

機関番号：14301

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009年度～2010年度

課題番号：21760059

研究課題名 (和文) エージェント間情報伝達構造の網羅的分析

研究課題名 (英文) Comprehensive Analysis on Information Transmission among Agents

研究代表者

佐藤 彰洋 (Sato Akihiro)

京都大学・情報学研究科・助教

研究者番号：50335204

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、世界経済の現状把握と体制設計に関する知識獲得を行うための網羅的データ収集・計算システム・数理的方法論・フィールド研究のバランスの取れた醸造を目的とし、網羅的観点からのエージェントモデルに基づいた状態理解のための方法論の開発を行った。特に、(1) 外国為替市場の網羅的・高解像度データの収集、(2) データを保管、計算するための並列計算システムの構築、(3) 分析アルゴリズムの並列計算による実装、(4) 外国為替市場参加者への聞き取り調査とデータ分析結果との比較を実施期間中に行った。データ収集期間中(2007年5月～2011年1月)に世界的な金融危機局面が発生し、それらの危機前後で通貨注文・取引のパターンに変調が現れていたことが判明した。特に多くの参加者が関係する同調的な行動はマクロ経済構造の変化の引き金になり得ると結論付ける。

研究成果の概要 (英文)：

In this study, I aimed to develop well-balanced methodologies among collection of comprehensive data, a computational system, mathematical technique, and a field study. Specifically, I attempted to develop methods to capture states of communication among agents from a holistic point of view based on a large amount of data and agent-based modeling regarding causality of agent behavior.

I collected comprehensive high-resolution data of the foreign exchange market (May 2007 to January 2011; 45 months) and constructed the parallel computing system in order to store and calculate them. Further, I developed methods to capture structure of agent communication through occurrence of quotations and transactions and implemented computer software based on the methodologies. Throughout the period of this investigation, we suffered from several extreme events relating to economic crises across the globe such as the latest global financial crisis (July 2008 to February 2009), and the Euro shock (April to May 2010). It was confirmed that the proposed methods can capture these crises and detect influence relating to a large number of market participants. It is concluded that synchronous activities relating to a large number of population may drive the change of macroeconomic structure.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野： 工学

科研費の分科・細目： 応用物理学・工学基礎

キーワード： 数理工学（数理解析・計画・設計・最適化）、データサイエンス、社会経済システム

1. 研究開始当初の背景

1990年代の初頭から、情報伝達技術（ICT）の発展と普及が進み、様々な社会組織の勘定系、管理系、および業務系の電子化が実施されてきた。その結果、世界規模での瞬間的な資金移動が可能となり、容易に世界規模で商行為を展開することが可能となった。しかしながら、利便性向上の反面、近年の情報伝達速度と資金移動速度は人間の情報処理能力を遥に越え、金融市場においては人間の処理の制御を離れた暴力的かつ暴走とも呼ぶべき、極端な価格変動が生じやすくなっている。そのため、金融市場の世界同時多発的な広範囲にわたる同期的な暴落は、実態経済への影響が大きいため、そのメカニズムの理解と世界規模での金融市場の安定化は重要かつ急務の課題となっている。

申請者は平成17年～19年に実施した若手研究（B）（#17760067）「情報伝達の観点から迫るエージェントモデルの構造と解析」の研究実施中に、市場参加者の行動が同期して生じることにより、注文行動頻度が瞬間的に大きくなる現象を見つけた。更に、この急上昇は外国為替市場の広範囲にわたり同期して生じていることを突き止めた。

このことは、情報通信技術の発展と普及にともなう情報伝達速度の高速化と関係していると推察され、短期間で発生する極端な金融市場参加者の集団行動を調べることは、金融市場全体での大域的かつ暴走的な現象を理解するためのひとつのモデル事象になりうると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高度化、大容量化、グローバル化しつつある世界経済の状況と今後の体制設計に関する知識獲得を行っていくための方法論の醸造を、データの網羅的収集、計算システム、数理的方法論、フィールド研究のバランスのとれた発展を通じて行うことにある。それを実施するために、外国為替市場に着目し、外国為替市場の高解像度データの長期間に渡る連続収集と、収集したデータの連続分析を通じて、リアルタイム性の高い金融市場の状態計量・可視化を行うための方法論を発展させることにある。

3. 研究の方法

外国為替市場の高解像度データを用いた網羅的観点からの市場状態の定量化・可視化方法の開発とその実施を行った。大量の高解

像度データを長期間に渡り連続的に収集（2007年5月第1週から2011年1月第4週）した。収集したデータは約3億レコードのテキストファイルであり、このような大量のデータから有益な情報を実時間で計算し、定量化・可視化する方法論の開発が本研究の中心的課題となった。そのため、大量の網羅的データからエージェント状態に関する情報を抽出するための分析方法の開発、および、並列計算システムの設計・建設、並列計算技術を用いた計算ソフトウェアの実装を行った。

特に以下の方法について手法および分析ソフトウェアの開発を行った。

（1）市場参加者の注文・取引の相関構造の変化を定量化する方法

（2）市場参加者の注文・取引のシェア変化を定量化・可視化する方法

（3）ゆらぎのスケールリング指数を計量する方法

更に、開発した分析手法から計算された結果が現実の市場参加者の直感的理解と対応するかを検証するために、外国為替市場参加者にアンケート形式での聞き取り調査を行い、フィールド研究とデータ研究とを連動させた実施体制を整備した。

また、ワルシャワ工科大学・J. A. HOLYST教授に本研究の方向性および方法論に対して助言を求め、研究推進の効率性を高めた。

4. 研究成果

当初計画していた、網羅的・高解像度データの収集およびこれらを保管、計算するための計算システムの構築、計算アルゴリズムの実装、外国為替市場参加者への聞き取り調査とデータ分析結果との比較を当初計画に従い実施した。

特に、大量のデータを連続収集している過程で、購入したデータにデータの齟齬がしばしば見いだされることに気がついた。更に、そのことはデータ販売会社も気がついていないことが判明した。そのため、大容量データ購入時に、データを自動的に検査する技術の開発が重要であることがわかった。更に、大量のデータを実時間で計算するために、並列計算システムを用いた並列計算ソフトウェアの実装・モデル開発を行った。また、聞き取りアンケートの実施を通じて、個人情報配慮したアンケートの実施と結果の保管方法、およびそれらを統合するためのノウハウを蓄積した。更に、構築した並列計算シス

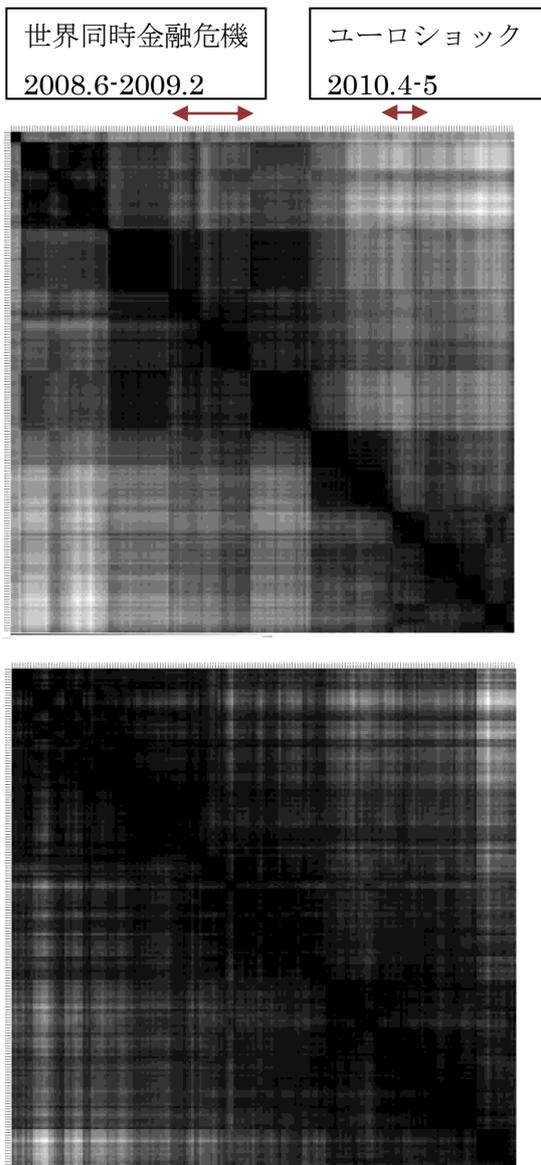


図4 通貨シェアの期間の差異（黒いほどシェアは似ており、白いほどシェアは異なる）（上）注文シェア（下）取引シェア。左上から2007年6月～2011年1月に対応。矢印の期間はそれぞれ世界同時金融危機とユーロショックに対応する。

このことは、本研究中開発を行った、通貨注文シェア・通貨取引シェアに対する Jensen-Shannon divergence を用いたシェア分布の形状比較を通じてより詳細に分析された。図4は、観測期間中の各週における通貨注文回数シェア、通貨取引回数シェアを表している。黒っぽい色は2つの週のシェア分布が似通った形状をしていることを表しており、白っぽい色はシェア分布が異なっていることを表す。注文シェアは世界同時多発金融危機発生期間中、それ以前・その後と異なっていたことが確認される。また、世界同時

多発金融危機収束後は、二度と危機発生前のシェアに戻ることはなかった。このことから、世界同時金融危機が収束した後、市場参加者の通貨需要は発生前と異なる状況であったと予想される。更に、2010年4月に顕在化したユーロショックは5月後半には終息したことが確認される。

2008年頃から顕在化した大規模な世界同時金融危機は世界経済の転換局面というべきものであり、多くの市場参加者の行動が複数の通貨にまたがって同期し、通貨注文・取引のパターン全体におよぼ変化が発生している様子が認められた。

金融危機の渦中では、多くの市場参加者に影響を及ぼすような内性的・外性的ショックにより、その後のエージェントの行動パターンに大きな変調生じ、より多くの参加者が同じ行動を取ることで、危機的状況が拡大していったことがデータ研究、フィールド研究の両面から読み取られる。

そのため、極めて多くの市場参加者が同じ行動を起こした後は、大きな情報伝達構造の変化が引き起こされる可能性が高く、さらに、多くのエージェントが同じ行動をとるということは、その後に発生する危機的な状況の前兆現象である可能性が高いと結論付けられる。

そのため、世界規模で発生する同時多発的な経済危機を防ぐためには(1)多くの参加者が同調して行動が発生することを防ぐこと、(2)多くの参加者が同調して行動が発生した場合には、それをすみやかにエージェントの行動を分散させ、もとの非同期的な行動を起こしやすくするように政策をとることが重要と考える。

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4件）

[1] 佐藤彰洋, 外国為替市場のネットワーク的可視化と状態計量, 統計数理研究所共同研究リポート, 259 (2011) 45-54. (査読無)

[2] 佐藤彰洋, データで見詰める過去, 現在, 未来: 外為市場の取引パターンを解剖する, 金融財政ビジネス, 第20124 (2010) 4, 5-9. (査読有)

[3] Aki-Hiro SATO and Takaki HAYASHI, Fluctuation scaling and covariance matrix of constituents' flows on a bipartite graph: Empirical analysis with high-frequency data based on a Poisson mixture model, The European Physical Journal B, 76 (2010), 529-535. (査読有)

[4] Aki-Hiro SATO, Comprehensive Analysis

of Information Transmission among Agents: Similarity and Heterogeneity of Collective Behavior, Agent-Based in Economic and Social Systems VI: Post-Proceedings of The AESCE International Workshop 2009, Agent-Based Social Systems 8, Springer(Tokyo), Eds. By S.-H. Chen, T. Terano and R. Yamamoto (2010) pp. 1-17. (査読有)

[学会発表] (計4件)

[1] Aki-Hiro SATO, Data-centric Financial Informatics, International Workshop on Information System for Social Innovation, 2011年3月4日, Institute of Statistical Mathematics, Tokyo.

[2] 佐藤彰洋, 外国為替市場のネットワーク的可視化と状態計量, ネットワーク研究会, 2011年1月7日, キヤノングローバル戦略研究所, 東京.

[3] Aki-Hiro SATO, Takaki HAYASHI, and Janusz A. HOLYST, Comprehensive Analysis of Market Conditions in the Foreign Exchange Market: Fluctuation Scaling and Variance-Covariance matrix, ESHIA/WEHIA 2010, 2010年6月23日, Alessandria, Italy.

[4] Aki-Hiro SATO, A Comprehensive Analysis on Conditions of the Foreign Exchange Market: Fluctuation Scaling and Variance-Covariance Matrix, Coldrano Summer Workshop 2010, 2010年5月10日, Coldrano, Italy.

[その他]

ホームページ等

<http://amech.amp.i.kyoto-u.ac.jp/~aki/wiki/index.php?21760059>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤彰洋 (AKI-HIRO SATO)

京都大学・大学院情報学研究科・助教

研究者番号：50335204