

エージェントシミュレーションによる経済市場分析

今野 和也¹⁾

生天目 章¹⁾

海蔵寺 大成²⁾

防衛大学校¹⁾, ICU²⁾

研究の概要

我々は人工市場において、戦略的なエージェントと、戦略的なエージェントに自分の投資態度を依存させるエージェントが、価格決定に激しい振動を起こすことを明らかにする。またあわせて、戦略的なエージェントと依存的なエージェントのどちらがより利益率が上かを明らかにする。

シミュレーション結果により、投資態度は一定周期になり、戦略的なエージェントのほうが利益率が上であるが、依存的なエージェントの中にも利益率の良いエージェントが存在する。

Analysis of financial markets by agent based simulation

Kazuya konno¹⁾

Akira Namatame¹⁾

Taisei Kaizouji²⁾

National Defense Academy, Japan¹⁾

International Christen University, Japan²⁾

Abstract

We show that combining behaviors of strategic traders and imitators generate violate market behaviors. To understand the volatility make behavior, it is crucial to investigate behavior of strategic traders and imitators. we also shows who are better off strategic traders and imitators, it totally depends on the which is usually difficult to clarify.

The change in the number of buy and the change of the rate of profit of both agents were seen in the simulation. The result is as follows.

- ・The number of buy has a constant cycle.
- ・The strategic trader of the rate of profit is more advantageous than that of the imitators.
- ・The imitators whose rate of profit is better than strategic trader exists

1 はじめに

近年、株式市場や外国為替市場では、人間の心理の効果が注目されている。しかし、合理的な人間のみが存在する今までの伝統的な経済理論は、市場参加者の個人特性の違いや心

理的側面を軽視していた。このような現状から近年、より現実的な市場のモデルを目指した人口市場研究が行われている。人工市場とは人間や市場参加者の役目をする多数のコンピュータプログラムが集まって自由に取引をするコンピュータ上の仮想的な市場のことである。人工市場研究で最も盛んに研究されている分野はバブルなど金融市場に見られる経済現象や市場メカニズムの解析、従来の経済理論検証を目的とする市場分析である。モデル構築の方法としては統計物理学の手法や相転移とのアナロジーを用いる経済物理アプローチと遺伝的アルゴリズムなどを用いる進化的学習アプローチなどがある。また、コンピュータプログラムだけでなく人間も参加する実験ツールとしての人工市場モデルがある。

2 イジング・モデル

磁性体（磁石）は原子レベルの大きさで見ると、最小単位となるスピンの集まって構成されている。これらのスピンの中で互いに作用を及ぼしあうことによって、磁石としての性質が現れる。イジング・モデルとはIsingによって 1925 年に提案された磁性体のモデルであり、各スピンは上向き（ $S=+1$ ）下向き（ $S=-1$ ）の 2 状態のみが許される。この 2 状態をエージェントの投資態度としてとらえ、スピン反転の確率式に従いエージェントは態度を変化させる。投資態度の反転確率式は時刻 $t+1$ の買い、売り選択確率を $P_1(t+1)$, $P_2(t+1)$ として以下の通りである。

$$P_1(t+1) = \frac{1}{1 + \exp(-2\beta h_i(t))} \quad (2.1)$$

$$P_2(t+1) = 1 - P_1(t+1) \quad (2.2)$$

$$h_i(t) = \sum_j J_{ij} S_j(t) - \alpha S_i(t) |M(t)| \quad (2.3)$$

$$M(t) = \frac{1}{N} \sum_i S_i(t) \quad (2.4)$$

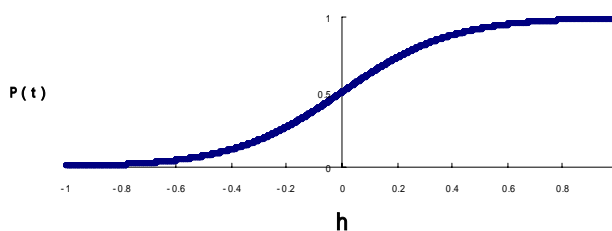


Fig2.1:P(t)の関数形

ここで、 β は定数、 J_{ij} は近傍のエージェントからの影響度を表し、 $S(t)$ はエージェントの投資態度であり、買ったら+1、売ったら-1の値をとる変数である。 $S_i(t)$ は時刻 t の第 i エージェントの行動、 $S_j(t)$ は第 i エージェントの近傍のエージェントの行動である。 $h_i(t)$ の第1項は第 i エージェントの近隣にいる投資家の投資態度が彼の投資態度に与える影響を表している。第2項は市場に参加しているエージェントの平均的投資態度が第 i エージェントの意思決定に与える影響を表している。

3 Fundamentalist 及び Noise Trader による人工市場

市場に参加する投資家は様々な手法により株価を予測し、取引をする。単純に過去の価格データの線形予測であったり、または世間を賑わせるニュース等メディアからの情報による予測であったりする。最初に予測方法（投資態度の決定方法）の違いから代表的な投資家のタイプを記述する

(1) ファンダメンタリスト

様々な経済指標などから金融価格の本質価値（ファンダメンタルズ）を求め投資態度を決定する合理的経済人。

(2) チャーチスト

過去の価格チャートの動きから現在の値を求める分析手法を用いる投資家

(3) ノイズトレーダー

様々な名前で知られているが、投機家であったり、テクニカルな指標や関連すると思われる経済情報をもとにした戦略によって行動する投資家。

イジングモデルにおける投資家モデルの特性は、近隣の投資家の意見を参考にしつつ、市場全体の動向を視野に入れ、投資態度を決定するといったものであった。ではどのような投資態度をとっている投資家が高い利益（資産）を得ているのだろうか。先のモデルは全員が同質の思考回路をもつエージェントであるので資産変動を比較するためには、対象が少なくとも1つ必要である。本章ではイジングモデルから2つの投資態度決定方法の異なる投資家をモデル化し、シミュレーションを行い、投資家の資産の変動を明らかにする。

3.1 エージェントモデル

イジングモデルに含まれている投資家の特性は以下の通りである。

(1)市場に参加している投資家の平均的投資態度から自分の行動を決定する

(2)近隣に存在する、平均的投資態度から自分の行動を決定する投資家からの情報をもとに自分の行動を決定する。

この2つの投資家の特性を決定論的に定式化する。

・ Fundamentalist

1つ目のエージェントモデルについて説明する。市場において買いの傾向や売りの傾向が若干の時間続くと予測するならば、すなわち株価を線形予測で予想するならば利益を上げるのに有効な戦略は、前回買いが多数派であったならば次も買いが多数派であるので、次回は売りが合理的な戦略である。これはイジングモデルの第2項で表現されている“投資家の平均的投資態度から自分の行動を決定する”に対応している。つまり前回どちらの選択肢を多数の投資家が選択したかを判断材料とする。

$$p_{Fforecast}(t) = R(t-1) + \varepsilon_i \quad (3.1)$$

$$R(t) = \frac{N_1(t)}{N} \quad (3.2)$$

if $p_{Fforecast}(t) > 0.5$ then sales

if $p_{Fforecast}(t) < 0.5$ then purchase

$p_{Fforecast}$ は次回これぐらいの人が買うだろうという投資家の予測値である。 $N_1(t)$ は時刻 t に買った投資家の数である。 R は-0.5から0.5の値をとるもので予測の度合いを示している。値が大きいほど買い傾向が強く、小さいほど売り傾向が強い。 ε_i の分布はFig3.1のように正規分布である。本研究では、このエージェントが合理的な態度をとることからこのエージェントをファンダメンタリストと呼ぶことにする。

・ Noisetrader

イジングモデルの第1項は近隣の投資家の意見に賛同している性質をあらわしている。これをここではノイズトレーダーと呼び、以下にノイズトレーダーの投資態度決定方法を定式化する。

$$p_{Nforecast}(t) = R_f(t-1) + \varepsilon_j \quad (3.3)$$

$$R_f(t) = \frac{N_{f1}(t)}{N_f} \quad (3.4)$$

if $p_{Nforecast}(t) > 0.5$ next buy

if $p_{Nforecast}(t) < 0.5$ next sell

$p_{Nforecast}$ はファンダメンタリストがこれぐらいの割合で買うだろうというノイズトレーダーの予測値である。 R_f は近くの4人のファンダメンタリストの買った割合である。ノイズ

レーダーは投資家の意見として近隣の4人のファンダメンタリストの行動を参考にする。ノイズトレーダーは近くのファンダメンタリストが3人以上、前回買えば次回買うし、3人以上売れば、次回売る。2人の場合はランダムに選ぶ。

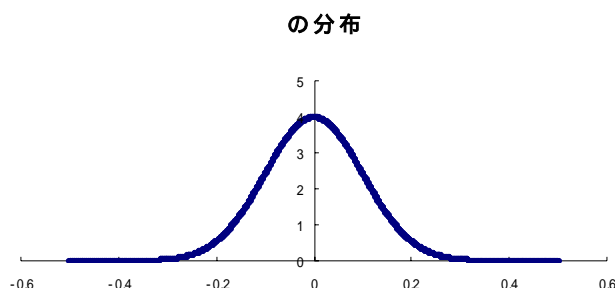


Fig:3.1 の分布

3.2 市場モデル

市場のモデルとしてはイジングモデルのように、2次元格子モデルを用いる。

3.3 取引方法と資産価値

本研究における人工市場モデルではエージェントは株と資金を保持している。エージェントは株を売却することによって資金を入手し、株を購入することによって資金を失う株価の変動を以下で説明する。

株の取り扱い単位は1単位とする。つまり1人のエージェントが1度に売買できる株は1単位である。また資産の価値は以下の式によって変動する。

$$P(t) = P(t-1) + \chi[N_1(t) - N_2(t)] \quad (3.5)$$

$P(t)$ は時刻 t の株価であり、 $N_1(t)$ $N_2(t)$ はそれぞれ時刻 t に買った人数と売った人数である。また χ は定数である。この式の意味は買う人が多くなれば株価が上昇し、売る人が多くなれば株価が下降することを意味している。

以下でエージェントの取引における資産と保持している現金の関係を示す。

投資態度	資産	資金
買い	+ 1 単位	-P(t)
売り	- 1 単位	+P(t)

Fig:3.2 投資態度による資産と資金の変動

ただし買手(売り手)が1回の取引において購入(売却)できる資産は1単位であるので買手と売り手の数が異なる場合に売買できないエージェントが存在することになる。

(1) 買手市場であるとき

売り手が買手よりも多数であるので売ることを選択しても売ることの出来ないエージェントが存在する。買手市場では価格がさがっていくのでそれでも売れるの

は資産をたくさん保持しているエージェントである。したがって買い手市場のときは資産をより多く保持しているが売却可能であるとする。

(2) 売り手市場であるとき

買手が売り手よりも多数であるので買うことを選択しても買うことの出来ないエージェントが存在する。売り手市場では価格画上昇いくのでそれでも買えるのは資金をたくさん保持しているエージェントである。したがって売り手市場のときは資金をより多く保持しているが購入可能であるとする。

以上のように定義し、買えなかったまたは売れなかったエージェントの保持している株数、資金に変動はない。

また、総資産を $W(t)$ 、株価を $P(t)$ 、保持している株数を $\Phi(t)$ 、資金を $C(t)$ であらわすとそれぞれの関係は

$$W(t) = P(t) * \Phi(t) + C(t) \tag{3.6}$$

である。i番目のエージェントの利益率は r_i で表し、時刻 t における $r_i(t)$ は、

$$r_i(t) = W_i(t) / W_i(0) \tag{3.7}$$

と定義する。

以上のように取引方法と利益率を定義して、どちらのエージェントがより高い利益を得ているのかをシミュレーションにより明らかにしていく。

3.4 シミュレーション結果

(1) ファンダメンタリストとノイズトレーダーの投資態度の変化

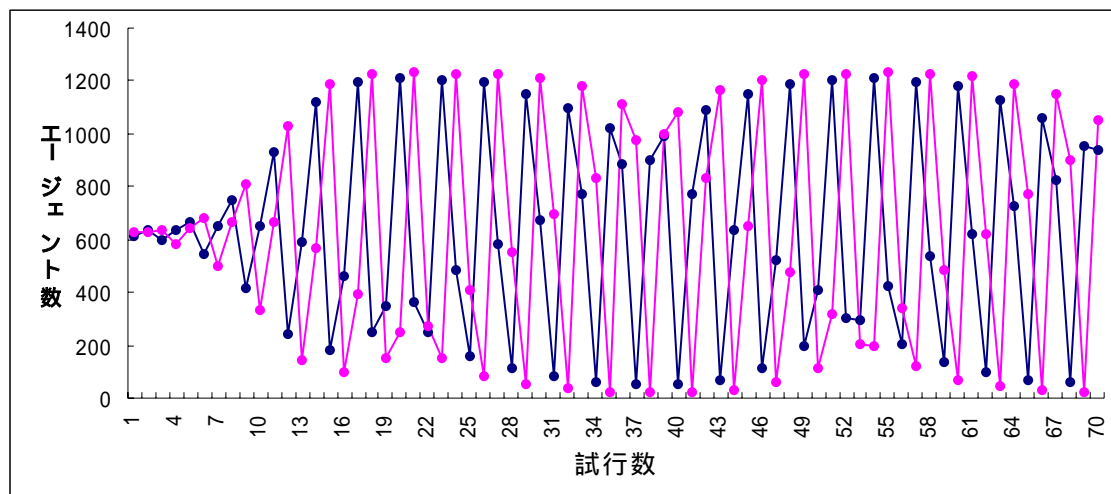


Fig:3.3 投資態度の変化 - - - - Fundamentalst - - - - Noisetrader

(2) 利益率

Fig3.4 は利益率のグラフである。

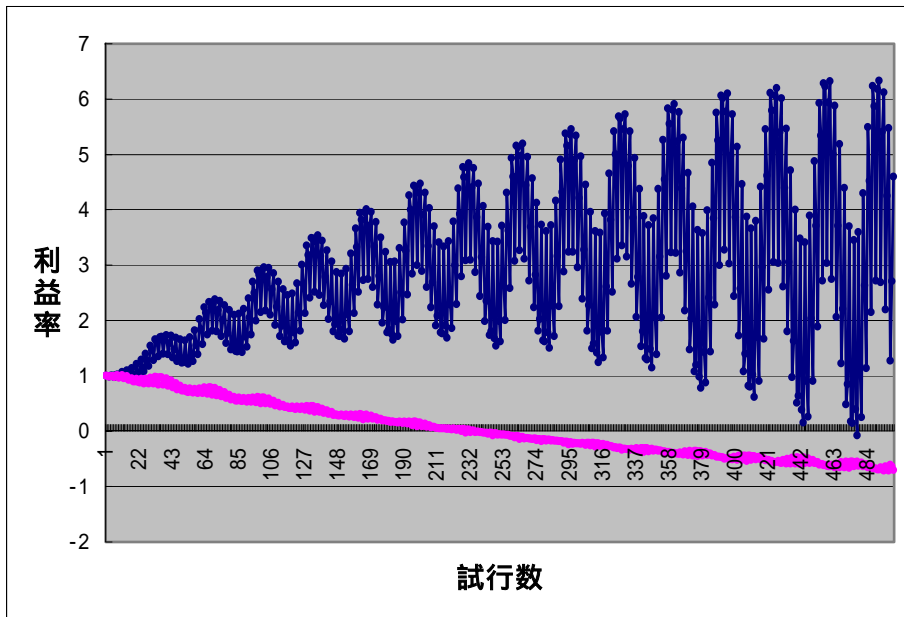


Fig3.4:Fundamentalist と Noisetrader の利益率

-----Fundamentalist -----Noise trader

(4) ミクロにみた利益率

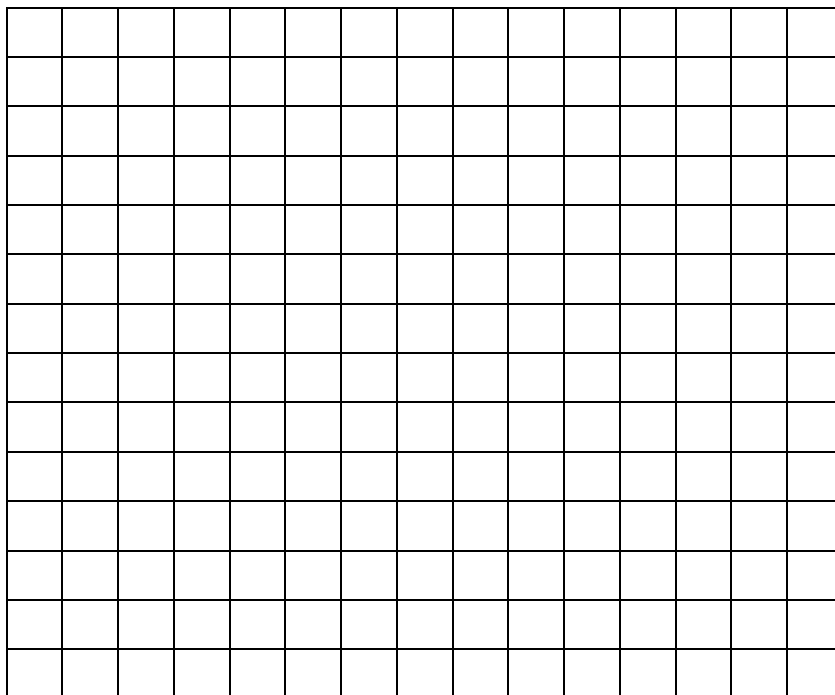


Fig3.5 利益率の違いによるエージェント

Fig3.5 は Fig4 の最後の取引の結果をすべてのエージェントに対し、利益率が 1 以上ならば白、利益率が 1 以下であれば黒で表示したものから 1 部を抜粋したものである。ミクロに利益率をみるとノイズトレーダーでも利益をあげているものがあることが分かる。

3.5 まとめ

本研究では価格の線形予測から合理的な判断をするエージェント（ファンダメンタリスト）とこのエージェントのまねをするエージェント（ノイズトレーダー）の 2 つのタイプの投資家モデルを用いてシミュレーションを行った。

（ 1 ）エージェントの投資態度

一定の周期性をもつということが分かった。これはエージェントの行動を決定論的に定義したことに起因する。

（ 2 ）利益率

マクロにファンダメンタリスト集団とノイズトレーダー集団とを比較すると明らかにファンダメンタリスト集団のほうが利益率がよい。しかしミクロにみるとノイズトレーダーの全員が損をしているのではなく、中には利益をあげているものがあることが分かった。

4 参考文献

- [1] R.N.Mantegna.,H.E.Stanley,; An Introductionto Econophysics,Cambridge University Press(2000)
- [2] D.Sornette;Why stock markets crash,Princeton University Press(2003)
- [3]高安秀樹、高安美佐子 ; エコノフィジックス、日本経済新聞社(2001)
- [4]Kaizouji.T,S.Bornholdt,Fujiwara.Y;Dynamics of price and trading volume in a spin model of stock markets with heterogeneous agent,physica A(2002)
- [5]S.Bornholdt;Expectation bubbles in a spin model of markets,International Journal of Modern Physics C(2001)