

消費者，企業，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

Study on the Influential Factors of Business Cycle and GDP in Multi-Agent Simulation of an Artificial Economic System Composed of Consumers, Producers and a Bank

荻林成章*

高島幸成*

Shigeaki Ogibayashi*

Kousei Takashima*

*千葉工業大学社会システム科学研究科

要旨：本研究は消費者，企業，銀行エージェントを内包し，価格・生産量・投資をエージェントが自己調整するエージェントベースによる人工経済モデルを構築し，景気循環及び GDP に影響を及ぼす要因とメカニズムを解析した。その結果，消費者と企業との製品売買に関する行動ルールとそれらの相互作用による市場内製品価格と生産量の均衡状態の創発，設備投資に伴う資金調達を含めた資金循環挙動，及びそれらによる景気循環挙動が再現できることがわかった。また，GDP に及ぼす諸要因の影響は，設備投資資金の借入れによる市場流通資金量と，消費者の可処分所得による需要量でほぼ説明できることが分かり，これらの結果から本モデルにおける景気循環のメカニズムについて考察した。

1. 背景

エージェントベースモデリング (ABM) は，実システムと類似のメカニズムで機能するボトムアップ型のモデル構築が可能であることから人工金融市場，組織などの社会問題の解析に広く利用されている [1]~[2]。一方多くの社会問題は経済と密接に関係しているため，ABM アプローチにおいてマクロ経済を取り扱った研究は，重要な課題の一つであると考えられる。

ABM アプローチによるマクロ経済システムの研究にはマクロ経済現象とそのメカニズムの再現を中心とした研究 [3] と，可能な限り詳細な市場経済のモデルの開発に焦点を当てた研究 [4] の 2 種類のタイプに分けられると考えられる。しかしながら，エージェントベースの観点から実物経済における景気循環挙動に着目し，ミクロな行動ルールの相互作用によって生じるマクロな資金

循環挙動やそのメカニズムを明らかにしようとする研究は多くないと思われる。

一方で，著者らは先行研究 [5][6] で企業，消費者，銀行エージェントを内包し，価格・生産量・投資をエージェントが自己調整するエージェントベースの人工経済モデルを構築し，景気循環などの現実の経済挙動と同様の振舞いを得ることを明らかにした。

本稿では，各エージェントに複式簿記の会計処理を導入し，産業連関表及び，GDP の出力を可能にし，GDP 及び景気循環に及ぼす諸要因の影響について解析し，現実経済の景気循環メカニズムについて考察を行った結果について述べる。

2. シミュレーションモデル

本研究は経済システムにおける基本的な要素として，(1) 式に示すように消費者 (C)，企業

(P)、及び銀行 (B) をエージェントとして構成した人工経済モデルを構築した。また、企業は機能によって異なるリテイラー (R)・ホールセラー (W)・設備製造 (E) の 3 種企業にモデル化した。

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

C: 消費者, P: 企業, B: 銀行
R: リテイラー, W: ホールセラー, E: 設備製造

本モデルでは図 1 に示すように、企業、消費者、銀行間で購買金、給与、預金、利子等の授受によって資金が循環する。エージェントのミクロ的な行動ルールは単純で且つ、現実のシステムと類似した本質的なものとなるようにモデル化した。

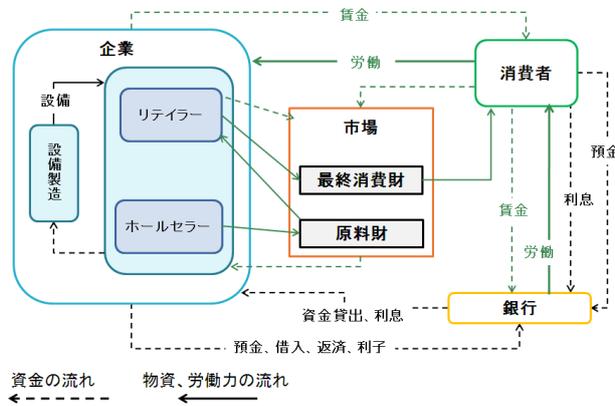


図 1. モデル概要図

各エージェントはそれぞれ会計情報を有し、製品の売買、給与の授受等の会計取引ごとに仕訳データを作成・格納し、複式簿記方式によって毎期末に損益計算書、貸借対照表を作成する。各エージェントの毎期の決算情報を集計して、人工経済システムの産業連関表を作成し、毎期の付加価値額の合計を GDP とする。産業連関表の例を表 1 に示す。

表 1. 人工経済システムの産業連関表

	中間需要				計	最終需要			国内生産額
	リテイラー	ホールセラー	設備製造	銀行		消費	固定資本形成	在庫	
リテイラー	-	-	-	-	0	4439751	-	-14415	4425336
ホールセラー	150442	-	-	-	150442	-	-	-450	149993
設備製造	-	-	-	-	0	-	1000000	-	1000000
銀行	14242	-60	-555	-	13627	-356	-	-356	13272
計	164684	-60	-555	-	164070	4439395	1000000	-14864	5424531
付加価値	3949752	147616	979142	6478	5082987				
営業余剰	262726	2436	21412	6795	293369				
資本減耗引当	8470710	0	-	-	8470710				
計	4206652	150062	1000654	13273	5424531				
国内生産額	4425336	149993	999999	13273	5388600				



また、本モデルにおける各エージェントの期首時点における現金残高と預金残高は(2)式に示すように自身と他者の行動により期毎に変化する。

$$C_{kc}^t = C_{kc}^{t-1} + D_{kc}^{t-1} r_{withdraw_{kc}}^{t-1} - Buy_{kc}^{t-1} + (Const_wage_{kc}^{t-1} + Bonus_{kc}^{t-1})(1 - r_{savings_{kc}})$$

$$D_{kc}^t = D_{kc}^{t-1}(1 - r_{withdraw_{kc}}) + (Const_wage_{kc}^{t-1} + Bonus_{kc}^{t-1})r_{savings_{kc}} + Interest_{kc}^{t-1} \quad (2)$$

$$D_{bp}^t = D_{bp}^{t-1} + Sales_{bp}^{t-1} - (Cost_{bp}^{t-1} + \sum_{k \in kc} (Const_wage_k^{t-1} + Bonus_k^{t-1}) + Repayment^{t-1} - Interest^{t-1})$$

kc: 消費者 kp: 生産者 C': t期の初めの保有現金額
D': t期の初めの保有預金額 Buy': t期のCのR製品購買費用
Bonus': t期の企業の支払うボーナス Sales: t期の売上総額
Interest': t期の銀行の支払利息 Repayment': t期の返済額
r_{withdraw}: 購買時の預金引き出し率 r_{savings}: 給与に対する預金率
Cost': t期のRの原料 (W製品) 購買費用 Const_wage': t期の企業の支払う固定給

本研究は上記モデルを用いてエージェントとエージェント、エージェントとシステムが相互影響を与えながらシステム内で活動を行った結果として出力した GDP や製品価格、景気の循環挙動等の創発現象について解析し、そのメカニズムについて考察を行った。以下に各エージェントの行動概要を示す。

2.1 消費者エージェント

消費者 C は毎期一つの企業の下で労働し、賃金を得て、製品種毎に一様乱数で与えた効用に従って、市場の中から最も安い製品を選び、可処分所得の範囲内で購買を繰り返す。C はそれぞれ、銀行に口座を保有し給与の中から貯蓄率に応じた額を銀行に預金し、製品購買時に預金引出率に応じて預金を引き出し給与収入と合算して購買資金に充てる。C の属性を (3) 式に示す。

$$C \text{ の属性} = [n_j, n_j, producer, wage, cash, deposit], \quad wage' = \{fixed\ salary, bonus'\} \quad (3)$$

n_j : j 品種製品の購買に対する効用 n_j : 期中に購買した j 品種の製品数
producer: 雇用されている企業番号 wage': t 期に企業から受け取る給与と額
fixed salary: 初期に下限値と上限値の間で乱数発生させた固定給
bonus': t 期末に残預金があった場合に支払われるボーナス

2.2 企業エージェント

企業 P は消費者 C を雇い、製品を生産し、毎期給与を支払い、得られた利益剰余金は銀行に預金する。給与は初期にある範囲内の一様乱数で設定した固定給と、固定給支払い後に剰余金が発生する場合に剰余額をボーナスとして従業員に均等に割り振る。

生産する製品の種類は P の種類によって異なり、P の内、リテイラー R は C 用最終製品、ホールセラー W は R 用原料、設備製造 E は R, W

用の生産設備を生産し供給する。

この内、R および W は毎期生産計画を立てて生産量および価格を決定して、製品を製造し、市場に供給する。また条件が満たした場合には、設備投資を行い、その必要資金は全額銀行借入として一定期間に均等返済する。また R,W は廃業ルールを保有し、一定条件を満たした場合に製品の生産を停止する。ここで生産量、価格の決定ルール、設備投資ルール、および廃業ルールは以下のように定めた。

R 及び W は生産計画時に、直近 10 期の売上在庫状況から在庫切れ確率が 5%以下となるように目標生産量を決定する。ただし、生産能力を超える計画を立てた場合は生産能力上限数を目標生産量とする。R は W から目標生産量に見合った量の原料を購入するが原料が目標量に満たない場合には購入できた原料分だけ生産を行う。また、生産計画の際に、前期と比較して目標生産量が増減した場合に、価格上昇あるいは下降の価格変更フラグをプラスマイナスさせ、限界価格変更フラグ数に達した場合に 5%の価格増減を行う。ただし、生産原価を下回る価格設定となる場合は設定価格を原価とする。また R, W は自己の生産能力の増大の為に E から設備を購入し、設備投資を行う。設備投資は、生産計画時に生産能力の上限を超える目標生産量となった場合に設備投資フラグを 1 加算し、設備投資フラグの値が限界値 (10) に達した場合に設備投資を行う。設備投資に伴い生産上限能力は 150%に増加すると仮定した。また、R,W は廃業ルールを保有し、製品の販売数が 1 期中に 0 であった場合に生産停止フラグを 1 増加させ、1 以上の場合に生産停止フラグを 1 減少させ、生産停止フラグが 20 を超えた場合に当該製品種の製造を停止し、全ての製品の製造を停止した際に、企業は廃業システムから除外され、従業員である消費者は他企業に雇用されると仮定した。

設備製造 E は R,W からの要求に対して設備を生産する受注生産型であり、設備の価格は本研究では一定とした。P の属性を (4) 式に示す。

$$P \text{ の属性} = \{J, I, price_j, npro^0_j, npro_j, nstock_j, sale_j, pc_j, profit_j, wage_i, loan, cash, deposit\} \quad (4)$$

J : 製品種番号
 I : 雇用した消費者番号
 $price_j$: j 番製品種の価格
 $npro^0_j$: 生産計画時の目標生産数
 $npro_j$: j 番製品種の実際生産数
 $nstock_j$: j 番製品種の在庫数
 $sale_j$: j 番製品種の販売数
 pc_j : j 番製品種の製品コスト
 $wage_i$: i 番目Cへの支払給与
 $loan$: 長期、短期の借入金合計

2.3 銀行エージェント

銀行 B は他のエージェントの剰余金を預り、設備投資の際に企業へ資金の貸出を行い、利息は本研究では 1%とした。貸出は返済期間が長く設備投資を行う際に貸出す長期貸出、返済期間が翌期で運転資金の不足の際に貸出す短期貸出の 2 種類の行動を行う。また、本研究では銀行の初期保有資金を非常に大きく設定し、借入の要求に対しては無制限に貸出可能とした。但し長期借入金の返済期間中は貸出を行わないと仮定した。B の属性を (5) 式に示す。

$$B \text{ の属性} = \{cash, loan_i, deposit - c_i, deposit - p_i, interest\} \quad (5)$$

$loan_i$: i 番目の企業への貸出金
 $interest$: 貸出金利
 $deposit - c_i, deposit - p_i$: i 番目の預金額

3.シミュレーション条件

シミュレーションは C++言語によるプログラミングによって行い、開発環境として Microsoft Visual Studio 2008 を用いた。全エージェントの一連の行動期間を 1 期とし、1 期 1 カ月の想定で行った。本研究では表 2 に示すように資金流通、景気循環、GDP に影響を及ぼす要因分析を行うに当たり、基本条件と別に 5 つの実験水準を設けた。解析条件を表 2 に示す。

基本条件と比較した実験水準としては、表 2 に示すように、投資期間、エージェント数、投資額、

表 2.解析条件

	基本条件	投資期間解析	エージェント数解析	一回当たり投資額解析	投資金額解析	投資期間・投資額・投資金額影響係数解析
期間	360		360			
エージェント数	Consumer: 100 Retailer: 20 Wholesaler: 3 Equipment: 1 Bank: 1		100/200/300/400/500 20/40/60/80/100 3/6/9/12/15 1		100 20 3 1	
初期投資フラグ	0	0/0~10 乱数発生		0		
一回当たり投資額	1000000		1000k	400k/600k/2000k	1000k	
支払い期間	120	60/120/ 180 固定	正規分布 平均120 分散0/ 300/1200		120 固定	
ボーナス率	0.8~0.9 乱数発生			0.8~0.9 乱数発生		0.8~0.4/0.9 ~0.7/0.8~1
貯蓄率	0.1			0.1		0.1/0.5
貸出引当率	0~1 乱数発生			0~1 乱数発生		0~0.5/0~ 0.7/0.5~1
消費者初期資金量	30k~50k 乱数発生			30k~50k 乱数発生		基本条件 の2~5倍 乱数発生
企業初期資金量	80k~160k 乱数発生			80k~160k 乱数発生		基本条件 の2~5倍 乱数発生

総資金量、給与・ボーナス額をそれぞれ変更する解析を行った。これらの要因の内、投資期間解析では設備投資を行う際の長期借入に関連する設備投資時のフラグの初期値、及び借入金の返済期間の値とそのばらつきを種々変更して GDP および資金循環挙動への影響を解析した。エージェント数解析は GDP に及ぼすエージェントの数の影響について解析を行った。一回当たり投資額解析では一回あたりの投資金額の GDP への影響を解析した。また、総資金量解析では市場全体の資金量の合計額として、初期にエージェントが持つ資金の合計額の GDP への影響について解析を行った。また、これらに加えて貯蓄率や預金引出率、ボーナス率等、消費者の可処分所得に関わる因子の GDP に及ぼす影響について解析を行った。

また、上記の設備投資を伴う資金循環解析に先立ち、本モデルにおける価格決定メカニズムおよびサプライチェーンにおける R,W の相互依存関係に関わるシステム挙動を確認するため、C-R シミュレーション、および C-R にホールセラーを加えた C-R-W シミュレーションの 2 種類の解析を行った。これらの中 C-R シミュレーションでは、C の可処分所得を一定として資金循環なしの条件下で、C および R の各エージェントのそれぞれ独自の意思決定に基づく行動とそれらの相互作用だけから、市場平均価格および製品供給量の均衡が再現されるかどうかを確認するためのものである。また C-R-W シミュレーションは、資金循環の条件下で、W の生産能力を変えた時に、エージェントの自律的行動とその相互作用だけから R の生産量や市場平均価格の均衡値が自律的に変化するかどうかを確認するためのものである。

4. シミュレーション結果

4.1 基本条件における人工経済システムの挙動

4.1.1 価格と生産量の均衡の創発

シミュレーションシステム内に存在するエージェントを消費者、及びリテイラーのみとし、消費者所得を毎期一定の条件で C-R シミュレーション

を行った。その結果、図 2 に示すように各期の平均製品価格、及び生産量は上昇下落を繰り返しつつ一定域に収束することが分かった。

このことは本モデルが、消費者の所得、即ち需要が一定である場合に、消費者とリテイラー間の製品製造売買に関わる自律的な意思決定とその相互作用だけから、価格と生産量が均衡点に達するシステムであることを示している。

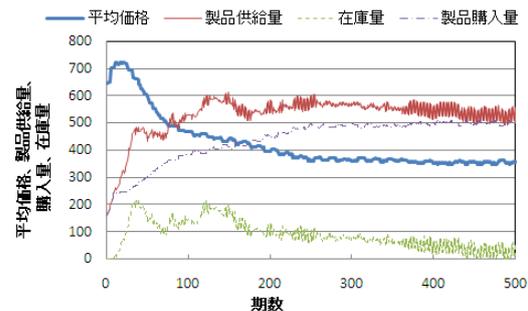


図 2. CR シミュレーションにおける製品の平均価格、需要量・供給量の推移（消費者所得一定、資金循環なし条件）

次に、原料生産者であるホールセラーを加えることにより多層的なサプライチェーン構造を模擬した C-R-W シミュレーションモデルにおいて、経済システムに与えるホールセラーの生産能力の影響を確認するため、資金循環条件の下で、すなわち企業の売上から消費者給与が支払われる条件下で、ホールセラーの生産能力を種々変更してリテイラーの生産量および市場価格への影響を解析した。その結果、図 3 に示すようにホールセラーの生産能力が低い場合にはリテイラーの生産量が低下し、リテイラーの生産量はホールセラーの生産量に強く影響を受けていることが分かった。また、ホールセラーの生産能力が低い場

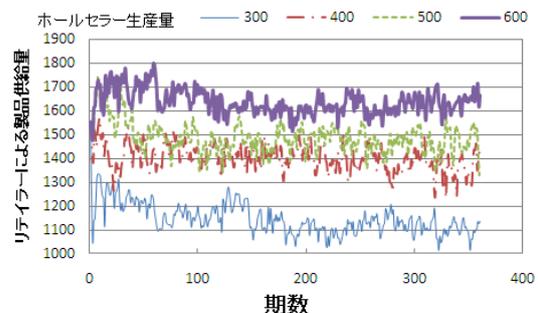


図 3. C-R-W シミュレーションにおける製品供給量に及ぼす W 生産限界量の影響（資金循環あり、設備投資なし）

合にはリテイラーの製品供給能力が低下する結果として、リテイラー製品の市場価格が上昇していることが分かった。

このように、設備投資が起こらない条件下で本モデルの基本的挙動を観察すると、本モデルでは C の製品購買ルール、R の原料購入と製品生産量および価格決定に関わる行動ルール、および W の原料生産量および価格決定に関わる行動ルールを仮定することにより、市場の製品生産量および製品価格がボトムアップに決定されている。

これらのことから本モデルでは、消費者と企業の簡単な行動ルールとそれらの相互作用だけから、ボトムアップに市場価格や生産量の均衡が創発されることが分かった。

4.1.2 設備投資を含む人工経済の資金循環挙動

図 1 に示す全タイプのエージェントがシステム内に存在する C-R-W-E-B シミュレーションの基本条件下では、R、W のそれぞれのエージェントの売上に応じて設備投資を行うエージェントが現れ、銀行への預金総額と借入総額、及び GDP において図 4 に表すように周期的な変動が現れることが分かった。この周期的な変動は設備投資回数、消費者賃金、及び、製品平均価格と購買量等においても同様に現れることが分かった。

これらの周期的な変動では、GDP 上昇の期間中に設備投資が行われていること、その期間にリテイラーの売上や消費者の給与が増加していること、GDP 変動の周期がおおむね、企業の長期借入の返済期間である 120 期周期と一致していること、等が特徴的な挙動であり、設備投資と借

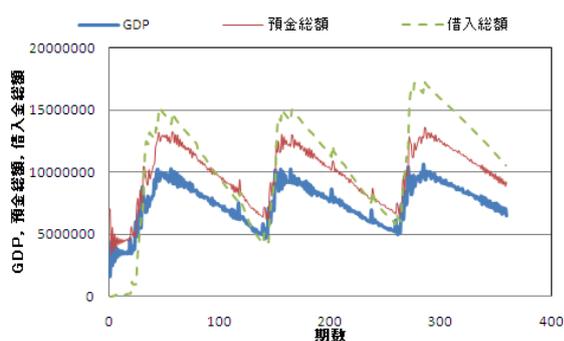


図 4. 基本条件下の GDP, 預金総額, 借入金総額の周期的変動

入金返済が景気循環に強い影響を与えていることが分かった。

4.2 景気循環に及ぼす投資返済条件の影響

本モデルにおける景気循環挙動に及ぼす諸要因の影響を明らかにするため、設備投資・借入金返済条件を変更した解析を行った。その結果、設備投資の初期フラグを 0 から 10 までの一様乱数でばらつかせた条件下では、基本条件と比較して大きな変化は見られなかった。これは本モデルにおける投資の意思決定に必要な期間が、返済期間に比べて大幅に小さいためであると考えられる。以上より設備投資に関わる初期条件の影響は小さいといえる。

また、基本条件に対して企業毎に返済期間を平均値を同一とした正規分布または一様乱数で与えて、設備投資の返済期間にばらつきを与えた条件で解析を行った結果、図 5 に示すように返済期間にばらつきを与えた場合には景気循環の波形が不明瞭になることが分かった。

このように設備投資に伴う銀行借り入れの返済期間を完全にランダムとすれば本モデルにおける景気循環は生じない。現実システムでは返済期間は全くランダムということではなく、設備投資額に応じて異なるもののある程度類似の値となることにより景気の循環が生じるものと考えられる。現実システムにおける景気循環には様々な要因が関係しているが、本モデルの結果より、最も基本的な要因の一つは銀行借り入れに伴う市中循環貨幣の増加と考えられる。

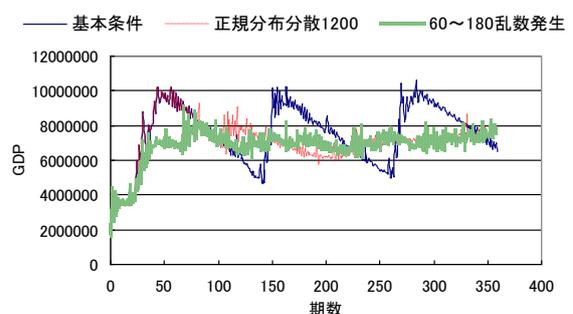


図 5. GDP の周期変化に対する、平均 120・分散 1200、60～180 期の間での乱数発生 の 2 条件による影響

4.3 GDPに及ぼすその他の条件の影響

4.3.1 エージェント数の影響

GDPは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。この時、消費者一人当たりのGDPは変更するエージェントのタイプによって大きく異なる。C, R, Wそれぞれのエージェント数を等比で増加させた条件下では、GDPの絶対値は増加するが、一人当たりのGDPはほとんど変化しない。一方、Cのみを増加させた条件では、一人当たりGDPの水準は低下し、R, Wのみを増加させた条件では逆に一人当たりGDPの水準は増加することが分かった。

これは企業エージェントの割合が増加すると、C エージェント一人当たりに対する設備投資額が増加し総需要が増加するためである。

4.3.2 一回当たり投資額による影響

一回当たり投資額を変更すると、GDPの水準が一回当たり投資額に比例して高くなることがわかった。また、一回当たりの投資額が低すぎる場合は市場全体の資金量に対して、影響力が小さいため、循環内におけるGDPの最大値の水準が低下し、景気変動サイクルが平坦なものとなった。これは設備投資の価格によって企業が銀行から借入れる資金額が小さいと、設備投資による資金量増加の波及効果が小さくなるためである。

4.3.3 初期総資金量による影響

銀行以外のエージェントの初期資金保有量を増加させると、その値に比例してGDPが増加したが景気循環の発生タイミングには大きな変化は見られなかった。本モデルでは初期資金量は預金引き出し率を介して消費者需要に影響し、GDPの水準に影響していると考えられる。

4.3.4 可処分所得に関わる要因の影響

貯蓄率、ボーナス率、預金引出率、を種々変更した結果、貯蓄率の上昇はGDP水準を低下させ、ボーナス率と預金引出率の上昇はGDP水準を上昇させる結果となった。これらの係数は消費者の

購買原資に強い影響を与える要因であり、購買原資が増大する条件下では需要が高まることにより製品が売れ、GDPの水準が高まり、循環内でのGDPの最大値が高くなる現実的な挙動が再現できたと考えられる。

4.3.5 考察

基本条件下での解析から、本モデルにおける景気循環の発生メカニズムは、景気拡大期には、①幾つかの高収益企業が設備投資を行い、②それによって設備製造企業が高利益を上げ、給与として消費者に還元する、③その少数消費者による製品購買によって需要が増加し、多数の企業の利益が上がり、多くの消費者の賃金に波及し設備投資要求が高まる、という好循環により、投資を発端として市場への資金流入が優勢になり、需要と価格の上昇によって景気拡大が創発される。また景気の後退期には、①設備投資が一巡すると投資需要が減少し、②借入金の借入より返済が市場で優勢となる、③その結果市中循環貨幣量の低下により給与が下がり、需要が低下し、製品価格、製品購買量等が低下する、という悪循環により景気低下が起こっているといえる。

また、GDPに及ぼす諸要因の影響は、一回当たり設備投資額及び、設備投資回数に影響する企業の数等、「設備投資によって市場流通資金量を増加させる要素」、による影響、及び、消費者の数や初期資金量、ボーナス比率、貯蓄率等の「消費者の総需要を増加させる要素」による影響に大別されると考えられる。そこでこれらの結果をふまえて、重回帰分析を試みた結果、(6)式に示す回帰式が得られた。(6)式の目的変数はGDPの景気循環内での最大値とし、説明変数は、初回GDPピークまでの総設備投資額、および消費者の各期の平均購入原資額とした。

$$y = -0.259 + 0.149x_1 + 0.669x_2 \quad (6)$$

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($\times 10^6$)

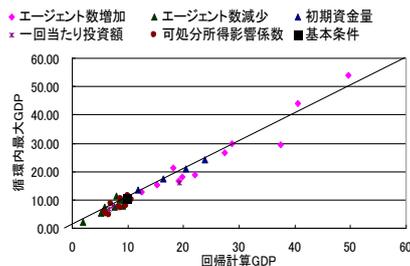


図 6. 計算した GDP とピーク時 GDP の関係

また、(6)式の説明変数によって推計された GDP とシミュレーションによる GDP の関係を図 6 に示す。図 6 に示すように景気循環内での最大 GDP は、種々のパラメータ条件変更にも関わらず設備投資額と、消費者の平均購入資金原資の額によってほぼ統一的に説明できることが分かった。

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資金の循環によって生じるものと考えられる。

5. 結論

消費者、企業、及び銀行で構成した価格、生産量、投資行動を自己調整するエージェントベース人工経済システムモデルを構築し、人工経済システムの資金循環挙動および GDP に及ぼす諸要因の影響を解析し、以下のことが明らかとなった。

- 1) 設備投資が起こらない条件下では消費者の製品購買ルール、生産者の製品生産量および価格の決定ルールとそれらの相互作用から、ボトムアップに市場価格や生産量の均衡が創発される。
- 2) 設備投資を含む条件下では上記に加え GDP や銀行預金総額、借入金総額等が周期的に変動すること、すなわち景気の循環が生じることが分かった。景気循環の周期は設備投資に伴う借入金の返済期間に大きく影響を受け、エージェント毎に返済期間のばらつきが大きくなると景気循環は不明瞭となる。このことは景気の循環にはエージェントの設備投資と借入金返済がある程度同期し投資の連鎖が起こることが必要であることを示している。

- 3) GDP に及ぼす諸要因の影響は、設備投資

需要による市中流通資金量と、消費者の購買原資となる可処分所得の額の 2 要因で統一的に整理できることがわかった。これらの結果から、景気循環は企業の設備投資に起因し、市場を流通する資金が増加、減少を繰り返すことによって発生していると考えられる。

以上の結果は、経済システムの GDP 増加を図るには、銀行に余剰資金を停滞させることなく、資金が流通し、その流通資金が消費者の可処分所得になることが肝要であることを示していると考えられる。

参考文献

1. Terano, T.: "Beyond the KISS Principle for Agent-Based Social Simulation", "Journal of Socio-Informatics", Vol.1, No.1, (2008), 175-187.
2. Tesfation, L., et. al.: "Handbook of computational economics, Volume 2: Agent-based computational economics", North-Holland, (2006).
3. Bruun, C.: "The economics of Keynes in an almost stock-flow consistent agent-based setting" in "Computable, constructive and behavioural economic dynamics - Essays in honour of Kumaraswamy (Vela) Velupillai" ed. by Stefano Zambelli, Routledge Frontiers of Political Economy 2010.
4. Teglio, A., et. al.: "Endogenous Credit Dynamics as Source of Business Cycles in the EURACE Model", "Progress in Artificial Economics", Springer, (2010), 203-214.
5. Ogibayashi, S., et. al.: "Multi-Agent Simulation of Fund Circulation in an Artificial Economic System Involving Self-Adjusting Mechanism of Price, Production and Investment", "ICIC Express Letters", Vol.4, No.3, (2010), 877-884.
6. Ogibayashi, S., et. al.: "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(CD-ROM), Kassel, Germany, September, 2010