

# 資産分布を考慮したディーラーモデル

Stochastic dealer model for financial markets

taking the asset distribution into account

濱口 憲太<sup>1</sup> 長谷川 智史<sup>1</sup> 穴田一<sup>2</sup>

Kenta Hamaguchi<sup>1</sup>, Satoshi Hasegawa<sup>1</sup>, Hajime Anada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京都市大学大学院工学研究科システム情報工学専攻

<sup>1</sup> Tokyo City University Graduate Division, Graduate School of Engineering

<sup>2</sup> 東京都市大学知識工学部

<sup>2</sup> Tokyo City University Undergraduate Division, Faculty of Knowledge Engineering

**Abstract:** There are many researches to investigate mechanism of financial markets using artificial market model. Yamada et al. construct the stochastic dealer model for financial markets. This model achieved remarkable results. But they don't take volume of orders into account. Then we construct a stochastic dealer model taking the volume of orders into account.

## 1 背景

昨今コンピュータの発達により大量の取引データを短時間で処理できるようになった。それにより為替レートや株価の変動についていくつかの金融市場の統計的性質が明らかになった[1][5][6][7][8]。しかし金融市場における価格変動のメカニズムの解明には至っておらず、様々な分野で研究が行われている。研究の手法の一つとして人工市場を用いた研究がある。人工市場のモデルには様々なモデルが提案されており、その1つに松永らのスプレッドディーラーモデル[4]がある。松永らのモデルでは実市場のボラティリティの統計性、価格差の自己相関、BA スプレッド(市場における最良売値の最良買値の差)に関する統計性を再現している。これまでの金融市場の研究では価格変動のメカニズムを解明する上で市場の流動性と価格変動の関係性について議論することが重要であるとされている[5][6][8][9]。そのためディーラーの資産、注文量、取引量についても考察する必要がある。しかし、松永らのディーラーモデルではディーラーの資産、注文量、取引量については考慮されていない。そこで本研究では資産分布を考慮したディーラーモデルを構築し、既存モデルで再現された各種統計性及び取引量の統計性について調べ、結果について考察する。

## 2 これまでの研究

### 2.1 確率論的ディーラーモデル

山田らの確率論的ディーラーモデル[2][3]は金融市場におけるディーラーの投資行動をモデル化したものである。各ディーラーは売値と買値を提示し取引を行う。このモデルでは図1のように各ディーラーは売値と買値の中間値(中値) $p(t)$ と売値と買値の差(スプレッド $L$ )を基準に売値と買値を決定する。各ディーラーの売値と買値の差(スプレッド $L$ )は常に一定かつ各ディーラー共通の値とし、中値 $p(t)$ を変更することで売値と買値の両方を変更している。取引が成立するまで価格を市場価格のトレンドを基に常に変更させる。このモデルではここで $i$ はディーラー、 $t$ は時刻を表す。このモデルでは市場内で売値と買値が一致したときに取引が成立する。指値を変更し、このとき市場価格を取引が成立した購入側の価格と売却側の価格の平均によって新たに決定する。そして取引が成立したディーラーは新たに決まった市場価格 $P(n)$ ( $n$ はティックを表し、取引回数の単位である)に中値 $p(t)$ を合わせる。

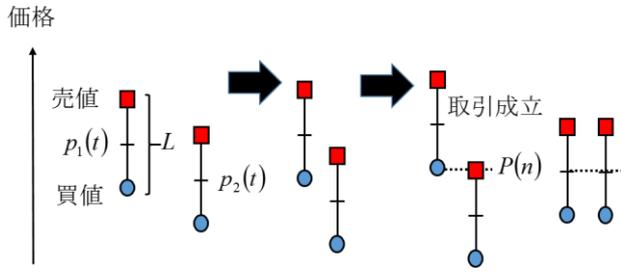


図1：ディーラーが2人の場合の取引の流れ  
各ディーラーは買値と売値の両方を市場に提示する。初期の状態ではお互いの買値と売値が一致していないため取引が成立していない。取引が行われるまで、各ディーラーは中値 $p(t)$ を動かしていく。そしてお互いの買値と売値が一致したときに取引が成立し、2人の中値 $p(t)$ の平均により市場価格 $P(n)$ が新たに決定する。取引を行ったディーラーは中値 $p(t)$ を市場価格に合わせる。

ディーラー $i$ の中値 $p_i(t)$ の変更式を以下に示す。

$$p_i(t + \Delta t) = p_i(t) + d_i \langle \Delta P \rangle_M \Delta t + c f_i(t) \quad (1)$$

$$\langle \Delta P \rangle_M = \frac{2}{M(M+1)} \sum_{k=0}^{M-1} (M-k) \Delta P(n-k)$$

$$f_i(t) = \begin{cases} +\Delta p & (\text{prob. } 1/2) \\ -\Delta p & (\text{prob. } 1/2) \end{cases}$$

ここで $d_i$ はディーラー $i$ の戦略を表し、 $d_i > 0$ は順張りディーラー、 $d_i < 0$ は逆張りディーラーであることを表す。また $|d_i|$ の大きさはディーラーが価格のトレンドをどれだけ強く考慮するかを意味する。 $\langle \Delta P \rangle_M$ は過去 $M$ ティックの価格差の加重移動平均であり価格のトレンドを表す。 $\Delta P(n)$ は $n$ ティック目の市場価格の価格差を表し、 $c$ はノイズの大きさを表すパラメータである。 $f_i(t)$ は時刻 $t$ におけるディーラー $i$ のノイズである。(1)式の右辺第2項はトレンドフォローの項である。(1)式の右辺第3項はノイズ項を表し、ディーラーの意思決定のゆらぎを表している。あらかじめ設定した回数が行われるまで取引し続ける。このモデルでは実市場のボラティリティの統計性、価格差の自己相関が再現されているが、BAスプレッドに関する統計性を再現出来ていない。

## 2.2 スプレッドディーラーモデル

松永らのスプレッドディーラーモデル[4]は山田らのモデルのスプレッド $L$ を過去の価格変動を考慮し拡大させるようにしたモデルである。 $n$ ティック目のスプレッド $L(n)$ の決定式を以下に示す。

$$L(n) = L(0) + a|P(n) - P_m(n)| \quad (2)$$

ここで $L(0)$ はスプレッドの基準値を表す。 $a$ はスプレッドの拡大率のパラメータである。 $P(n)$ は $n$ ティック目の市場価格であり、 $P_m(n)$ は過去 $m$ ティックの市場価格の移動平均を表す。そのため $|P(n) - P_m(n)|$ は現在の市場価格と移動平均のずれを表し、ずれが大きいほどスプレッドを大きくする。またスプレッド $L$ の拡大に応じて(1)式の右辺第3項のノイズ項も変化させる。スプレッドの変化に応じたノイズ $f'_i(t)$ の変更式を以下に示す。

$$f'_i(t) = \left( \frac{L(n)}{L(0)} \right) f_i(t) \quad (3)$$

スプレッド $L$ を拡大させるようにすることで山田らのモデルで再現できていた統計性に加え新たにBAスプレッドに関する統計性(自己相関および累積分布)を再現している。

## 3. 提案モデル

本研究では松永らのスプレッドディーラーモデルに新たに資産、注文量、取引量を考慮したモデルを提案する。本モデルは外国為替市場(ドル円市場)を想定している。各ディーラーにキャッシュ(円資産)を持たせ、資産に応じて注文量を決定する。このとき各ディーラーは市場に買い注文と売り注文の両方を提示する。取引が成立した場合買い(売り)のポジションを取るようになるが、本モデルでは両建ては行わないものとし、すでにポジションをとった状態で反対の取引を行った場合は決済取引となる。中値の変更は松永らのモデルと同様の式で行うものとする。

### 3.1 買い(売り)注文量の決定式

各ディーラーは円資産、ポジション量、現在の市場価格を考慮し買いと売りの注文量を決定する。ディーラーが買いと売りポジションを取っていない場合、 $n$ ティックのときのディーラー $i$ の買い注文量 $Q_{bi}(n)$ 、売り注文量 $Q_{si}(n)$ はそれぞれ次式で決定する。

$$Q_{bi}(n) = \left( \frac{Y_i(n)}{P(n)} \right)^\delta \quad (4)$$

$$Q_{si}(n) = \left( \frac{Y_i(n)}{P(n)} \right)^\delta \quad (5)$$

ここで $Y_i(n)$ はディーラー $i$ の円資産を表す。 $\delta(0 < \delta < 1)$ は持っている円資産に対してどの程度の割合で取引するかを決めるパラメータである。ディーラーが買いポジションをすでに取っている場合、買い注文量 $Q_{bi}(n)$ は(4)式で注文量を決定し買い増し注文を行う。 $Q_{si}(n)$ は保有ポジションのすべてとし保有ポジションに対する決済注文を行う。ディーラー

が売りポジションを取っている場合も同様である。

### 3. 2 取引の流れ

取引の流れは既存モデルと同様であり、取引が行われるまで各ディーラーは中値 $p(t)$ を変更し買値と売値が一致した場合に取引が成立する。このときの購入ディーラーの注文量と売却ディーラーの注文量を比較し小さいほうの注文量だけ取引を行う。その後、取引を行った2人のディーラーは注文量を再決定する。注文量全てを取引したディーラーは上記の式で注文量を決定する。注文量全てを取引しきれなかったディーラーは元々提示していた注文量と取引量の差分を新たな注文量とする。既存モデルでは購入側と売却側の両方が中値 $p(t)$ を市場価格 $P(n)$ に合わせたが、本モデルでは取引し切れなかったディーラーの注文は市場に残ると仮定しているため、中値 $p(t)$ をそのままにしておくものとする。

モデルの詳細、結果、考察は発表時に述べる。

## 参考文献

- [1] 高安秀樹, 高安美佐子.:『エコノフィジックス-市場に潜む物理法則』, 日本経済新聞社, 2001
- [2] K. Yamada, H. Takayasu, T. Ito and M. Takayasu.:Phys. Rev. E79,051120(2009).
- [3] K. Yamada, H. Takayasu, and M. Takayasu.: Journal of Physics:conference Series 221,12015(2010).
- [4] 松永健太, 山田健太, 高安秀樹, 高安美佐子.: 人工知能学会論文誌 27 卷 6 号 SP-F(2012 年).
- [5] X. Gabaix, P. Gopikrishnan, V. Plerou and H. Eugene Stanley.: Nature 423,267(2003)
- [6] X. Gabaix, P. Gopikrishnan, V. Plerou and H. Eugene Stanley.:Physica A 324 (2003) 1-5
- [7] T. Ohnishi, H. Takayasu, T. Ito, Y.Hashimoto, T. Watanabe, M. Takayasu:J Econ Interac Coord(2008)
- [8] 日本銀行金融市場局, 金融市場レポート 2008 年 7 月
- [9] 村永淳,: IMES Discussion Paper Series 2000-J-18