

金融市場のマルチエージェントモデルを用いた レバレッジの影響分析

Leverage Impact Analysis with Multi-Agent Model

村井遊

Yu Murai

東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻

Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, University of Tokyo

1 はじめに

1.1 背景

近年、レバレッジ規制が各国で導入、もしくは導入の検討がなされている。日本の金融庁は2009年7月にFX取引におけるレバレッジ規制の導入を決定した[1]。これにより、既に2010年8月からは最大レバレッジが50倍に規制され、2011年8月からは最大レバレッジは25倍に規制される予定である。しかし、アメリカは100倍、シンガポールは50倍、イギリスやオーストラリアでは規制がないという形になっており、各国の対応はばらばらである。アメリカのガイトナー米財務長官は、金融機関による過剰なレバレッジの利用を制限する新たな国際合意の原理を提案するとしているが、どのように制限するのかの基準・根拠がなければ制限は難しい。

さらに、レバレッジの有無・倍率は個人の意思決定に影響を与える可能性が十分にあり、定性的議論では個人の意思決定が市場価格に与える影響の分析をできない。そのため、個人の意思決定まで考慮しない従来の金融工学では十分な検証ができない可能性がある。

そこで、因果関係、マイクロ-マクロ関係まで考慮した、レバレッジの市場に与える影響の分析が必要とされている。

1.2 マルチエージェントモデル

マルチエージェントモデルとは、多数の自律的主体、つまりエージェントのミクロ的な相互作用から構成される仮想社会を作り、その仮想社会から生まれるマクロ現象を観察、分析することで、創発現象、マイクロ-マクロ関係を観察す

るモデルである。様々な社会現象や金融市場等のメカニズムを理解するための新しい手段として注目を集めている。

金融市場におけるマルチエージェントモデルの模式図を図1に示す。一人一人の市場参加者（エージェント）の役目をする多数のコンピュータプログラムが集まり、資産の取引をするコンピュータ上の仮想的な市場で実験を行なうという。これにより、市場参加者個人の行動というミクロなレベルから市場全体にみられるマクロ現象との関係の解明が可能であるとされる。例えば、市場になんらかの規制をかけた場合を考える。規制はミクロ、つまり各市場参加者の意思決定に変化を与えるが、それがマクロ現象にどのように表れるのか。これは実際に規制をかけてみないとわからない。そこで、その規制というミクロレベルでの制限がマクロレベルにどういった影響を与えるのかという事を考える際、コンピュータ上で作成されたマルチエージェントモデルは意思決定の強力な補助ツールとなる可能性があると考えられる。

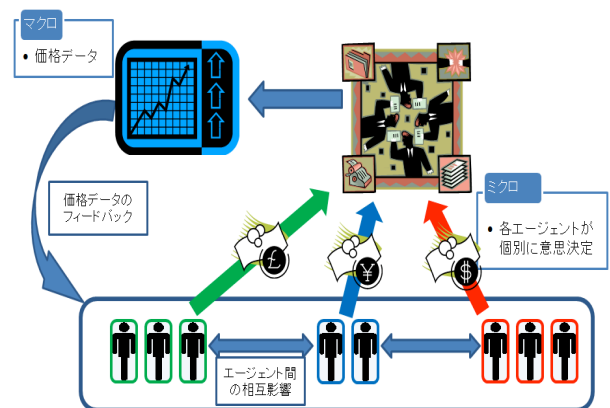


図 1 金融市場におけるマルチエージェントモデル

1.3 研究目的

レバレッジの有無・大きさが金融市場にもたらす影響を、マルチエージェントモデルを用いて個人の意思決定まで考慮した上で解明する。

1.4 研究の流れ

現在マルチエージェントモデルには標準モデルといえるものが存在しない。標準モデルに近いものの一つとして、Lux-Marchesi モデル[2]があるが、このモデルの核となっているトレーダーの基本的戦略間でも属性変更は現実ではありえないと実務家からの指摘を受けている。

そこで、本研究ではまず、基本的戦略の属性変更の代わりに市場への現実の市場で十分にありうる入退場を導入したモデルを作り、その上で、そのモデルにレバレッジを導入してレバレッジの影響を分析するという流れをとる。入退場を導入したモデルの開発までを中心に書く。

2 入退場モデル

2.1 トレーダー種類

Chartist と Fundamentalist の別の基本戦略を持った 2 種類のトレーダーを設定する。Chartist は基本的には価格が上昇したら買い、下落したら売るというトレンドフォロワーのような行動をとる。Fundamentalist は理論価格に株価が収束するという仮定のもとに売買をする。

Chartist について詳しく説明する。Chartist は Optimist と Pessimist の 2 種類に分かれていて、Optimist は価格が上昇すると考えて買いを行い、Pessimist は価格が下落すると考えて売りを行う。Optimist と Pessimist の間では、変換ルールに則り、属性変更がなされている。変換ルールは①直近の価格変化と②他のトレーダーの意見の 2 変数により決められている。簡単に述べると、直近の価格が上昇すれば Optimist が増え、全体の中で Optimist が多くなると全体の意見が価格上昇に傾いているので Optimist が増えるというような属性変更が起きる。取引サイズは均一で一定としており、Optimist は価格が上昇したときに利益となり、下落したとき損失となる。Pessimist は逆である。

Fundamentalist について詳しく説明する。Fundamentalist は各トレーダーが個別の予想理論価格をもっていて、その価格に市場も収束すると考えて取引を行う。これは現実の Fundamentalist も理論価格の予想がトレーダーによって異なるので妥当だと考えられる。さ

らに取引サイズはリスク選好度に依存していて、具体的には以下の式のように決まる。

$$S_i = a_i (FP_i - P_t)$$

S:取引サイズ a:リスク選好度
FP:予想理論価格 P:実際の価格
i:各トレーダーの添え字 t:時間添え字

この取引サイズには符号があり、正の場合は買い、負の場合は売りを行う。よって Fundamentalist の損益は以下のようになる。

$$PL_i \quad (PL:損益)$$

右辺第一項は価格変動率である。価格が上昇したとき正となり、下落したときに負となる。これに先ほどの式で求めることのできる取引サイズ S をかけることで各 Fundamentalist の損益が計算できる。

2.2 決済システム

各エージェントが個別に意思決定したミクロの情報を集約し、なんらかのルールに則りマクロの市場価格を形成するものが決済システムである。本研究では、価格変動と超過需要が比例する簡潔な決済システムを採用した。まず超過需要の計算式を載せる。

$$ED = ED_c + ED_f$$

$$ED_c = (N_{opt} - N_{pes}) \times S_c$$

$$ED_f = \sum a_i (FP_i - P_t)$$

ED:超過需要 opt:optimist pes:pessimist
c:chartist f:fundamentalist

N:トレーダーの数 :chartist の取引サイズ

このようにして計算した超過需に Market Depth、時間尺度に起因する変数 β をかけて価格変動とする。

$$dP = ED \times \beta$$

dP:価格変動

このようにして、ミクロの意思決定をマクロの市場価格に集約している。

2.3 入退場モデル

一般のトレーダーが一定割合以上の損失を出

したとき、市場から退場する、つまり取引をやめることは十分にありうると考えられる。また、市場に参加する際には、現実で売買をする前に、自分の取引ルールを仮想取引により検証することも考えられる。たとえば株式投資であれば、実際に野村証券は「野村のバーチャル株式投資クラブ」[3]というサービスを行っており、簡単に仮想取引を通じて自分の取引ルールの検証をすることができる。

そこで、本モデルでは

①過去の最高資産残高から一定の割合資産が減少したとき、市場から退場

②仮想取引において一定期間内に一定以上の利益を得たとき、市場に入退

というルールを導入した。ここで退場の際に、初期資産から一定割合の減少で退場とはせず、最高資産残高からの減少で退場としている。これは、ひとつは勝ち逃げをする人がいるため、もうひとつは勝ち続けなければ市場には残れないためという理由で現実に即していると考えられる。また、退場している最中は入場に向けて仮想取引で自分の取引ルールの検証を行うが、この仮想取引は価格形成には影響を及ぼさない。

3 シミュレーション結果

3.1 Stylized Fact

金融市場のシミュレーション結果を評価する際に、Stylized Fact を利用することが一般的に多い。Stylized Fact とは、市場の特性を表わす統計的特徴であり、Volatility Clustering と Fat Tail で代表される。

Volatility とは、過去の変動率の大きさを示す指標である。Volatility が大きいほど値動きが激しいことを示している。この Volatility は、一度上昇すると、しばらく高い水準が続き、下落すると低い水準が続くという傾向があり、このことを Volatility Clustering と呼ぶ。つまり、大きな価格変動があった後は、しばらく大きな変動が続き、小さな株価変動の最中は小さな変動が続くということである。また、価格変動の絶対値の時系列についての自己相関関数はタイムラグに対して長時間相関を示す。タイムラグに対する自己相関関数の長時間相関はべき乗則に従って減衰するが、最大で数か月に渡ってノイズレベル以上の水準に渡って持続するという事実も知られている。

Fat Tail とは、正規分布の両端が実現する可能性が高い分布にみえる広く厚い裾野のことを

指す。Fat Tail が発生する分布を、金融市場に当てはめると、暴落・暴騰は、正規分布が想定する頻度以上に起こりやすいということを主張している。一般に、正規分布より中央付近がとがっていて、厚い裾野を持つ分布を Fat Tail 分布と呼ぶ。このような分布の形を数値化したものとして、尖度がある。一般に市場における高頻度データでは価格変動率の確率分布に Fat Tail が観測される。

これら 2 つの stylized fact を用いて、USDJPY の 2001/1~20010/7 までの日足データとシミュレーション結果を比較し、モデルの妥当性を評価する。

3.2 シミュレーション結果

まず、Volatility Clustering を検証するために、価格変動率の絶対値の時系列データの自己相関を図 2 に示す。USDJPY と本モデルの値がよく一致していることが見て取れる。図中の直線は、

$$y = 0.72x^{-0.67}$$

という式であり、べき乗則に従って自己相関関数が減少していることが見て取れる。これにより、Volatility Clustering が再現できていると言える。

次に Fat Tail を検証する。Fat Tail を検証するために、価格変動率を標準偏差により正規化したものの確率分布図を図 3 に示す。正規分布に比べ、USDJPY も本モデルも標準偏差が 3σ 以上のところでは、明らかに発生確率が高いので厚い裾野を持っていると考えられる。また、 1σ 以下のところでは正規分布に比べ、USDJPY も本モデルも発生確率が高くなっているため、正規分布よりとがった中央を持っていると考えられる。

また、尖度を比べてみる。尖度はそれぞれ

UJPY:6.11

本モデル:5.67

正規分布:0.23

となっていて、USDJPY と本モデルが近いことが確認できる。

以上より、本モデルが、Fat Tail 分布を持っていることを確認できた。

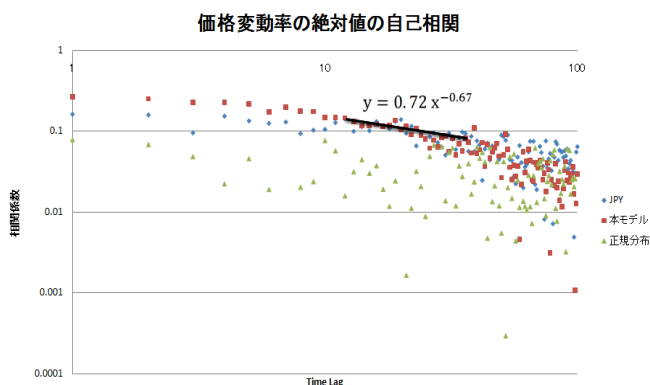


図 2 価格変動率の自己相関

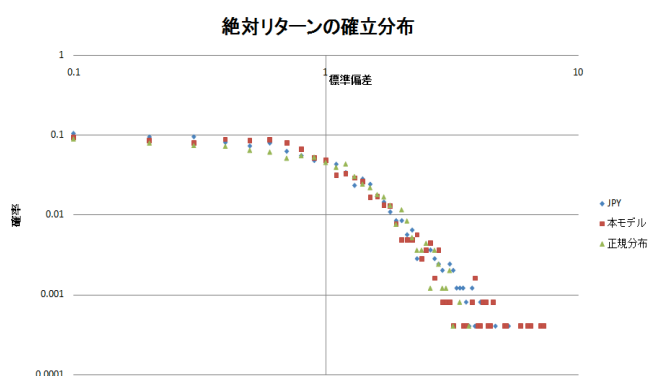


図 3 正規化された価格変動率の確立分布

3.3 考察

3.2 より、本モデルが USDJPY と同じ様な stylized Fact をもった市場価格を形成することがわかった。これにより、シミュレーションのベースとなるモデルの妥当性を確認することができたと考えられる。

4 今後の方針と課題

今回、ベースとなるシミュレーションモデルを開発できたので、今後、本モデルにレバレッジを導入し、レバレッジが市場に与える影響を分析する予定である。

また、課題として、どのパラメータが市場価格にどのような影響を与えるか分析することで、モデルの意味付け、精度の向上を図らなければならない。

5 参考文献

- [1] 金融庁：レバレッジ規制の公表について
<http://www.fsa.go.jp/news/20/syouken/20090529-3.html>
- [2] T Lux, M Marchesi
 [Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model

of a financial market], Nature 1999.

- [3] 野村のバーチャル株式投資倶楽部
<http://my.nomura.co.jp/virtual/app>