

分散投資規制は市場流動性や効率性、運用成績にどのような影響を与えるか？

How Does the Rule for Investment Diversification Affect Market Fluidity, Efficiency, and Investor's Performance?

丸山 隼矢*¹
Shunya Maruyama水田 孝信*²
Takanobu Mizuta八木 勲*¹
Isao Yagi*¹ 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology*² スパークス・アセット・マネジメント株式会社
SPARX Asset Management Co., Ltd.

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 to 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 what its expected effects on market price formation having taken place. In this paper, we therefore used an artificial market to investigate how the rule for investment diversification affects market fluidity, efficiency, and investor's performance. The results clearly demonstrate that implementing the rule for investment diversification tends to decrease trading volume, maintain market efficiency, and restrain the risk of holding assets.

1. はじめに

近年投資信託(以下、投信と略す。)のリスクが把握しにくくなっている。なぜならば、投信の組み入れ対象となる金融商品の仕組みが複雑になるとともにリスクの大きさも把握しにくくなってきたからである。その結果、投信が組み入れ保有している特定の資産にリスクが集中する状態や、投信の運用成績が特定の保有資産の運用成績に大きく依存する状態になっていることが考えられる。しかし、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。そのため、投資家が想定外のリスクを負うのを未然に防ぐため、投信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るようになり、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]。

分散投資規制は投信の各構成資産に対して保有上限を設ける規制である。分散投資そのものの是非については、主に運用成績の良し悪しの観点から多くの実証研究で議論されている。Cremerら[Cremer 09]は、高いアクティブシェアの投信は、ベンチマークインデックスの投信より運用成績が総じてよいのに対し、低いアクティブシェアの投信は運用成績がよいことを明らかにした。

しかし、実証研究では分散投資に関する運用成績についての議論は盛んに行われているが、分散投資に何らかの制約(分散投資規制等)が設けられたときの市場価格形成についての議論は行われていない。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だからである。特定の取引が市場に与える影響を分析するような課題、つまり、実証研究では議論が困難な課題を分析する方法の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マルチエージェントシステムの金融市場である[Chen 12, Mizuta 14]。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が可能となる。

最近では市場規制制度が金融市場に与える本質的な影響を分析する研究が盛んに行われている[和泉 03, 大井 13]が、分散投資規制に関しては八木ら[Yagi 17]が取り組んでいるのみである。八木ら[Yagi 17]は、2資産人工市場を用いて、一方の資産価値が急落したときに他方の資産の価格形成に与える影響を調査し、分散投資規制が適用されている場合は他方の資産価格も連動して下落することを明らかにしている。このように、分散投資規制が市場の価格形成に与える影響についての議論は人工市場を用いて行われているが、分散投資規制が運用成績に与える影響についての議論はまだ行われていない。さらに市場流動性や効率性についての議論は実証研究を含めても行われていない。そこで本研究では、人工市場を用いて分散投資規制が市場流動性や効率性、さらに投信(を運用しているエージェント)の運用成績にどのような影響を与えるかを、分散投資規制の強弱も考慮して調査した。

2. 人工市場モデル

本研究では、水田らの人工市場モデル[水田 13]を基にして、人工市場を2資産市場へと拡張し、分散投資規制モデルを構築した。

2.1 注文プロセス

本モデルは2つのリスク資産(以下、単に「資産」と呼ぶ)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。本市場には n 体のエージェントが取引に参加する。ただし、そのうち半数のエージェントが分散投資規制対象とする。エージェントはエージェント番号 $j = 1$ 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、注文をしただけ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、以下の式(1)から得られる。

$$r_{e,j,k}^t = \left(w_{1,j,k} \log \frac{P_{f,k}}{P_k^{t-1}} + w_{2,j,k} r_{h,j,k}^{t-1} + w_{3,j,k} \epsilon_{j,k}^t \right) / \sum_{i=1}^3 w_{i,j,k} \quad (1)$$

連絡先: 丸山隼矢, 神奈川工科大学情報学部
神奈川県厚木市下荻野 1030
s1421007@cce.kanagawa-it.ac.jp

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。この値は後述す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られ、シミュレーション中に変化することはない。 $P_{f,k}$ は時間によらず一定の資産 k のファンダメンタル価格である。ファンダメンタル価格とは、金融資産を発行する企業自体が持っている実態の価値に基づいた価格を指す。 $P_{t,k}$ 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 $P_{t,k} = P_{f,k}$ 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 σ_ϵ の正規分布乱数である。 $r_{e,j,k}^t$ 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、 $r_{h,j,k}^t = \log(P_k^{t-1}/P_k^{t-\tau_j})$ である。ここで、 τ_j は 1 から τ_{max} まで一様乱数でエージェントごとに決める。式 (1) の右辺の括弧内の第 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、高ければマイナスの予想リターンを示すファンダメンタル投資家の成分である。なお、ファンダメンタル投資家は通常ファンダメンタル価値を参照して投資判断を行う投資家を指す。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、テクニカル投資家の成分である。テクニカル投資家は過去の価格推移を参照して投資判断を行う投資家を指す。第 3 項目はノイズを表している。予想価格 $P_{e,j,k}^t$ は、予想リターン $r_{e,j,k}^t$ に基づいて式 (2) から求められる。

$$P_{e,j,k}^t = P_k^{t-1} \exp(r_{e,j,k}^{t-1}) \quad (2)$$

注文価格 $P_{o,j,k}^t$ は、平均 $P_{e,j,k}^t$, 標準偏差 P_d の正規分布に従う乱数で決まる。価格の変化幅の最小単位は P_d とし、注文の売り買いは予想価格 $P_{e,j,k}^t$ 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。全てのエージェントは、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う。さらに分散投資規制対象エージェントはその判定も行う。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、その注文価格より安い (高い) 売り (買い) 注文が市場に既に存在すれば、その中で最も安い (高い) 売り (買い) 注文と即座に取引が成立する。しかし、相対する注文が市場になければ、今回の注文は市場に残す。市場に残した注文は、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ときキャンセルされる。

2.2 学習プロセス

本研究では、実証研究が存在を示している「投資戦略の切り替え」に焦点をあて、そのメカニズムの分析を行いやすいように比較的シンプルでパラメータの少ないモデルの構築を行った。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。すなわち、価格変化の方向を当てている戦略のウエイトを引き上げ、外れている戦略のウエイトを引き下げたようにした。また、資産 k の学習期間のリターン $r_{1,k}^t$ をかけることにより、小さい価格変動を当てたり外したりしても大きくウエイトが増減しないようにした。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。ファンダメンタル投資家成分だけの場合の予想リターンを $r_{e1,j,k}^t = \log(P_{f,k}/P_k^t)$, テクニカル投資家成分だけの場合の予想リターンを $r_{e2,j,k}^t = r_{h,j,k}^t$ とする (k

= 1, 2)。これらの予想リターン $r_{e1,j,k}^t$ が資産 k の学習期間のリターン $r_{1,k}^t = \log(P_k^t/P_k^{t-l})$ と比べ、

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

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。上記式 (4) での学習プロセスの他に、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 制度モデル

本モデルは、水田ら[水田 13]では実装されていなかった資産の総保有量を制限するレバレッジ制約と、各資産の保有量を制限する分散投資規制から構成される。既述のようにレバレッジ制約はすべてのエージェントが対象であるが、分散投資規制は該当するエージェントのみが対象となる。本モデルにおいて、レバレッジ制約は、各エージェントの資産の取引高の総額を、純資産の v_{upper} 倍以下に規制するようにモデル化した。レバレッジ制約は以下の式で表される。

$$\sum_{k=1}^2 |P_k^t S_{j,k}^t| \leq v_{upper} NAV_i^t \quad (5)$$

ここで、 $S_{j,k}^t$ は、時刻 t におけるエージェント j の資産 k の保有量であり、 $S_{j,k}^t > 0$ なら買い保有している状態、 $S_{j,k}^t < 0$ なら空売りしている状態を表している。 v_{upper} はレバレッジ比率であるが、分散投資規制が適用される投信では通常レバレッジを利かせた取引をすることはないため、今回は $v_{upper} = 1.0$ とした。なお、時刻 t におけるエージェント j のキャッシュの保有量を C_j^t とすると、エージェント j の純資産 NAV_i^t は次のように定義される。

$$NAV_i^t = \sum_{k=1}^2 P_k^t S_{j,k}^t + C_j^t \quad (6)$$

分散投資規制は次のとおり定義される。

$$\frac{|P_k^t S_{j,k}^t|}{NAV_i^t} \leq w_{dir} \quad (7)$$

w_{dir} は、分散投資規制の規制比率 (以降、規制比率と略す) 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率である。何らかの理由 (例えば、 P_k^t が P_k^{t-1} より大きく上昇した等) で式 (7) が満たさなくなったとき、エージェントは式 (7) を満たすようになるまで資産 k の注文を出しつづけるようにしている。また、予めそのような事態になることを防ぐため、分散投資規制が適用されたエージェントは、注文を発注する際にその注文が規制に違反しそうな場合 (上記の式 (7) を満たさない場合) は、それをキャンセルするよう振る舞うようにした。

3. シミュレーション結果と考察

本研究では、表 1 のようにパラメータを設定し、実験を行った。実験の回数は、各条件において 30 回試行し、結果はその平均をもって議論する。

本研究では、1) 分散投資規制対象エージェントがいない市場 (以下、規制なし市場と呼ぶ)、2) 全体の半数 (500 体) のエージェントが弱い分散投資規制 ($w_{dir} = 2/3$) の対象となっている市場 (以下、弱い規制市場と呼ぶ)、3) 全体の半数 (500 体) のエージェントが強い分散投資規制 ($w_{dir} = 1/3$) の対象となっている市場 (以下、強い規制市場と呼ぶ) の下で、人工市場モデルの妥

当性を検証した後、シミュレーション結果から、出来高(市場流動性)、市場非効率性、運用成績についての議論を行う。エージェントの初期キャッシュ量は、200,000, 100,000, 50,000 の3とおり用意する。この理由は、各エージェントの純資産の多寡(投信の資産規模の違い)で、分散投資規制が市場に影響が異なるのかどうかを検証するためである。なお、シミュレーション下における資産1と資産2の条件は同じであるため、結果もほぼ同じ傾向となった。よって、資産2の結果と考察については必要と時のみ議論し、基本的には資産1の結果を基に考察を行うものとする。

表1 パラメータ

Parameters	Value
n	1,000
$w_{1,max}$	1
$w_{2,max}$	10
u_{max}	1
τ_{max}	10,000
σ_ϵ	0.03
p_d	1,000
t_c	10,000
t_f	10,000
k_l	4
m	0.01
δP	1

3.1 人工市場モデルの妥当性

現実の市場ではファット・テイルとボラティリティ・クラスタリングが現れる、と多くの実証研究で指摘されている[Cont 01]。よって、本モデルもこれらが再現できるようパラメータ設定を行った。ファット・テイルは、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、ボラティリティ・クラスタリング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。表2は各シミュレーション条件下でのスタイライズド・ファクトを示している。いずれのシミュレーションにおいても、尖度はプラスでファット・テイルとなっており、騰落率の2乗の自己相関はラグが増えてもプラスでボラティリティ・クラスタリングが再現されている。

表2 各条件下におけるスタイライズド・ファクト

		資産1			資産2		
		規制なし	2/3	1/3	規制なし	2/3	1/3
分散投資規制の規制比率							
尖度		2.42	2.42	2.51	2.41	2.41	2.53
ラグ							
価格騰落率の	1	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15
率の	2	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
2乗の自	3	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08
己相関	4	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06
	5	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05

3.2 出来高

表3は資産1の出来高の平均である。この表から、規制が強くなるほど初期キャッシュ量の大小に関係なく、出来高が小さくなる傾向があることがわかる。しかし一部例外が発生している箇

所も見受けられた(初期キャッシュ量 200,000 のとき、17,038(規制なし市場) → 17,120(弱い規制市場))。一方、規制比率が同じ場合でも、各エージェントの初期キャッシュ量が減少すると、出来高も減少している。

このような結果になった理由は次のように考えられる。まず、 w_{dir} が小さくなるに従い、出来高が減少する場合について考える。 w_{dir} が小さくなると、純資産が同じでも資産ごとの保有高の上限は小さくなる。そのため、特定の資産をある程度保有するとすぐに保有上限に達してしまい、それ以上保有しようとする注文がキャンセルされ、発注できないケースが増加する。キャンセル数については、表4に示す。

その結果、取引が成立する機会が減少し、出来高も減少すると考えられる。例えば、強い規制市場(w_{dir} が1/3のとき)では、規制なし市場や弱い規制市場(w_{dir} が2/3のとき)に比べてキャンセルされる注文が多いため出来高が減少しているが、弱い規制市場では、規制なし市場とそれほどキャンセルされる注文が変わらないため、出来高も規制なし市場とあまり違いが出ていない。そのため上記のような例外が発生したものと考えられる。

よって、分散投資規制がないとき、もしくは規制が弱いときは出来高に違いは見られないが、規制が強くなると出来高は減少傾向にあるといえる。

次に、初期キャッシュ量の値が小さくなると出来高の値も減少する場合について考える。初期キャッシュ量が小さくなると、 w_{dir} の値が同じ市場でも、純資産が小さくなるため相対的に資産ごとの保有高も小さくなる。その結果、 w_{dir} が小さくなる場合と同じ理由により、出来高が減少すると考えられる。

以上より、規制が弱い間は、分散投資規制が出来高に与える影響は限定的だが、規制が強くなってくると影響が出てくる。それと同時に、運用資産規模(初期キャッシュ量)が小さくなっても影響が出てくると考えられる。

表3 資産1の出来高の平均

		分散投資規制の規制比率		
		規制なし	2/3	1/3
初期 キャ ッ シ ュ	200,000	17,038	17,120	16,770
	100,000	16,742	16,599	15,932
	50,000	15,545	15,410	13,580

表4 資産1の注文キャンセル数の平均

		分散投資規制の規制比率		
		規制なし	2/3	1/3
初期 キャ ッ シ ュ	200,000	1,893	2,795	19,201
	100,000	33,534	37,032	78,438
	50,000	110,395	114,535	213,010

3.3 市場非効率性

金融市場には価格発見機能と流動性供給機能があり、これらによって社会に価値を提供している。金融資産は市場で取引されている価格とは別にファンダメンタル価格が存在すると考えられている。金融市場は、市場参加者たちの取引を通じて実態価値であるファンダメンタル価格を発見する、価格発見機能を持つことが期待されており、ファンダメンタル価格から大きく乖離し

ていない価格で取引されることが期待されている。それが達成された状態を効率性が高いという。分散投資規制は投資家の各資産の保有高を規制し、投資家の保有リスクを過剰にしないことを目的とするもので、市場を効率化するための規制ではない。しかし、分散投資規制の導入によって市場が非効率になることは望ましくない。そこで、分散投資規制を導入した場合に、市場が非効率にならないかを検証する。市場の効率性を直接測定する指標として、実験市場研究でしばしば用いられる市場非効率性を用いることにした。資産 k の市場非効率性 M_{iek} は以下の式で求められる[水田 13]。

$$M_{iek} = \frac{1}{t_e} \sum_{t=1}^{t_e} \frac{|p_k^t - p_{fk}|}{p_{fk}} \quad (8)$$

ここで、 t_e は計測期間を示し、今回は 1,000,000 とした。 M_{iek} は 0 以上の値を取り、0 なら完全に効率的、大きくなればなるほど非効率であることを示す。表 4 は各条件における資産 1 の市場非効率性を示している。分散投資規制の強弱による値の差は認められないが、初期キャッシュ量が少なくなるほど非効率になる傾向がある。

表 5 資産 1 の市場の非効率性

初期キャッシュ	分散投資規制比率		
	規制なし	2/3	1/3
200,000	0.11%	0.12%	0.12%
100,000	0.13%	0.13%	0.12%
50,000	0.16%	0.15%	0.15%

3.4 運用成績

本節では、分散投資規制が適用されたエージェントとそうでないエージェントの運用成績の違いについて確認する。ただし、エージェントの運用成績はシミュレーション開始時の純資産に対する終了時の純資産の増減率で表す。

表 6 は分散投資規制が適用されたエージェントとそうでないエージェントの運用成績の平均である。

分散投資規制の強弱による差は見受けられないが、初期キャッシュ量が小さくなるほど分散投資規制が適用されたエージェントの運用成績の方がよくなる傾向がある。ただし、運用成績の差は最大でも高々 0.014% (初期キャッシュ量が 50,000、分散投資規制比率が 1/3 のとき) ほどなので、分散投資規制が運用成績に与える影響は限定的であると思われる。

表 6 運用成績の増減率の平均

初期キャッシュ	エージェント	分散投資規制比率	
		2/3	1/3
200,000	規制あり	0.000023%	0.000003%
	規制なし	-0.000023%	-0.000003%
100,000	規制あり	0.0025%	0.0024%
	規制なし	-0.0025%	-0.0024%
50,000	規制あり	0.0052%	0.0069%
	規制なし	-0.0052%	-0.0069%

4. まとめと今後の課題

本研究では、人工市場を用いて分散投資規制が 1) 市場流動性、2) 市場効率性、3) 運用成績にどのような影響を与えるかを、分散投資規制の強弱を考慮して調査した。その結果、ファンダメンタル価格が一定の場合は分散投資規制が強くなると出

来高が減少する、つまり、市場流動性が低くなる傾向があることがわかった。一方で、運用資産規模(初期キャッシュ量)が小さくなると、間接的に規制の影響を受けて市場流動性だけでなく効率性も低下する傾向が見られた。なお、運用成績においては規制の適用有無による明確な違いは出なかった。今後の課題は以下の通りである。現在の人工市場モデルでは、注文量を常に 1 としているが、現実ではもっと多くの資産が存在し、1 単位以上の注文を出すことができる。そのため、現在のモデルをより現実に近いものとするために、2 単位以上の注文が出せるように拡張を行い、本結果と比較することが挙げられる。さらに今回はすべての資産のファンダメンタル価格が一定であるため、市場効率性や運用成績に明確な方向性が出なかった可能性がある。よって、片方の資産価格のみが急落する場合など特定の状況では非効率化することや運用成績に差が出ることが考えられるため、それらの検証を行うことが挙げられる。

参考文献

- [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, (2014)
- [杉田 14] 杉田 浩治: 投資信託の 14 年改革と今後の課題, 資本市場研究会, No. 347, pp. 4-11, (2014)
- [Cremers 09] 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).
- [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)
- [和泉 03] 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)
- [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)
- [大井 13] 大井 朋子: エージェントシミュレーションを用いた「価格規制」と「ネイキッド・ショート・セリングの禁止」の有効性の検証, 金融庁金融研究センター FSA リサーチ・レビュー, Vol. 7, (2013)
- [Yagi 17] I. Yagi, A. Nozaki, and T. Mizuta: Investigation of the rule for investment diversification at the time of a market crash using an artificial market simulation, (in press), (2017).
- [水田 13] 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, 電気学会論文誌論文誌 C, Vol. 133, No. 9, pp.1694-1700, (2013)
- [Cont 01] R. Cont: Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues, Quantitative Finance, Vol. 1, pp.223-236, (2001)