

# 市場流動性を高めるランダム取引エージェントの分析

小林 重人 橋本 敬

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

**抄録:** 市場流動性を高めるとされるランダム取引をするエージェントが、株価の急変動で崩れた需給バランスをどのように是正し、市場流動性を高めるかを人工市場シミュレーションにて明らかにする。実験結果から、ランダムエージェントの割合が大きいものほど約定率が高くなることがわかった。このことから、ランダムエージェントが市場流動性に寄与していることが示唆される。また売買行動分析から、急激な価格変動が発生して市場の需給が一方に傾いたとしても、市場状況を加味しないランダムエージェントによる注文が需給のバランスをある程度是正することが判明した。こうしたランダムエージェントの特徴は、現実のマーケットメーカーの制度設計を考える上で重要な知見を与えるものである。

**キーワード:** 市場流動性, ランダムエージェント, 人工市場, 制度設計, マーケットメーカー

## Analysis of Random Agents for Enhancing Market Liquidity using Artificial Stock Market

Shigeto Kobayashi and Takashi Hashimoto

School of knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

**Abstract:** Securing ample liquidity in a market is indispensable for the market mechanism to work efficiently. While there is a discussion that random agents have the effect to ensure the liquidity, the mechanism of this effect has not been clarified. We show that, using an artificial market system U-Mart, the random agents can enhance the market liquidity by maintaining the balance of supply and demand. We also suggest that it is necessary for the random agents to manage their position in order to work as a market maker.

**Keywords:** Market liquidity, Random Agent, Artificial Market, Institutional Design, Market Maker

### 1. はじめに

現在の日本の証券市場は、東京証券取引所(東証)での取引が日本全体に占める取引量の9割近くになっているため、地方にある証券取引所の存在意義が低下している。例えば、東証と大阪証券取引所(大証)を比較すると、取引量では東証(1部・2部・マザーズ)の1日の平均売買高(2006年1月期)が2,729,120千株であるのに対し、大証(1部・2部・ヘラクレス)では69,374千株と、東証の約40分の1しか取引高がない。このように同じ市場制度であっても取引が分散されることなく、ほとんどの取引が東証に集中しているため、地方

にある証券取引所の存在意義が低下するとともに<sup>1</sup>、地方経済停滞の一因ともなっている。

塩沢ら[1]は、このような取引高が少ない市場を「薄い板の市場」と呼び、薄い板の市場に関して次のような問題を指摘している。薄い板の市場では、注文自体が極めて少ないため、価格と数量がスムーズに決められないという弊害がある。また、自分が出した注文が長期に渡って約定しない可能性が高く、その間に社会情勢などが変化することが十分に考えられることから、

---

<sup>1</sup> 東証と大証の両方に上場している銘柄の中には大証の方での取引が多い銘柄も存在する。代表的な銘柄としては「任天堂」や「オムロン」がある。

過度の執行リスクを伴う。すなわち板の薄い市場は、注文量の少なさゆえに市場としての機能を十分に果たせずにいる。このような市場に対して流動性を与える役割を果たすのがマーケットメーカー<sup>2</sup>である。マーケットメーカーは、市場に気配値<sup>3</sup>を提供したり、投資家からの注文の相手をしたりするなどして市場の流動性を確保している。

人工市場U-Mart[2][3]における研究では、直近の株価の周りでランダムに注文を出すランダムエージェントが、シミュレーションにおけるマーケットメーカーの役割を担っているという指摘がある(植木ら[4])。その理由として、ランダムエージェントが価格変動に関わらずランダムに一定の注文量を市場に出していることが挙げられている。ただし、これらの指摘は推論の域を脱しておらず、詳細なメカニズムに関しては解明されていない。そこで我々は、ランダムエージェントがどのように市場流動性を高めるかをコンピュータシミュレーションによって調べることにした。

## 2. シミュレーション概要

本研究では、U-Martシミュレータを用い、エージェント全体に占めるランダムエージェントの割合( $A_r$ )を、それぞれ $A_r=0\%$ ,  $20\%$ ,  $40\%$ ,  $60\%$ ,  $80\%$ ,  $100\%$ にセットして各100試行実験を行った。

ランダムエージェントとは、売り買い、および、注文価格を直近の価格に対してランダムに決めるエージェントである。まず売買判定を次式で決定する。

$$\text{売買判定} = \begin{cases} \text{注文しない} & y = 0 \text{ のとき} \\ \text{売り} & y = 1 \text{ のとき} \\ \text{買い} & y = 2 \text{ のとき} \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $y=(0,1,2)$ は一様乱数である。注文価格は式(2)で決定される。

$$\begin{aligned} \text{注文価格} = & \text{前節の現物もしくは先物価格} \\ & + \text{widthOfPrice} \times \text{正規乱数} \quad (2) \end{aligned}$$

<sup>2</sup> 日本ではJASDAQ, アメリカではNASDAQ等でマーケットメーカー制度が採用されている。

<sup>3</sup> 買いたい、または売りたいという意志を提示する価格のことで、買い手が希望する購入価格を「買い気配」といい、反対に売り手が希望する売却価格を「売り気配」という。

ここで、*widthOfPrice*は、現物もしくは先物価格からどれくらい離れて注文価格を出すかを定める変数で、本シミュレーションでは*widthOfPrice* = 133に固定している<sup>4</sup>。式(2)で使われる正規乱数は平均が0で標準偏差が1のものである。前節の現物価格、先物価格を参照するエージェントを、それぞれ「現物ランダム」「先物ランダム」と呼ぶ。

シミュレーションで使用するランダムエージェント以外のもは、U-Mart Version2.0にデフォルトでセットされているものを利用した。取引エージェントは、「裁定取引」「トレンド」「アンチトレンド」「現物移動平均」「先物移動平均」「デイトレード」「現物相対力指数(RSI)」「先物相対力指数(RSI)」の8つの戦略(標準エージェントセット)とU-Mart マシンエージェントコンテストに参加した8つの戦略(コンテストエージェントセット)の比を3:2とし、「現物ランダム」と「先物ランダム」の戦略を持つエージェントの比を1:1とし、全体で計200体となるようにエージェントを用意した。

U-Martシステムに与える現物指標として、下降トレンドを示す日経平均株価(2000年4月17日-2000年10月10日)の日次データを採用した。なお、以後の全ての実験結果は、100試行の平均である。

## 3. シミュレーション結果と考察

市場の効率性を考える上で、流動性の確保は安定的な価格の形成と並んで重要な問題である。たとえ市場全体の約定数量が多かったとしても、注文数から鑑みた執行リスクが高くてはあまり意味をなさない。実験結果から、ランダムエージェントの割合が大きいものほど総約定数量が多くなることがわかったが、注文に対する執行はいかに変化しているのであろうか。それは約定率をも

<sup>4</sup> *widthOfPrice*の値は、U-Martシステムがもともと現物指標に価格変動の小さなJ30を採用していたため、*widthOfPrice* = 20と低い値に設定されていた。そこで*widthOfPrice*がJ30のボラティリティの何%にあたるかを調べたところ(1990年~2000年)、約3%に該当したので、同様に日経平均のボラティリティも調査し(同期間)、3%にあたる133を*widthOfPrice*の値とした。

って示すことができる。約定率とは注文量に対して約定された量の割合である。ランダムエージェントの割合に対する約定率の変化を図1の実線に示した。図1からは、ランダムエージェントの割合が大きくなるにつれて、約定率も大きくなっていることがわかる。このことから、ランダムエージェントが市場流動性に寄与していることが示唆される。

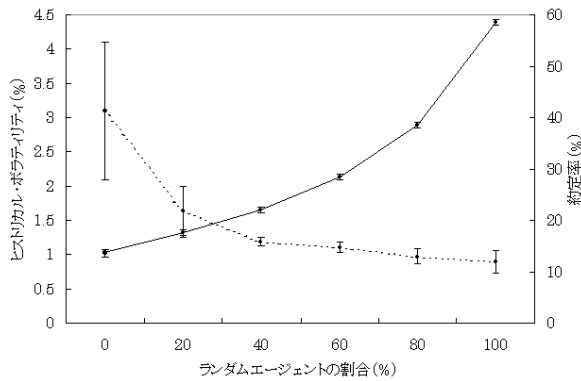


図 1 ランダムエージェントの割合( $A_r$ )に対する約定率(実線)とヒストリカル・ボラティリティ(破線)の変化：エラーバーは 100 試行における標準偏差。

次にランダムエージェントをボラティリティの視点から捉えることにする。本稿では以下の式によりヒストリカル・ボラティリティ( $v_x$ )を定義する。

$$v_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^2} \quad (3)$$

$$x_i = \log S_i - \log S'_i \quad (i = 1, \dots, N) \quad (4)$$

$$m_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_t \quad (5)$$

ここで、 $S_i$ は今回の株価、 $S'_i$ は前回の株価、 $N$ を取引期間におけるサンプル数とする。式(4)で求められた $x_i$ は株価対数変化率であり、式(5)で求められた $m_x$ は株価対数変化率の標本平均である。したがって、 $v_x$ は株価対数変化率の標準偏差である。

ランダムエージェントの割合に対するヒストリカル・ボラティリティの変化(図 1 破線)を見ると、ランダムエージェントがまったく含まれていない組み合わせが最も高いボラティリティを示しており、ランダム

エージェントの割合が大きい組み合わせではボラティリティが小さくなっていることが読み取れる。このことからランダムエージェントによる流動性の安定的な供給が価格変動を小さくしていると思われる。

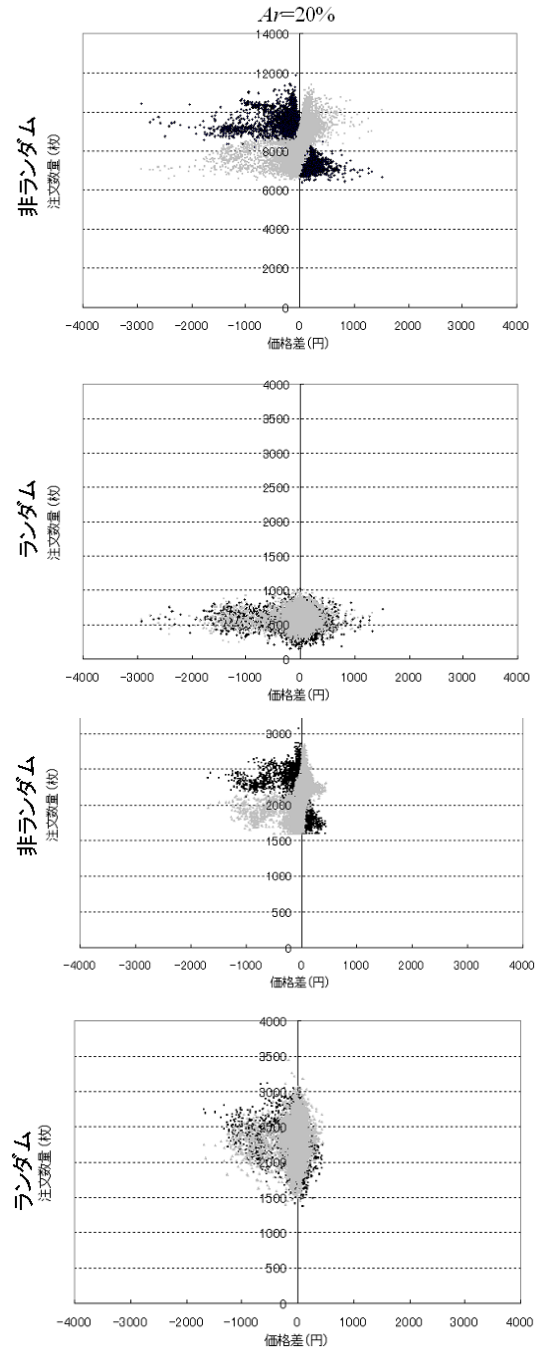


図 2 ランダムエージェント・非ランダムエージェント別の前節価格差に対する注文数量の散布図：上段の 2 図が  $A_r=20\%$ で下段の 2 図が  $A_r=80\%$ 。黒色が売り注文、灰色が買い注文を表す。最上段の図の縦軸のみスケールが違う。

ランダムエージェントによって市場流動性が高められるメカニズムを解明するために、我々はランダムエージェントの割合に対するランダムエージェントと非ランダムエージェントのそれぞれの売買注文行動を分析した。図2は  $A_r=20\%$  と  $A_r=80\%$  における、ランダムエージェント群と非ランダムエージェント群それぞれの累積注文量を前節からの価格差毎にプロットしたものである。非ランダムエージェントの注文行動はランダムエージェントの割合がいかなる場合であっても価格変動の大きさと強い相関がある。前節からの価格差が正のときは、買い注文量が売り注文量を上回る場合が大きく、価格差が大きいほどその差異は顕著になる。逆に価格差が負のときは、売り注文量が買い注文量を上回る。このような需給バランスの乖離は、非ランダムエージェントがトレンドを強く追従するために起こる。一方で、ランダムエージェントは価格変動に関わらず一定の注文量を出し続けているので、価格差によって買いと売りの注文量に乖離が生まれることはない。

市場参加者が  $A_r=20\%$  のように多くの非ランダムエージェント群で占められるとき、注文は約定されないことが多く、特に価格差の絶対値が大きいときほど、約定の可能性は低い。たとえランダムエージェント群がそのような乖離した注文を潜在的に吸収したとしても、その数は絶対量として少ない。逆に  $A_r=80\%$  のようにランダムエージェント群が多数を占めるときは、非ランダムエージェント群が生じさせる乖離をランダムエージェント群が十分に補完することができるので、需給のバランスを保つことが可能となり、約定率も上昇する。だが、現実にはランダム取引するエージェントが多数を占める市場は存在しないので、このような役割を果たすエージェントや市場制度をどのように設計して市場流動性を高めるのが重要な点となる。

#### 4. おわりに

本研究ではランダム取引をするエージェントが、株価の急変動で崩れた需給バランスを是正することにより市場流動性を高めることを人工市場シミュレーションによって明らかにした。

しかし、本研究で使われたランダムエージェントが

現実の市場におけるマーケットメーカーとして実現可能なモデルであるかということについては、いささか疑問が残る。エージェントの破産数で見ると、相当数のランダムエージェントが破産へと追い込まれている。マーケットメーカーによって市場の流動性が高められても、自身の収益が安定しないようでは、市場に存在し続けることは不可能である。まして破産するようなことがあれば、マーケットメーカーによってもたらされた市場の流動性は一時的なものに過ぎなくなる。この問題を解決するには、日々の値洗いに基づいたポジション管理をしっかりとできるマーケットメーカー・モデルの構築が必要である。自身のポジションを偏ることなく維持できるマーケットメーカーが市場において良いパフォーマンスを得られたなら、現実の市場と比較してマーケットメーカーの効果をさらに正しく評価することができるであろう。

#### 謝辞

本研究は、科学技術融合振興財団の調査研究補助金を受けて実施された。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] 塩沢由典, 村上晴美, 橋本文彦, 中島義裕, 谷口和久, 小野功, 佐藤浩, 森直樹, 喜多一, 小山友介. 仮想先物市場 (U-Mart システム) を用いた経済システムの制度創発に関する研究報告書, 科学研究費「特定領域研究」IT の深化の基盤を拓く情報学研究平成16年度研究成果報告書A06, 2005.
- [2] U-Mart プロジェクト. U-Mart プロジェクト web site, <http://www.u-mart.org/>.
- [3] 塩沢由典, 中島義裕, 松井啓之, 小山友介, 谷口和久, 橋本文彦. 人工市場で学ぶマーケットメカニズム-U-Mart 経済学編, 共立出版, 2006.
- [4] 植木潤吾, 森直樹, 甲斐啓仁, 深瀬真澄, 佐藤浩, 後藤岳, 上田智巳, 桑井淳子, 中島義裕. U-Mart によるシミュレーション研究, 進化経済学論集, Vol. 6, pp.323-329. 2002.