

# 分散投資規制が市場に与える影響についての検証

## Investigation of the rule for investment diversification using an artificial market

野崎 淳\*<sup>1</sup>  
Atsushi Nozaki

水田 孝信\*<sup>2</sup>  
Takanobu Mizuta

八木 勲\*<sup>3</sup>  
Isao Yagi

\*<sup>1</sup> 神奈川工科大学大学院 情報工学専攻  
Course of Information and Computer Sciences, Graduated 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  
SPARX Asset Management Co. Ltd.

\*<sup>3</sup> 神奈川工科大学情報学部  
Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

As financial products have grown in complexity and level of risk compounding in recent years, investors have come to find it difficult to assess investment risk. Furthermore, companies managing investment funds are increasingly expected to perform risk control and thus prevent assumption of unforeseen risk by investors. A related revision of the investment fund legal system in Japan led to establishing what is known as the rule for investment diversification in December 2014, without a clear discussion of its effects on market price formation having taken place. In this paper, we therefore used an artificial market to investigate the effects on price formation in financial markets. The results clearly show that implementing a rule for investment diversification tends to lower the volatility of asset prices.

### 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、あるファンドの運用成績は、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、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[蒲谷 14, 杉田 14]。

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、投資額をファンド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、あるファンドが、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ファンド純資産の20%以下とすることが求められている。

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。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[Cremers 09]が、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金融市場マルチエージェントシステムである[Chiarella 09, Chen 12, Mizuta 14]。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。

本研究では分散投資規制が金融市場の価格形成に与える影響を、人工市場を用いて分析した。問題を簡単化するため、エージェントが取引する資産は2つのみとした。各エージェントは独自の投資戦略に基づいて、2つの資産それぞれに投資する。ただし、分散投資規制が導入されている場合は、各資産の保有数が総資産の一定割合以下になるように制限する。

その結果、エージェントが買い(売り)であると判断し続けた場合、保有数が制限されているために、買い(売り)増していくことが途中でできなくなるため、売りが減ってしまうことが判明した。

本研究の構成は以下のとおりである。まず、2章にて、本研究で使用する人工市場モデルを提案する。そして、3章では、前章で提案した人工市場モデルを用いて、分散投資規制を導入した場合と導入しない場合の市場価格形成を比較する。4章ではまとめと今後の課題を記す。

### 2. 人工市場モデル

本研究では、水田らの人工市場モデルをベースに、モデルを構築した。本モデルは2つの資産のみを取引対象として、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。 $n$ 体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,

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

ここで,  $w_{i,j,k}$  は時刻  $t$ , エージェント  $j$ , 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 0 から  $u_{max}$  まで一様乱数で決め, その後も一定である。  $P_{f,k}$  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  $P_k^0 = P_f$  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  $\sigma_\epsilon$  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。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。本市場ではレバレッジ制約を実装しており,

$$|S_{1,j}^t| + |S_{2,j}^t| \leq S_{max} \quad (4)$$

とする。ここで,  $S_{k,j}^t$  は時刻  $t$ , エージェント  $j$ , 資産  $k$  の保有数であり,  $S_{max}$  は定数である。また, 分散投資規制は,

$$\begin{aligned} |S_{1,j}^t| &\leq S_{max,1} \\ |S_{2,j}^t| &\leq S_{max,2} \end{aligned} \quad (5)$$

とする。ここで,  $S_{max,i}$  は定数であり, 本論文では  $S_{max,1} = S_{max,2} = SK_{max}$  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。制約および規制を満たしている場合のみ注文を出す。満たしていない場合は注文を出さない。

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。

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  $r_{e,1,j,k}^t = \log(P_{f,k} / P_k^t)$ , 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,

$$\begin{aligned} \text{同符号なら, } w_{i,j,k} &\leftarrow w_{i,j,k} + k_l r_{l,k}^t p_j^t (w_{i,max} - w_{i,j,k}) \\ \text{異符号なら, } w_{i,j,k} &\leftarrow w_{i,j,k} + k_l r_{l,k}^t p_j^t w_{i,j,k} \end{aligned} \quad \dots\dots(6)$$

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  $t$  ごと, エージェントごとに与えられる 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。

### 3. シミュレーション結果

本研究では, 以下のパラメータで固定した。  $n = 1000$ ,  $k = \{1, 2\}$ ,  $w_{1,max} = 1$ ,  $w_{2,max} = 1$ ,  $u_{max} = 1.0$ ,  $P_{f,k} = 10000$ ,  $\tau_{max} = 10000$ ,  $\sigma_\epsilon = 0.02$ ,  $P_d = 1000$ ,  $t_c = 10000$ ,  $S_{max} = 20$ ,  $SK_{max} = \{2, 5, 15\}$ ,  $k_l = 4$ ,  $m = 0.01$  とした。また, シミュレーションは  $t = 1000000$  まで行った。

本研究では, 分散投資規制を導入していない場合と, 規制を導入して各資産保有数の絶対値を 15, 5, 2 とした場合を比較した。分散投資規制を導入していない場合を case1, 各資産保有数の絶対値が 15 のときを case2, 5 のときを case3, 2 のときを case4 とする。

図 1 は, case1 の価格推移を, 図 2~4 は, 分散投資規制を導入したときの価格推移を表し, 図 2 は case2, 図 3 は case3, 図 4 は case4 の価格推移を, 表 1 に case1~case4 における収益率の統計的数値を, 図 5 には case1~case4 の出来高を示す。

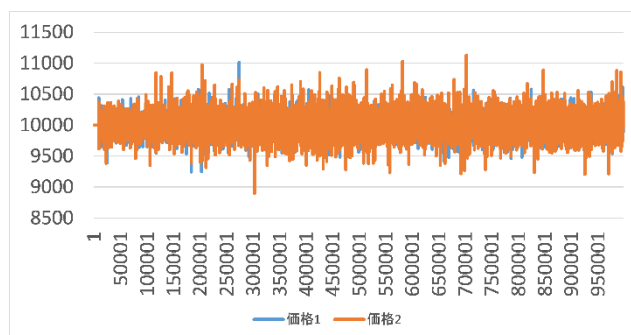


図 1 分散投資規制を導入していないときの価格推移

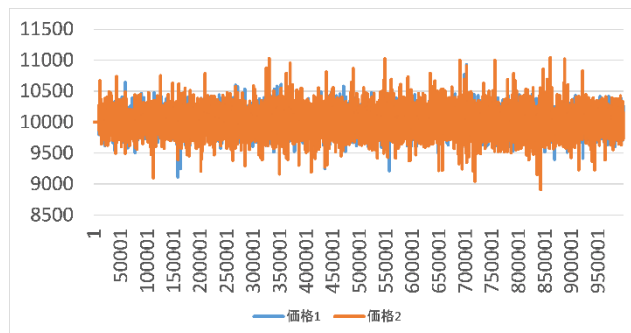


図 2  $SK_{max} = 15$  のときの価格推移

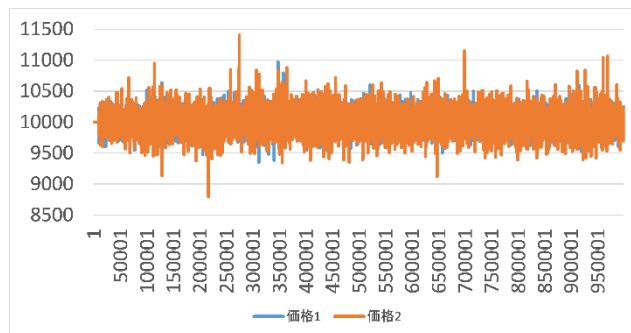


図 3  $SK_{max} = 5$  のときの価格推移

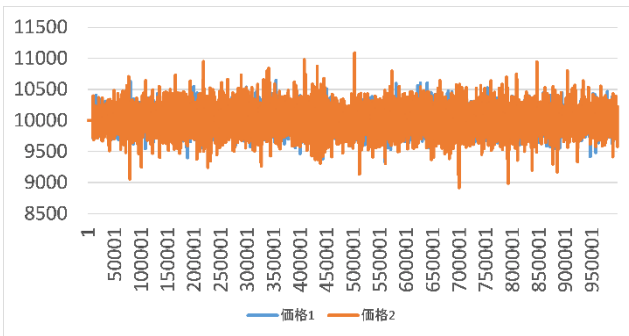


図 4  $SK_{max} = 2$  のときの価格推移

表 1 case1~case4 における価格推移の統計的数値

	資産	平均	分散	標準偏差
case1	資産1	1.000002	0.0000038343	0.001958125
	資産2	1.000002	0.0000041021	0.002025353
case2	資産1	1.000002	0.0000039376	0.001984332
	資産2	1.000002	0.0000045403	0.002130793
case3	資産1	1.000002	0.0000035284	0.001878412
	資産2	1.000002	0.0000039101	0.001977397
case4	資産1	1.000002	0.0000034366	0.001853802
	資産2	1.000002	0.0000042065	0.002050977

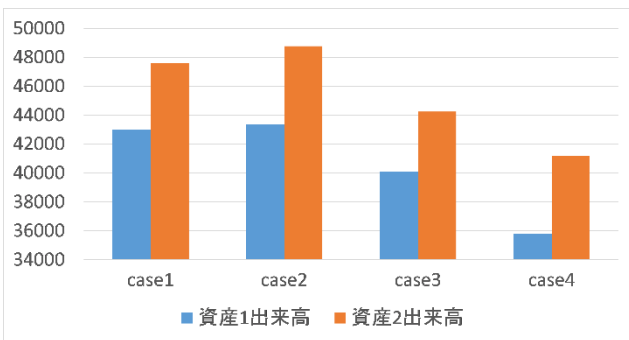


図 5 case1~case4 における出来高

図 1 から図 4, および, 表 1 から, 市場価格の推移, 平均, 分散, 標準偏差の値には大きな違いは見られない。また, 図 5 から, 注文の出来高は, 各資産保有数の絶対値が小さくなると減っていくことが分かる。これは, エージェントが買い(売り)であると判断し続けた場合, 保有数が制限されているために, 買い(売り)増していくことが途中でできなくなるため, 売買が減ってしまうからである。現実の市場で考えると, 非常に割安で大量に持りたい株式があったとしても, 本当はもっと買い進めたかったのにそれができないため, その分の売買が減ってしまうことに相当すると考えられる。ただ, 本研究における分散投資規制モデルは, 資産数に基づいて分散投資を規制するか否かを決めるため, 取引する際, 注文価格や総資産などの金額的な面から影響を受けることも与えることもほとんどなかった。そのため, 価格推移に大きな違いが見られなかったのではないかと考えられる。モデルに金額的な要素を考慮することや, 資産の注文を 1 以上できるようにすることが, 今後の課題として挙げられる。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では, 水田ら[Mizuta 14]の人工市場モデルをベースにモデルを構築し, 分散投資規制が市場に与える影響について検証した。分散投資規制を導入していない場合と, 規制を導入して各資産保有数の絶対値を 15, 5, 2 とした場合を比較すると, 市場価格の推移には大きな違いは見られなかったが, 注文

の出来高が減っていることが分かった。今後の課題は, 以下の通りである。1) エージェントの注文数は常に 1 となっているが, これを 2 つ以上にする。2) 現在の分散投資規制モデルは, 単純化のため資産数に基づいて分散投資を規制している。しかし, 本来は各資産の評価額に基づいて分散投資を規制するので, モデルを拡張する必要がある。3) 本人工市場で取り扱う資産数は, 単純化のため資産数を 2 つとしているが, 現実の市場では多くの資産が取引されている。よって, モデルをより現実的なものとするために人工市場の資産数を増やした場合, 結果が今回得られたものと同じような結果になるのか, それとも何か違いが出るのか検証する必要がある。

#### 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。

#### 参考文献

- [Cremer 09] M. Cremer 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.
- [Chiarella 09] 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.
- [Chen 12] 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.
- [Mizuta 14] 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.
- [蒲谷 14] 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, 5 2014.
- [杉田 14] 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, 7 2014.