：

表.2.19 株式が保有する状態変数

エンティティ	状態変数		状態変数の特性		概要
			生成時の初期化	時間経過による変化	
株式	発行者ID	R, W	発行者によって初期化	Invariable	発行者のエージェントID
	額面価格	pf	発行者によって初期化	Invariable	額面価格
	配当率	r_{df}	発行者によって初期化	Invariable	配当率
	取得価格	p	—	Variable	取得時の株式価格
	所有者ID	C	—	Variable	現在の株式保有者のエージェントID

2.4.3 モデルの詳細—市場を構成するサブモデル—

(1) 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動

製品財を中心とした基本的な経済挙動は価格均衡、資金循環、サプライチェーン、生産能力拡大投資、労働市場の各サブモデルの集合によって構成される。

① 価格均衡サブモデル

価格均衡サブモデルは製品財市場における製品の価格と供給量が内生的に価格の均衡が創発するサブモデルであり、製品財市場を構成する需要側と供給側のエージェントの行動によって機能する。需要側を構成する構成要素は消費者の最低価格指向戦略による消費財購買行動であり、供給側を構成する構成要素は生産者の在庫管理指向戦略による生産計画行動である。以下にそれぞれの行動の意思決定を示す。

I. 消費者：最低価格指向に基づく消費財購買行動

消費者は認知することができる消費財の製品種毎に効用を保有しており、每期、予算制約に基づいて最大の効用を得られる製品の組み合わせを購入する。この時、生産者の違いによって同一製品種で異なる価格の製品が市場に存在するため、消費者は最も安い製品から順に購買を行う(2.1)。

$$\max U_C^t = \sum_i w_{e_{iC}} q_{buy_{iC}}^{(t)\alpha} \quad s.t. \sum_R \left(\sum_i p_{iR}^{(t)} q_{buy_i}^{(t)} \right) \leq E_{bdC}^{(t)}$$

U_C^t : 消費者Cの効用関数 t : 期数
 C : 消費者のエージェントID i : 製品タイプID
 $w_{e_{iC}}$: 消費者Cの製品種*i*に対する効用の重み
 $q_{buy_{iC}}^{(t)}$: t 期に消費者が購買した製品種*i*の製品数
 $p_{iR}^{(t)}$: t 期にリテイラーRが生産した生産者製品種*i*の価格
 E_{bd} : 消費予算額

(2.1)

II. 生産者：在庫管理指向戦略による生産計画行動

消費財，原料財を生産する各リテイラー及び原料生産者は自身の在庫量を尺度として生産量と価格を決定し，市場の需要に適応する．

i) 生産者の生産量決定行動ルール

生産者は生産可能な各製品種の過去の販売数と前期末時点の在庫量を尺度として，市場の需要を判断して当該製品種の生産量を決定する．生産量の決定は在庫目標の決定と需要予測による修正の2つの行動によって構成される．

—在庫目標の決定

生産者は過去の自社の販売実績から生産者の当該製品種において在庫切れが発生する確率を5%以内に収めることを目的とした在庫目標を定める(2.2)．ここで安全在庫を求める式は在庫管理における確率的需要量モデルの定期発注方式を基に納入リードサイクルを考慮せず，安全係数を1.65に定め，平均需要を10期間の平均販売量として仮定した．

$$q_{siP}^{(t)} = q_{\mu_{iP}}^{(t)} + 1.65 q_{\sigma_{iP}}^{(t)}$$

$q_{siP}^{(t)}$: 生産者*P*における*t*期の製品種*i*の安全在庫量
 P : 生産者のエージェントID
 $q_{\mu_{iP}}^{(t)}$: 生産者*P*における*t*期時点の製品種*i*の過去10期分の平均売上数
 $q_{\sigma_{iP}}^{(t)}$: 生産者*P*における*t*期時点の製品種*i*の10期分の売上の標準偏差

(2.2)

—需要予測による修正

生産者は当該製品の在庫目標と自社在庫量を尺度として需要動向を判断して，在庫目標に修正を加え，最終的な当該製品種の目標生産量を決定する(2.3)．

$$q_{aiP}^{(t)} = \begin{cases} q_{siP}^{(t)}(1+\varepsilon) & \text{if } s_{iP}^{(t-1)} = 0 \\ q_{siP}^{(t)}(1-\varepsilon) - s_{iP}^{(t-1)} & \text{if } s_{iP}^{(t-1)} > 0 \end{cases}$$

ただし、 $q_{aiP}^{(t)} > Y_i(K, L)_P^{(t)}$ ならば $q_{aiP}^{(t)} = Y_i(K, L)_P^{(t)}$ (2.3)

$q_{aiP}^{(t)}$: 生産者Pにおけるt期の製品種iの目標生産量

ε : 調整係数 $s_{iP}^{(t-1)}$: 生産者Pにおけるt-1期の製品種iの在庫量

$Y_i(K, L)_P^{(t)}$: 生産上限能力

ii) 生産者の価格決定行動ルール

各生産者は每期、生産可能な各製品種について在庫の量から市場の需要を判断して当該製品種の価格を決定する(2.4).

$$p_{iP}^{(t)} = \begin{cases} (1+\gamma_i)p_{iP}^{(t-1)} & \text{if } s_{iP}^{(t-1)} = 0 \\ p_{iave}^{(t-1)} & \text{if } s_{iP}^{(t-1)} > 0 \text{ and } p_{iP}^{(t-1)} < p_{iave}^{(t-1)} \\ (1-\gamma_d)p_{iP}^{(t-1)} & \text{if } s_{iP}^{(t-1)} > 0 \text{ and } p_{iP}^{(t-1)} > p_{iave}^{(t-1)} \end{cases} \quad (2.4)$$

$p_{iP}^{(t)}$: 生産者Pにおけるt期の製品種iの価格

$p_{iave}^{(t-1)}$: t-1期の製品種iの市場平均価格

γ_i : 価格上昇変化率 γ_d : 価格下落変化率

III. その他の行動ルール

○生産停止行動

各生産者の製品が一定期間、一つも売れない状況が続く場合、各生産者は自社が生産することの可能な価格で販売される当該製品種の需要が存在しないものと判断して当該製品の生産を停止する(2.5).

$$action = \begin{cases} 0 & \text{if } f_{siP}^{(t)} < FT_s \\ 1 & \text{if } f_{siP}^{(t)} > FT_s \end{cases}$$

$action = 1$ ならば行動を起こす

$f_{siP}^{(t)}$: t期の生産者Pが生産する製品種iの生産停止フラグ (2.5)

FT_s : 生産停止フラグ閾値

$$f_{siP}^{(t)} = \begin{cases} f_{siP}^{(t-1)} + 1 & \text{if } q_{sellP}^{(t)} = 0 \\ f_{siP}^{(t-1)} - 1 & \text{if } q_{sellP}^{(t)} > 0 \end{cases}$$

$q_{sellP}^{(t)}$: t期の生産者Pが生産する製品種iの販売量

○倒産行動

生産停止行動時に生産者の生産可能な製品種が存在しない状態になった場合、当該生産者は倒産し、所属する全エージェントは失業者となる。失業者の扱いについては労働市場サブモデルにおいて説明する。

② 資金循環サブモデル

資金循環サブモデルは図 2.1 に示す様にモデル内を資金が循環する構造を再現するサブモデルである。市場内の資金循環構造はあるエージェントの保有する資金が他のエージェントの行動によって出力された結果であり、そのエージェントも他のエージェントの行動によって資金が定まる構造である。言い換えるとあるエージェントが保有し、使用する資金は自身も含めたシステム内のすべてのエージェントの行動の相互作用によって時間経過で変化する。以下、式 2.6～2.8 に各エージェントの期末時点の預金と現金の資産の構成を示す。

消費者：

$$Ca_C^{(t)} + De_C^{(t)} = Ca_C^{(t-1)} + De_C^{(t-1)} + I_C^{(t)} - E_{bC}^{(t)} - E_{bsC}^{(t)}$$

$$I_C^{(t)} = We_C^{(t)}(1 - r_m) + int_{rC}^{(t)} + di_C^{(t)} + S_{sC}^{(t)}$$

$$\begin{aligned} Ca_C^{(t)} : & \text{消費者} C \text{の} t \text{期の現金額} & , & \quad De_C^{(t)} : \text{消費者} C \text{の} t \text{期の預金額} \\ I_C^{(t)} : & \text{消費者} C \text{の} t \text{期の収入} & , & \quad E_{bC}^{(t)} : \text{消費者} C \text{の} t \text{期の製品財購買額} \\ E_{bsC}^{(t)} : & \text{消費者} C \text{の} t \text{期の株式購買額} & , & \quad We_C^{(t)} : \text{消費者} C \text{の} t \text{期の受取り給与} \\ r_m : & \text{所得税率} & , & \quad int_{rC}^{(t)} : \text{消費者} C \text{の} t \text{期の受取預金利息} \\ di_C^{(t)} : & \text{消費者} C \text{の} t \text{期の受取配当額} & , & \quad S_{sC}^{(t)} : \text{消費者} C \text{の} t \text{期の株式売上} \end{aligned} \quad (2.6)$$

生産者：

$$Ca_P^{(t)} + De_P^{(t)} = Ca_P^{(t-1)} + De_P^{(t-1)} + S_{pP}^{(t)} + int_{rP}^{(t)} + S_{sP}^{(t)} + Lo_{rP}^{(t)} - \left(E_{WeP}^{(t)} + \sum co_P^{(t)} + int_{pP}^{(t)} + p_{EP}^{(t)} + Lo_{pP}^{(t)} + E_{bsP}^{(t)} + Pr_{preP}^{(t)} r_{co} \right)$$

$$\begin{aligned} S_{pP}^{(t)} : & \text{生産者} P \text{の} t \text{期の製品財売上金} & , & \quad Lo_{rP}^{(t)} : \text{生産者} P \text{の} t \text{期の当期借入金額} \\ E_{WeP}^{(t)} : & \text{生産者} P \text{の} t \text{期の支払給与総額} & , & \quad co_P^{(t)} : \text{生産者} P \text{の} t \text{期の原材料費} \\ int_{pP}^{(t)} : & \text{生産者} P \text{の} t \text{期の支払利息} & , & \quad p_{EP}^{(t)} : \text{生産者} P \text{の} t \text{期の設備購買額} \\ Lo_{pP}^{(t)} : & \text{生産者} P \text{の} t \text{期の当期借入金返済額} & , & \quad Pr_{preP}^{(t)} : \text{生産者} P \text{の} t \text{期の税引前利益} \\ r_{co} : & \text{法人税率} \end{aligned} \quad (2.7)$$

銀行：

$$Ca_B^{(t)} = Ca_B^{(t-1)} + \sum int_{pP}^{(t)} + \sum Lo_{pP}^{(t)} + \sum int_{rP}^{(t)} + \sum De_{rA}^{(t)} - \left(E_{WeB}^{(t)} + int_{pB}^{(t)} + \sum Lo_{rP}^{(t)} + \sum De_{pA}^{(t)} + Pr_{preB}^{(t)} r_{co} \right) \quad (2.8)$$

$De_{rA}^{(t)}$: t 期にエージェントAから受け取った預金預入額

$\sum De_{pA}^{(t)}$: t 期にエージェントAに支払った預金引出額

$int_{pB}^{(t)}$: t 期に銀行Bが支払った支払預金利息

関連する行動ルール

I.財の購買に関する資金の移動を伴う行動ルール

・消費者：購買予算計画行動

消費者は期首に前期の所得からケインズの消費関数に基づき、消費のための現金と預金額を決定し、さらに前期の残余現金、及び預金から預金引出率に応じて現金を引出し、消費予算を決定する(2.9). 購買は式 2.1 に基づき意思決定が行われ、購買された製品を生産したリテイラーに購買金が移動する.

$$E_{bdC}^{(t)} = a + bI_C^{(t-1)} + r_{wd}^{(t)} De_C^{(t)} + Ca_C^{(t-1)} \quad (2.9)$$

a : 基礎消費 b : 限界消費性向

$r_{wdC}^{(t)}$: t 期の消費者Cの預金引出率

・リテイラー：原料財購買行動

リテイラーは生産計画行動後に必要とする原料を購入する. この時、リテイラーは原料財市場から原料を購入し、購買金は原料生産者に移動する. 購買に際して、リテイラーは市場に必要とする原料が存在する限り必要数を購入し、資金が不足する場合は銀行から短期借入を行い、資金を借り入れる. このため、リテイラーは原料購買行動に際してあらかじめ予算を設定しない.

・政府：市場購買行動

政府は予算計画行動で決定した市場購買予算に従って製品を購入し、購買金はリテイラーに移動する. 予算の意思決定は政府機能サブモデルにおいて説明する.

・リテイラー、原料生産者：生産能力拡大投資行動

リテイラー及び原料生産者は生産能力拡大のために設備投資を行うことを意思決定した場合、資金調達を行い設備生産者から設備を購入し、購買金は設備生産者に移動する. 設備投資の行動ルールは生産能力拡大投資行動において説明する.

II. 給与支払いに関する資金の移動を伴う行動ルール

消費者を経営者、労働者、公務員労働者として雇用している各エージェントは所属している各消費者に給与を支払い、給与金が消費者に移動する。このため、各消費者の所得は所属している組織によって異なり、所得に連なる購買、貯蓄等の意思決定も同様に変化する。

・企業：給与支払行動

各企業は給与として固定給及びボーナスを支払う。この時、各企業が支払う総給与支出額は税引き前利益によって変化する(2.10)。ここで、ボーナス額、及び経営者報酬額はそれぞれ期末の決算時に意思決定を行う。具体的な意思決定ルールは決算時の意思決定ルールにおいて説明する。

$$E_{weF}^{(t)} = \begin{cases} \sum We_{fFem} & \text{if } Pr_{perF}^{(t-1)} < 0 \\ \sum We_{fFem} + We_{bF}^{(t-1)} & \text{if } Pr_{perF}^{(t-1)} > 0 \text{ and } Ac_F^{(t-1)} < 0 \\ \sum We_{fFem} + We_{bF}^{(t-1)} + Ec_F^{(t-1)} & \text{if } Pr_{perF}^{(t-1)} > 0 \text{ and } Ac_F^{(t-1)} > 0 \end{cases} \quad (2.10)$$

We_{fFem} : 企業Fに所属するem番目の従業員の固定給与額

$We_{bF}^{(t-1)}$: t-1期の企業Fの支払予定ボーナス総額

$Pr_{perF}^{(t-1)}$: t-1期の企業Fの業績利益

$Ec_F^{(t-1)}$: t-1期の企業Fの支払予定経営者報酬額

$Ac_p^{(t-1)}$: t-1期の企業Fの利益剰余

・政府：給与支払い行動

政府は雇用している公務員労働者に給与を支払う。政府の支払う給与の意思決定は政府機能サブモデルにおいて説明する。

III. 銀行に関する資金の移動を伴う行動ルール

・銀行：預金利息支払

銀行は各消費者及び生産者に対して毎期末時点で預金している預金額に対して預金利息を支払う(2.11)。

$$\begin{aligned} int_{pB}^{(t)} &= \left(\sum De_C^{(t)} + \sum De_P^{(t)} \right) r_{int} \\ int_{rA}^{(t)} &= De_A^{(t)} \end{aligned} \quad (2.11)$$

$int_{pB}^{(t)}$: t期に銀行Bが支払う支払預金利息

$int_{rA}^{(t)}$: t期にエージェントAが受け取る受取預金利息

・リテイラー、原料生産者：資金借入

リテイラーと原料生産者は銀行から資金を借り入れる。借入は短期借入と長期借入の二種類が存在する。短期借入は固定給与の支払い、原料の購買等の運転資金が不足した場合にその都度借入れ、借り入れた翌期に返済を行う。一方、長期借入は設備投資の時にのみ借入れを行い、翌期以降、元利均等返済で定められた返済期間に毎期返済を行う。

- ・リテイラー，原料生産者：借入返済

リテイラーと原料生産者は銀行から資金を借り入れた場合，借入金と利息を返済する。

IV.政府の公共支出に関する資金の移動を伴う行動ルール

政府は各エージェントから徴税を行い，支出を行うことによって資金の移動を発生させる。政府の行動に関するルールは後述する政府の徴税・公共支出サブモデルにおいて説明する。

V.株式売買に関する資金の移動を伴う行動ルール

消費者とリテイラー，原料生産者は株式の売買によって資金の移動を発生させる。株式の売買に関する行動ルールは後述する株式売買サブモデルにおいて説明する。

VI.決算時の意思決定ルール

各エージェントは毎期末に複式簿記方式に従って決算処理を行う。また，この際に今期に発生する納税額及びボーナス額を計算し，実際の支払いは翌期に行う。

- ・消費者の決算行動

消費者は決算行動時に所得税を算出する。所得税の意思決定の行動ルールは政府機能サブモデルにおいて説明する。また，政府機能を考慮しない場合，消費者は決算行動によって収支の確認のみを行う。

- ・企業の会計行動

企業は総売上と総費用から今期の業績上の損益を計算する(2.12)。ただし，銀行エージェントは売り上げにあたる値が企業からの借入返済利息であり，費用に当る値が支払預金利息で計算する。また，原料生産者，設備生産者，及び銀行は原料を必要としないため原料費は0となる。

$$Pr_{per_F}^{(t)} = S_F^{(t)} - (\sum W_f + \sum co_F^{(t)} + int_{p_F}^{(t)} + dep_F^{(t)})$$

(2.12)

$Pr_{per_F}^{(t)}$: t 期の企業Fの業績損益
 $S_F^{(t)}$: t 期の企業Fの総売上額
 dep^t : 減価償却

また、企業は労働者に支払うボーナス額の総額を業績損益から計算し、未払いボーナスとして翌期の給与支払い時に雇用している労働者に計算したボーナス額を均等に分割して支払う(2.13)。ただし、業績損益が負の時はボーナス額の計算は行わない。

$$W_{bF}^{(t)} = Pr_{perF}^{(t)} r_{bo} \quad (2.13)$$

r_{bo} : ボーナス率

ボーナス額計算後、業績損益からボーナス額を差し引いた金額を今期の税前損益として法人税額を計算する。法人税額を決定する意思決定の行動ルールは政府機能サブモデルにおいて説明する。

また、純損益が正である場合、企業は経営者報酬を計算する。経営者報酬は未払い金として翌期の給与支払い時に所属する経営者に支払う(2.14)。ただし、ボーナス同様に損益が負の場合は計算を行わない。

$$Ec_F^{(t)} = Pr_{perF}^{(t)} (1 - r_b) (1 - r_{co}) r_{exec}$$

ただし、 $Ac_p^{(t)} > 0$ のとき (2.14)

$Ec_F^{(t)}$: t期の企業Fの経営者報酬 r_{exec} : 経営者報酬率

企業は業績損益からボーナス、法人税、及び経営者報酬を差し引いた金額を今期の純損益として利益剰余に加算する。また、業績損益が負である場合は利益剰余から損額分を減産する。

③ サプライチェーンサブモデル

サプライチェーンサブモデルはリテイラーが原料生産者の生産する原料財を利用する構造を内包し最小単位のサプライチェーンを再現するサブモデルであり、リテイラーは原料財購買行動を行い、原料財制約に基づいて消費財を生産する。

I. 原料財購買行動ルール

リテイラーは生産量決定行動によって計画した目標生産量に従って原料市場から、最も安い原料財から順に目標生産量分まで購買する。原料財は消費財を 1 つ生産するために 1 つ消費され、消費財の製品種毎に必要とする原料財の製品種は初期設定時にモデル内全体で統一して乱数で定められる。

II. 原料財制約ルール

リテイラーは消費財生産時に消費財 1 つにつき購買した原料財を消費するが、原料財が市場に存在しない、或いは資金不足によって購買することができなかった場合、目標生産量に関係なく購買することができた原料財の数までを生産する(2.15)。

$$q_{iR}^t = q_{aiR}^t \quad \text{ただし } q_{maiR}^t < q_{aiR}^t \text{ のとき } q_{iR}^t = q_{maiR}^t \quad (2.15)$$

q_{iR}^t : t期の製品種i製品の実際の生産量

q_{maiR}^t : t期の製品種i製品原材料の購買量

④ 生産能力拡大投資サブモデル

生産能力拡大投資サブモデルはリテイラー及び原料生産者が市場の需要を尺度にして、供給能力不足を認知した場合に生産能力の拡大投資を行うことによって生産量を増強させる。生産能力拡大投資サブモデルは投資意思決定行動ルール、投資方法選択行動ルール、設備投資行動ルール、雇用行動ルール、及び生産能力更新行動ルールの 5 つの行動ルールによって構成される。また、設備投資行動ルールはさらに生産者の資金調達行動ルール、設備生産者の生産行動ルール、及び設備購買行動ルールの 3 つの行動ルールによって構成される。

I. 投資意思決定行動ルール

リテイラー及び原料生産者は生産量決定行動時の目標生産数を尺度として、目標生産量が生産能力の上限を超える状況が一定以上続いた場合に供給能力が不足していると判断し、設備投資の意思決定を行う(2.16)。

$$action = \begin{cases} 1 & \text{if } f_{inv} > FT_{inv} \\ 0 & \text{if } f_{inv} \leq FT_{inv} \end{cases}$$

(2.16)

$action$: 1ならば行動を起こす
 f_{inv} : 生産能力拡大投資フラグ
 FT_{inv} : 生産能力拡大投資フラグ閾値

$$f_{inv}^{(t)} = \begin{cases} f_{inv}^{(t-1)} + 1 & \text{if } q_{aiP}^{(t)} > q_{lim,P}^{(t)} \\ f_{inv}^{(t-1)} - 1 & \text{if } q_{aiP}^{(t)} < s_{iP}^{(t)} \end{cases}$$

II. 投資方法選択行動ルール

生産能力拡大の意思決定を行った生産者は供給能力が不足していると認知した製品種毎に、労働者一人を雇用した場合の予測利益(2.17)、設備を一つ購入した場合の予想利益(2.18)をそれぞれ計算し、より利益が高くなると予想される手段を選択する。また、複数の生産可能な製品種で同時に投資の意思決定フラグを満たしている場合は、最も予測利益が高い製品種と投資方法を選択する。

この時、利益の予測計算は自己の設備数、雇用している労働者数、意思決定時の製品種の価格と原価、新規雇用者の固定給与、及び借入返済に掛かる返済費用を基に行われる。また、本研究において、原料生産者は雇用行動を行わず、生産能力拡大意思決定を行

った場合，設備投資のみを行う．

$$\Delta\pi_L = \max_i [(p_i^{(t)} - c_i^{(t)})\{Y_i(K, L+1) - Y_i(K, L)\} - w] \quad (2.17)$$

$\Delta\pi_L$: 一人雇用した際の増加利益 $p_i^{(t)}$: t 期の製品種 i の製品価格
 $c_i^{(t)}$: t 期の製品種 i の製品一つ当たりのコスト w : 新規雇用者の固定給

$$\Delta\pi = \max_i [(p_i^{(t)} - c_i^{(t)})\{Y_i(K+1, L) - Y_i(K, L)\} - (r_0 + 1/RT)F] \quad (2.18)$$

$\Delta\pi_K$: 1設備追加した際の利益 r_0 : 長期借入金金利
 RT : 長期借入金返済期間 F : 投資に必要な借り入れ資金

Ⅲ.設備投資行動ルール

i) 資金調達行動ルール

設備投資の意思決定を行った生産者は生産設備購入のための資金調達を市場から行う．本モデルでは資金調達に全額銀行借入，自己資金利用，及び新株発行増資の3種類の方法を仮定した．

○全額銀行借入

全額銀行借入は設備投資に必要な資金を全額銀行から調達する行動(2.19)であり，借入を行った生産者は翌期以降定められた返済期間に応じて元利均等返済で借入金を返済する(2.20)．この時，当該生産者が既に長期借入を行っており，返済中の長期借入が当該生産者の上限数に達している場合，資金を借り入れることはできない．

$$Ll_P^{(t)} = p_E \quad (2.19)$$

$Ll_P^{(t)}$: t 期に生産者 P が借入れる長期借入金
 p_E : 生産設備の価格

$$Ll_{PP}^{(t)} + int_{PP}^{(t)} = Ll_P^{(t)} r_0 / (1 - (1 + r_0)^{-N}) \quad (2.20)$$

$Ll_{PP}^{(t)}$: t 期に生産者 P が返済する元金

○自己資金利用

自己資金利用は生産者が設備投資に必要な資金の半額を自己資金から調達し，半額を銀行から借入によって調達する行動(2.21)である．銀行からの借入は金額以外の条件は全額銀行借入と同じルールに従う．また，自己資金が不足する場合は設備投資を行えない．

$$\begin{aligned} Lo_{iP}^{(t)} &= p_E / 2 \\ SF_P^{(t)} &= p_E / 2 \end{aligned} \quad (2.21)$$

$SF_P^{(t)}$: t期に生産者Pが設備投資の為に支出する自己資金

○新株発行増資

新株発行投資は生産者が設備投資に必要な資金を株式市場によって調達する行動である。新株発行増資の詳細は株式売買サブモデルにおいて説明する。

ii) 設備生産者の生産行動ルール

設備生産者は 1 期当たりの設備生産上限に達するまで設備投資要求を持つエージェントの中からランダムに 1 エージェントを選び出し、設備を生産し販売を行う。設備生産者に選ばれなかった設備投資要求を持つエージェントは翌期以降の意思決定行動で再び設備投資を行うか判断する。

IV. 雇用行動ルール

雇用意思決定を行った生産者は労働市場に求人票を出力し、失業者を雇用する。雇用ルールの詳細は労働市場サブモデルにおいて説明する。

V. 生産能力更新行動ルール

設備投資または雇用を行ったリテイラー、或いは原料生産者はコブダグラス型の生産関数に基づいて自己の生産上限量を再定義し、翌期以降の生産はその上限量に基づいて意思決定を行う(2.22)。また、当該製品種に対する生産能力拡大投資フラグは 0 に戻す。

一方、資金調達の失敗、設備生産者の生産力が足りずに設備が生産できない場合、或いは労働市場で労働者を雇用できなかった場合、生産能力拡大投資は失敗とし、生産者は生産能力拡大投資フラグの値を翌期以降に持ち越す。

$$Y_i(K, L)_P^{(t)} = A_{iP} K_{iP}^{(t)\alpha} L_P^{(t)(1-\alpha)} \quad (2.22)$$

A: 比例定数 , $L_P^{(t)}$: 企業Pの雇用数
 $K_{iP}^{(t)}$: 企業Pの製品種*i*を生産する設備数

⑤ 労働市場サブモデル

労働市場サブモデルは労働力の需要と供給をバランスさせる市場であり、リテイラーが生産能力拡大の意思決定を行った際に労働市場から失業者を雇用する。労働市場サブモデルは解雇行動、失業者の求職行動とリテイラーの労働力需要によって構成される。

i) 解雇行動ルール

期末決算において各リテイラーは純損益に応じて自身の経営状態を認知する．純損益が黒字の場合，当該生産者は解雇フラグを 1 単位減じ，赤字の場合は解雇フラグを 1 加算する．解雇フラグが閾値を超えた場合，リテイラーは雇用している労働者を一人，ランダムで解雇する(2.23)．また，労働市場を考慮しない条件の時は解雇された労働者は直ちに利益剰余が最も高いリテイラーに再雇用される．

$$action = \begin{cases} 0 & \text{if } f_{dR}^{(t)} < FT_d \\ 1 & \text{if } f_{dR}^{(t)} \geq FT_d \end{cases}$$

$action = 1$ ならば行動を起こす

(2.23)

$f_{dR}^{(t)}$: t 期のリテイラー R の解雇フラグ
 FT_d : 解雇フラグ閾値

$$f_{dR}^{(t)} = \begin{cases} f_{dR}^{(t-1)} + 1 & \text{if } Pr_p^{(t)} < 0 \\ f_{dR}^{(t-1)} - 1 & \text{if } Pr_p^{(t)} > 0 \end{cases}$$

ii) 失業者の求職行動

消費者は所属しているリテイラーから解雇されるか，所属企業が倒産することによって失業者となり翌期以降政府から失業手当を受取り，労働市場において求職行動を行う．この時，消費者はリテイラーの出力する求人票の中で最も固定給与の高い企業に応募を行う．また，求人票に対する応募を行う失業者の順番は失業者の中からランダムで選ばれ，一つの求人票に応募できる失業者の数は 3 人までとする．

採用された失業者は翌期以降，採用したリテイラーの労働者となり，賃金を受取る．

iii) リテイラーの求人行動

生産能力拡大意思決定行動において雇用を選択したリテイラーは求人票を労働市場に通知し，応募した消費者の中からランダムで一人を選択し雇用する．この時，応募がなかった企業はその期の生産能力拡大をあきらめ，翌期以降，再び生産能力拡大意思決定行動を行う．

(2) 政府の徴税・支出サブモデル

政府の徴税・支出サブモデルは政府の徴税・支出について製品財市場と政府要素の関連を再現するサブモデルであり，製品財市場の経済活動を構成する製品財市場を中心とした基本的な経済挙動との関連によって機能する．政府の期末時点の預金と現金の資産の構成を(2.24)式に示す．

政府：

$$Ca_G^{(t)} = Ca_G^{(t-1)} + \sum Ti_C^{(t)} + \sum Ti_F^{(t)} - \left(E_{weG}^{(t)} + \sum uc_C^{(t)} + E_{bG}^{(t)} + E_{fG}^{(t)} \right) \quad (2.24)$$

$Ti_C^{(t)}$: t 期の消費者 C の支払所得税額

$Ti_F^{(t)}$: t 期の企業 F の支払法人税額

$uc_C^{(t)}$: t 期の支払失業補償 , $E_{bG}^{(t)}$: t 期の市場購買支出額

$E_{fG}^{(t)}$: t 期の企業補助支出額

また、以下に政府機能サブモデルを構成する各行動ルールを示す.

① 徴税に関わる行動ルール

・消費者：決算行動

消費者は当該期に受取った給与から所得税額を計算し(2.25), 未払い税として翌期首に所得税を政府に収める(2.25).

$$Ti_C^{(t)} = W_C^{(t)} r_{in} \quad (2.25)$$

・企業：決算行動

企業はボーナス額計算後、業績損益からボーナス額を差し引いた金額を今期の税前提損益として法人税額を計算し、未払い税として翌期首に法人税を政府に収める(2.26). ただし、損益が負の時は法人税を支払わない.

$$Tc_F^{(t)} = Pr_{perF}^{(t)} (1 - r_{bo}) r_{co} \quad (2.26)$$

ただし、 $Pr_{perF}^{(t)} < 0$ のとき、 $Tc_F^{(t)} = 0$

・政府：徴税行動

政府は期首に各エージェントから税金を徴税する. この時、各エージェントから徴収する税金は前期の決算行動時に算出した税金額の合計額となる.

② 公共支出に関わる行動ルール

・政府：給与支払

政府は雇用している公務員労働者に民間労働者の固定給与とボーナスを含めた給与の平均額を公務員給与として支払う(2.27).

$$W_{fG}^{(t)} = L_G \sum_{F=1}^{FN} E_{wF}^{(t-1)} / \sum_{F=1}^{FN} L_F \quad (2.27)$$

$$L : \text{雇用数} \quad \sum_{F=1}^{FN} E_{wF}^{(t-1)} : \text{民間企業の給与}$$

・政府：失業保障支払行動

政府はどの雇用者エージェントにも所属していない消費者に対して失業保障を支払う。この時、政府は失業保障額として、企業に所属する消費者の固定給与額の平均額を支払う。

・政府：予算決定行動

政府は政府支出として市場から消費財を購入する市場購買行動と、企業に均等に補助金を交付する企業補助行動の 2 種類の支出を行う。それぞれの行動に用いる予算の総額は当該期の政府予算から労働者への給与と失業保障を差し引いた金額から定められ、それぞれの支出の予算割合によって定められる(2.28)。この時、市場購買に用いる予算割合と企業補助に用いる予算割合は合計で 100%とする。

$$E_{bdmG}^{(t)} = (E_{dbtG}^{(t)} - E_{wefG}^{(t)} - \sum uc_C^{(t)}) r_{ma}$$

$$E_{bdfG}^{(t)} = (E_{bdtG}^{(t)} - E_{wefG}^{(t)} - \sum uc_C^{(t)}) r_{fi}$$

$$\text{ただし、} r_{ma} + r_{fi} = 1$$

(2.28)

$$E_{dbtG}^{(t)} = I_G^{(t)} + RC_G^{(t-1)} = \sum T_C^{(t)} + \sum T_C^{(t)} + RC_G^{(t-1)}$$

$$E_{bdmG}^{(t)} : t \text{期の市場購買予算}, \quad E_{bdfG}^{(t)} : t \text{期の企業補助予算}$$

$$E_{dbtG}^{(t)} : t \text{期の総予算}, \quad uc_C^{(t)} : \text{失業保障額}$$

$$E_{wefG}^{(t)} : t \text{期の支払給与額}, \quad r_{ma} : \text{市場購買予算率}$$

$$r_{fi} : \text{企業補助予算率}, \quad I_G^{(t)} : t \text{期の政府所得}$$

$$RC_G^{(t-1)} : t-1 \text{期の未消化予算},$$

(3)株式売買サブモデル

株式市場売買サブモデルは株式市場における売買を行うサブモデルであり、製品財市場の経済活動を構成する製品財市場を中心とした基本的な経済挙動との関連によって機能する。以下に株式市場売買サブモデルの行動ルールを示す。

① 株式発行行動ルール

リテイラー及びホールセラーは設備投資のための資金調達を目的として株式を発行し新

株発行市場で売却を行う。株式の発行はブックビルディング方式に準じ、基準価格±10%の範囲で購入希望注文を集め、必要資金が得られる最低値を売り出し価格とする。この時、新株の基準価格は市場で流通している当該生産者の株価の価格とする。

また、新株の販売で必要資金が集まらなかった場合、当該生産者は必要資金の残額を銀行借入、或いは自己資金によって調達する。

② 株式取引ルール

本モデルは流通市場において、約定価格決定前の売買注文を価格の高い順に決定させ、その数量が合致する値段を約定価格とする板寄せ方式[105]を利用する。

③ 株式購買ルール

I. 消費者の売買ルール

消費者は自己の資産の増加を目的として余剰資金を用い、株式市場において売買を行う。この時、消費者は自己の預金額が一定以上の時に投資を行い、本研究では株式投資で得られた利益は再び株式投資に用いる。消費者は以下に示す3つの意思決定方法を基にした戦略を初期化の際に与えられ、売買の際は自身の戦略に従い、シミュレーション中の戦略は固定とする。

○移動平均指向型投資意思決定

過去平均型意思決定は、消費者が過去n期間の株式の移動平均値に基づき対象株式の将来の株価を評価し、それらの生産者群の株式から選択し売買する行動である。株価の評価はそれぞれの企業に対して式(2.29)に示す評価式で計算され、消費者は予想収益が正の値となる上位20社の企業の株式を購買し、予想収益が負の値となる下位20社の企業の株式を売却する。

$$\max_k \pi = \left(\sum_{j=t-n}^t p_{k,j} / n \right) \times \delta(0.8, 1.2) - p_{k,t} \quad (2.29)$$

π : 予想収益
 $p_{k,j}$: 企業kのj期の株価, $\delta(0.8, 1.2)$: 0.8~1.2の1様乱数

○企業利益重視型投資意思決定

企業利益重視型意思決定は、消費者が各株式についてn期間の平均から、一株当たり利益を出している企業の株式を購買対象、損失を出している企業の株式を売却対象とする行動である。この時、式(2.30)に応じて、消費者は購買確率、売却確率をそれぞれ決定する。また、本研究ではnを12と仮定している。

$$P_k = A_k / \sum_{i=1}^n A_i, \quad (2.30)$$

P_k : 企業kの株式購入・売却確率

A_i : 企業iの過去n期の損益、 $i \in \{A_k > 0 \text{の企業}\}$

○ランダム型投資意思決定

ランダム型投資意思決定は消費者が株式の売買を行うにあたり、利益等の指標を一切参照せずランダムに売買を行う行動である。購買行動は消費者の購買条件が満たされている場合に、消費者がランダムに銘柄を選択し購買する行動であり、売却行動は株式を保有している場合に、消費者が保有する銘柄からランダムに売却を行う行動である。

II.生産者の売買ルール

リテイラー及びホールセラーは設備投資の資金調達のために株式を発行するが、発行後、純利益が 10 期以上継続して出る場合に每期、自己資金の 5%を自社株買戻しの資金に充て購買を行う。

2.4.4 シミュレーションの実行について

(1)パラメータ設定の基本方針

本研究では、エージェントの多様性を維持しつつ、資金循環、価格の形成のような基本的な挙動の再現を確認することができることを目的としてパラメータの設定を行った。以下に各パラメータの設定方針についての概要を示す。

- ・期数 : 1 期 1 か月として 30 年分を想定して 360 期に設定した。
- ・消費者数 : リテイラー企業の雇用人数が 4 ～ 5 人となる比率を目的に 100～150 を基本値とした。
- ・リテイラー数 : 設備投資のための資金借り入れの返済を 120 期としているため、設備生産者を 1 エージェントあたり 6 期に 1 回程度の投資数をまかなえるように 20～30 に設定した。
- ・原料生産者数 : 消費財の製品数が 6 種類であり、原料が 6 種類あるため、最低限度の原料品種を確保できるエージェント数として 3～9 に設定した。
- ・設備生産者数 : システム内で設備生産者の機能を維持するために 1 に設定した。
- ・銀行数 : システム内で銀行の機能を維持するために 1 に設定した。
- ・消費財製品種 : 消費財の選択肢として多様性を持たせるために 6 種に設定した。
- ・原料財製品種 : 消費財の生産品種に対応するため、6 種に設定した。
- ・リテイラー、原料生産者の生産可能品種数 :
生産能力拡大意思決定時により売れている製品を選択することを可能と

するために最小限の選択肢として 1 エージェントあたり 2 種類に設定した。

- ・消費者が購買可能な製品種数：

一人当たりの消費者の認知能力の代替として購買可能な製品種数をエージェント毎に 2~5 種類の製品を乱数で設定した。

- ・返済期間 N ：設備資金の借入期間の目安として 10 年を考え、1 期 1 か月として考慮する本モデルの時間単位から 120 期を設定した。

- ・固定給与 W_f ：初期価格設定時点でいくつかの製品を選択し、購買できるように 7000 ~7500 の範囲で乱数から生成するように設定した。

- ・ボーナス率 r_b ：原料以外の支出を企業が行わないため、資金がある程度循環して、特定の企業に利益として極端に偏在して資金循環が滞らないようにするために 75%~95%の範囲で設定した。

- ・経営者報酬率 r_{exec}

：資金がある程度循環して、特定の企業に利益として極端に偏在して資金循環が滞らないようにするために 95%に設定した。

- ・預金引出率 r_{wd} ：消費者が資産購買を行わないため、消費者に資金が偏在し資金循環を滞らせないために一定の範囲で每期エージェント頃に乱数で生成するように設定した。

- ・エージェントの資金構成：

消費者と生産者の資金構成は現実の企業との金融資産の差異がおおよそ 1.5~2 倍程度であるため[106]，消費者エージェント全体が持つ資金と生産者エージェント資金の比がおおよそ 1.5~2 倍の範囲で収まるように設定した。

—消費者預金 Cac^0 : 30000~50000

—消費者現金 Dec^0 : 15000~25000

—原料・リテ일러資金 Der^0, Dew^0 : 80000~160000

—設備資金 DeE^0 : 200000~220000

—銀行 CaB^0 ：資金需要に対しての中央銀行の資金供給能力を兼ねるため，システム内を流通している資金量を超える値として設定した。

- ・銀行貸付利率 r_o ：1990 年以降 5%~2%を推移している[107]ため，3%に設定した。

- ・銀行預金利息 r_{int} ：90 年代以降，1%から 0.25%を推移している[107]ため，0.5%に設定した。

(2)マクロ経済指標の定義

本研究は対象とする経済システムのマクロ現象を対象とするため，解析にいくつかのマ

クロ指標を用いる。以下に本研究で用いる指標を示す。

・ GDP :

本研究はモデルにおいて経済状況を解析するための代表的な指標として GDP を用いる。本研究で用いる GDP は現実システムにおける名目 GDP であり，每期，シミュレーションプログラム内で表 2.19 に示す産業連関表[108-111]を計算し，最終需要の合計から GDP を計算される。

表.2.20 本モデルで算出する産業連関表例

		中間需要					最終需要					国内生産額
		リテイラー	原料生産者	設備生産者	銀行	計	消費		固定資本形成	在庫	計	
							民間消費	政府消費				
中間投入	リテイラー	-	-	-	-		-	-	-			
	原料生産者	-	-	-	-		-	-	-			
	設備生産者	-	-	-	-		-	-	-			
	銀行				-			-				
	計											
粗付加価値	雇用所得											
	営業余剰											
	資本減耗引当			-	-							
	補助金											
	計											
国内生産額												

・ 消費財平均価格 :

消費財平均価格は物価の指標として用いる。每期，消費者，政府によって購買された製品から品種別に平均価格を算出し，それら平均価格を平均して消費財平均価格を算出する。

・ 消費財供給量 :

消費財供給量は消費者の消費財購買前の時点で市場に存在する製品量であり，製品種に関係なく市場に供給されている消費財の全ての数をカウントすることによって求める。

・ 給与総額 :

給与総額は消費者に支払われた給与の総額であり，固定給与，ボーナス，経営者報酬の合計によって求める。

・ 設備投資回数 :

設備投資回数はリテイラー，原料生産者がシミュレーション期間中に行った設備投資の回数の合計によって求める。

・ 預金額 :

預金額の合計は銀行に預金を行う消費者，リテイラー，原料生産者，設備生産者それぞれの預金額の合計によって求める。

- ・減税乗数：

減税乗数は政府の減税による GDP の影響を示し，本研究では税率を実験水準として変更した際の 360 期分の平均 GDP が税率の低下によって増加したかを示す．

- ・平均株価：

平均株価は市場で取引されている各企業の株価の平均を示し，每期，その期に取引された銘柄ごとの株価の平均によって求める．

- ・物価上昇率：

物価上昇率は消費財の価格の変動を示し， t 期の消費財平均価格を $t-1$ 期の消費財平均価格で除算し，その期の物価上昇率を求める．

- ・GDP 成長率：

GDP 成長率は GDP の変動を示し， t 期の GDP を $t-1$ 期の GDP で除算し，その期の GDP 上昇率を求める．

- ・株価上昇率：

株価上昇率は株価の変動を示し， t 期の平均株価を $t-1$ 期の平均株価で除算し，その期の GDP 上昇率を求める．

2.5 まとめ

本研究は，日本経済のエビデンスベース・分析的アプローチによる政策検討を行うことのできる日本経済の挙動を再現できる人工経済モデルの構築を念頭に，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人工経済システムの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，モデルが具備すべき条件をまとめて示した．

次章以降に日本経済の基本挙動に関わるマクロ現象として，需要と供給による価格均衡，サプライチェーン及び資金循環，所得税及び法人税減税と GDP の関係，及び製品材市場と株式市場の相互作用に着目し，これらのマクロ現象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実施した結果を示す．

第3章 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動における価格均衡, 及び資金循環挙動の解析

3.1 はじめに

本章ではベースモデルにおける製品財市場を中心とした基本的な経済挙動の範囲について、基本挙動となるマクロ現象の再現と再現の為のモデル条件を明らかにすると共に、マクロ現象創発のためのメカニズムの解析結果について示す。

本研究はミクロな行動ルールからマクロな経済現象を再現する人工経済モデルの構築にあたって、実体経済システムにおける製品財市場を中心とした実物製品の取引が経済システムにおける基礎的な経済活動であると考え、これは製品財の取引は消費者が生活を行う上での消費財の取得、或いは消費財取得のための賃金を得る為の労働によって構成されており、現実存在する全て主体が関与するためである。従って、実物の製品を取引する製品財市場は現実の経済システムを構成する上で最も根源的で主要な経済システムの基礎部分たり得ると考えられる。

実物の製品の取引を対象とした ABM 研究は多く行われている。クモの巣モデルに ABM を適用したモデル[56-59]や多層企業モデルによる価格と生産量の調整[71-72]、ASPEN モデル[92]等の報告がある。しかしながら、本研究の着眼点である一つ一つのマクロ現象の再現とそのモデル構造を明らかにする目的でモデルを構築した研究はほとんど見られない。

そこで、本研究はマクロ現象再現とそのモデル構造を明らかにする視点から、ベースモデルの基礎部分として製品財市場を中心とした基本的な経済挙動の再現とそのモデル構造を明らかにする。

本研究は経済システムの再現を対象とし、あらかじめシステム内に存在する主体が共通の媒介物として認知する貨幣を基準として、企業による製品の生産、消費者の貨幣による製品の取得と消費、生産のための労働、労働の対価としての賃金制度等々を内包する社会システムを対象とする。

本研究は、製品財市場を中心とした基本的なマクロ経済挙動として価格の均衡、サプライチェーン、資金循環、生産量の長期的な調整を考慮した。従って、これらのマクロ現象の再現と再現の為に具備すべきモデル条件を明らかにすると共に、生産量の長期的な調整が市場の資金循環に及ぼす影響について解析を行った。また、GDP に及ぼす諸要因の影響について解析を行った。

3.2 研究目的

本章は以下のことを目的とする．

- ・ 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動のマクロ現象再現の為のモデル条件を明らかにする
 - － 価格の均衡
 - － サプライチェーン
 - － 資金循環
 - － 生産能力の長期的調整
- ・ GDP と資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響とメカニズムを明らかにする
- ・ GDP に及ぼす資金循環に関わる諸要因の影響を明らかにする

3.3 研究方法

3.3.1 モデルの適用範囲

本章は製品財市場を中心としたモデルの範囲において，本研究のベースモデルを用いて基本的な経済挙動の再現と製品財市場の取引におけるエージェントの意思決定とその影響の解析を行う．ここで，本研究は製品財の取引，及び各主体間の資金の循環によって構成される相互作用によって創発される内生的な価格や需給，資金の移動，及び GDP 等を基本的な経済挙動として想定する．従って，本章では図 3.1 に示す様にベースモデルの範囲において，消費者，生産者，銀行の主体と製品財市場を内包するモデルの範囲においてシミュレーションを行う．

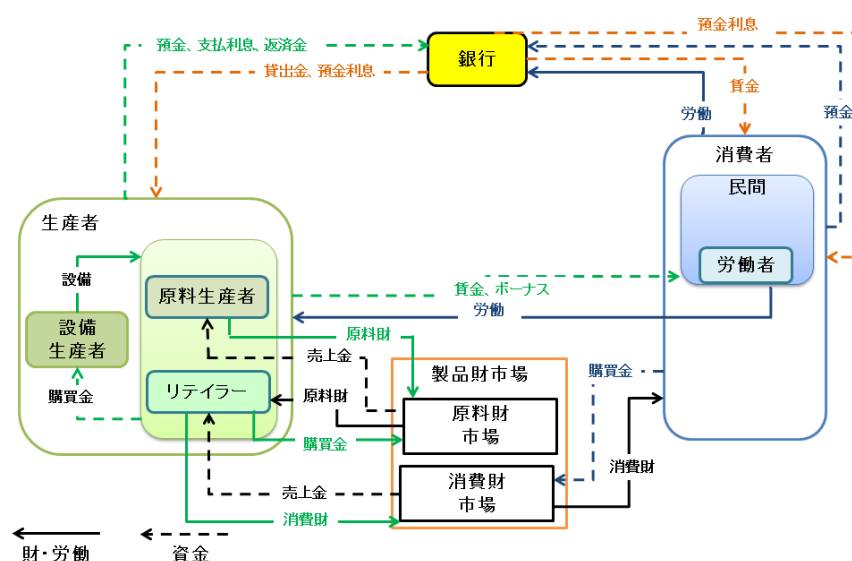


図3.1 製品財市場を中心とした基本挙動の範囲におけるモデルのエージェントと市場

そのため、本章では政府機能、及び株式市場は考慮せず、これらの要素に関わるサブモデルは内包しないサブモデル構成によってシミュレーションを行う。また、消費者は労働者のみとし、生産者は自発的な解雇を行わず、倒産した生産者に所属する労働者は最も資産の高い生産者から順に一人ずつ自動的に再雇用する。

以下にベースモデルの中から本章で機能させる主体、及び内包するサブモデルの一覧と解析に当たって変更した内容を示す。

主体

- ・消費者：預金についてケインズの消費関数型の収入に応じず常に一定で預金する。
- ・リテイラー：価格の決定は決定基準時にフラグを用いて閾値にフラグが達した時に価格を変更する。また生産能力は定数で与えられる。
- ・原料生産者：価格の決定は決定基準時にフラグを用いて閾値にフラグが達した時に価格を変更する。また生産能力は定数で与えられる。
- ・設備生産者：設備の生産を納品し、生産能力をコブダグラス型の生産関数に基づき再計算せず発注者の生産能力を 1.5 倍する。
- ・銀行

サブモデル

- ・価格均衡サブモデル
- ・資金循環サブモデル：経営者報酬を支払わずボーナスを保有資金の一定割合で支払う。
- ・サプライチェーンサブモデル
- ・生産能力拡大投資サブモデル：ただし、労働市場を考慮しないため設備投資のみの意思決定を行い、資金調達は銀行借入によって行う。

3.3.2 シーケンスステップ

本章は以下のシーケンスによってシミュレーションを行う。

- 1.消費者は消費予算を計画し、各生産者は返済金を銀行に返済する
- 2.原料生産者は価格と生産量を意思決定し、原料財を生産し、原料財市場に供給する。
- 3.リテイラーは価格と生産量を意思決定し、原料財市場において原料を購入し、消費財を生産し、消費財市場に製品を供給する。この時、原料を購入する資金が不足する場合は銀行から短期借入を行う。
- 4.消費者は予算を制約条件として、自身の効用を最大化する消費財を消費財市場から購入する。
- 5.各企業は雇用している労働者(消費者)に固定給与を支払い、残余额からボーナスを支払う。この時固定給与額が不足している場合、銀行から短期借入を行う。
- 6.リテイラー及び原料生産者は生産計画時に計画した生産量とその時点の在庫を尺度として市場の需要状態を認知し、必要に応じて設備製造者から設備を購入し生産設備の投資を行う。この時、設備投資に必要な資金は銀行から借り入れる。
- 7.リテイラーは前期までの販売量を尺度として生産停止を意思決定し、生産停止を決定した場合は翌期以降の当該製品種の生産を停止する。また、生産可能な全ての製品種の生産を停止した場合、当該リテイラーは倒産し、雇用されていた消費者は他のリテイラーにランダムで再配置される。

図3.2 製品財市場を中心とした基本挙動の範囲におけるシーケンスステップ

3.3.3 シミュレーション条件

本研究は 3 つの目的に応じて、製品財市場を中心とした基本的な経済挙動の再現のモデル条件解析、資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析、GDP に及ぼす諸要因の影響解析の 3 つの実験を行った。また、基本的な経済挙動の再現シミュレーションについてはそれぞれのサブモデルの機能を確認するために価格均衡再現とサプライチェーン再現実験に分かれ、さらに機能を限定する。各条件のシミュレーションにおけるサブモデルの構成を表 3.1 に示す。

表.3.1 各実験で用いるサブモデル

	基本的な経済挙動の再現		資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析	GDPに及ぼす影響解析
	価格均衡再現	サプライチェーン再現		
価格均衡サブモデル	○	○	○	○
サプライチェーンサブモデル	-	○	○	○
資金循環サブモデル	-	○	○	○
生産能力拡大サブモデル	-	-	○	○

(1)製品財市場を中心とした基本的な経済挙動の再現のモデル条件解析

① 価格均衡再現解析

価格均衡再現解析はモデルにおいて、リテイラーの価格と生産量の意思決定により、価格と生産量の均衡状態の再現を目的に消費者及びリテイラーがシステム内に存在する条件でシミュレーションを行った。パラメータは表 3.2 に示す様に、それぞれ、初期価格、初期生産量及び生産量の上限について変更を行い、消費者の所得はシミュレーション開始時に定め、每期リテイラーから支払われず所与で一定額を受取ると仮定した。また、表 3.2 に示

す初期価格は定めた初期価±50%の値から乱数でとり、生産限界合計は各リテイラーの生産量上限の合計値を示す。

価格均衡再現は複数の財が存在する需要一定の市場条件の下で価格均衡サブモデルによって価格が均衡状態に達することを確認するためのシミュレーションであるため、市場内のエージェントを少量に設定している。また、設備投資、原料購入、倒産は考慮に入れずにシミュレーションを行った。

表.3.2 価格均衡再現解析条件

	初期価格変更解析	初期生産量変更解析	生産上限変更解析
期数 T	500	700	500
消費者 C	10		
リテイラー R	3		
給与 W_f	一定（初期化で6000～2400）		
生産品種 i_{max}	3		
初期生産量 $q^{(0)}$	210	35～560	210
全エージェントの 生産限界合計	560	560	210～980
初期価格 $p^{(0)}$	150～1250	650	650

②サプライチェーン再現解析

サプライチェーン再現解析は価格均衡サブモデルに加えて原料生産者を機能させて、最終消費財の生産過程の意思決定が多層化した際の価格と生産量に与える最小サプライチェーン構造の影響について解析を行った。本条件下では消費者は企業から給与を受取る資金循環サブモデルを内包し、原料生産者の生産上限を4段階の条件で設定してシミュレーションを行った。ただし、銀行機能が存在しないため、消費者は貯蓄を行わず、所得を全て購買に利用する。

表.3.3 サプライチェーン再現解析条件

	基本条件	変更条件
期数 T	360	
消費者 C	100	
リテイラー R	20	
原料生産者 H	3	
消費者初期預金額 Ca_G	10000～50000	
生産者初期預金額 Ca_P	20000～80000	
消費者初期給与 W_f	4000～8000	
w生産限界値 Y_H	500	300,400,600

(2) 資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析

資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析はモデルにおいて、市場における供給量の長期的な調整と資金循環に及ぼす設備投資と借入行動の影響を解析する為、価格均衡，サプライチェーン，資金循環，生産能力拡大投資の4つのサブモデルが機能した条件でシミュレーションを行った。表3.4に示す様に返済期間を1期1か月で120期，つまり10年と想定して基本条件を設定し，返済期間を変更した条件と，返済期間を借入の度にエージェント毎に返済期間を乱数で発生させる条件の2種類の実験水準を設定した。

表3.4 資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析条件

パラメータ条件			シミュレーション中に変化する状態変数の初期値	
期数	T	360	設備製造の初期資産 Ca_E	200000~220000
設備生産者	E	1	銀行の初期資産 Ca_B	96000000 ~104000000
銀行数	B	1	原料財の初期価格 $p^{(0)}$	130~160
固定給与	W_f	7000~7500	消費財の初期価格 $p^{(0)}$	2850~3150
製品種数	i_{max}	12	消費者初期資金量 Ca_C	30000~50000
製品に対する効用数	i_{buy}	3 of 6	生産者初期資金量 Ca_P	80000~160000
効用の重み	w_e	0.3~1.1		
借入金利	r_0	3%		
預入金利	r_{int}	0.50%		
消費者数	C	100		
リテイラー数	R	20		
原料生産者数	W	3		
一回当たり設備投資価格	p_E	1000000		
ボーナス率	r_b	0.8~0.9		
貯蓄率	r_{ds}	0.1		
預金引出率	r_{wd}	0~1		

実験水準			
	基本条件	返済期間固定	乱数生成
借入返済期間 RT	固定で120期	・固定で60期 ・固定で180期	・正規分布で生成: 平均120, 分散 0/300/1200 ・完全乱数:60~180

(3) GDPに及ぼす諸要因の影響解析

GDPに及ぼす資金循環に関わる諸要因の影響解析は表3.5に示す様に資金循環の状態を変化させる諸要因を変更し，GDPに及ぼす影響を解析するため，返済期間，エージェント数，設備投資額，総資金量，及び可処分所得の4つの解析条件を設定した。

エージェント数解析条件はシステム内に存在するエージェントの数がマクロ経済挙動に及ぼす影響の解析を目的として，消費者と生産者の全体の数，消費者と生産者の比率に関するパラメータを変更し解析を行った。

一回当たり設備投資額解析条件は投資額がマクロ経済挙動に及ぼす影響の解析を目的として，設備投資一回当たりの投資額の変更し解析を行った。

総資金量解析条件はシステム内を流通する資金量がマクロ経済挙動に及ぼす影響の解析を目的として，システム内の初期の資金量となる各エージェントの初期資金パラメータを変更し解析を行った。

可処分所得影響解析条件は消費者の購買に利用する可処分所得がマクロ経済挙動に及ぼす影響の解析を目的として，可処分所得に関わる貯蓄率，預金引出率及びボーナス率のパラメータを変更し解析を行った。

各解析条件のパラメータを表3.5に示す。表3.5には各解析条件の変更要素についてのみ

を記すが、変更要素以外のパラメータは表 3.4 の基本パラメータの値を用いた。

表.3.5 GDP に及ぼす影響解析条件

	返済期間解析	エージェント数 解析	一回当たり設備 投資額解析	総資金量解析	可処分所得影響 解析
借入返済期間 RT	・ 固定: 60/120/180 ・ 正規分布: 平均120, 分散0/300/1200 ・ 完全乱数: 60~180	—			
消費者数 C	—	基本条件に対して 0.5/2/3/4/5倍	—		
リテラー数 R					
原料生産者数 W					
一回当たり設備投資価格 p_E	—		400, 600, 2000	—	
消費者初期資金量 Ca_C	—			基本条件に対して 2~5倍	—
生産者初期資金量 Ca_P				基本条件に対して 2~5倍	
ボーナス率 r_b	—				0.1~0.4/0.3~ 0.7/0.5~1
貯蓄率 r_{da}					0.1/0.5
預金引出率 r_{wd}					0~0.5/0~ 0.7/0.5~1

3.4 シミュレーション結果

3.4.1 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動の再現

(1) 価格均衡の再現

消費者、リテイラーのみが存在し、リテイラーが製品財を生産し、消費者が購買を行うモデルにおいて、初期価格変更解析の条件下における製品の平均価格及び、製品の供給量の時系列推移を図 3.3 に示す。図 3.3 に示すように初期価格の条件に関わらず価格と生産量は 400 期までに一定域に収斂し緩やかな価格の均衡を示している。これは消費者の所得、即ち需要が一定であるため、需要の範囲に合わせて各リテイラーエージェントが自己の在庫から自社製品の需要を判断し、価格と生産量の意味決定を繰り返すことにより、均衡状態が発生している。この傾向は図 3.4 に示す価格と生産量の 50 期平均に及ぼす時間経過の影響でも確認でき、価格の初期値に関わらず時間経過に伴って一定域に収まっている。また、同様の傾向は初期生産量の変更条件においても確認できる。このことからベースモデルにおける価格均衡サブモデルは所得一定の条件下において均衡状態を創発することができると考えられる。

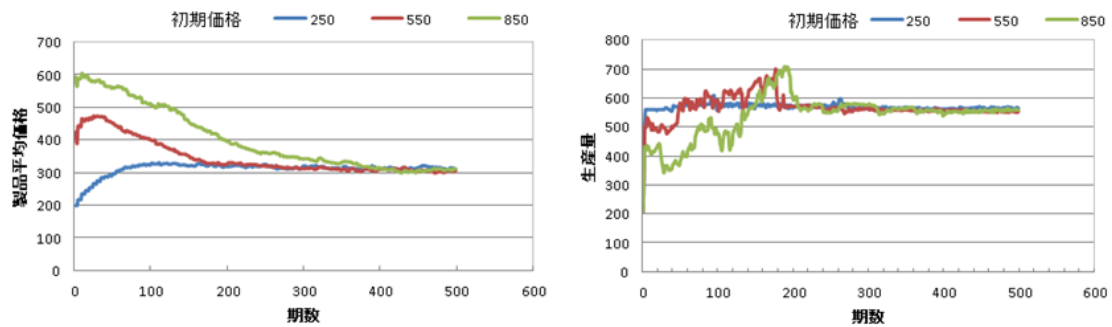


図3.3 初期価格変更解析条件における製品の市場平均価格(左), 及び生産量(右)の時系列推移

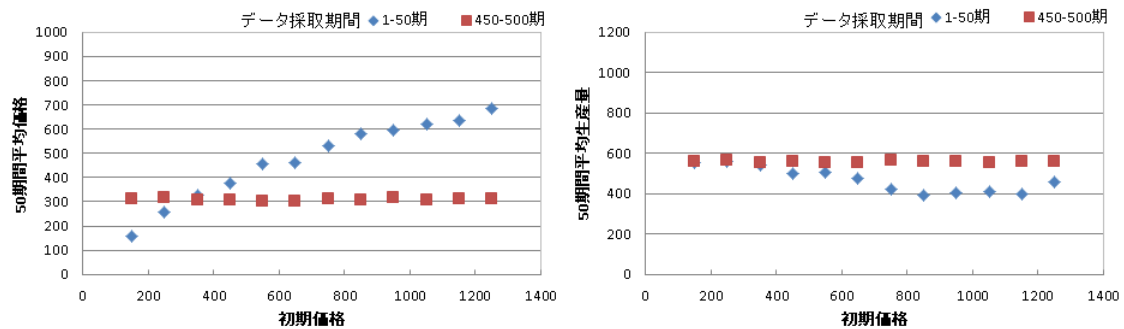


図3.4 初期価格変更解析条件における 50 期間の製品生産量 (左) と平均価格 (右) に及ぼす時間経過の影響

一方で, 生産量の上限を変更条件では図 3.5 に示すように上限値の違いによって価格と生産量の安定域が異なる. これは消費者の需要が一定であるのに対して, 供給能力が変更するためである.

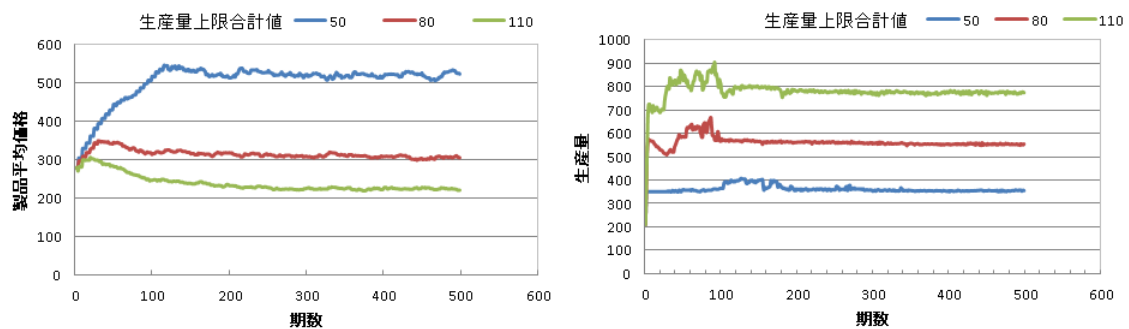


図3.5 生産量上限変更条件における製品の市場平均価格 (左) と生産量 (右) の時系列推移

以上のことから、本研究のベースモデルにおいて、需要側の最低価格指向購買行動と、供給側の在庫制御指向生産行動が価格の内生的な均衡を再現するために必要なモデル構造であることが分かった。

(2) サプライチェーンと資金循環の再現

価格均衡サブモデルに加えて、原料生産者を含むサプライチェーンサブモデルを追加したモデルにおいて、図 3.6, 3.7 に示すように消費財の市場平均価格及び生産量は 100 期前後で一定域に収斂する傾向が確認できる。また、原料生産者の生産量上限が高い条件では低い条件に比べて平均価格が低くなる傾向にあることが分かる。

これは原料財の不足によりリテイラーが生産することが可能な消費財に制限が生じ、最終消費財の需要に対して供給が不足する為、消費財の価格が上昇することによって発生している。この現象は消費者とリテイラーの相互作用によって創発する消費財の価格が、直接関係を持たないリテイラーと原料生産者の相互作用によって影響を受けていることを示している。

また、図 3.8 に示す様に原料生産者の生産量限界が低い条件ではリテイラーエージェントの倒産によってエージェント数が減少する傾向が表れている。この傾向も同様にリテイラーと原料生産者の間で起きる原料財不足を要因とし、消費者とリテイラーの間で起きる販売数量不足のための倒産が発生し、最終的に環境としてエージェント数に影響を及ぼしている。

以上のことから、本研究のベースモデルにおいて、最終製品と原料、及びそれぞれを生産するエージェントが存在し、最終製品の生産に原料を必要とする構造がサプライチェーンの影響を再現するために必要なモデル構造であることが分かった。

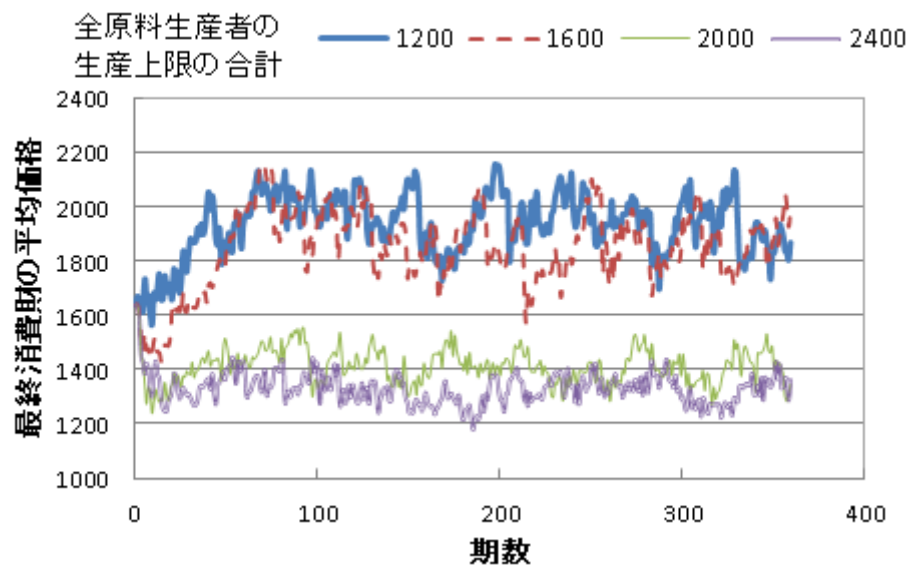


図3.6 サプライチェーンサブモデルにおける最終消費財価格の時系列推移に及ぼす原料生産者の生産量限界の影響

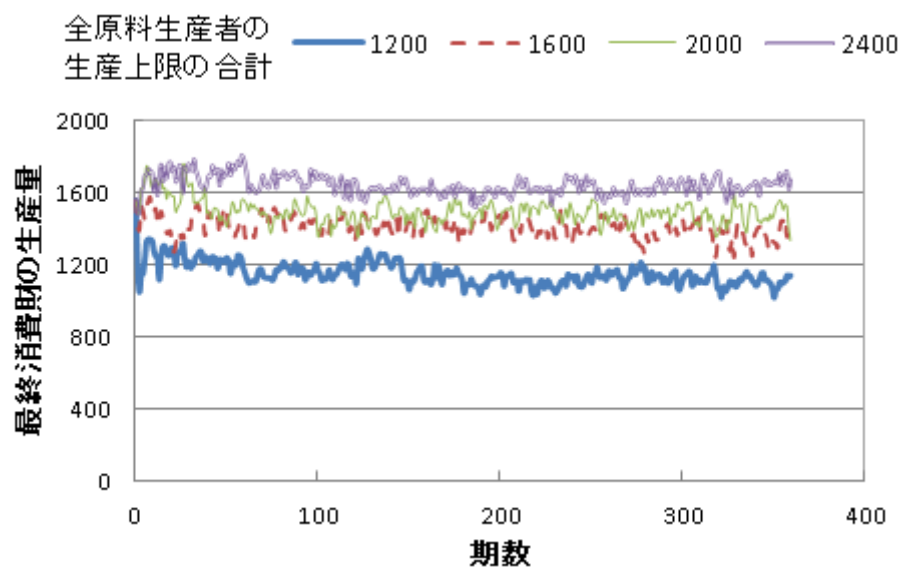


図3.7 サプライチェーンサブモデルにおける最終消費財価格の時系列推移に及ぼす原料生産者の生産量限界の影響

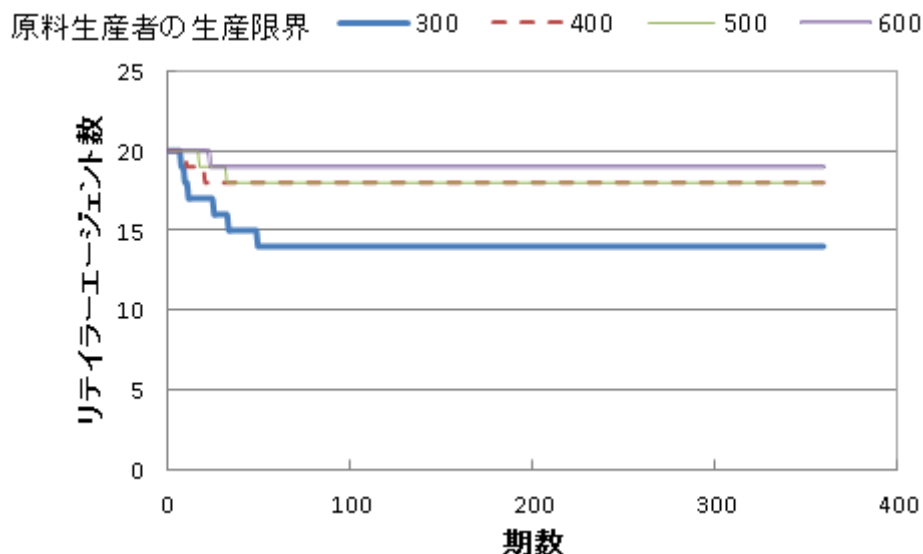


図3.8 サプライチェーンサブモデルにおけるリテイラー数の時系列推移に及ぼす原料生産者の生産量限界の影響

また、各条件の均衡域は価格均衡サブモデルのみの条件とは異なり、収斂している値域の振れ幅が大きい。これは資金循環サブモデルによるものであり、消費者の購買原資が期によって変化し、その変化によって需要に適応する生産者の支払う給与額が変化し、その変化が消費者の給与を変化させるために発生している。

また、この時、価格と生産量が一定域を保っているのはシステム内を流通する資金量が一定であるためである。システム内の流通資金量が一定であるためには消費者、生産者が共に資金を滞留させることなく消費財購買、給与支出、原料購買に保有する資金のすべてを使うために起きる。特定のエージェントが常に資金を累積し続ける構造が存在する場合、資金が滞留し、システム内の資金流通が破綻し、システムが機能しなくなる。

いじょうのことから、全てのエージェントが他のエージェントから支出された資金を基に支出を行い、資金を常に保有し続けることのない構造が市場内を資金が流通する現象を再現するために必要なモデル構造であることが分かった。

3.4.2 GDP及び資金循環に及ぼす設備投資と銀行借入の影響解析

価格均衡、サプライチェーン、資金循環及び生産能力拡大投資の4つのサブモデルが機能する条件下においてGDP及び資金循環に及ぼす投資と借入の影響を解析した。その結果、図3.9に示す様に市場の需要に応じて生産者が設備投資を行うことによって長期的に生産量が調整される影響を再現することができた。

また、生産者の設備投資行動に加えて、設備投資の際に銀行から資金調達を行った結果、GDPに周期的に上下に変動する傾向が現れることが分かった。この傾向は図3.10、及び3.11

に示す様に消費者需要，預金，貸出額，価格や製品量などのマクロ経済指標に現れている。

これらの結果は，市場内の資金循環に影響を与えている為に創発したものであり，変動の周期は返済期間として定めた 120 期と同期間で推移している。

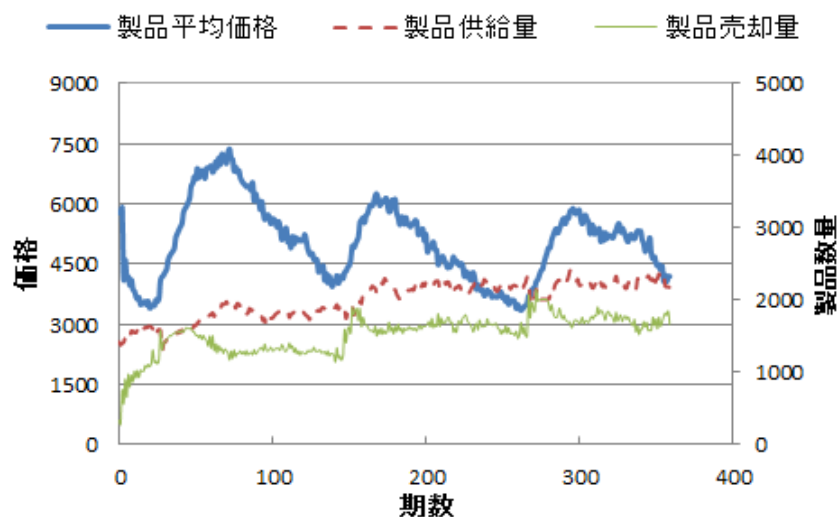


図3.9 資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析における基本条件下における製品平均価格，及び製品供給量，売却量の時系列推移

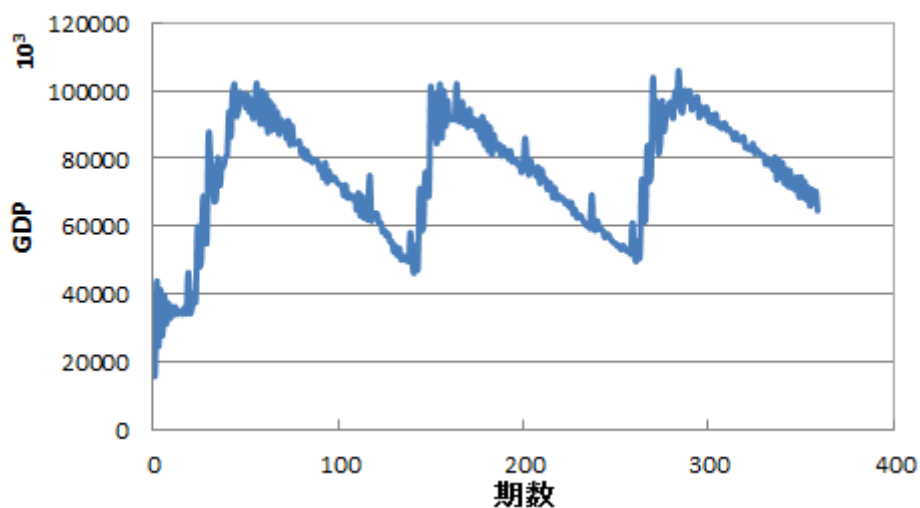


図3.10 資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析における基本条件下における GDP の時系列推移

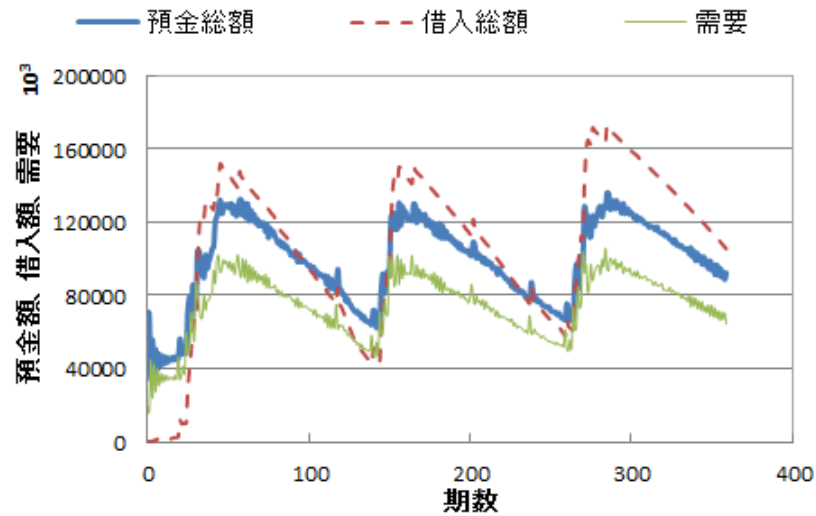


図3.11 資金循環に及ぼす設備投資と借入の影響解析における基本条件下における預金総額，借入金総額及び消費者需要総額の時系列推移

そこで，各生産者の長期借入の返済期間を均一に変更すると図 3.12 に示す様に，GDP の周期的な上下挙動の間隔は長期借入金の返済期間に従って変化する傾向にあることが分かる．また，図 3.13 に示す様にエージェント毎に返済期間を乱数で発生させる条件でシミュレーションを行った結果，GDP 挙動の上下運動は返済期間のランダム性が強くなるにつれて小さくなる傾向にあることが分かる．

これらの現象の要因については考察において述べる．

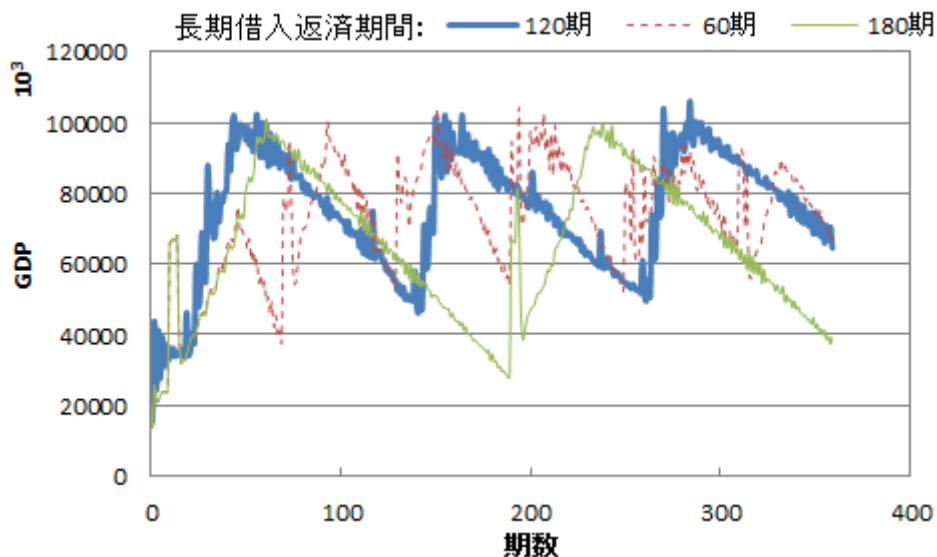


図3.12 GDP の時系列推移に及ぼす長期借入返済期間の影響

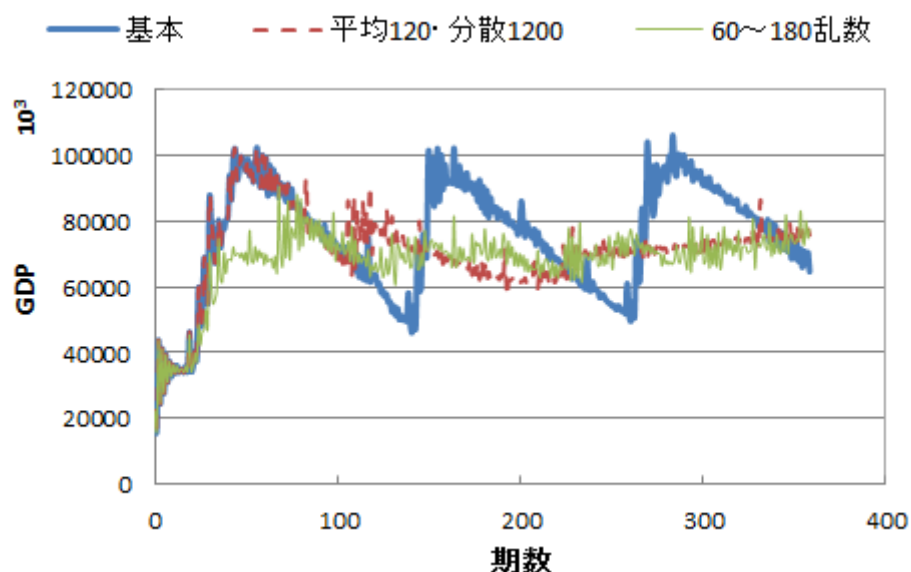


図3.13 GDPの時系列推移に及ぼす返済期間完全乱数の影響

3.4.3 GDPに及ぼす諸要因の影響解析

価格均衡，サプライチェーン，資金循環，生産能力拡大投資機能を満たした本モデルの製品財市場を中心とした基本的な経済挙動を再現できるモデルにおいて，GDP等のマクロ経済指標に周期的な変動が現れ，この挙動に市場の資金の循環が影響していると考えられる．そこで，GDPに及ぼす資金循環の変化要因について条件を変更しGDPの挙動に及ぼす諸要因の影響を解析した．

(1) エージェント数の影響

エージェント数がGDPに及ぼす影響を解析するために，エージェントの数及び構成エージェントの比率を変更してシミュレーションを行った．その結果，図3.14に示すようにGDPは全体のエージェント数，消費者のみ，生産者のみのいずれの条件においてもエージェント数の増加に比例して増加する傾向があることが分かった．

一方，一人当たりGDPは図3.15に示すように全エージェントを増加した条件が基本条件と大差のない一方で，生産者のみを増加した条件は基本条件と比較して高い水準で推移することがわかった．また，消費者のみを増加した条件では基本条件と比較して，低い水準で推移する傾向にあることが分かった．これらの現象はエージェント数を減少した条件においても，エージェントの数が減少するに従ってGDPの水準が低下し，同様の傾向が現れることを確認した．このことから，エージェント数とその構成はGDP推移の水準，及び一人当たりGDPに対して影響を与えることが分かった．

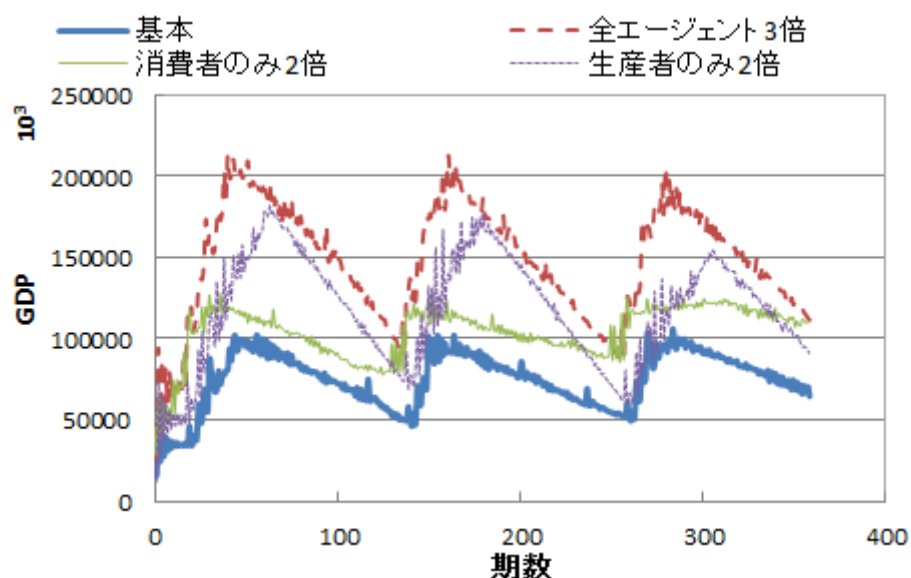


図3.14 GDPの時系列推移に及ぼすエージェント数の影響

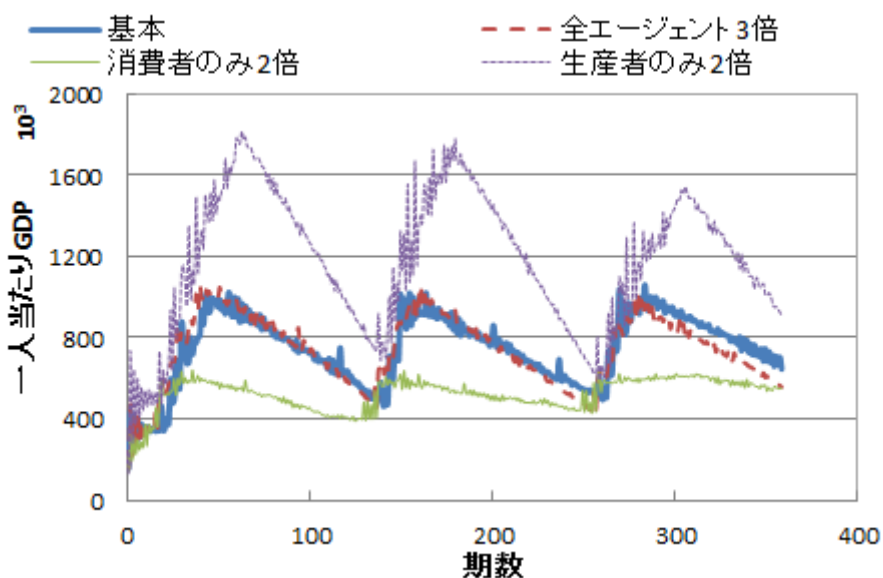


図3.15 一人当たり GDP の時系列推移に及ぼすエージェント数の影響

(2)一回当たり設備投資額の影響

本モデルにおける GDP は設備投資の返済額によって周期的に発生している為、設備投資によって起きる資金の流れが影響していると考えられる。そこで投資額が GDP に及ぼす影響を解析するために、1 回あたりの設備投資額を変更し解析を行った。その結果、図 3.16 に示す様に GDP 変動のピーク時一人当たり GDP の水準は一回当たり設備投資額の増加に伴って増加する傾向があることが分かった。一方、一回あたりの設備投資額が低い条件では、一人当たり GDP は基本条件よりも低く、GDP の上下の振幅が平坦な傾向を示した。これは一回あたりの設備投資額が低すぎる場合、市場全体の資金量に対する影響力が相対

的に低下するためである。以上のことから、一回当たり設備投資額は GDP，一人当たり GDP に対して影響を与えることが分かった。

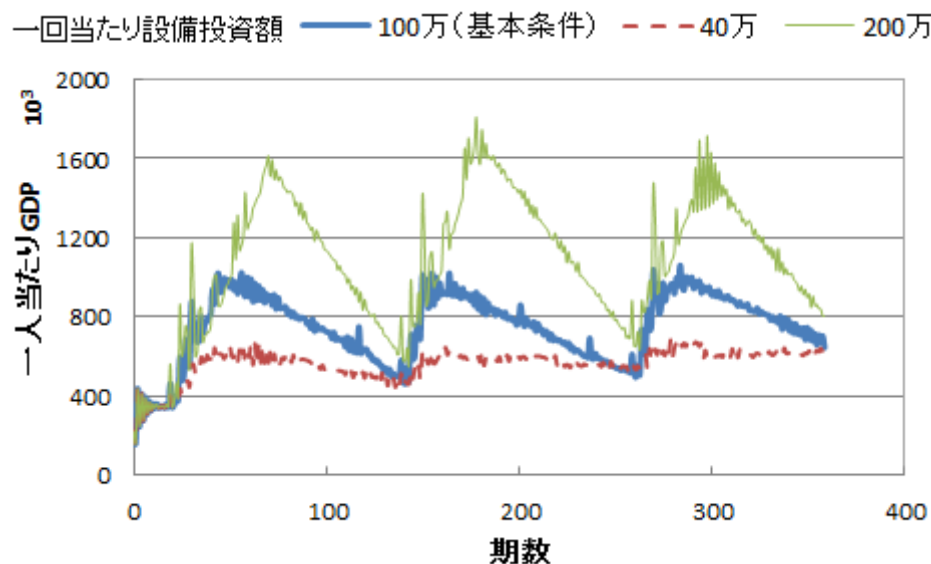


図3.16 GDP の時系列推移に及ぼす一回当たり設備投資額の影響

(3)初期資金量の影響

市場に存在する資金量が GDP に及ぼす影響を解析するために、市場内を流通する初期資金量であるエージェントの初期資金量を変更し解析を行った。

その結果、図 3.17 に示すようにシステム内の流通する資金量の増加に従って、GDP の水準が増加する傾向にあることが分かる。一方で、GDP の波形に関しては基本条件に対して変化がないことが分かる。

このことから、市場を流通する資金量は GDP 推移の水準に対して影響を与えることがわかった。

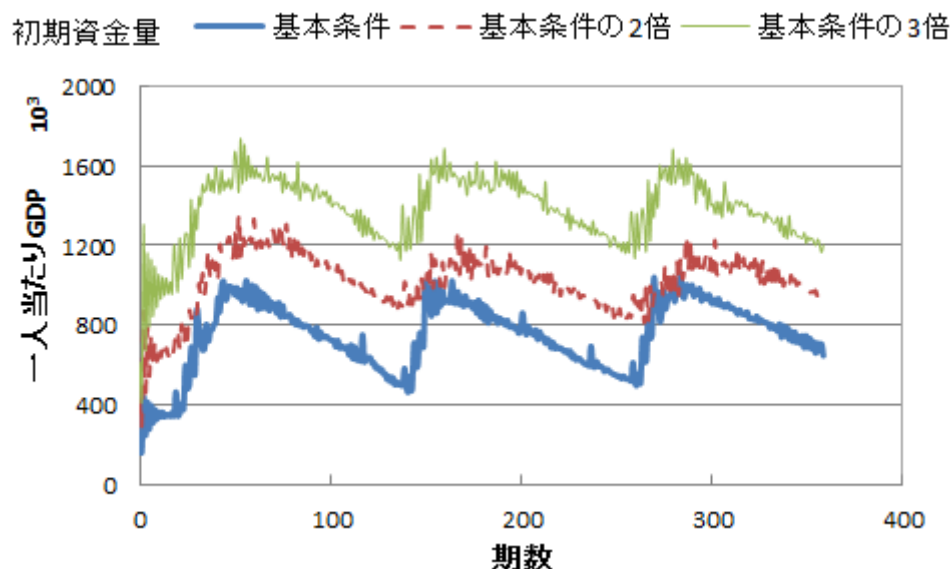


図3.17 GDPの時系列推移に及ぼす初期資金量の影響

(4)可処分所得の影響

消費者の製品購買に関わる可処分所得がGDPに及ぼす影響を解析するために、消費者の可処分所得に関わるボーナス率、貯蓄率及び預金引出率を変更し解析を行った。

その結果、図3.18に示すようにボーナス率の増加はGDPの水準を上昇させることが分かる。同様に、図3.19に示すように預金引出率の増加もGDPの水準を上昇させる一方で、預金率の上昇は図3.20に示すようにGDPの水準を低下させることがわかる。

これらの消費者の可処分所得を決定する係数は消費者の購買原資に影響を与える要因であり、購買原資の増大は需要を増大させ、GDPの水準を高める影響を持つことが分かった。

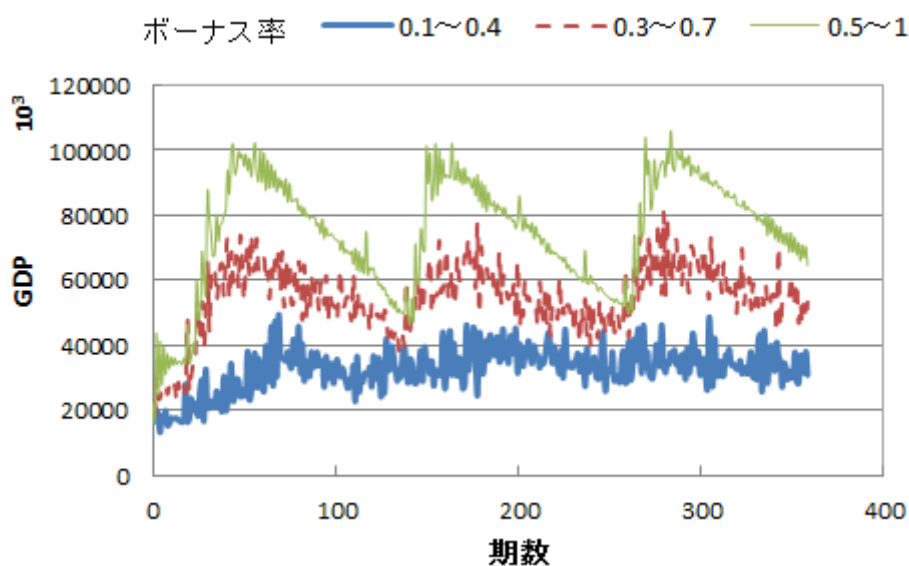


図3.18 GDPの時系列推移に及ぼすボーナス率の影響

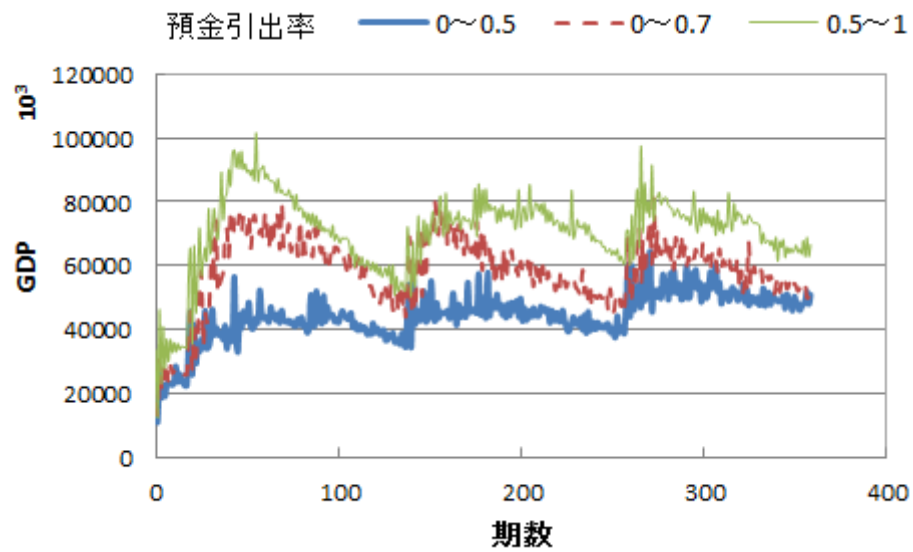


図3.19 GDPの時系列推移に及ぼす預金引出率の影響

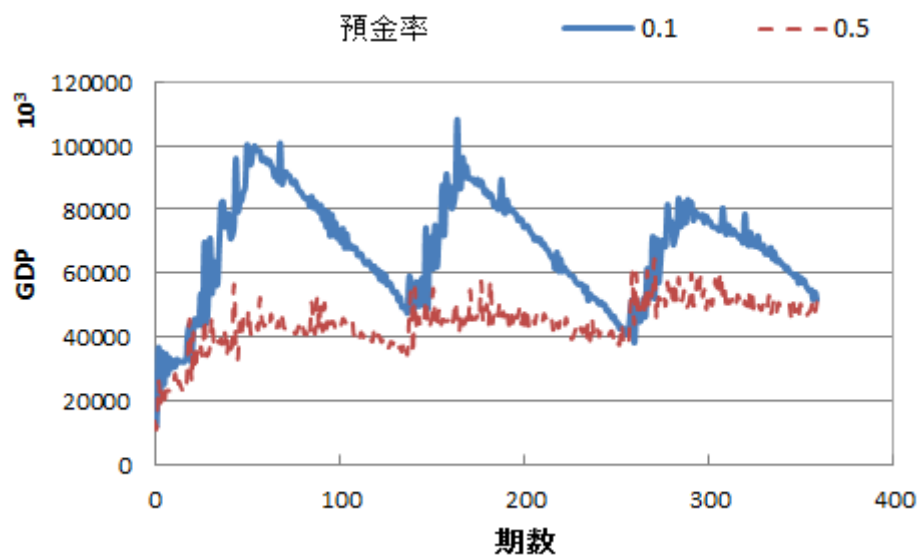


図3.20 GDPの時系列推移に及ぼす預金率の影響

3.5 考察

3.5.1 GDPに及ぼす設備投資と銀行借入のメカニズム

本モデルにおける GDP の上下挙動は 3.4.2 の結果から設備投資の返済期間に強く影響を受け、3.4.3 の結果から景気循環の振幅は市場内の資金循環量に影響を受けていることが分かった。

この GDP 等のマクロ現象の上下挙動の要因を解析した結果、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発生していることが分かった。

図 3.21 に示す様に GDP の上昇局面では、先行して行われた設備投資に続いて設備投資が群発的に行われている。この設備投資の群発現象は以下の一連の事象によって発生する。

1. 比較的市場から需要が多い状態、即ち、低下価格で製品を生産できる生産者の設備投資によって設備生産者の売上が増加する。
2. 図 3.22 に示す様に設備生産者に所属する労働者の所得が上昇し、需要が増加する。
3. 需要の増加に伴ってリテイラーの売上が増加し、リテイラーに所属労働者の所得が増加すると共に、多くの生産者が需要の増大を認知して設備投資の意思決定を行う。

この時、設備投資の為の資金は借入によって銀行から市場へ資金が流入している為、図 3.23 に示す様に市場内全体を流通する資金量は増加し、図 3.22 に示す様に消費者の需要が増加し続ける為、需要が増加する。その結果、GDP や製品価格は上昇することが分かった。

一方、GDP の下降局面では投資の一巡による投資需要の低下により、資金の借入を行う生産者に比べて借入返済を行う生産者が多くなり、結果的に資金が流出する。その結果、市場を流通する資金量が低下し、消費者の所得が低下する結果、GDP や製品価格は低下することが分かった。

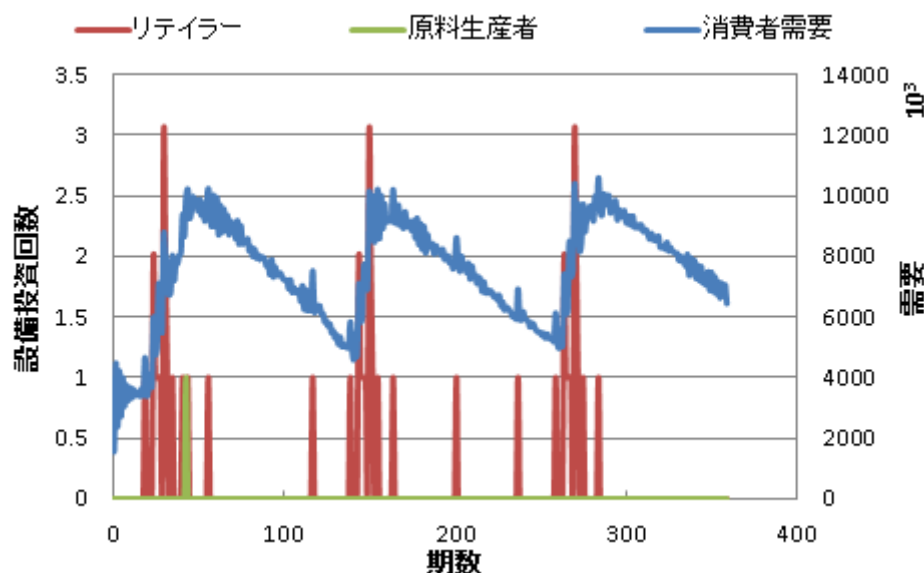


図3.21 表 3.4 の基本条件下における期当たり設備投資回数の推移

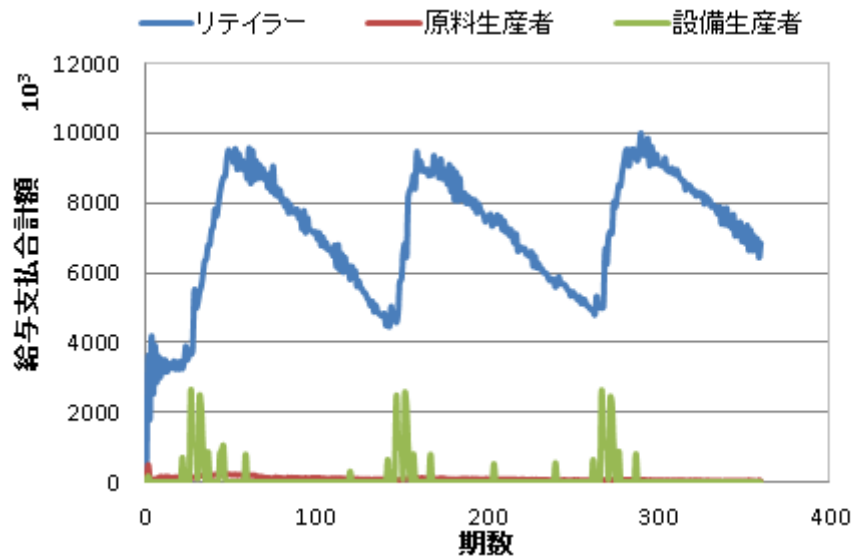


図3.22 表 3.4 の基本条件下における各生産者の支払給与総額の時系列推移

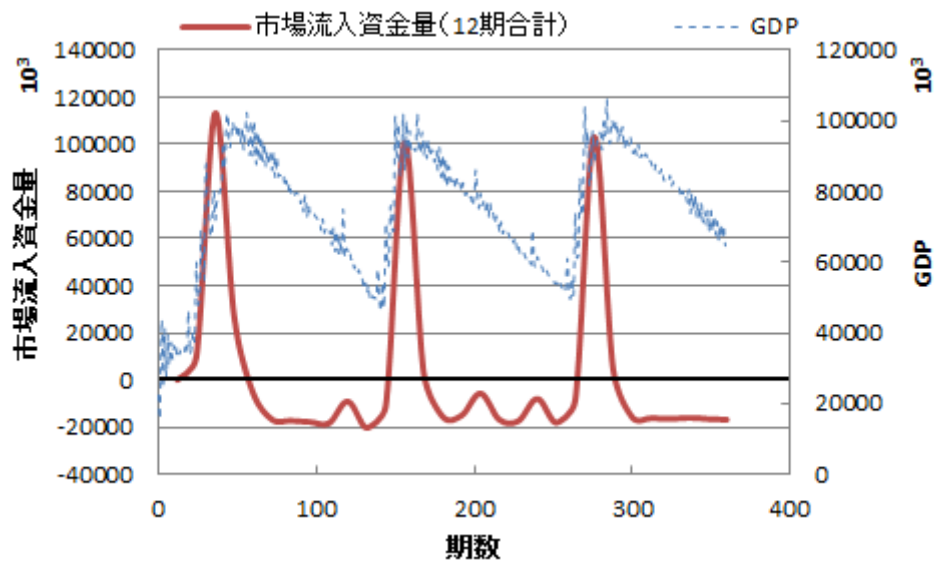


図3.23 銀行借入による市場資金流入量の推移

以上のことから本モデルにおける GDP の上下挙動に及ぼす投資と借入に起因する資金循環の影響のメカニズムをまとめると図 3.24 に示す様に設備投資に起因する銀行借入による資金流入による設備投資の群発と市場流通資金量の増加，及び借入返済による市場流通資金量の減少のサイクルによって発生していることが分かった。

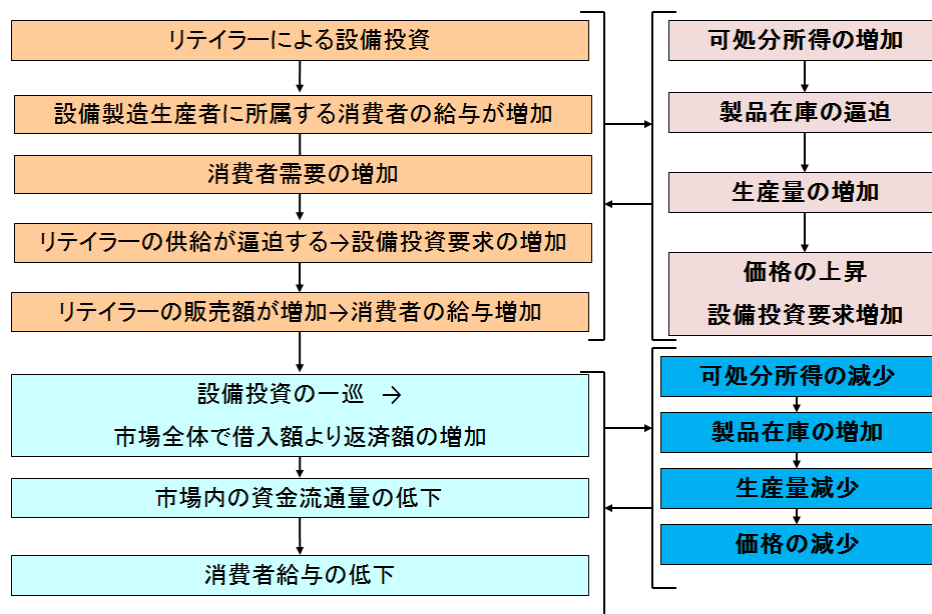


図3.24 本モデルにおける GDP の周期的変動のメカニズム

このサイクルを発生させる要因は価格均衡，資金循環，設備投資の各サブモデルの創発現象が相互作用した結果であり，設備投資に起因する市場への資金流入によって，設備投資の連鎖反応が起こり，市場に資金が流入し需要が増加する結果として GDP が増大する一方で，返済による資金流出によって GDP が縮小することによって発生している。

この現象で特に重要な点は銀行借入によって市場に流入する資金が増大し，増大に伴って投資が群発する現象を再現している点，及び返済によって市場を流通する資金量が減少し需要が低下している点にある。

現実のシステムにおいて，銀行からの借入は資本の増強などは別として，設備投資等の何らかの支出を目的として行われるため，銀行からの借入が設備投資等の支出によって市場内を流通する資金量を増加させることによる需要の増加を招いていると考えられる。

また，本研究において借入の返済期間を固定しており，借入の回数に制限を設けているが，現実システムにおいても同一の企業が毎年連続して大規模な設備投資を行う例は少なく，10年周期で設備投資の循環が発生しており[112]，その償還期間はある程度同期するものと考えられる。

従って，本研究において再現したマクロ指標の上下挙動を起こす設備投資に起因する設備投資の群発と市場内を流通する資金の増大減少は，景気循環挙動の一端を示すものであると考えられ，本研究のモデルは実システムの景気循環の要因の一つを再現できたと考えられる。

3.5.2 GDPに及ぼす諸要因の影響

3.4.3の結果から、本モデルにおけるGDPに及ぼす諸要因の影響解析の結果、以下の結果が得られた。全てのエージェント数を均一に増加した場合、GDPは比例して増加する一方で、消費者一人当たりのGDPはほぼ一定の傾向を示した。しかしながら、特定のエージェントの数を増加した場合、消費者一人当たりのGDPは大きく変化する傾向を示した。また、設備投資に必要な金額の増加条件、及び初期資金量増加条件はGDPと一人当たりGDPを増加させる傾向を示した。さらに消費者の可処分所得に影響を及ぼす各パラメータは可処分所得を増加させるにしたがってGDPを増加させる傾向を示した。以上の結果は、GDPが生産者数や投資金額のような投資のために必要とされる資金量の増加要因、また初期資金やボーナス率等の消費者の需要の増加要因に従って増加することを示している。

そこでこの影響を確認するため、シミュレーション結果におけるGDPの上下の挙動の最初のピークまでの消費者の購買原資及び生産者の借入金額を説明変数として重回帰分析を行った。

その結果、式3.1に示す様に回帰式が得られ、重相関係数Rは0.98であり、多変量回帰モデルは0.5%以下の危険で適用が可能である結果が得られた。回帰式によるGDPとシミュレーションによって計算されたGDPの関係を図3.25に示す。

$$y = -0.259 + 0.149x_1 + 0.669x_2 \quad (8)$$

y : 景気循環内の初回最大GDP($\times 10^6$)
 x_1 : 初回景気循環の最大GDP時までの投資額合計($\times 10^6$)
 x_2 : 初回景気循環の最大GDP時までの消費者購入原資合計の期数平均($\times 10^6$)

(3.1)

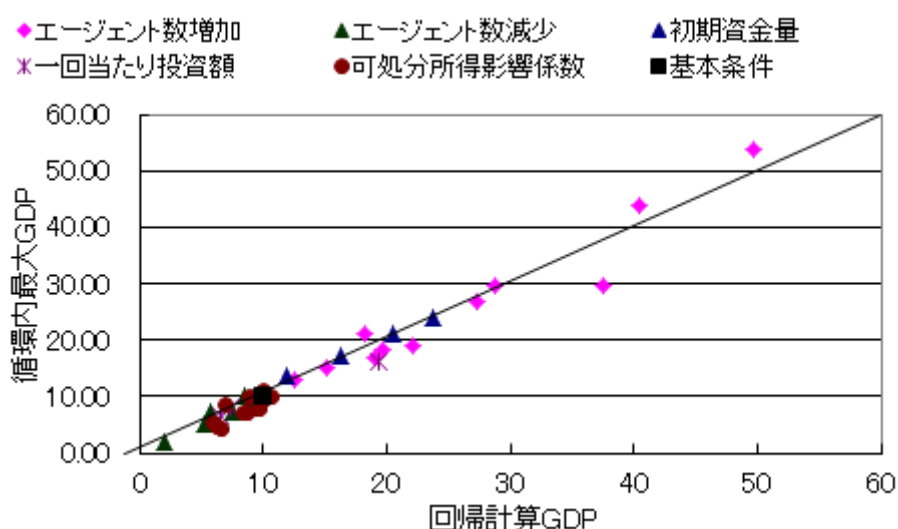


図3.25 シミュレーション結果と回帰モデルによるGDPの関係

このことから、銀行から設備投資のために貸し出された資金は、別のエージェントの売上高、または収入になっていることが重要であると考えられる。したがって、市場内において何らかの購入に利用することのできる資金と設備投資によって利用される資金の増加に伴って GDP は増加すると考えられる。

以上の結果から、本モデルにおける景気循環は、銀行からの貸出金が投資に利用され、その投資が別の企業の収入となり、収入が給与に流れるサイクルが重要であると考えられる。従って、GDP の増加が投資に使用される資金総額、購買に使用される資金量の 2 点に比例して影響を与えるこの挙動は妥当であると考えられる。

3.5.3 本モデルにおける複雑系の傾向

本モデルは消費者と生産者の行動ルールとその相互作用によって価格、生産量を内生的に創発する複雑系システムである。対象システムが複雑系システムであるという根拠の一つにべき乗則が挙げられる。

本モデルにおけるべき乗則を伴う分布はエージェント数の増加に従って明確に表れる。図 3.26 に示す様にエージェント数を 1000 に増やした条件において、消費者の資産分布が初期条件で一様分布を示しているが期を経るにつれてべき乗分布の傾向を示す。

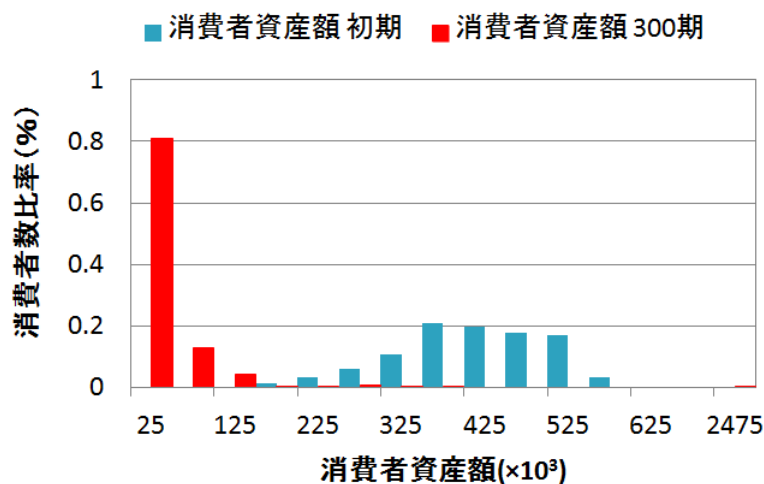


図3.26 消費者資産分布の変化

消費者資産額の分布を累積確率分布でとると図 3.27 に例を示すようにべき分布で表わされ、べき指数の計算値は 1.8 であり、実測値[113]の 2 とよく一致する結果が得られた。同様にリテイラーの売り売上高の累積確率分布も図 3.28 に示す様にべき分布の傾向を示している。

また、本モデルでは一物一価ではないため、同一期において売れた製品価格には最大値

と最小値が存在する．そこで両者の価格差の累積確率分布をとったところ，消費者資産と同様に図 3.29 に示す様にべき分布の傾向を示している．従って，本モデルが実システムと類似の自己組織化システムを再現したモデルである事を示している．

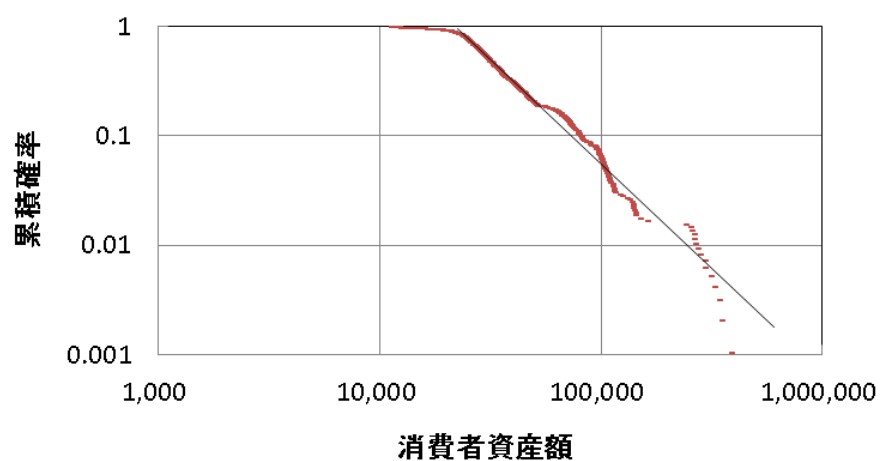


図3.27 300 期の消費者資産の累積確率分布

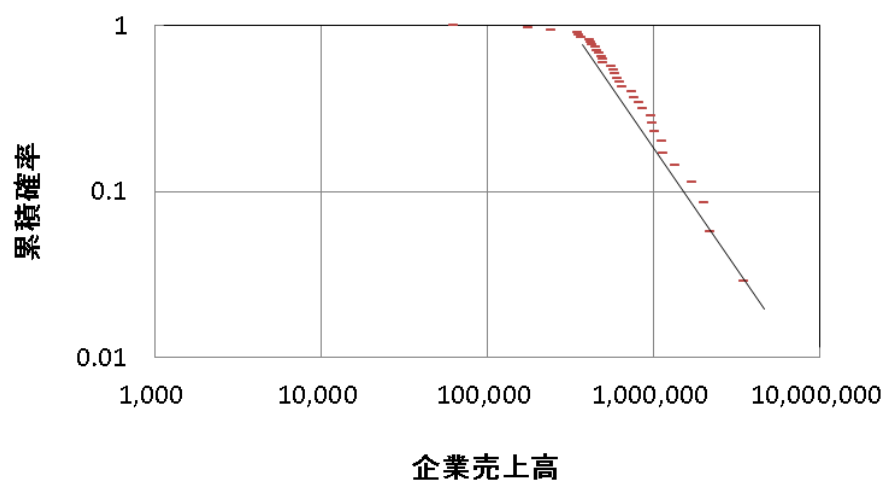


図3.28 300 期のリテイラーの売上高の累積確率分布

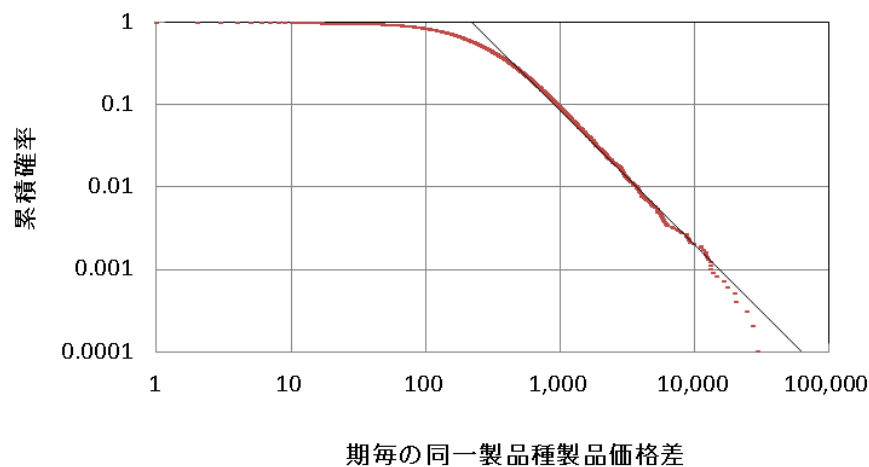


図3.29 期毎の同一製品種の市場内における価格差の累積確率分布

3.6 まとめ

本研究はエージェントベース人工経済のベースモデルの根幹となる製品財市場を中心とした基本的な経済挙動再現モデルの範囲において、基本的なマクロ現象の再現とその再現のためのモデル構造と条件、GDP と資金循環に及ぼす設備投資と銀行機能の影響、及び、GDP に及ぼす諸要因の影響について解析を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) ベースモデルにおける基本的なマクロ経済現象として、価格均衡、サプライチェーン、資金循環、供給量の長期的な調整のマクロ現象の再現と再現に必要なモデル条件について以下のことを明らかにした。

- ・価格の均衡

価格の均衡は市場に存在する財が主体の自律的な行動によって一定域に緩やかな均衡状態を創発させる。この時、価格の均衡現象を再現するモデル構造は、消費者と生産者が存在する製品財市場において、消費者が市場で認知可能な最低価格の消費財を購入する一方、生産者が在庫を認知して生産する製品の価格と生産量を決定する行動の相互作用によって再現できる。また、原料生産者、或いは設備生産者等の他の主体や行動ルールは価格均衡再現に必須の条件ではない。

- ・サプライチェーン

サプライチェーンは生産における上流過程の生産意思決定が、下流の最終製品の生産の意思決定に影響を与える。サプライチェーンの影響を再現するモデル条件は、価格の均衡現象の条件に加えて、財を生産する上で原料を必要とする財と原料財の生産者と購入者の構造を構成することによって再現できる。また、設備生産者等の他の主体や行動ルールはサプライチェーン再現に必須の条件ではない。

- ・資金循環現象

資金循環現象はあるエージェントの収入が別のエージェントの支出によって変化し、あるエージェントの支出の意思決定が自身を含めたすべてのエージェントの支出に影響を及ぼす。資金循環現象を再現するモデル条件は需要側である消費者の購買原資が供給側である生産者の賃金によって得られ、生産者の経費・賃金の原資が消費者の購買による売上によって得られることにより再現できる。ただし、消費者、生産者共に貯蓄を行う場合、何らかの手段で貯蓄を市場に還元しない場合、特定のエージェントに資金が偏在する結果、市場の資金循環が滞り、システムが破綻する。また、資金循環現象を再現するためには消費者とリテイラーの給与と支出の関係のみで再現することができ、他のエージェントと行動は資金循環再現に必須の条件ではない。

- ・生産能力の長期的調整

生産能力の長期的調整は生産者の生産能力が市場の需要に応じて長期的に調整される。この時、生産能力の長期的調整を再現するモデル条件は、価格均衡、サプライチェーン、資金循環サブモデルに加えて、リテイラー、原料生産者の設備投資行動と、設備を生産する設備生産者、及び資金調達機能を保有する銀行機能によって再現できる。

- 2) 設備投資と銀行借入は市場に流通する資金量を増加させることによってGDP等のマクロ経済指標が周期的に変動させることが分かった。この周期的な変動における上昇局面は生産者の設備投資による銀行借入が市場を流通する資金量を増加させることにより、経済状況の好転が需要を増加させ、結果的に投資需要が集中し、市場の資金流通量が増加することによって発生している。一方、下降局面は投資の一巡によって各生産者が借入金を集中的に返済することによって市場の流通資金量が減少し、需要が低下することによって発生している。このことは、実システムにおける景気循環挙動の一端を示すものであると考えられ、実システムにおける景気循環要因の一つとして、設備投資に起因する銀行借入と返済の資金の流入出が重要な要因であることを示すものであると考えられる。

第4章 GDPに及ぼす減税の影響解析

4.1 はじめに

本章では本研究において開発したベースモデルにおける政策検討のための基礎部分として、製品財市場と政府の徴税・支出機能の関連の範囲について、基本挙動となるマクロ現象の再現と再現の為のモデル条件を明らかにすると共に、マクロ現象創発のためのメカニズム解析の結果について示す。

ABM を現実システムに適用できる可能性のある領域の一つとして、減税、公共支出、及び量的緩和の様な政府政策の挙動の明確化が挙げられる。ABM による政府の機能、あるいは政策の評価等の研究には税率の影響、規制、政府の政策、金融政策などが報告されている。

税率の影響では宝くじ市場に及ぼす需要と供給にラフファー効果が表れるかを検討した Chen らの研究[76]や、トビン税によって株式市場を安定化する条件を検討した Westerhoff らの研究[78]、Mannaro らの研究[77]などがある。しかし、これらは金融市場とその派生となる宝くじ市場を対象としており、実物市場は考慮されていない。

一方、政府の支出政策の影響を検討した研究には、現実のドイツの農家構造を対象とし、農業政策として補助金を農家に与える影響が農家の構造によって異なる影響を与えることを明らかにした Happe らの研究[79]や、労働市場への支出の分配による影響を解析した Dawid らの研究[94]がある。また、政府の補助金について失業補償を厚く交付するよりも研究開発投資に交付する方が経済に好影響を与えるとした Russo らの研究[96]がある。しかしながら、これらの研究は特定の要因の支出について考慮をしており、需要主体としての政府支出の効率性を考慮していない。

また、規制を考慮した研究には過去に実際に起こったコンピュータ業界の歴史を基に、調達、反トラスト、公開標準、基礎研究支援等の政策が業界の発展に及ぼす影響を解析した Melerba らの研究[80, 81]などがあるが、需要や価格、或いは技術進化などに所与の規則があり、資金が循環する市場構造を保有していない。

最後に、金融政策の影響を考慮した研究には、中央銀行を主とした金利による政策効果の影響を解析した Cincotti らの研究[95]や、企業の参入と退出に関わる銀行の機能を考慮した Ashraf らの研究[114]などがある。これらの研究は公共政策の対象として金利を用いており、政府の支出としての機能を考慮していない。

また、製品財を中心とした取引の先行研究同様にこれらの研究は対象とするモデルの創発現象、及び対象とするモデルの創発現象以外にモデル構築の前提となっている創発現象について十分公知となっていない。

そこで本研究のモデルにおける、製品財市場を中心とした基本的な経済部分と政府機能

の相互作用について、政府の支出の効率度に着目して政府の支出と徴税が GDP 等のマクロ経済指標に及ぼす影響を確認すると共に、所得税、法人税の減税が GDP に及ぼす乗数の影響を再現し、そのモデル条件の解明を行った。また、シミュレーション結果から、森島の経済連関表[29]をベースに本モデルの構造改良した経済連関表を用いて減税に及ぼす乗数の式を導出しメカニズムを解析した。

4.2 研究目的

本章は以下のことを目的とする。

- ・ GDP に及ぼす政府の徴税・支出が及ぼす以下のマクロ現象再現の為のモデル条件の解明
 - －所得税減税の乗数効果の再現
 - －法人税減税の乗数効果の再現
- ・ GDP に及ぼす減税のメカニズムの解明
 - －価格一定の均衡モデルによる減税乗数式の導出とシミュレーション結果の対比
 - －上記に基づく減税による GDP 増加メカニズムの解明

4.3 研究方法

4.3.1 モデルの適用範囲

本章は製品財市場と政府機能のモデルの範囲において、本研究のベースモデルが、減税が GDP に及ぼす影響の解析に適用可能であることを確認する。したがって、本章では図 4.1 に示す様にベースモデルの範囲において、消費者、生産者、銀行、政府の各主体と製品財市場を内包するモデルの部分機能によるシミュレーションを行う。

そのため、本章では株式市場は考慮せず、株式市場に関わるサブモデルを内包しない構成でシミュレーションを行う。以下に本章で機能させる、主体及び内包するサブモデルの一覧を示す。

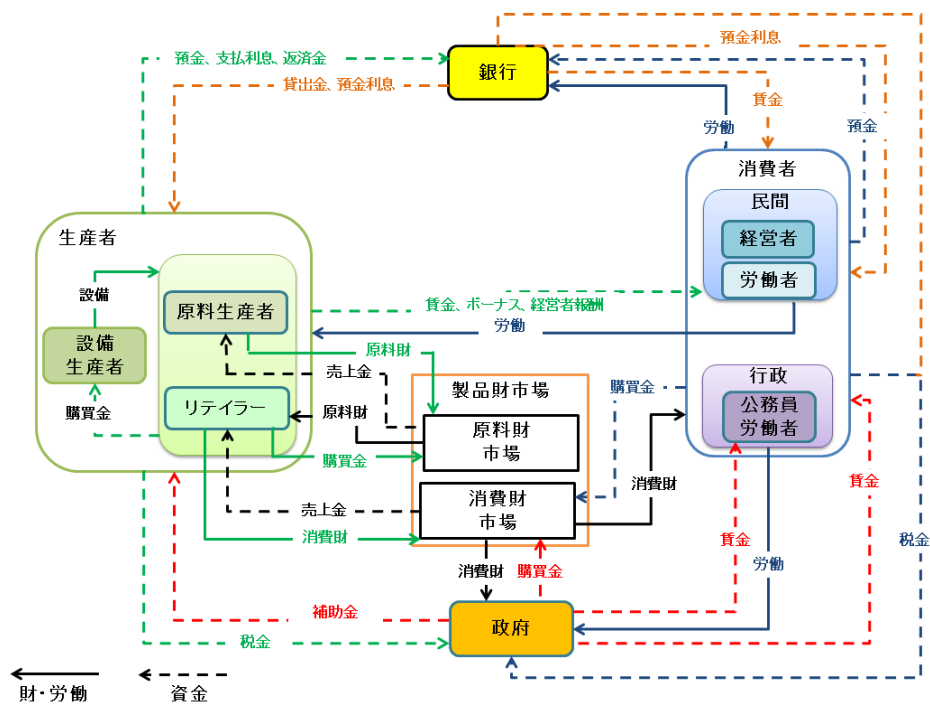


図4.1 製品財市場と政府要素の関連におけるモデルのエージェントと市場

主体

- ・消費者
- ・リテイラー
- ・原料生産者
- ・設備生産者
- ・銀行
- ・政府

サブモデル

- ・価格均衡サブモデル
- ・資金循環サブモデル
- ・サプライチェーンサブモデル
- ・生産能力拡大投資サブモデル
- ・政府の徴税・支出サブモデル

4.3.2 シーケンスステップ

本章は以下のシーケンスによってシミュレーションを行う。

1. 消費者及び企業はそれぞれ政府に対して前期の所得，利益に基づいて所得税，法人税を納税する。
2. 消費者は消費予算計画を行う。また，政府は納税額から今期の予算を確定し，公務員労働者の給与，失業補償，市場購買予算，及び企業補助予算を決定する。
3. 原料生産者は価格と生産量を意思決定し，複数種類の原料財を生産し，原料財市場に供給する。
4. リテイラーは価格と生産量を意思決定し，原料財市場において原料を購入し，複数種類の消費財を生産し，消費財市場に製品を供給する。この時，原料を購入する資金が不足する場合は銀行から短期借入を行う。
5. 消費者は予算を制約条件として，自身の効用を最大化する消費財を消費財市場において購買する。また，政府は市場購買予算を予算制約として消費財市場において最も安い価格の製品から順に購買を行う。
6. 各企業は借入金の返済を行う。この時，長期借入金及び金利の返済を優先し，不足する場合は短期借入金に振り替える。
7. 各企業は雇用している労働者(消費者)に固定給与及び前期に確定したボーナス額を支払う。この時固定給与額が不足している場合，銀行から短期借入を行う。また，政府は期首の予算計画に従って公務員労働者に給与を支払い，失業者に失業補償を支払う。
8. リテイラー及び原料生産者は生産量と在庫を尺度として市場の需要を認知し，必要に応じて設備製造者から設備を購入し生産設備の投資を行うか，労働市場から人員を雇用する。
9. 政府は各生産者に補助金を支払う。
10. 各エージェントは会計決算を行い，所得に応じて所得税，或いは利益に応じて法人税とボーナス額を計算する。
11. リテイラーは過去から現在までの損益に応じて必要があれば労働者を解雇する。また，前期までの販売量を尺度として生産停止を意思決定し，生産可能な全ての製品種の生産を停止した場合，当該リテイラーは倒産する。

図4.2 製品財市場と政府要素の関連におけるシーケンスステップ

4.3.3 政府の徴税と支出について

政府の活動は公共的な需要を充足する役割を担い，そのために資金を調達しなければならず，それは主として税金という形で家計や企業から徴収される[115]。従って，本研究では政府機能を構成する基礎部分として徴税と支出の機能を単純な行動によって仮定し，内包する。

徴税は個人への所得税，及び法人への法人税を対象にする。所得税は各消費者に每期，所得に対して一定の割合で税金を課し，所得に関係なく定率で賦課する。一方，法人税は各企業に每期，利益に対して一定の割合で税金を課し，利益のない企業からは賦課しない。

また，支出に関して，本研究では労働者への給与と 3 つの単純な公共支出の支出のみを仮定している。

ここで本研究において，公共支出の機能は道路建設の様に他の要素の生産性を向上させる公共財投資による経済の波及効果を考慮せず，経済システムに対する資金の支出による所得の移転にのみに限定する。従って，本研究における政府の支出は市場における需要と資金循環，及びそれらに関するエージェントの意思決定にのみ影響を及ぼす。

一方，本研究ではこの政府支出について支出に限った効率度を考慮する。この政府支出の効率度の概念は，政府が企業に公共投資等の発注を行う場合に市場価格より高い金額で

発注する場合を想定している。行政による企業の発注は民間企業の発注の様に最低価格指向とはなりにくく、特に随意契約においてその傾向が著しく、これらの影響を総合的に考慮して本研究では政府支出の非効率度としてモデル化した。

政府の公共支出は失業補償、市場購買、及び企業補助の3つの行動に仮定する。

失業補償はシステム内に失業者が居た場合に給付金を支払う行動であり、他の支出に対して優先的に行われる。一方、市場購買と企業補助は毎期の政府予算から労働者への給与と失業補償を差し引いた残りの資金を用いて行う支出であり、本研究において狭義の公共支出である。

市場購買はモデルにおいて政府が製品財市場で直接、市場価格で製品を購入する行動であり、政府の公共事業等の市場に対する支出において、完全競争入札が機能している状態の様に財の市場価格に対して適正価格を支払う、政府支出の効率的な極端な例として仮定した。一方、企業補助はモデルにおいて企業に対して使途制約を設けずに補助金を均等に配布する行動であり、政府の公共事業等の市場に対する支出において、随意契約や談合等の要因によって、財或いは労働の市場価格に対して過大に対価を支払う政府支出の非効率的な極端な例として仮定した。

市場購買と企業補助は、例えば X の市場価格の製品を完全競争入札が働かない等の理由から $X + \alpha$ で購買すると仮定した時、購買した企業に本来の市場価格 X に加えて α 分の補助金を支払ったことに相当すると考えられる。そこで、本研究は政府の支出に限って考慮した際に、この企業補助を非効率度として仮定する。

本研究ではこの両支出の割合をパラメータとして与える。従って、例えば市場購買が 80%、企業補助が 20%である時、政府の支出は得られた価値に対して何らかの余剰な代金を 20% 支出していることを表す。従って、市場購買 100%の時、政府支出の効率度は 100%であり、市場購買率 80%で企業補助 20%の時政府支出の効率度は 80%、或いは非効率度は 20%であると表現する。

4.3.4 経済連関表による減税乗数の導出

本研究ではシミュレーションから得られた結果から減税が GDP に及ぼすメカニズムを明らかにするために減税の乗数式を導出し比較を行う。減税の乗数式は森島の無資源国の経済学の経済連関表を本モデルが対象とするモデル構造に改良し、減税乗数を表す式の導出する。

「無資源国の経済学」における経済連関表は、経済システムにおける主体間の資金の遷移を表現する連関表であり、個人消費者を労働者、企業者、金利生活者の3階級に分類し、法人を、私企業、政府、市中銀行、中央銀行、為替安定基金の5種類に分類している。また産業を消費財産業と資本財産業に分類し、産業は製造業のみであり、それらの原料は全量海外から輸入して成り立つ無資源国を想定して、表 4.1 に示す様に経済連関表を提案して

いる。

表 4.1 は各財の需要が相互にどのように関係するかを示しており、縦列は部門、横行は財を表し、プラスは支出項目、マイナスは収入項目を表す。

表.4.1 森島の経済連関表

	(1) 消費財 産業	(2) 資本財 産業	(3) 労働者 w	(4) 企業者 e	(5) 金利生活者 r	(6) 企業投資部門 i	(7) 外国貿易 f	(8) 政府 g	(9) 市中銀行 b	(10) 中央銀行 c	(11) 為替安定基金 s
(1) 消費財	$-p_1X_1$	.	$p_1D_1^w$	$p_1D_1^e$	$p_1D_1^r$	.	p_1E_1	p_1G_1	.	.	.
(2) 資本財	.	$-p_2X_2$	.	.	.	p_2I_2	p_2E_2	p_2G_2	.	.	.
(3) 賃金	$w a_{21}X_1$	$w a_{22}X_2$	$-W$	.	.	.	.	wN^g	wN^b	.	.
(4) 減価償却	$p_4 a_{41}X_1$	$p_4 a_{42}X_2$	.	.	.	$-H$	.	.	.	.	.
(5) 輸入	$r p_3^* a_{31}X_1$	$r p_3^* a_{32}X_2$	.	.	.	.	$-r p_3^* F$	.	.	.	.
(6) 税金	$t_1(1+m)c_1X_1$	$t_2(1+m)c_2X_2$	$t_w W$	$t_e a \Pi$	$t_r(\bar{\lambda}^r + r \bar{B}_s^r)$	.	.	$-T$	.	.	.
(7) 利潤	$m c_1X_1$	$m c_2X_2$	.	$-a \Pi$	.	$a \Pi - \Pi$	.	.	.	.	.
(8) 利子	.	.	.	.	$-\bar{\lambda}^r$	$-\bar{B}^i$	$-\bar{B}^f$	$-\bar{B}^g$	$-\bar{\lambda}^b$	$-\bar{\lambda}^c$	.
(9) 債券	.	.	.	.	$p_3 \delta B^r$	$p_3 \delta B^i$	$p_3 \delta B^f$	$p_3 \delta B^g$	$p_3 \delta B^b$	$p_3 \delta B^c$	.
(10) 定期預金	.	.	.	.	δQ^r	.	.	.	δQ^b	δQ^c	.
(11) 外国為替	.	.	.	$r(p_3^* \delta B_s^r - \bar{B}_s^r)$	.	$r(D_4^f - S_4^f)$	.	.	.	$r D_4^s$	.
(12) 貨幣	.	.	$L^w - \bar{M}^w$	$L^e - \bar{M}^e$	$L^r - \bar{M}^r$	$L^i - \bar{M}^i$	.	.	$L^b - \bar{M}^b$	$-\delta M^c$	$-\delta M^s$

表 4.1 の第 1 列、第 2 列は生産部門の売上と支出のバランスを示しており、その総和は 0 である。その他の部門の縦列は予算方程式を表しており、その総和は 0 を想定して各項目の変数が仮定されている。横行については、①生産は伸縮的であり価格は一定のもとで需要と供給がバランスしている、②貨幣市場は均衡している、③株式市場は無視し債権の受給は均衡している、④外国為替レートは外国為替の受給が均衡するように決まっている、等（詳細は[29]参照）の仮定をおけば、その総和は 0 である。

森嶋は上記の仮定を置いて、企業の投資乗数や政府の財政支出の乗数などを求める式を導き、減税や増税と政府の財政支出の影響を分析している。

しかし、表 4.1 の枠組みでは以下の問題がある。

- 1) 企業は企業者と企業投資部門に分けられ、企業者が企業利益から報酬をもらい法人税を支払う主体となっている。
- 2) 政府による消費財及び資本財の支出は完全な市場価格で取引されることが仮定されており、本研究のシミュレーションモデルで仮定した政府支出の非効率性の影響が考慮されていない。

そこで、本研究では、表 4.1 の中の企業者を、所得税を支払う経営者と、法人税を支払う企業管理部門に分割し、更に、政府支出を、市場価格での財の取引に使われる効率的支出と企業管理部門に補助金として支払われる非効率的支出に分割し、表 4.1 の改良版として、

表 4.2 を作成し、表 4.2 に基づいて、企業及び政府による消費財および資本財投資の投資乗数、所得税および法人税減税の乗数等を導出した。本研究ではこれらの内、シミュレーション条件に対応したケースとして、財政均衡条件下で、かつ政府支出の購入対象財を消費財に限定した条件下で、所得税減税および法人税減税の乗数式を導出し、シミュレーションの結果と比較した。

なお、表 4.2 において、 η は政府支出の非効率度を、G1 は政府による消費財支出の総額、G2 は政府による資本財支出の総額を表している。また、本研究では表 4.2 における海外取引、金利生活者、債権、定期預金、外国為替は無視した。また、表 4.2 の拡大表を Appendix に示す。

表.4.2 本研究のモデル構造を検討できるように改良した経済連関表

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	消費財 支出	資本財 支出	消費財 生産	消費財 生産	資本財 生産	消費財 生産	消費財 生産	消費財 生産	消費財 生産	消費財 生産	消費財 生産	消費財 生産
1 消費財	$-p_1 X_1$		$p_1 D_1^w$	$p_1 D_1^e$	$p_1 D_1^r$			$p_1 B_1$	$(1-\eta)G_1$			
2 資本財		$-p_2 X_2$					$p_2 I_2$	$p_2 B_2$	$(1-\eta)G_2$			
3 賃金	$wa_{31}X_1$	$wa_{32}X_2$	$-W$						wN^e	wN^b		
4 減価償却	$p_4 a_{41}X_1$	$p_4 a_{42}X_2$					$-H$					
5 輸入	$rp_{51}X_1$	$rp_{52}X_2$						$-p_5 F$				
6 税金	$t_1(1+m)X_1$	$t_2(1+m)X_2$	$t_w W$	$t_e \alpha(1-t_w)\Pi$	$t_r(\bar{A}+\gamma\bar{B})$	$t_n \Pi$			$-T$			
7 利益	$mc_1 X_1$	$mc_2 X_2$		$-\alpha(1-t_w)\Pi$		$\alpha(1-t_r)\Pi+\gamma-\Pi$	$-\gamma$		$\eta(G_1+G_2)$			
8 利息					$-\bar{A}^r$		$-\bar{B}^i$	$-\bar{B}^f$	$-\bar{B}^s$	$-\bar{A}^b$	$-\bar{A}^c$	
9 債券					$p_b \delta B^r$		$p_b \delta B^i$	$p_b \delta B^f$	$p_b \delta B^s$	$p_b \delta B^b$	$p_b \delta B^c$	
10 定期預金					δQ^r					δQ^b	δQ^c	
11 外国為替					$r(p_b \delta B^i - B^b)$			$r(D_s^f - S_s^f)$				rD_s^s
12 資金			$L^w - \bar{M}^w$	$L^e - \bar{M}^e$	$L^r - \bar{M}^r$	$L^n - \bar{M}^n$	$L^i - \bar{M}^i$			$L^b - \bar{M}^b$	$-\delta M^c$	$-\delta M^s$

4.3.5 シミュレーション条件

本研究は政府支出の影響を解析するために GDP と政府の徴税・支出の係数に及ぼす税率の影響解析、GDP と政府の徴税・支出の係数に及ぼす法人行動ルールの影響解析、及び GDP と税率に及ぼす政府支出と民間支出の影響解析の 3 つの実験を行った。実験に当って共通するパラメータを表 4.3 に示す。また、各行動ルールの際に乱数を用いる場合は一様乱数によって値を生成し、消費者の購買、生産者の生産等の各エージェント種別の行動は每期乱数で行動順番を決定する。

表.4.3 製品財市場と政府要素の関連における実験で共通するパラメータ

固定パラメータ

期数	T	360
設備製造	E	1
銀行	B	1
固定給与	W_f	7000~7500
製品種数	i_{max}	12
製品に対する効用数	i_{buy}	3 of 6
効用の重み	w_e	0.3~1.1(at random)
預金引出率	r_{wd}	0~0.5
借入金利	r_b	3%
預入金利	r_{int}	0.50%
返済期間	RT	120
一回当たり設備投資価格	P_E	500000
設備投資フラグ閾値	FT_{inv}	10
生産停止フラグ閾値	FT_s	20
解雇フラグ閾値	FT_d	5

シミュレーション中に変化する状態変数の初期値

消費者の初期資産	Ca_C	30000~50000
リテイラー、原料生産者の初期資産	Ca_R	80000~160000
設備生産者の初期資産	Ca_E	200000~220000
銀行の初期資産	Ca_B	96000000~104000000
原料財の初期価格	$p_W^{(0)}$	130~160
消費財の初期価格	$p_R^{(0)}$	2850~3150
原料生産者の技術力	A_W	200~300
リテイラーの技術力	A_R	8~18

(1)GDPと政府の徴税・支出の関係に及ぼす税率の影響解析

GDP と政府の徴税・支出の関係に及ぼす税率の影響解析は政府の徴税・支出機能が GDP 等の経済指標に及ぼす影響について解析を行う目的でシミュレーションを行ったものであり、表 4.4 に示す様に大きく分けて 2 種類の実験を行った。一つは本モデルにおける政府機能である徴税と支出の効果を確認することを目的とした政府影響解析であり、GDP 等の経済システムに及ぼす政府機能の影響を解析した。

一方、税率の影響解析は政府支出の効率性、及び税率の影響が GDP に及ぼす影響を解析することを目的としてシミュレーションを行った。実験条件として、支出予算を 10%ずつ変化させた 11 パターン、及び法人、所得の両税率を 10~40%ずつ変化させた組み合わせの系 176 パターンのパラメータを変更しシミュレーションを行った。

ここで、現実システムに比べて政府の下で労働を行うエージェントが非常に少ないが、本研究では政府の労働生産性を考慮しておらず、一方で政府が行動を行う際に労働力の根拠として労働者がいることが望ましい為に各法人エージェントの平均に近い 3 名を雇用する設定とした。

表.4.4 GDP と政府の徴税・支出の関係に及ぼす税率の影響解析の実験水準

		政府影響解析		税率影響解析
		政府なし条件	政府有条件	
消費者	C	100		
リテイラー	R	20		
原料生産者	W	3		
政府雇用者数	$\sum L_G$	0	3	3
リテイラー雇用者数	$\sum L_R$	88	85	85
原料生産者雇用者数	$\sum L_W$	9	9	9
設備製造雇用者数	$\sum L_E$	2	2	2
銀行雇用者数	$\sum L_B$	1	1	1
所得税率	r_{in}	-	20%	10-40%(10%間隔)
法人税率	r_{co}	-	20%	10-40%(10%間隔)
企業補助予算率	r_{fl}	-	0%-100%(10%間隔)	0%-100%(10%間隔)
市場購買予算率	r_{ma}	-	100%-0%(10%間隔)	100%-0%(10%間隔)
預金引出し率	r_{wd}	0~50% (毎期乱数で生成)		
経営者報酬率	r_{exec}	-		
ボーナス率	r_b	0.95		
経営者報酬ルール		Without		
自己資金利用ルール		Without		
設備投資上限回数		1		
労働市場		Without		

(2)GDPと政府の徴税・支出の関係に及ぼすモデル構造の影響解析

GDP と政府の徴税・支出の関係に及ぼすモデル構造の影響解析は、法人税減税による GDP への乗数効果を再現するため、モデル構造及び法人行動ルールを変更し解析を行った。モデル構造として、法人の経営者報酬支払対象となる経営者としての消費者の存在の有無、設備投資に伴う資金調達としての自己資金活用の有無、同一生産者が同時期に行うことのできる設備投資の上限回数の緩和、労働市場の有無を実験水準押して 4 つの実験水準を基にシミュレーションを行った。

また、生産者ごとに経営者が一人であるため、経営者を考慮した場合に、経営者としての多様性を持たせるためにリテイラーの数を 20 から 30 に増やし、リテイラーの数と消費者の数を対応させるために消費者全体の数を増やした。

表.4.5 GDP と政府の徴税・支出の関係に及ぼす法人行動ルールの影響解析の実験水準

	基本条件	経営者報酬影響解析	自己資金利用影響解析	設備投資上限回数影響解析	労働市場影響解析
消費者 C			150		
リテ일러 R			30		
原料生産者 W			4		
政府雇用者数 $\sum L_G$			3		
リテ일러雇用者数 $\sum L_R$			128		
原料生産者雇用者数 $\sum L_W$			12		
設備製造雇用者数 $\sum L_E$			2		
銀行雇用者数 $\sum L_B$			1		
所得税率 r_{in}			10-30%(5% 間隔) / 20%		
法人税率 r_{co}			20% / 10-30%(5% 間隔)		
企業補助予算率 r_{fl}			0.4		
市場購買予算率 r_{ms}			0.6		
預金引出し率 r_{wd}			0~50% (毎期乱数で生成)		
経営者報酬率 r_{exec}			95%		
ボーナス率 r_b			75%		
経営者報酬ルール	Without	With / Without	With	With	With
自己資金利用ルール	Without	With	With / Without	With	With
設備投資上限回数	1	3	3	1 / 3	3
労働市場	Without	Without	Without	Without	With / Without

(3)GDPと税率の関係に及ぼす政府支出と民間支出の影響解析

GDP と税率の関係に及ぼす政府支出と民間支出の影響解析は GDP に及ぼす税率，政府支出の効率性，及び民間の消費性向の影響を解析するため，所得税率影響解析，及び法人税率影響解析の 2 つの実験水準を設定しシミュレーションを行った。

所得税率影響解析条件は GDP の変化に影響を及ぼす所得税率，政府支出の効率性，及び消費者の預金性向の影響を解析するため，消費者の消費性向の傾向に影響する預金引出率を変化させ，それぞれの条件について所得税率を 5%間隔で変更してシミュレーションを行った。

法人税率影響解析条件は GDP の変化に影響を及ぼす法人税率，政府支出の効率性，及び企業の消費性向の影響を解析するため，企業の預金性向の傾向に影響する経営者報酬率を変化させ，それぞれの条件について法人税率を 5%間隔で変更してシミュレーションを行った。

また，本研究はそれぞれのシミュレーション条件毎の乱数の影響を排除するため，それぞれのシミュレーション条件について異なる乱数の初期値を用い，実験水準毎に 10 回のシミュレーションを施行した。

表.4.6 GDP と税率の関係に及ぼす政府支出と民間支出の影響解析の実験水準

		所得税率解析			法人税率解析		
		基本条件	消費者の預金性向		基本条件	企業の預金性向	
			高	低		中	低
消費者	C	150					
リテ일러	R	30					
原料生産者	W	4					
政府雇用者数	$\sum L_G$	3					
リテ일러雇用者数	$\sum L_R$	128					
原料生産者雇用者数	$\sum L_W$	12					
設備製造雇用者数	$\sum L_E$	2					
銀行雇用者数	$\sum L_B$	1					
所得税率	r_{ta}	10~30%(5% 間隔)			20%		
法人税率	r_{co}	20%			10~30%(5% 間隔)		
企業補助予算率	r_{ff}	0-100%(10% 間隔)			0-100%(10% 間隔)		
市場購買予算率	r_{ma}	100-0%(10% 間隔)			100-0%(10% 間隔)		
預金引出し率	r_{wd}	0~50%	0~20%	0~80%	0~50%		
経営者報酬率	r_{exec}	95%			95%	75%	65%
ボーナス率	r_b	75%					
経営者報酬ルール		With					
自己資金利用ルール		With					
設備投資上限回数		1					
労働市場		Without					

4.4 シミュレーション結果

4.4.1 GDPと政府の徴税・支出の関係に及ぼす税率の影響解析

(1)政府の徴税と支出の影響解析

政府の徴税と支出の影響を解析するため、表 4.4 の政府影響解析から、政府なし、及び市場購買予算 100%と企業補助予算 100%の 3 条件でシミュレーションを行った。

図 4.3 に示すように、政府の支出に限って効率的である例として仮定した市場購買支出条件下では、政府が存在しない条件と比べて GDP の水準が高い位置で推移する傾向を示している。一方、政府の支出の限って非効率的である例として仮定した企業補助支出条件下では、政府が存在しない条件と比べて GDP の水準は低い位置で推移する傾向を示している。

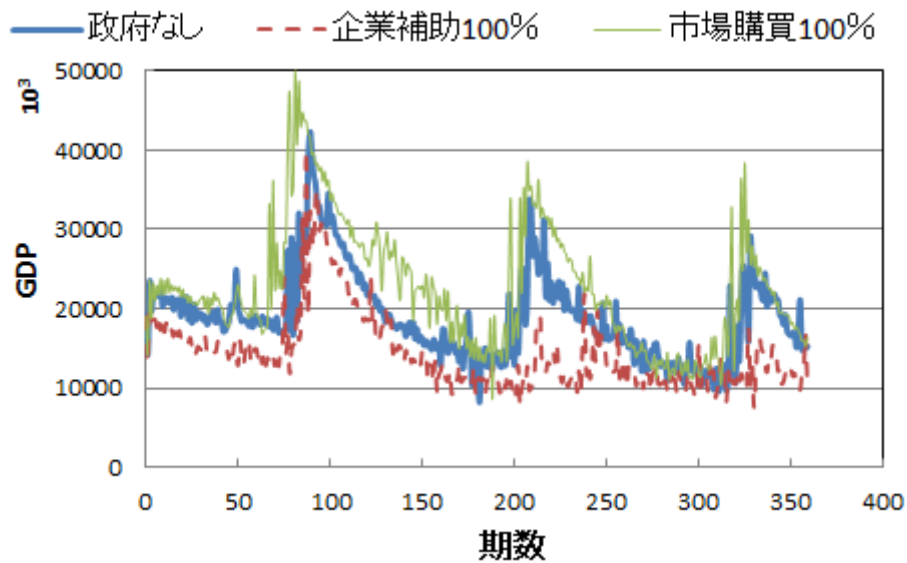


図4.3 GDPの時系列推移に及ぼす政府政策の影響

これは経済システム全体の資金循環において政府要素の機能によって資金流通を加速，減速させる効果が働くために起こっている。

政府の市場購買は消費者の所得から貯蓄に回る資金，及び企業の利益から貯蓄に回る資金をそれぞれ徴税によって集め，市場で製品を購入することによって資金を流通させて需要を増加させる効果を持つ。一方，企業補助は消費者の所得から消費に利用される資金を徴税によって集め，企業に交付することで企業の利益を増加させ市場から利益を流出させて需要を低下させる効果を持つ。

従って，政府支出は市場内を循環する資金量に影響を与えることによって，消費者の可処分所得が影響を受け，結果的に GDP に影響を与える。さらに市場購買は流通する資金量による需要増加と，市場購買行動自体による需要の増加によって市場の供給量を圧迫し，設備投資需要を喚起する。一方，企業補助は流通する資金量を減少させることによって設備投資を抑制する。これらの相互作用の結果，シミュレーション期間中の設備投資の合計回数は図 4.4 に示す様に政府支出に限った効率性が高くなるに従って増加し，結果的に図 4.5 に示す様にシミュレーション期間中の平均 GDP は政府支出が効率的なほど増加している。

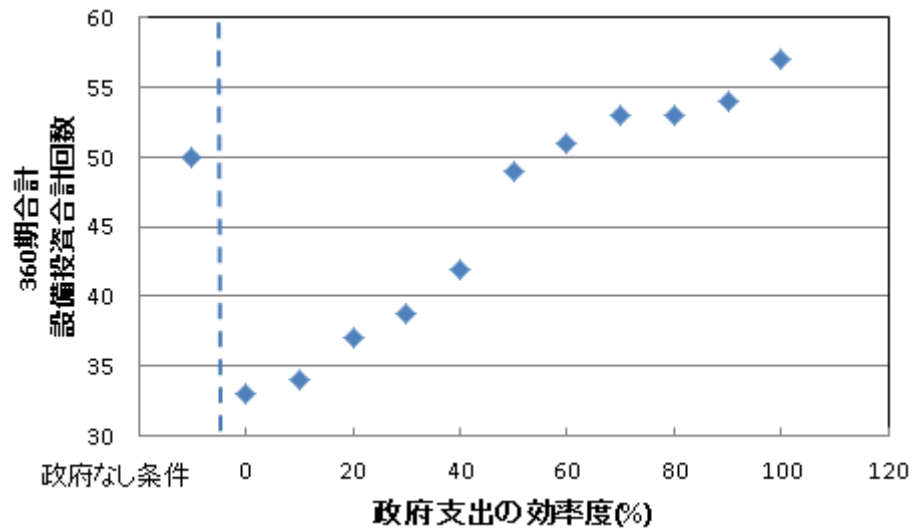


図4.4 シミュレーション期間中の合計設備投資回数に及ぼす政府支出の効率度の影響

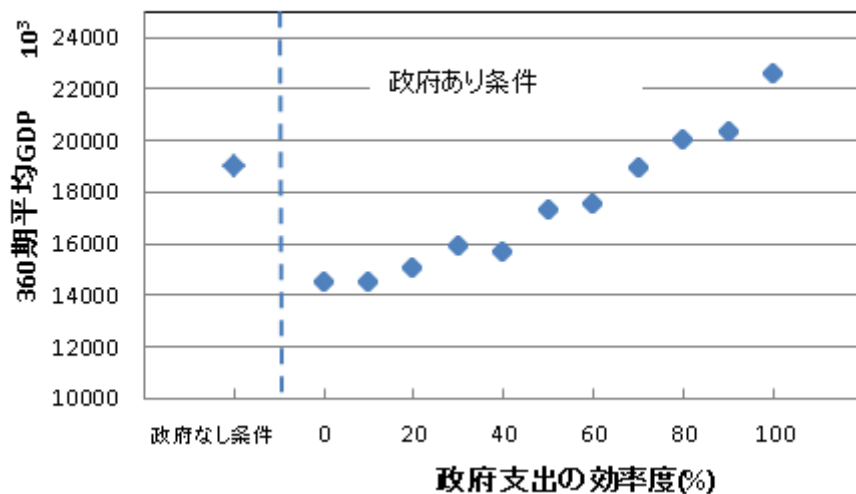


図4.5 シミュレーション期間中の 360 期平均 GDP に及ぼす政府支出の効率度の影響

(2)GDPに及ぼす税率の影響

税率が GDP に及ぼす影響を解析するために、表 4.4 の税率影響解析条件に従って所得税率、法人税率及び政府支出割合を変更してシミュレーションを行い、それぞれの条件下における 360 期間の平均 GDP を比較した。

その結果、図 4.6 に示すように平均 GDP は所得税減税によって、政府支出の効率度 90% 未満の場合、減少し、効率度が低いほど GDP の減少が大きくなる傾向を示している。一方、政府支出の非効率度 90% 以上の場合、つまり政府支出の効率度が極端に低い条件において、所得税減税によって GDP は上昇することが分かった。

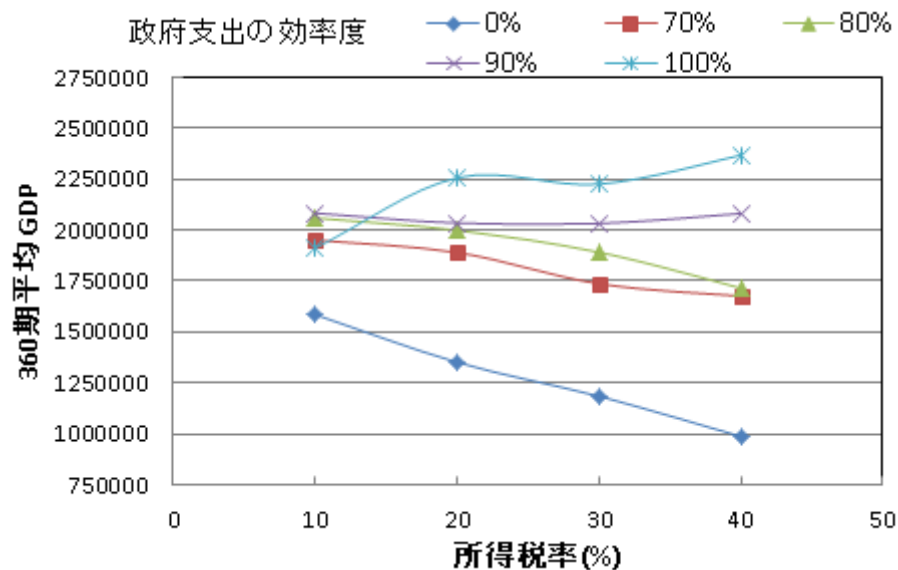


図4.6 360 期平均 GDP に及ぼす所得税率の影響

この結果を基に現実システムのデータと比較を行った。所得税減税の GDP に及ぼす現実システムデータとして、内閣府の計量経済モデルでは実システムのデータを基に計算されている GDP1%相当の所得税減税の乗数値[116]を用いた。

本モデルにおいて、同様の定義による所得税減税の GDP 及び税収の乗数を計算し、実システムデータと比較した結果を表 4.7 に示す。ここで、シミュレーション結果の乗数については計算された結果の GDP と税収から GDP1%相当の減税が行われた際の減税乗数を計算して出力している。

表 4.7 から GDP1%相当の所得税の減税による 0.2 から 1.2 の乗数効果は計算結果の政府支出の効率度 60%から 90%相当であることが分かる。以上の結果から、本モデルは所得税減税に及ぼす法人税減税の傾向を定性的に再現することができたと考えられる。

また、所得税減税の影響を再現するためには政府の支出について非効率度が必要不可欠であることがわかった。

表.4.7 本モデル計算結果と現実システムデータの GDP1%相当の所得税減税時の乗数

本モデル計算結果			現実システムデータ		
政府支出の効率度	GDP	税收	年	GDP	税收
0%	2.38	-3.22	2005	0.24	-5.71
10%	2.79	-3.29	2006	0.85	-4.28
20%	1.85	-3.29	2007	1.17	-3.89
60%	1.35	-3.77	Average	0.75	-4.63
70%	1.07	-3.86			
80%	0.74	-3.95			
90%	0.13	-4.04			
100%	-0.52	-4.12			

一方、図 4.7 に示す様に政府支出の効率度の値に関係なく、法人税は減税に応じて GDP が低下する傾向を示した。同様に計量経済モデルの算出値と比較を行った結果、表 4.8 に示す様に法人税の減税は政府の支出の効率性に関わらず、減税によって GDP が減少する傾向を示した。

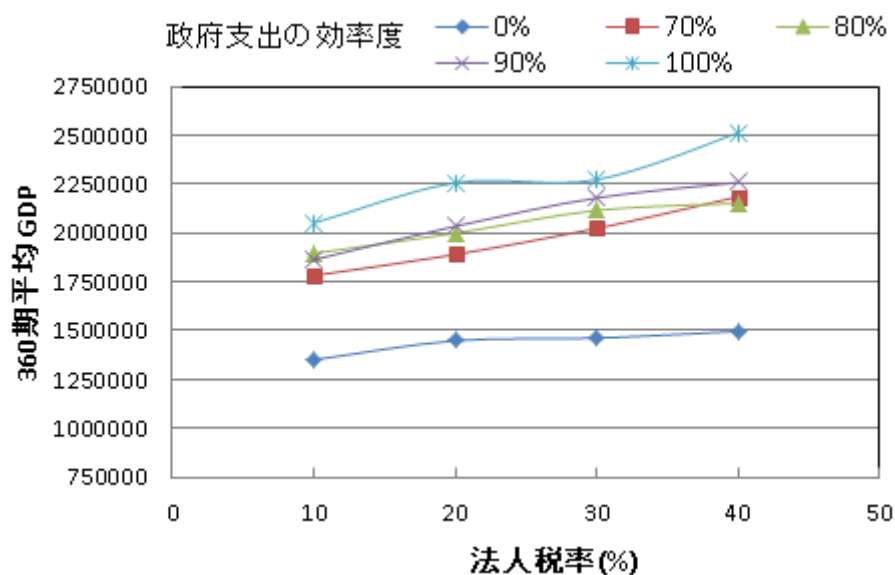


図4.7 360 期平均 GDP に及ぼす法人税率の影響

表.4.8 本モデル計算結果と現実システムデータの GDP1%相当の法人税減税時の乗数

本モデル計算結果			現実システムデータ		
政府支出の効率度	GDP	税収	年	GDP	税収
0%	-0.46	-4.25	2005	0.45	-5.71
10%	-0.56	-4.39	2006	0.97	-4.93
20%	-0.36	-4.44	2007	1.10	-4.60
60%	-1.30	-4.96	Average	0.84	-5.08
70%	-1.41	-4.99			
80%	-0.97	-4.83			
90%	-1.68	-5.23			
100%	-0.65	-5.18			

4.4.2 GDPと政府の徴税・支出の関係に及ぼすモデル構造と法人行動ルールの影響解析

(1)GDPと法人税率の関係に及ぼす経営者報酬ルールの影響

4.4.1 から、シミュレーションによって所得税減税の影響は再現できたが、法人税得減税の影響を再現することができなかった。これは、本研究の視点であるマクロ現象再現の為にモデルが具備すべき構造をモデルが備えていない為であると考えられる。そこで、実システムのマクロデータとシミュレーション結果からモデルが具備していない要因を仮定し、解析を行った。

表 4.5 の経営者報酬影響解析より、モデル構造として経営者となる消費者、及び経営報酬ルール有りの条件と無しの条件で共に法人税率を変化させ 360 期に及ぼす GDP の影響について解析を行った。図 4.8 に示すように基本条件に対して経営者報酬ルールのみをシステムに内包する条件において、法人税率の低下によって GDP が減少し、減少の傾向は基本条件と大きくは異ならない。

一方、自己資金利用ルールを含み、設備投資の上限回数を緩和した条件下における GDP と法人税率の関係に経営者報酬ルールの有無が及ぼす影響は図 4.9 に示すように経営者報酬ルールが内包されているときに法人税率の低下によって GDP が増加する傾向を示した。従って経営者報酬ルールは法人税率と GDP の間に逆相関をもたらす要因のひとつであると考えられる。

また、経営者報酬有の条件は基本条件に対して GDP が非常に高い水準になる傾向を示した。これは生産者が経済活動によって集積した利益を経営者報酬として消費者に還元している為、消費者の可処分所得が増大し、継続的に高い需要水準を維持し、シミュレーション期間内における GDP の水準が大きく増大しているためである。

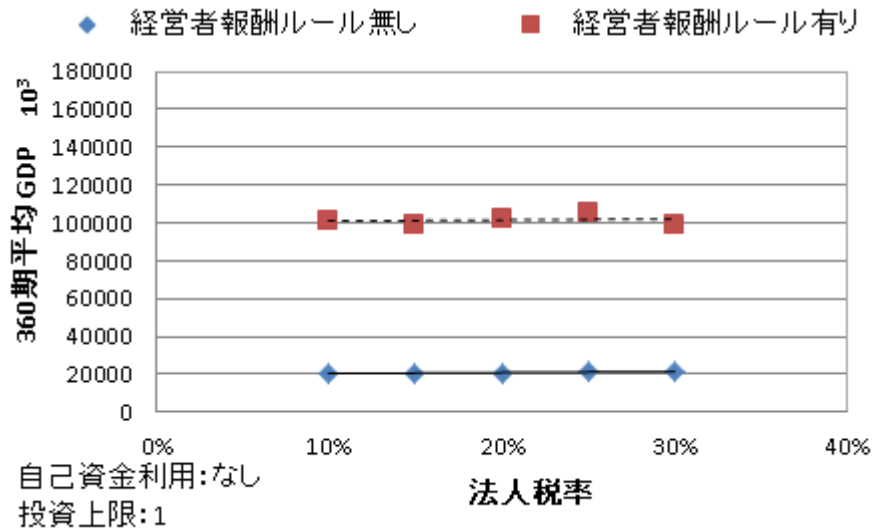


図4.8 基本条件下における GDP と法人税率の関係に及ぼす経営者報酬ルールの影響

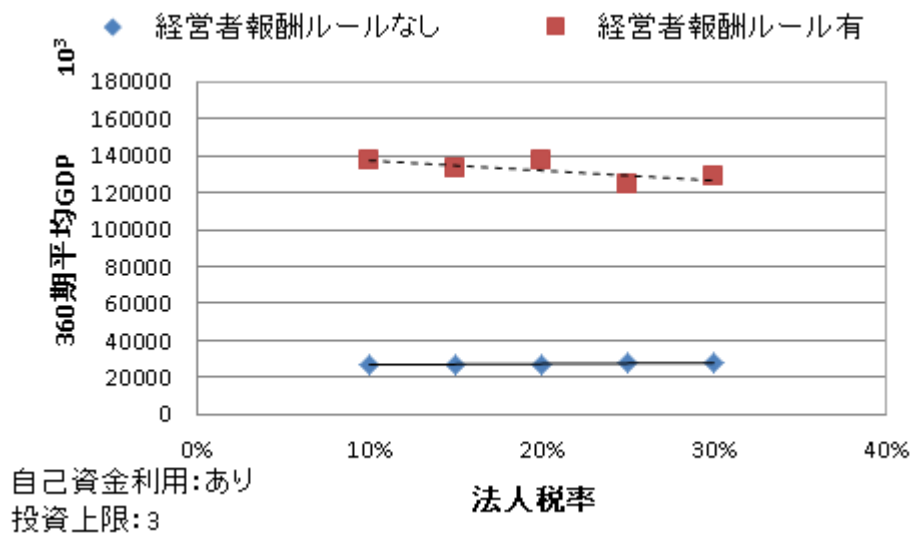


図4.9 自己資金利用有, 設備投資上限回数大の条件の条件下における GDP と法人税率の関係に及ぼす経営者報酬ルールの影響

(2)GDPと法人税率の関係に及ぼす自己資金利用ルールの影響

表 4.5 の自己資金利用影響解析より, モデル構造として設備投資の為の資金調達に自己資金を利用する条件と利用しない条件で共に法人税率を変化させ 360 期に及ぼす GDP の影響について解析を行った. 図 4.10 に示すように基本条件に対して自己資金利用ルールのみを内包した結果, 法人税率の低下によって GDP が減少する傾向は変わらず, 減少の傾向は基本条件と大きくは異なる.

一方, 経営者報酬ルール有り, 設備投資上限数緩和の条件下における GDP と法人税率の

関係に自己資金利用の有無が及ぼす影響は図 4.11 に示すように、自己資金利用ルールが内包されているときに法人税率の低下によって GDP が増加する傾向を示した。経営者報酬ルール有、設備投資上限回数大且つ、自己資金利用ルールを内包しない条件下において GDP と法人税率に逆相関関係が現れないことから、自己資金利用ルールは本モデルにおいて法人税率と GDP の逆相関関係において重要な影響要因であると考えられる。

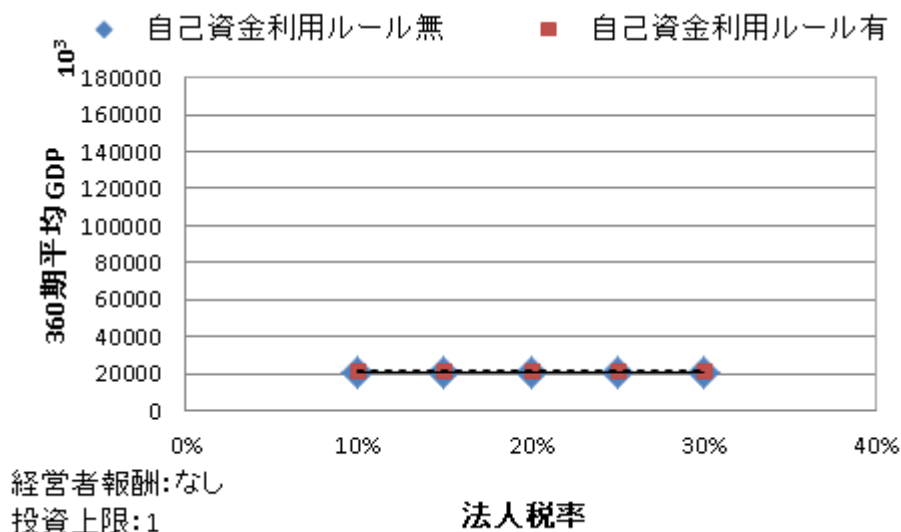


図4.10 基本条件下における GDP と法人税率の関係に及ぼす自己資金利用ルールの影響

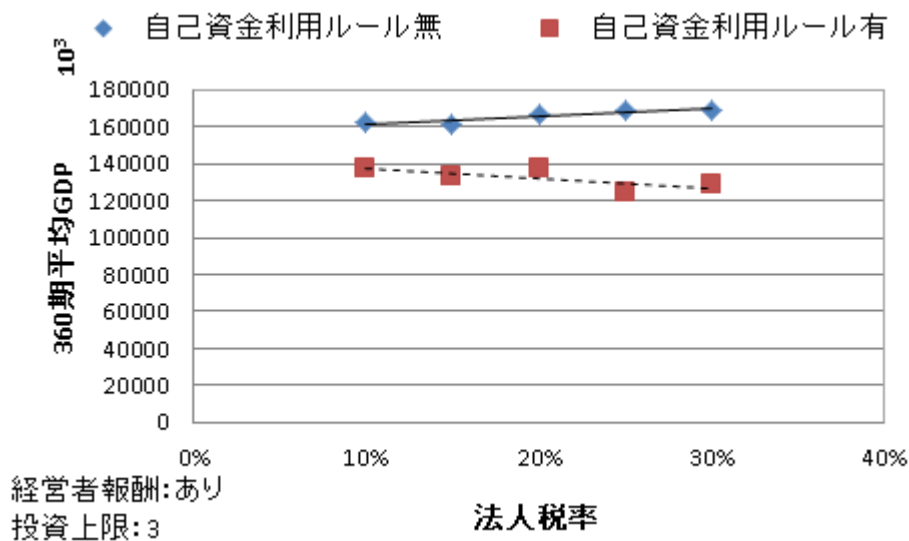


図4.11 経営者報酬有、設備投資上限大の条件下における GDP と法人税率の関係に及ぼす自己資金利用ルールの影響

(3)GDPと法人税率の関係に及ぼす設備投資上限回数の影響

表 4.5 の設備投資上限回数影響解析より、モデル構造として設備投資の上限回数を緩和した条件と規制した条件で共に法人税率を変化させ 360 期に及ぼす GDP の影響について解析を行った。図 4.12 に示すように設備投資上限回数を緩和した条件下において、法人税率の低下によって GDP が減少する傾向は変わらず、減少の傾向は基本条件と大きくは異ならないことが分かる。

一方、経営者報酬ルール有、自己資金利用ルール有の条件下における、GDP と法人税率の関係に設備投資回数が及ぼす影響は図 4.13 に示すように、設備投資上限回数を緩和することによって法人税率と GDP の逆相関関係がより明確に表れる傾向があることが分かる。しかしながら、設備投資上限回数を規制した条件下においても緩和条件と比較して明確ではないが、弱い逆相関傾向が見られる。

従って、GDP と法人税率の逆相関関係に影響を及ぼす主要な要因は経営者報酬ルールと自己資金利用ルールであり、設備投資上限回数の緩和はこれらの影響を強める影響を持つと考えられる。

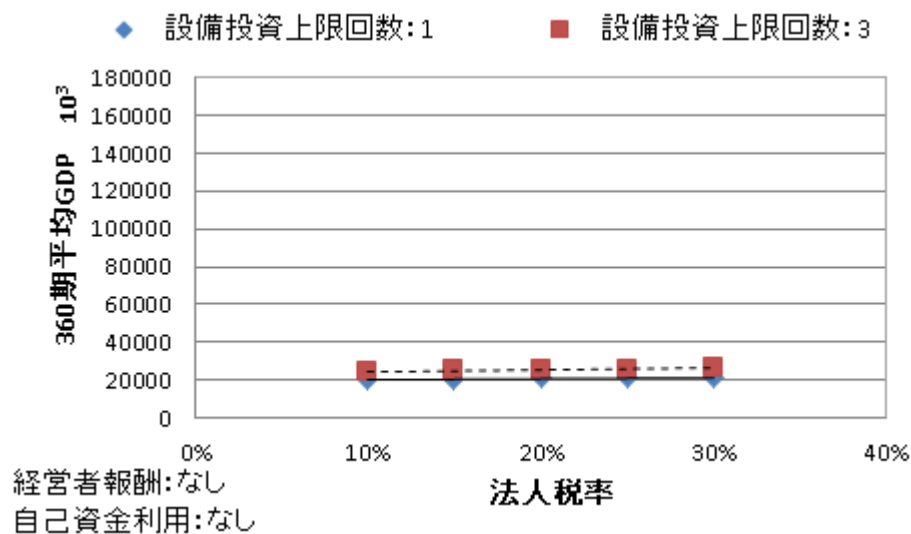


図4.12 GDP と法人税率の関係に及ぼす設備投資上限回数の影響

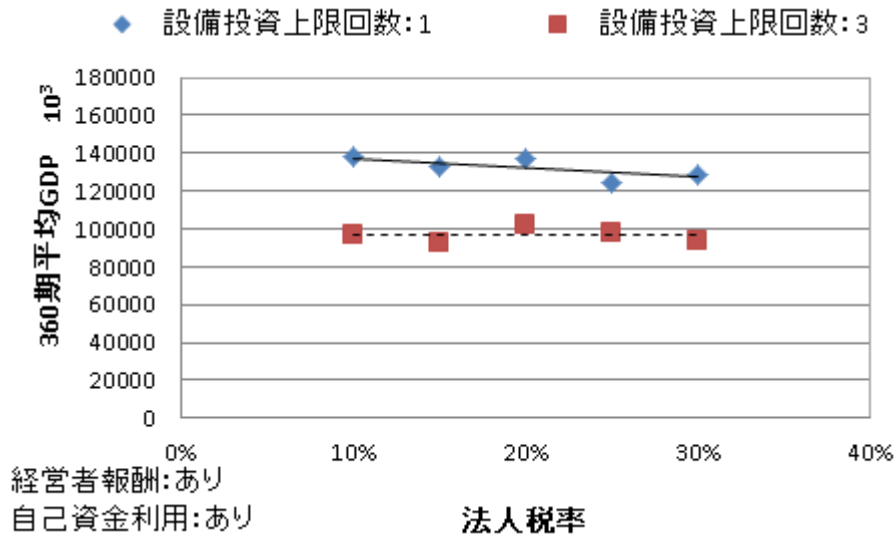


図4.13 経営者報酬有，自己資金利用有の条件下における GDP と法人税率の関係に及ぼす設備投資上限回数の影響

(4)GDPと法人税率の関係に及ぼす労働市場の影響

労働市場影響解析より，モデル構造として労働市場サブモデルを内包した条件と考慮しない条件で共に法人税率を変化させ 360 期に及ぼす GDP の影響について解析を行った．

図 4.14 に示すように基本条件に対して労働市場を内包した条件でシミュレーションを行った結果，法人税率の低下によって GDP が減少する傾向は変わらず，減少の傾向は基本条件と大きくは異なることが分かる．また，図 4.15 に示すように経営者報酬ルール有，自己資金利用ルール有，設備投資上限回数を緩和した条件に対しても同様に GDP と法人税率の関係に労働市場は大きな影響を及ぼさなかった．このことから，本研究において，失業者による総需要への影響は想定した他の要因と比較して大きくないと考えられる．

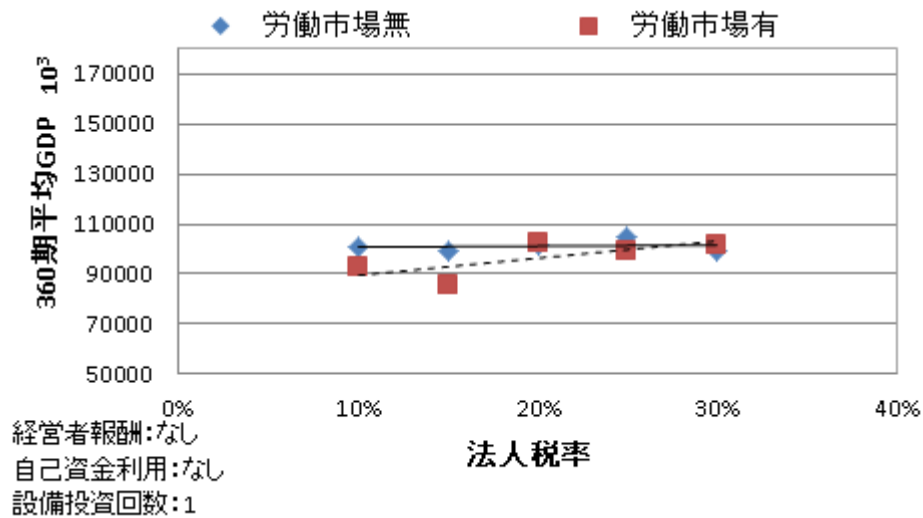


図4.14 GDP と法人税率の関係に及ぼす労働市場の影響

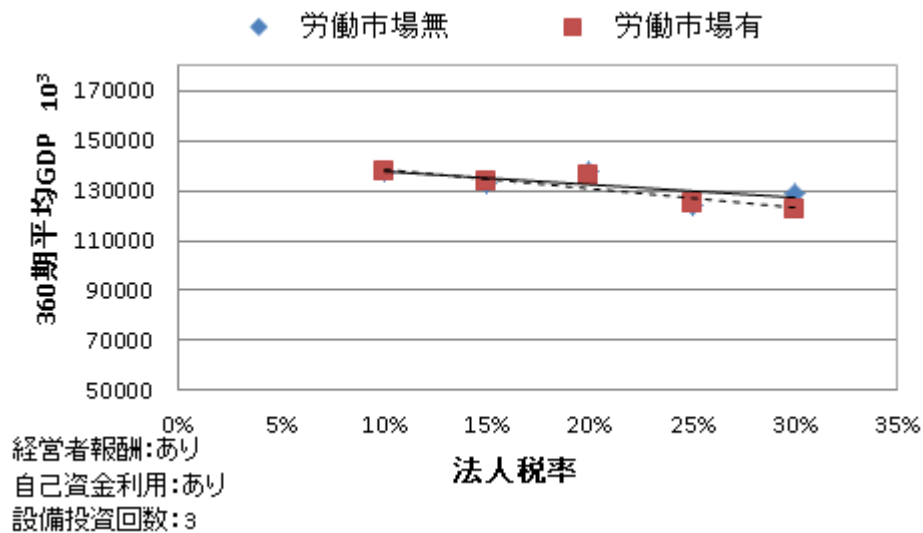


図4.15 経営者報酬有，自己資金利用有，設備投資上限回数大の条件下における GDP と法人税率の関係に及ぼす労働市場の影響

(5)法人税減税とGDPの関係に及ぼす生産者の行動ルールのおとめ

シミュレーションの結果から，法人税率の低下によって GDP が上昇する傾向は図 4.16 に示すように経営者報酬ルールあり，自己資金利用ルールあり，設備投資回数上限緩和の 3 つの条件を満たす時に現れることが分かった．これらの要素が人工経済モデルに与える影響について解析を行った結果，市場内の資金流通に直接的に影響を与える経営者報酬と，法人税率の影響により経済状況に影響を与える自己資金利用及び設備投資回数上限の 2 種類の影響が働いていることが分かった．

経営者ルール	自己資本利用 ルール	設備投資回数 上限		GDPと所得税率の関係	GDPと法人税率の関係
Without	With	Large	➡	負の相関関係	正の相関関係
Without	With	Small		負の相関関係	正の相関関係
Without	Without	Large		負の相関関係	正の相関関係
Without	Without	Small		負の相関関係	正の相関関係
With	With	Large		負の相関関係	負の相関関係
With	With	Small		負の相関関係	僅かに負の相関
With	Without	Large		負の相関関係	正の相関関係
With	Without	Small		負の相関関係	正の相関関係

図4.16 GDP と税率に及ぼす各要素の影響

自己資金利用ルールを内包し、設備投資の上限数は緩和した条件下における消費者とリテイラーの預金額の時系列変化に役員報酬ルール無し、及び有りの条件が及ぼす影響をそれぞれ図 4.17 に示す。図 4.17 から消費者の資産の増加及び、リテイラーの資産の減少が役員報酬によってもたらされていることがわかる。この傾向は経営者が消費者としての役割を持つため、役員報酬が企業資産を消費者へと移転するために起きている。

このため、法人税率の低下が企業の利益を増加させ、そのある部分が経営者を通して消費者に流れ、結果的に消費者の需要と GDP を増加させるため、経営者報酬は GDP と法人税率の間の逆相関の原因となる要因の一つであると考えられる。また、時間経過に従って消費者の金融資産が増加する傾向は現実システムの家計の貯蓄の傾向[117-120]と定性的に一致している。

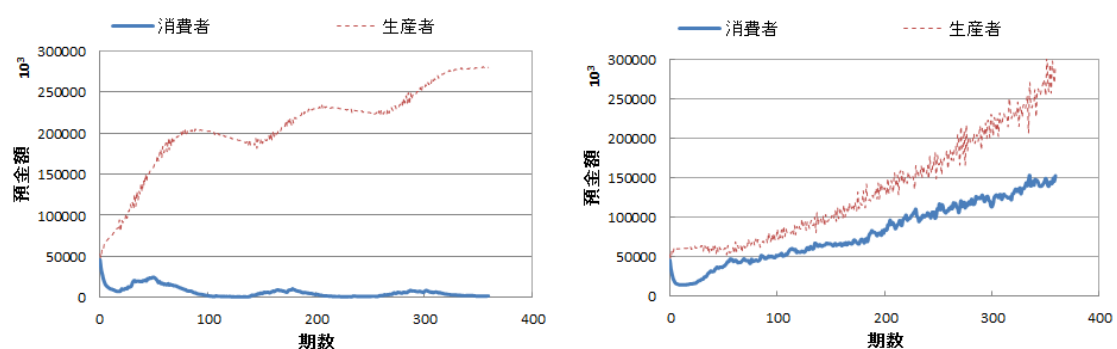


図4.17 自己資金利用有、設備投資上限回数大、経営者報酬ルール無の条件下(左)、及び自己資金利用有、設備投資上限回数大、経営者報酬ルール有の条件下における消費者、及び生産者の預金額推移

一方、図 4.18 は経営者報酬ルールを内包した条件下において、自己資金利用ルールと設備投資回数上限の緩和が設備投資回数に及ぼす影響を示している。図 4.18 に示すように、設備投資回数の合計は自己資金利用ルール及び、投資回数上限緩和条件の時のみ法人税率と逆相関を示す。従って、これら 2 つの要素は企業の余剰資金を市場に流通させ、消費者の所得を増加させることを促進する為、法人税率と GDP の逆相関の要因の一つであると考えられる。

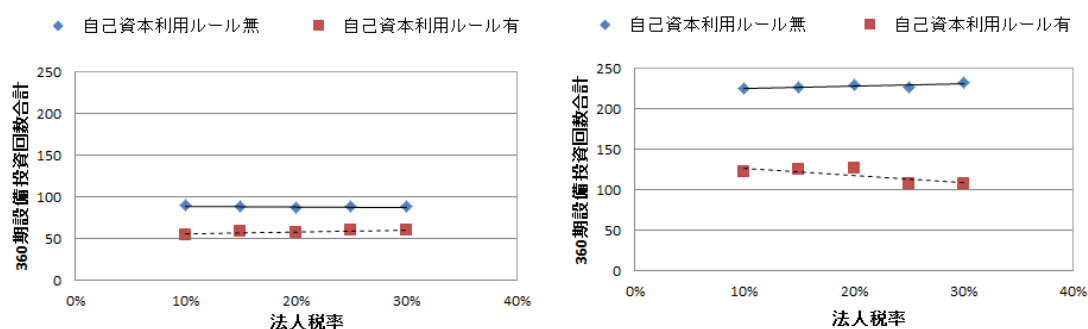


図4.18 設備投資上限1回条件(左), 及び設備投資上限3回条件(右)における法人税率と 360 期設備投資合計に及ぼす自己資本利用ルールの影響

また、所得税率の低下についても同条件下でシミュレーションを行った結果、図 4.19 に示す様に法人税減税と同様の傾向が得られ、所得税率と GDP の逆相関傾向を再現し、かつ法人税率の低下によって GDP が増加する傾向を再現することができた。

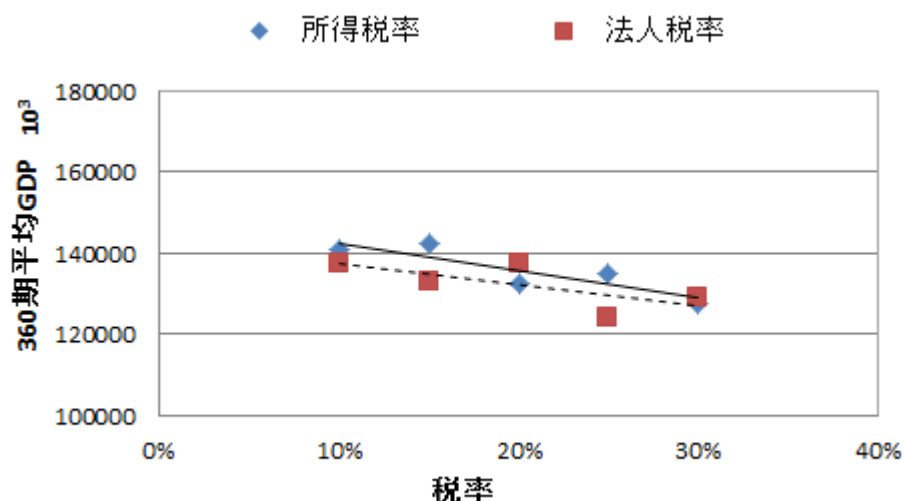


図4.19 経営者報酬ルール有，自己資金利用ルール有，設備投資上限回数大の条件下における 360 期平均 GDP に及ぼす税率の影響

この 3 要素を適用した条件下において得られた計算結果と、内閣府計量経済モデルにおけるレポート結果[116]を現実システムのデータと仮定して、GDP1%相当の法人税減税、及び所得税減税による GDP 乗数と税収の乗数を比較した。

表 4.9 から GDP1%相当の所得税の減税による GDP 乗数効果は 0.4 から 1.2 であり、シミュレーション結果の政府支出の効率度 60%から 70%の条件において近い結果が得られ、双方の平均値は定性的に一致している。

一方、法人税減税による GDP 乗数効果は表 4.10 に示すようにシミュレーション結果において減税によって GDP が増加する結果が現れた。これは法人税減税によって GDP が増加する傾向が表れていることを示しており、本モデルが法人税減税によって GDP が増加する傾向を定性的に再現できたと考えられる。

表.4.9 本モデル計算結果と現実システムデータの GDP1%相当の所得税減税時の乗数

本モデル計算結果			現実システムデータ		
政府支出の効率度	GDP	税収	年	GDP	税収
40%	1.35	-2.38	2005	0.24	-5.71
50%	1.67	-2.39	2006	0.85	-4.28
60%	1.05	-2.49	2007	1.17	-3.89
70%	0.30	-3.05	Average	0.75	-4.63
80%	-0.45	-3.59			
Average	0.78	-2.78			

表.4.10 本モデル計算結果と現実システムデータの GDP1%相当の法人税減税時の乗数

本モデル計算結果			現実システムデータ		
政府支出の効率度	GDP	税収	年	GDP	税収
40%	-0.25	-2.70	2005	0.45	-5.71
50%	3.00	-4.23	2006	0.97	-4.93
60%	7.69	-2.70	2007	1.1	-4.6
70%	-2.00	-4.01	Average	0.84	-5.08
80%	-1.50	-2.87			
Average	1.39	-3.30			

しかしながら、シミュレーション結果の乗数は減税によって GDP が増加する条件範囲が狭く、また、GDP 乗数の値が大きい傾向にある。これはシミュレーションで行ったエージェント数が少なく、条件の変更による影響が大きく出ているためであると考えられる。本モデルにおける安定的な数値条件は今後の課題として考えられるが法人税減税によって GDP が減少する創發現象の本質的な傾向に変化はないものと考えられる。

以上のことから本モデルは経済システムにおける政府の徴税・支出の機能と税率が及ぼ

す影響についてその根幹となる挙動を再現できたと考えられる。

また、法人税減税の影響を再現するためには政府支出の非効率性に加えて、企業の経営者報酬、及び設備投資の自己資金利用が必要不可欠であることがわかった。

4.4.3 GDPと税率に及ぼす政府支出と民間支出の影響解析

4.4.1, 及び 4.4.2 の結果から、減税の影響を再現するためには政府支出の効率性と企業の支出に関わる性向が必要不可欠であることがわかった。これは、政府支出の効率性と各課税対象の支出性向に影響がある為と考えられる。そこで、GDP と税率に及ぼす政府支出と民間支出の影響を解析した。

所得税率影響解析において、図 4.20 は所得税率を 30%から 10%に低下した条件において乱数初期値を変更してシミュレーションを実行した際の所得税減税による GDP の増加率を示し、それぞれのプロットは最大値、最小値、第 1 四分位、第 3 四分位を示す箱ひげ図である。図 4.20 に示すように所得税減税による GDP の増加率は政府の効率性が低いほど、また消費者預金引出率が高いほど大となる傾向を示している。ここで、政府支出の効率度は市場購買率を示し、消費者の預金引出率は限界消費性向を表している。

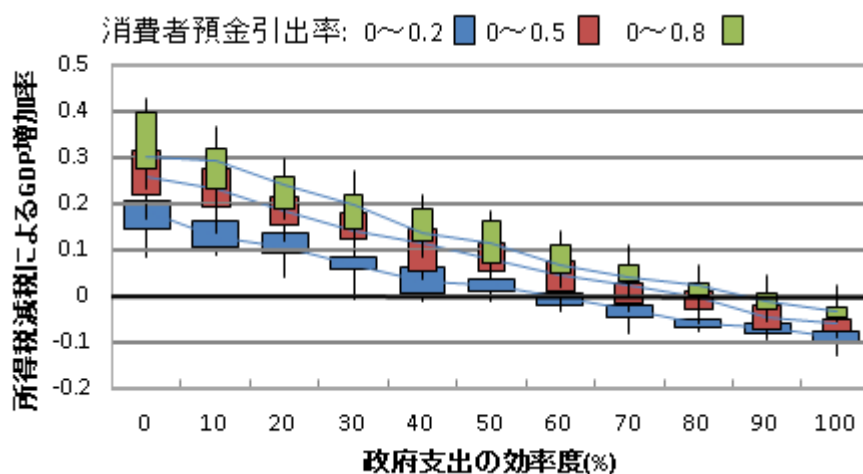


図4.20 所得税減税による GDP 変化率に及ぼす政府支出の効率度及び消費者貯蓄性向の影響

一方、図 4.21 は政府支出の効率性、及び企業の経営者報酬率が法人税減税による GDP 増加率に及ぼす影響についてのシミュレーション結果を示している。図 4.21 より、法人税減税による GDP 変化率は政府支出の効率性が低く、経営者報酬率が高いほど大となる傾向を示している。

また、自己資金利用ルールが GDP に及ぼす要因については図 4.22 に示すように減税は

設備投資を増加させる傾向があることが分かる。この傾向は、設備投資に際して自己資本の量に応じて意思決定が行われるため、減税による企業の内部留保の増加が設備投資を増加させるために起きている。

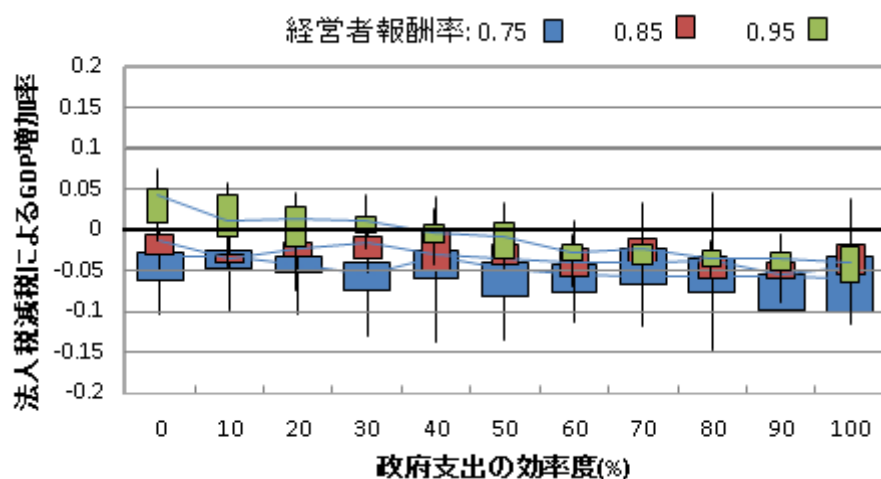


図4.21 法人税減税による GDP 増加率に及ぼす政府支出の効率度及び経営者報酬率の影響

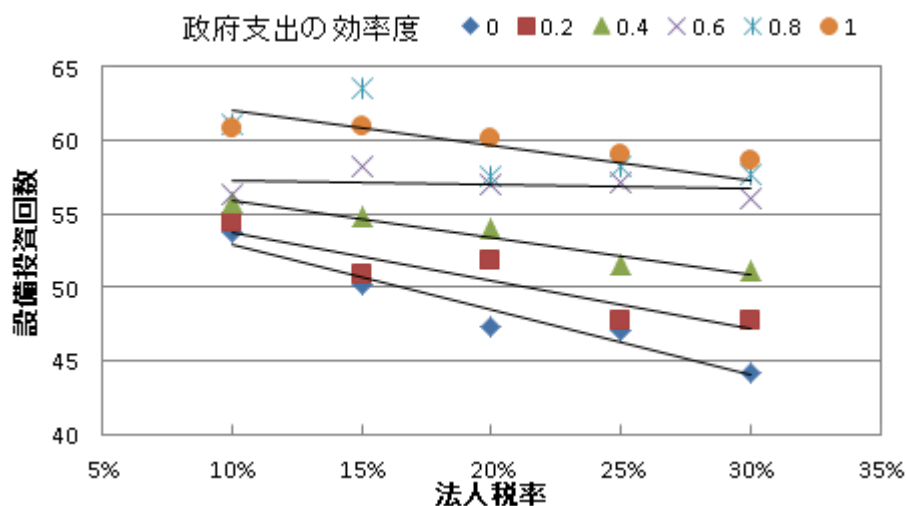


図4.22 設備投資回数に及ぼす法人税率及び政府支出の効率度の影響

4.5 考察

4.4.2 結果から法人税減税によって GDP が増加する現象を再現するためには政府支出の非効率性、役員報酬、及び投資の為の自己資金利用が必要不可欠であることが分かった。また、4.4.3 の結果から全体的な傾向として政府支出の効率性が低いほど減税による GDP

の増加率が高くなることが分かった。

そこでこれらの要因が減税乗数に影響を与える理由について検討するため、森島の経済連関表を改良した表 4.2 に基づき所得税および法人税減税の乗数式を導出した。

4.5.1 所得税の減税乗数の導出

所得税の減税は労働者および経営者の可処分所得を増加させ、それによって財の需要が増加するため、企業の売上および利潤は増加し、それが再び財の需要を増加させる。一方、財政均衡の条件下では減税分だけ財の政府需要が低下する。モデルのシミュレーション条件と同様に財として消費財のみを考えた場合、4.3.4 で述べた仮定により、減税による消費財売上増加 $p_1 \Delta X_1$ は減税による労働者の所得の増加による消費財の支出増加 $p_1 \Delta D_1^w$ 、経営者の消費財の支出増加 $p_1 \Delta D_1^e$ 、及び減税による政府支出の減少 $-\Delta G$ によって 4.1 式で表される。

$$p_1 \Delta X_1 = p_1 \Delta D_1^w + p_1 \Delta D_1^e + (1 - \eta)(-\Delta G) \quad (4.1)$$

この時、4.1 式に示す $p_1 \Delta D_1^w$ 、 $p_1 \Delta D_1^e$ はそれぞれ所得税減税による可処分所得の増加によって表すことができる為、4.2 式で表すことができる。

$$\begin{aligned} p_1 \Delta D_1^w &= \Delta[c_w(1 - t_w)W] \\ &= c_w(-\Delta t_w)W + c_w(1 - t_w)\Delta W \\ p_1 \Delta D_1^e &= \Delta[c_e(-\Delta t_e)(1 - t_m)\alpha\Pi] \\ &= c_e(-\Delta t_e)(1 - t_m)\alpha\Pi \end{aligned} \quad (4.2)$$

$\Delta W = wa_{31}\Delta X_1$: 労働者の収入増加額

$\Delta\Pi = mc_1\Delta X_1 + \eta(-\Delta G)$: 企業の利潤増加額

$\Delta G = (-\Delta t_w W) + (-\Delta t_e(1 - t_m)\alpha\Pi)$: 減税額

4.2 式を 4.1 式に代入し、また森島の式の導出に倣い、b1 及び b3 を 4.3、4.4 式に示す様に置き換え、消費者の平均限界消費性向を 4.5 式の様にとくと 4.1 式は 4.6 式で表される。

$$b_1 = c_w(1 - t_w)\frac{w}{p_1}a_{31} + c_e(1 - t_e)(1 - t_m)\alpha m \frac{c_1}{p_1} \quad (4.3)$$

wa_{31}/p_1 : 消費財の価格に占める労働分配率

mc_1/p_1 : 消費財の企業利益率

$$b_3 = (c_e(1 - t_e)(1 - t_m)\alpha\eta + (1 - \eta)) \quad (4.4)$$

$$c_{we} = \{c_w(-\Delta t_w W) + c_e(-\Delta t_e(1 - t_m)\alpha\Pi)\} / \Delta G \quad (4.5)$$

c_{we} : 労働者及び経営者の平均限界消費性向

c_w, c_e : 労働者、企業の限界消費性向

m : マークアップ率

t_e, t_w : 経営者、労働者の税率

α : 経営者報酬率

$$\begin{aligned}
p_1 \Delta X_1 &= p_1 \Delta D_1^w + p_1 \Delta D_1^e + (1-\eta)(-\Delta G) \\
&= c_w (-\Delta t_w W) + c_w (1-t_w') \Delta W + c_e (-\Delta t_e (1-t_m) \alpha \Pi) \\
&\quad + c_e (1-t_e') (1-t_m) \alpha \Delta \Pi + (1-\eta)(-\Delta G) \\
&= b_1 p_1 \Delta X_1 + (c_{we} - b_3)(\Delta G)
\end{aligned} \tag{4.6}$$

このとき、4.7 式を $p_1 \Delta X_1$ で括り、変形すると 4.7 式が得られる。

$$p_1 \Delta X_1 = (c_{we} - b_3) \Delta G / (1 - b_1') \tag{4.7}$$

一方、減税による GDP の変化量を ΔY とすると、 ΔY は消費財と資本財の売上の合計から輸入量を差し引くため 4.8 式のように示すことができる。ここで、消費財と資本財の価格における輸入品の比率をそれぞれ μ_1 、 μ_2 とする。

4.7 式を 4.8 式に代入し、所得税の減税乗数式を求めると資本財 $p_2 \Delta X_2$ は所得税減税による影響を受けないため、4.9 式が得られる。

$$\begin{aligned}
\Delta Y &= p_1 \Delta X_1 + p_2 \Delta X_2 - \mu_1 p_1 \Delta X_1 - \mu_2 p_2 \Delta X_2 \\
&= (1 - \mu_1) p_1 \Delta X_1 + (1 - \mu_2) p_2 \Delta X_2
\end{aligned} \tag{4.8}$$

$$\begin{aligned}
\mu_1 &= r(p_5^*/p_1) a_{s1} && \text{消費財の価格における輸入品の比率} \\
\mu_2 &= r(p_5^*/p_2) a_{s2} && \text{資本財の価格における輸入品の比率}
\end{aligned}$$

$$\frac{\Delta Y}{\Delta G} = (1 - \mu_1) \frac{(c_{we} - b_3)}{1 - b_1} \tag{4.9}$$

4.9 式において、 b_3 は 4.4 式における α を含む項が非常に小さい値であるためおよそ $1-\eta$ であり、政府支出の非効率度に応じて $0 \sim 1$ の値を取りおおよそ政府の支出に限った効率度を示す。また、 c_{we} は労働者と経営者の平均限界消費性向であり、消費者支出の消費性向の尺度を表している。

したがって、4.9 式は所得税減税の乗数が消費者の平均限界消費性向と政府の限界消費性向(政府支出の効率度)の差によって定まること、言い換えれば消費者支出の消費性向と政府支出の効率度の差で定まっていることを示している。

このことから、所得税減税の乗数は、政府支出の効率度に比べて消費者支出の効率度が大きい場合にプラスとなることがわかる。

4.9 式に代表的な値を仮定して所得税減税の乗数を計算した結果、図 4.19 の結果と同様、図 4.23 に示す様に所得税減税の乗数は政府支出の効率度が低いほど、また限界消費性向が大きいほど大となる結果が得られた。

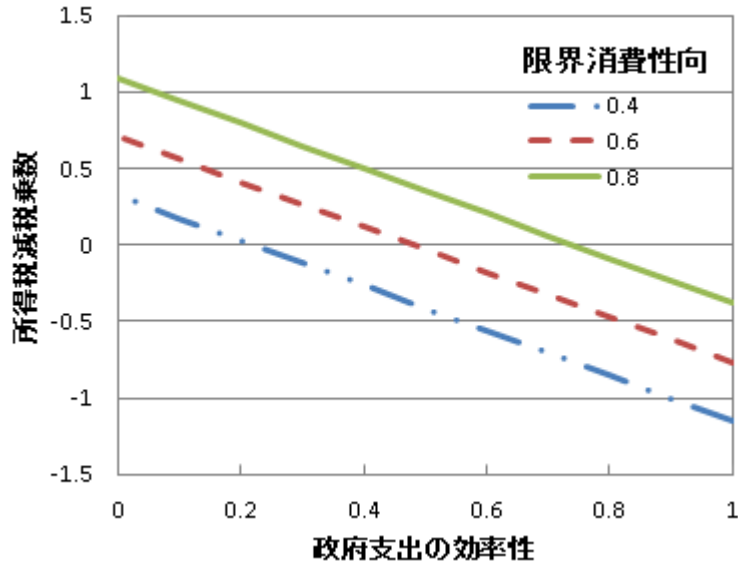


図4.23 所得税減税乗数に及ぼす政府支出の効率性と限界消費性向の影響

4.5.2 法人税の減税乗数の導出

同様に法人税減税による乗数式は以下の様に表すことができる。所得税減税時同様に，法人税減税による消費財の増加量 $p_1 \Delta X_1$ は 4.1 式で表すことができる。この時，所得税減税と異なり， $p_1 \Delta D_1^e$ は法人税減税による可処分所得の増加によって表すことができる為，4.10 式で表される。

$$\begin{aligned}
 p_1 \Delta D_1^w &= \Delta[c_w(1-t_w)W] \\
 &= c_w(1-t_w)\Delta W \\
 p_1 \Delta D_1^e &= \Delta[c_e(-\Delta t_e)(1-t_m)\alpha\Pi] \\
 &= c_e(1-t_e)(-\Delta t_m)\alpha\Pi + c_e(1-t_e)(1-t_m)\alpha\Delta\Pi
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

$\Delta W = wa_{31}\Delta X_1 + wa_{32}\Delta X_2$: 労働者の収入増加額

$\Delta\Pi = mc_1\Delta X_1 + mc_2\Delta X_2 + \eta(-\Delta G)$: 企業の利潤増加額

$\Delta G = (-\Delta t_m)\Pi$: 減税額

4.10 式を 4.1 式に代入し，また森島の式の導出に倣い，b2, b4 を 4.11, 4.12 式に示す様に置き換え，また b1, b3 も同様に置き換えると 4.1 式は 4.13 式で表される。

$$b_2 = c_w(1-t_w)a_{32}\frac{w}{p_1} + c_e(1-t_e)(1-t_m)\alpha m\frac{c_2}{p_2} \tag{4.11}$$

$$b_4 = c_e(1 - t_e)\alpha \quad (4.12)$$

$$p_1\Delta X_1 = b_1 p_1\Delta X_1 + b_2 p_2\Delta X_2 + (-b_4 + b_3)(-\Delta G) \quad (4.13)$$

また，法人税の減税は企業の資本財への投資量を増加させるため，企業利益剰余金増加額の β 倍が設備投資に使われると仮定すると $p_2\Delta X_2$ を 4.14 式で表すことができる．

$$p_2\Delta X_2 = p_2 I_2 = \beta\Delta G \quad (4.14)$$

ここで 4.14 式を 4.13 式に代入すると消費財の売上増加量は減税量の関数として 4.15 式で与えられる．

$$\begin{aligned} p_1\Delta X_1 &= \frac{b_2 p_2\Delta X_2 + (-b_4 + b_3)(-\Delta G)}{1 - b_1} \\ &= \frac{b_2\beta + b_4 - b_3}{1 - b_1} \Delta G \end{aligned} \quad (4.15)$$

従って法人税減税による GDP 増加量 ΔY は 4.16 式で表される．

$$\begin{aligned} \Delta Y &= p_1\Delta X_1 + p_2\Delta X_2 - r \frac{p_5^*}{p_1} a_{51} p_1\Delta X_1 - r \frac{p_5^*}{p_2} a_{52} p_2\Delta X_2 \\ &= (1 - \mu_1) p_1\Delta X_1 + (1 - \mu_2) p_2\Delta X_2 \\ &= [(1 - \mu_1) \frac{b_2\beta + b_4 - b_3}{1 - b_1} + (1 - \mu_2)\beta] \Delta G \end{aligned} \quad (4.16)$$

従って，法人税減税の乗数は 4.17 式で表される．

$$\begin{aligned} \frac{\Delta Y}{\Delta G} &= (1 - \mu_1) \frac{(b_2' \beta + b_4 - b_3)}{(1 - b_1)} + (1 - \mu_2)\beta \\ &= A\beta + (b_4 - b_3) \frac{(1 - \mu_1)}{(1 - b_1)} \end{aligned} \quad (4.17)$$

$$A = (1 - \mu_1) \frac{b_2}{1 - b_1} + (1 - \mu_2): \text{企業の資本財投資乗数}$$

(4.10) 式において， b_3 はおよそ $1 - \eta$ であり，政府支出の非効率度に応じて $0 \sim 1$ の値を取り政府支出の効率度，言い換えれば政府支出の限界消費性向を示す．一方， β 及び b_4 を含む項の合計は法人税減税による民間消費支出の割合を示している．

したがって (4.10) 式は法人税減税の乗数が民間消費支出の限界消費性向と政府支出の効率度の差によって表されることを示している．

(4.10) 式に代表的な値を仮定して法人税減税の乗数を計算した結果，図 4.20 の結果と同様，図 4.24 に示す様に法人税減税の乗数は経営者報酬率が大であるほど，また政府支出の効率度が小さいほど増加する傾向を示した．

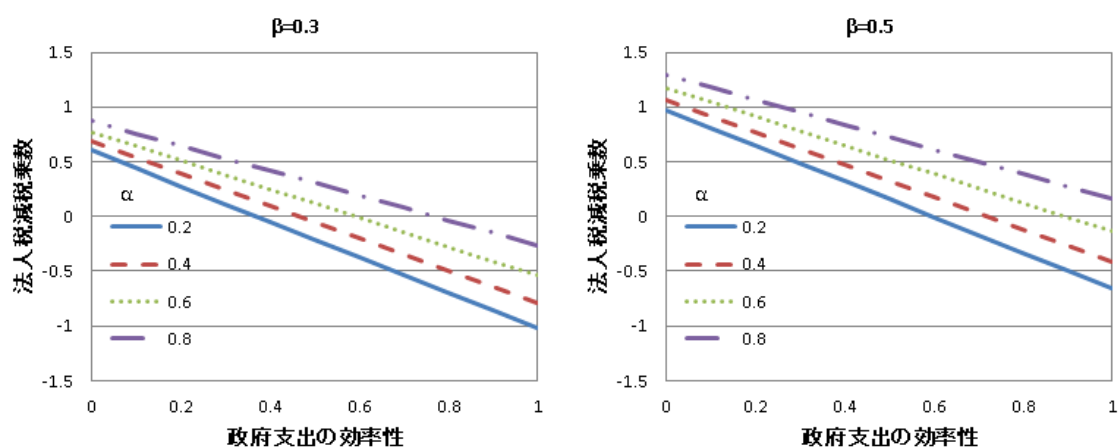


図4.24 法人税減税乗数に及ぼす政府支出の効率性，経営者報酬率 α ，及び投資消費率 β の影響

4.6 まとめ

本研究は日本経済を対象としたエージェントベース人工経済のベースモデルにおける製品財市場を中心とした基本部分と政府機能の相互作用の範囲において，政府支出の富の再配分機能に着目し，政府の徴税と支出が GDP 等のマクロ経済指標に及ぼす機能を確認した．ここで，本研究では政府の支出を資金の移動に加え財の移動が伴う市場で消費財を購入する市場購買と，企業に補助金を交付して資金の移動のみである企業補助の 2 つに仮定し，それぞれ政府支出の効率的支出と非効率的支出と仮定した．

また，この政府支出の効率度と非効率度を着眼点として，所得税，法人税の減税が GDP に及ぼす乗数の影響の解析を行った．その結果，以下のことが明らかとなった．

- 1) ベースモデルにおける再現すべきマクロ挙動とその具備すべきモデル条件について，GDP に及ぼす所得税減税の影響，及び法人税減税の影響のマクロ現象の再現と再現に必要なモデル条件について以下のことを明らかにした．

- GDP に及ぼす所得税減税の影響

GDP に及ぼす所得税減税の影響は，所得税の減税によって GDP が増加する現象であり，製品財市場の基本的な挙動モデルに加えて，政府及び，その徴税と支出機能を加え，さらに政府の支出に限った効率度における効率度の低い支出行動によって再現できる．また，経営者報酬，設備投資の自己資金利用等の生産者の支出に関する行動，及び労働市場は所得税減税の影響再現に必須の条件ではない．

- GDP に及ぼす法人税減税の影響

GDP に及ぼす法人税減税の影響は，法人税の減税によって GDP が増加する現象であり，所得税減税の影響再現の条件に加えて，経営者報酬，設備投資の自己資金

利用，及びこれらの影響を増幅させる設備投資の上限数の緩和によって再現できる．
また，労働市場は所得税減税の影響再現に必須の条件ではない．

- 2) シミュレーション結果から明らかとなった，減税による乗数の再現に必要不可欠である要因を考慮できるように森島の経済連関表モデルを改良し，減税の乗数式を導出した．その結果，所得税の減税乗数は労働者，及び経営者の限界消費性向と政府支出の効率性の差で表すことができ，法人税の減税乗数は経営者及び企業投資の支出割合と政府支出の効率性の差によって表すことができることが分かった．この乗数式に代表的な値を代入し傾向を確かめた結果，シミュレーション結果の傾向と一致し，所得税減税には政府支出の非効率性が，法人税減税には政府支出の非効率の加えて経営者報酬，設備投資の自己資金等の企業の利益剰余を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，政府より民間の効率性が高い場合に減税は GDP を増加させることを明らかにした．

第5章 GDPに及ぼす企業の資金調達行動の影響解析

5.1 はじめに

本章では本研究において開発したベースモデルにおける実体経済システムと金融経済システムの関連について、その基礎部分として製品財市場と株式市場の相互作用における基本挙動となるマクロ現象の再現と現象再現の為のモデル条件を明らかにすると共に、マクロ現象創発のためのメカニズム解析の結果について示す。

ABMの経済研究において、金融経済システムを対象とした研究は多く行われており、人工市場研究[121]は多くの研究が報告されている分野の一つである[122, 123]。この金融経済システムを対象としたABM研究にはサンタフェ人工株式市場研究[82]をはじめとして、外国為替市場[83-84]、先物市場[85]、交換媒介物の創発[86]等多くの分野が存在する。

金融経済システムは現実の経済システムにおいて、実体経済市場相互に作用することによってそれぞれの市場におけるマクロ現象の創発に影響を与えている。この相互作用の現象の一つとして、本研究は製品財市場と株式市場の相互作用に着目した。製品財市場と株式市場の相互作用の現象の一つとして、両事象に影響を及ぼす企業の資金調達の影響が存在すると考えられる。これは製品財市場の需要に応じて企業が設備投資を行う際の資金調達方法によって、製品財市場の資金循環および株式市場の資金循環及びGDPに影響を与えると考えられるためである。

しかしながら、企業の資金調達戦略がGDP等のマクロ経済指標に与える影響について解析を行った研究報告はほとんど見られない。例えばLeBaronらによる一連のABM研究[124-125]は株式市場の処理を取り扱うが企業が新株を発行することについては考慮されていない。また、Ashrafら[114]は市場の参入と退出する企業に対する資金供給の観点から、マクロ経済指標に及ぼす銀行の役割について解析を行っている。Ashrafらの研究は中央銀行による金融政策を考慮にいれて製品財市場と金融市場の間の相互作用を含んでいるが、設備投資の資金調達のための新株の発行は考慮に入っていない。

そこで、本研究は製品財市場と株式市場が相互作用するモデルの範囲において、GDP等のマクロ経済指標に及ぼす企業の資金調達戦略の影響について解析を行い、また株式市場の株価及び製品財市場の物価に及ぼす影響について解析を行った。

5.2 研究目的

本研究は以下のことを目的に研究を行った。

- ・ GDPに及ぼす生産者の設備投資の為の資金調達行動の影響を明らかにする
- ・ 製品財市場の物価、及び株式市場の株価に及ぼす生産者の設備投資の為の資金調達戦略

の影響を明らかにする

5.3 研究方法

5.3.1 モデルの適用範囲

本章は製品財市場と株式市場の関連において、GDP、及び製品財市場と株式市場に及ぼす生産者の資金調達戦略の影響について解析を行う。従って、本章では図 5.1 に示す様にベースモデルにおいて、消費者、生産者、銀行の各主体と製品財市場、株式市場を内包するモデルの部分機能によるシミュレーションを行う。

そのため、本章では政府機能は考慮せず、政府機能に関わるサブモデルを内包しないサブモデル構成によってシミュレーションを行う。また、生産者は自発的な解雇を行わず、倒産した生産者に所属する労働者は最も資産の高い生産者化ら順に一人ずつ自動的に再雇用する。

以下にベースモデルの中から本章で機能させる主体、及び内包するサブモデルの一覧と解析に当たって変更した内容を示す。

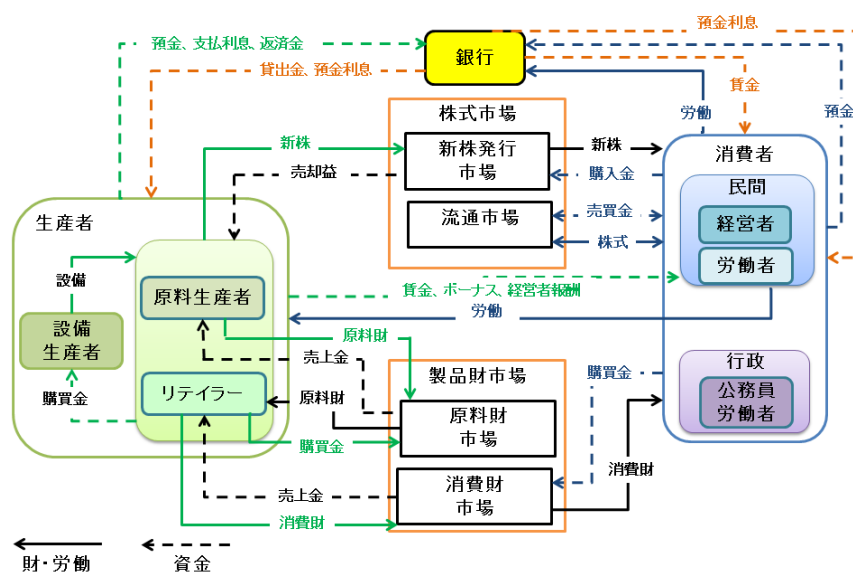


図5.1 製品財・株式市場に及ぼす企業の資金調達行動の影響解析におけるエージェントと市場

主体

- ・ 消費者
- ・ リテイラー

- ・原料生産者
- ・設備生産者
- ・銀行：銀行は、表 5.1 に示す様に借入企業の自己資本比率に応じて金利を変更するように長期借入の金利を外生関数として与える。

表.5.1 貸出先の自己資本率に応じた銀行の貸出金利

自己資本率	貸出金利
80%以上	1.50%
50～80%	2%
30～50%	3%
5～30%	5%
5%以下	10%

サブモデル

- ・価格均衡サブモデル
- ・資金循環サブモデル
- ・サプライチェーンサブモデル
- ・生産能力拡大投資サブモデル：労働市場を考慮しないため、設備投資のみの意思決定を行う。
- ・株式市場サブモデル

5.3.2 シーケンスステップ

本章は以下のシーケンスによってシミュレーションを行う。

1. 消費者は消費予算計画を行う。
2. 原料生産者は価格と生産量を意思決定し、複数種類の原料財を生産し、原料財市場に供給する。
3. リテイラーは価格と生産量を意思決定し、原料財市場において原料を購入し、複数種類の消費財を生産し、消費財市場に製品を供給する。この時、原料を購入する資金が不足する場合は銀行から短期借入を行う。
4. 消費者は予算を制約条件として、自身の効用を最大化する消費財を消費財市場から購入する。また、政府は市場購買予算を予算制約として消費財市場から最も安い価格の製品から順に購買を行う。
5. 各企業は借入金の返済を行う。この時、長期借入金及び金利の返済を優先し、不足する場合は短期借入金に振り替える。
6. 消費者は投資行動ルールに従って株式の売買を行い、リテイラーは一定以上利益が続いている場合に自社株の買い戻しを行う。
7. 各企業は雇用している労働者(消費者)に固定給与及び前期に確定したボーナス額を支払う。この時固定給与額が不足している場合、銀行から短期借入を行う。また、政府は期首の予算計画に従って公務員労働者に給与を支払う。
8. 各企業は発行している株式に応じて株主に配当を支払う。
9. リテイラー及び原料生産者は生産量と在庫を尺度として市場の需要状態を認知し、必要に応じて設備製造者から設備を購入し生産設備の投資を行う。この時、設備投資に必要な資金は新株発行、銀行借入、自己資金によって調達する。
10. 各エージェントは会計決算を行い、企業は利益に応じてボーナス額を計算する。
11. リテイラーは過去から現在までの損益に応じて必要があれば労働者を解雇する。また、前期までの販売量を尺度として生産停止を意思決定し、生産可能な全ての製品種の生産を停止した場合、当該リテイラーは倒産する。

図5.2 製品財市場と株式市場の関連の範囲におけるモデルシーケンス

5.3.3 現実データの利用

本章ではモデルのシミュレーション結果による妥当性を検証するために現実データとの比較を行った。現実データとして日本の1990年から2010年のGDP、消費者物価指数、日経平均株価を利用した。GDP及び消費者物価指数はInternational Monetary Fund (IMF)のWebサイト <http://www.imf.org/external/index.htm> 内にて公開されているWorld Economic Outlook Databasesのデータ[126]を参照した。消費者物価指数はMonetary項目の「Inflation, average consumer prices」を、GDP成長率はNational Accounts項目の「Gross domestic product, constant prices」の自国通貨換算のGDPをそれぞれ参照した。

また、日経平均株価については日経平均プロフィールのWebサイト <http://indexes.nikkei.co.jp/nkave> 内にて公開されている日経平均資料室の「年次データ」を参照した[127]。

5.3.4 シミュレーション条件

実験を構成する基本的なパラメータを表5.2に示す。本研究では労働者である消費者が投資家の機能を兼ねて株式の売買を行うため、消費者のエージェント数を増加し、それに合

わせて各生産者の比率も併せて増加した条件でシミュレーションを行う。

表.5.2 製品財・株式市場に及ぼす企業の資金調達行動の影響解析における基本条件

パラメータ条件			シミュレーション中に変化する状態変数の初期条件		
期数	T	360	消費者の初期資産	Ca_C	30000~50000
消費者	C	300	リテイラー、原料生産者の初期資産	Ca_R	80000~160000
リテイラー	R	60	設備製造の初期資産	Ca_E	200000~220000
原料生産者	W	9	銀行の初期資産	Ca_B	96000000 ~104000000
設備製造	E	1	原料財の初期価格	$p_W^{(0)}$	130~160
銀行	B	1	最終消費財の初期価格	$p_R^{(0)}$	2850~3150
固定給与	W_f	7000~7500			
ボーナス率	r_b	0.95			
製品種数	i_{max}	12			
製品に対する効用数	i_{buy}	3 of 6			
効用の重み	w_e	0.3~1.1			
預入金利	r_{int}	0.50%			
返済期間	RT	120			
一回当たり設備投資価格	p_E	500000			
設備投資フラグ閾値	FT_{int}	10			
生産停止フラグ閾値	FT_s	20			
解雇フラグ閾値	FT_d	5			
株式投資最低参加保有資金	Uca	10000			
額面価格	fp	1000			
配当率	r_{dl}	2%			

シミュレーションの実験水準は表 5.3 に示す様に GDP 及び、製品財市場と株式市場に及ぼす企業の資金調達戦略による両市場の相互作用の影響を解析することを目的に企業の資金調達戦略を調達戦略 A~E の条件を設定した。ここで、調達戦略のそれぞれの実験水準は、全ての生産者が同一の資金調達戦略を採用するものと仮定する。また、資金調達戦略 D 及び、調達戦略 E の混合戦略は全額銀行借入を行った際の戦略 A のコストと、戦略 B, C のそれぞれと比較してコストが安い戦略を設備投資の度に選択する戦略である。

投資家である消費者は 3 種類の投資選択をシミュレーション開始時に所与で与えられるものとし、株式投資の投資戦略はシミュレーション期間中固定とし、各投資戦略を採用する投資家の割合は均一になるように設定した。

表.5.3 製品財・株式市場に及ぼす企業資金調達行動の影響解析における実験水準

	経済挙動に及ぼす企業の資金調達戦略の影響解析				
	資金調達戦略A	資金調達戦略B	資金調達戦略C	資金調達戦略D	資金調達戦略E
企業の資金調達戦略	全額銀行借入調達戦略 (調達戦略A)	新株発行及び銀行借入調達戦略 (調達戦略B)	新株発行及び自己資金利用調達戦略 (調達戦略C)	A・B混合戦略 (調達戦略D)	A・C混合戦略 (調達戦略E)
投資戦略別の投資家の割合	移動平均指向型投資 : 33.3% 企業利益指向型投資 : 33.3% ランダム型投資 : 33.3%				

5.4 シミュレーション結果

5.4.1 GDP推移に及ぼす企業資金調達戦略の影響

GDP に及ぼす生産者の資金調達戦略の影響について、生産者の設備投資の為の資金調達方法を全額銀行借入、新株発行+銀行借入、及び新株発行+自己資金利用の 3 種類の方法でシミュレーションを行った結果を図 5.3 に示す。

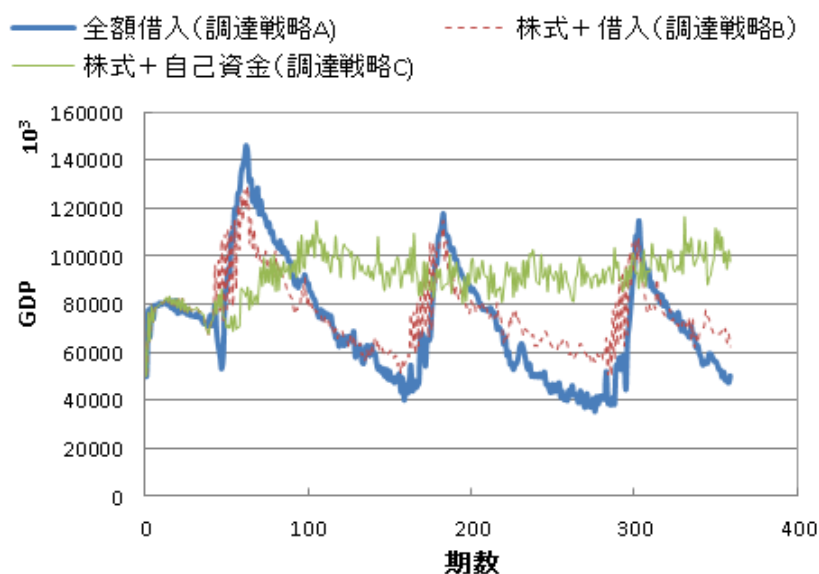


図5.3 GDPの時系列推移に及ぼす企業の資金調達戦略の影響

図 5.3 に示す様に、設備投資に必要な資金を銀行から全額借り入れる調達戦略 A、および株式発行+借入を組み合わせる調達戦略 B 条件はシミュレーション期間中に GDP が上昇・下降の挙動を示している。この GDP の周期的変動は銀行の融資によってシミュレーション期間中に市場への資金の流出・流入が定期的に発生しているために現れている。この現象は 3 章で示したように生産設備の投資に起因し、市場への資金流入と流出によって発生している。

また、調達戦略 A 条件と比較して、調達戦略 B 条件は GDP の上下挙動の谷にあたる値の水準が高い位置で推移している。これは、調達戦略 A 条件と異なり、調達戦略 B 条件は株式市場で資金調達を行うことから返済負担が減少するためである。

一方、設備投資に必要な資金を株式発行+自己資金によって調達する調達戦略 C は図 5.3 に示すように調達戦略 A 条件と比較して GDP の周期的な変動が不明瞭になっている。これは各生産者が設備投資に関する資金調達の手段として銀行から借入を行わないために、周期的な市場内の資金の流出入が発生しないためである。

また、図 5.3 から調達戦略 C 条件は他の条件と比較して、GDP が平均的に高い水準で推移している。これは、銀行借入を行わない為、生産者の借入による返済負担が存在しない

ことに加えて，生産者の利益剰余を設備投資に利用する為に市場を流通する資金量が銀行を経由して流出しないためである．また，銀行借入れを行わないために返済期間中の設備投資制約も存在しないため，結果として図 5.4 に示すように，生産者の設備投資回数の頻度が高くなっている．

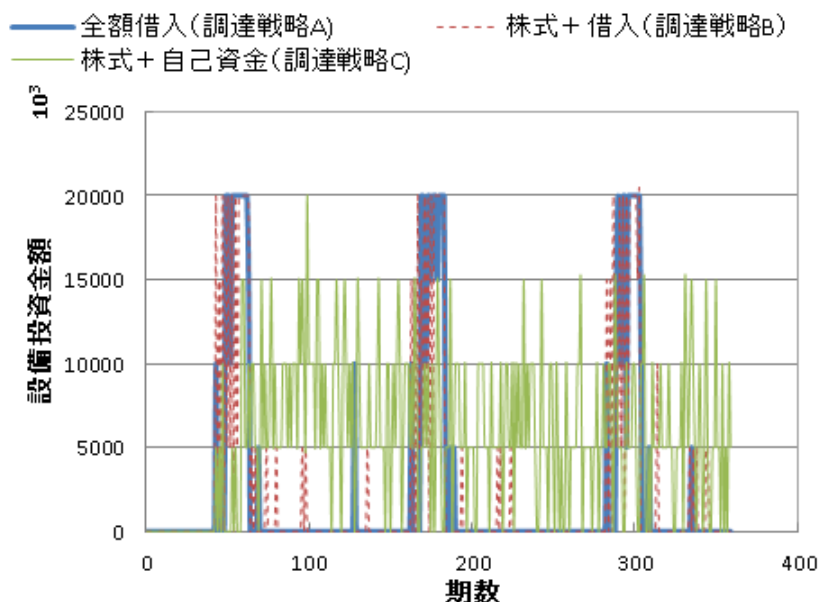


図5.4 設備投資金額の時系列推移に及ぼす企業の資金調達戦略の影響

5.4.2 GDPと物価，及び株価の関係

製品財市場における消費財の価格と株式市場に及ぼす企業の調達戦略の影響について解析した結果を示す．株式市場からの資金調達を行わない調達戦略 A 条件は，図 5.5 に示すように消費財の平均価格，即ち物価と GDP の上下挙動の周期は連動している．この傾向は現実の物価と GDP の関係を定性的に再現しており，消費者の所得が生産者の総売り上げの中から支払われている資金循環構造を本モデルが内包しているため，生産者の総売上高の増加が消費者の総所得の増加を招き，結果的に需要が増大するために起きている．

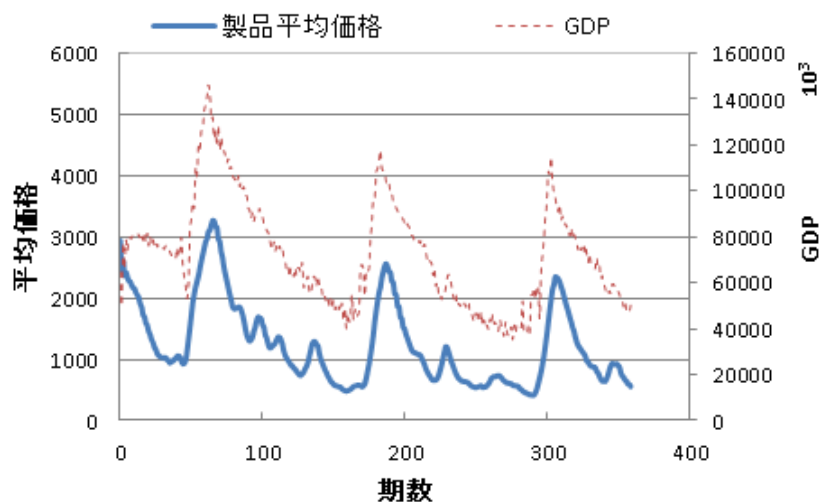


図5.5 調達戦略 A 条件下におけるリテイラー製品の市場平均価格及び、GDP の推移

一方，図 5.6 に示す様に，調達戦略 B 条件下における GDP と物価は連動して推移しているが，GDP・物価と平均株価の間には連動していないことが分かる．この傾向は生産者の設備投資による資金需要のために株式が発行され，一時的に市場内を流通する株式の量が増加するために発生している．具体的には以下の 5 つのステップによって発生している．

- ①価格競争力が強い生産者の設備投資に起因し，市場内を流通する資金量が増加する結果，需要が増加して設備投資需要が集中して発生する
- ②集中的な設備投資に伴い，特定の期間に株式の発行が集中し，株式市場において一時的に株式の供給が過剰になる．結果的に，株式の供給過剰によって，株式の量は消費者の株式購買資力を超え，平均株価は GDP 上昇の限界点よりも早く下降する．
- ③設備投資の一巡後，市場における資金流通量が最も多い状態となり，GDP 等の製品財市場におけるマクロ経済指標，及び消費者の可処分所得は最も高い状態となる．
- ④投資家である消費者の可処分所得がピークを迎える為，株式投資に利用する資金量が増加し，株が購買され株価が上昇する．
- ⑤株価が株式市場の需要に対して高くなる結果，低下を始める．この時，株価の低下と同時に再び設備投資による株式の供給量が増加しさらに株価が低下しする．

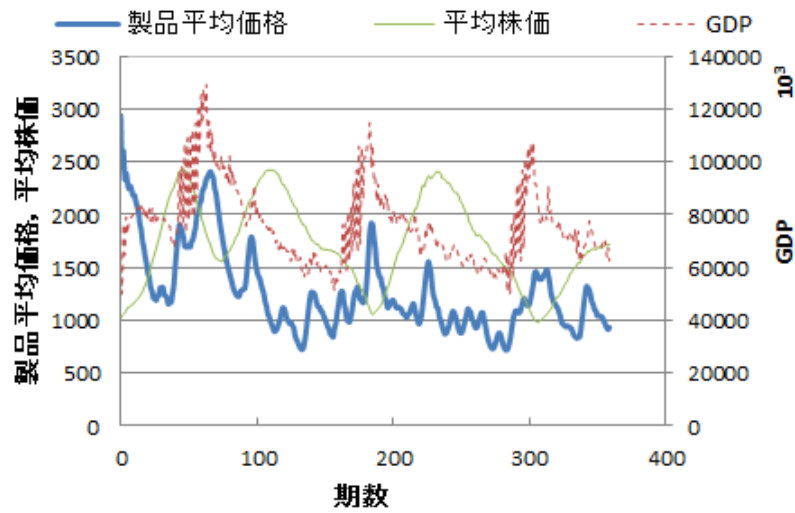


図5.6 調達戦略 B 条件下におけるリテラー製品市場平均価格，平均株価及び GDP の時系列

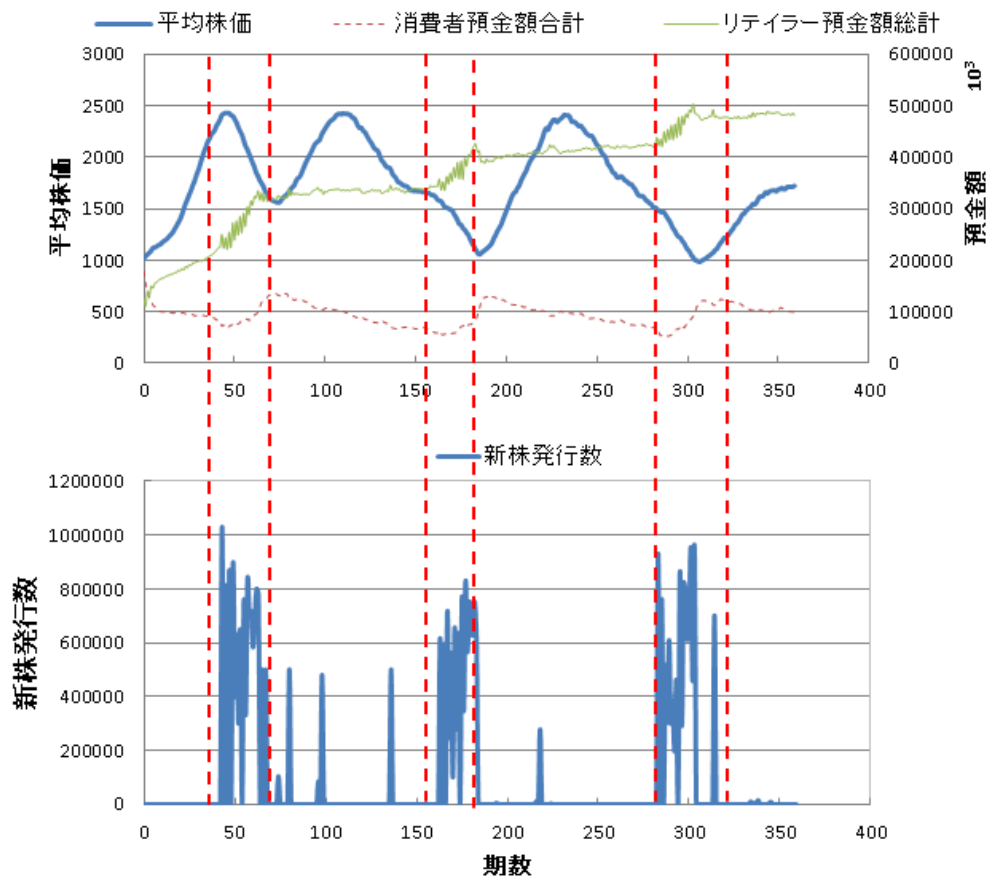


図5.7 調達戦略 B 条件下における平均株価及び消費者預金高と新株発行数及び累積発行済み株式数の関係

また、図 5.8 で示すように調達戦略 C 条件も同様に GDP と製品物価は連動して推移している。一方、平均株価は製品物価との連動性が見られず、最初の変動の後にシミュレーションの終了まで価格は上昇を続けている。

これは本モデルにおいて、株式投資で得られた売買益と配当を再び株式の売買に用いていること、及び設備投資に借入負担が存在しないために設備投資回数即ち新株の発行数が増加する結果、株式市場に回る資金量が増加するために起こっている。

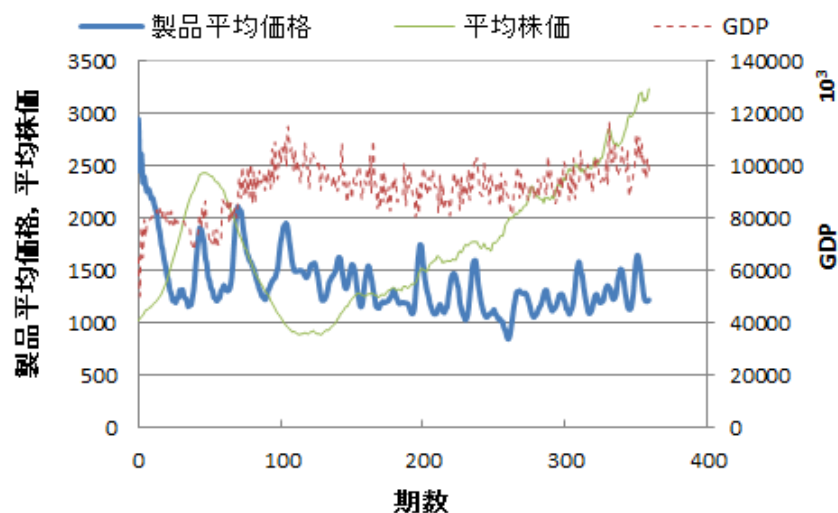


図5.8 調達戦略 C 条件下におけるリテイラー製品市場平均価格、平均株価及び GDP の時系列推移

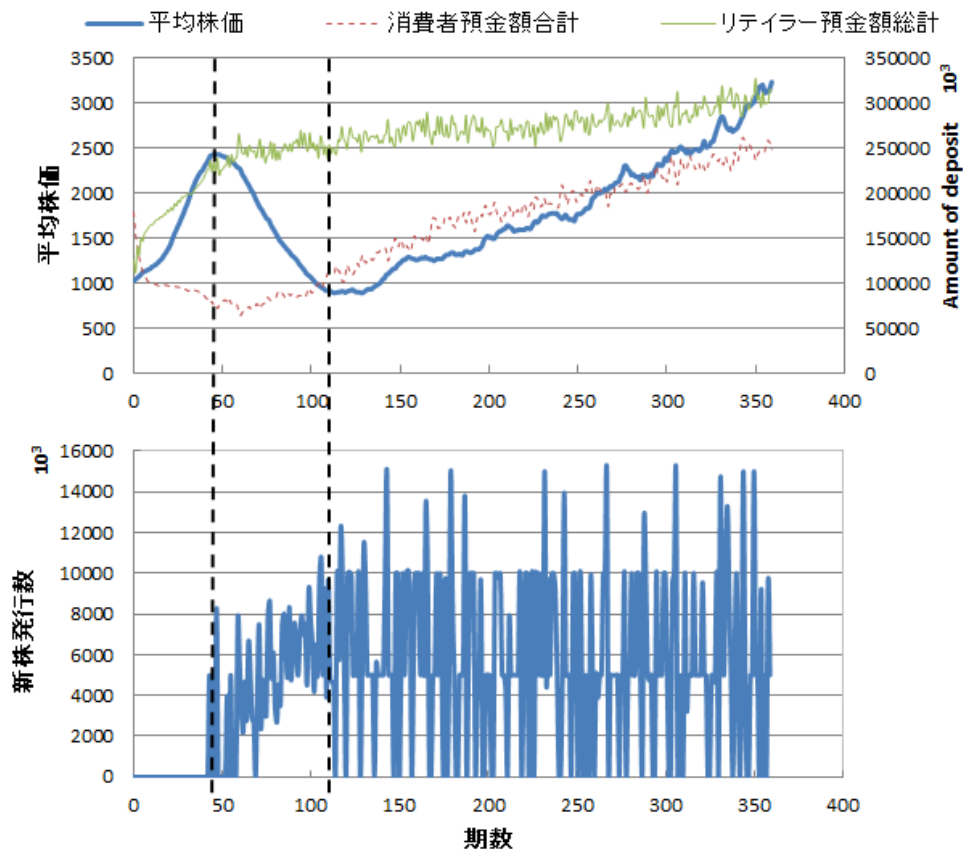


図5.9 調達戦略 C 条件下における平均株価及び消費者預金高と新株発行数及び累積発行済み株式数の関係

5.4.3 企業資金調達混合戦略の影響解析

調達戦略 A,B 及び C の挙動を踏まえたうえで、調達戦略 A と B の行動から、コストが低い調達方法を選択する調達戦略 D,及び調達戦略 A と C の行動から、コストが低い調達を選択する調達 E が GDP に及ぼす影響について解析を行った結果を図 5.10 に示す。本研究では、銀行借入による資金調達のコストを支払利息とし、新株発行のコストを発行後の配当として仮定している。

図 5.10 から、全額借入を行う調達戦略 A と比較して、株式発行による増資が存在する D,E は GDP が比較的高い水準で推移する傾向にあることが分かる。これは調達戦略 A と比較して調達戦略 D,E 条件では設備投資回数が増加しているためである。この設備投資の増加は投資に必要となる資金調達を株式発行による直接金融によって行う結果、銀行からの借り入れ負担が減少するためであると考えられる。

また、調達戦略 E は同様に自己資本を利用する調達戦略 C と比較して、景気の循環挙動が現れている。これはコスト面から借入を選択する企業の存在により市場への資金流入の

インパクトが投資の連鎖を引き起こし、その段階で自己資金に不足がある企業も需要の増加によって借入による投資を行うためであると考えられる。

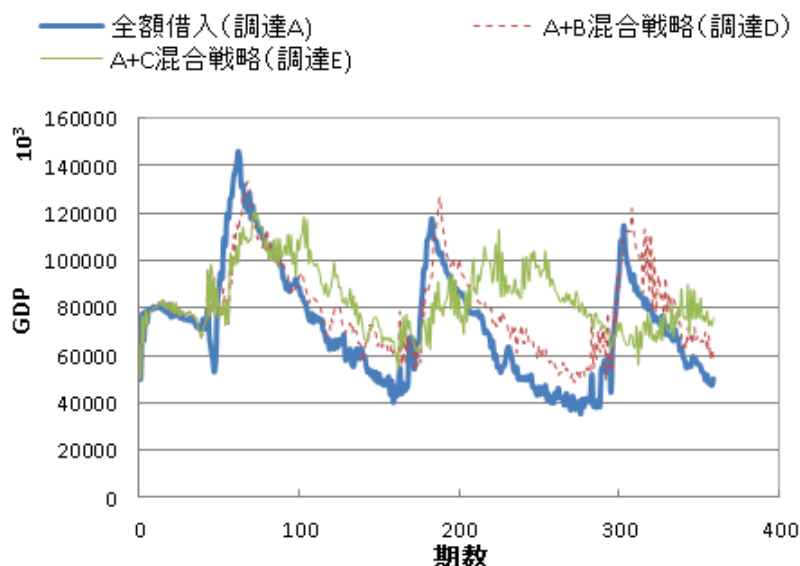


図5.10 GDPの時系列推移に及ぼす調達D及び調達Eの影響

5.5 考察

5.5.1 GDPに及ぼす企業の資金調達戦略の影響

5.4.1 より、GDP に及ぼす企業の資金調達戦略の影響として生産者が株式の発行と自己資金によって設備投資の為の資金調達を行う条件において、GDP に周期的な変動が生じないことが分かった。これは銀行借入を行わないために、設備投資に伴う周期的な市場への資金の流出が存在しないためであり、3 章において景気循環挙動の要因の一つとして再現した銀行借入による市場への資金流入と返済による市場資金流出が循環挙動の再現に必要不可欠であることの結果を裏付けている。

また、株式発行+自己資金利用、株式発行+銀行借入、銀行借入の順に GDP 推移の水準が高くなる傾向にあることが分かった。これは銀行借入を行わない為、生産者の借入による返済負担が存在しないことに加えて、生産者の利益剰余を設備投資に利用する為に市場を流通する資金量が銀行を経由して流出しないためである。一方、企業の資金調達戦略について企業の視点において、日本企業における資金調達挙動では、過半の企業がペッキングオーダー理論に従うとされている[128]。ペッキングオーダー理論では、企業は自己資金利用、借入、株式発行の順に資金調達の優先順位を選好するとされており[128]、本研究における GDP に好影響を及ぼす生産者の資金調達方法の結果とは異なっている。

本研究は GDP に及ぼす生産者の資金調達戦略の影響について焦点を当て、企業の資金調達方法によって GDP 等のマクロ経済指標の推移に変化があることを示した。これに対して、

企業主体の立場に基づいて、どのような資金調達行動を選好するのが企業個々の経済活動にとってより優れているかの視点での解析は今後の課題である。

5.5.2 株式市場に及ぼす製品財市場の影響

株式発行＋銀行借入による生産者の資金調達行動条件において、GDP と物価の推移には連動性がある一方、GDP 及び物価と株価の推移は連動しないことが分かった。この現象は製品財市場の需要と供給によって創発する生産者の設備投資意思決定の集中が生産者の新株発行を経て株式市場の需要と供給に影響を及ぼし、株価に影響を与えている為に起こっている。従って、製品財市場と株式市場の相互作用は生産者の設備投資と資金調達のための新株発行を介して生じる現象を再現している。

また、これらの傾向は設備投資によって一時的に株式の供給が過剰になることによって発生している。言い換えると、GDP 及び製品価格の推移と株価の推移の間にある時差は消費者の可処分所得の増加と、株式の供給に時差が発生するために起きている。

GDP、物価及び株価のような経済指標の時系列変化とそれらの相互関係は現実システムにおいても観測することができる。図 5.11 に示す様に、本研究におけるシミュレーション結果と同様、現実システムにおける GDP と消費者物価指数の間にも連動性が存在することが確認できる。図 5.11 は日本における 1990 年から 2010 年までの GDP と消費者物価指数の推移を表した図である。

さらに GDP 成長率と消費者物価指数の間の相関関係においてもシミュレーション結果と実システムの傾向が類似していることが確認できる。図 5.12 は日本における 1990 年から 2010 年までの間の年ごとの消費者物価指数と GDP の関係と、シミュレーション期間中の各期の GDP 成長率と物価上昇率の関係を示した図である。図 5.12 に示す様に双方の GDP と物価の関係において正の相関が存在する。

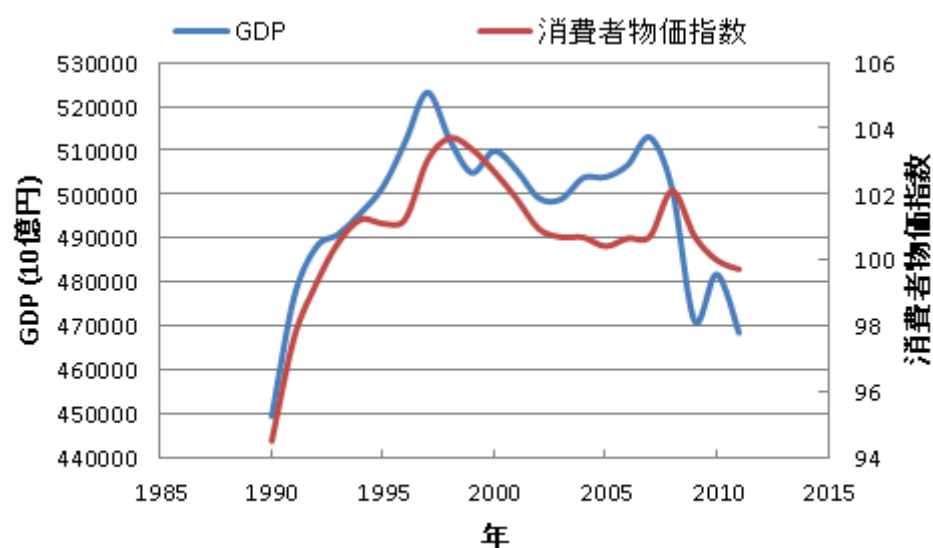


図5.11 日本における過去 20 年分の GDP と消費者物価指数の時系列推移

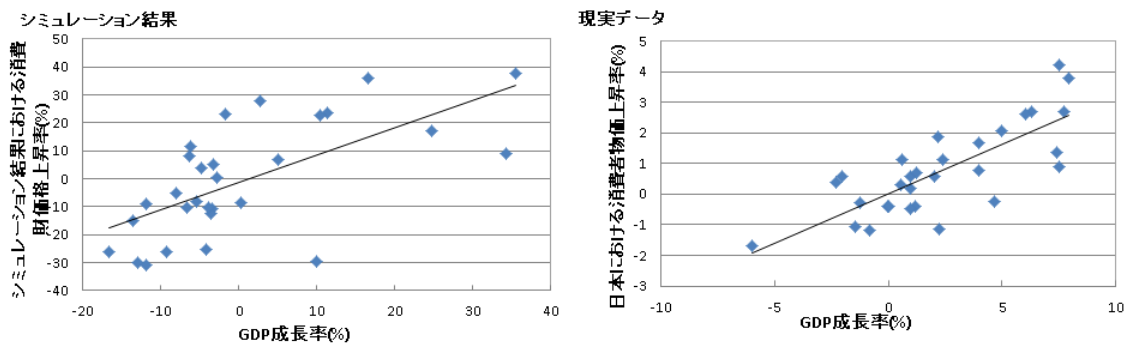


図5.12 シミュレーション結果(左)と日本の実データ(右)における物価上昇率と GDP 上昇率の関係

一方、実システムの平均株価は図 5.13, 14 に示す様にシミュレーション結果と同様、GDP 或いは消費者物価指数と連動していないことが確認できる。また、図 5.15 に示す様にシミュレーション結果と実システムにおける株価上昇率と GDP 成長率に相関関係が見られない。

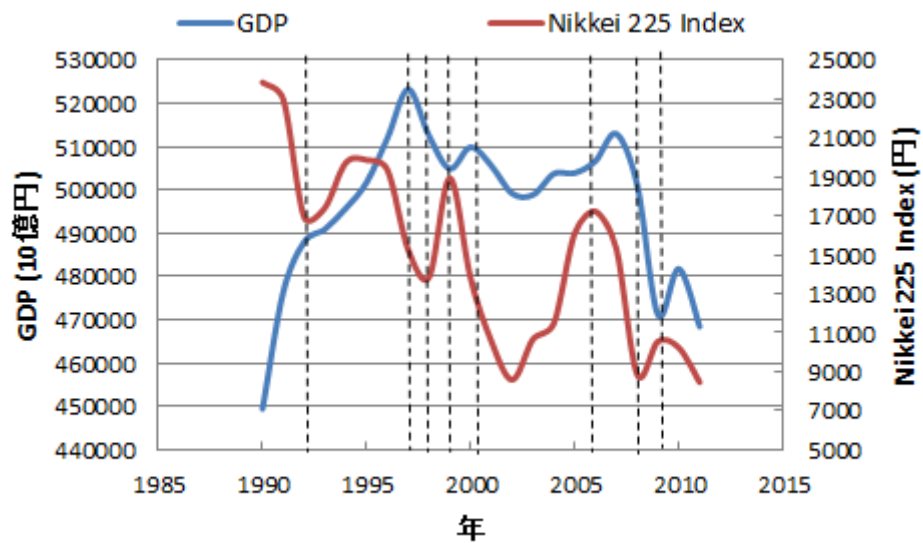


図5.13 日本における過去 20 年分の GDP と日経平均株価の時系列推移

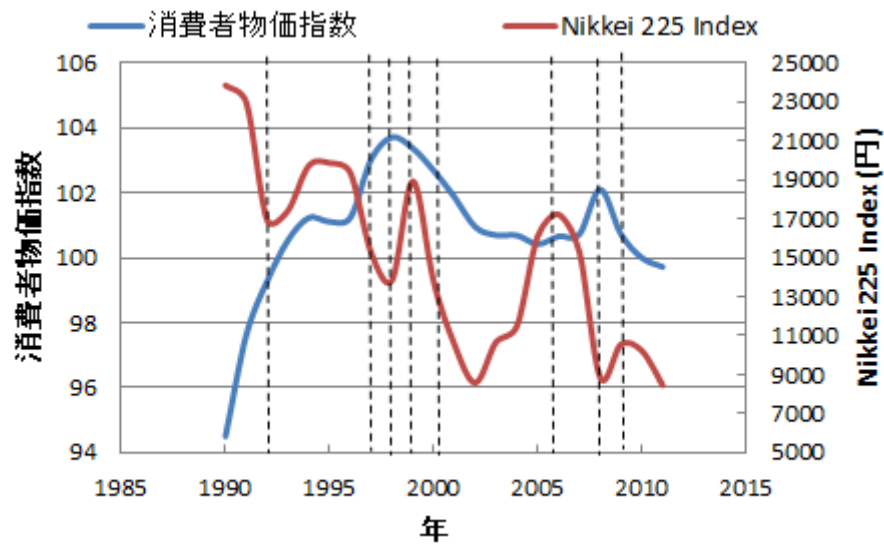


図5.14 日本における過去 20 年分の消費者物価指数と日経平均株価の時系列推移

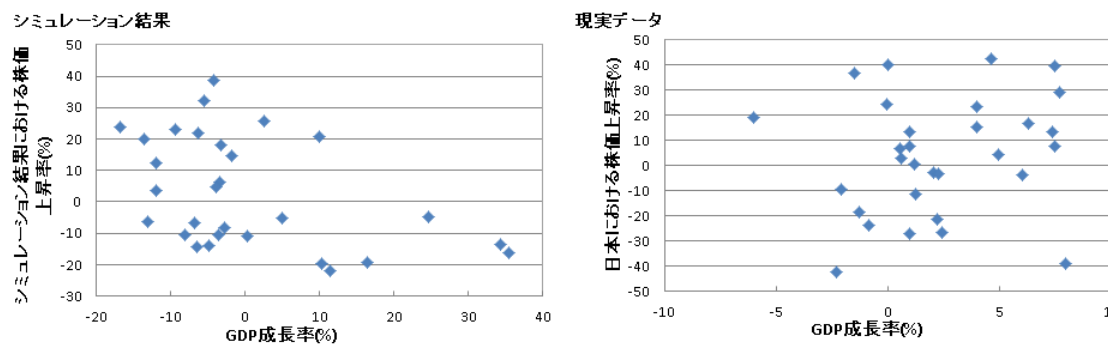


図5.15 シミュレーション結果(左)と日本の実データ(右)における株価上昇率と GDP 上昇率の関係

従って、実システムとシミュレーション結果の双方において、消費者物価と GDP には明瞭な共変動が存在する一方、平均株価と GDP には共変動の関係が見られないことから本研究本研究は実システムの経済指標の振舞いを再現していると考えられる。

本研究における株価と GDP の非共変動は、生産者の設備投資の為の資金調達のための新株発行による一時的な株式の供給過剰によって引き起こされる財市場と株式市場の相互作用の結果によって発生している。しかしながら、実システムにおける GDP と株価の非共変動は、機関投資家や外国人投資家、或いは投資家の経済予測による行動等の影響が存在すると考えられ、生産者による新株発行による理由のみで引き起こされないと考えられる。株式市場におけるこれらの要因の影響は本研究では考慮に入れられておらず、今後の課題として考えられる。

また、株式発行+自己資金利用の条件において、新株発行と自己資金利用の資金調達戦

略条件では株価が常に上昇を続けている。これは本研究において設定した 2 つの条件によって発生している。一つは生産者の運転資金不足の際の短期借入の制限がない為、赤字の生産者の短期借入による資金が製品財市場に流入する一方で、増加した資金の一部は株式配当を通じて消費者へ移動する。また、消費者は製品財市場で得られた所得を製品財と株式市場の両市場で利用する一方で、株式の売買及び配当によって得られた利益は株式の売買のみに用いる為に資金が株式市場に滞留する。結果として株式市場での流通資金量が増加し、株価が上昇を続ける。これらの短期借入の影響、及び消費者の支出行動については今後の課題として考えられる。

しかしながら、銀行借入を利用しない条件では周期的に市場内の資金循環量を変化させる要因が存在しないため、GDP 等のマクロ経済指標の非周期的な挙動は短期借入、或いは消費者の両市場に対する支出の割合の変化等の行動ルールによって影響を受けないものと考えられる。したがって、自己資金利用、及び株式市場からの資金調達では GDP 等のマクロ経済指標の周期的変動が発生しない傾向に変化はないと考えられる。

5.6 まとめ

本研究は日本経済を対象としたエージェントベース人工経済のベースモデルにおける製品財市場を中心とした基本的な経済挙動と金融市場の一つである株式市場との相互作用の範囲において GDP 等のマクロ経済指標に及ぼす生産者の設備投資に伴う資金調達手段の影響について解析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) ベースモデルにおける再現すべきマクロ挙動とその具備すべきモデル条件について、GDP に及ぼす企業の資金調達方法の影響再現に必要なモデル条件について以下のことを明らかにした。

- ・製品財市場と金融市場の資金循環と価格の形成

製品財市場と金融市場の資金循環と価格の形成は製品財市場の需要に応じて行われるエージェントの意思決定により、株式市場及び製品財市場の双方で資金が循環し、製品財市場の製品価格、及び株式市場の株価が影響を受けて変化する。このとき、これらの影響は製品財市場の基本的な挙動モデルに加えて、株式市場、消費者の自己資産の増加を目的とした株式売買、及び生産者が設備投資の自己資金調達に新株発行の売却による調達によって再現できる。

- 2) 生産者の設備投資に伴う資金調達を新株発行と自己資金によってのみ行う条件において、GDP 等のマクロ経済指標は周期的な変動が発生しないことが分かった。これは設備投資に伴う銀行借入による製品財市場内への資金流入と流出が周期的に発生しないために発生しており、3 章における景気循環の重要な要因として挙げた銀行借入による資金流入の影響を裏付ける結果である。

また、GDP に及ぼす生産者の資金調達方法の影響の観点から、株式発行＋自己資金、

株式発行＋銀行借入，銀行借入の順に GDP の水準が高くなることが分かった。

- 3) 新株発行による資金調達と不足額を銀行から借り入れる資金調達戦略の条件下で，消費財の平均価格，即ち消費者物価及び GDP は共変動の傾向が現れる一方で，平均株価と GDP・物価の挙動は非共変動の傾向を示した．これは本モデルにおいては設備投資に伴う株式の一時的な供給過剰と設備投資に伴う投資家である消費者の可処分所得の間に時差が存在するためである．株価と GDP の非共変動性は現実システムにおけるデータにおいても観測され，日本における GDP，消費者物価指数，及び日経 225 インデックスの関係においても観測される．従って，本研究における株価と GDP・物価は実システムのこれらの指標における非共変動の傾向を再現したと考えられる．また，本モデルにおいて，企業の投資による経済状態の向上による投資原資増加と株式の供給量増加の間に時差があることによって発生しており，GDP・物価と株価の非共変動の要因の一つであると考えられる．

第6章 結論

6.1 結論

本研究は社会・経済の諸問題に適用できる可能性を持つ ABM アプローチによって、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が可能な日本経済の基本挙動を再現できる ABM 人工経済モデルの構築を念頭に、その基礎部分にあたるベースモデルとして、消費者、生産者、銀行、政府、製品材市場、及び株式市場からなる人工経済システムモデルの開発を行った。また、モデルの構築にあたっては、日本経済の基本挙動に関わるマクロ現象として、需要と供給による価格均衡、サプライチェーン及び資金循環、所得税及び法人税減税と GDP の関係、及び製品材市場と株式市場の相互作用に着目し、これらのマクロ現象を再現するためのモデル条件を、要因を一つずつ変更する実験的アプローチによって解明しつつ、モデル開発を行った。また、モデル条件解明の過程で、着目したマクロ現象に関わる種々の要因間の関係を解析することにより、個々のマクロ現象の創発に関わるメカニズムについて考察した。

その結果、2 章において、本研究で対象としたマクロ現象を再現するために必要なモデルの具備すべき条件をまとめて示すと共に、開発したモデルの詳細を示した。

3 章において、モデルの製品材市場を中心としたマクロ経済の基本挙動に焦点を当て、消費者の低価格指向の購買と生産者の在庫管理指向の生産量・価格の決定の行動原理によって、需要と供給による価格均衡が内生的に再現できること、サプライチェーン、資金循環が本モデルによって再現できることを明らかにした。また、設備投資に起因した銀行から市場への資金流入と設備投資の一巡後の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明らかにし、本モデルによって景気循環挙動の一因を再現できることを示した。

4 章において、政府の基本機能である徴税・支出機能と製品材市場における取引の相互作用に焦点を当て、富の再分配機能としての政府の徴税・支出の機能が本モデルによって再現できることを示した。また、GDP に及ぼす減税の影響について解析し、所得税、及び法人税の減税が GDP に及ぼす乗数効果が本モデルによって再現できることを示すと共に、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。また、そのメカニズム解明の一環として、森嶋の経済連関表を基に減税の乗数式を導出し、乗数式から得られる諸要因の影響の結果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の減税乗数は政府支出の効率性と民間消費の効率性の差によって表わされることを明らかにした。

また、5 章において、実体経済と金融経済の相互作用に焦点を当て、製品材市場と株式市場

において企業の資金調達戦略がGDP等のマクロ経済指標に及ぼす影響について解析を行い、設備投資の為の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。

以上のように、本研究では、膨大かつ複雑なマクロ経済システム全体の中では一部分に限定された範囲ではあるが、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、などマクロ経済の基本的挙動を再現できるモデルを構築し、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。

6.2 今後の課題

本研究は日本経済を対象としたエビデンスベース・分析的アプローチを可能とするABM人工経済モデルの構築のための基礎となるベースモデルを構築すると共に、主要なマクロ経済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し、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た。

しかしながら、本研究で構築した人工経済モデルは、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であり、対象としている範囲は製品財市場を中心とした取引による実体経済システム機能の一部、富の再分配を対象とした政府の徴税と支出機能、及び株式市場の取引による金融経済システム機能の一部である。

今後は、本研究で構築したモデルを基礎として、以下に示すように、主要マクロ経済機能の拡張およびモデル精緻化に向けた拡張が必要と考えられる。

1. 政府・中央銀行による金融政策機能を内包したモデルへの拡張

- ・政府による国債発行機能の追加、及び国債取引市場の金融経済市場への追加

国債取引市場での取引参加者には、金融機関その他の投資家の他、中央銀行を含ませる。取引の結果として国債価格が内生的に決定され、結果として長期金利が内生的に計算できるモデルとすることが望まれる。

- ・中央銀行機能に貨幣発行機能、及びその他の金融政策機能の追加

これらの2機能を本研究のベースモデルに追加することにより、政府中央銀行による金融政策機能を内包したモデルへの拡張が可能になると考えられる。

2. 国際取引を含むモデルへの拡張

最終的には国内市場と同じ構造と海外市場を複数考慮し、為替レートも内生的に決定されるモデルを構築することは可能と思われるが、以下のステップで段階的に

モデル構築を行うことが現実的と考えられる。

- ・代表的海外エージェントの追加

全ての国際取引を行う海外主体を1エージェントで代表させ、このエージェントが全ての国際取引を行うモデルとする。この際、為替レートは外生的に与え、資金は国際的に循環するモデルへの拡張。

- ・代表的海外エージェントとの取引において、為替レートが内生的に決定されるモデルへの拡張
- ・複数の内生的な需要と供給が機能する国内市場と同構造の市場構造を保有する海外との海外取引、及び為替レートが内生的に決定されるモデルへの拡張

3. 製品財市場の機能の多様性を内包したモデルへの拡張

- ・企業の成長・淘汰、および賃金が内生的に決定されるモデルの内包
生産性はコブダグラス型生産関数の係数として外生的に与える。
- ・業種の多様化（第1次、2次、3次産業、各産業の業種の多様化）
- ・資本財市場の導入、消費財の種類の多様化
- ・消費税・累進課税の導入
- ・より精緻なモデルへの展開

4. 金融市場の機能の多様性を内包したモデルへの拡張

- ・株式市場に加えて、債権市場（社債等）を追加
これにより金融ポートフォリオ理論に基づく投資家行動を考慮することが可能となる。
- ・投資家の種類および行動ルールの多様化
投資家として本モデルで仮定している消費者だけでなく、機関投資家や銀行等を含めたモデルとし、投資家の種類をより実態に近いものとする点が第一である。これら投資家種類の多様化は製品財市場と金融市場の間の資金循環を介して様々なマクロ経済現象に影響を及ぼすことが考えられる。
次に投資家の行動ルールについての多様化も必要である。望ましくは投資家の種類および各種の投資家の行動ルールをより実態に近づけたモデルとすることが必要と考えられる。

上記に示した今後の課題は、本研究で構築したベースモデルの拡張によって解決することができると考えられ、本研究で明らかにした手法により様々なマクロ現象再現の為のモデル条件を明らかにしつつ、モデルをより実用的なモデルに拡張・発展させることが可能と考えられる。このことから、マクロ現象再現のためのモデル条件の解明の視点の下で構築したベースモデルの構築および本研究の成果は極めて意義のあるものであると考えられる。

参考文献

1. Epstein, J. M. (1999). 人工社会：複雑系とマルチエージェント・シミュレーション.
2. ハーバート・サイモン. (1987). システムの科学. 稲葉元吉他訳, パーソナルメディア社.
3. Buchanan, Mark. (2009). 歴史はべき乗則で動く. 水谷淳他訳, 早川書房.
4. Bak, P., Tang, C., & Wiesenfeld, K. (1987). Self-organized criticality: An explanation of $1/f$ noise. *Physical Review Letters*, 59(4), 381-384.
5. 塩沢由典. (2000). システム・アプローチに欠けるもの：経済学における反省（〈特集〉システム論を問いなおす）. *社会・経済システム*, (19), 55-67.
6. 小山友介. (2004). 経済学における進化的視点と新しいアプローチ（〈特集〉進化の周辺）. *人工知能学会誌*, 19(6), 694-701.
7. 中込正樹. (2010). 食品の偽装表示と企業倫理の認知経済学：アノマリーに対する試論的考察（田野慶子教授追悼号）. *青山経済論集*, 62(3), 139-168.
8. 井上達男. (2011). 経営分析研究の国際化：国際共同研究の経験から. *年報経営分析研究*, (27), 101-108.
9. 本浪清孝. (2011). 効率性市場仮説に対する私的考察. *近畿大学短大論集*, 44(1), 1-9.
10. 進化経済学会. (2006). 進化経済学ハンドブック. 共立出版.
11. Farmer, J. D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685-686.
12. 時永祥三. (2000). 複雑系による経済モデル分析. 九州大学出版会.
13. 松下貢. (2011). 複雑系の統計性（非平衡系の物理-非平衡ゆらぎと集団挙動-, 研究会報告）. *物性研究*, 96(1), 51-54.
14. I・ウォーラステイン. (1993). 脱=社会科学—19世紀パラダイムの限界. 本多健吉, 高橋章, 藤原書店.
15. 相澤哲. (2007). I. ウォーラステインによる「社会科学」批判について. *長崎国際大学論叢*, 7, 1-11.
16. 出口弘. (1997). 社会科学とポリエージェントシステム. *オペレーションズ・リサーチ*, 42(9), 592-597.
17. Buchanan, M. (2009). Meltdown modeling, Could agent-based computer models prevent another financial crisis. *Nature* 460(6), 680-682.
18. 辻竜平, & 渡邊勉. (2004). 特集 社会科学におけるエージェント・ベースト・モデルの最前線. *理論と方法*, 19(1), 17-20.
19. 出口弘, & 木嶋恭一. (2009). エージェントベースの社会システム科学宣言-地球社会のリベラルアーツめざして. *エージェントベースの社会システム科学宣言-地球社会*

のリベラルアーツめざして。勁草書房。

20. Schelling, T. C. (2006). *Micromotives and macrobehavior*. WW Norton & Company.
21. Axelrod, Robert. (2003). 対立と協調の科学: エージェント・ベース・モデルによる複雑系の解明. 寺野隆雄翻訳, ダイヤモンド社.
22. Gilbert, N. (2008). *Agent-based models* (No. 153). Sage.
23. 塩沢由典. (2002). 企画趣旨 (〈特集 II〉システム論の新領域). 社会・経済システム, (23), 41-42.
24. 高橋真吾. (2000). エージェントベースモデリングのための数理的システム理論の課題 (〈特集〉システム論を問いなおす). 社会・経済システム, (19), 46-54.
25. 寺野隆雄. (2004). エージェント・ベース・モデリングへの招待 (〈特集〉エージェント・ベース・モデリング). オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, 49(3), 131-136.
26. 寺野隆雄. (2010). なぜ社会システム分析にエージェント・ベース・モデリングが必要か (ミニ特集 社会デザイン). 横幹, 4(2), 56-62.
27. 生天目章. (2008). マルチエージェントと複雑ネットワーク. 日本ロボット学会誌, 26(1), 23-27.
28. 和泉潔. (2002). 人工市場の作り方: ヤッコと呼ばれないために (「マルチエージェントシミュレーションの社会システムへの応用特集号」). システム/制御/情報: システム制御情報学会誌, 46(9), 547-554.
29. 森嶋通夫. (1984). 無資源国の経済学: 新しい経済学入門. 岩波書店.
30. 井堀利宏, & 近藤広紀. (1998). 公共投資と民間消費: 財政赤字と乗数の分析. フィナンシャル・レビュー, (47), 10.
31. 塩沢由典. (1999). ミクロ・マクロ・ループについて. 経済論叢, 164(5), 1-73.
32. 柴 直樹. (2010). エージェント・ベース・アプローチにおけるモデルの妥当性について. 経営情報学会春季全国研究発表大会要旨集
33. Ogibayashi, Shigeaki. Private Communication.
34. 金谷泰宏, 出口弘, 齋藤知也, 兼田敏之, 小山友介, 市川学, & 田沼英樹. (2008). 新型インフルエンザに対するパンデミック対策プログラムとプロジェクト分析 (〈特集〉エージェントベース社会シミュレーションの動向と展望). オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, 53(12), 667-671.
35. 中野統英. (2009). エージェントベースシミュレーションにおける Q 学習を用いたうわさの流布状況の解析. 追手門経営論集, 15(2), 1-18.
36. 鳥海不二夫, & 石井健一郎. (2007). 学級集団形成における教師による介入の効果. 電子情報通信学会論文誌, 90, 2456-2464.
37. 林田智弘, 西崎一郎, & 片桐英樹. (2007). 社会的評判を考慮したネットワーク形成に関するエージェントベースシミュレーション分析 (不確実性を含む意思決定の数

- とその応用). 数理解析研究所講究録, 1548, 170-177.
38. 中野統英. (2008). エージェントベースシミュレーションにおける前期採用者の採用ルールの違いによる採用者数の変化の解析. 追手門経営論集, 14(2), 93-105.
 39. 西野成昭, 佐藤勇氣, 竹中毅, 石井健一, 丹生隆之, & 上田完次. (2009). 公共財供給問題としてのインフォーマルコミュニケーションのモデル化と創出メカニズムの分析 (エージェントベースシミュレーション, < 特集> ソフトウェアエージェントとその応用論文). 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, 92(11), 1945-1955.
 40. 南一久, 村上陽平, 河添智幸, & 石田亨. (2002). マルチエージェントシステムによる避難シミュレーション. 人工知能学会.
 41. 兼田敏之, & 吉田琢美. (2008). 歩行者回遊行動のエージェントモデリング (< 特集> エージェントベース社会シミュレーションの動向と展望). オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, 53(12), 672-677.
 42. 伊藤尚, 前田義信, 林豊彦, & 渡辺哲也. (2009). マルチエージェント生産経済モデルのダイナミクスの評価. 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, 109(152), 17-22.
 43. 河合勝彦. (2007). 認知的な制限を取り入れた新製品普及モデルの考察. オイコノミカ, 44(2), 89-104.
 44. 鳥山正博, 菊地剛正, 中川裕司, 山田隆志, & 寺野隆雄. (2008). エージェントベースシミュレーションを用いた企業組織の経営環境認識モデル. 情報処理学会研究報告. MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告, 2008(41), 39-44.
 45. 野村淳一. (2008). JIT 生産システム分析へのエージェントベースシミュレーションの応用に関する一考察. 星城大学経営学部研究紀要, 6, 45-56.
 46. SOARS Project -Official Website-. <http://www.soars.jp/ja/>. (閲覧日: 2014年2月1日).
 47. MAS コミュニティ. <http://mas.kke.co.jp/> (閲覧日: 2014年2月1日).
 48. Net-logo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. (閲覧日: 2014年2月1日).
 49. MASON. <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>. (閲覧日: 2014年2月1日).
 50. Aoki, M., & Yoshikawa, H. (2007). Non-self-averaging in macroeconomic models: A criticism of modern micro-founded macroeconomics. *Economics Discussion Paper*, (2007-49).
 51. Caballero, R. J. (2010). *Macroeconomics after the crisis: Time to deal with the pretense-of-knowledge syndrome* (No. w16429). National Bureau of Economic Research.
 52. Fagiolo, G., & Roventini, A. (2012). On the scientific status of economic policy: a tale of alternative paradigms. *Knowledge Engineering Review*, 27(2), 163-185.
 53. Dosi, G. (2011). Economic coordination and dynamics: some elements of an

- alternative “evolutionary” paradigm. *Institute for New Economic Thinking* (downloaded from <http://ineteconomics.org/blog/inet/giovanni-dosi-response-john-kay-elements-evolutionary-paradigm> on 3 February 2012).
54. Fagiolo, G., & Roventini, A. (2012). Macroeconomic policy in dsge and agent-based models. *Revue de l'OFCE*, (5), 67–116.
 55. Howitt, Peter. “What have central bankers learned from modern macroeconomic theory?.” *Journal of macroeconomics* 34.1 (2012): 11–22.
 56. Arifovic, J. (1994). Genetic algorithm learning and the cobweb model. *Journal of Economic dynamics and Control*, 18(1), 3–28.
 57. Dawid, H., & Kopel, M. (1998). On economic applications of the genetic algorithm: a model of the cobweb type. *Journal of Evolutionary Economics*, 8(3), 297–315.
 58. Franke, R. (1998). Coevolution and stable adjustments in the cobweb model. *Journal of Evolutionary Economics*, 8(4), 383–406.
 59. Chen, S. H., & Yeh, C. H. (1996). Genetic programming learning and the cobweb model. *Advances in genetic programming*, 2, 443–466.
 60. Chen, S. H., & Yeh, C. H. (1997, January). Modeling speculators with genetic programming. In *Evolutionary Programming VI* (pp. 137–147). Springer Berlin Heidelberg.
 61. Arifovic, J. (1995). Genetic algorithms and inflationary economies. *Journal of Monetary Economics*, 36(1), 219–243.
 62. Bullard, J., & Duffy, J. (1998). A model of learning and emulation with artificial adaptive agents. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 22(2), 179–207.
 63. Bullard, J., & Duffy, J. (1999). Using genetic algorithms to model the evolution of heterogeneous beliefs. *Computational Economics*, 13(1), 41–60.
 64. Chen, S. H., & Yeh, C. H. (1999). Modeling the expectations of inflation in the OLG model with genetic programming. *Soft Computing*, 3(2), 53–62.
 65. Duffy, J. (2001). Learning to speculate: Experiments with artificial and real agents. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25(3), 295–319.
 66. Westerhoff, F. (2010). An agent-based macroeconomic model with interacting firms, socio-economic opinion formation and optimistic/pessimistic sales expectations. *New Journal of Physics*, 12(7), 075035.
 67. Chan, C. K., & Steiglitz, K. (2008). An agent-based model of a minimal economy. *Princeton University*.
 68. Gintis, H. (2006). The emergence of a price system from decentralized bilateral exchange. *Contributions in Theoretical Economics*, 6(1), 1–15.

69. Dosi, G., Fagiolo, G., & Roventini, A. (2006). An evolutionary model of endogenous business cycles. *Computational Economics*, 27(1), 3–34.
70. Fagiolo, G., Dosi, G., & Gabriele, R. (2005). Towards an evolutionary interpretation of aggregate labor market regularities. In *Entrepreneurships, The New Economy and Public Policy* (pp. 223–252). Springer Berlin Heidelberg.
71. 西部忠. (2000). 多層調整企業モデルによる複雑適応系シミュレーション. *進化経済学会第4集*, 288–291.
72. 吉地望, & 西部忠. (2004). 自律分散型市場における多層的調整企業モデル—マルチエージェントシミュレーションにもとづく, 西部忠編著, *進化経済学のフロンティア*, 日本評論社, 123–157.
73. 今福啓. (2007). マルチエージェント社会における生産–消費間の資金循環ダイナミズムのモデル化と分析—消費と貯蓄割合にもとづいた分析. *独協経済*, (84), 55–64.
74. 今福啓. (2008). エージェント社会における生産–消費間の資金循環に関する影響分析—労働者の努力水準と賃金支払い基準パラメータによる拡張モデルからの検討. *情報科学研究*, (25), 55–63.
75. 池田裕一, & 相馬亘. (2011). マクロな経済現象を解き明かす企業エージェントモデル (シミュレーションの世界). *シミュレーション*, 30(1), 23–27.
76. Chen, S. H., & Chie, B. T. (2008). Lottery markets design, micro-structure, and macro-behavior: An ACE approach. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(2), 463–480.
77. Mannaro, K., Marchesi, M., & Setzu, A. (2008). Using an artificial financial market for assessing the impact of Tobin-like transaction taxes. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(2), 445–462.
78. Westerhoff, F. H., & Dieci, R. (2006). The effectiveness of Keynes-Tobin transaction taxes when heterogeneous agents can trade in different markets: a behavioral finance approach. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 30(2), 293–322.
79. Happe, K., Balmann, A., Kellermann, K., & Sahrbacher, C. (2008). Does structure matter? The impact of switching the agricultural policy regime on farm structures. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(2), 431–444.
80. Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, L., & Winter, S. (2001). Competition and industrial policies in a ‘history friendly’ model of the evolution of the computer industry. *International Journal of Industrial Organization*, 19(5), 635–664.
81. Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, L., & Winter, S. (2008). Public policies and changing boundaries of firms in a “history-friendly” model of the co-evolution

- of the computer and semiconductor industries. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(2), 355–380.
82. Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., Palmer, R., & Taylor, P. (1996). *Asset pricing under endogenous expectation in an artificial stock market* (No. 96-12-093).
 83. Izumi, K., & Ueda, K. (2001). Phase transition in a foreign exchange market—analysis based on an artificial market approach. *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on*, 5(5), 456–470.
 84. 和泉潔, & 植田一博. (2000). 人工市場アプローチによる為替シナリオの分析. *電子情報通信学会技術研究報告. AI, 人工知能と知識処理*, 99(533), 9–16.
 85. 佐藤浩, 久保正男, 福本力也, 廣岡康雄, & 生天目章. (2000). 人工市場のシステム構造. *人工知能学会誌*, 15(6), 974–981.
 86. Howitt, P., & Clower, R. (2000). The emergence of economic organization. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 41(1), 55–84.
 87. LeBaron, B. (2002). Building the Santa Fe artificial stock market. *Physica A*.
 88. Chen, S. H., & Yeh, C. H. (2001). Evolving traders and the business school with genetic programming: A new architecture of the agent-based artificial stock market. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25(3), 363–393.
 89. Yeh, C. H., & Chen, S. H. (2001). Toward an integration of social learning and individual learning in agent-based computational stock markets: The approach based on population genetic programming. In *Sixth International Conference on Computing in Economics (CEF' 2000)*.
 90. Pryor, R. J., Basu, N., & Quint, T. (1996). Development of Aspen: A microanalytic simulation model of the US Economy. *Sandia Report# SAND96-0434, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, (Febr.)*.
 91. Basu, N., Pryor, R., & Quint, T. (1998). ASPEN: A microsimulation model of the economy. *Computational Economics*, 12(3), 223–241.
 92. Slepoy, N. A., & Pryor, R. J. (2002). Analysis of price equilibriums in the aspen economic model under various purchasing methods. *SAND2002-3693. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories*.
 93. Barton, D. G., Eidson, E. D., Schoenwald, D. A., Stamber, K. L., & Reinert, R. K. (2000). Aspen-ee: An agent-based model of infrastructure interdependency. *SAND2000-2925. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories*.
 94. Dawid, H., Gemkow, S., Harting, P., Kabus, K., Neugart, M., & Wersching, K. (2008). Skills, innovation, and growth: an agent-based policy analysis. *Jahrbucher fur Nationalokonomie und Statistik*, 228(2), 251.

95. Cincotti, S., Raberto, M., & Teglio, A. (2010). Credit money and macroeconomic instability in the agent-based model and simulator Eurace. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 4.
96. Russo, A., Catalano, M., Gaffeo, E., Gallegati, M., & Napoletano, M. (2007). Industrial dynamics, fiscal policy and R&D: Evidence from a computational experiment. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 64(3), 426-447.
97. 服部良太, & 前田栄治. (2000). 日本の雇用システムについて. *日本銀行調査月報* 2000 年, 1.
98. 栗原 謙三, & 明石 吉三. (2000). *経営情報処理のためのオペレーションズリサーチ*. コロナ社.
99. 日本銀行調査統計局. (2000 年 8 月 8 日). 日本企業の価格設定行動—「企業の価格設定行動に関するアンケート調査」結果と若干の分析—. *日本銀行統計局*.
100. みずほ総合研究所株式会社. (2011 年 3 月). 企業の価格改定行動に関する調査分析. *平成 22 年度の経済産業省内外価格動向調査事業*.
101. Krugman, P. , & Wells, R. (2009). *Economics. 2nd Edition. Worth Publishers*.
102. 瀧田輝己. (2008). *複式簿記入門*. 税務経理協会.
103. 北川 真貴. (2010). *最新 知りたいことがパッとわかる 勘定科目と仕訳が見つかる本*. 株式会社ソーテック社.
104. 金岡 光男. (2002). *経営に活かす原価計算の実務*. 同文館出版.
105. 和泉潔. (2003). *人工市場*. 森北出版, 相互作用化学シリーズ.
106. 日本銀行. 資金循環統計. 時系列統計データ検索サイト.
<http://www.stat-search.boj.or.jp/index.html> (閲覧日: 2013 年 10 月 25 日)
107. 日本銀行. 貸出約定平均金利統計. 時系列統計データ検索サイト.
<http://www.stat-search.boj.or.jp/index.html> (閲覧日: 2013 年 10 月 25 日)
108. 穴戸 駿太郎. (2010). *産業連関分析ハンドブック*. 環太平洋産業連関分析学会.
109. 朝倉 啓一郎, 早見 均, 溝下 雅子, 中村 政男, 中野 諭, 篠崎 美貴, 鷺津 明由, 吉岡 完治. (2001). *環境分析用産業連関表*. 慶應義塾大学出版会.
110. 青森県企画制作部統計分析課. (平成 22 年 5 月). 産業連関表の見方と使い方 改訂版. *青森県企画制作部*.
111. 大阪市都市計画局企画振興部統計調査担当. (平成 23 年 3 月). 平成 17 年大阪市産業連関表第 2 編 産業連関表のフレームと平成 17 年大阪市産業連関表推計にあたっての留意点. *大阪市都市計画局*.
112. 経済企画庁. (1992). 平成 4 年度年次経済報告(経済白書).
113. 青山秀明, 家富洋, 池田裕一, 相馬亘, 藤原義久. (2007). *パレート・ファームズ: 企業の興亡とつながりの科学*. 日本経済評論社.
114. Ashraf, Q., Gershman, B., & Howitt, P. (2011). *Banks, market organization, and*

macroeconomic performance: an agent-based computational analysis (No. w17102).
National Bureau of Economic Research.

115. 浅子和美. (1999). 政府支出の効率性評価. *フィナンシャル・レビュー*, (52).
116. 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).
117. 内閣府. (2010). 平成 20 年度国民経済計算確報. *2011 年*, 12.
118. 日本銀行. (2005). 資金循環統計からみた 1980 年代以降のわが国の金融構造. *日本銀行調査季報*, 4, 1-45.
119. 梶善登. (2007). 我が国の家計貯蓄率の動向. *レファレンス*, 57(9), 175-193.
120. 松林洋一. (2009). 家計貯蓄・企業貯蓄・政府貯蓄—代替性の日米比較. *経済分析*, (181), 46-77.
121. 和泉潔. (2003). 人工市場 (相互作用科学シリーズ).
122. Chen, S. H. (2003, January). Agent-based computational macro-economics: A survey. In *Meeting the Challenge of Social Problems via Agent-Based Simulation* (pp. 141-170). Springer Japan.
123. Tesfatsion, L. (2002). Agent-based computational economics: Growing economies from the bottom up. *Artificial life*, 8(1), 55-82.
124. LeBaron, B., Arthur, W. B., & Palmer, R. (1999). Time series properties of an artificial stock market. *Journal of Economic Dynamics and control*, 23(9), 1487-1516.
125. LeBaron, B. (2002). *Calibrating an agent-based financial market*. Technical report, International Business School, Brandeis University, Waltham, MA.
126. International Monetary Fund. World Economic and Financial Surveys, World Economic Outlook Database.
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/01/weodata/index.aspx>, April 17, 2012 (閲覧日: 2012 年 8 月 16 日)
127. 日経平均プロフィール. 日経平均資料室 年次データ.
<http://indexes.nikkei.co.jp/nkave> (閲覧日: 2012 年 8 月 16 日)
128. 坂井功治. (2008). 日本企業における資金調達行動. Working Paper Series, 23, 1-22.

謝辞

本研究遂行において多くの方から御指導，御助言を賜りました．

ABM 研究に着手するきっかけとなり，殊に学士，修士，博士とおおよそ 10 年に渡って私の学生生活，研究活動に対して一方ならぬご指導，ご鞭撻頂き，千葉工業大学社会システム科学部 荻林成章 教授に深く感謝と御礼申し上げます．

本博士論文の作成に際して御多忙な中で本博士論文の審査委員を御快諾頂いた

防衛大学校	電気情報学群情報工学科	教授	生天目 章	先生
千葉工業大学	社会システム科学部	教授	五百井 俊宏	先生
千葉工業大学	社会システム科学部	教授	山口 佳和	先生
千葉工業大学	社会システム科学部	准教授	白井 裕	先生

の諸先生方には本論文の不備な点についての的確な御御指摘，御助言を賜り，篤く御礼申し上げます．

本研究の人工経済モデルに対して経済学，ABM の見地からの的確な御指導，御助言を頂きました芝浦工業大学システム理工学部 小山友介先生に深く感謝を申し上げます．

御多忙の中，博士学位論文の審査にあたって文章校正，手続き，心構え等の諸事に渡ってご助言頂き，温かく見守って頂いた千葉工業大学社会システム科学部 小野浩之先生，原洋平氏に深く感謝申し上げます．

最後に本論文作成にあたり，御助言，御声援，御手伝い頂いた先生，先輩，後輩，及び多くの方々に対して深く感謝申し上げます．

本論文に関わる原著論文及び発表

査読付き論文

SHIGEAKI OGIBAYASHI AND KOUSEI TAKASHIMA.

“MULTI-AGENT SIMULATION OF FUND CIRCULATION IN AN ARTIFICIAL ECONOMIC SYSTEM INVOLVING SELF-ADJUSTING MECHANISM OF PRICE , PRODUCTION AND INVESTMENT.”

ICIC Express Letters. (2010) Volume 4, Number 3(B), pp.877-884.

Shigeaki Ogibayashi, Kousei Takashima.

“Influence 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 VII, Agent-Based Social Systems (2013), Vol. 10, pp.147-161

Shigeaki Ogibayashi, Kousei Takashima.

“Influence of Corporation Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System”

Advances in computational Social Science: The 4th World Congress, Agent-Based Social Systems, Vol. 11, (2014) , (掲載決定通知済み,発行予定につきページ数は未定)

国際学会口頭発表

Shigeaki Ogibayashi, Kousei Takashima, and Takahiro Kunita.

“Analysis of Business Cycle and Fund Circulation in Multi-Agent Simulation of an Artificial Economic System Composed of Consumers, Producers and a Bank”

Proceedings of the 3rd World Congress on Social Simulation WCSS2010 SES-06-I, Kassel, Germany, Sep.2010. (フルペーパー(12 頁)、査読有)

Shigeaki Ogibayashi, Kousei Takashima.

“Analysis of the Influence of Expenditure Policies of Government on Macroeconomic behavior of an Agent-Based Artificial Economic System”

Proceedings of The 7th European Social Simulation Association Conference, Montpellier, France, September.2011. (フルペーパー(12 頁)、査読有)

Shigeaki Ogibayashi, Kousei Takashima.

“Influence of Expenditure Policies of Government and Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System”

Proceedings of the 7th International Workshop on Agent-based Approach in Economic and Social Complex Systems (USB flash drive), pp.56-65, Osaka, Japan, January.2012 (査読有、但し Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems VII に掲載済み)

Shigeaki Ogibayashi, Kousei Takashima.

“Influence of Corporation Tax Rate on GDP in an Agent-Based Artificial Economic System”

4th World Congress on Social Simulation Conference Proceedings (CD-ROM) , Taipei, Taiwan, Sep.2012.

(Advances in computational Social Science: The 4th World Congress に掲載予定)

Shigeaki Ogibayashi, Kousei Takashima and Yuhsuke Koyama
“Analysis of influential factors responsible for the effect of tax reduction on GDP”
The annual conference of the Computational Social Science Society of the Americas (CSSSA 2013) (Web), Santa Fe, US, August.2013.
(フルペーパー (12頁)、査読有)

Kousei Takashima, Kenta Kato, Shigeaki Ogibayashi
“Analysis of the interaction between commodity and stock markets in an agent-based economic system”
Proceedings of 2012 Asian Conference of Management Science & Applications, pp.234-242, Jiuzhaigou-Chengdu, Sichuan, China, September 7-10, 2012.
(フルペーパー (12頁))

国内学会口頭発表

荻林成章、高島幸成.
“価格・生産・投資調整機能を内容した人工経済システムの資金循環マルチエージェントシミュレーション”
経営情報学会全国研究発表大会予稿集(CD-ROM) 2009年11月

荻林成章、高島幸成.
“企業、消費者、銀行で構成される人工経済社会のエージェントベースシミュレーションにおける GDP 及び景気循環要因の解析”
経営情報学会 2010 年秋季全国研究発表大会, 2010 年 11 月

高島幸成、荻林成章.
“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”
日本シミュレーション&ゲーミング学会全国大会論文報告集 2011 年春号, pp.51-52

荻林成章、高島幸成.
“エージェントベース人工経済社会のマクロ挙動における政府支出政策の影響”
経営情報学会全国研究発表大会要旨集(Web), 2011 年 10 月

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”
第 16 回進化経済学会大阪大会, 2012 年 3 月

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・経済システム学会第 32 回大会報告要旨集(Web), 2013 年 10 月

Appendix

1. ODD Protocol
2. シミュレーションプログラム実装について
3. 改良経済連関表

Appendix1 ODD(Overview, Design concepts, Details) Protocol

本節は Grim らによる Overview, Design concepts, and Details protocol [1](以下, ODD プロトコル) に基づいて本研究におけるモデルについての説明を行う. ODD protocol は 2006 年に individual-based 及び agent-based モデルの説明を標準化するために作られた規約である.

本稿は The annual conference of the Computational Social Science Society of the Americas(CSSSA 2013), Santa Fe, US, August.2013 にて発表した“Analysis of influential factors responsible for the effect of tax reduction on GDP”提出時に作成した ODD プロトコルをベースに本研究のベースモデル用に変更したものである. また, 7 の Submodels については 2 章のサブモデルの説明と内容が同一である為, 本稿では省略する.

1 .Purpose

本モデルの目的は複雑なマクロ経済現象をミクロな行動ルールとその相互作用からボトムアップに創発し, 対象とする要素を変更しその影響からメカニズムを明らかにすることのできる実験室実験的なアプローチに基づいた ABM 人工経済モデルを構築することにある.

現実の経済システムは実体経済と金融経済に大別され, さらにそれぞれに財市場, 労働市場, 金融市場, 貨幣市場等の多くの市場, 即ちサブシステムに細分化され, 非常に多くのサブシステムとその構成要素, 及び要素と要素, 要素とサブシステム, 及びサブシステム同士の相互作用によって構成されている.

これらの要素とその相互作用は多岐にわたるため, 経済システム全体を再現するモデルを一度に開発することは不可能であると考えられる. 従って, 経済現象全体を説明することのできる人工経済モデルの構築には, 特定のサブシステム・範囲を対象を絞り, 特定のマクロ現象の創発挙動を再現できるモデル条件を明らかにしたモデルを構築し, それらを組み合わせるプロセスによる手段が最適であると考えられる.

そこで本モデルは経済システムの最も基礎的なサブシステムの挙動を解析すること, 及びサブシステム同士が構成要素を通じて相互作用する挙動を解析することのできる人工経済モデルの基礎フレームワークとなるモデルを開発した

本研究は経済システムの最も基礎的なサブシステムとして, 人間の生命活動に関わり, 最も多くの人間が直接的に労働, 生産, 売買を通じて関与している基本的な部分であると考えられる「消費財や資本財の生産と売買を取り扱う製品財市場」を対象として定めた.

また, サブシステム同士の相互作用を解析することのできる事例の対象として製品財市場の構成要素である家計, 企業が同じく構成要素となり, 企業の資金調達を通じてサブシステム同士が相互に得喪することが考えられる株式市場を本研究のモデル構築の範囲として定めた.

本研究はこれらのサブシステムを内包したモデルを構築することによって、現実の経済システムを構成する要素とその相互作用によって生じるマクロ現象に着目し、マクロ現象を再現する構成要素を対象とする要素以外の変更を通じて行う実験室実験的な解析が可能な人工経済モデルの基礎モデルを構築し、特定のマクロ現象とモデル構造を明らかにすることを目的とする。

2.Entities, State Variables, and Scales

本モデルは製品財市場サブシステムを構成する要素として、財を生産する主要な担い手として企業、また消費の担い手として家計、市場内の資金循環を円滑化するための銀行、及び所得の再分配を行う政府をそれぞれエージェントとして考慮する。銀行は本来は金融経済に属する構成要素ではあるが、モデルにおける資金循環の円滑化のために預金・貸出機能のために存在する。

本モデルでは企業の主な活動範囲を財の生産を目的とする為に生産者、家計の主な活動範囲を財の購買と消費を目的とする為に消費者とそれぞれ定義する。

また、生産者は生産する製品財に応じて、消費財を生産するリテイラー、リテイラーの生産に必要な財を生産する原料生産者、リテイラー及び原料生産者に生産設備を供給する設備生産者の3種類に細分化する。

そのため、製品財市場を構成するサブシステムは消費財、原料財、生産設備の3つの財を内包する。消費財は消費者、及び政府が購買を行い消費する財であり、現実システムにおける財やサービスを抽象化した財として想定した。また、原料財はリテイラーが消費財一つを生産する際に一つ消費する原料であり、現実システムにおける部品や原料の様な中間財を抽象化した財として想定した。最後に生産設備はリテイラー、原料生産者が製品を生産する際に必要とする生産設備を抽象化した財として想定した。

また、本モデルはこれらの財を取り扱う場所のことを市場と称する。市場は製品財の売買の場であり、各生産者は市場に生産した製品財を出荷し、各消費者、リテイラー、政府は製品財を市場から購買する。この時、市場で購買された製品の購入金は購入時点で購買された製品を生産した生産者の売上となる。

一方で、株式市場サブシステムを構成する要素として株式を発行する主体である生産者と、株式を購買する主体である消費者を内包する。生産者は設備投資に際して資金調達のために新株を発行して市場から資金を集め、消費者は自己資産の増加を目的として株式の売買を行う。また、株式市場サブシステムは取り扱う財として企業毎に発行した株式を内包し、株式を取り扱う株式市場によって構成される。

これらのエージェント、財、市場の関係を概略した資金の流れを図2.1、財と労働の流れを図2.2にそれぞれ示す。

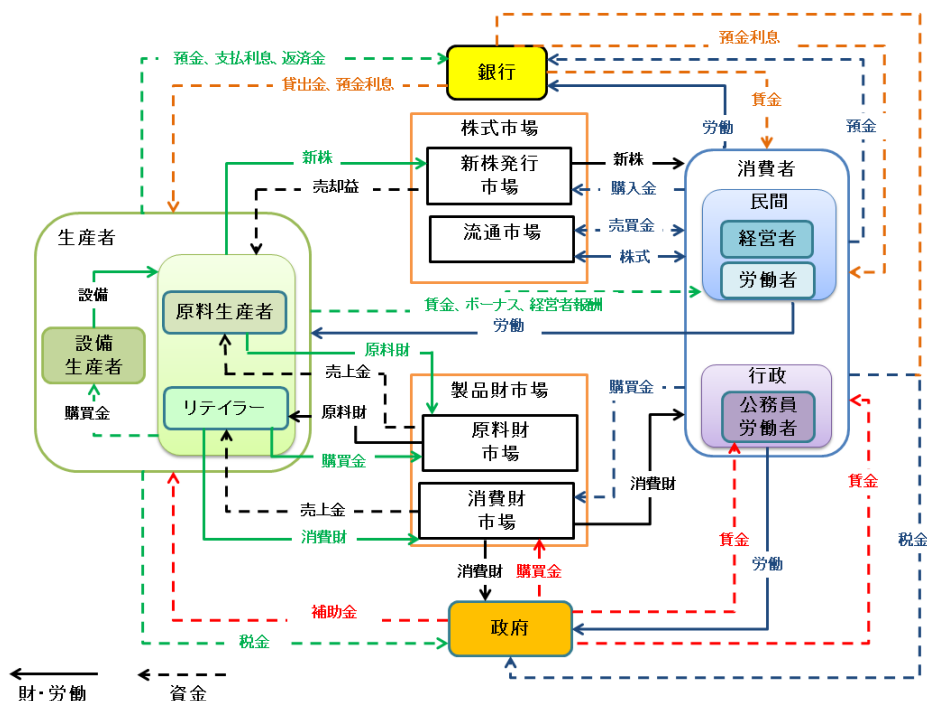


図 A1_1. 実物市場におけるエージェント、財、及び市場の関係

表 A1_1. モデルにおけるエンティティの概要

エンティティ	概要
エージェント	エージェントID、エージェントタイプ、保有現金、保有預金、及び購買者、販売者、企業等の共通した行動を持つ
消費者	他のエージェントの下で労働し、賃金を得て、所得税を支払い、消費財を購入・消費する
リテイラー	消費財を生産・販売し、賃金と法人税を支払い、必要に応じて投資を行い、消耗財を消費する
原料生産者	原料財を生産・販売し、賃金と法人税を支払い、必要に応じて投資を行い、消耗財を消費する
設備製造者	リテイラーと原料生産者からの発注に応じて設備を生産し、給与と法人税を支払う
銀行	消費者及び生産者の剰余金を集め預金利息を支払い、企業の設備投資資金を貸出して貸出利息を得て、賃金と法人税を支払う
政府	消費者と企業から税金を徴収し、給与を支払い、公共支出として市場で消費財を購入するか、補助金を交付する
財	同一カテゴリーの中で異なる製品種、価格、販売者ID、購買者IDで特徴づけられ、行動ルールを保有しない
消費財	リテイラーによって生産され、消費財市場で販売され、消費者、リテイラー、原料生産者及び政府によって購買される
原料財	設備生産者によって生産され、原料財市場で販売され、リテイラーによって購買される 原料と消費財は1対1に対応しており、最小のサプライチェーンを表す。
設備	リテイラーと原料生産者からの設備投資要求に従って設備製造者によって生産される
株式	設備投資の資金調達のためにリテイラー及び原料生産者によって発行され、保有資産の増加を目的として消費者によって売買される
市場	
実物市場	財の集合によって特徴づけられ、売れ残った製品は次の期の期首に当該製品の生産者によって在庫として認識される。
消費財市場	消費財市場はリテイラーによって財を供給され、消費者、リテイラー、原料生産者、及び政府によって財を消費される。
原料財市場	製品の販売による購買金の支払いは即座に当該製品の生産者に市場を通して支払われる。 原料財市場は原料生産者によって財を供給され、リテイラーによって財を消費される。財の取扱いと購買金の授受は消費財市場と同様に執り行う。
金融市場	財の発生した時期によって特徴づけられる
新株発行市場	リテイラー及び原料生産者が設備投資の為に資金調達を行う際に発行する新株のみを取り扱う。新株は消費者によって購買される。
流通市場	株式保有者によって販売され、株式購入希望者によって購買される。

また、状態変数はエンティティ毎にエージェントの状態変数及びその他のエンティティの状態変数に分けられる。各エージェントはエージェントの種類と、販売者、購買者、或いは企業等の共通する行動タイプに分けられる。エージェントの行動タイプ別に保有して

いる状態変数を表 A1_2 に、エージェントの種類別に保有している状態変数を表 A1_3 に、その他のエンティティの状態変数を表 A1_4 にそれぞれ示す。また、以下の表はそれぞれ、状態変数の初期設定、エージェント間の違い、時間経過による変化についてそれぞれ特性を記している。初期設定時項目は当該状態変数の設定が特定の値、或いは乱数によるものかを示す。エージェント間の違いは当該状態変数が同一タイプのエージェント間で異なる可能性があるか否かを示す。また、時系列による変化については当該状態変数が時間経過によって変化する性質か否かを示す。

表 A1_2. エージェントの行動カテゴリー別の状態変数

エンティティ のカテゴリー	状態変数	状態変数の特性			概要
		初期設定	エージェント 間の違い	時間経過に よる変化	
エージェント 一般	<i>Agent id</i>	Sequential	Different	Invariable	エージェントの認識番号
	<i>Agent type id</i>	Specified	Same / Different	Invariable	消費者、リタイア、原料生産者、設備製造者、銀行、政府のエージェントタイプを特定する番号
	<i>Cash</i>	At random	Different	Variable	エージェントが保有する現金額、各行動によって変化する
購買者	<i>Deposit</i>	At random	Different	Variable	エージェントが保有する預金額、各行動によって変化する
	<i>Weight of utility for each product class</i>	At random	Different	Invariable	製品を購入する際に購買可能な各製品種からどの製品を購入するかを決定する効用の重み。消費者は製品種毎にシミュレーション開始時にエージェント毎に0から1の乱数で初期化され、政府は全ての製品種毎に0として初期化される。また、その他の購買者のエージェントタイプは2種類の製品種が購買可能で効用は0として初期化される。
	<i>The number of goods purchased</i>	—	Different	Variable	製品種毎の購買した製品の数量。各期の開始時に購買数量はすべて0にリセットされる。
	<i>Exponent in utility function</i>	At random	Different	Invariable	効用関数の中で購入する品物の数の指数
企業	<i>Number of employee</i>	At random or specified	Different	Variable or Invariable	所属する経営者及び労働者の消費者のエージェント番号
	<i>Agent id of an executive</i>	At random	Different	Invariable	所属する経営者を特定する消費者のエージェント番号
	<i>Agent id of workers</i>	At random	Different	Variable	所属する労働者を特定する消費者のエージェント番号
	<i>Fixed wages</i>	At random	Different	Invariable	経営者も含め所属する各労働者に支払う固定給額
	<i>Bonus ratio</i>	Specified	Same	Invariable	税引前利益から労働者に支払われるボーナス率
	<i>Executive compensation ratio</i>	Specified	Same	Invariable	税引後利益から経営者へ支払われる経営者報酬率。
生産者	<i>Product class id</i>	At random	Different	Variable	生産可能な製品種ID
	<i>A list of goods in the market</i>	—	Different	Variable	市場において生産者の供給した製品のリスト。各期の初めは市場で売れ残った在庫のリストを示し、期中では生産された製品の数によって増加し、売上た製品の数によって減少する製品数の状態を示す。
	<i>Dismissal flag</i>	—	Different	Variable	労働者解雇の意思決定のためのフラグ数。当該生産者の損益が黒字の場合に1減少し、赤字の場合に1増加する。フラグ数が閾値に達した場合、雇用している労働者を一人ランダムに解雇する。
	<i>Quit-production flag</i>	—	Different	Variable	生産停止の意思決定のためのフラグ数。当該生産者の当該製品種の製品が一つも売れなかった場合に1増加し、一つでも売れた場合は1減少する。フラグ数が閾値に達した場合、当該製品種の生産を停止する。

表 A1_3. エージェントの種類別特有の状態変数

エンティティ	状態変数	状態変数の特性			概要
		初期設定	エージェント間の違い	時間経過による変化	
消費者	<i>Working place</i>	At random	Different	Variable	当該エージェントが所属する企業或いは政府のエージェントID
	<i>Marginal propensity to consume</i>	Specified	Same	Invariable	税引後の可処分所得から消費財を購入するための予算を決定する係数。
	<i>Basic consumption</i>	Specified	Same	Invariable	消費財購買時に預金引出額を0と仮定した場合の、最小消費品購買予算額。
	<i>Withdrawal ratio</i>	At random	Different	Variable	消費財購買のために引き出す預金額の割合。シミュレーション期間中、每期、エージェント毎に乱数で引出額を決定する。
リテイラー 及び 原料生産者	<i>Purchasing ratio</i>	Specified	Same	Invariable	累積利益剰余から消費財を購買する割合。
	<i>Proportionality constant of production function</i>	At random	Different	Invariable	コブダグラスの生産関数の係数。本モデルにおいて当該係数は各企業の技術的能力を表現する。
	<i>Investment flag</i>	—	Different	Variable	設備投資の意思決定のためのフラグ。自社の製品種毎の在庫量に応じて増加減少し、閾値を超えた際に設備投資の意思決定を行う。
	<i>Upper limit of the number of loans</i>	Specified	Same	Invariable	並列できる長期借入の上限本数。同時期に借入を行っている長期借入の本数が上限値になっている場合、企業は返済が終了するまで新たに長期借入を行ふことができない。
設備製造者	<i>Price of equipment</i>	Specified	—	Invariable	設備一つ当たりの価格
	<i>Limit number of production per each period</i>	Specified	—	Invariable	1期当たりの生産上限数
銀行	<i>Repayment period</i>	Specified	—	Invariable	長期借入金金の返済期間
	<i>Interest rate on loans</i>	Specified	—	Invariable	借入金金の利子率
	<i>Interest rate on deposits</i>	Specified	—	Invariable	預金の利子率
政府	<i>Income tax rate</i>	Specified	—	Invariable	消費者の所得に課せられる所得税率
	<i>Corporation tax rate</i>	Specified	—	Invariable	企業の利益に課せられる法人税率
	<i>Salary for public workers</i>	—	—	Variable	公務員労働者に支払われる給与額。本モデルにおいて、給与額は民間労働者の固定給与とボーナスの平均額を支払う
	<i>Ratio of market purchasing</i>	Specified	—	Invariable	市場で消費財購買に利用される予算の割合
	<i>Ratio of firm subsidy</i>	Specified	—	Invariable	企業の補助金に利用される予算の割合

表 A1_4. その他のエンティティの状態変数

エンティティ	状態変数	状態変数の特性			Description
		生成時の初期化	時間経過による変化		
消費財	<i>Product class number</i>	Specified by the producer	Invariable		当該製品の製品番号
	<i>Price</i>	Specified by the producer	Variable		当該製品の価格、生産した企業によって定められる
	<i>Seller's number</i>	Specified by the producer	Invariable		当該製品を生産・販売したエージェントのID
	<i>Buyer's number</i>	No setting	Invariable		当該製品を購買したエージェントのID
原料財	<i>Product class number</i>	Specified by the producer	Invariable		当該製品の製品番号
	<i>Price</i>	Specified by the producer	Variable		当該製品の価格、生産した企業によって定められる
	<i>Seller's number</i>	Specified by the producer	Invariable		当該製品を生産・販売したエージェントのID
	<i>Buyer's number</i>	—	Invariable		当該製品を購買したエージェントのID
市場	<i>A list of consumption goods</i>	—	Variable		保有している商品オブジェクトのリスト
	<i>A list of material goods</i>	—	Variable		保有している商品オブジェクトのリスト

3 .Process Overview and Scheduling

本モデルは価格均衡，資金循環，サプライチェーン，生産能力拡大投資，労働市場，政府機能，株式市場の 8 つのサブモデルによって構成されている。資金循環サブモデルは価格均衡及び投資サブモデルの実装の基本構造を構成するサブモデルである。

また，本モデルはエンティティの実装と初期化を行う初期設定，各期にエージェントによって実行される 9 つのシーケンス，及び GDP 等の経済指標の計算の 3 つのプロセスによって構成されている。これらのプロセスにおいて，9 つのシーケンスは本モデルにおける実質的なシミュレーション部分を構成する。

9 つのシーケンスは期首，原料生産，消費財生産，消費財購買，賃金支払い，生産能力拡大投資，株式売買，期末の 8 つのステップで構成されており，8 つのステップ経過を 1 期と

して、1 期を 1 か月と想定している。9 つのシーケンスの疑似コードを図 A1_2 に、8 つのステップとエンティティの関係を図 A1_3 に示す。

```
for 期=0 to 指定期間
  if 期=0 then
    エージェントの初期化、パラメーター設定、初期条件の設定
    期>0 と同様の行動を各エージェントは実行
  else
    1. エージェントは前期の未払い税を支払い、支出予算の計画を立てる
    2. 原料生産者は原料財製品の生産量と価格を計画し決定する
       計画後、各エージェントは数種類の原料財を生産し市場に供給する
    3. リテイラーは消費財製品の価格と生産量を計画し決定した後、計画に合わせて原料を購入する
       原料購買後、各エージェントは数種類の消費財を生産し市場に供給する
    4. 消費者、政府は消費財市場から製品を購入する
    5. 各企業は給与と経営者報酬を労働者、経営者に支払う。また、政府は公務員に給与を支払う
    6. リテイラーと原料生産者は前期までの自己の製品の販売状況をもとに投資の必要性を判断する
       if 投資の必要ありと判断
         設備投資と雇用からより利益が高くなると見込まれる投資方法を判断する
         if 設備による投資を判断
           資金調達を自己資金、銀行借入、新株発行によって行う
           設備製造者に発注し設備を購入する
         else if 雇用による投資を判断
           リテイラーと原料生産者は労働市場に求人票を出力する
           消費者は求人票に応募する
           リテイラーと原料生産者は応募した消費者をランダムで選択し雇用する
    7. 消費者は企業の業績等から判断をして株式の売買を行う
    8. 政府は各企業に補助金を均等に交付する
    9. 各エージェントは会計決算を行い、所得或いは利益を確定し支払うべき税金額を計算する
       if 赤字が特定期間以上続いた場合
         労働者を一人解雇する
       if 製品の販売量が 0 である状態が一定期間続いた場合
         当該製品の生産を停止する
    每期 GDP の計算を行う。
  end for
```

図 A1_2 疑似コード

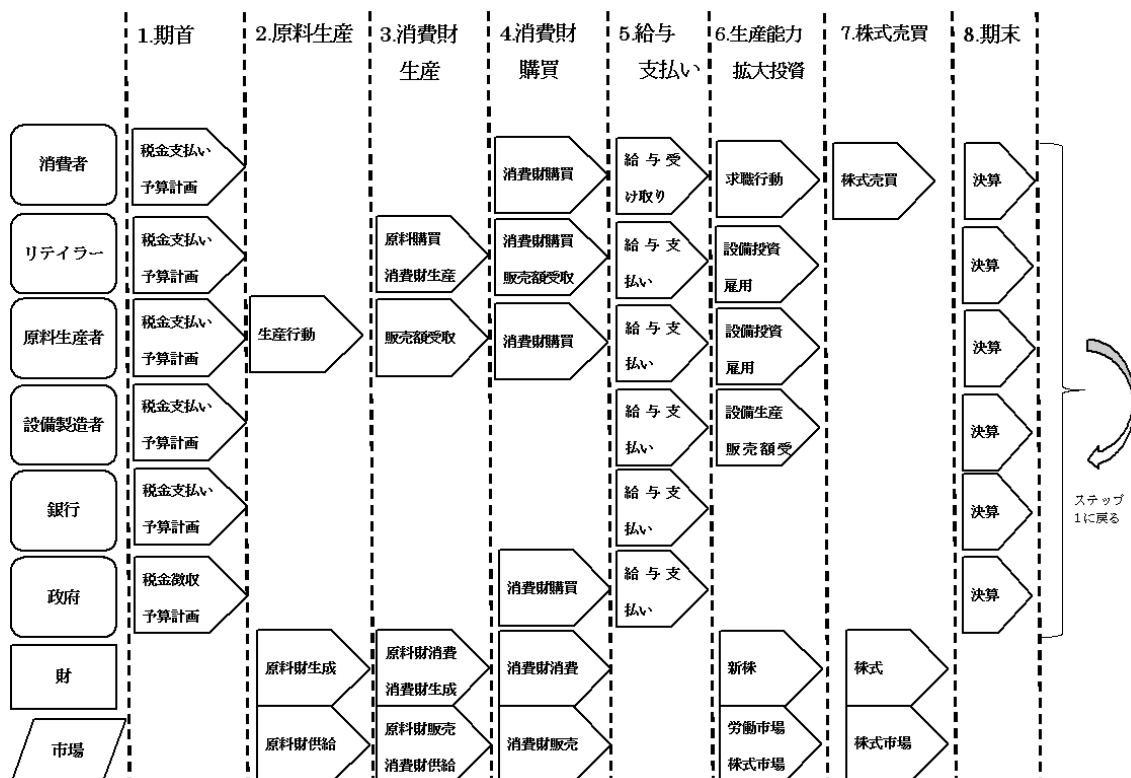


図 A1_3 ステップとエンティティの関係

4 .Design Concepts

4.1 Basic Principles:

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[2,3]. 一方、モデルには、問題とするマクロ現象が再現されるのに必要な全ての要因が考慮されていなければならない。

本研究は ABM のモデルデザインの基礎となる概念として、モデル構造、及び実システムの構造に準同型の関係がある場合、人工経済システムの振舞が現実システムの振舞を模倣できるという点[4]にあると考える。この関係は、モデル化されたシステムにおいて創発するマクロ経済現象が実システムのマクロ経済現象と本質的に同じふるまいを示す時に、システムの構成要因が実システムの構成要因を満たしていると考えられることができる。

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

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。

4.2 Emergence:

本研究は経済システムを構成する消費者、生産者等の異質的で自律的なエージェントの経済的行動とその相互作用から、価格や生産量、GDP、資金循環、製品供給量の長期的調整等の結果が内生的に表れる。

各エージェントの行動規則は類似した規則に従っているが、それぞれの状態変数は初期化された段階で乱数によって異質性を持ち、その異質な状態の下で行動する結果、相互に異なる状態を促進させる。従って、生産者においてはそれぞれ異質な生産能力や市場競争力を持ち、企業規模、売上高等で差異が生じる。消費者は労働者として所属する生産者の企業規模によって所得が異なり行動が変化する。

これらの異質な状態を保有したエージェントのそれぞれの経済活動の結果、各経済のマクロ挙動が創発される。また、消費者の資産構成等に格差が生じ、企業の売上や消費者の資産、製品の価格差等に冪分布の傾向が現れる。

4.3 Adaption:

リテイラーと原料生産者は自身の市場における売上の増加を目的として短期と長期の市場需要に対する適応性を持つ。短期の適応は每期、自身の売れ残った製品の在庫の数を尺度として認知することによって市場の需要を判断し、自身が市場に供給する製品の数量と価格を調整する。このことによって、市場全体のおおよその需要のトレンドと他の供給者の供給に対して各自が適応する。

また、長期的な市場需要に対する適応としては、長期間に渡る市場の需要判断から、自身の生産能力を設備投資、雇用によって増加、また、解雇によって減少させることによって調整する。

以上の様に本モデルの構造は内部適応メカニズムを内包する。

4.4 Objectives:

消費者は自身の効用最大化の為に市場における製品を購入し、また、資産の増加を目的として株式投資を行う。また、生産者は自身の利益を最大化することを目的に製品の生産、或いは価格設定を行い、長期的には設備投資、或いは解雇を行う。

4.5 Prediction:

リテイラー、及び原料生産者は直近 10 期の生産量の販売量から自社製品の需要を予測し、生産量を決定する。この時、生産量は製品の在庫切れ発生確率が 5%以内に収まるように決定する。

また、生産能力を増強する際は自社の在庫量に基づいて、市場の需要状況を予測する。需要予測の結果、生産能力の増強が必要と判断した場合は、さらに設備投資、雇用のそれぞれの方法について現在の自社製品の価格から利益予測を行い、より利益が高くなる方法を選択する。

一方、消費者は株式市場において自身の資産増加を目的に各企業の株式に対して、その時点までの株価の変動、或いは企業の利益から株価を予測し株式投資を行う。

4.6 Sensing:

本モデルは主に生産者が市場の需要に対して感知を行う。

リテイラーと原料生産者は各期の自身の製品在庫を観測することによって市場の需要を感知する。また、決算時の利益から人員の過不足を感知し、従って生産能力の過不足を感知する。

4.7 Interaction:

本モデルは以下の相互作用を持つ。

各エージェントの購買行動によって生産者の価格と生産量の調整行動が変化し、その結果、各エージェントの購買する製品の種類や量が変化する。また、原料生産者の価格と生産量の意味決定がリテイラーの価格決定と生産の意味決定に影響を及ぼし、消費財の売上が変化するによってリテイラーの原料の需要が変化し、原料生産者の価格と生産量の意味決定が変化する。

さらに、この相互作用の繰返しによって生産者は生産能力の拡大を行い、設備投資、或いは雇用によって市場を流通する資金量に変化することにより購買行動、或いは他の生産者の行動が変化する。これらの相互作用の結果、価格、循環資金量、生産量の長期的変化及び GDP 等の各経済指標に変動が現れる。また、生産者の設備投資によって株式市場を流通する株式の量に変化し、消費者の株式投資の選択が変化する。

4.8 Stochasticity:

本研究はエージェントの初期値、及び行動順序の決定に確率的な要因を内包する。

シミュレーションの最初に各エージェントの種々の状態変数については特定の範囲内から乱数で定義する。代表的な例として、エージェントの初期資金、消費者が労働者として

所属するエージェント、消費者の効用の重み、生産者が可能な製品種、生産者の技術力等を乱数で定義する。これらの乱数は一様乱数によって定義する。

また、消費者の行動、或いはリテイラーの生産行動（原材料の購買）等の同一タイプのエージェントの同一の行動順序は每期、行動順番を乱数によって与えて変化させる。同様に、設備生産者の設備受注、労働市場において求人票に応募した消費者の選択等は乱数によって選択する。

さらに、本研究において消費者は資本財の購買の代替行為として貯金を引出し消費財の購買を行う。この時、引き出す預金額は保有する全預金額に対する割合で定め、預金を引出す割合は乱数によって定義する。

4.9 Observation:

本研究はマクロ経済指標を観測し、解析を行う。

本研究では、毎期末に各エージェントは複式簿記方式で各自が会計決算を行わせ、この会計データを集計して人工経済モデル内の産業連関表を作成する。また、各エージェントは購買、生産等の行動を行った際に、それぞれの意思決定結果と行動結果を記録し、毎期末にそれらのデータを集計することによって、生産量、購買量、購入された製品種毎の平均価格、在庫の価格、株価、その期の設備投資量、所得税額、法人税額等のデータを集計する。

この産業連関表、或いは行動時のデータを基にして GDP、税収、マネーサプライ、労働者の総所得、設備投資の合計等の経済指標を観測する。これらの統計データの値はシミュレーション終了時にアウトプットし、各種の解析に用いる。

5 .Initialization

エンティティの状態変数はエンティティが生成されるときに初期化される。各状態変数の初期化はシミュレーションの目的によって異なるため各章のシミュレーション条件に記載する。

6 .Input Data

本モデルはエージェントの行動とその相互作用からマクロ現象を再現するために不可欠なモデル構造を解析するため、定性的なマクロ現象の挙動を対象とする。そのため、本研究は現実の精緻なデータをも用いていない。

7 .Submodels

7.1 製品財市場を中心とした基本的な経済挙動

7.1.1 価格均衡サブモデル

価格均衡サブモデルは 2.4.3 (1) ①の価格均衡サブモデルと同じ内容である為、記述を省略する.

7.1.2 資金循環サブモデル

資金循環サブモデルは 2.4.3 (1) ②の資金循環サブモデルと同じ内容である為、記述を省略する.

7.1.3 サプライチェーンサブモデル

サプライチェーンサブモデルは 2.4.3 (1) ③のサプライチェーンサブモデルと同じ内容である為、記述を省略する.

7.1.4 生産能力拡大投資サブモデル

生産能力拡大サブモデルは 2.4.3 (1) ④の生産能力拡大サブモデルと同じ内容である為、記述を省略する.

7.1.5 労働市場サブモデル

労働市場サブモデルは 2.4.3 (1) ⑤の労働市場サブモデルと同じ内容である為、記述を省略する.

7.2 政府の徴税・支出機能サブモデル

政府の徴税・支出機能サブモデルは 2.4.3 (2)の政府の徴税・支出機能サブモデルと同じ内容である為、記述を省略する.

7.3 株式売買サブモデル

株式売買サブモデルは 2.4.3 (3)の株式売買サブモデルと同じ内容である為、記述を省略する.

る.

References

1. Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: a review and first update. *Ecological Modelling*, 221(23), 2760-2768.
2. Axelrod, Robert. 寺野隆雄 (訳). "対立と協調の科学: エージェント・ベース・モデルによる複雑系の解明." ダイヤモンド社, (2003).
3. Fagiolo, Giorgio, and Andrea Roventini. "On the scientific status of economic policy: a tale of alternative paradigms." *Knowledge Engineering Review* 27.2 (2012): 163-185.
4. 柴 直樹. "エージェント・ベース・アプローチにおけるモデルの妥当性について", 経営情報学会春季全国研究発表大会要旨集(Web),(2010)

Appendix 2 シミュレーションプログラム実装について

本研究は構築したモデルをコンピュータプログラムによって実装してシミュレーションを実行する。コンピュータプログラムの実装にあたって、本研究のプログラムはいくつかの情報管理のためのオブジェクトを各エージェントが保有することによってシミュレーションの実行をサポートしている。以下に製品財市場における基本挙動における情報管理オブジェクトの考え方を示す。

1.情報管理クラスの構造

製品財市場における基本挙動における情報管理オブジェクトは、各製品種を認知するための情報を管理するオブジェクト、及び会計情報を管理するオブジェクト製品財市場における基本挙動における情報管理オブジェクトが存在し、それぞれ製品種クラス、会計クラスからオブジェクトを生成する。

製品種オブジェクトは生産者の生産可能製品種数、或いは消費者の購買可能製品種数だけ各エージェントに保有される。各エージェントは保有する製品種オブジェクトを集めた製品種集合から必要な製品種オブジェクトにアクセスし情報を取得する。

また、会計オブジェクトは各エージェントに一つずつ保有される。各エージェントは製品の販売、購入、設備投資、預貯金等の会計行動が発生する毎に会計オブジェクトにアクセスし、会計行動を記録する。また、予算の決定、納税額の決定等の会計情報による意思決定が必要な際に会計オブジェクトにアクセスし、自身の状態を認知する。

これらの他に銀行は取引相手との状態を保存する口座オブジェクトを保有し、各エージェントは銀行に対する預金引出・預入、或いは銀行借入・返済を行う際に銀行エージェントを介して口座オブジェクトにアクセスして情報を取得してやり取りを行う。また、市場での売買処理を簡素化するために市場に存在する生産者毎に製品種、価格、在庫の情報をまとめた価格タグオブジェクトを市場は保有する。

製品種オブジェクト

製品種オブジェクトは当該製品種を識別する ID に加えて、保有者のエージェント ID を保有し、生産者が保有する製品種オブジェクトはさらに設備数、現在在庫数、必要原料種等の生産の意思決定に必要な変数、及び生産計画後の生産量や価格、また、生産能力拡大や生産停止等、当該製品種の意思決定、或いは状態を保有する。同様に、消費者が保有する製品種オブジェクトは当該製品種に対する効用の重み、或いは現在の購入数等の状態を保有する。

各エージェントは生産、或いは購入を考慮した製品種に対して、自身の状態を保有する製品種オブジェクトにアクセスして意思決定を行う。

会計オブジェクト

会計オブジェクトは内部に仕訳帳、総勘定元帳、貸借対照表、損益計算書を保有する。仕訳帳は会計取引を伴う行動が発生した際に、貸方借方のそれぞれのデータを内包する仕訳データに会計取引の仕分け結果を記録し、仕訳データ集合に仕訳データを格納することによって構成される。会計オブジェクト単体で考えた時のシーケンスを以下に示す。

1. エージェントの会計取引（製品の販売、購入、生産、給与の支払い、設備投資、銀行貯金、借入等）の発生
2. エージェントは会計オブジェクトにアクセスし、取引内容の処理を仕訳データに変換して仕訳データ集合に格納する
3. 会計オブジェクトは期末に仕訳データから総勘定元帳を作成する（この時、総勘定元帳に存在しない科目がある場合は新たに科目を生成する）
4. 貸借対照表、損益計算書を総勘定元帳から作成する

2.情報管理クラスの挙動を伴ったシーケンス

初期設定

1. 原料財の製品種 ID, 消費財の製品種 ID をそれぞれランダムで設定する
2. 各消費財製品種に対応する原料財製品種 ID をランダムで設定する
3. 銀行エージェントを生成する
 - ・ エージェント ID, エージェントタイプ ID, 雇用人数を設定する
 - ・ 初期保有現金をパラメータからランダムで設定する
 - ・ 会計オブジェクトを生成して初期設定で定まった会計情報を仕訳データに記述する
4. 原料生産者エージェントを生成する
 - ・ エージェント ID, エージェントタイプ ID, 雇用人数を設定する
 - ・ 初期保有現金, 預金をパラメータからランダムで設定する
 - ・ パラメータで与えられた生産可能製品種数に従って、生産可能製品種数分の製品種オブジェクトを生成し製品種オブジェクト集合に入れる
 - ・ 保有する製品種オブジェクトにランダムで選択した原料財製品種 ID を設定し、パラメータから初期価格、設備数等の状態を設定する

- ・銀行エージェントに自身のエージェント ID を通知し，銀行エージェントの内部に口座オブジェクトを生成する
 - ・会計オブジェクトを生成して初期設定で定まった会計情報を仕訳データに記述する
5. リテイラーエージェントを生成する
- ・エージェント ID，エージェントタイプ ID，雇用人数を設定する
 - ・初期保有現金，預金をパラメータからランダムで設定する
 - ・パラメータで与えられた生産可能製品種数に従って，生産可能製品種数分の製品種オブジェクトを生成し製品種オブジェクト集合に入れる
 - ・保有する製品種オブジェクトにランダムで選択した消費財製品種 ID と対応する原料財製品種 ID を設定し，パラメータから初期価格，設備数等の状態を設定する
 - ・銀行エージェントに自身のエージェント ID を通知し，銀行エージェントの内部に口座オブジェクトを生成する
 - ・会計オブジェクトを生成して初期設定で定まった会計情報を仕訳データに記述する
6. 設備生産者エージェントを生成する
- ・エージェント ID，エージェントタイプ ID，雇用人数を設定する
 - ・初期保有現金，預金をパラメータからランダムで設定する
 - ・パラメータで与えられた，1 期の設備生産上限，及び設備価格を設定する
 - ・銀行エージェントに自身のエージェント ID を通知し，銀行エージェントの内部に口座オブジェクトを生成する
 - ・会計オブジェクトを生成して初期設定で定まった会計情報を仕訳データに記述する
7. 消費者エージェントを生成する
- ・エージェント ID，エージェントタイプ ID を設定する
 - ・初期保有現金，預金をパラメータからランダムで設定する
 - ・パラメータで与えられた購買可能製品種数に従って，購買可能製品種数分の製品種オブジェクトを生成し製品種オブジェクト集合に入れる
 - ・保有する製品種オブジェクトにパラメータからランダムで効用の重みを設定する
 - ・銀行エージェントに自身のエージェント ID を通知し，銀行エージェントの内部に口座オブジェクトを生成する
 - ・会計オブジェクトを生成して初期設定で定まった会計情報を仕訳データに記述する
8. 各雇用者と消費者の関係の初期設定
- (ア) 消費者のエージェント ID を消費者エージェント ID 集合に入れる
- (イ) 銀行エージェントはパラメータで設定された雇用人数に従ってランダムに消費者エージェント ID 集合からエージェント ID を取り出し，銀行エージェントが保有する雇用者集合に設定する
- 同時に銀行エージェントによって選ばれた消費者は銀行のエージェント ID を雇用先として設定する

- (ウ) 設備生産者エージェントは同様に消費者を雇用する
 - (エ) 原料生産者エージェントは同様に消費者を雇用する
 - (オ) リテイラーエージェントは同様に消費者を雇用する
 - (カ) 各リテイラーエージェントはID昇順に各エージェントに雇用されずに余った消費者を1エージェントずつ雇用する
 - (キ) 設備生産者、原料生産者、リテイラーは雇用者集合の1番目の消費者エージェントを経営者エージェントとして扱い、1番目の消費者エージェントIDを経営者エージェントIDとして記憶する
9. リテイラー、原料生産者の各エージェントはパラメータの初期値と、雇用者の割り振りを基にして生産能力の上限値を計算する
10. リテイラー、原料生産者は初回の期の生産量について、生産能力の上限値分だけ生産を行い、生産した製品にパラメータで与えられた初期価格を設定する

購買行動

1. 消費者集合からランダムにエージェント C_j を選択する
 - (ア) C_j は自己の消費予算に従って銀行から預金を引出す
 - ① C_j は自身が保有する製品種オブジェクトにアクセスし、現在の当該製品の購買個数と効用の重みから各製品種に対する効用を確認する
 - ② C_j は製品財市場にアクセスし、価格タグオブジェクトから各製品種の価格情報を収集する
 - ③ C_j は自身の各製品種に対する効用と製品価格から購入する製品（製品種と生産者番号で認識）を選択する
 - ④ C_j は市場にアクセスして対象となる製品を購入する
ここで当該製品オブジェクトは製品財市場から消費者へ移動し、同時に当代金が C_j から該製品の生産者に送られる
 - ⑤ C_j は自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし、購入した製品と支出を仕訳データに記述する
 - ⑥ 同様に製品が購入された生産者は自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし、購入した製品と支出を仕訳データに記述する
 - ⑦ 市場に存在する最低価格と現在の購買予算を比較して、製品を購入する余地がある場合は再度①に戻る
2. 全ての消費者の行動が終了していなければ1に戻る

消費財生産行動

1. リテ일러集合からランダムにリテ일러 R_j を選択する

(ア) R_j は生産計画行動に従って各製品種の生産量と価格を決定する

- ① R_j は保有する製品種オブジェクトにアクセスし、当該製品種に対する自身の設備数、前期までの販売数、及び現在の在庫を収集する
- ② R_j は生産計画行動ルールに従って価格と目標生産量を決定する
このとき、目標生産量と在庫量から市場の需要状況を認知し、当該製品種の生産能力拡大意思決定フラグに記録する
- ③ R_j は保有する全ての製品種オブジェクトについて生産量と価格を決定するまで①と②を繰り返す

(イ) R_j は原料財市場にアクセスし原料を購入する

- ① 製品種オブジェクトにアクセスし、当該製品種について必要な目標生産量情報を取得する
- ② 価格タグオブジェクトにアクセスし必要な原料品種の価格と在庫情報を収集する
- ③ 原料財を購入する
 - i. R_j は必要な原料財品種の中から最も安い原料財（製品種と生産者番号から識別）を選択する
 - A) R_j は原料財を購入する
ここで当該原料財の製品オブジェクトは原料財市場から R_j の保有する製品種オブジェクトに移動し、購買金が R_j から当該製品種を生産した原料生産者 W に移動する
また、資金が不足する場合は銀行から短期借入を行う
 - B) R_j は自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし、購入した製品と支出を仕訳データに記述する
 - C) 同様に製品が購入された生産者 W は自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし、購入した製品と支出を仕訳データに記述する
 - ii. R_j は全ての生産可能製品種について i を繰り返し原料財の購買を行う

(ウ) R_j は消費財を生産する

- ① 製品種オブジェクトから当該製品種の目標生産量と購買原料数を取得する
- ② 購買原料数に従って、消費財オブジェクト（製品種番号、生産者番号、価格を保持）を生成する
このとき、消費財一つの生産につき原料財一つを消費し、消費した原料オブジェクトは消去される
また、原料財が不足する場合はその時点で生産を停止する
- ③ 保有するすべての製品種オブジェクトに従って①、②を繰り返し生産を行う

- ④ R_j は自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし，原料，労働者の固定給与等の経費を計上し，製品の生産について仕訳データに記述する
 - (エ) R_j は生産した製品を消費財市場に移動する
 - (オ) R_j は消費財市場に存在する R_j の各価格タグオブジェクトの価格，在庫量を更新する
2. 全てのリテイラーの行動が終了していなければ 1 に戻る

原料財購買行動

1. 原料生産者集合からランダムに原料生産者 W_j を選択する
- (ア) W_j は生産計画行動に従って各製品種の生産量と価格を決定する
 - ① W_j は保有する製品種オブジェクトにアクセスし，当該製品種に対する自身の設備数，前期までの販売数，及び現在の在庫を収集する
 - ② W_j は生産計画行動ルールに従って価格と目標生産量を決定する
このとき，目標生産量と在庫量から市場の需要状況を認知し，当該製品種の生産能力拡大意思決定フラグに記録する
 - ③ W_j は保有する全ての製品種オブジェクトについて生産量と価格を決定するまで①と②を繰り返す
 - (イ) W_j は原料財を生産する
 - ① 製品種オブジェクトから当該製品種の目標生産量を取得する
 - ② 購買原料数に従って，原料財オブジェクト（製品種番号，生産者番号，価格を保持）を生成する
 - ③ 生産可能なすべての製品種について生産を行う
 - ④ 自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし，原料，労働者の固定給与等の経費を計上し，製品の生産について仕訳データに記述する
 - (ウ) W_j は生産した製品を原料財市場に移動する
 - (エ) W_j は消費財市場に存在する W_j の各価格タグオブジェクトの価格，在庫量を更新する
2. 全ての原料生産者の行動が終了していなければ 1 に戻る

設備投資

1. 各リテイラー、及び原料生産者で設備投資の意思決定を行ったエージェントの中から設備投資条件を満たしているエージェント ID を集計する
 - (ア) 設備生産者 E は設備投資意思決定エージェントの中からランダムで 1 エージェントを選択する
 - (イ) E は選択した設備投資意思決定エージェントの保有する当該品種の製品種クラスの設備数を加算し、設備を納品された設備投資意思決定エージェントは E に代金を支払う
このとき、 E は生産と販売に関わる会計取引情報を仕訳データに記述し、設備投資意思決定エージェントは設備投資に関わる会計取引情報を仕訳データに記述する
 - (ウ) 設備生産者の 1 期の生産能力の上限に達する、或いは設備投資を行っていない設備投資意思決定エージェントが 0 になるまで (ア) に戻る

雇用

1. 各リテイラーで雇用の意思決定を行ったエージェントは求人票オブジェクト（エージェント ID, 現在雇用している労働者の固定給与の平均）を生成し、労働市場に求人票オブジェクトを設置する
2. 失職している消費者集合からランダムに消費者エージェント C_j を選択する
 - (ア) C_j は労働市場に提示されている求人票の中で最も提示された給与額が高い求人票に応募する（求人票に自身のエージェント ID を通知する）
 - (イ) 応募しようとした求人票の応募数が既に応募可能上限数に達していた場合は次に給与の提示額が高い求人票に応募する
 - (ウ) 求人票に応募できるまで (イ) を繰り返す、応募可能な求人票が存在しない場合、 C_j は今期での求職行動を終了する
3. 全ての消費者の行動が終了していなければ 2 に戻る
4. 各リテイラーは労働市場から求人票を回収する
5. 各リテイラーは回収した求人票に通知されている消費者からランダムで 1 エージェントを選択して雇用する消費者を決定する
この時、求人票に応募がないリテイラーは今期での雇用行動を終了する
また、選択されなかった消費者は今期での求職行動を終了する
6. 雇用する消費者を選択したリテイラーは当該消費者のエージェント ID を雇用者集合に記録し、当該消費者に通知する
7. リテイラーから通知を受けた消費者は雇用先エージェント ID に通知を行ったリテイラー ID を記録する

銀行処理

○預金処理

1. 預金を行うエージェントは銀行エージェントに預金額, 自身のエージェント ID を通知して預金額を送る
2. 通知を受けた銀行エージェントは通知されたエージェント ID から当該エージェント ID を持つ口座オブジェクトの預金額を変更する
3. 預金を行ったエージェントは自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし, 現金, 預金のそれぞれについて仕訳データに記述する
4. 預金処理を行った銀行エージェントは自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし, 現金, 預金のそれぞれについて仕訳データに記述する

○預金引出処理

1. 引出を行うエージェントは銀行エージェントに引出額, 自身のエージェント ID を通知する
2. 通知を受けた銀行エージェントは通知されたエージェント ID から当該エージェント ID を持つ口座オブジェクトの預金額を変更する
3. 銀行エージェントは通知を行ったエージェントに対して引出額の現金を送る
4. 引出を行ったエージェントは自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし, 現金, 預金のそれぞれについて仕訳データに記述する
5. 引出処理を行った銀行エージェントは自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし, 現金, 預金のそれぞれについて仕訳データに記述する

○貸出処理

1. 借入を行う生産者エージェントは銀行エージェントに借入申請額, 自身のエージェント ID を通知する
2. 通知を受けた銀行エージェントは通知されたエージェント ID から当該エージェント ID を持つ口座オブジェクトの貸出集合に返済期数, 当該返済期の貸出額, 及び利息額を記憶する
3. 銀行エージェントは通知を行ったエージェントに対して借入申請額の現金を送る
4. 借入を行った生産者エージェントは自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし, 現金, 借入のそれぞれについて仕訳データに記述する
5. 貸出を行った銀行エージェントは自身が保有する会計オブジェクトにアクセスし, 現金, 貸出のそれぞれについて仕訳データに記述する

○返済処理

1. 返済を行う生産者エージェントは銀行エージェントに自身のエージェント ID を通知する
2. 通知を受けた銀行エージェントは通知されたエージェント ID から当該エージェント ID を持つ口座オブジェクトを探し、当該期の返済額、及び利息額を生産者エージェントに通知する
3. 銀行からの返答を受けた生産者エージェントは現金・預金から返済額と利息額を銀行エージェントに送る
4. 返済を受けた銀行エージェントは塔がエージェント ID の口座の当該期の返済額、及び利息額を削除する
5. 返済を行った生産者エージェントは現金、預金、借入のそれぞれについて仕訳データを記述する
6. 返済を受けた銀行エージェントは現金、預金、貸出のそれぞれについて仕訳データを記述する

会計行動

1. 会計を行う各エージェントは当期に発生した全ての会計行動が記述されている仕訳データを各勘定科目別に総勘定元帳を作成する
2. 総勘定元帳から各勘定科目の借方貸方を算出し、今期の営業活動での損益を計算する
3. 損益計算後、税金、ボーナス等を計算し、未払い額として計上する
4. 各勘定科目の貸方、借方から今期の純損益を計算し、貸借対照表、損益計算書を作成する

Appendix3 経済連関表

表 A2_1. 本研究のモデル構造を検討できるように改良した経済連関表

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	消費財産業	資本財産業	労働者	非調整者	金利生活者	マネジメントセクター	投資セクター	海外取引	政府	銀行	中央銀行	外国為替安定化資金
1 消費財	$-p_1 X_1$		$p_1 D_1^w$	$p_1 D_1^s$	$p_1 D_1^f$			$p_1 E_1$	$(1-\eta)G_1$			
2 資本財		$-p_2 X_2$					$p_2 I_2$	$p_2 E_2$	$(1-\eta)G_2$			
3 賃金	$w\alpha_{21} X_1$	$w\alpha_{22} X_2$	$-W$						wN^s	wN^b		
4 減価償却	$P_4 \alpha_{41} X_1$	$P_4 \alpha_{42} X_2$					$-H$					
5 輸入	$\pi p_1^* \alpha_{51} X_1$	$\pi p_1^* \alpha_{52} X_2$						$-\pi p_1^* F$				
6 税金	$t_1(1+\pi)p_1 X_1$	$t_1(1+\pi)c_2 X_2$	$t_w W$	$t_c \alpha(1-t_n)\Pi$	$t_c(\bar{A}+r\bar{B})$	$t_n \Pi$			$-T$			
7 利益	$\pi p_1 X_1$	$\pi p_2 X_2$		$-\alpha(1-t_c)\Pi$		$\alpha(1-t_c)\Pi + \gamma - \Pi$	$-\gamma$		$\eta(G_1 + G_2)$			
8 利息					$-\bar{A}'$			$-\bar{B}'^f$	$-\bar{B}'^s$	$-\bar{A}'^b$	$-\bar{A}'^c$	
9 債券					$p_b \delta B^s$			$p_b \delta B^f$	$p_b \delta B^s$	$p_b \delta B^b$	$p_b \delta B^c$	
10 定期預金					δQ^s					δQ^b	δQ^c	
11 外国為替					$t_{FB}(B_f, B_s)$			$r(D_f^s - S_f^s)$				rD_f^s
12 資金			$L^w - \bar{M}^w$	$L^s - \bar{M}^s$	$L^f - \bar{M}^f$	$L^n - \bar{M}^n$	$L^i - \bar{M}^i$			$L^b - \bar{M}^b$	$-\delta M^c$	$-\delta M^s$