

# 空売りが活発な市場における金融ショック伝播分析

## Does the financial contagion happen in the market where the selling of assets on margin is active?

八木 勲<sup>1\*</sup>                      水田 孝信<sup>2</sup>                      和泉 潔<sup>3,4</sup>  
Isao Yagi<sup>1</sup>                      Takanobu Mizuta<sup>2</sup>                      Kiyoshi Izumi<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> 神奈川工科大学 情報学部 情報工学科

<sup>1</sup> Department of Information and Computer Sciences,  
Kanagawa Institute of Technology,

<sup>2</sup> スパークス・アセット・マネジメント 株式会社

<sup>2</sup> SPARX Asset Management Co., Ltd.

<sup>3</sup> 東京大学大学院 工学系研究科

<sup>3</sup> School of Engineering, The University of Tokyo

<sup>4</sup> 科学技術振興機構 CREST

<sup>4</sup> CREST, JST

**Abstract:** サブプライム問題やリーマンショックのような金融危機では、ある金融市場の混乱が他の市場に伝播していくことがある。その理由の1つとして、ある市場で生じたショックによりポートフォリオのリバランスが発生し、その結果他の金融市場の価格にも影響を与えることが挙げられる。これまでにショック伝播発生メカニズムを解明する研究は行われてきたが、金融ショックの伝播が発生しない金融市場に関してはほとんど着目されていない。そこで、本研究では、人工市場を用いて資産下落の伝播が起こらない市場要因は存在するのか調査した。その結果、資産の信用売りが、信用買いや現物買いと同じくらい活発に行われる市場では資産下落の伝播は起こらない可能性があることを発見した。

## 1 まえがき

サブプライム問題やリーマンショックのような金融危機は、もともとは一部の（地域の）金融市場での混乱であるはずが、他の金融市場にも大きな影響を与え、結果的に世界中の金融市場を混乱させることが多い。このようなことが起こる背景には、金融市場間には様々な悪影響の伝播経路が存在しており、その伝播経路上には悪循環を強化するメカニズムが存在し、これらが連鎖的に働いてしまったことが状況の悪化と波及の拡大に繋がったと考えられている [9]。

これらの原因として、1) ある市場で生じたショックによりポートフォリオのリバランスが発生し、その結果他市場の価格にも影響を与える、2) 投資家のデレバレッジ、リスク回避度の急変などが資産価格下落を増長させ、さらに伝播範囲をも拡大させることなどが挙げられる。これまでにこれらの特徴を捉えた理論モ

デルが提案されている [1, 4]。

金融ショックによる価格伝播は、リスクを回避する手段の1つである分散投資にも悪影響を与える。一般に、ある資産の価格は、平常時には他の資産の価格からの影響をほとんど受けることなく変動する。よって、投資先を分散しておれば、資産の一部が下落しても他の資産によって損失を補完できる。しかし、リーマンショックのような大規模な金融危機が発生すると、その悪影響はあらゆる市場に伝播し、全ての資産価格を一斉に下落させてしまう。そのため、投資先を分散していてもリスクが回避できなくなるからである。異なる資産間の連動性に関する既存研究 [4] においても、金融危機の際に資産間の連動性が高くなることが支持されている。

これまでの研究で議論の対象となっている市場は、投資家が資産の信用買いもしくは現物買いのみを行う市場や、資産の信用売りに対して資産の信用買いおよび現物買いの方が圧倒的に多い市場であった。なぜならば、主要な金融市場は総じて信用買いおよび現物買いの方が信用売りよりも活発に行われているからである。

\*連絡先：神奈川工科大学 情報学部 情報工学科  
〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野 1030  
E-mail: iyagi2005@gmail.com

一方で、このような特性をもたない市場においても同じような価格下落の伝播が発生するかどうかは明らかになっていない。これまでこのような研究が行われていない理由の1つとして、実際の市場データから分析することが困難であることが考えられる。

このように従来の実証研究法では分析できない、仮説に基づいた状況を分析する方法の1つとして人工市場がある。人工市場とは、コンピュータ上に仮想的に構築された金融市場マルチエージェントシステムである [2, 3, 5, 8]。エージェントにそれぞれ独自の売買手法を与え、それらに投資家として金融資産の取引をさせ、市場がどのような振る舞いをするかを確認することができる。その一方で、市場側に何らかの制約（市場安定化や効率化のための制度等）をモデル化し組み込むことで、投資家がどのように振る舞うか、さらに、彼らの振る舞いによって市場にどのような影響が現れるかを検討することも可能である。

そこで本研究では、人工市場を用いて資産下落の伝播が起こらない市場要因は存在するのかを調査した。具体的には、2つの異なる資産に対し、一方の資産価格を強制的に急落させた際に、どのような条件のもとであれば他方の資産価格が連動しないかを分析した。その結果、資産の信用売りが、信用買いや現物買いと同じくらい活発に行われる市場では資産下落の伝播は起こらない可能性があることを発見した。

本論文の構成は以下のとおりである。第2章にて、2資産の取引が可能な人工市場を構築した。第3章では、構築した人工市場を使用した実験とその結果を示す。実験に先立って、第3.1節にて本人工市場モデルが現実市場と照らし合わせて妥当なモデルであることを示す。第4章では実験結果を基に市場メカニズムを分析する。最後に第5章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2 人工市場の構築

本研究では以前に提案した人工市場 [10, 12] を基にして新たな人工市場を構築した [11]。以下にその詳細を述べる。

本市場では、2つのリスク資産を100体のエージェントが売買する。エージェントは2つのリスク資産と無リスク資産（キャッシュ）を保有する。2つのリスク資産のうち、リスクの高い方の資産を資産1、リスクの低い方の資産を資産2とする。第 $t$ 期の資産1の価格を $P_t^1$ 、資産2の価格を $P_t^2$ とする。

本市場には次の3タイプのエージェントが存在する。(1) ファンダメンタルズに基づいて投資戦略を決定するファンダメンタリスト、(2) 資産価格トレンドに基づいて投資戦略を決定するチャートリスト、(3) ランダムに売買を行うノイズトレーダーである。エージェントのタイプ別参加比率は、(1) : (2) : (3) = 30 : 60 : 10 である。

初期資産価格は両資産ともに1000とした。

キャッシュは委託保証金として扱う。委託保証金は有価証券による代用はないものとする。委託保証金になったエージェントは破産とみなし、それ以降の取引には参加しない。

### 2.1 エージェントモデル

既に述べたように本市場には3タイプのエージェントが存在する。取引開始時、すなわち、第0期の各エージェントの資産1、資産2の保有量はともに0、キャッシュ保有量は100000とした。各エージェントはキャッシュの $lv$ 倍を総投資額とする。今回は $lv = 1$ とした。第 $t$ 期のエージェント $i$ の資産1と資産2への投資配分率をそれぞれ $w_{i,t}^1$ 、 $w_{i,t}^2$ と表し、 $|w_{i,t}^1| + |w_{i,t}^2| = 1$ とする。

以下、各エージェントモデルの詳細な説明を行う。

#### 2.1.1 ファンダメンタリスト

本市場におけるファンダメンタリストは、それぞれの資産の理論価格に基づいて当期資産価格を予想する。第 $t$ 期の資産1の理論価格 $P_t^1$ と、資産2の理論価格 $P_t^2$ は外部より与えられ、初期値 $P_0^1$ 、 $P_0^2$ はともに1000とする。

エージェント $i$ の第 $t$ 期の資産1の予想価格 $\tilde{P}_{i,t}^1$ は、以下のように求められる。

$$\tilde{P}_{i,t}^1 = P_t^1 \cdot \epsilon_{i,t} \cdot \alpha^1$$

ただし、 $\epsilon_{i,t} \sim N(1, 0.1^2)$ 、 $\alpha^1 \sim N(1, 0.01^2)$ とする。同様に資産2の予想価格 $\tilde{P}_{i,t}^2$ は、

$$\tilde{P}_{i,t}^2 = P_t^2 \cdot \epsilon_{i,t} \cdot \alpha^2$$

とする。ただし、 $\alpha^2 \sim N(1, 0.005^2)$ とする。

ファンダメンタリストは2資産の期待リターンとヒストリカルボラティリティを用いた平均分散モデルにしたがって投資配分率を決定する。このとき使用する期待リターンとヒストリカルボラティリティは次のように定義する。第 $t$ 期の資産1の期待リターンは $(\tilde{P}_{i,t}^1 - P_{t-1}^1)/P_{t-1}^1$ 、資産2の期待リターンは $(\tilde{P}_{i,t}^2 - P_{t-1}^2)/P_{t-1}^2$ とする。そして、第 $t$ 期の資産1のヒストリカルボラティリティは $\sigma_{n,t}^1 \cdot \sqrt{m}$ 、資産2のヒストリカルボラティリティは $\sigma_{n,t}^2 \cdot \sqrt{m}$ とする。ただし、 $\sigma_{n,t}^1$ は資産1の $n$ 期間の騰落率 $((P_t^1 - P_{t-1}^1)/P_{t-1}^1)$ の標準偏差であり、 $\sigma_{n,t}^2$ は資産2の $n$ 期間の騰落率 $((P_t^2 - P_{t-1}^2)/P_{t-1}^2)$ の標準偏差である。今回は $n = m = 20$ とする。

エージェントはこの投資配分率に基づいて各期の両資産の発注量を決める。現在保有している資産数と上記資産配分率によって新たに算出した資産数の差分を今期の発注量とする。

### 2.1.2 チャーティスト

本市場のチャーティストは移動平均に基づいた株式売買を行う。チャーティストの戦略には順張りや逆張りがある。エージェント  $i$  が利用する、資産 1 の第  $t$  期における  $n_i$  期間移動平均を

$$MA_{t,n_i}^1 = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} P_{t-j}^1$$

とする。また、資産 2 の第  $t$  期における  $n_i$  期間移動平均を

$$MA_{t,n_i}^2 = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} P_{t-j}^2$$

とする。なお、 $n_i$  の初期値は、 $1 \leq n_i \leq 25$  をみたくランダムな値とする。

エージェント  $i$  の第  $t$  期の資産 1 の予想価格  $\tilde{P}_{i,t}^1$  は以下のように求められる。

$$\tilde{P}_{i,t}^1 = P_{t-1}^1 \cdot \exp(r_{i,t}^1) \cdot \alpha^1$$

ただし、 $r_{i,t}^1$  は第  $t$  期の資産 1 の期待リターンであり、次のように計算される。エージェント  $i$  が順張りのとき、 $r_{i,t}^1 = (MA_{t,n_i}^1 - MA_{t-1,n_i}^1)/MA_{t-1,n_i}^1$  であり、エージェント  $i$  が逆張りのとき、 $r_{i,t}^1 = -(MA_{t,n_i}^1 - MA_{t-1,n_i}^1)/MA_{t-1,n_i}^1$  である。

同様に、エージェント  $i$  の第  $t$  期の資産 2 の予想価格  $\tilde{P}_{i,t}^2$  は以下のように求められる。

$$\tilde{P}_{i,t}^2 = P_{t-1}^2 \cdot \exp(r_{i,t}^2) \cdot \alpha^2$$

ただし、 $r_{i,t}^2$  は第  $t$  期の資産 2 の期待リターンであり、次のように計算される。エージェント  $i$  が順張りのとき、 $r_{i,t}^2 = (MA_{t,n_i}^2 - MA_{t-1,n_i}^2)/MA_{t-1,n_i}^2$  であり、エージェント  $i$  が逆張りのとき、 $r_{i,t}^2 = -(MA_{t,n_i}^2 - MA_{t-1,n_i}^2)/MA_{t-1,n_i}^2$  である。

チャーティストもファンダメンタリストと同様、2 資産の期待リターンとヒストリカルボラティリティを用いた平均分散モデルにしたがって投資配分率を決定する。そして、この投資配分率に基づいて各期の両資産の発注量を決める。現在保有している資産数と上記資産配分率によって新たに算出した資産数の差分を今期の発注量とする。

### 2.1.3 ノイズトレーダー

ノイズトレーダーは 2 資産の投資配分率をランダムに設定する。そして、この投資配分率に基づいて各期の両資産の発注量を決める。現在保有している資産数と上記資産配分率によって新たに算出した資産数の差分を今期の発注量とする。

エージェント  $i$  の第  $t$  期の資産 1 の予想価格  $\tilde{P}_{i,t}^1$  と資産 2 の予想価格  $\tilde{P}_{i,t}^2$  はそれぞれ以下のように求められる。

$$\tilde{P}_{i,t}^1 = P_{t-1}^1 \cdot \alpha^1$$

$$\tilde{P}_{i,t}^2 = P_{t-1}^2 \cdot \alpha^2$$

## 2.2 周囲の好成績投資家の投資法に影響される投資家のモデル化

エージェントの評価学習機能についても既述の人工市場モデル [10, 12] に従う。すなわち、取引終了後、各エージェントは運用成績の評価を行い、他のエージェントと比較して相対的に成績が悪いエージェントは、成績のよいエージェントの売買ルールの模倣を行う。ファンダメンタリストは強気度を、チャーティストは移動平均の期間を模倣する。さらに、エージェントが試行錯誤的に新しい売買ルールを求める姿を客観的に表すため、一部のエージェントの売買ルール変更にランダム性をもたせた。

本市場ではエージェントの売買タイプの割合を固定しているため、エージェントが他の売買タイプに移ることはない。すなわち、成績の悪いファンダメンタリストは成績のよいファンダメンタリストの模倣を試みるが、運用成績のよいチャーティストやノイズトレーダーを模倣することはない。なおノイズトレーダーは、運用成績の評価と模倣は行わない。

## 2.3 取引株価決定法

各エージェントはそれぞれの手法で発注価格と発注量を決め注文を出す。市場では、第  $t$  期の全てのエージェントの売り注文と買い注文をつき合わせて売買を成立させる。買い手側は高い発注価格のエージェントから、売り手側は安い発注価格のエージェントから優先的に取引に参加する。買い手側の発注価格が売り手側の発注価格を上回る、もしくは一致するとき売買が成立する。この決定法のことを一般に板寄せ方式という。

## 3 実験

実験を行うにあたって、まず本人工市場モデルが現実市場を模倣した妥当なモデルであることを確認する。そして、本モデルを用いた実験の詳細を述べる。

### 3.1 市場モデルの妥当性

現実市場はいくつかの特性（これらをスタライズド・ファクトという）をもつことが知られている [6, 7]。本研究は、資産価格の伝播を検証することを目的としているので、以下の価格変動に関する特性を満たすか否かでモデルの妥当性を判断する。

- 毎期の価格変動率のヒストグラムの裾の部分が正規分布より厚くなる（尖度が正）。
- 毎期の価格変動率の 2 乗値の自己相関係数は正値をとる。

本モデルの結果を表 1 に示す。尖度および自己相関係数も正値となっているので、本モデルは現実市場を模倣するための妥当なモデルと判断できる。

表 1: 本人工市場モデルのスタライズド・ファクト

尖度		7.33
価格変動率の 2乗値の自己相関	ラグ	
	1	0.25
	2	0.08
	3	0.06
	4	0.04
5	0.06	

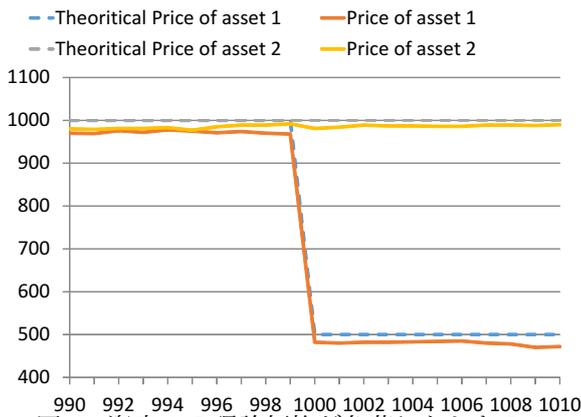


図 1: 資産 1 の理論価格が急落したときの 2 つの資産の価格推移

### 3.2 実験内容

本節では、上記人工市場において、一方の資産価格が急落した際、他方の資産価格がどのように推移するかを確認する。

本実験では、資産 1 の価格を意図的に急落させたときの資産 2 の価格推移を観察するため、資産 1 の理論価格を意図的に急落させた。具体的には第 1000 期の取引終了後に、資産 1 の理論価格を意図的に 1000 から 500 に急落させた。その結果を図 1 に示す。図 1 が示すように、資産 1 の価格が急落しても資産 2 の価格は急落しないことがみてとれる<sup>1</sup>。

## 4 考察

本章では、本実験の結果がなぜ発生したかを、エージェントの売買動向から分析する。

資産 1 が急落する直前の各エージェントの資産 1 のポジションを確認したところ、資産 1 の売りポジションを持っているエージェントが全体の約半数いることがわかった。資産 1 の価格が急落すると、それらのエージェントの総資産は増加する。すると、資産 2 への資金配分も増えるので、彼らの資産 2 の買いポジション

<sup>1</sup>同様に、資産 2 を急落させても資産 1 は急落しなかった。

がさらに増加する。一方で、資産 1 の価格が急落する直前に資産 1 の買いポジションを持っているエージェントも約半数おり、彼らの総資産は減少する。すると、資産 2 への資金配分も減少するので、既に保有している資産 2 を手放すことになる。その結果、資産 2 の需給関係に偏りが出ないため、資産 2 の価格は均衡がとれた状態で推移することになる。

よって、資産 1,2 どちらの資産に対しても、信用買いや現物買いと同じくらい活発に信用売りを行うとき、資産下落の伝播が発生しないと考えられる。

## 5 あとがき

本研究では、人工市場を用いて資産下落の伝播が起こらない市場要因は存在するのかを調査した。具体的には、2 つの異なる資産に対し、一方の資産価格を強制的に急落させた際に、どのような条件のもとであれば他方の資産価格が連動しないかを分析した。その結果、資産の信用売りが、信用買いや現物買いと同じくらい活発に行われる市場では、資産下落の伝播は起こらない可能性があることを発見した。今後の課題としては、資産下落の伝播が起こらないときの金融市場の条件が他にも存在するか調査するとともに、資産下落伝播が起こる市場において、市場規制を適用するとどのような効果が得られるかを調査する予定である。

## 謝辞

本研究は公益財団法人 全国銀行学術研究振興財団と JSPS 科研費 24510209 の助成を受けたものです。この場を借りてお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] R. Cifuentes, G. Ferrucci, and H. S. Shin. Liquidity risk and contagion. *Journal of European Economic Association*, Vol. 3, pp. 556–566, 2005.
- [2] 和泉潔. 人工市場：市場分析の複雑系アプローチ. 森北出版, 2003.
- [3] S. Kobayashi and T Hashimoto. Analysis of institutional evolution in circuit breakers using the concepts of replicator and interactor. In *The 9th Asia-Pacific Complex Systems Conference*, pp. 80–86, 2009.
- [4] A. S. Kyle and W. Xiong. Contagion as a wealth effect. *Journal of Finance*, Vol. 56, pp. 1401–1440, 2001.
- [5] B. LeBaron. Agent-based financial markets: Matching stylized facts with style. In *Post Walrasian Macroeconomics Beyond the Dynamic*

*Stochastic General Equilibrium Model*, chapter 3, pp. 221–238. Cambridge University Press, 2006.

- [6] B. Mandelbrot. Statistical methodology for non-periodic cycles: From the covariance to r/s analysis. In *Annals of Economic and Social Measurement, volume 1, number 3*, NBER Chapters, pp. 259–290. National Bureau of Economic Research, Inc, March 1972.
- [7] S. Martinez-Jaramillo and E. P. K. Tsang. An heterogeneous, endogenous and co-evolutionary gp-based financial market. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 13, No. 1, pp. 33–55, 2009.
- [8] T. Mizuta, K. Izumi, I. Yagi, and S. Yoshimura. Regulations’ effectiveness for market turbulence by large erroneous orders using multi agent simulation. In *Proc. IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CIFEr2014)*, pp. 138–143, March 2014.
- [9] 藤原茂章. 金融市場におけるショックの伝播—理論モデルのサーベイ—. 日本銀行金融研究所ディスカッションペーパー, 日本銀行, October 2008.
- [10] I. Yagi, T. Mizuta, and K. Izumi. A study on the effectiveness of short-selling regulation in view of regulation period using artificial markets. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, Vol. 7, No. 1, pp. 113–132, 2010.
- [11] I. Yagi, T. Mizuta, and K. Izumi. Does the financial contagion happen in the market where the selling of assets on margin is active. In *Proc. typeII The 2014 IEE/WIC International Conference on Intelligent Agent Technology(IAT2014)*, pp. 37–38, August 2014.
- [12] 八木勲, 水田孝信, 和泉潔. 人工市場を用いた市場暴落後における反発メカニズムの分析. *情報処理学会論文誌*, Vol. 53, No. 11, pp. 2388–2398, 2012.