

平成 21 年 6 月 20 日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19730211
 研究課題名（和文） ミクロレベル・エージェントによるマクロ経済シミュレーション手法の確立
 研究課題名（英文） Development of Agent-based Macroeconomic Simulation Methods

研究代表者
 細井 真人 (HOSOI MAHITO)
 大阪経済大学・経営情報学部・教授
 研究者番号：20312100

研究成果の概要：本研究は、情報科学において発展したオブジェクト指向分析とマルチエージェント・シミュレーションの成果を応用して、ミクロ的な基礎付けを持つマクロ経済シミュレーション手法となるエージェントベース・シミュレーションの手法の開発を目的としている。オブジェクト指向分析により基礎となる経済モデルのフレームの設計を行い、また、エージェントベース・シミュレーションに数値確率分析法の適用を行い、多数の異質なエージェントにデータに基づく初期値を付与しシミュレーション結果を確率的に評価することが可能となり、現実の経済に近いシミュレーションが可能であることを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,500,000	180,000	1,680,000

研究分野：経済政策

科研費の分科・細目：経済学・経済政策

キーワード：エージェント，シミュレーション，数値確率分布法，IT 経済学，データ指向確率論，計算機経済学，計算機統計学

1. 研究開始当初の背景

近年、マクロ経済学は、伝統的な GDP や失業率、物価等の経済全体の集計量の予測のみならず、家計の所得格差や地域・世代間による問題、少子高齢化に伴う諸問題などの経済主体内部の状態や制度設計にまでその関心を広げている。このような現象は、経済を構成する個々の経済主体の経済行動の結果

としてもたらされたものであるが、**Santa Fe Institute** や **ACE** のグループを含めた計算機経済学の分野の研究者が世界各地で取り組んでいるにもかかわらず、ミクロ的な基礎付けを持つマクロ経済のシミュレーションの方法は未だ確立されているとは言い難い。課題を克服し、このようなシミュレーションを可能とする研究の発展が望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、情報科学の分野において発展したオブジェクト指向分析やマルチエージェント・シミュレーションの研究成果を応用することで、マクロ経済におけるエージェントベース・シミュレーションの手法を開発し、いくつかの問題点を解決し、ミクロ的な基礎付けを持つマクロ経済のシミュレーション手法の基礎を確立する。エージェントベース・シミュレーションは、個々人の経済行動を反映した異質的エージェント・モデルであり、また、必ずしも個々人の合理的行動を仮定しなくても構わず、行動経済学によって検証された現実の経済行動にしたがってモデルを設計することができるので、従来の伝統的なマクロ経済シミュレーションと比較しミクロ的な基礎を持ちながらも現実的なモデルを設計しシミュレーションを行なうことが可能となる。

3. 研究の方法

本シミュレーションでは、モデリングにオブジェクト指向アプローチを採用する。個々の個人や企業等の各経済主体はそれぞれの行動ルールとデータを保持し、場合によっては学習により行動ルールを進化させ、相互に作用しながら全体が振舞うことでシミュレーション結果が導かれ、マクロレベルの結果が観察される。そこで、モデルの設計には **UML** を用い、個人や企業等のクラス図、相互作用図、状態図、アクティビティ図等を用いてモデルを検討する。モデルの実装には、シミュレーション言語ではなく、オブジェクト指向言語である **JAVA** を用いシミュレーションを行なう。シミュレーション結果の評価方法については、内田・細井による数値確率分布法を適用する。

4. 研究成果

本研究では、オブジェクト指向分析やマルチエージェント・シミュレーションの研究成果を応用して、マクロ経済におけるエージェントベース・シミュレーションの手法を開発し、いくつかの問題点を解決し、ミクロ的な基礎付けを持つマクロ経済のシミュレーション手法の基礎の確立を目指した。研究の主な成果としては、**(1)**基礎となるエージェントモデルの設計、**(2)**数値確率分布法の適用によりシミュレーション結果の評価を可能としたこと、が挙げられ、また、今後の課題・展望として**(3)**行動経済学による経済行動の解明および共同研究による研究推進、が挙げられる。

(1) まず基礎となるエージェントモデルの設計を行なった。経済基盤や制度、すなわち、財、金融、労働の各市場、各市場の取引ルール、取引価格・数量決定のメカニズムを設計する。経済事象やデータの観察、基礎調査、人間行動についての知見や経済理論に基づいて各エージェントの行動様式および属性、学習、エージェント間の相互作用を決定する。現在は、各研究者が模索しながらモデルの設計を行いコンピュータ上に実装しているが、将来的には標準的なエージェントベース・モデルが研究者間で共有されることが望まれる。研究成果は **Modelling Identification and Control** で報告を行なった。

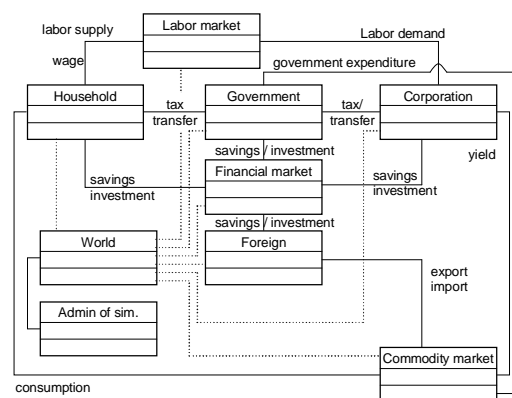


図1 クラス図(略図)

Corporation
+ start-up-activity();
+ release-financial-indicator();
+ gathering-information(clock, order, market, price);
+ determining-wage();
+ calculating-cost();
+ calculating-production-capacity();
+ calculating-profits();
+ determining-production(); /price();
+ ship-production(); /recording-sales();
+ recording-data();
+ allocating-profits();
+ finance(); /become-bankrupt();
+ determining-investment();
+ changing-methods(); /influence(); /learning();
- money-holdings, net-worth, saving, debt
- price, sales, profits, tax
- technology, capital, wage, labor-force, cost
- expectation, habit
- network, world-information,

図2 企業クラス

Household
+ start-up-activity();
+ gathering-information(clock, order, market, price);

```

+ determining-budget-constraint();
+ calculating-utility();
+ sending-data();
+ determining-consumption(); /saving();
+ determining-labor-quantity(); /leisure();
+ recording-data();
+ changing-methods(); /influence(); /learning();
- age, academic-background,
  dependent-family-member, area
- money-holdings, saving, debt
- labor-income, financial-income, transfer, tax
- consumption/expenditure, savings
- utility, expectation, habit
- network, world-information

```

図3 家計クラス

```

Market
+ market-type(stock, commodity, financial, labor)
+ market-system(auction, equilibrium, ...)
+ retrieving-market-data();
+ receiving-orders(demand, supply);
+ return-resultsoforders();
+ gathering-information(clock, order);
+ determining-price(); /quantities();
+ matching-orders();
+ recording-data();
- price, volume of transaction/trading

```

図4 市場クラス

```

World
+ init-world();
+ configure-world();
+ start-up-activity();
+ orders(); //corporation, household, government
+ match(); // market
+ recording-data();
+ update();
+ next-term();

```

図5 シミュレーション世界クラス

```

Admin of sim.
Main()

```

図6 シミュレーション管理クラス

(2) エージェントベース・シミュレーションでは、多数のエージェントにそれぞれ実態に即した異なる初期値、初期パラメータ・ルールを付与する必要があるが、シミュレーションに必要となるこれらの値を、観測値(マイクロデータ)から効率よく生成する手法はこれまで存在しなかった。また、エージェントベース・シミュレーションのシミュレーション結果は複雑で確率分布も不明であり、シミュレ

ーション結果の確率的評価はこれまで難しかった。しかし本研究では内田・細井が開発した数値確率分布法をシミュレーションの各段階(初期値、初期パラメータ、初期ルールの設定、シミュレーション結果の推定、仮説検定)で適用することで前述の問題点を解決した。数値確率分布法は、分布が未知であっても、複雑であっても、小標本であっても、ともかく確率的取り扱いを可能とするコンピュータ・インテンシブな統計手法である。エージェントベース・シミュレーションでは、多数のマイクロレベル・エージェントの初期値、初期パラメータ、初期ルールに、それぞれ現実に近い値を揃える必要があるが、それらの変数間が独立ではなく線形・非線形の複雑な関係がある場合であっても数値確率分布法によるデータ指向乱数生成法を採用することで解決できることを明らかにした。また、エージェントベース・シミュレーション結果の評価では、採用する政策が有効であるかどうか仮説検定を最終的に行う必要があるが、結果の分布が未知であっても、数値確率分布法による推定、検定手法を採用することで、効率的に政策の有効性を評価できることを明らかにした。研究成果は **Artificial Intelligence and Soft Computing** で報告を行なった。

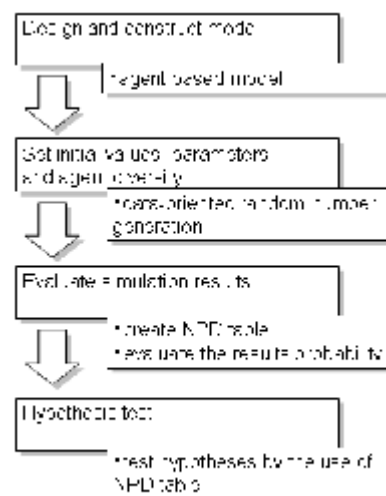


図7 数値確率分布法の適用手順(概略)

(3) エージェントベース・シミュレーションでは、経済学の伝統的なモデルや進化ゲームと比較して、複雑で多様な経済行動を高い自由度で記述することができるが、反面、同じ対象に対して複数のモデルを設計・構築することができてしまう。いずれのモデルが適切であるかを測る指標が存在しない。したがって今後のエージェントベース・シミュレ

ション研究では、まず始めに、現実の経済制度や経済状況、個々の経済主体の行動様式にもとづき、研究者間で共有することができる標準モデルの構築が強く望まれる。それには、実際の人間の行動が究明されなければならず、行動経済学の更なる進展が必要である。また、消費や投資行動や労働、各種市場についての深い理解が必要であり、当面は、各分野の専門家と計算機経済学の専門化との研究を共同で推進しながら、各分野についてミクロレベルでの標準的なエージェント・モデルを積み上げていくことが現実的と思われる。

(2) 研究分担者 ()

研究者番号 :

(3) 連携研究者 ()

研究者番号 :

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

- ① Mahito Hosoi, “Standardized Procedures in Agent-based Economic Simulations by the use of Numerical Probability Distribution Method”, Modelling Identification and Control 2009, February 18th 2009, Innsbruck
- ② Mahito Hosoi and Yukio Uchiida, "Fundamental Algorithm of the Numerical Probability Distribution Method", IASC2008, the Joint Meeting of 4th World Conference of the IASC and 6th Conference of the Asian Regional Section of the IASC on Computational Statistics & Data Analysis, September 1st 2008, Yokohama
- ③ Mahito Hosoi and Yukio Uchiida, “Agent-based Simulations using Data-Oriented Random Numbers”, Artificial Intelligence and Soft Computing 2008, December 8th 2008, Palma de Mallorca
- ④ 細井真人・内田幸夫, “データ指向乱数を用いたエージェントベース・シミュレーション”, Joint Agent Workshops and Symposium 2007, 2007年10月29日, 沖縄コンベンションセンター

6. 研究組織

(1) 研究代表者

細井 真人 (HOSOI MAHITO)

大阪経済大学・経営情報学部・教授

研究者番号 : 20312100