

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25540095

研究課題名(和文) 想定外の状況に対応するための社会シミュレーション基盤技術

研究課題名(英文) Key Technologies of Social Simulation for Unexpected Circumstances

研究代表者

和泉 潔 (Izumi, Kiyoshi)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10356454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：実データに基づく社会シミュレーションの新たな方法論の基盤技術を開発した。(1)高頻度金融市場データを分析して、制度設計で設定すべき要素を示唆するための応用技術を開発した。ユーザが要素を考慮しながら制度が市場安定性に与える影響を評価する技術を開発した。(2) POSデータ分析結果をもとにしたマーケティングシミュレーションを構築し、あるカテゴリ商品に関する様々なシナリオをシミュレーションで作り出し、どのようなタイプのエージェントが態度変容するかによって、商品の発注ルールの有効性と機会損失の程度が変化することを分析した。

研究成果の概要(英文)：The base technology of the new methodology of the social simulation based on real data was developed. (1) High frequency financial data were analyzed and the applied technology for suggesting key factors for rule design was developed. The technology of evaluating the effect of rule changes on the market stability was developed. (2) The marketing simulation based on a POS data was built. Various scenarios about a certain category goods were made by the simulation, and we analyzed validity of order rules and opportunity losses caused by attitude changes of consumers.

研究分野：情報学

キーワード：マルチエージェントシステム 社会シミュレーション

### 1. 研究開始当初の背景

TwitterやSNS等のビッグデータの統計解析だけでは、社会現象の急激な変化に対応することは難しい。なぜなら、そういった構造的変化は、ミクロな個人行動とマクロな社会現象との相互依存的なダイナミクスから生じるからだ。ミクロ・マクロ問題の解決の一つであるエージェントベースの社会シミュレーション研究は1990年代から、計算組織論や人工市場、移動・交通など様々な社会経済現象について多くの成果をあげてきた。しかし、多くの研究は現実の状況を反映しない理論的な内容であった。そこに近年の情報通信技術の進歩により、より現実的な社会行動モデルを構築するために、実際の社会経済的な場面で大規模な行動データを利用することが可能となった。このような状況で、実データに基づく社会シミュレーションを上手に活用すれば、実際の社会システムの頑強性・安定性の向上に貢献できるはずである。そのためには、(1)社会的相互作用を考慮して集団の社会行動を理解するモデル構築と(2)望ましい社会制度をデザインするためのシミュレーション結果解析の方法論が必要不可欠である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、非常にまれで予測不可能だが甚大な影響をもたらす社会的状況にも対応し、頑強で信頼性の高い社会制度や経営戦略を設計するための工学的手法を新たに研究開発することである。そのために、実データに基づく社会シミュレーションの新たな方法論として「可能世界ブラウザ」を提案し、(1)集団行動のリバースエンジニアリングと(2)対話型シナリオ構成と逆問題解析の2つの基盤技術の研究開発を行うことが必要である。市場制度設計やマーケティング戦略決定を題材にした、基盤技術の適用手法の開発も目的とする。

### 3. 研究の方法

可能世界ブラウザでは、実データに基づきモデルを構築する。次にシミュレーションによりユーザが興味あるケースを構成し、そのケースに関してモデルの内部で何が起きていたのかを分析して、そのメカニズムを知る。これらの基盤技術を次の要素に関して研究開発を行った。

(1)ミクロデータによる行動モデル構築手法：実際の行動データの状態変数として分類し、状態間の遷移をモデル化する方法を開発する。本手法により社会シミュレーションのエージェントモデルを構築する。

(2)マクロデータによるモデルパラメータ設定：前述のエージェントモデルを集積し、社会現象を再現するシミュレーションを行う。複数のモデルパラメータ値の組み合わせでのシミュレーション結果と実際の社会現象に関する統計データを比較し、統計的特徴の

類似性より、後述のシナリオ生成で用いるパラメータの値を決定する。

(3)対話型シナリオ構成：社会シミュレーションモデルにある確率的要素により、複数の乱数系列によって社会シミュレーションのモンテカルロシミュレーションを行う。得られた社会シミュレーションの部分パスを選択的につなぎ合わせることによって、ユーザにとって興味ある社会状態のパスを構成する。

(4)逆問題解析：上述のステップによって得られたユーザにとって興味ある社会状態のシミュレーションパスに関するデータを解析し、そのような状態になるために必要となる要因を解明する。

上記の基盤技術開発を下記の実問題の分析結果を反映させ、想定外のリスクとチャンス进行分析対象にした可能世界ブラウザの実問題応用への手法開発を行う。

(1)市場制度設計：近年の急激な市場変動を経験した金融市場では、様々な新しい取引制度や規制を検討・変更している。実際の金融取引データを基に、取引所と協力して市場制度設計をシミュレーション技術により支援する技術の研究開発を行う。

(2)マーケティング応用：消費性向とそれに応じた商品の多様化により、生産・小売り・流通業界では、データに基づく柔軟なサプライチェーン手法の必要性が高まっている。マーケティング会社との共同により、購買者をエージェントとしたマーケティングモデルを、実際の購買データを基に構築し、マーケティング戦略決定を支援する技術の研究開発を行う。

### 4. 研究成果

基盤技術の研究開発に関する成果を得た。

(1)ミクロデータによる行動モデル構築手法：各エージェントは時間的に変化する状態変数を持つとし、状態変数から観測可能なエージェントの行動が導出される。実データの解析により、状態空間モデルのパターン分類を行い、エージェントの行動モデルを構築する手法を開発した。

(2)マクロデータによるモデルパラメータ設定：モデルのマクロな設定(パラメータ)を変えて、各設定のもとでのシミュレーションの平均的な結果が、実世界のマクロな挙動にどれだけ近いかを評価するモデルパラメータの最尤推定法を開発した。

(3)対話型シナリオ構成：可能世界ブラウザでは、モデルの状態変数の途中状態を記録しておく。そして、特定の途中状態からその後のシミュレーションを再開して、シミュレーション結果を継ぎ足すことが出来る。上述の継ぎ足し操作で、同じ途中状態から異なるパスを待つシミュレーション結果が作り出される。その中からある特定時点までの挙動が興味深いパス集団を選択する。このようなシミュレーション結果の選択と融合により、

興味深いパスをシミュレーションにより作り出していく手法を開発した。

(4)逆問題解析:構成したパスに関して、各エージェントの内部状態がどのように変化していき、内部状態のあるクラスが社会全体でどのような分布となることが、特定の現象の必要条件であるかを分析する手法を開発した。

さらに実問題の分析結果を反映させ、想定外のリスクとチャンス分析対象にした可能世界ブラウザの実問題応用への手法開発を行った。

(1)市場制度設計:数時間から数日間までの比較的短期間の市場の不安定性という、まれに起こるリスクを予防するための市場制度設計の手法を開発した。高頻度市場データを分析して、ユーザに制度や取引戦略と市場安定性の関係を提示し、制度設計で設定すべき要素を示唆するための応用技術を開発した。ユーザが要素を考慮しながら、新たな市場制度や取引戦略を提案し、人工市場シミュレーションにより制度が市場安定性に与える影響を評価する技術も開発した。

(2)マーケティング応用:数週間から数カ月間の特定商品ブランドのマーケットシェア急増という、まれにチャンスを引き起こすためのマーケティング戦略を探るために可能世界ブラウザを応用する実証研究を行った。研究協力者から提供されたPOSデータ分析結果をもとにしたエージェントベースのマーケティングシミュレーションを構築した。そして、ある商品分野を対象として、あるカテゴリ商品に関する様々なシナリオをシミュレーションで作り出し、どのようなタイプのエージェントが態度変容するかによって、商品の発注ルールの有効性と機会損失の程度が変化することを分析した。

## 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)

〔雑誌論文〕(計 6 件)

S. Kawakubo, K. Izumi, and S. Yoshimura, Analysis of an Option Market Dynamics Based on a Heterogeneous Agent Model, Intelligent Systems in Accounting Finance and Management, Volume 21, Issue 2, pp. 105-128, April/June 2014. DOI: 10.1002/isaf.1353

S. Kawakubo, K. Izumi, and S. Yoshimura, How Does High Frequency Risk Hedge Activity Have an Effect on Underlying Market? : Analysis by Artificial Market Model, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.18, No.4 pp. 558-566, 2014.

<https://www.fujipress.jp/finder/xsl>

t.php?mode=present&inputfile=JAC11001800040011.xml

和泉 潔, ビッグデータとエージェントシミュレーション, 情報処理, Vol. 55, No. 6, pp. 549-556 (2014)

和泉 潔, 池田 竜一, 山本 仁志, 諏訪 博彦, 岡田 勇, 磯崎 直樹, 服部 進, 可能世界ブラウザとしてのエージェントシミュレーション ~ ターゲットマーケティングへの応用 ~, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, No.12, pp.2877-2887, 2013.

柴田 一樹, 和泉 潔, 磯崎 直樹, 吉村 忍, 閲覧行動タイプに基づいたウェブ広告配信シミュレーションモデル, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 133 (2013) No. 9 P 1762-1769.

DOI :10.1541/ieejieiss.133.1762

水田 孝信, 和泉 潔, 八木 勲, 吉村 忍, 人工市場を用いた値幅制限・空売り規制・アップティックルールの検証と最適な制度の設計, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 133 (2013) No. 9 P 1694-1700.

DOI: 10.1541/ieejieiss.133.1694

〔学会発表〕(計 5 件)

松村直樹, 和泉 潔, 山田健太, POS データに基づく欠品時の消費者行動を考慮した小売店舗の購買シミュレーション, 第 7 回 データ指向構成マイニングとシミュレーション研究会 (SIG-DOCMAS), 東京, 2014 年 11 月 21 日

N. Matsumura, K. Izumi, K. Yamada, A Marketing Simulation of a Retail Store with the Consumer Reactions to Stock-outs, Social Modeling and Simulations + Econophysics Colloquium 2014, Kobe, 2014 年 11 月 5 日.

Y. Kusada, T. Mizuta, S. Hakawa, K. Izumi, Impacts of Position-Based Market Makers on Markets' Shares of Trading Volumes - An Artificial Market Approach, Social Modeling and Simulations + Econophysics Colloquium 2014, Kobe, 2014 年 11 月 5 日.

T. Mizuta, S. Kosugi, T. Kusumoto, W. Matsumoto, K. Izumi, Do Dark Pools Stabilize Markets and Reduce Market Impacts? -- Investigations using Multi-Agent Simulations --, IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CIFEr2014), March 27-18, 2014, London, UK.

T. Mizuta, S. Hayakawa, K. Izumi, S. Yoshimura: Simulation Study on Effects of Tick Size Difference in Stock Markets Competition,

Proceedings of The 8th International Workshop on Agent-based Approach in Economic and Social Complex Systems (AESCS2013), pp.235-246, Tokyo, JAPAN, (2013.9.11-13).

〔図書〕(計 1 件)

川久保 佐記, 和泉 潔, 「第 10 章 金融市場分野における危機管理」 in 板生 清 監修, 「危機管理方法論とその応用」, シーエムシー出版, pp. 197-214, 2013.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

和泉 潔 (IZUMI, Kiyoshi)  
東京大学・大学院工学系研究科・准教授  
研究者番号 : 10356454

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号 :