

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20760053

研究課題名（和文） 経済現象に潜む静的・動的臨界ゆらぎの実証的観測と発生機構の解明

研究課題名（英文） Empirical observation and origin clarification of static and dynamic critical fluctuations in economic phenomena

研究代表者

大西 立顕 (OHNISHI TAKAAKI)

東京大学・大学院経済学研究科・特任研究員

研究者番号：10376387

研究成果の概要（和文）：スーパーコンピュータを用いて、数理科学と経済学の両方の視点から大規模経済データを実証的に分析した。経済現象の本質である非ガウス性・非一様性・非定常性（静的・動的臨界ゆらぎ）に注目して考察し、企業間ネットワーク、円ドル為替レート、電力市場、住宅価格についての新しい実証的知見を得た。これらは、経済現象を理解し、モデル化する上で重要なものになる。

研究成果の概要（英文）：By using a supercomputer, we empirically investigate huge amounts of economic data from viewpoints in both economics and mathematical sciences. We focus on non-Gaussian, heterogeneous, and non-stationary behavior (static and dynamic critical fluctuations), which are the essence of economic phenomena, and obtain empirical results on USD-JPY exchange rate, inter-firm network, Nordic electricity market, and house price. These findings could lead to a better understanding and modeling of the economic phenomena.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：数理工学

科研費の分科・細目：工学基礎

キーワード：経済物理学，スーパーコンピュータ，企業間ネットワーク，複雑ネットワーク，市場価格変動，電力市場，ベキ分布，ノンパラメトリック

1. 研究開始当初の背景
近年の情報化により、様々な経済活動に関する

詳細で膨大なデータが日々蓄積されるようになってきた。また、コンピュータ能力の

向上により、これらの大規模なデータの分析が可能になってきている。経済物理学の分野において、このような超大量多様な経済データの科学的な実証分析が活発に行われており、従来の経済学の手法では把握できなかった経済事象が明らかになりつつある。本研究では、このような分析をスーパーコンピュータによる超並列計算を用いて行い、先導性が高く、学術的インパクトのある成果の創出に取り組む。

2. 研究の目的

静的臨界ゆらぎを基本にするこれまでの経済物理学の研究を踏まえ、経済現象の本質である動的臨界ゆらぎに注目し、数理学と経済学の両方の視点から企業間ネットワーク、外国為替市場、電力市場、住宅価格の膨大な経済データを実証的に観測し、現象論的法則性を発見し、変動機構を解明することで経済現象の科学的理解と予測・リスク評価・政策提言への現実的応用を目指す。

3. 研究の方法

(1)企業間ネットワーク：企業の成長・衰退の動力学の解明には、経済活動の本質であるモノ・金の流れを有向ネットワークとして理解することが重要である。東京商工リサーチ社提供の2005年の日本企業約100万社の仕入先・販売先データを用いて、各企業がどの企業と取引しているかに関する有向ネットワークを構築し、分析した。ノード(企業)数は約100万、リンク(取引関係)数は約400万である。まず、複雑ネットワークとしての基本的統計性を調べた。有向ネットワークの構造は隣接行列の性質から理解できるが、大規模な行列をそのまま扱うのは困難が伴う。そこで、隣接行列を確率行列にするような変換を行い、変換後の行列に対して、固有ベクトルとして定義されるページランク、特異ベクトルとして定義されるオーソリティ度・ハブ度を計算した。これらの量は、その企業の重要性和リンク先の企業の重要性の両方を加味した企業の重要度になる。また、ネットワーク中で統計的有為に出現する部分グラフ(特徴的な三体相互作用を表わすネットワークモチーフ)を抽出し、ボトムアップ的構造を調べた。さらに、三ノードの部分グラフ上での位置関係(構造同値)から、各ノードを30種類のroleに分類し、リンクをランダムにつなぎ替えた場合と比較して、各企業がどのroleに位置しやすいかを調べた。

(2)外国為替市場：ICAP EBS社提供の外国為

替レートの高頻度ティックデータを分析した。データ数は1通貨あたり10年間で数千万点である。価格が上がれば+、下がれば-として価格変動を二値化し、価格が上がるか下がるかの二値時系列を作成した。非定常性と変動方向(符号)の続きやすさについて、いろいろな時間スケールでこの二値時系列を分析した。

(3)電力市場：電力の効率的価格を実現する手段として模範とされているノルドプールの電力卸売市場について、1日前市場の電力取引データを用いて、電力価格の統計性を分析した。

(4)住宅価格：リクルート社提供の物件別の売買データ(期間：1986～2008年、地域：東京・神奈川・埼玉・千葉、全物件：約72万件)を用いて、中古マンションの売買価格を分析した。

4. 研究成果

(1)企業間ネットワーク：入(出)次数はベキ分布スケールフリーネットワークになっていること、距離(任意の2ノードをつなぐ最小リンク数)は指数分布し最大距離は21であること、クラスター係数と次数にはベキ乗の関係があり階層的構造(リンクの多い(少ない)企業ほどつながりが疎(密))があることを明らかにした。また、ランダムにつなぎ替えた場合と比較してページランク(お金の流量)が大きい企業ほど成長率(今期所得÷前期所得など)が大きいこと(図1)、オーソリティ度が小さい企業(得意先企業は自分だけ)ほど企業スケール(売上高、利益金、所得など)が大きいことがわかった。さらに、部分グラフの抽出により、言語構造や二部グラフでよくみられるV字構造(部分グラフ1～3)がモチーフになっておりこれらが異業種間の取引を特徴づけていること、インターネットや友人関係などの社会ネットワークでよくみられるクリーク(部分グラフ13)も多く企業間は等価的に双方向につながりやすいこと、一方、フィードフォワード・ループ(部分グラフ6)とフィードバック・ループ(部分グラフ7)は出現しにくくループ構造は少ないことを明らかにした(図2)。そして、roleの分析から事業内容や企業の大きさなどによる単純な分類とは異なる、実際の取引形態のパターンに基づいた新しい企業の分類を提案した。これらは、単独の企業情報のみからは得られない、企業間のモノ・金の流れからみてはじめて捉えられる特徴であり、企業成長・衰退のシステム的理解、企業の健全性の把握、連鎖倒産のリスク評価において重

要な指針になるものである。ネットワーク全体の構造から、大企業から中小企業に及ぶ複雑なお金とモノの流れの全貌を、膨大な実証データに基づく大規模計算として調べる。従来は不可能だったこのような分析を今後さらに進めることで、経済状況を新たな角度で分析し、実用性の高い理論が構築できるようになると考えられる。

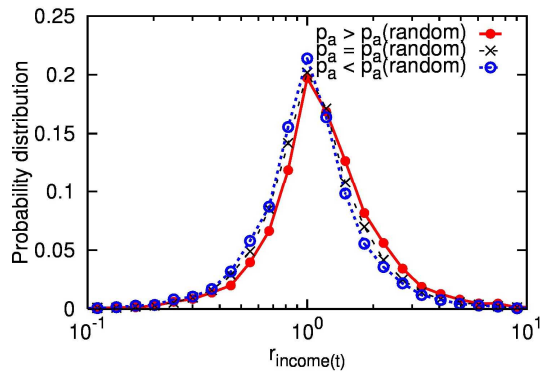


図 1. 成長率の確率密度分布

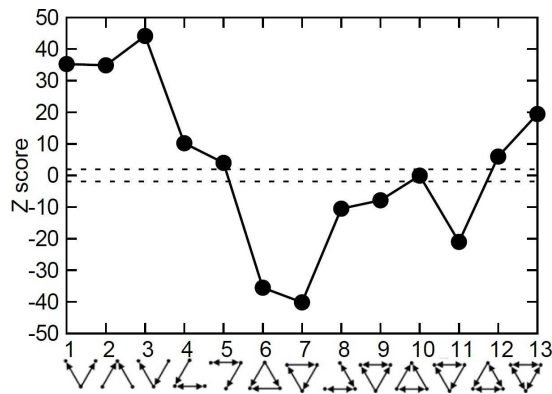


図 2. 各部分グラフの出現回数の統計的有意性

(2) 外国為替市場：同じ符号が何回続くか(同符号継続回数)の分布を1日毎に算出し、カイ二乗検定を用いて異なる日の二つの分布が同一とみなせるかを調べた結果、非正常性が認められ、平均して三日経つと分布は同一とみなせなくなることがわかった。非正常になる間隔を分析した結果、この間隔はポアソン過程で近似できることがわかった。ニュースやイベントなどの外乱が非正常性の要因になっていると考えられる。また、連の検定(ノンパラメトリック検定)を用いて変動方向(符号)の続きやすさを調べた結果、2007年の上海ショックとパリバ・ショック、2008年のベア・スターンズ危機とリーマン・ショックの例を通して、数十ティック間隔の変動方向の続きやすさが、ボラティリティ(変動幅)とは異なる側面から市場特性を捉えていることがわかった。これらの結果は、市場の不

安定性や連鎖的な暴落のメカニズムを解明する重要な知見になる。

(3) 電力市場：システム価格とエリア価格の乖離の分布(図3)に注目し、価格スパイク(価格の乱高下)が頻発していることを統計的に明らかにした。さらに、送電混雑により価格形成において独占的価格が成立する可能性を提示した。電力は貯蔵の困難性、発電・消費の同時性、低い価格弾力性という特殊性があるため、株や為替とは異なる変動特性がある。また、電力は必需品であるため慎重な制度設計が求められる。したがって、得られた知見は電力市場の是非の議論において重要なものになる。

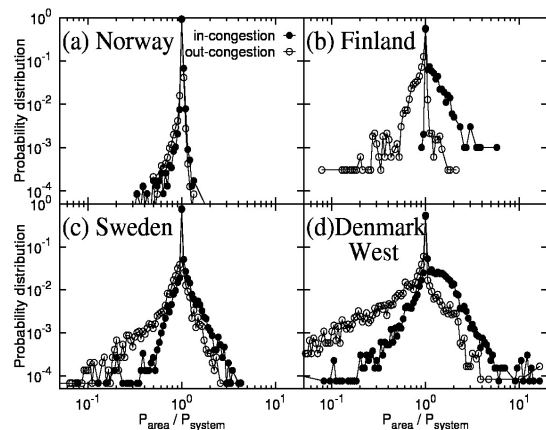


図 3. 各エリアのシステム価格とエリア価格の乖離の分布

(4) 住宅価格：まず、価格がベキ分布(図4)に、専有面積は指数分布に従うことを確認した。首都圏では可住地が限られているため、全物件の専有面積の総和は一定になっていると考えられる。この条件の下で総面積を各物件に割り振る際、多様な需要に応えるために面積の割り振りが最もバラエティに富むものになっている(エントロピー最大化原理)という仮説を立て、専有面積が指数分布する要因を説明した。次に、価格と物件属性(専有面積、都心までの時間、築後日数、階、構造など)との関係を調べた結果、価格は専有面積と一番強く相関しており、価格の対数値と専有面積とは線形の関係があることがわかった。したがって、面積調整済み対数価格(価格から専有面積の寄与分を差し引いた規格化した価格)を、個々の物件属性の違いを調整した普遍的な価格とみなすことができる。専有面積は指数分布しているため、面積調整済み対数価格は正規分布すると期待できる。面積調整済み対数価格の分布を調べた結果(図5)、住宅バブル(1986-1995年)の時期を除きこのことが確かめられた。一方、住宅バブルの時期は右に歪んだ非対称な分

布になることがわかった。さらに、面積調整済み対数価格の分布が正規分布からどの程度乖離しているかに注目し、バブル検出の方法を考案した。

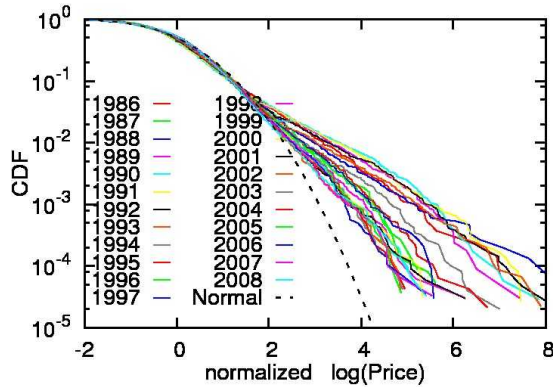


図 4. 各年の対数価格の累積分布

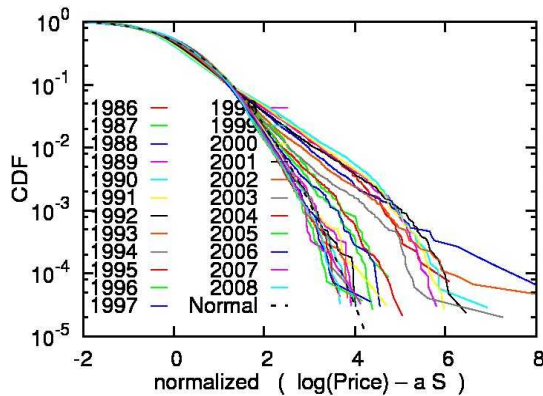


図 5. 各年の面積調整済み対数価格の累積分布

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 13 件)

- ① Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu, "Network Motifs in Inter-firm Network", Journal of Economic Interaction and Coordination, 5 (2), 171-180 (2010). 査読有
- ② Tsuruhiko Nambu, Takaaki Ohnishi, "The Dynamics and Distribution of the Area Price in the Nord Pool", Journal of Economic Interaction and Coordination, 5 (2), 181-189 (2010). 査読有
- ③ Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Takatoshi Ito, Yuko Hashimoto, Tsutomu Watanabe, Misako Takayasu, "On the Nonstationarity of the Exchange Rate Process", Research

Center for Price Dynamics Working Paper No.65, (2010). 査読無

- ④ Takaaki Ohnishi, Takayuki Mizuno, Chihiro Shimizu, Tsutomu Watanabe, "On the Evolution of the House Price Distribution", Research Center for Price Dynamics Working Paper No.56, (2010). 査読無
- ⑤ 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐子, "企業間ネットワークの数理構造", 応用数理, 20(3), 37-49 (2010). 査読有
- ⑥ Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu, "Hubs and authorities on Japanese inter-firm network: Characterization of nodes in very large directed networks", Progress of Theoretical Physics Supplement 179, 157-166 (2009). 査読有

[学会発表] (計 20 件)

- ① Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Takatoshi Ito, Yuko Hashimoto, Tsutomu Watanabe, Misako Takayasu, "Detecting and analyzing nonstationarity in foreign exchange market", Econophysics Colloquium 2010, November 5, 2010, Taipei, Taiwan
- ② Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu, "PageRank for characterizing growth possibility in Japanese inter-firm network", 2nd Workshop on Complex Networks, October 14, 2010, Rio de Janeiro, Brazil
- ③ Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu, "Structural motif-based classification of nodes in Japanese inter-firm network", Statphys 24, Cairns, 22 July 2010, Cairns, Australia
- ④ T. Ohnishi, H. Takayasu, M. Takayasu, "Network Motifs in Inter-firm Network", Applications of Physics in Financial Analysis 7, 4 March 2009, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

[図書] (計 2 件)

- ① 大西立顕 (日本経済新聞社編), 日本経済新聞出版社, 日経・経済教室セレクション 2, 2010 年, 5 ページ(418-422)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 立顕 (OHNISHI TAKAAKI)

東京大学・大学院経済学研究科・特任研究員

研究者番号:10376387