

マルチエージェントシミュレーションを用いた個人投資家の投資行動分析

プロフィットエンジニアリング研究

5218F019-0 名古屋百恵
指導教員 大野高裕

Individual Investors' Investment Behavior Analysis by Multi-Agent Simulation

NAGOYA Momoe

1. 研究背景と研究目的

現在の資本市場は、機関投資家の投資額の割合が 80% を占め、個人投資家は 20% となっており、個人投資家の割合は少ないといえる。近年では、資本市場を活性化させてより多くの資金を呼び込むことで、企業活動が活性化して社会全体の経済状況が好転する。また、個人の投資運用は低金利化の影響でこれまでの安全資産の貯蓄からリスクを伴う危険資産への投資へと転換せざるを得ない。そのため、個人金融資産の“貯蓄から投資へ”が望まれている。そこでどのようにして個人投資家を資本市場に呼び込むかを考える必要がある。

従来の伝統的なファイナンス理論では市場は効率的であり、投資家は合理的な行動を行うと仮定し、機関投資家であれば専門性と客観性に基づいた合理的な行動が可能であると考えられていた。しかし、近年、伝統的なファイナンス理論では説明できない現象が数多く現れている。そこで、心理的要因を考慮している行動ファイナンス理論が注目とされている。行動ファイナンスは、人間の意思決定は必ずしも合理的ではなく、人間の認知心理を基礎として、投資家の投資行動の意思決定状況を観察し、行動をとる投資家の心理を考える記述的な理論である[6]。この分野で代表的な心理的バイアスとして、フレーミング効果、自信過剰バイアス、損失回避、近視眼的行動などを挙げられる。その中で、Kahneman and Tversky[1][2]が提案したプロスペクト理論は行動ファイナンス分野で最も有名な理論の一つである。プロスペクト理論とは、価値評価における非対称を表した理論である。投資家は参照点を基準に主観的な利得の評価を行う。利益と損失が同額であった場合には、損失を過大に解釈し、元を取り返せようとする理論である。

個人投資家は専門性が欠けているため、伝統的な投資理論や手法をもちいるには限界があるといえる。今日では、心理的要因を投資決定要因として取り組んでいる行動ファイナンスが注目されており、そうした心理的要因を考慮して個人投資家の行動を把握しなければ個人投資家を増やすことは難しくなりつつある。

そこで、本研究の目的は、行動ファイナンス理論に基づき、資本市場の少数派である個人投資家の行動を定義された投資家の投資パターンが実行される時、資本市場全体としてどのような結果がもたらされるのかを分析することとする。研究手法としてはマルチエージェントシミュレーションを用いる。また、投資パターンのパラメータやルールが変更される時、マルチエージェントシミュレーションの結果を追跡することで、個人投資家のどのような投資行動が資本市場において収益を得るのに適しているのか

を明らかにする。

ここでは、マルチエージェントシミュレーションという手法について説明する。マルチエージェントシミュレーションとは、ミクロな挙動からマクロな挙動を説明できるボトムアップのアプローチである。複数のエージェントが各ルールを同時に持ち、お互いに干渉を受けながら実行させるシミュレーションである。

2. 従来研究と本研究の特徴

本研究と従来の研究との位置付けについて述べる。従来の研究においては、投資家の投資行動をいくつかのタイプに分類し、マルチエージェントシミュレーションを用いて評価する研究がある[3]。並河ら[3]はマルチエージェントシミュレーションを用いて、企業のファンダメンタルズに基づいて投資行動を行う合理的な投資家と、プロスペクト理論に従って投資する投資家に関して、心理的な要素が投資量に及ぼす影響を分析した。しかし、投資行動の選択が全てランダムで決定されることや、投資家の心理が損益予測にのみに影響すると仮定したことの問題点がある。宮坂[3]は、マルチエージェントシミュレーションを用いて、順張り投資家と逆張り投資家の投資行動を分析し、心理的な要因は株価に与える影響が小さいことを明らかにした。しかし、取引可能な銘柄を1つに設定するなど、やや現実的ではない条件設定がなされている。

本研究では、並河ら[3]と宮坂[5]のモデルに基づき、さらに、個人投資家は短期志向と逆張り志向が強く、機関投資家は中長期の視点で順張り志向が強くなるという特徴を加えて、資本市場へ参加する投資家エージェントを4種類に分ける。その後、意思決定や投資行動決定を行い、シミュレーションを行う。投資家エージェントは、投資手法に基づいて分類する。「長期-順張り投資家エージェント」、「短期-順張り投資家エージェント」、「長期-逆張り投資家エージェント」、「短期-投資家エージェント」の4種類に分類する。より現実の資本市場に近い人工資本市場を構築する。

従来研究ではシミュレーションした結果を投資行動の決定に用いることは行なっておらず、本研究では、シミュレーションで得られた結果を多側面から分析し、個人投資家にとって適切な投資行動できるように検討した。また、エージェントごとに投資ルールを設定し、投資パターンが変化する時の変化を観測することによって、より現実的な条件を考慮した市場の設計を行うことを目指す。

3. 研究方法

本研究では、投資家が安全資産（現金）とリスク資産（株式）が取引される人工株式市場を構築する。取引される株式は、日経 225 に含まれている株式からランダムで 5 社を選定する。毎回に取引が可能な株を 1 株とする。

まず、本研究で扱う 4 種類の投資家エージェントについて説明する。本研究では、「長期-順張り投資家エージェント」、「短期-順張り投資家エージェント」、「長期-逆張り投資家エージェント」、「短期-逆張り投資家エージェント」を用いて人工資本市場で取引を行う。投資手法により、株価が上昇または下落トレンドにあるときに、そのトレンドと同じような傾向を行う投資手法として順張り方式がある。一方で、そのトレンドと逆な進行傾向で投資を行う投資手法は逆張り方式という。つまり、順張り方式では、株価が上昇すると予測する際には、その株を購入するという意思決定をし、下落すると予測される際に売却という意思決定をする。逆張り方式は、株価が上昇すると予測する際に、その株を売却し、下落と予測する際に株を購入するという行動をとる。また、投資パターンにより長期投資と短期投資に分けることができる。長期投資に対しては高収益を期待しているため、本研究では、株の収益率が 3% 以上の株に対して長期投資を行うと設定し、収益率 3% 未満の株に対して短期投資を行うと設定する。

機関投資家と比べ、個人投資家は収益に対する拘束がないため、投資に対して明確な投資方針がある個人投資家は多数ではないと考える。また、現実の投資市場から、機関投資家は長期投資を行うことが多くとなっている[8]。一方で、個人投資家は長期投資を行う人もいれば、比較的短期投資を行う人が多く存在[8]。従って、本研究では、機関投資家と個人投資家との投資の特徴や、投資手法、投資期間を踏まえて、4 種類の投資家に以下のように定義する。

- ① 長期-順張り投資家：収益率が 3% 以上の株に対して、上昇トレンド時に株を購入し、下落トレンドの時に株を売却するという行動をする投資家。これは機関投資家と想定する。理由としては、機関投資家の投資スタイルは順張り志向と中長期の視点で投資行動を行っているから[8]。
- ② 短期-順張り投資家：収益率が 3% 未満の株に対して、上昇トレンド時に株を購入し、下落トレンドの時に株を売却するという行動をする投資家。トレンドと同じような行動を行い、投資期間が短いため、簡単に株式市場に参入できる方式であるため、これは個人投資家と想定する。
- ③ 長期-逆張り投資家：収益率が 3% 以上の株に対して、上昇トレンド時に株を売却し、下落トレンドの時に株を購入するという行動をする投資家。長期間でかつトレンドと逆行行動をとるため、情報量と投資に関する専門知識が求められるため、機関投資家と想定する。
- ④ 短期-逆張り投資家：収益率が 3% 未満の株に対し

て、上昇トレンド時に株を売却し、下落トレンドの時に株を購入するという行動をする投資家。個人投資家は短期内で収益を獲得したい傾向があるため、これは個人投資家と想定する。

本研究では、各種類の投資家エージェントの株価予測、意思決定と投資行動決定の部分に焦点を与える。それぞれの行動を以下の式に従って行う。

- (1) 株価予測：

$$Ex_i(t+1) = P(t)(1 + \mu + \sigma\varepsilon) \quad \dots\text{式(1)}$$

- (2) 意思決定：

- (ア) 短期投資をする投資家エージェント：

$E_{(t+1)} > E_t$ ならば、株を購入する

$E_{(t+1)} < E_t$ ならば、株を売却する

$E_{(t+1)} = E_t$ ならば、なにもしない

- (イ) 長期投資をする投資家エージェント：

$Ex_i(t) > Ex_i(t-20)$ ならば、株を購入する

$Ex_i(t) < Ex_i(t-20)$ ならば、株を売却する

$Ex_i(t) = Ex_i(t-20)$ ならば、なにもしない

- (3) 投資行動決定：

- (ア) 順張り方式を採用するエージェント：

- ① 短期投資に対して：

t 期の株価の変動率が -2% 以上 0 未満ならば

$$VSell_i(t) = \frac{Vs_i(t)}{E_i} \quad \dots\text{式(2)}$$

t 期株価の変動率が 0 を越えて 2% 以下ならば、

$$VBuy_i(t) = \frac{Vm_i(t)}{E_i \times Ex_i(t+1)} \quad \dots\text{式(3)}$$

- ② 長期投資に対して：

t 期と (t-20) 期の株価変動率が -2% 以上 0 未満ならば

$$VSell_i(t) = \frac{Vs_i}{E_i} \quad \dots\text{式(2)}$$

t 期と (t-20) 期の株価変動率が 0 を越えて 2% 以下ならば、

$$VBuy_i(t) = \frac{Vm_i(t)}{E_i \times Ex_i(t+1)} \quad \dots\text{式(3)}$$

- (イ) 逆張り方式を採用するエージェント：

- ① 短期投資に対して：

t 期の株価の変動率が -5% 以上 0 未満ならば、

$$VSell_i(t) = \frac{1.25 \cdot Vs_i}{E_i} \quad \dots\text{式(4)}$$

t 期株価の変動率が 0 を越えて 5% 以下ならば、

$$VBuy_i(t) = \frac{Vm_i(t)}{1.25 \cdot E_i \times Ex_i(t+1)} \quad \dots\text{式(5)}$$

- ② 長期投資に対して：

t 期と (t-20) 期の株価変動率が -5% 以上 0 未満ならば、

$$VSell_i(t) = \frac{1.25 \cdot Vs_i}{E_i} \quad \dots\text{式(4)}$$

t 期と (t-20) 期の株価変動率が 0 を越えて 5% 以下ならば、

$$VBuy_i(t) = \frac{Vm_i(t)}{1.25 \cdot E_i \times Ex_i(t+1)} \quad \dots\text{式(5)}$$

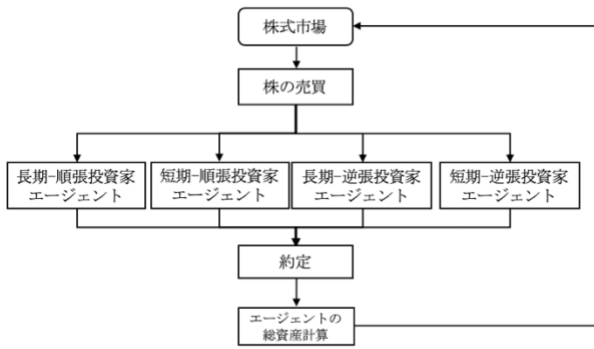


図 1.人工資本市場における取引の流れ

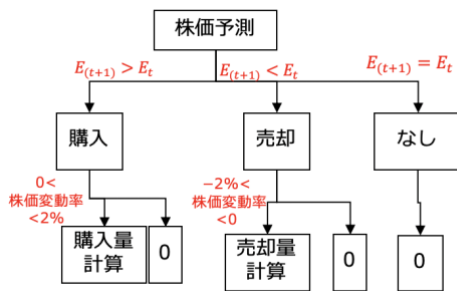


図 2.短期-順張り投資家エージェントの投資シナリオ

$Ex_i(t+1)$: $t+1$ 期における投資家 i の予測株価

$P(t)$: t 期の株価

E_i : 1~10 の一様乱数

$VSell_i(t)$: t 期における投資家 i の売却量

$VBuy_i(t)$: t 期における投資家 i の購入量

$Vm_i(t)$: t 期における投資家 i の保有現金

$Vs_i(t)$: t 期における投資家 i の保有株

μ : 企業の成長率

σ : ぶれの大きさを決める変動率

ε : 標準正規乱数

本研究のモデルにおいては、短期投資に対して毎期に取引を行うと設定し、長期投資に対して1ヶ月（20期）ごとに取引を行うと設定する。人工資本市場における取引のながれは図1のようとなる。その一例である短期—順張り投資家エージェントの投資シナリオは図2のように示す。

4. 分析結果

投資家エージェント合計が 100 人にいる人工資本市場において、各投資家エージェントが初期保有現金と株が同じであるとき、売買取引を 100 日間行う。

図3が示すように、赤色は「株を購入する」を示し、青色は「株を売却する」を意味する。4種類の投資家エージェントがそれぞれ 25 人にいる時、「株を購入する」という意思決定をした投資家が多数である。

この状態において、シミュレーションした結果、図4が示すように、短期-順張り投資家エージェントが最終的に一人当たり保有する現金が一番多い。長期-逆張り投資家エージェントが最終的に一人当たり保有する現金が一番少ない。4種類の投資家エージェントの結果の差は大きくはない。また、最終的に一人当たり保有する株について、長期-順張り投資家エージェントが一番多く残っている。図5から、逆張り方式を採用する投資家エージェントが順張り方式を採用する投資家エージェントより最終的に保有する株が少ないという結果が得られた。

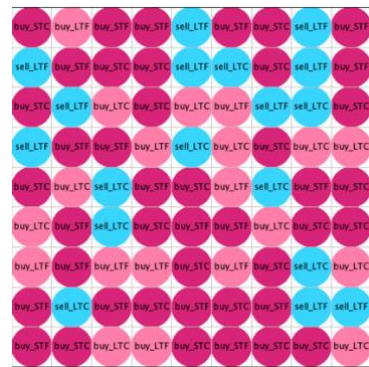


図 3.人工資本市場①

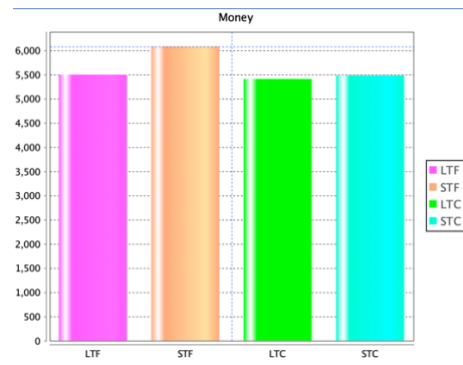


図 4.一人あたりの最終保有現金

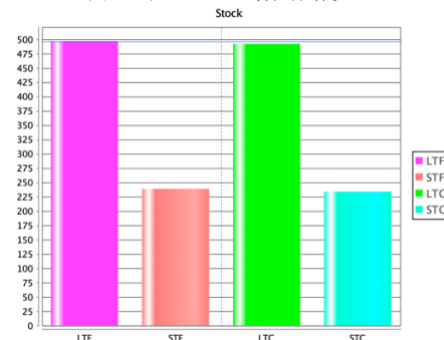


図 5.一人あたりの最終保有株

