



# FSA Institute Discussion Paper Series

エージェントシミュレーションを用いた  
「価格規制」と「ネイキッド・ショート・セ  
リングの禁止」の有効性の検証

大井 朋子

DP 2012-5  
2012年12月

金融庁金融研究センター  
Financial Research Center (FSA Institute)  
Financial Services Agency  
Government of Japan

金融庁金融研究センターが刊行している論文等はホームページからダウンロードできます。

<http://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>

本ディスカッションペーパーの内容や意見は、全て執筆者の個人的見解であり、金融庁あるいは金融研究センターの公式見解を示すものではありません。

# エージェントシミュレーションを用いた「価格規制」と「ネイキッド・ショート・セリングの禁止」の有効性の検証\*

大井 朋子†

## 概 要

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り、既往の理論研究や実証研究においても結論には至っていない。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関し定量的な分析を行った。エージェントシミュレーションは近年、金融市場のモデル化や分析の研究技法としてよく用いられ、様々な市場の現象の解明に役立っている。本シミュレーションでは我が国の現行の空売り規制のうち2つの措置（価格規制、ネイキッド・ショート・セリングの禁止）をモデル化し、それらの有効性について検証を行った。施策を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、価格のボラティリティについて計測した。また、2つの外生的ショック（ファンダメンタルバリューの急な下落や極端に安い指値注文によるショック）が与えられた時に、規制による市場の頑健性効果について考察を行った。その結果、多くの先行研究と同様に、規制を導入することで規制のない市場よりも市場のリスクは低下するが、価格が過大評価になる傾向があることがわかった。

キーワード: 空売り規制 価格規制 ネイキッド・ショート・セリング エージェントシミュレーション

\*本研究は、筆者の個人的な見解を示すものであり、金融庁及び金融研究センターの公式見解ではない。

†金融庁金融研究センター tomoko.ooi@fsa.go.jp

## 1 はじめに

空売り及び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。空売りは投機的な取引であり、価格の下落を加速させるという否定的な考えがある一方で、市場に対して流動性を供給する役割を持つという肯定的な意見もある。同様に規制の導入に対しても、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があり、それに対して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も、空売り及びその規制に対して多くの見解があり統一された答えは出ていない。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。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、価格のボラティリティ、空売り注文量について計測した。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、極端に安い指値注文によるショック）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（取引所が直前に公表した価格以下での空売りの禁止）
3. 売付けの際に株の手当てがなされていない空売り（ネイキッド・ショート・セリング）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、3のネイキッド・ショート・セリングの禁止の2つの施策を検証の対象とした。

### 1.2 エージェントシミュレーション

エージェントシミュレーションとは、システムを構成するエージェントの行動をモデル化し、それらのミクロな相互作用からシステムのマクロ的挙動を分析する手法である。金融市場への応用研究では、既存の経済理論では説明が困難であるとされていた市場現象のメカニズムの解明に成果を上げている。その他に、効率的市場仮説をはじめとする経済理論や為替介入等の政策効果の検証や、意思決定、投資戦略の支援や投資教育ツールにも応用されている。

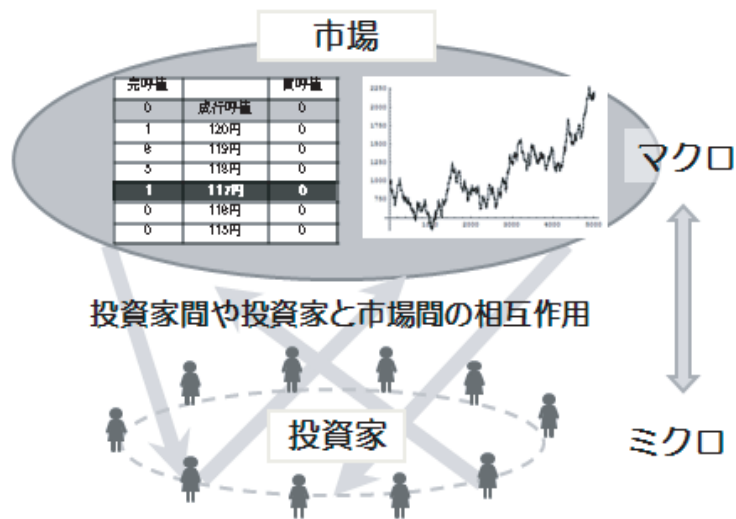


図 1: エージェントシミュレーションによる金融市場

### 1.3 先行研究

エージェントシミュレーションによる空売りや空売り規制の研究は多数報告されており [1-6]、そのほとんどが完全空売り規制を対象としたものであるが、価格規制を対象とした研究も近年報告されている [3,4]。

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。また、水田 [3] らは、完全空売り規制やアップティックルールの効果を検証し、規制がある場合、バブル崩壊時には価格がファンダメンタル価格よりも下落せず市場が効率的になる一方で、平常時には割高な価格でしか取引されないというマイナス面があることが示した。Witte ら [4] は、完全空売り規制と価格規制のそれぞれについてシミュレーションを行い、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。このように、シミュレーションによる研究においても、空売り規制は価格の下落を抑制する効果があるが、規制により価格が過大評価になる傾向があるという多くの実証研究と同様の結果を示している。

### 1.4 本研究の目的

本研究では、エージェントシミュレーションを用いて価格規制とネイキッド・ショート・セリングの禁止規制の有効性を検証する。既往のシミュレーションによる空売り規制の研究では完全空売り規制をモデル化しているものがほとんどであるのに対し、本モデルでは手当のない空売りの禁止について検証するため、エージェント間に貸株、借株の取引を導入している。また、空売り規制の各施策について検証している研究が多い中、本研究では価格規制とネイキッド・ショート・セリングの禁止の2つの施策を同時に導入した場合の市場についての検証も行なっている。

## 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、エージェント間に株式の売買の他に、貸株、借株の取引を導入した。そのためエージェントは売り買いの投資判断の他に、手数料を考慮した貸株、借株の判断を行う。

### 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。それぞれのエージェントの投資判断を以下で説明する。

#### 2.1.1 ファンダメンタリスト

ファンダメンタリストは株価に対して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、投資判断を行う。 $t$ 期のファンダメンタルバリューは、 $t$ 期のシミュレーション価格  $P_t$ 、 $t$ 期のシミュレーション価格の15期間加重移動平均を  $WMA_t$ 、ランダム項を  $b_t \sim N(0,1)$  とすると、

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

とする。

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、その値と直前のシミュレーション価格を比較して投資判断を行う。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、

$$F_{i,t} = F_t + \epsilon_{i,t}$$

$$\epsilon_{i,t} \sim N(0, |F_{i,t-1} - F_{i,t-2}|/2)$$

とする。

また、各自が投資判断閾値を持ち、 $t$ 期のファンダメンタリスト  $i$  の判断閾値を  $\alpha_{i,t}$  ととする。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値  $F_{i,t}$  を指値  $LP_{i,t}$  とした指値注文のみを行い、注文量  $TV_{i,t}$  は価格差に比例する。ファンダメンタリスト  $i$  の  $t$  期の投資行動を  $A_{i,t}$  とし、買いの時は  $A_{i,t} = 1$  を、売りの時は  $A_{i,t} = -1$  を示す。

ファンダメンタリスト  $i$  の  $t$  期の投資判断は、

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{i,t} - P_{t-1} > \alpha_{i,t} \\ F_{i,t} - P_{t-1} < -\alpha_{i,t} \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} A_{i,t} = 1 \\ LP_{s,t} = F_{i,t} \\ TV_{i,t} = |F_{i,t} - P_{i,t-1}| \alpha_{i,t} \\ A_{i,t} = -1 \\ LP_{i,t} = F_{i,t} \\ TV_{i,t} = |F_{i,t} - P_{i,t-1}| \alpha_{i,t} \end{array} \right.$$

$$(\alpha_{i,t} \sim N(0, |P_{t-1} - F_{i,t}|/3))$$

である。

### 2.1.2 テクニカルトレーダー

テクニカルトレーダーは、過去のシミュレーション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 まで整数値の一樣乱数で決定される。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。

テクニカルトレーダー  $i$  の  $t$  期の投資行動を  $A_{i,t}$ 、指値を  $LP_{i,t}$ 、注文量を  $TV_{i,t}$  とし、投資行動は買いの時  $A_{i,t} = 1$  を、売りの時  $A_{i,t} = -1$  を示す。

順張り戦略を持つモメンタム・トレーダー  $i$  の  $t$  期の投資判断は、

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{t-1} > MA_{i,t-1} + SD_{i,t-1} \\ P_{t-1} < MA_{i,t-1} - SD_{i,t-1} \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} A_{i,t} = 1 \\ LP_{s,t} = P_{t-1} + \beta_{i,t} \\ TV_{i,t} = |P_{t-1} - MA_{i,t-1}| \beta_{i,t} \\ A_{i,t} = 1 \\ LP_{s,t} = P_{t-1} - \beta_{i,t} \\ TV_{i,t} = |P_{t-1} - MA_{i,t-1}| \beta_{i,t} \end{array} \right.$$

$$(\beta_{i,t} \sim N(0, SD_{i,t-1}/2), \beta_{i,t} \in \mathbb{N})$$

である。逆張り戦略の場合（リバーサル・トレーダーの投資判断）はこの反対となる。

### 2.1.3 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、成行注文のみを行う。ノイズトレーダーの投資判断は売買を同確率（1/2）で決定し、注文量は 3 から 10 までの整数値で一樣乱数で決定される。

## 2.2 価格決定方式

シミュレーション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（シミュレーション価格）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. すべての成行注文を約定
2. シミュレーション価格より高い指値の買注文と安い売注文の全数が約定
3. 板寄せ時のシミュレーション価格と同一価格で対当する注文がなく、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
4. 1、2 の条件を満たす価格が複数ある場合に 1 期前のシミュレーション価格に最も近い価格をシミュレーション価格とする

## 2.3 空売りと2つの空売り規制施策

本モデルでは、価格規制、空売りと買い戻し、貸株と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（図2）。

- 直近のシミュレーション価格未満での空売り注文の発注を禁止する
- 価格上昇時は、直近価格以上の指値で空売り注文を出す
- 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

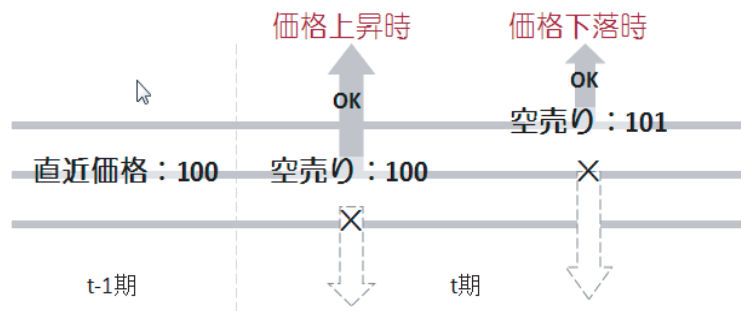


図 2: 価格規制

### 2.3.2 ネイキッド・ショート・セリングの禁止

ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場では、売りの判断をしたときに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。以下に空売り、買い戻し、貸株、借株のモデル化について説明する。

#### 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、ネイキッド・ショート・セリングが禁止されている市場では次のように借株を行う（図3）。

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



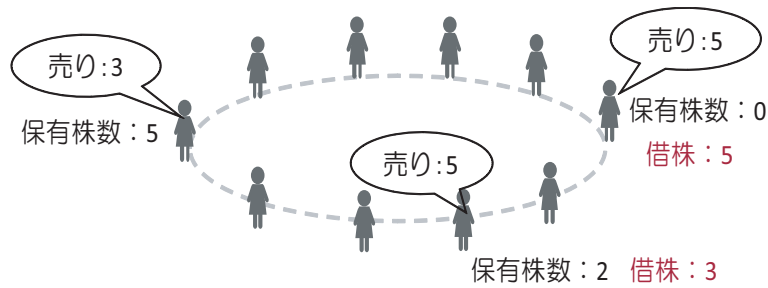


図 3: 借株・貸株

また、借株の返却は以下のように行われる (図 4)。

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比例按分して買戻請求する
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

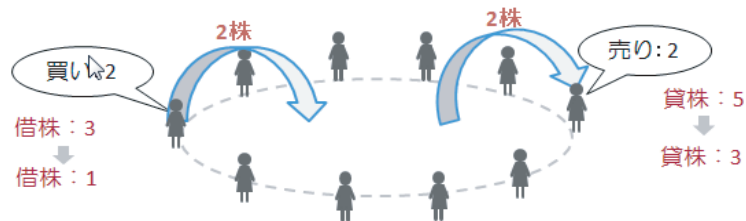


図 4: 借株の買い戻しと借株の返却

### 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。

貸株・借株の手数料は  $q_t * P_{t-1}$  に定める。但し、 $q_t = q \pm \sigma_t$ ,  $\sigma_t \sim U(q_1, q_2)$  とする。エージェントの貸株/借株の条件は以下のとおりである。

#### ファンダメンタリスト

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

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

#### テクニカルトレーダー

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

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

## ノイズトレーダー

手数料を考慮せず、貸株借株を行う。

### 2.3.3 外生的ショック

#### ファンダメンタルバリューの急激な低下

外生的ショックとして急激にファンダメンタルバリューの低下した場合を以下のように設定した。金融危機などによりファンダメンタルバリュー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ーを  $s_1 - 1$  期の価格の  $r_1\%$  になるように設定した。

#### 極端に安い指値の売り注文

$s_2$  期目に  $s_2 - 1$  期目の価格の  $r_2\%$  の指値の売り注文を全エージェントの注文量の  $w\%$  の注文数で入れる

## 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、ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場、2つの施策が同時に導入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ーとの乖離、ボラティリティと空売り注文量の比較した結果を示す。

### 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ーはともに 1000 とし、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。以上の設定で 1 試行に 10000 取引 (1000 期) を行い 1000 回の試行を行った。

各変数の値は、以下の表 1 の通りである。

| 変数    | 値     | 説明                        |
|-------|-------|---------------------------|
| $a$   | 0.1   | ファンダメンタルバリュー算出に対する直近価格の比重 |
| $q$   | 0.001 | 貸株借株手数料の基準値               |
| $q_1$ | 0.001 | 貸株借株手数料のランダム項下限           |
| $q_2$ | 0.003 | 貸株借株手数料のランダム項上限           |
| $s_1$ | 5000  | ファンダメンタルバリュー下落の開始期        |
| $r_1$ | 80    | ファンダメンタルバリュー下落率           |
| $m$   | 20    | ファンダメンタルバリュー下落期間          |
| $s_2$ | 5000  | 指値注文によるショックが起こる期          |
| $r_2$ | 80    | 直前の価格に対する指値の割合            |
| $w$   | 20    | ショック時の全注文量に対する指値注文量の割合    |

表 1: 変数の値とその説明

## 3.2 規制のない市場

2.3.1、2.3.2 で述べた設定による制約はなく、制限なく空売り注文、売買注文を出すことができる市場でのシミュレーション結果を示す。

### 3.2.1 価格変動

図 5 は規制のない市場でのシミュレーション価格の変動 (10000 取引中の途中 1000 取引を抜粋) を示している。

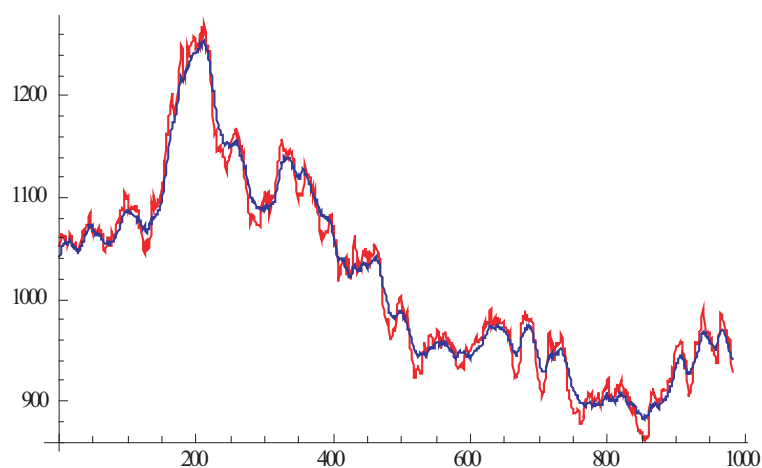


図 5: 規制のない市場での価格変動 (赤線:シミュレーション価格, 青線:ファンダメンタルバリュー, 縦軸:価格, 横軸:取引回)

価格変動のピーク時にシミュレーション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、シミュレーション価格は過大評価、過小評価となる傾向が見られる。

### 3.2.2 ファンダメンタルバリューとの乖離

図6はファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の差(10000取引中の途中1000取引を抜粋)を、図7は価格の乖離((シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー)/シミュレーション価格)の分布を示している。ファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の乖離は差分、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。

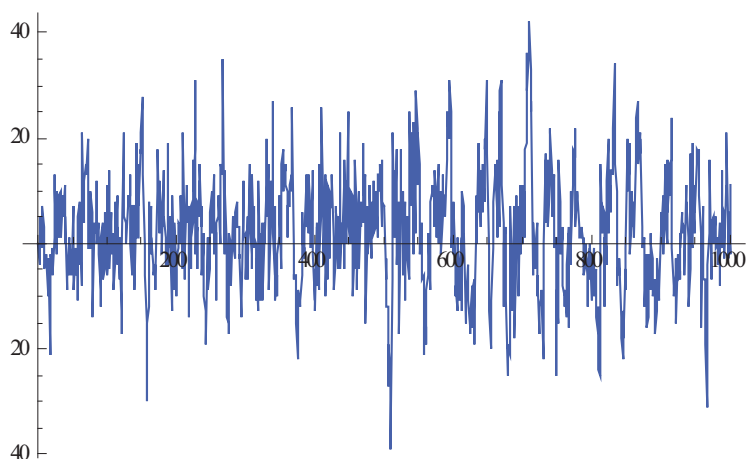


図6: 規制のない市場でのシミュレーション価格とファンダメンタルバリューとの乖離(シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー)(縦軸:価格差, 横軸:取引回)

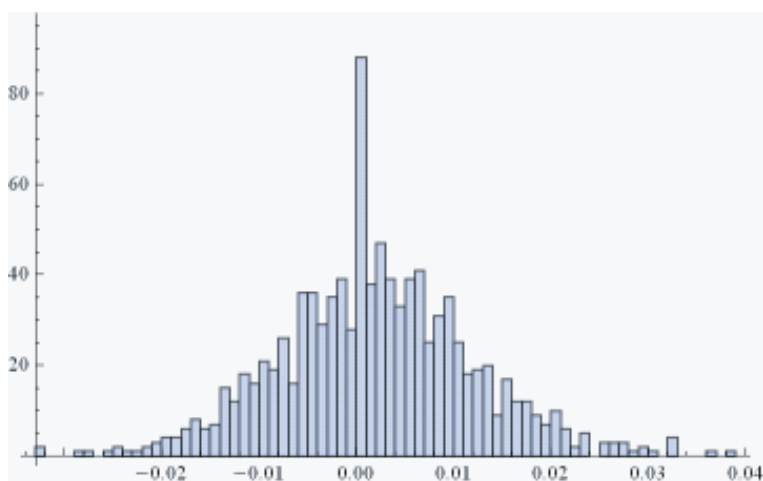


図7: 規制のない市場での乖離の頻度分布(縦軸:頻度, 横軸:(シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー)/シミュレーション価格)

### 3.2.3 ファンダメンタルバリュー下落時の価格変動

図 8 は、2.3.3 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。

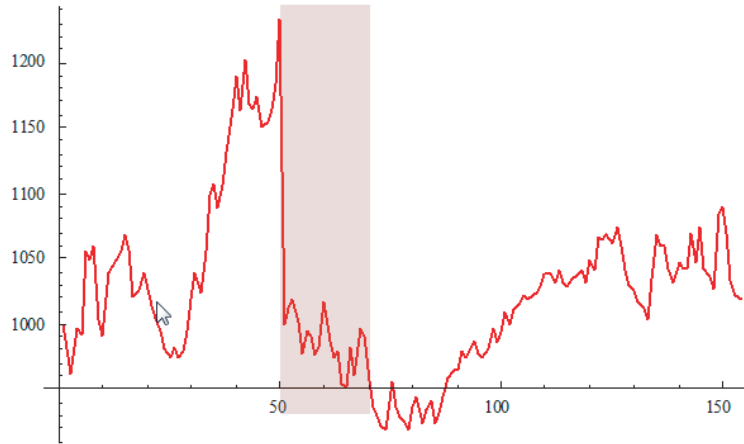


図 8: 規制のない市場でのファンダメンタルバリュー下落時の価格変動（縦軸:価格，横軸:取引回，赤帯: ファンダメンタルバリュー下落期間）

### 3.2.4 指値注文によるショック時の価格変動

図 9 は、2.3.3 の設定で極端に安い指値注文によるショック時の価格変動を示している。

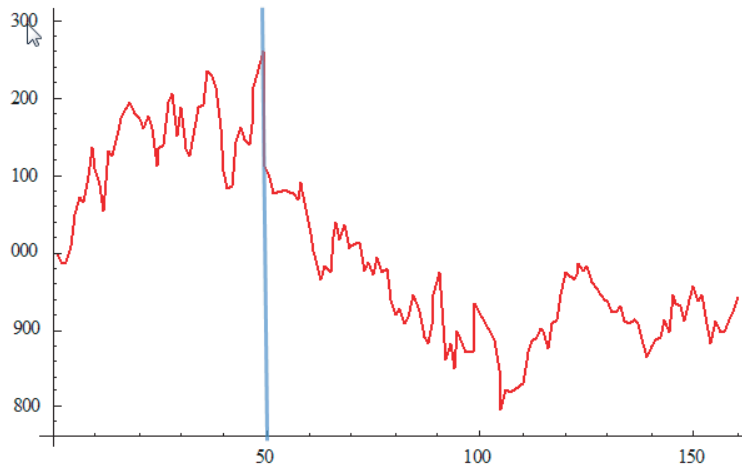


図 9: 規制のない市場での指値注文によるショック時の価格変動（赤線:シミュレーション価格，青縦線:指値注文によるショック，縦軸:価格，横軸:取引回）

シミュレーション価格は、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低い状態が続く。

### 3.3 価格規制のある市場

2.3.1 の価格規制の設定のもとで取引を行った市場のシミュレーション結果を示す。

#### 3.3.1 価格変動

図 10 はシミュレーション価格の変動 (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、シミュレーション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りにくくなることわかる。

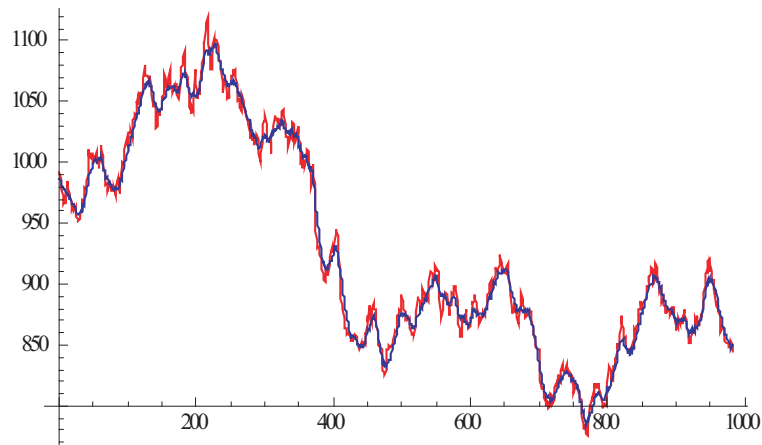


図 10: 価格規制のある市場での価格変動 (赤線:シミュレーション価格, 青線:ファンダメンタルバリュー, 縦軸:価格, 横軸:取引回)

#### 3.3.2 ファンダメンタルバリューとの乖離

図 11 はファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の差 (10000 取引中の途中 1000 取引を抜粋) を、図 12 は価格の乖離  $((\text{シミュレーション価格} - \text{ファンダメンタルバリュー}) / \text{シミュレーション価格})$  の分布を示している。ファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の乖離はやや正の方向に偏る (シミュレーション価格 > ファンダメンタルバリュー) 傾向にある。

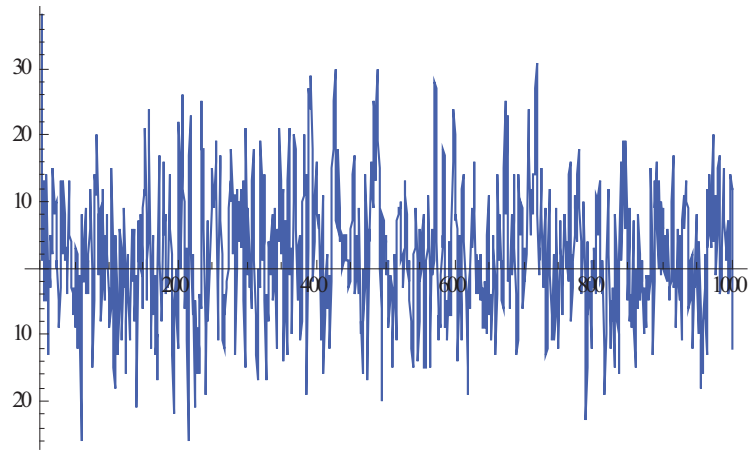


図 11: 価格規制のある市場でのシミュレーション価格とファンダメンタルバリューとの乖離（シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー）（縦軸:価格差, 横軸:取引回）

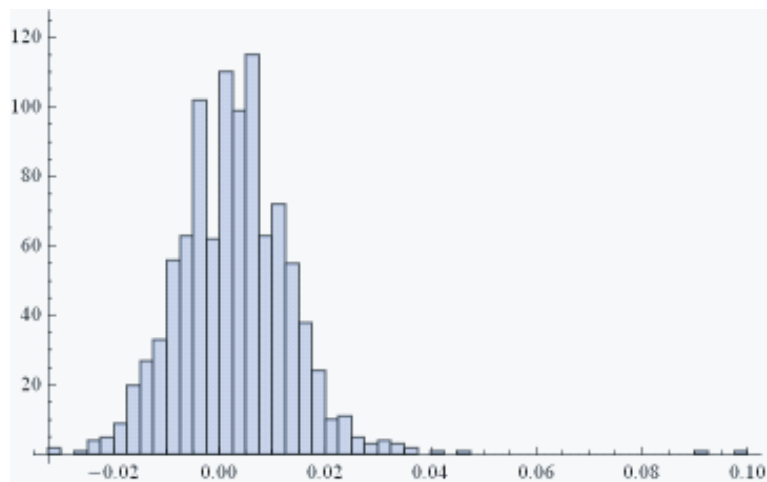


図 12: 価格規制のある市場での乖離の頻度分布（縦軸:頻度, 横軸:(シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー) / シミュレーション価格）

### 3.3.3 ファンダメンタルバリュー下落時の価格変動

図 13 は 2.3.3 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シミュレーション価格の暴落は見られない。しかし、シミュレーション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亘る傾向がある。

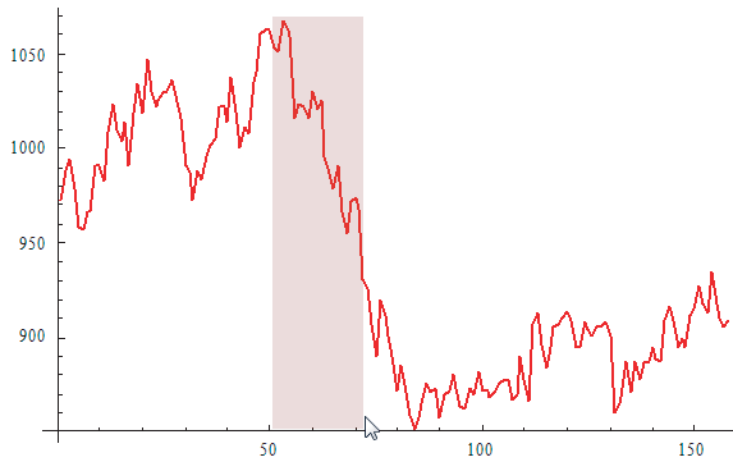


図 13: 価格規制のある市場でのファンダメンタルバリュー下落時の価格変動（縦軸:シミュレーション価格, 横軸:取引回, 赤帯: ファンダメンタルバリュー下落期間）

### 3.3.4 指値注文によるショック時の価格変動

図 14 は、2.3.3 の設定で極端に安い指値注文によるショック時の価格変動を示している。

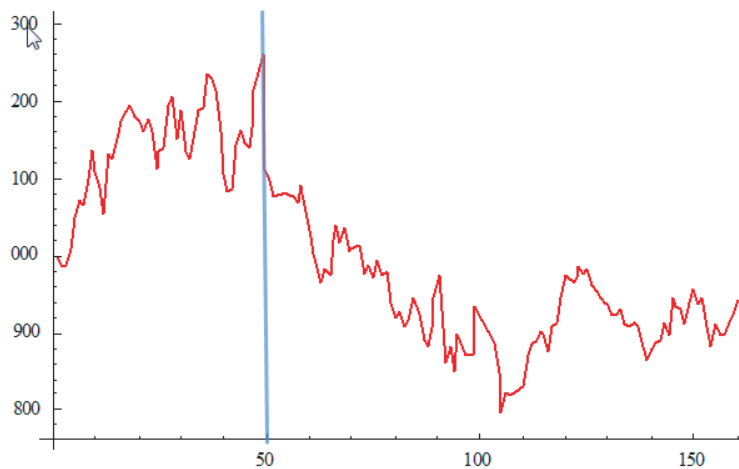


図 14: 価格規制のある市場での指値注文によるショック時の価格変動（赤線:シミュレーション価格, 青縦線:指値注文によるショック, 縦軸:価格, 横軸:取引回）

シミュレーション価格は、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。



### 3.4 ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場

2.3.2のネイキッド・ショート・セリングを禁止した設定下で取引を行った市場のシミュレーション結果を示す。

#### 3.4.1 価格変動

図15はシミュレーション価格の変動(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、全体的にシミュレーション価格がファンダメンタルバリューを上回る傾向がある。

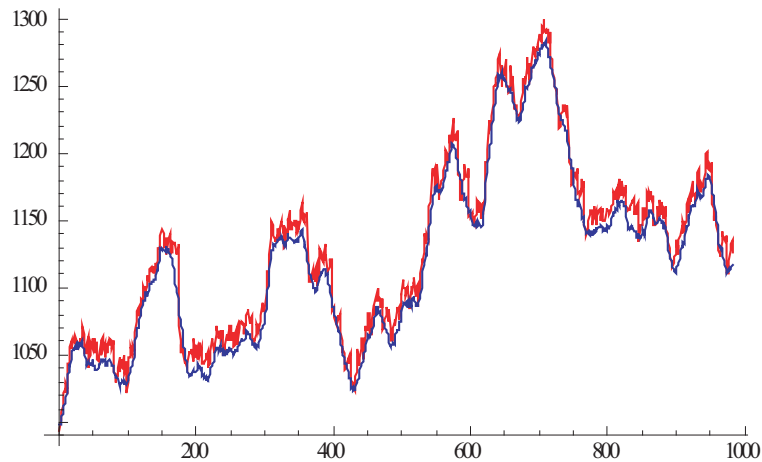


図15: ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場での価格変動(赤線:シミュレーション価格, 青線:ファンダメンタルバリュー, 縦軸:価格, 横軸:取引回)

#### 3.4.2 ファンダメンタルバリューとの乖離

図16はファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の差(10000取引中の途中1000取引を抜粋)を、図17は価格の乖離 $((\text{シミュレーション価格} - \text{ファンダメンタルバリュー}) / \text{シミュレーション価格})$ の分布を示している。ファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の乖離は正の方向に大きく偏る傾向にあり、シミュレーション価格は過大評価になりやすいことがわかる。

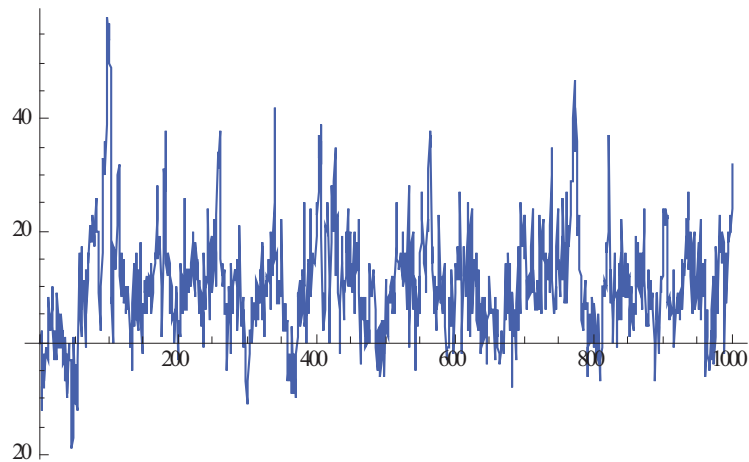


図 16: ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場でのシミュレーション価格とファンダメンタルバリューとの乖離 (シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー) (縦軸:価格差, 横軸:取引回)

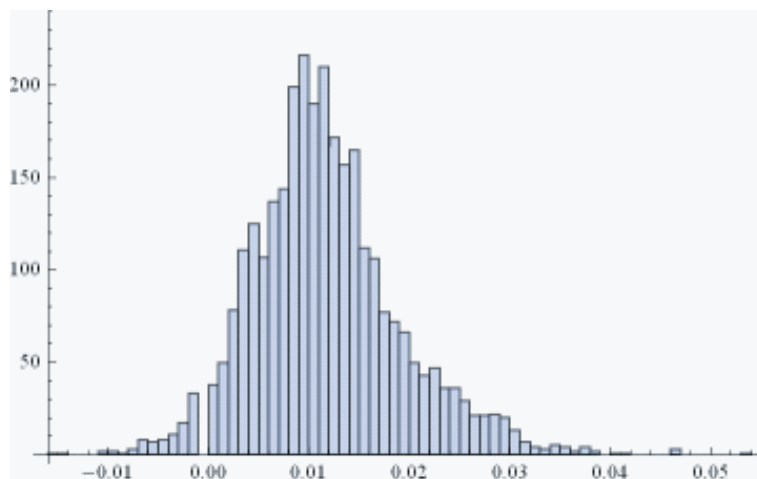


図 17: ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場での乖離の頻度分布 (縦軸:頻度, 横軸:(シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー) / シミュレーション価格)

### 3.4.3 ファンダメンタルバリュー下落時の価格変動

図 18 は、2.3.3 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シミュレーション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、シミュレーション価格は比較的早く通常の水準に戻った。

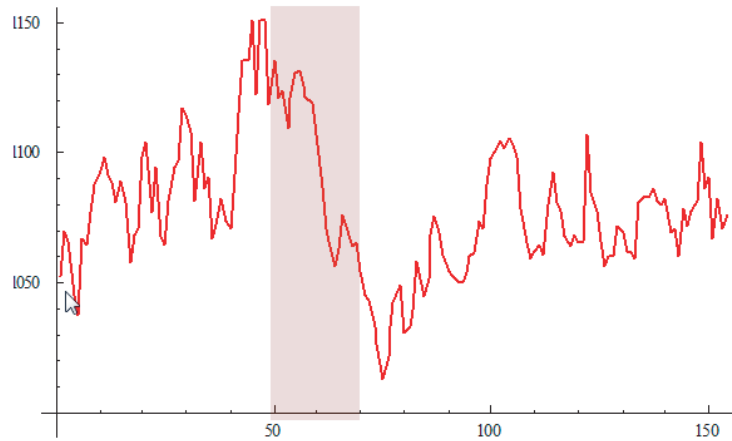


図 18: ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場でのファンダメンタルバリュー下落時の価格変動（縦軸:シミュレーション価格, 横軸:取引回, 赤帯: ファンダメンタルバリュー下落期間）

### 3.4.4 指値注文によるショック時の価格変動

図 19 は、2.3.3 の設定で極端に安い指値注文によるショック時の価格変動を示している。

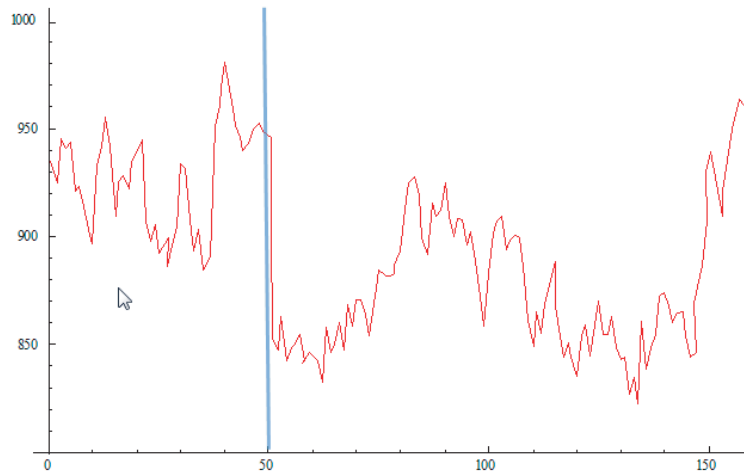


図 19: ネイキッド・ショート・セリングが禁止された市場での指値注文によるショック時の価格変動（赤線:シミュレーション価格, 青縦線:指値注文によるショック, 縦軸:価格, 横軸:取引回）

シミュレーション価格は、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。

### 3.5 2つの施策が導入された市場

2.3.1 と 2.3.2 の価格規制とネイキッド・ショート・セリングを禁止した2つ施策を同時に設定した市場でのシミュレーション結果を示す。

#### 3.5.1 価格変動

図 20 はシミュレーション価格の変動 (10000 取引中の途中 1000 取引を抜粋) を示している。1つの施策のみを導入した市場と比較し、全体的にファンダメンタルバリューを更に大きく上回り、価格は常に過大評価になりやすい傾向になる。

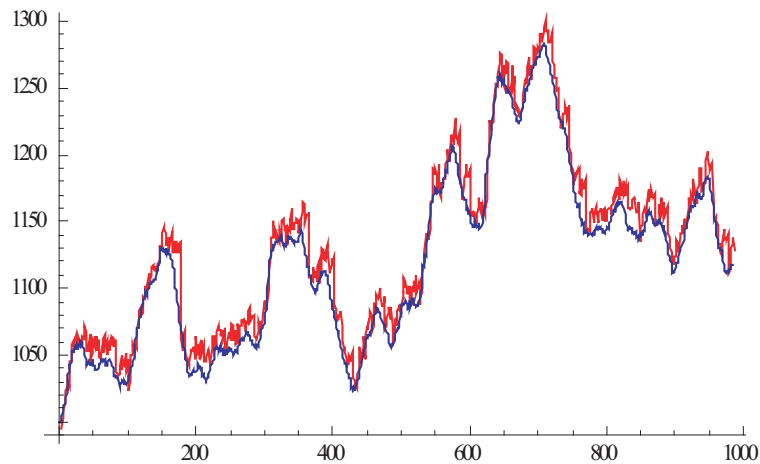


図 20: 2つの施策が導入された市場での価格変動 (赤線:シミュレーション価格, 青線:ファンダメンタルバリュー, 縦軸:価格, 横軸:取引回)

#### 3.5.2 ファンダメンタルバリューとの乖離

図 21 はファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の差 (10000 取引中の途中 1000 取引を抜粋) を、図 22 は価格の乖離  $((\text{シミュレーション価格} - \text{ファンダメンタルバリュー}) / \text{シミュレーション価格})$  の分布を示している。ファンダメンタルバリューとシミュレーション価格の乖離はほとんどが正の方向に大きく偏り、シミュレーション価格が過大評価になる傾向がかなり強くなる。

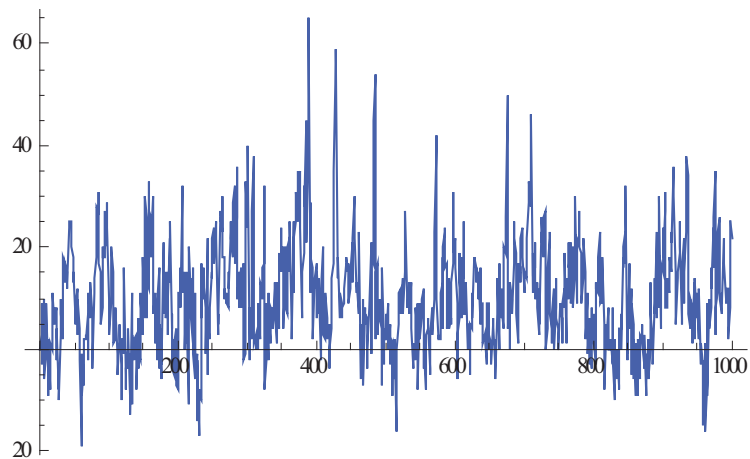


図 21: 2つの施策が導入された市場でのシミュレーション価格とファンダメンタルバリューとの乖離 (シミュレーション価格-ファンダメンタルバリュー) (縦軸:価格差, 横軸:取引回)

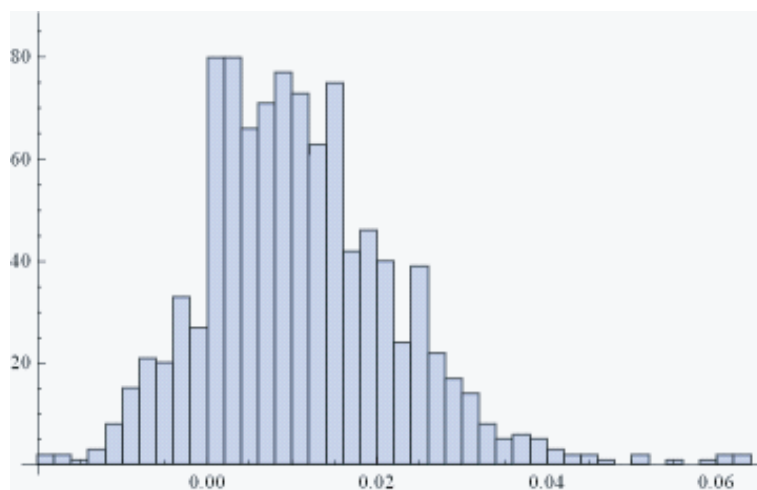


図 22: 2つの施策が導入された市場での乖離の頻度分布 (縦軸:頻度, 横軸:(シミュレーション価格-FV) / シミュレーション価格)

### 3.5.3 ファンダメンタルバリュー下落時の価格変動

図 23 は、2.3.3 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。シミュレーション価格の大きな下落はファンダメンタルバリューの下落期間に見られ、長期間に亘って継続するような変動はあまり観測されなかった。

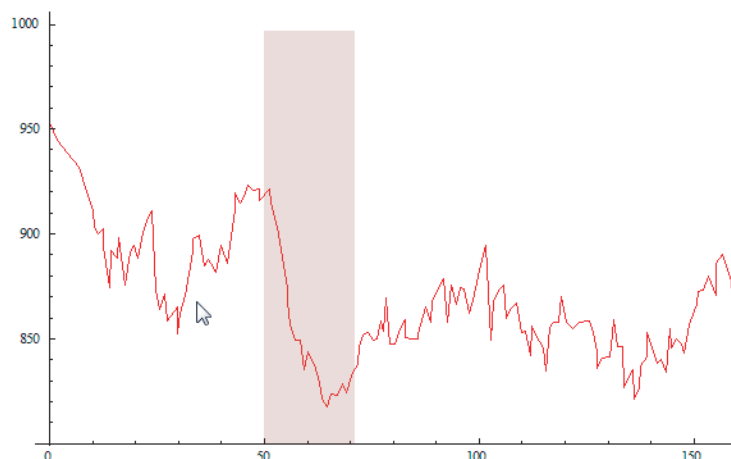


図 23: 2つの施策が導入された市場でのファンダメンタルバリュー下落時の価格変動（縦軸: 価格, 横軸:取引回, 赤帯: ファンダメンタルバリュー下落期間）

### 3.5.4 指値注文によるショック時の価格変動

図 24 は、2.3.3 の設定で極端に安い指値注文によるショック時の価格変動を示している。

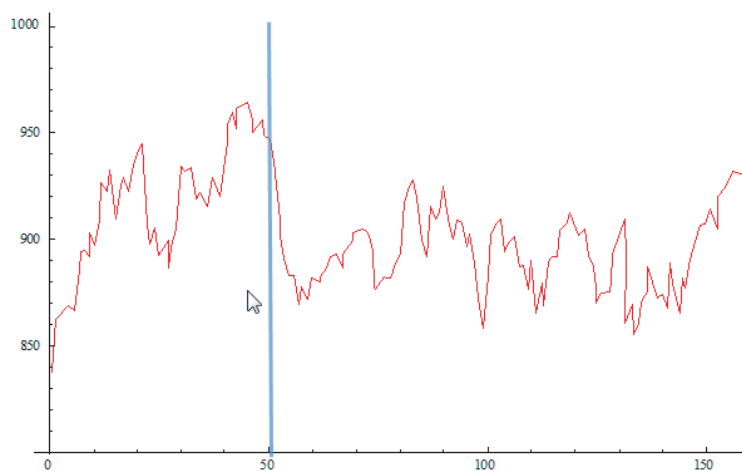


図 24: 2つの施策が導入された市場での指値注文によるショック時の価格変動（赤線:シミュレーション価格, 青縦線:指値注文によるショック, 縦軸:価格, 横軸:取引回）

シミュレーション価格は、数日に亘って下落するが長くは続かず、徐々にファンダメンタルバリューに収束した。

## 3.6 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 2 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 | ネイキッド禁止 | 2つの施策 |
|--------|------|---------|-------|
| 空売り注文量 | 53.6 | 69.8    | 51.9  |
| 標準偏差   | 8.1  | 7.9     | 8.7   |

表 2: 各市場での空売り注文量の比較

ネイキッド・ショート・セリングを禁止した場合、空売り注文量は規制のない市場に対して平均して 69.8%まで減少した。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 53.6%まで減少した。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、相場状況に左右される。

表 3 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  | ネイキッド禁止 | 2つの施策 |
|----|-------|-------|---------|-------|
| HV | 0.074 | 0.066 | 0.069   | 0.064 |

表 3: 各市場での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、それに比較し規制のある市場ではボラティリティの減少が見られ、2つの施策を導入した市場ではボラティリティは最も低かった。空売り規制の導入によりボラティリティは減少し、市場のリスクが低減していると言える。

## 4 まとめ

本研究では、空売り規制の2つの施策（価格規制、ネイキッド・ショート・セリングの禁止）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

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、ボラティリティもネイキッド・ショート・セリング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、ネイキッド・ショート・セリングを禁止した市場と比較して、シミュレーション価格の大きな反応は見られなかった。しかし、シミュレーション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亘る傾向がある。

#### ネイキッド・ショート・セリングを禁止した市場

ネイキッド・ショート・セリング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。シミュレーション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、シミュレーション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頑健性が高いと言える。

## 2つの施策を導入した市場

2つの施策を同時に導入した市場では、価格がファンダメンタルバリューを全体的に大きく上回り、どちらかの施策のみを導入した市場と比較して価格変動のピーク時に過大評価が起こる傾向が更に強くなった。ファンダメンタルバリューの急激な下落に対し、価格の大きな下落は主にファンダメンタルバリューの下落期間に見られ、長期間に亘って継続するような変動はほとんど観測されなかった。価格は数期間に亘って下落するが長くは続かず、徐々にファンダメンタルバリューに収束した。他の市場と比較してボラティリティが低くショックに対する頑健性も最も高いが、価格が過大評価になる傾向がかなり強くあらわれた。

規制のない市場に対して規制のある市場ではいずれも、価格の大きな下落は抑制されボラティリティが減少するなど市場のリスクは低下するが、価格が過大評価になりやすい傾向を示し、多くの先行研究と同様の結果となった。

## 4.2 今後の課題

モデルやシミュレーションの設定、分析項目に関しては以下の課題があり、今後は規制の有効性について更なる考察を行う予定である。

- エージェントの学習機能の追加
- 連続的な価格決定方式による市場
- 需給、信用倍率の参照と投資判断への反映
- 買い戻しのタイミングなどのエージェント行動やポジション推移等の詳細な分析
- 市場の流動性、効率性の指標による評価

## 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] 水田孝信, 和泉潔, 八木勲, 吉村 忍: 人工市場を用いた値幅制限・空売り規制・アップティックルールの検証, 第9回 人工知能学会 ファイナンスにおける人工知能応用研究会 (2012)

[5] Alessio Setzu, Michele Marchesi: The Effects of Short-Selling and Margin Trading: a Simulation Analysis, Discussion paper, CiteSeerX (2006)

[6] Jrgen Vitting Andersen: Could Short Selling Make Financial Markets Tumble?, International Journal of Theoretical and Applied Finance, vol. 08, issue 04, pp 509-521 (2005)



金融庁金融研究センター

〒100-8967 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-1  
中央合同庁舎 7号館 金融庁 15階

TEL: 03-3506-6000(内線 3293)

FAX: 03-3506-6716

URL: <http://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>