

# 人工市場を用いた分散投資規制が資産価格急落時の市場に与える影響の解明

## Investigation of the rule for investment diversification at the time of a market crash using an artificial market

野崎 淳<sup>1\*</sup> 水田 孝信<sup>2</sup> 八木 勲<sup>3</sup>  
Atsushi Nozaki<sup>1</sup> Takanobu Mizuta<sup>2</sup> Isao Yagi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 神奈川工科大学大学院情報工学専攻

<sup>1</sup> Course of Information and Computer Sciences, Graduate School of 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> 神奈川工科大学情報学部

<sup>3</sup> Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

**Abstract:** 投資信託の取引において、投資家が想定外のリスクを負うのを未然に防ぐため、2013年には投資信託法制が改正され、2014年12月より分散投資規制という規制が設けられることとなった。分散投資規制は、1つの発行体への投資が過度に集中しないよう、1つの発行体への投資額を投資信託純資産の一定割合以下にするものである。分散投資の是非についてはこれまでに多くの実証研究がなされているが、分散投資に制約が設けられることによって市場の価格形成にどのような影響が与えられるか議論されたことはない。そこで、本研究では、分散投資規制が資産価格急落時の市場に与える影響を、人工市場を用いて分析した。その結果、一方のリスク資産のファンダメンタル価格が急落した時、市場価格がオーバーシュートし、もう一方のリスク資産の市場価格も連動して下落することが確認できた。

## 1 はじめに

近年金融商品の複雑化やリスクの複合化により、投資家がリスクを把握しにくくなっている。例えば、投資信託において、投資先資産のバリエーションは広がってきたが、ある特定の資産にリスクが集中しているかもしれない。また、ある投資信託の運用成績は、保有している特定の資産（例えばデリバティブ）の運用成績に大きく依存しているかもしれない。このような状況を投資家がすべて把握することは不可能である。

投資家が想定外のリスクを負うのを未然に防ぐため、投資信託の運用会社側でリスクをコントロールすることが求められている。2013年には投資信託法制が改正され、2014年12月より分散投資規制という規制が設けられることとなった [1][2]。

分散投資規制は、1つの発行体への投資が過度に集中しないよう、1つの発行体への投資額を投資信託純

資産の一定割合以下にするもので、欧州では既に同様の規制が適用されている。例えば、ある投資信託が特定の発行体への、1) 株式、2) 株式を原資産とするオプション、3) 社債に投資していた場合、それぞれの投資額はファンド純資産の10%以下、かつ、これらの合計投資額が投資信託純資産の20%以下とすることが求められている。ここで言う発行体とは、債券の発行元のことであり、株式や債券などの有価証券を投資家に売る企業、政府、金融機関などがそれに当たる。

分散投資そのものの是非についてはこれまでに多くの実証研究がなされている。例えば、Cremersらは分散投資しない方がポートフォリオの運用成績はよいことを示している [3]。一方、分散投資に制約を設けることによって市場の価格形成にどのような影響を与えるかは、これまで議論されたことはない。なぜなら、現実の市場には、さまざまな投資家が取引に参加しているため、分散投資の制約による取引のみが価格形成に与える影響を抽出することは困難であるからである。

このように特定の取引が市場に与える影響を分析す

\*連絡先：神奈川工科大学大学院情報工学専攻  
神奈川県厚木市下荻野 1030  
E-mail:s1585027@ccy.kanagawa-it.ac.jp

る方法の1つとして、人工市場を用いる方法がある。人工市場とは、コンピュータ上に仮想的に構築されたマルチエージェントシステムの金融市場である [4][5][6]。エージェントにそれぞれ独自の売買手法を与え、それらを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。

これまでに野崎ら [7] は、人工市場を用いて分散投資規制が市場に与える影響について検証した。その結果、価格推移にはあまり違いは見られず、規制が厳しくなるに従い出来高が減少し、リスク資産の保有リスクが抑えられることが確認された。しかし、野崎らの人工市場モデルは、規制に違反した場合追加の注文を禁止するだけであったが、現実では規制に違反した状態を解消するための取引も行うと考えられる。また、野崎らの研究はファンダメンタル価格が一定の状態での検証であった。

そこで本研究では、金融危機等で資産価格が急落したとき、分散投資規制が市場にどのような影響を与えるのかを、人工市場を用いて分析した。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2章にて、本研究で使用する人工市場モデルを説明する。そして、3章では、平常時の相当するファンダメンタル一定の場合と金融危機時に相当するファンダメンタル急落の場合での実験とその結果を示す。4章ではまとめと今後の課題を記す。

## 2 人工市場モデル

### 2.1 注文プロセス

本研究では、水田らの人工市場モデル [8] をベースに、モデルを構築した。

本モデルは2つのリスク資産のみを取引対象とし、価格決定メカニズムは連続ダブルオークション方式(ザラバ方式)とした。 $n$ のエージェントがおり、エージェント番号  $j = 1$  から順番に  $j = 2, 3, 4, \dots$  と注文を出す。最後のエージェント  $j = n$  が注文を出すと、次の時刻にはまた初めのエージェント  $j = 1$  から注文を出し繰り返される。時刻  $t$  は1体のエージェントが注文を出すごとに1増える。つまり、注文をただで取引が成立しない場合も1ステップ進む。エージェント  $j$  は注文価格、売り買いの別を以下のように決める。時刻  $t$  にエージェント  $j$  が予想する価格の変化率(予想リターン)  $r_{e,j,k}^t$  は、

$$r_{e,j,k}^t = \frac{1}{w_{1,j,k} + w_{2,j,k} + u_{j,k} + w_{2,j,k} r_{h,j,k}^t + u_{j,k} \epsilon_{j,k}^t} (w_{1,j,k} \log \frac{P_{f,k}^t}{P_k^t} + w_{2,j,k} r_{h,j,k}^t + u_{j,k} \epsilon_{j,k}^t) \quad (1)$$

ここで、 $w_{1,j,k}$  は時刻  $t$ 、エージェント  $j$ 、リスク資産  $k$  の  $i$  項目の重みであり、シミュレーション開始時に、それぞれ0から  $w_{i,max}$  まで一様乱数で決める。また、後で述べる学習過程により変化する。 $u_{j,k}$  は時刻  $t$ 、エージェント  $j$ 、資産  $k$  の3項目の重みであり、シミュレーション開始時に、それぞれ0から  $u_{max}$  まで一様乱数で決め、その後も一定である。 $P_{f,k}^t$  は時間によらず一定の資産  $k$  のファンダメンタル価格、 $P_k^t$  は資産  $k$  の時刻  $t$  での取引価格(取引されなかった時刻では一番最近に取引された価格であり、時刻  $t = 0$  では  $P_k^2 = P_{f,k}$  とする)、 $\epsilon_{j,k}^t$  は時刻  $t$ 、エージェント  $j$ 、資産  $k$  の乱数項で、平均0、標準偏差  $\sigma_e$  の正規分布乱数である。 $r_{h,j,k}^t$  は資産  $k$ 、時刻  $t$  にエージェント  $j$  が計測した過去リターンで、 $r_{h,j,k}^t = \log(P_k^t / P_k^{t-\tau_j})$  である。ここで、 $\tau_j$  は1から  $\tau_{max}$  まで一様乱数でエージェントごとに決める。

式(1)の第1項目はファンダメンタル価格と比較して安ければプラスの予想リターンを高めればマイナスの予想リターンを示す、ファンダメンタル価値を参照して投資判断を行うファンダメンタル投資家の成分である。第2項目は過去のリターンがプラス(マイナス)ならプラス(マイナス)の予想リターンを示す、過去の価格推移を参照して投資判断を行うテクニカル投資家の成分であり、第3項目はノイズを表している。

予想リターン  $r_{e,j,k}^t$  より予想価格  $P_{e,j,k}^t$  は、

$$P_{e,j,k}^t = P_k^t \exp(r_{e,j,k}^t) \quad (2)$$

で求まる。注文価格  $P_{o,j,k}^t$  は  $P_{e,j,k}^t - P_d$  から  $P_{e,j,k}^t + P_d$  までの一様乱数で決める。ここで、 $P_d$  は定数である。価格の変化幅の最小単位は  $\delta P$  とし、売り買いの別は予想価格  $P_{e,j,k}^t$  と注文価格  $P_{o,j,k}^t$  の大小関係で決まる。

$$\begin{aligned} P_{e,j,k}^t > P_{o,j,k}^t &\text{なら1単位の買い} \\ P_{e,j,k}^t < P_{o,j,k}^t &\text{なら1単位の売り} \end{aligned} \quad (3)$$

注文数は常に1と一定とする。

各エージェントは、注文価格や注文数を決定後、レバレッジ制約に違反していないか判定を行い、分散投資規制を導入している場合はその判定も行う。レバレッジ制約と分散投資規制の詳細は2.3節で説明する。制約および規制を満たしている場合のみ注文を出し、満たしていない場合は注文を出さない。

本モデルの価格決定メカニズムはザラバ方式であるため、買い(売り)注文は、注文価格より安い(高い)注

文が既に存在すれば、最も安い(高い)売り(買い)注文と即座に取引が成立する。また、約定できる注文が市場に無ければ今回の注文を残す。市場に残した注文がキャンセル時間  $t_c$  だけ経過しても取引が成立しなかった場合は、キャンセルされる。

## 2.2 学習プロセス

戦略を状況に応じて切り替えるという学習プロセスを、以下のようにモデル化した。学習はエージェントごとに、各エージェントが注文を出す直前に行われる。ファンダメンタルな投資家成分だけの場合の予想リターンを  $r_{e,1,j,k}^t = \log(P_k^t/P_k^t)$ 、テクニカルな投資家成分だけの場合の予想リターンを  $r_{e,2,j,k}^t = r_{h,j,k}^t$  とする ( $k = 1, 2$ )。これら  $r_{e,i,j,k}^t$  が資産  $k$  の学習期間のリターン  $r_{l,k}^t = \log(P_k^t/P_k^{t-t_l})$  と比べ、

$$\begin{aligned} \text{同符号なら, } w_{i,j,k} &\leftarrow w_{i,j,k} + k_l r_l^t p_j^t (w_{i,max} - w_{i,j,k}) \\ \text{異符号なら, } w_{i,j,k} &\leftarrow w_{i,j,k} - k_l r_l^t p_j^t w_{i,j,k} \end{aligned} \quad (4)$$

のように、 $w_{i,j,k}$  を書き換える。ここで、 $k_l$  は定数、 $p_j^t$  は時刻  $t$ 、エージェント  $j$  に与えられる 0 から 1 までの一様乱数である。

このような過去の実績から学習するプロセスとは別に、小さい確率  $m$  で  $w_{i,j,k}$  を再設定する。つまり、0 から  $w_{i,max}$  までの一様乱数で決めなおす。これはランダム学習を意味しており、実績からの学習と組み合わせることにより、エージェントが試行錯誤的により良い戦略のウエイトを求める姿を客観的にモデル化している。

## 2.3 規制のモデル化

本モデルでは、レバレッジ制約と分散投資規制を実装している。レバレッジ制約を次のようにモデル化する。

$$\sum_{j=1}^k |P_j^t \times S_{i,j}^t| \leq v \times NAV_i^t \quad (5)$$

ここで、 $S_{i,j}^t$  は、時刻  $t$  におけるエージェント  $i$ 、資産  $j$  の保有量であり、 $S_{i,j}^t > 0$  なら買い保有している状態、 $S_{i,j}^t < 0$  なら空売りしている状態を表している。 $v$  はレバレッジ比率であり、今回は  $v = 1$  とした。 $C_i^t$  は時刻  $t$  におけるエージェント  $i$  のキャッシュの保有量を表している。 $NAV_i^t$  は純資産であり、

$$NAV_i^t = \sum_{j=1}^k (P_j^t \times S_{i,j}^t + C_i^t) \quad (6)$$

表 1: パラメータ設定

parameters	value
$n$	1000
$w_{1,max}$	1
$w_{2,max}$	10
$u_{max}$	1
$\tau_{max}$	10000
$\sigma_e$	0.03
$P_d$	1000
$t_c$	10000
$k_l$	4
$m$	0.01

である。

次に、分散投資規制を次のようにモデル化する。

$$\frac{|P_j^t \times S_{i,j}^t|}{NAV_i^t} \leq w_{dir} \quad (7)$$

$w_{dir}$  は、分散投資規制の規制比率であり、各エージェントの純資産に対する各資産の保有高の上限値である。

各エージェントは、注文を発注する際、その注文が規制に違反する、つまり、上記の式 (7) を満たさない場合は、その注文をキャンセルする。また、すでに式 (7) に違反している場合は、規制に違反した状態を解消するために 1 単位の成行注文を出す。これ以降上記の注文を規制違反注文と呼び、買い注文の場合は規制違反買い注文、売り注文の場合は規制違反売り注文と呼ぶ。

## 3 シミュレーション結果

本研究では、パラメータを表 1 のように設定した。シミュレーションは  $t = 1000000$  まで行った。

### 3.1 モデルの妥当性

シミュレーションモデルの妥当性は実証分析で得られている fat-tail や、volatility-clustering といった代表的な stylized fact が再現できるかどうかで評価される [9]。fat-tail は、市場価格の騰落率の分布が正規分布ではなく裾が厚い、すなわち、尖度が正であることである。また、volatility-clustering は市場価格の騰落率の 2 乗が、ラグが増えても自己相関係数が有意に正であり、長期記憶性を持つことである。本研究では、実証研究で得られた fat-tail と volatility-clustering が再現できるようにパラメータを調整した。

表 2: 各試行における Stylized Fact

分散投資規制比率	資産 1				資産 2				
	規制なし	0.75	0.5	0.25	規制なし	0.75	0.5	0.25	
尖度	4.72	4.91	5.12	5.87	4.71	4.82	5.42	5.40	
価格騰落率の 2乗の 自己相関	ラグ								
	1	0.12	0.12	0.11	0.09	0.11	0.11	0.12	0.10
	2	0.09	0.10	0.10	0.08	0.10	0.10	0.10	0.08
	3	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07
	4	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
	5	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04
6	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	

表 2 は 2 つの資産のファンダメンタル価格が一定のとき、分散投資規制が導入されていない場合と導入された場合 ( $w_{dir} = 0.75, 0.5, 0.25$ ) の stylized fact を示している (価格変動等詳細な実験結果は 3.2 節にて示す)。各々の場合について 100 回の試行を行い平均値をとった。stylized fact はすべて 100 ステップ間隔での価格を用いて計算した。というのも、本モデルの時刻は注文をただで取引が成立しない場合も時刻が進むため、時刻 1 ごとの全ての価格を用いた stylized fact は多くの価格変動がないデータによりバイアスがかかってしまうため、100 ステップ間隔での測定とした。いずれのシミュレーションでも尖度がプラスの値で fat-tail となっており、騰落率の 2 乗の自己相関もラグが増えてもプラスで volatility-clustering も再現されている。これらにより長期に観測される価格変動の統計的な性質を再現していることが示された。

### 3.2 資産 1 と 2 のファンダメンタル価格が一定のとき

この節では、資産 1 と 2 のファンダメンタル価格が一定の場合 ( $P_{f,1} = P_{f,2} = 10000$ ) の実験とその結果を示す。初期キャッシュ量  $C_i^0 = 100000$ 、リスク資産の初期保有数  $S_{i,j}^0 = 0$  とした。

図 1 に、分散投資規制を導入していない場合と導入した場合の価格推移を示す。

分散投資規制が導入されていない場合と導入された場合の取引価格は、ファンダメンタル価格を中心に価格が形成され、大きな違いは見られなかった。図は割愛したが、資産 2 も同様の結果となった。

このような結果となった理由については、以下の 2 点が考えられる。まず、価格推移が安定しているために分散投資規制に違反するエージェントが少ないことが挙げられる。各エージェントは分散投資規制に違反すると、規制違反注文が発注する。しかし、規制に違

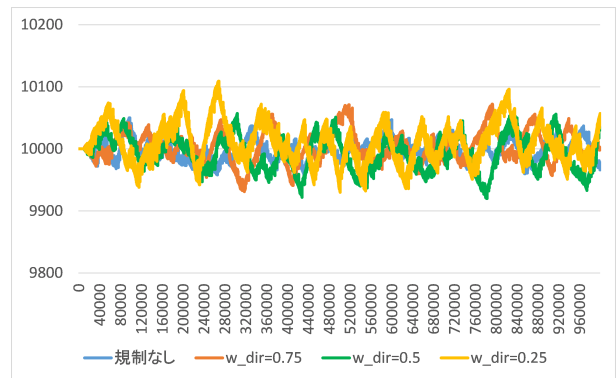


図 1: 資産 1 のファンダメンタル価格が一定のときの資産 1 の価格推移

反するエージェントが少なければ、発注される規制違反注文の数も少なくなるため、価格に大きな影響を与えないと考えられる。次に、規制違反買い注文と規制違反売り注文が均衡していることが挙げられる。今回の結果では、リスク資産の初期保有数は 0 であり、買い保有している状態で規制に違反するエージェントと、空売りしている状態で規制に違反するエージェントの数が同程度存在し、それらのエージェントによって発注される規制違反売り注文と規制違反買い注文が互いの影響を相殺しているため価格に違いが見られなかったと考えられる。

### 3.3 資産 1 のファンダメンタル価格が急落するとき

この節では、資産 1 のファンダメンタル価格が急落する場合 ( $P_{f,2} = 10000$ 、時刻  $t = 0$  から  $t = 100000$  までは  $P_{f,1} = 10000$ 、 $t = 100001$  以降は  $P_{f,1} = 7000$ ) の実験とその結果を示す。この実験では、資産 1 と資産 2 に連動性を持たせるため、初期キャッシュ量  $C_i^0 = 50000$ 、

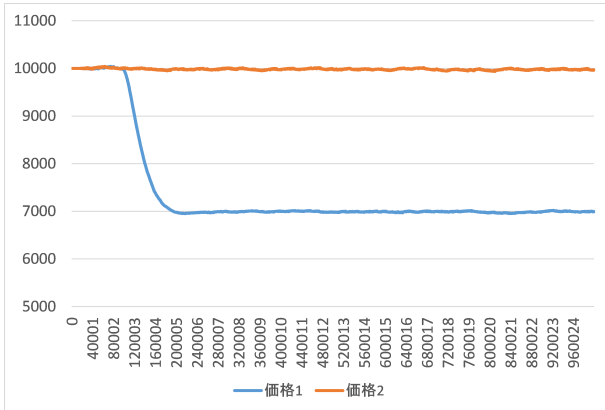


図 2: 資産 1 のファンダメンタル価格が急落するときの分散投資規制が導入されない場合の価格推移

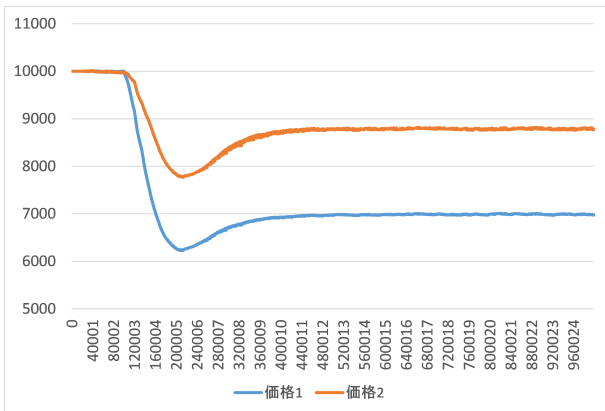


図 3: 資産 1 のファンダメンタル価格が急落するときの分散投資規制が導入された場合の価格推移

リスク資産の初期保有数  $S_{i,j}^0 = 48$ ,  $w_{dir} = 0.5$  とした。

図 2 に、分散投資規制が導入されていない 2 つの市場において、資産 1 のファンダメンタル価格が急落したときの両市場の価格推移を、図 3 に、分散投資規制が導入されている 2 つの市場において、資産 1 のファンダメンタル価格が急落したときの両市場の価格推移を示す。図 2 と図 3 より、規制が導入されていない場合はファンダメンタル価格が急落した場合でも、資産 1 の市場価格はオーバーシュートすることなく新しいファンダメンタル価格に収束するのにに対し、規制が導入された場合は急落後のファンダメンタル価格をオーバーシュートした後新しいファンダメンタル価格に収束していることが分かる。

この結果の理由は、以下のように考えられる。ファンダメンタル価格が急落した後に取引が行われる中で、板上の資産 1 の買い注文が約定することによって、資産 1 の保有高が増加し、分散投資規制に違反するエー

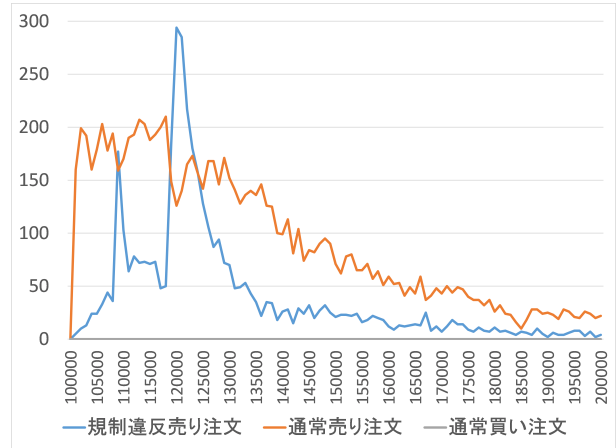


図 4: 100000 期～200000 期における資産 1 の約定注文数

ジェントが現れる。そのエージェントが規制違反状態を解消するために資産 1 の規制違反売り注文を出すことが、資産 1 の市場価格がオーバーシュートする一因ではないかと考えられる。

この仮説が正しいかどうか検証するため、100000 期から 200000 期までの間にエージェントが新規発注した 3 種類の注文（規制違反売り注文、通常の式 (1) より決定された売り注文および買い注文）の約定数を調査した (図 4)。

図 4 より、ファンダメンタル価格が急落した後、時間の経過に従い規制違反売り注文が増加していることが確認できる。よって、この仮説は妥当ではないかと考えられる。ただし現実的には、ファンダメンタル価格が急落した場合は、板上の買い注文をキャンセルする可能性もあるため、この結果が現実に即したものであるかは断言できない。従って、分散投資規制の対象とならないエージェントも参加させ、それらの注文も板上に残るようにすることが今後の課題として挙げられる。

さらに図 3 から、資産 1 の市場価格の下落に連動するように資産 2 の市場価格も下落し、最終的には 8700 前後の市場価格に収束していることが分かる。

このような結果となった理由は次のように考えられる。まず、資産 1 の価格が急落し始めると、エージェントの純資産は小さくなるため、多くのエージェントの資産 2 の保有高が規制に違反した状態となる。すると、規制違反状態を解消するために数多くのエージェントが規制違反売り注文を出すため、資産 2 の市場価格も下落するものと考えられる。

図 5 を例に考えると、価格急落前の純資産は 1000000、資産 1 と資産 2 の保有高はそれぞれ 500000 で、分散投資規制比率は 50% ( $w_{dir} = 0.5$ ) である。資産 1 の価格

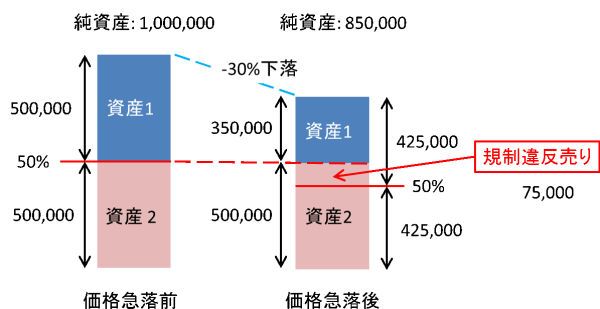


図 5: 価格急落時の規制違反注文を出すまでのメカニズム

が 30% 下落したとき、純資産は 850000 に、資産 1 の保有高は 350000 に減少するのに対し、資産 2 の保有高は変わらないため、純資産に対する資産 2 の保有高が 50% を超えてしまい、分散投資規制に違反する。そのため、規制違反状態を解消するため、75000 の規制違反売り注文を出す。これらの行動を多くのエージェントがとることにより、資産 2 の市場価格が下落すると考えられる。

資産 1 の価格の下落が収まると、資産 2 の規制違反状態も次第に解消される。それに伴い、規制違反売り注文が発注されなくなり、資産 2 の価格の下落が止まる。その後、ファンダメンタル要素の影響を強く受け、資産 2 が割安だと判断し、プラスの予想リターンを出して買い注文が約定するようになり、価格が上昇する。最終的に価格が 8700 前後に収束するのは、上記の買い注文と規制に違反したことによって出される規制違反売り注文の数が均衡するためであると考えられる。

以上の資産 2 の価格推移についての仮説のうち、まず資産 2 の市場価格が資産 1 の市場価格に連動して下落する理由が正しいか検証する。まず、資産 1 のファンダメンタル価格急落直後から資産 2 の価格の下落が収まる期間の、エージェントが新規発注した 3 種類の注文（規制違反売り注文、通常の式 (1) より決定された売り注文および買い注文）の約定数を調査した (図 6)。

図 6 より、資産 1 のファンダメンタル価格が急落した後しばらくの間、大量の資産 2 の規制違反売り注文が約定していることが分かる。ただし、資産 2 の市場価格の下落は約 200000 期まで続くが、規制違反売り注文の約定数は 120000 期をピークに減っているのも分かる。この理由は、資産 2 の保有高が規制違反状態にあったエージェントの多くが、取引が進む中で規制違反状態が解消されたためであると考えられる。また、規制違反売り注文が減った後も資産 2 の市場価格が下落を続けているのは、テクニカル要素の影響を強く受けてマイナスの予想リターンを出して売り注文が約定するようになるからであると考えられる。

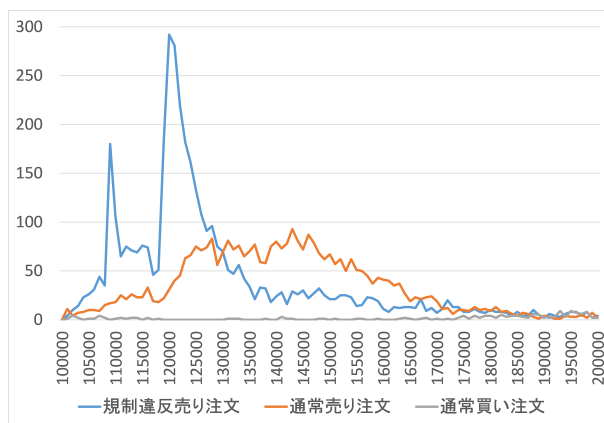


図 6: 100000 期～200000 期における資産 2 の約定注文数

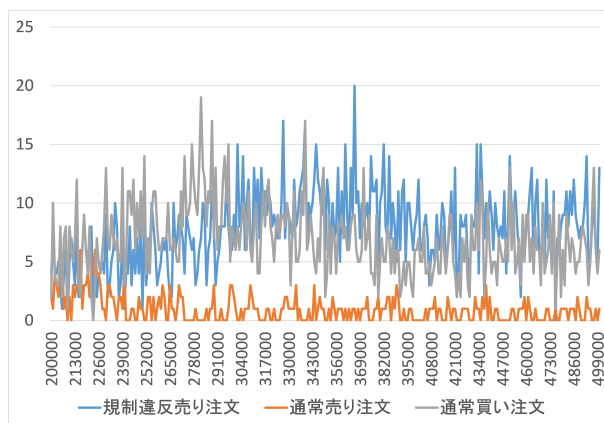


図 7: 200000 期～500000 期における資産 2 の約定注文数

次に、資産 2 の市場価格が最終的に 8700 前後に収束する理由が正しいか検証する。資産 2 の市場価格が最低値になった時から価格が収束するまでの期間の、エージェントが新規発注した 3 種類の注文（規制違反売り注文、通常の式 (1) より決定された売り注文および買い注文）の約定数を調査した (図 7)。

図 7 より、資産 2 の取引価格が最低値になった時から価格が安定するまでの期間 (200000 期～300000 期にかけて) と通常の買い注文が売り注文と比較して多い期間がほぼ一致していることが見て取れる。以上の結果より、資産 2 の価格推移についての仮説は正しいと考えられる。ただし、資産 2 の市場価格がファンダメンタル価格よりも安い価格に収束するという結果は現実では見られない可能性が高い。なぜなら、今回の実験では全てのエージェントが分散投資規制を適用されているが、現実の市場では分散投資規制が適用されない投資家も数多く存在するからである。図 2 の資産 2 の

市場価格が下落していないことも、それを示唆しているのではないかと思われる。なお、資産2の市場価格が8700前後に収束する点に関する詳細な検証は今後の課題とする。

## 4 まとめと今後の課題

本研究では、分散投資規制が資産価格急落時の市場に与える影響を人工市場を用いて検証した。具体的には、資産1と資産2のファンダメンタル価格が一定の場合と、資産1のファンダメンタル価格のみ途中で急落する場合で実験を行った。その結果、資産1と資産2のファンダメンタル価格が一定の場合は分散投資規制が導入された場合と導入されない場合の価格推移の違いは見られなかった。また、資産1のファンダメンタル価格が急落する場合は、分散投資規制が導入されているときの資産1の市場価格は規制なしの価格推移と比較して、資産1の市場価格が急落後のファンダメンタル価格に到達した後、価格がオーバーシュートすることが確認できた。また、資産2の市場価格も分散投資規制が導入された場合、資産1の市場価格が下落するのに連動して価格が下落することが確認できた。

今後の課題としては、以下の通りである。現状のモデルでは分散投資規制に違反したエージェントの買い注文が板上に残ったままになっており、それが資産1の価格がオーバーシュートする一因であると考えられる。そのため、分散投資規制に違反したエージェントの買い注文が板上に残らないようにすること、そして、分散投資規制の対象とならないエージェントも参加させ、それらの注文も板上に残るようにすることが考えられる。また、エージェントの初期キャッシュ量やリスク資産の初期保有数の値を変更することで、規制が市場に与える影響の違いがみられるか確認することが挙げられる。

## 留意事項

本論文はスパークス・アセット・マネジメント株式会社の公式見解を表すものではありません。すべては個人的見解であります。

## 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 15K01211 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] 蒲谷 俊介: 改正投信法が投信業界に与える影響, 金融 IT フォーカス, 野村総合研究所, pp.12-13, 2014.
- [2] 杉田 浩治: 投資信託の14年改革と今後の課題, 資本市場, 資本市場研究会, No.347, pp.4-11, 2014.
- [3] M. Cremers and A. Petajisto, "How active is your fund manager? A new measure that predicts performance," *Review of Financial Studies*, Vol.22, No.9, pp.3329-3365, 2009.
- [4] C. Chiarella, G. Iori, and J. Perello': The impact of heterogeneous trading rules on the limit order book and order flows, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 33, No. 3, pp.525-537, 2009.
- [5] S.-H. Chen, C.-L. Chang, and Y.-R. Du: Agent-based economic models and econometrics, *Knowledge Engineering Review*, Vol. 27, No. 2, pp. 187-219, 2012.
- [6] T. Mizuta, K. Izumi, I. Yagi, and S.Yoshimura: Regulations' Effectiveness for Market Turbulence by Large Erroneous Orders using Multi Agent Simulation, In *Proceedings of IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics 2014(CIFER2014)*, pp.138-143, 2014.
- [7] 野崎 淳, 水田 孝信, 八木 勲: 人工市場を用いた分散投資規制が市場に与える影響分析, 第15回金融情報学研究会, 1J4-OS-13a-4, 2015.
- [8] 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*, Vol.133, No.9, pp.1694-1700, 2013.
- [9] R. Cont: Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues, *Quantitative Finance*, Vol.1, pp.223-236 (2001)