

エージェントシミュレーションを用いた「価格規制」と「Naked Short Selling の禁止」の有効性に関する研究

The Effectiveness of the Uptick Rule and the Naked Short-Selling Ban: an Agent-Based Simulation

大井 朋子¹

Tomoko Ohi¹

¹ 金融庁 金融研究センター

¹ Financial Research Center, Financial Services Agency

Abstract: There are substantial discussions on the pros and cons, from regulators, market participants and academics, regarding the introduction of regulated short selling. In this research, we focus on two of the four regulatory measures on short-selling in Japan: "uptick rule requirement" and "naked short-selling ban." We analyze the effectiveness of each measure by comparing the simulations for markets with and without the regulation. The unique feature of our model is the stock lending and borrowing transactions between traders. The lending/borrowing fee is modeled to influence the investment decisions of the traders. We calculate the price fluctuation, divergence of the price from the fundamental value and price volatility for each simulated market. We evaluate robustness of the markets by giving an exogenous shock to the markets causing drastic declines in the fundamental price. As a result, we find that both regulatory measures make the market more stable and robust against abrupt shocks to the market.

1. はじめに

空売り規制の是非については、規制当局、市場関係者、研究者からも賛否の両論がある。規制の導入は市場の流動性の低下や価格形成の歪みを引き起こすといった批判もある一方で、投機的な行為や相場操縦などの公正な価格形成の歪みを防止するといった声もある。既往の理論研究や実証研究においては、空売りは情報効率を上げる効果があり、規制は価格形成が非効率性の要因となるとの指摘がある。

そこで、本研究ではエージェントシミュレーション手法を用いて、空売り規制の効果に対し、定量的な分析を行った。本手法を用いることにより、実証研究から得られた結果の検証だけでなく、規制導入のタイミングや期間、規制種別やそれらの組み合わせ、市場環境の違い等、複数のシナリオに対してシミュレーションを実施することで、様々な条件下における施策の評価が可能となる。

エージェントシミュレーションによる空売り規制の研究はいくつか報告されている[1-4]。八木ら[1,2]は、規制は価格の下落を抑制する効果がある一方、長期に渡って規制を続けると、バブルを形成し、市場を不安定にすることを示した。Witte ら[4]は、規

制下ではネガティブな予測が価格に反映されず、価格は過大評価になる傾向があるが、規制下では市場リスクは減少することを示した。

本研究では、我が国の現行の空売り規制のうち、2つの施策について、それぞれ導入した場合と導入していない場合の各市場において、価格変動の特徴やファンダメンタルバリューとの乖離、ボラティリティについて計測した。また、外生的ショック（ファンダメンタルバリューの急な下落）が与えられた時に、規制による市場への影響について考察を行った。

1.1 空売り規制

わが国では、株式の空売りについて、現行、以下の4つの施策のうち恒久的措置として①、②が導入されている他、先般の金融危機における諸外国の動向も踏まえ、③及び④が時限的措置として導入されている。

- ① 取引者等への明示・確認義務
- ② 価格規制（取引所が直近に公表した価格以下での空売りの禁止（Up-Tick Rule））
- ③ 売付けの際に株の手当てがなされていない空売り（Naked Short Selling）の禁止
- ④ 空売りポジションの報告・公表義務

本研究では、②のアップティックルールと呼ばれる価格規制、③Naked Short Sellingの禁止の2つの施策を検証の対象とした。

2. モデル

本研究のモデルは、空売り規制の2つの施策について、規制下にある市場とない市場を設定し、それぞれの市場を比較することで規制の効果を検証した。本モデルでは、株の手当てがなされていない空売りの禁止について検証するため、売り買いの投資判断の他に、エージェント間による貸株、借株の判断を導入した。

2.1 エージェント

本モデルのエージェント（市場参加者）は投資戦略の違いにより、ファンダメンタリスト、テクニカルトレーダー、ノイズトレーダーの3つに分類される。

① ファンダメンタリスト

ファンダメンタリストは株価に以下で定めるファンダメンタルバリューが存在すると仮定し投資行動を行う。

$$F_t = a * P_{t-1} + (1 - a)WMA_{t-1} + b_t$$

t 期の約定価格 P_t
t 期の約定価格の加重移動平均 WMA_t
ランダム項 b_t

各ファンダメンタリストは、ファンダメンタルバリューの推定を行い、その値と直前の約定価格を比較して投資判断を行う。また、各自が投資判断閾値 $\alpha_{i,t}$ を持つ。ファンダメンタルバリューの推定値を指値とした指値注文のみを行い、注文量は価格差に比例する。ファンダメンタリスト i の t 期のファンダメンタルバリューの推定値は、 $F_{i,t} = F_t + \varepsilon_{i,t}$ (F_t は t 期のファンダメンタルバリュー) とする。

ファンダメンタリスト i の t 期の投資判断は、

$$\left\{ \begin{array}{ll} F_{i,t} - P_{t-1} > \alpha_{i,t} & \text{買い注文} \\ \text{指値 } F_{i,t} & \\ \text{注文量 } (F_{i,t} - P_{t-1})\alpha_{i,t} & \\ F_{i,t} - P_{t-1} < -\alpha_{i,t} & \text{売り注文} \\ \text{指値 } F_{i,t} & \\ \text{注文量 } -(F_{i,t} - P_{t-1})\alpha_{i,t} & \end{array} \right.$$

である。

② テクニカルトレーダー

テクニカルトレーダーは、過去の約定価格の時系列から現在の価格変動の方向を推測し、投資判断を

行う。具体的には、 n 期間の価格の移動平均と標準偏差から、 t 期の価格を予測する。予測した価格を指値とした指値注文のみを行う。期間 n はエージェントにより異なり、初期に 15 から 25 まで整数値でランダムに決定される。順張り戦略と逆張り戦略の2種類の戦略を持つトレーダーを設定した。それぞれモメンタム・トレーダー、リバーサル・トレーダーとする。

順張り戦略の t 期の投資判断は、

$$\left\{ \begin{array}{ll} P_{t-1} > MA_{i,t-1} + SD_{i,t-1} & \text{買い注文} \\ \text{指値 } P_{t-1} + \beta_{i,t} & \\ \text{注文量 } (P_{t-1} - MA_{i,t-1})\beta_{i,t} & \\ P_{t-1} < MA_{i,t-1} - SD_{i,t-1} & \text{売り注文} \\ \text{指値 } P_{t-1} - \beta_{i,t} & \\ \text{注文量 } (MA_{i,t-1} - P_{t-1})\beta_{i,t} & \end{array} \right.$$

逆張り戦略の投資判断はその反対となる。

③ ノイズトレーダー

ノイズトレーダーは、全くランダムに投資判断を行い、指値注文のみを行う。ノイズトレーダーの売り買いの注文は、同確率 (1/2) で、指値は $(1 + \gamma_i)P_{t-1}$, $-0.03 < \gamma_i < 0.03$, 注文量は 3 から 10 までの整数値で決定される。

2.2 価格決定方式

約定価格は単一約定方式（板寄せ方式）により決定する。期毎に全てのエージェントの注文を纏め、約定する売り注文量と買い注文量が一致したところで単一の価格（約定価格）を決定し、取引を執行する。

シミュレーションでの約定の手順は以下の通りである。

1. 約定価格より高い指値の買注文と安い売注文の全数が約定
2. 板寄せ時の約定価格と同一価格で対する注文がなく、一方の指値注文が残っている場合には、全ての売買が成立
3. 1, 2 の条件を満たす価格が複数ある場合に 1 期前の約定価格に最も近い価格を約定価格とする。

2.3 空売りと規制

本モデルでは、価格規制、空売りと買い戻し、貸株借株について以下のように設定した。

2.3.1 価格規制

価格規制のルールは以下の通りである。

1. 直近の約定価格未満での空売り注文の発注を禁止する
2. 価格上昇時は、直近価格以上の指値で空売り

- 注文を出す
3. 価格下落時は、直近価格+1 以上の指値で空売り注文を出す

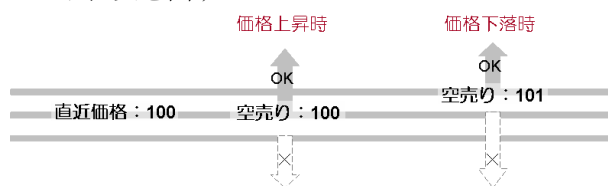


図1 価格規制

2.3.2 Naked Short Selling の禁止

Naked Short Selling が禁止された市場では、売りの判断をしたとき、売り出す注文量の株を保有していなければ売り注文を出すことはできない。そのため、他のエージェントから株を借りてくる必要がある。

次に空売り、買い戻し、貸株、借株について説明する。

① 空売りと買い戻し

本モデルではエージェントが株を保有せずに売りの判断をした場合、Naked Short Selling が禁止されている市場では次のように借株を行う。

1. エージェントが保有する株数よりも売り注文の注文量が多い場合は、その他のエージェントから株を借りる
2. 全エージェントの保有する総株数を貸株可能な数とし、全エージェントの空売りに配分する
3. 全エージェントの持つ株数よりも全エージェントの空売り注文数が多い場合は比例按分する
4. 空売りしているエージェントが買い戻した場合、貸株は比例按分して返却される

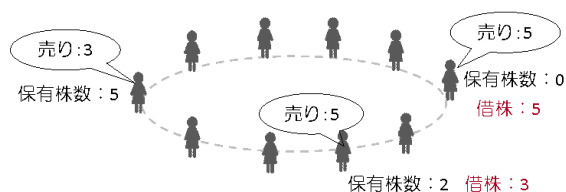


図2 借株・貸株

また、借株の返却は以下のように行われる。

1. 貸株をしているエージェントが t 期に保有する株数以上の売りの判断をした場合は買戻請求とみなし、プールに株がなかったときは空売りしているエージェントに買戻請求する(比例按分)
2. 返還請求をされたエージェントは、 $t+1$ 期で株を買い戻すために買い注文を出さなければならない。
3. 返還請求をしていたエージェントは、 $t+2$ 期で買い戻された株から売り注文を出すことができる。

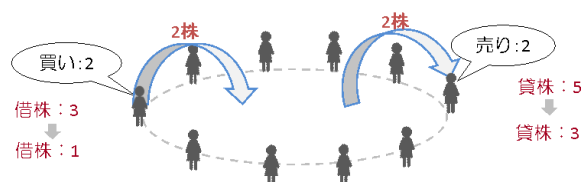


図3 借株の買い戻しと貸株の返却

② 貸株借株の手数料とその判断

エージェントは株を借りる際に手数料を払わなければならない。一方で、貸株をしたエージェントは手数料を受け取ることができる。

1. 貸株・借株の手数料は現在の価格の $100q_t\%$ に定める。但し、 $q_t = q \pm \sigma$, $\sigma \sim U(a, b)$ とする。
2. エージェントの貸株/借株の条件

i ファンダメンタリスト

$$\text{借株 } F_{i,t} - (1 + q_t)P_{t-1} < -\alpha_{i,t}$$

$$\text{貸株 } |P_{t-1} - F_{i,t}| < q_t P_{t-1}$$

ii テクニカルトレーダー

$$\text{借株 } (1 + q_t)P_{t-1} > -(MA_{i,t-1} + SD_{i,t-1})$$

$$\text{貸株 } |P_{t-1} - MA_{i,t}| < q_t P_{t-1}$$

iii ノイズトレーダー

手数料を考慮せず、貸株借株の判断をする。

2.4 外生的ショック

外生的ショックとして急激なファンダメンタルバリュウの低下を導入した。金融危機などによりファンダメンタルバリュウが極端に下落した場合を想定し、 s_1 期から m 期間の間、ファンダメンタルバリュウを $s_1 - 1$ 期の価格の $r_1\%$ になるように設定した。

3. シミュレーション

規制のない市場、価格規制のある市場、Naked Short Selling が禁止された市場について、それぞれ同じ設定でシミュレーションを行った。各市場の価格変動、ファンダメンタルバリュウとの乖離、ボラティリティの比較について示す。

3.1 シミュレーション設定

エージェントの構成は、ファンダメンタリストが 200、テクニカルトレーダー 200 (モメンタム・トレーダー 100、リバーサル・トレーダー 100)、ノイズトレーダー 200 という 1 パターンのみで行った。初期価格、初期のファンダメンタルバリュウはともに 1000、全エージェントの初期資産は株数 1000、キャッシュ 10000 から取引を開始する。外生的ショックの設定は、2.4 の①の場合において $r_1 = 80$, $m = 30$, ②の場合においては $r_2 = 80$, $w = 0.3$ とした。以上の設定で 1 試行に 10000 取引を行い、1000 回の試行を

行った。

3.2 規制のない市場

2.3.1, 2.3.2 で述べた設定はなく、制限なく売買注文を出すことができる規制のない市場でのシミュレーション結果を示す。

① 価格変動

図 4 は規制のない市場での約定価格の変動(10000 取引中の途中 1000 取引を抜粋)を示している。

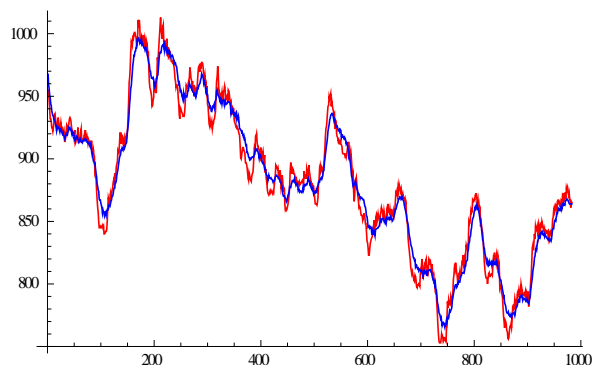


図 4 規制なし市場での価格変動
(赤線:約定価格, 青線:FV, 縦軸:価格, 横軸:取引回)

価格変動のピーク時に約定価格がファンダメンタルバリューを大きく上回る／下回ることが多く、約定価格は過大評価、過小評価となる傾向が見られる。

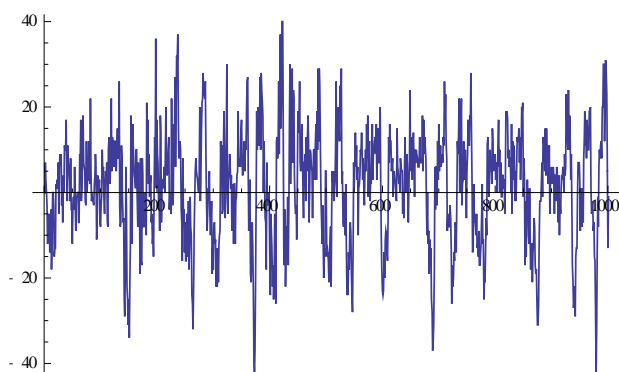


図 5 約定価格と FV の乖離 (約定価格-FV)
(縦軸:価格差, 横軸:取引回)

② ファンダメンタルバリューとの乖離

図 5 はファンダメンタルバリューと約定価格の差(10000 取引中の途中 1000 取引を抜粋)を、図 6 は価格の乖離 $((\text{約定価格}-\text{FV})/\text{約定価格})$ の分布を示している。ファンダメンタルバリューと約定価格の乖離は差分、その頻度ともに、正負のどちらかに大きく偏ることなく同程度に見られる。

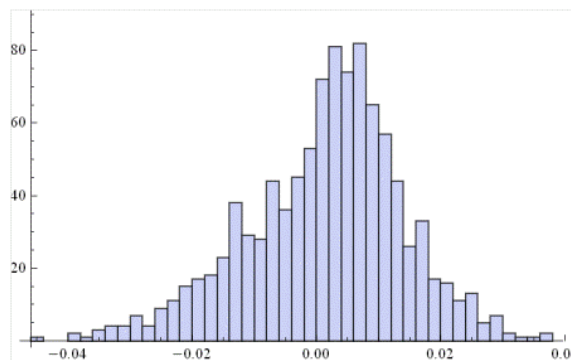


図 6 約定価格と FV の乖離の分布
(縦軸:頻度, 横軸: $(\text{約定価格}-\text{FV})/\text{約定価格}$)

③ ファンダメンタルバリュー下落時の価格変動

図 7 は、2.4 の①の設定でファンダメンタルバリューが急激に下落したときの価格変動を示している。



図 7 FV 下落時の価格変動
(縦軸:価格, 横軸:取引回, 赤帯:FV 下落期間)

約定価格は、ファンダメンタルバリューの急激な下落に即座に反応し、大きく下落する。また一度大きく下落すると長い期間価格が下がったままになる。

3.3 価格規制のある市場

2.3.1 の設定で取引を行う市場のシミュレーション結果を示す。

① 価格変動

図 8 は約定価格の変動(10000 取引中の途中 1000 取引を抜粋)を示している。規制のない市場に比べて、全体的にファンダメンタルバリューからの大きな乖離は減少した。価格上昇のピーク時に、約定価格はファンダメンタルバリューに対して過大評価になりやすいものの、下落時の過小評価が起きにくくなるのがわかる。

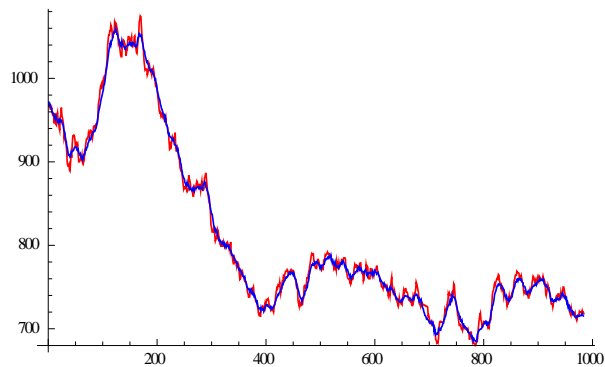


図8 価格規制のある市場での価格変動
(赤線:約定価格, 青線:FV, 縦軸:価格, 横軸:取引回)

② ファンダメンタルバリューとの乖離

図9はファンダメンタルバリューと約定価格の差(10000取引中の途中1000取引を抜粋)を, 図10は価格の乖離((約定価格-FV)/約定価格)の分布を示している. ファンダメンタルバリューと約定価格の乖離はやや正の方向に偏る(約定価格>ファンダメンタルバリュー)傾向にある.

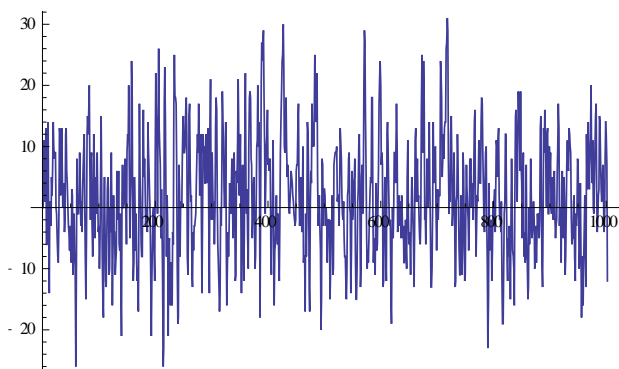


図9 約定価格とFVの乖離(約定価格-FV)
(縦軸:価格差, 横軸:取引回)

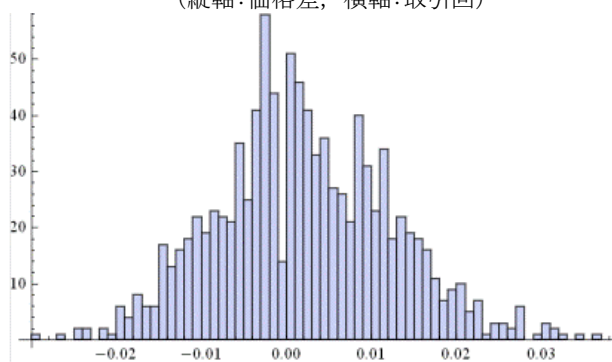


図10 約定価格とFVの乖離の分布
(縦軸:頻度, 横軸:(約定価格-FV)/約定価格)

③ ファンダメンタルバリュー下落時の価格変動

図11は, 2.4の①の設定でファンダメンタルバ

リューが急激に下落したときの価格変動を示している. 規制のない市場と比べて, ファンダメンタルバリューの急激な下落に対する約定価格の暴落は見られない. しかし, 約定価格はしばらく下がり続け, ショックの影響が長い期間に渡る傾向がある.

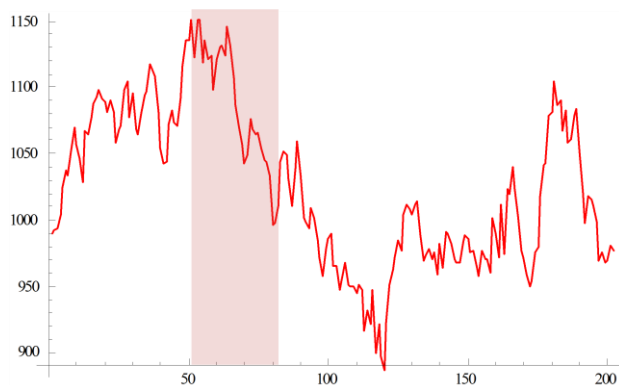


図11 FV下落時の価格変動
(縦軸:価格, 横軸:取引回, 赤帯:FV下落期間)

3.4 Naked Short Selling が禁止された市場

2.3.2の設定下にある市場のシミュレーション結果を示す.

① 価格変動

図12は約定価格の変動(10000取引中の途中1000取引を抜粋)を示している. 他の2つの市場と比較し, 価格下落時はファンダメンタルバリューを下回る傾向が弱まり, 全体的に約定価格がファンダメンタルバリューを上回る傾向がある.

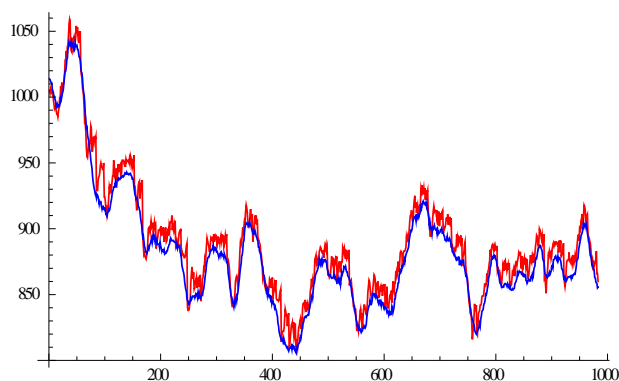


図12 Naked Short Selling が禁止された市場での価格変動
(赤線:約定価格, 青線:FV, 縦軸:価格, 横軸:取引回)

② ファンダメンタルバリューとの乖離

図13はファンダメンタルバリューと約定価格の差(10000取引中の途中1000取引を抜粋)を, 図14は価格の乖離((約定価格-FV)/約定価格)の分布を示

している。ファンダメンタルバリューと約定価格の乖離は正の方向に大きく偏る傾向にあり、約定価格は過大評価になりやすいことがわかる。

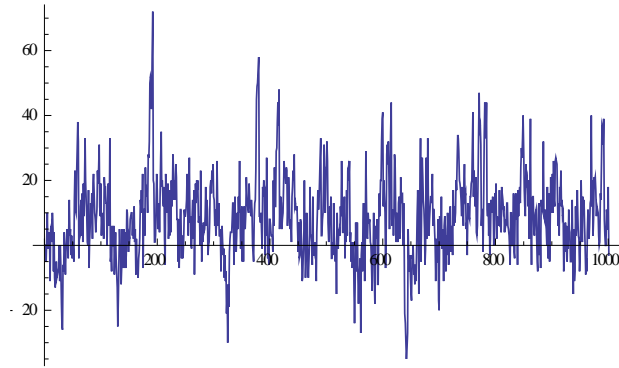


図 13 約定価格と FV の乖離 (約定価格-FV)
(縦軸:価格差, 横軸:取引回)

③ ファンダメンタルバリュー下落時の価格変動

図 15 は、2.4 の①の設定でファンダメンタルバリューが急激に下落したときの価格変動を示している。ファンダメンタルバリューの急激な下落に対して約定価格の反応はやや鈍く、ショック直後より遅れてシミュレーション価格の大きな下落が見られることが見られた。しかし、他の市場と比べてショックの影響は長くは続かず、約定価格は比較的早く通常の水準に戻った。

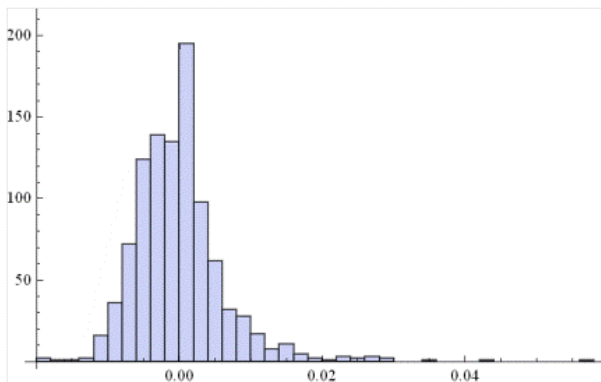


図 14 約定価格と FV の乖離の分布
(縦軸:頻度, 横軸:(約定価格-FV)/約定価格)



図 15 FV 下落時の価格変動
(縦軸:価格, 横軸:取引回, 赤帯:FV 下落期間)

3.4 その他の比較

3 つの各市場において、空売りの注文量とヒストリカル・ボラティリティについて比較を行った。

表 1 は各市場について空売り注文量の平均と標準偏差を算出し、規制のない市場との比率を示したものである。

	価格規制	Naked 禁止
空売り注文量	64.1	52.1
標準偏差	8.7	10.9

(単位 %)

表 1 空売り注文量の比較

Naked Short Selling を禁止した場合、空売り注文量は規制のない市場に対して平均して 64.1%まで減少する。これは、借株が不可能だった場合、空売り注文がキャンセルされるためである。価格規制がある市場の場合、空売り注文量は平均して 52.1%まで減少する。価格下落時、現在の価格以上の指値の空売り注文が多くキャンセルされるなど、相場の状況に左右される。

表 2 は、1000 試行のヒストリカル・ボラティリティの平均である。

	規制なし	価格規制	Naked 禁止
HV	0.072	0.064	0.067

表 2 ヒストリカル・ボラティリティの比較

規制のない市場ではボラティリティが最も高く、それに比較し 2 つの施策のある市場ではボラティリティは低かった。空売り規制の導入によりボラティリティは減少するが、価格規制のある市場が最もボラティリティが低いことがわかった。

...

4. まとめ

本研究では、空売り規制の2つの施策(価格規制, Naked Short Selling の禁止)について、エージェントシミュレーション手法を用いて、その有効性を検証した。

4.1 考察

価格規制のある市場では、規制なしの市場に比較し、ファンダメンタルバリューからの大きな乖離は減少し、ボラティリティも Naked Short Selling を禁止した市場と比較してより減少した。また、価格上昇のピーク時に過大評価はあるものの、下落時の過小評価が比較的抑えられている。ファンダメンタルバリューの急激な下落に対し、規制なし市場、Naked Short Selling を禁止した市場と比較して、約定価格の大きな反応は見られなかった。しかし、約定価格の下落が緩やかではある一方でその傾向がしばらく続き、ショックの影響がやや長い期間に渡る傾向がある。

Naked Short Selling を禁止した市場では、規制なしの市場に比較してボラティリティが減少した。約定価格は全体的にファンダメンタルバリューを上回り、価格は過大評価になる傾向があった。しかし、規制のない市場に比較し、価格下落のピーク時にファンダメンタルバリューを大きく下回る現象が減少し、過小評価の傾向が抑えられることがわかった。借株ができず売り注文を出すことができなかった場合や借株の買い戻しのための買い注文が価格を大きく下落することを抑制しているが、上昇傾向を生み出す原因となることもある。ファンダメンタルバリューの急激な下落に対しては、約定価格がすぐに反応し即座に大きく下落することはないが、遅れて下落することがあった。しかし、ショックが長く影響することはなく、規制のない市場に比べてロバスト性が高いと言える。

4.2 今後の課題

今後、モデルやシミュレーションに関する以下の課題を通して、規制の有効性について更なる考察を行う予定である。

- ・ 成行注文の導入
- ・ 複数の空売り規制措置の同時設定
- ・ 価格下落後の規制導入の効果
- ・ エージェント構成割合の変更

参考文献：

- [1] 八木勲, 水田孝信, 和泉潔: 人工市場を利用した空売り規制が与える株式市場への影響分析, 人工知能学会誌, 26 巻, 1 号, pp. 208-216, (2011)
- [2] Isao Yagi, Takanobu Mizuta, and Kiyoshi Izumi: A Study on the Effectiveness of Short-Selling Regulation in View of Regulation Period Using Artificial Markets, Evolutionary and Institutional Economics Review, Vol. 7, No. 1 pp.113-132, (2010)
- [3] Björn-Christopher Witte, and Christopher Kah: Short Selling Constraints and their Effects on Market Efficiency: Insights from Agent-based Modeling, Eastern Economic Association Annual Conference (2010)
- [4] Alessio Setzu, Michele Marchesi: The Effects of Short-Selling and Margin Trading: a Simulation Analysis, Discussion paper, CiteSeerX (2006)