

平成 23 年 6 月 6 日現在

機関番号：32615

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20510142

研究課題名（和文） 株式市場における投機的バブルと暴落のメカニズム

研究課題名（英文） Mechanisms of Speculative Bubbles and Crashes in stock Markets

研究代表者：

海蔵寺 大成 (KAIZOJI TAISEI)

国際基督教大学・教養学部・教授

研究者番号：10265960

研究成果の概要（和文）：1998年から2000年にかけて起きた米国のインターネット・バブルとバブル崩壊のメカニズムを研究した。(1) インターネット関連企業の株価の逆累積分布はパレート分布に従っており、パレート指数が1に近づいた時、暴落が起きていることが分かった。(2) バブル崩壊は、イジング・モデルにおける相転移に対応することを理論的に示した。

研究成果の概要（英文）：I studied the mechanisms of the Internet bubbles and the burst of the bubbles occurred between 1998 and 2000 in the U.S. stock markets. (1) the reverse cumulative distribution of the Internet company's stock prices follows a Pareto distribution. When the Pareto index approached to one, we found that the crash occurred. (2) internet bubble is shown theoretically that the phase transition corresponds to the Ising model.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：ファイナンス、経済物理学

1. 研究開始当初の背景

投機的バブルとバブル崩壊のメカニズムの研究は、金融経済学のもっともホットな研究課題のひとつであると言ってよい。特に、1990年代後半に起きたインターネット（あるいはドットコム）・バブルとバブル崩壊に関して、米国の研究者を中心に活発な研究が行われている。1990年代後半のインターネット株の高騰は、効率的市場を仮定するスタンダード・モデルが示す適正な株価をはるか

に超えているため、この乖離を説明するさまざまな仮説が提案されている。有力な仮説のひとつは、「空売り規制(Lock-up Agreement)と投資家の株価予測に関する多様性がバブルを形成した要因である」とするものである。この仮説は実際のデータから推測される知見をもとに組み立てられており、インターネット・バブルの形成メカニズムを実際に即して説得的に説明してはいるが、「空売り規制がない状況でも多くの投機的バブルが発生

している事実」を説明できないこと、「なぜ投資家は多様な投資行動をとるのか」というより根本的な問題に答えていないことなど、残された課題も多い。したがって、現時点では投機的バブルとバブル崩壊のメカニズムはなお多くの謎に包まれているといえる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1) 米国におけるインターネット・バブルと暴落のメカニズムを実証的に研究することである。次に、(2) 投機的バブルとバブル崩壊のメカニズムを説明する理論モデルを提案することである。

3. 研究の方法

(1) 研究代表者(海蔵寺)は、「資産市場における投機的バブルの膨張とバブル崩壊のメカニズム」を統計物理学的な手法を用いて研究してきた。T. Kaizoji and M. Kaizoji (*Physica A 344* (2004) pp. 138-141) では、日本の土地市場のバブルの膨張とバブル崩壊のメカニズムを研究した。1975年から2003年までの公示地価データを使い、数万地点の地価の累積分布を年ごとに作り、地価分布の特性を調べた。T. Kaizoji (*European Physical Journal B50* (2006) pp. 123-127) では、2000年に株式市場で起きた日本のインターネット・バブル崩壊のメカニズムを同様の手法を用いて研究した。具体的には日本の株式市場に上場されている約3200銘柄の株価分布を日毎に作り、株価分布の特性を調べた。

一連の分析の結果から、次の統計的法則が観察された。

- ① 資産価格(地価、株価)の逆累積分布はパレート分布によって近似できる。
- ② 資産価格のパレート指数は、バブル期に低下してゆき、パレート指数が1に近づいた時にバブルの崩壊が起きている。

本研究では、上記の方法を使って「投機的バブルの膨張とバブル崩壊のメカニズム」が米国の1998年から2000年のインターネット・バブルと崩壊においても見られるかどうかを研究する。

(2) 投機的バブルとバブル崩壊のメカニズムを磁性体の相転移を説明する標準的なモデルであるイジング・モデルを応用して理論化する。

4. 研究成果

(1) パレート指数とバブル崩壊の関係

米国の株式市場は、1998年ごろから顕著な上昇を示した。このころのアメリカ経済は、IT産業の発展によって経済成長が長期間にわたって続くと信じられ始めていた。いわゆるニューエコノミー論が語られていた。2000年

には、米国の株式市場は明らかにバブル状態にあった。図1は、約400社のインターネット関連企業の平均株価(青)と、約9000社のインターネット関連企業以外の企業の平均株価(赤)を示している。平均株価は、1998年1月1日で、100になるように調整されている。この図から明らかなように、インターネット関連企業の平均株価は、1998年1月12ドルから2000年3月の150ドルへ、約2年間に1100%上昇している。一方、インターネット関連企業以外の平均株価は、この間に18ドルから26ドルへ約40%上昇したに過ぎない。2000年3月をピークにして、株価は下落し、インターネット関連企業の平均株価は、2002年12月に6.5ドルまで低下している。

この図から、米国株式市場のバブルは、

- ① 1998年から2000年3月にかけてインターネット関連企業で起きていたことがわかる。
- ② バブルの崩壊は、2002年3月に起きたことがわかる。

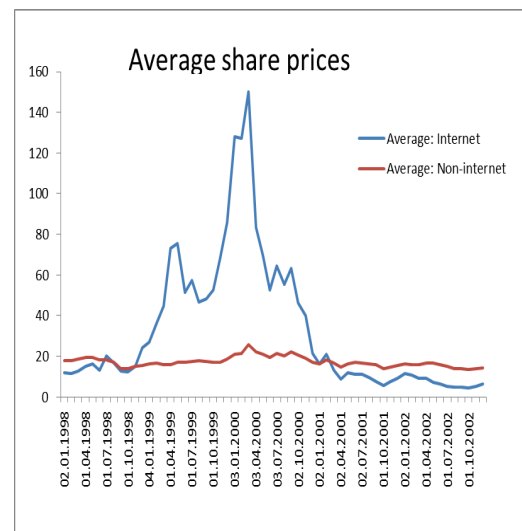


図1 平均株価の推移

次にこの期間の株価データを使い、インターネット関連企業400社とインターネット関連企業以外の企業約9000社の株価の逆累積分布を日ごとに作り、株価分布の特性を調べた。分析の結果から、次の統計的法則が観察された。

- ① インターネット関連企業および非インターネット関連企業の株価の逆累積分布は裾野部分でパレート分布に従っている。これは、株価の分布が極端にゆがんでおり、少数銘柄の株価が他の大部分の銘柄の株価に比べ、極端に高くなっていることを示している。
- ② の逆累積分布のパレート指数はバブル膨張期には継続的に低下する。

図2は、パレート指数の推移を示す図である。インターネット関連企業、非インターネット

関連企業ともパレート指数は、バブル期の2000年3月にかけて低下している。しかし、明らかなように、インターネット関連企業の株価のパレート指数は、非インターネット関連企業の株価のパレート指数より低く、バブルが崩壊した2000年3月には、パレート指数が1をわずかに下回っていたことがわかる。この事実は、インターネット関連企業の資本の集中がバブル崩壊時に極度に進んでいたことをしめしている。

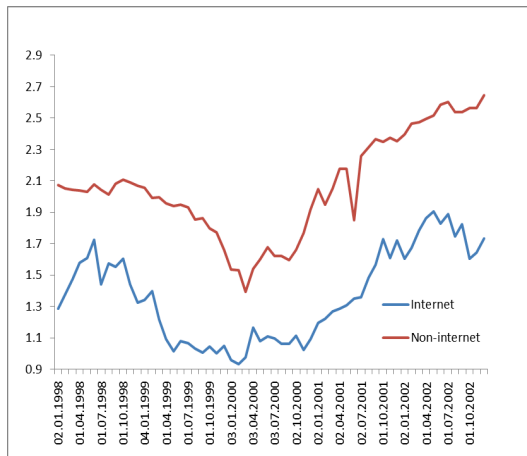


図2 パレート指数の推移

(2) 所得分布の不平等度を測るジニ係数 G とベキ指数 α は、 $G = 1/(2\alpha - 1)$ という数学的關係で結ばれている。つまり、ベキ指数 α が1に近づくときジニ係数も1に近づく。実際に、インターネット関連企業の株価分布のジニ係数を日毎に計算したところ、バブル崩壊期に1に近づいていることが分かった。

一連の研究結果から、① 投機的バブルは、少数のインターネット関連企業の株式に投資資金が集中し、それらの価格が極度に高騰してゆく結果、株価分布の歪みが拡大してゆく現象であることがわかった。

② 価格格差が極度に進むと、パレート指数あるいは、ジニ係数は1に近づいてゆく。この状態では利用可能な投資資金の大半が少数の株式の売買に吸収されてしまい、その高値を維持できなくなるので、バブル崩壊が必然的に起きることが確かめられた。

これらの統計的現象は、日本における地価や株価のバブルとバブル崩壊時にもみられた現象であることから、上記2つの現象はバブルとバブル崩壊時に普遍的にみられる現象である可能性が高まった。

(3) バブル崩壊のノイズトレーダー・モデル
株式市場におけるバブルの生成と崩壊が自律的に起きるメカニズムを説明する理論モデルを提案した。(T. Kaizoji, A behavioral model of bubbles and crashes, mimeo.)

モデルの概要は、次のとおりである。株式市場には「合理的投資家」と「ノイズ・トレーダー」が存在すると仮定する。合理的投資家とは財務データなど様々な企業データから将来の企業価値を正確に計算し、投資する株式を選別する投資家である。彼らの投資行動は伝統的なファイナンス理論 CAPM を使ってモデル化できる。一方、ノイズ・トレーダーとは、他の市場参加者の動向を読み取り、市場のトレンドを見つけ出し、自らそのトレンドに乗って短期的な投資リターンを狙う投資家である。ノイズ・トレーダーの投資行動の特徴は、①他のノイズ・トレーダーの行動を観察し、多くのノイズ・トレーダーの多くがとる行動を模倣しようとする、②価格の上昇トレンドの高い株式に投資することである。③彼らの投資行動には予測できないランダムな要素が含まれる、ことである。こうした主体の行動が不確定な要素を含んでいる場合の意思決定は、確率的効用関数という概念を使って理論化できる。ノイズ・トレーダーは、それぞれ確率的効用関数を持ち、彼らの効用は他のノイズ・トレーダーの行動と株価のトレンドから影響を受ける。ノイズ・トレーダーは確率的効用関数を最大にする投資行動を取ろうとする。彼らの意思決定は不確実性を持っているため、具体的に求められるのは、ノイズ・トレーダーがインターネット株に投資する確率である。ノイズ・トレーダーがインターネット株に投資する確率は、他のノイズ・トレーダーの投資行動とインターネット株の収益率の加重平均値から影響を受ける。確率的効用関数を使うことのメリットは、従来、アドホックに定義されてきたノイズ・トレーダーの行動を合理的に理論化することができる点にある。

問題は、ノイズ・トレーダーの投資行動が他のトレーダーの影響を受ける点をどのようにモデル化するかである。ノイズ・トレーダー間の相互作用をモデル化するために、統計物理学の基本モデルのひとつであるイジング・モデルを応用する。イジング・モデルはもとも磁石のモデルとして作られたのであるが、要素間の相互作用が作り出すマクロ現象を説明するのに優れたモデルである。まず、ノイズ・トレーダーの行動をスピンの向きになぞらえる。上向きなら買い手、下向きなら売り手である。ノイズ・トレーダーの市場への新規参入が増え、彼らが他のノイズ・トレーダーの行動を強く意識し、多くのノイズ・トレーダーがとる行動に追従しようとする、ノイズ・トレーダーが同時に同じインターネット株に投資する確率が高くなる。これは、ちょうど温度が低下し、スピン間の交換相互作用の効果が強まり、スピンの向きが同じ方向に揃う力が働き始めること

に対応している。彼らがインターネット株に対する需要を同時に増やすと、価格の上昇トレンドが作り出される。一旦、価格の上昇トレンドが形成されると、ノイズ・トレーダーたちはさらにキャピタルゲインを狙って上昇率の高いインターネット株に投資を集中させてゆくため、インターネット株の上昇トレンドがますます強化されバブルが形成されてゆく。ここで、インターネット株のトレンドは、イジング・モデルの磁場の向きに対応している。価格上昇トレンドは磁場が上向きにかかっていることに対応し、上昇トレンドが強化されることは、磁場の影響が強くなり、スピンの上向きに揃おうとする性質が強化されることに対応している。このとき、バブル資産の売り手は、合理的な投資家である。彼らは、インターネット株の市場価格が企業データから計算される適正価格を上回っているのを、それを市場の過大評価だと考え、インターネット株を売って（あるいは空売りして）、代わりに割安な非インターネット株を持つようとする。バブル期にはノイズ・トレーダーのインターネット株に対する需要がどんどん増えてゆくのにに対し、市場全体を見て投資を行なう合理的投資家のインターネット株の供給は限られる。この需給のアンバランスによってインターネット株の価格が暴騰してしまう。

(4) 相転移現象としてのバブル崩壊

しかし、ノイズ・トレーダーの投資資金には限りがある。ほとんどすべてのノイズ・トレーダーがインターネット株の買い手になってしまうと、インターネット株に対する追加需要が減少するため、価格の上昇速度も鈍ってくる。価格のモメンタムが下がってくると、彼らがインターネット株に投資する確率が低下し、一部のノイズ・トレーダーはインターネット株を売り始める。いわゆる利益確定売りである。売り手にまわるノイズ・トレーダーが増えるとインターネット株の価格自体が下落し始める。株価が下落すると、ノイズ・トレーダーがインターネット株を売ろうとする確率がさらに高くなり、さらに価格が下落するという負のスパイラルに陥る。インターネット株の収益率がマイナスになったある時点で、インターネット株を売ろうとする確率が買おうとする確率を上回り、インターネット株の投売りが始める。こうしてバブルの崩壊が起きる。暴落時にバブル時に割高なインターネット株を売っていた合理的投資家は、暴落で割安になったインターネット株を買い戻そうとする。買い一辺倒だった行動が売り一辺倒に急変する現象を相転移と呼び、崩壊が起きる点を相転移点という。この相転移は、イジング・モデルの磁場の向きがプラスからマイナス

に変わったことで、スピンが揃う方向がプラスからマイナスに変化することで起きる相転移である。このように、バブルの生成と崩壊は、一見何の関係もないと思われる磁石のモデルを使って、株式市場における相転移現象としてモデル化することができる。

為替市場において、ポートフォリオ・セレクションを行う合理的投資家とキャリー・トレードを行う投資家を仮定すると、同様のメカニズムで、為替レートバブルとクラッシュが起きることも示せた。(T. Kaizoji, Carry Trade, Forward Premium Puzzle and Currency Crisis 2010, mimeo.)

(5) ノイズトレーダー・モデルとエントロピー最大化モデル

確率的効用関数の最大化を通じて投資選択を決めるノイズトレーダー・モデルと、エントロピー最大化モデルは、エントロピー最大化問題の双対性から、2つのモデルが同一であることを示すことができる。この結果は、統計物理学の基礎原理であるエントロピー最大化の観点から行動ファイナンスでしばしば議論されるノイズ・トレーダーの行動原理を導くことができることを示している。また、株式市場や為替市場で起きるバブルとバブルの崩壊は、エントロピー最大化モデルにおける相転移現象に対応することを理論的に示すこともできる。この結果はモデルが相転移(暴落)を起こす前後のノイズ・トレーダーの投資行動と市場価格の関係を理論的に分析することで、これまで「なぜ」とされてきた株式市場や為替市場の暴落時のボラティリティの変動のメカニズムを理解できる可能性があることを示唆している。

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5件)

- ① Taisei Kaizoji: Stock Volatility in the Periods of Booms and Stagnations, 査読有, Science and Culture, 76(9-10), 2010, 459-465.
- ② Taisei Kaizoji: A Route to Speculative Chaos in a Heterogeneous-Agent Model of a Financial Market, 査読有, The IUP Journal of Behavioral Finance, VII No. 3, 2010, 29-37.
- ③ Taisei Kaizoji: Multiple equilibria and chaos in a discrete tatonnement process, 査読有, Journal of Economic

Behavior and Organization, 76, 2010, 597-599.

④ T. Kaizoji and D. Sornette: Market Bubble and Crash, 査読有, Encyclopedia of Quantitative Finance, John Wiley & Sons Ltd. Vol. 2 No. 1, 2010, 1-15.

⑤ C. Eom, W. Jung, T. Kaizoji, and S. Kim: Effect on Eigenvalue by Changing Sample Size in the Korean and Japanese Stock Markets, 査読有, Physica A, 388, 2009, 4780-4786.

[学会発表] (計 3 件)

① Taisei Kaizoji: Power Laws and Financial Crisis, Econophysics Colloquium 2010, November 5, 2010, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

② Taisei Kaizoji: A Mechanism of Collapsing Bubble, 15th Conference on Society for Computational Economics 2009, July 15-17, 2009, Sydney, Australia.

③ Taisei Kaizoji: Concentration and Collapse in Markets, the 7th International Conference, Application of Physics in Financial Analysis, May 1-5, 2009, Tokyo, Japan.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

海蔵寺 大成 (KAIZOJI TAISEI)
国際基督教大学・教養学部・教授
研究者番号: 10265960

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし