

研究課題別評価

1. 研究課題名 :人工社会 経済モデルによる意思決定支援システムの構築

2. 研究者氏名 和泉 潔

3. 研究の狙い：

本研究の目的は、社会 経済システムに参加している一人一人の行動が、社会や経済全体の動きとどのようにつながっているのかということを解明するために、人工社会・人工経済と呼ばれる新たなアプローチを提唱することである。

人工社会および人工経済とは、その言葉の通り 計算機上に人の手によって人工的に作りだされた架空の社会現象や経済現象のことである。より具体的には、エージェントを基本単位とした、社会 経済構造を持つ、計算機プログラムのことである。

いままでの社会 経済理論ではこれらの問題をうまく解明することは出来なかった。特に今までの経済理論では合理的な人間だけが存在する経済を想定して、個性の違いや、心理的な側面を軽視していたため、非現実的な経済しか仮定することが出来なかったからである。

そこで私は、コンピュータの中に“人間の心理”を取り入れた架空の社会 経済現象、すなわち人工社会や人工経済を作り出し、それを分析することで現実の社会 経済現象を探ろうと考えた。

4. 研究結果：

本研究では、最初に金融市場を題材として人工社会 経済アプローチによる市場現象の分析と金融 為替政策に関する意思決定の支援を行うシステムの実装を行った。

人工市場プロジェクトの概要

近年、計算機上に仮想的なディーラーの役割をするコンピュータプログラムを作り、これらのエージェントが自由に取引を行なう仮想市場で実験を行なう人工市場研究が、多くの研究者の注目を集めている。人工市場モデルを考える際に、エージェントのモデルをどのように決定するのかということは、人工市場のパフォーマンスに大きな影響を与える。より本物らしい人工市場を構築するためには、現実の市場参加者が行なっている情報処理プロセスの分析を行ない、そこから得られた知見にもとづき、現実の意思決定法を反映させたエージェントを実装するというアプローチが有効である。そこで我々は、フィールドワークと人工市場モデルの統合による研究プロジェクトを提唱した。

模擬市場によるフィールドワーク

現実の市場参加者の特徴をつかむために、我々は次のような模擬市場実験を行った。10 人程度の参加者に、ネットワーク上の模擬市場システム VDS (Virtual Dealing System)を通して、仮想的な為替取引を行ってもらった。実験の参加者は VDS のウィンドウで不定期にニュースを受け取る。そのニュースを解釈し、将来のレートを予測して、ブローカー取引またはインターバンク取引により、利得を上げるように意思決定を行う。また、過去のニュースを参照したり現在の自分の資産持高や含み損益を知ることができる。

実験により以下のデータを得ることができる: (1)レートログ、(2)取引ログ、(3)取引時の会話ログ、(4)データ参照時間、(5)予想アンケート。これらのデータを用いて、人工市場でのエージェントの戦略決定や学習に関する構造を決定した。

人工市場モデルの構築

フィールドワークの結果に基づき、外国為替市場のマルチエージェントモデル AGEDASI TOF (A Genetic-algorithmic Double Auction Simulation in TOkyo Foreign exchange market)の構築を行った。本モデルは100個の仮想的なディーラーからなるコンピュータ上の人工的な市場である。

人工市場モデルの一期間は現実の市場の一週間に対応しており、各期間は以下の5つのステップよりなる。

- (1) 知覚: 各エージェントは金利や貿易など様々なレートの予想材料に対して、現在の市場では為替レートを予想するのにどれほど重要視すべきかという市場の状態に対する認識を持つ。
- (2) 予想形成: 各エージェントはさきほどの認識をもとに今期の情報を用いて、将来のレートの予想を行う。
- (3) 戦略決定: 自分なりの予想を基に、市場に通貨取引の注文を行う。
- (4) レート決定: 市場全体の需要と供給が均衡する値にレートが決定される。
- (5) 学習: レート決定の後に、各エージェントは市場の認識を遺伝的アルゴリズムを用いた学習により変更していく。

人工市場によって現実の金融市場に関するデータを、人工市場によって再現することも可能である。また人工市場に参加しているエージェントが出した需要と供給のデータも得られる。そして人工市場の中で、金利や貿易収支などのニュースのうち何がエージェントたちに重要視されているかも知ることができる。これらの需給曲線や重要度のデータのように、現実の金融市場では入手が難しいデータも、人工市場なら手にいれることができる。

現実のデータを用いたシミュレーション

本稿で紹介した人工市場を使うことによって、これまでに、理論・実証・応用の3種類の研究成果が得られている。

(1) 理論: 既存の経済理論の検証

人工市場に経済理論の前提条件を与え、金融価格の動きを調べることによって、理論の検証を直接行うことができる。効率的市場仮説 (市場は情報を取り入れるのが極めて迅速でありある者が情報を先駆けすることによって他の者より有利になるという状況は生じないとする説) という既存の経済理論の定量的な検証を行った。効率的市場仮説によると、金融価格の動きはランダムウォークになり、サルの予測も専門家の予測も当たり外れのパフォーマンスは同じになる。相関次元分析と呼ばれる手法で人工市場のシミュレーション結果を分析したところ、エージェントが学習していても、人工市場の相関指数は、効率的市場仮説とは異なりランダムウォークの理論値に近づくことはなかった。

(2) 実証: 現実の市場現象の分析

人工市場シミュレーションを行うことにより、既存の市場理論ではうまく説明がつかなかった下記のような市場現象のメカニズムの解明が可能になった。

- (a) 為替レートバブルのメカニズムの解明。

1990,95,98 年の為替バブルを 25-45%の確率でシミュレートし、これらの時期のバブルは、トレンドへの同調と需給の偏りが原因であることを明らかにした。

(b) 市場の創発的現象のメカニズムの解明。

レートの変動分布の中央が尖って裾が厚くなる現象など、経験的には見つかったがメカニズムがよく分からなかった市場現象の原因を解明した。

(3) 応用: 現場の支援ツールの構築

人工市場に金利などの政策的に操作できる様々な条件を与え、価格変動の評価を行うことができる。人工市場による為替政策の決定支援システムの構築を行った。人工市場モデルに 1998 年当時の経済状況を入力し、複数の為替政策のシナリオを評価したところ、景気とドル・マーク相場に関するニュースの直後に (1) 介入による為替安定化 (2) 小規模な金利操作による為替安定化の 2 つのシナリオが有効であることが分かった。

他の社会 経済現象へ

人工市場研究の成果を踏まえて、他の社会 経済現象への人工社会・人工経済アプローチの応用のための基礎調査を行った。その結果、石油市場や電力市場などの金融市場以外の経済市場やマーケティング (購買行動) そして人の流れがある場所での誘導などに、本アプローチの有効性が高いことが分かった。現在、これらの現象への人工社会・人工経済アプローチを用いた、意思決定支援システムの構築を進めている。

5. 自己評価：

本研究の最大の評価ポイントは、個人の行動や情報処理プロセスと社会 経済システム全体の挙動の間にある“失われた環”を解明するために、人工社会・人工経済という全く新しいアプローチを具体的に提唱した点にある。まず本研究では、実際の人間の意思決定過程を観察・分析するための実験・フィールドワーク手法を、金融市場を題材にして、模擬ディーリング実験という手法を構築した。実験に必要なシステムを新たに開発し、意思決定論や認知科学の知見を用いて、測定方法、解析手法を特定した。さらに、本研究では、フィールドワークで得られたデータより、計算機上にマルチエージェントシステムを構築して、計算機シミュレーションにより実際の社会 経済現象の分析を行う一連の手法も新たに構築を行った。本研究で確立した人工社会・人工経済のアプローチは、これから他の社会・経済現象に応用されていくと期待され、この分野の研究の発展において基礎になると思われる。

本研究で得られた個別の研究成果に関して、当初の研究計画では意思決定支援システムの構築という応用研究のテーマのみを想定していたが、最終的には、当初の予定に加えて、理論的研究テーマ(効率的市场仮説と呼ばれる経済理論の検証)と実証研究的テーマ(現実の経済現象のメカニズムの解明)という予想以上の成果も得ることができた。これらの具体的な成果も、人工社会・人工経済アプローチの大きな可能性を示すことができたと思っている。

本研究では、主に金融市場を題材とした分析が中心となっており、当初予定の投票行動やマーケティングなどの他の社会 経済現象への人工社会・人工経済アプローチの適用は、基礎的な調査と理論的なモデル構築を行い、さきがけ研究の 3 年間では具体的な意思決定支援システムの構築にまではいたらなかった。しかしながら、さきがけ期間中に終えた理論的

準備を土台にして、複数の企業との共同研究という形で、石油市場や電力市場などの金融市場以外の経済市場やマーケティング（購買行動）、そして人の流れがある場所での誘導などに、本アプローチを適用することを進めている。

今後、人工社会・人工経済の研究がさらに発展すれば、人間は複雑な社会的状況の中でどのように情報を解釈して行動し学習を行っているのかということを解明する新しい社会科学そして新しい情報科学として、社会学・経済学と心理学や人工知能とを結ぶ架け橋となると考えている。本研究が、このような壮大な夢のための、第一歩となることを期待している。

6. 研究総括の見解：

フィールドワークとマルチエージェントシミュレーションとの融合による社会・経済現象の分析という今までにないアプローチの理論的・手法的な基礎を構築し、理論的テーマから実証研究そして応用研究までの成果をあげ、将来への可能性を示したことは、高く評価できる。また、人工社会・人工経済という新たなアプローチを幅広く知ってもらい、さらなる発展のために、積極的に外部に対して研究成果の発表も行った。今後、さらに本アプローチが様々な社会・経済現象の解明に適用されていき、この研究分野自体の進展のみならず、将来の経済社会の発展に寄与することが大いに期待できる。

7. 主な論文等：

書籍（単著）

1. 和泉 潔（2002 年 12 月発刊予定）、『人工市場：複雑系アプローチによる金融市場の分析』、森北出版。

書籍（共著）

1. K. Izumi and K. Ueda (2002), "Analysis of Exchange Rate Scenarios Using an Artificial Market Approach", in S.-H. Chen (eds.), "Evolutionary Computation in Economic and Finance", Springer Verlag, pp135-157.
2. 安富 歩・池上 高志・和泉 潔（2002 年）『複雑系という科学』、吉田 和男編、『複雑系経済学へのアプローチ』、東洋経済新報社、pp. 21-48.
3. K. Izumi (2002) An Artificial Market Analysis of Development of Market Complexity, in A. Namatame and T. Terano and K. Kurumatani (eds.) ,Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems, IOS Press, pp. 47-58.
4. K. Izumi (2001), Complexity of Agents and Complexity of Markets, in T. Terano, T. Nishida, A. Namatame, S. Tsumoto, Y. Osawa, and T. Washio (eds.), New Frontiers in Artificial Intelligence, Springer Verlag, pp110-120.
5. K. Izumi and K. Ueda (2000), Learning of Virtual Dealers in an Artificial Market: Comparison with Interview Data, in K.S. Leung, L.-W. Chan., and H. Meng (eds.), Intelligent Data Engineering and Automated Learning, Springer Verlag, pp 511-516.
6. 和泉 潔・植田 一博（2000）、『金融市場における意図せざる協調現象：人工市場アプローチによる分析』、植田一博・岡田猛編、『協同の知を探る：創造的コラボレーションの認

知科学』, 共立出版, pp 199-227.

学会誌・ジャーナル

1. K. Izumi, S. Nakamura, and K. Ueda (to appear), Development of an Artificial Market Model Based on a Field Study, Information Sciences.
2. 和泉 潔 (2002), 人工市場の作り方：ヤッコーにならないために, システム/制御/情報 (システム制御情報学会誌) Vol.46, No.9, pp. 547-554.
3. K. Izumi and K. Ueda (2001), Phase Transition in a Foreign Exchange Market: Analysis Based on an Artificial Market Approach, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol.5, No. 5, pp 456-470.
4. 中村 茂雄・和泉 潔・植田 一博 (2001), 人工市場と実験市場の出会い: 模擬トレーディング実験による新しいエージェントモデルの提唱, オペレーションズリサーチ, Vol. 46, No. 10, pp 549-554.
5. 出口 弘・和泉 潔・塩沢 吉典・高安 秀樹・寺野 隆雄・佐藤 浩・喜多 一 (2000), 人工市場を研究する社会的および学問的意義, 人工知能学会誌, Vol.15, No. 6, pp 982-989.
6. 和泉 潔・植田 一博 (2000), 人工市場入門, 人工知能学会誌, Vol.15, No.6, pp 941-950.
7. 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, コンピュータソフトウェア Vol.17, No. 5, pp 47-54.

学会論文集 (査読あり)

1. K. Izumi (2002), Micro-macro relation in artificial market models, in A. Namatame, D. Green, Y. Aruka, and H. Sato (eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Complex Systems 2002, pp.36-43.
2. K. Izumi (2002), Does Learning by Market Participants Make Financial Markets Complicated?, Multi-Agent Modeling and Simulation of Economic Systems: Papers from the AAAI Workshop Technical Report WS-02-10, AAAI Press, pp. 11-15.
3. K. Izumi, S. Nakamura, and K. Ueda (2002), Identification of Agents' Strategy Making Process by an Experimental Market, in H. Caulfield, S.-H. Chen et.al. (eds.), Proceedings of the 6th Joint Conference on Artificial Intelligence, vol. 2, pp 1081-1084.
4. K. Izumi (2001), Analysis of the Relation between Complexity of Agents and Complexity of Markets in an Artificial Market, Proceedings of Fourth International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA 2001), IEEE Computer Society, pp. 29-33.
5. K. Izumi (2001), Complexity of Agents and Complexity of Markets, in Proceedings of JSAI 2001 International Workshop on Agent-based Approaches in Economic and Social Complex Systems (AESCS 2001), pp. 201-208.
6. K. Izumi and K. Ueda (2000), Phase Transition in a Foreign Exchange Market: Analysis Based on an Artificial Market Approach, in Proceedings of Symposium on Empirical Science of Financial Fluctuations, pp 33-34.

7. K. Izumi and K. Ueda (2000), Analysis of Thought Processes of Virtual Dealers in an Artificial Market, in P.P. Wang (eds.), Proceedings of the Fifth Joint Conference on Artificial Intelligence, vol. 2, pp 891-894.

学会論文集 (査読なし)

1. 和泉 潔 (2002), 人工市場：シミュレーションとフィールドワークの統合を目指して, 日本シミュレーション&ゲーミング学会 2002 年度秋季大会 発表論文集, pp. 148-153, (基調講演).
2. 和泉 潔 (2002), 人工社会 経済ソフトウェアの現状と展望, 2002 年度情報科学技術フォーラム, pp. 63-64.
3. 和泉 潔・内田 勇輔・植田 一博 (2002), 人工市場・模擬市場プロジェクトの紹介, 2002 年度情報科学技術フォーラム, pp. 73-74.
4. 和泉 潔 (2002), 人工市場研究について, 日本応用数理学会 2002 年度年会 プログラム/要旨集, pp. 51.
5. 和泉 潔 (2002), 人工市場と実験市場の出会い, 第 48 回シンポジウム論文集, オペレーションズリサーチ学会, pp. 39-43.
6. K. Izumi (2002), Analysis of the Relation between Complexity of Agents and Complexity of Markets in an Artificial Market, 情報処理学会研究報告 2002-ICS-127, pp63-70.
7. 和泉 潔 (2001), 人工市場におけるエージェントの複雑さと市場の複雑さの関係の分析, 社会組織のマルチエージェントシステム分析, 計測自動制御学会, pp 33-38.
8. 和泉 潔 (2001), 個人の複雑さ・市場の複雑さ, 情報処理学会研究報告 2001-ICS-123, pp19-24.
9. 中村 茂雄・和泉 潔・植田 一博 (2001), 為替ディーラーの意思決定の分析, 情報処理学会研究報告 2001-ICS-123, pp37-42.
10. 和泉 潔・植田 一博 (2000), 人工市場入門, 情報処理学会研究報告 2000-ICS-119, pp9-17.
11. 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, 情報処理学会研究報告 2000-ICS-119, Vol.99, pp1-8.