

# 投資家の収益性に基づく意思決定が株式市場に与える影響

## The effect of decision depending on trader's profits to stock market

宮坂 純也\*<sup>1</sup>  
Junya Miyasaka

穴田 一\*<sup>2</sup>  
Hajime Anada

\*<sup>1</sup> 東京都市大学大学院工学研究科  
Tokyo City University Graduate Division  
Graduate School of Engineering

\*<sup>2</sup> 東京都市大学知識工学部  
Tokyo City University Under Graduate Division  
Faculty of Knowledge Engineering

In recent years, phenomena such as the stock price jump and the stock price slump that cannot be fully explained by the efficient market hypothesis have been reported. It is believed that psychological factors in trader cause these phenomena. However, there is no adequate model, introducing psychological factors of traders. We think self-confidence depending on trader profits have an influence on the stock market. Therefore, we study the effects of self-confidence depending on trader profits on the stock market.

### 1. はじめに

従来の伝統的な経済学では効率的市場仮説に基づいて議論がなされている。効率的市場仮説では投資家は常に合理的な投資行動を取るとされているため、株価に影響を与えるような情報は即座に株価に反映されるとしている。そのため、投資家は継続的に収益を上げることは出来ないとしている。しかし、現実の市場において継続的に収益を上げ続ける投資家や、実体経済より割高な状態が長期間にわたって継続するバブル等が観測されている。このような現象は投資家の合理的でない行動によって引き起こされていると考えられている。そのため、投資家の非合理的な部分にあたる投資家心理や行動特性を考慮する必要がある。そこで現在、投資家行動に心理的な要素を考慮した行動経済学に注目が集まっている。行動経済学は認知心理学を基礎としており、投資家が投資行動を行う際の意思決定を観察し、どのように意思決定を行うかを分析する経済学の1分野である[角田 2001]。私は、投資家の株式投資における収益性に基づく自信度合いが、投資家の投資判断に最も大きく影響すると考えている。そこで、投資家の自信度合いの影響を受けた意思決定が、株価変動及び株価統計量に与える影響について検討を行う。しかし、投資家心理がバブルという現象に与える影響を調べる前に現実の投資家の行動をモデル化する必要がある。そのため本研究ではまず、外部要因により株価変動している可能性の低い銘柄での再現を目指す。

### 2. 先行研究

投資家の行動に心理的な要素を考慮した先行研究として不確実性下の実証的意思決定論であるプロスペクト理論を取り入れた並河ら[並河 2007]の研究がある。プロスペクト理論とは利益と損失が同額であった場合には損失を過大に解釈する、という利益時と損失時の価値の評価における非対称性を表した理論である。並河らのモデルでは、投資行動を購入、売却、何もしないをランダムに決定後、株価移動平均と投資家の予想価格を比

較し、予想価格が株価移動平均を下回って損すると予想した際には、損益を利益より過大評価するため、得をすると予想したときよりも購入量を減らし、売却量を増やすようなバイアスがかかるようにしている。このモデルではランダムに決定する投資行動の投資量を変えることでプロスペクト理論を表現している。

### 3. 提案手法

本研究では各投資家は現金と株式のみを保有し、取引可能な銘柄は1つとする。また、市場内には順張り投資家、逆張り投資家、ランダム投資家の3種類のみが存在するものとする。順張り投資家及び逆張り投資家はトレンドの向きと株価移動平均と株価の乖離度合いを基に投資行動を決定する。ランダム投資家は投資行動をランダムに決定する。本研究では25日間の終値を取得し、続くm日間予測を行う。その際、初期資産として25日目の株価で株式100株及び100株相当分の現金を投資家に持たせる。また、約定方法については取引が1日1回の板寄せ方式を用いる。ザラバ方式を用いない理由は、現実の市場では日中の変動を加味した上でザラバ方式を用いて取引がなされるが、本研究では各日の終値を基に予想価格及び注文量を決定しているためである。

#### 3.1 投資行動確率の決定

各投資家は始めにトレンドの向きより購入、売却を選択する。しかし、実際に投資行動を起こすかどうかについては株価移動平均と株価の乖離度合いにより決定する。

t日における株価移動平均と株価の乖離度合いを表すS(t)は次式で表される。

$$S(t) = \frac{p(t) - MA_{25}(t)}{\sigma} \quad (1)$$

ここで、p(t)はt日における株価、MA<sub>25</sub>(t)はt日における過去25日間の株価移動平均、σは過去25日間の株価標準偏差を表す。

連絡先: 宮坂 純也, 東京都市大学 大学院工学研究科  
システム情報工学専攻, 〒158-8557 東京都世田谷区  
玉堤 1-28-1, g1581820@tcu.ac.jp

## (1) 順張り投資家

順張り投資家はトレンドに沿った取引を行うため、上昇トレンド時には購入、上昇トレンドからの転換が見込まれる場合及び下落トレンド時には売却を行う。

順張り投資家は  $S(t) > 0$  かつ  $MA_5(t) > MA_5(t-1)$  を満たす際に上昇トレンドと判断し、購入を選択する。この時、順張り投資家は次式で表される  $P_{buy_i}^{順}(t)$  の確率で購入を選択する。

$$P_{buy_i}^{順}(t) = \frac{1}{1 + \exp(-a \times (|S(t)| - j \times d_i(t)))} \quad (2)$$

$$d_i(t) \begin{cases} 0 & 2 - n_i \leq 0 \\ 2 - n_i & 2 - n_i > 0 \end{cases}$$

$$n_i(t) = \frac{Vsum_i(t)}{Vsum_i(0)}$$

ここで、 $a$  は  $S(t)$  が変化した際に行動確率の立ち上がりやすさ、 $j$  は順張り投資家が  $P_{buy_i}^{順}(t) = 0.5$  となる  $S(t)$  を決めるためのパラメーター、 $Vsum_i(t)$  は  $t$  日における総資産を表す。この時、 $1 - P_{buy_i}^{順}(t)$  の確率で何もしないを選択する。

図 1 に上昇トレンド時における  $t$  日の順張り投資家  $i$  の行動確率  $P_{buy_i}^{順}(t)$  を掲載する。 ( $a = 3, j = 1$ )

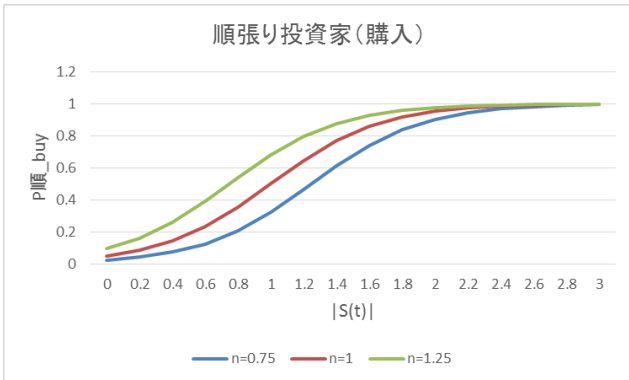


図 1 順張り投資家の購入時における行動確率

横軸は  $t$  日における株価移動平均と株価の乖離度合いを表す  $S(t)$ 、縦軸は購入確率を表す。図中で青線は初期資産に対して損失、赤線は損益ゼロ、緑線は利益を計上している場合の行動確率を表す。利益を上げている投資家ほど自信があるためトレンドが発生し始めた段階で購入し、損失を出している投資家ほど自信がなくなり慎重になっているためトレンドが発生したと見極めた段階で購入する。

投資により利益を上げている投資家ほど自信があるためトレンドが発生し始めた段階で購入し、損失を出している投資家ほど自信がなくなり慎重になっているためトレンドが発生したと見極めた段階で購入するような確率となっている。

続いて、下落トレンド時の行動について記す。順張り投資家は  $MA_5(t) \leq MA_5(t-1)$  を満たす際には下落トレンドと判断し、売却を選択する。

下落トレンド時の  $t$  日における順張り投資家  $i$  の行動確率  $P_{sell_i}^{順}(t)$  を次式の様に表示。この時、順張り投資家は次式で表される  $P_{sell_i}^{順}(t)$  の確率で売却を選択する。

$$P_{sell_i}^{順}(t) = \frac{\exp(-a \times (S(t) - j \times d_i(t)))}{1 + \exp(-a \times (S(t) - j \times d_i(t)))} \quad (3)$$

この時、 $1 - P_{sell_i}^{順}(t)$  の確率で何もしないを選択する。

図 2 に下落トレンド時における  $t$  日の順張り投資家  $i$  の行動確率  $P_{sell_i}^{順}(t)$  を掲載する。 ( $a = 3, j = 1$ )

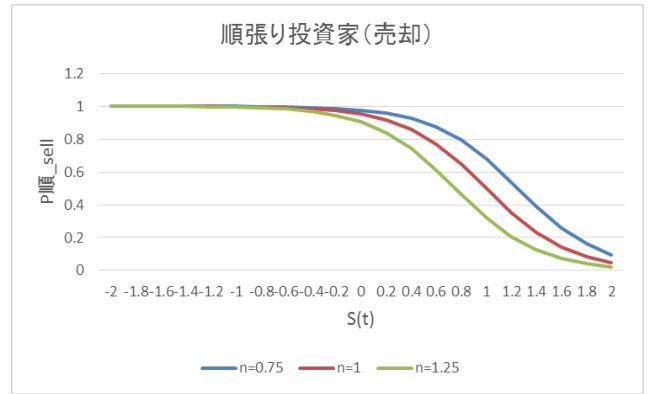


図 2 順張り投資家の売却時における行動確率

横軸は  $t$  日における株価移動平均と株価の乖離度合いを表す  $S(t)$ 、縦軸は売却確率を表す。図中で青線は初期資産に対して損失、赤線は損益ゼロ、緑線は利益を計上している場合の行動確率を表す。利益を上げている投資家ほど自信があるためトレンドが発生したと見極めてから売却し、損失を出している投資家ほどトレンドが発生し始めた段階で敏感に反応して売却する。また、 $S(t) < 0$  の際には 100%に近い確率で売却を選択する。

投資により利益を上げている投資家ほど自信があるためトレンドが発生したと見極めてから売却し、損失を出して自信が無くなっている投資家ほどトレンドが発生し始めた段階で敏感に反応して売却するような確率となっている。また、 $S(t) < 0$  の際には下落トレンドが発生していると判断してほぼ 100%の確率で売却を選択する。

## (2) 逆張り投資家

逆張り投資家とは、下落トレンド時に底値で買い、上昇トレンド時に天井値で売ることによって利益をあげようとする投資家である。

$t$  日における逆張り投資家  $i$  の行動確率  $P_i^{逆}(t)$  は次式で表される。

$$P_i^{逆}(t) = \frac{1}{1 + \exp(-a \times (|S(t)| - g \times d_i(t)))} \quad (4)$$

ここで、 $g$  は逆張り投資家が  $P_i^{逆}(t) = 0.5$  となる  $S(t)$  を決めるためのパラメーターを表す。逆張り投資家は  $S(t) > 0$  を満たす際に上昇トレンドと判断し、 $P_i^{逆}(t)$  の確率で売却を選択する。  $S(t) \leq 0$  を満たす際には下落トレンドと判断し、 $P_i^{逆}(t)$  の確率で購入を選択する。逆張り投資家は  $S(t) > 0$  及び  $S(t) \leq 0$  の時に  $1 - P_i^{逆}(t)$  の確率で何もしないを選択する。

## 3.2 取引の流れ

取引の流れを次に示す。

Step.1 全投資家の総資産計算

全投資家の総資産を計算する。

$t$  日における投資家  $i$  の総資産  $Vsum_i(t)$  は次式で表される。

$$Vsum_i(t) = Vm_i(t) + Vs_i(t) \times p(t) \quad (5)$$

ここで、 $Vm_i(t)$  は  $t$  日における投資家  $i$  の保有現金、 $Vs_i(t)$  は  $t$  日における投資家  $i$  の保有株式、 $p(t)$  は  $t$  日における株価を表す。

Step.2 投資行動決定

各投資家は 3.1 に従って投資行動を決定する。

Step.3 全投資家の予想価格計算

全投資家の予想価格を計算する。

t日における投資家 i の指値としての予想価格  $Ex_i(t + \Delta t)$  は次式で表される。

$$Ex_i(t + \Delta t) = p(t)(1 + \mu\Delta t + \sigma_{rate}\varepsilon\sqrt{\Delta t}) \quad (6)$$

ここで  $\mu$ , は 25 日の株価変化率の移動平均,  $\sigma_{rate}$  は 25 日の株価変化率の標準偏差,  $\varepsilon$  は標準正規乱数を表す。

#### Step.4 注文量計算

投資行動決定後, t 日における投資家 i の売却量  $Vsell_i(t)$ , 購入量  $Vbuy_i(t)$  を以下の式で計算する。

$$\begin{cases} Vsell_i(t) = A \times Vs_i(0) \\ Vbuy_i(t) = A \times \frac{Vm_i(0)}{Ex_i(t + \Delta t)} \end{cases} \quad (7)$$

ここで, A は資産の投資割合を表す。

#### Step.5 約定について

約定においては板寄方式を採用し, 取引は 1 日 1 回である。本モデルでは step1 から step5 を m 日間繰り返す。

## 4. シミュレーション結果

本研究では計算機実験をするにあたり東京証券取引場に出場している銘柄を使用した。その際, 大きな変動が見られる銘柄では外部要因により変動している可能性があるため, 株価変動率が 15% 未満の 7 銘柄をランダムに抽出し, 計算機実験を行った。そして各実験では乱数の種を変えて 30 試行ずつ行った。また, 本実験では投資家 100 人,  $m=60$ ,  $\Delta t = 1$ , 各投資家の割合(ランダム:順張り:逆張り)を(10:27:63), (10:36:54), (10:45:45), a を 1.0 刻みで [1.0,3.0] の範囲, A を 0.1, 0.2, j を 0.25 刻みで [0.5,1.75] の範囲, g を 0.25 刻みで [0.5,1.75] の範囲で計算機実験を行った。

本研究では提案手法の結果と実市場が等しいかを検証するために実市場と提案手法における株価変化率のラグ 1 の自己相関, 株価変化率を 2 乗したラグ 1 の自己相関, 株価変化率が平均  $\pm 1\sigma$  内に収まっている割合, 株価変化率が平均  $\pm 3\sigma$  外に外れている割合について実市場の値を真値とし t 検定(有意水準 5%)を行った。

表 1 はランダム 10:順張り 27:逆張り 63, a=2.0, A=0.2, j=1.0 を固定し, g を変化させた際の検定の結果を表す。値は 7 銘柄中提案手法または既存([並河 2007])と実市場の間で有意な差が見られなかった銘柄数である。なお, この結果は各パラメータの組み合わせの中で最も結果が良かったものである。

表 1 検定結果

	既存	g:0.5	g:0.75	g:1.0	g:1.25	g:1.5	g:1.75
自己相関	1	2	0	2	4	2	0
分散の自己相関	1	2	1	1	2	1	3
1σ内	0	3	1	0	1	1	0
3σ外	1	0	0	1	1	1	1

この表 1 で自己相関は株価変化率のラグ 1 の自己相関, 分散の自己相関は株価変化率を 2 乗したラグ 1 の自己相関,  $\pm 1\sigma$  内は株価変化率が平均  $\pm 1\sigma$  内に収まっている割合,  $\pm 3\sigma$  外は株価変化率が平均  $\pm 3\sigma$  外に外れている割合を表す。表 1 より j=1.0, g=1.25 という g が j に比べて少し大きい値の組み合わせの際に実市場と比べて有意な差がない銘柄数が最も多くなっていることがわかる。また, 表の検定結果と株価変動率の大きさには相関がないことが分かった。

本稿には未掲載であるが, (7)式の様に初期資産の一定量を注文する場合ではなく, 現在の資産(t 日)に対して一定割合を注文する場合についても計算機実験を行った。しかし, 初期資産の一定量を注文する場合の方が良かった。

図 3 に本モデルで計算した株価変動の結果を掲載する。用いたパラメータは各組み合わせの中で最も株価変化率のラグ 1 の自己相関で有意な差が見られなかった銘柄数が多い組み

合わせであるランダム 10:順張り 27:逆張り 63, a=2.0, A=0.2, j=1.0, g=1.2 である。銘柄は前述のパラメータで予測した 7 銘柄の中で, 株価変動が最も実市場に近い変動をしている森永乳業である。このグラフは, 2014 年 7 月 3 日から 2014 年 8 月 7 日の 25 日間の終値を用いて, 2014 年 8 月 8 日から 2014 年 11 月 5 日の m 日間で予測を行ったものである。

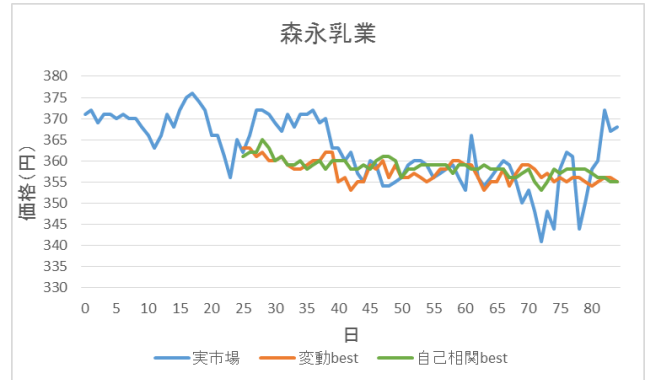


図 3 森永乳業の計算結果

横軸は日数を表し, 24 日までが  $\mu$  及び  $\sigma_{rate}$  を求める為の日数, 25 日以降がシミュレーションを開始してからの日数, 縦軸は株価(円)である。図中で青線は森永乳業の実際の株価, 橙色は全試行のなかで最も森永乳業の変動に近い試行, 緑は株価変化率のラグ 1 の自己相関が最も森永乳業に近い試行である。図より自己相関 best より変動 best のほうが要所々々で変化を捉えられていることが分かる。よって統計量が良いものが必ずしも実市場の変動に近い変化の方向及び変動幅を持つとは限らないことがわかる。

図 3 において, 全試行の中で最も実市場に近い試行である変動 best では, 要所々々で実市場の変動に近い株価変化の方向性を再現できているが, 全体的に実市場に比べてかなり小さな変動となっている。これは株価変化率のラグ 1 の自己相関が実市場に最も近い自己相関 best でも同様であり, 実市場を再現できていないとはいえない。また, 他の試行においても変動はかなり小さかった。

## 5. 結論

表 1 より j=1.0, g=1.25 の際が最も実市場と比べて有意な差がない銘柄数が最も多くなっている。本来の逆張り投資家とはトレンドの山や谷を狙って取引を行う投資家である。このことから, 逆張り投資家が順張り投資家より投資するタイミングが遅いといった点で本モデルは現実の投資家を再現できていると考えられる。

図 3 において, 全試行の中で株価変化率のラグ 1 の自己相関が実市場に最も近い自己相関 best では実市場を再現できていない。これは, 自己相関 best とは株価変化の方向性のみを検証した結果であるためである。

また, 全体的に株価の変動幅が小さくなってしまった点については, 今後の課題である。

## 参考文献

- [角田 2001] 角田 康夫: 行動ファイナンス 金融市場と投資家心理のパズル, 金融財政事情研究会 (2001).
- [並河 2007] 並河 祐介, ザイフェイ, シェンカン, 北崇輔: 行動ファイナンス理論に従うエージェントの市場取引への影響について, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, vol48, No.SIG6(TOM17), pp.51-64(2007).