

人工市場を用いた
大規模誤発注による市場混乱を
防ぐ制度・規制の検証
～ トリガー式アップティック・ルールを中心に ～

水田 孝信*

スパークス・アセット・マネジメント(株)
東京大学大学院工学系研究科

和泉 潔

東京大学大学院工学系研究科
科学技術新興機構 CREST

八木 勲

神奈川工科大学情報学部

吉村 忍

東京大学大学院工学系研究科

* mizutata@gmail.com

* http://www.geocities.jp/mizuta_ta/

誤発注による市場混乱

実験 1

誤発注による
市場混乱

人工市場モデル
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

tg: 誤発注期間
pg: 誤発注密度
誤発注期間終了後も下落
 $sg = tg \times pg = \text{一定}$
⇒ 下落幅は同じ

トリガー式
アップティックルール

回避できるか？

金融庁が年末ごろ
新たに導入

実験 2

トリガー式
アップティック
ルールによる
市場混乱の回避

騰落率解除方式が
いろんな誤発注を
防げる可能性

誤発注による市場混乱

回避できるか？

金融庁が年末ごろ
新たに導入

トリガー式
アップティックルール

実験 2

トリガー式
アップティック
ルールによる
市場混乱の回避

人工市場モデル
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

実験 1

誤発注による
市場混乱

tg: 誤発注期間
pg: 誤発注密度
誤発注期間終了後も下落
 $sg = tg \times pg = \text{一定}$
⇒ 下落幅は同じ

騰落率解除方式が
いろんな誤発注を
防げる可能性

Chiarella et. al. [2009]

- 連続ダブルオークション
 - ⇒ 現実の値幅制限を実装するのに必要
- エージェントモデルは簡素
 - ⇒ 恣意的な結果を避けるため “Keep it short and simple”

1000体のheterogeneousなエージェント

予想リターン

$$r_{e,j}^t = \frac{1}{\sum_i w_{i,j}} \left(w_{1,j} \log \frac{P_f}{P^t} + w_{2,j} r_{h,j}^t + w_{3,j} \varepsilon_j^t \right)$$

$w_{i,j}$

戦略ウエイト
↑ エージェントごとに異なる

ファンダメンタル

テクニカル

ノイズ

+

学習過程

(オリジナル)

↑ 市場混乱の再現に必要な

パフォーマンスが良かった戦略 $w_{i,j}$ を上げる

パフォーマンスが悪かった戦略 $w_{i,j}$ を下げる

誤発注による市場混乱

実験 1

誤発注による
市場混乱

tg: 誤発注期間
pg: 誤発注密度
誤発注期間終了後も下落
 $sg = tg \times pg = \text{一定}$
⇒ 下落幅は同じ

人工市場モデル
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

トリガー式
アップティックルール

回避できるか？

金融庁が年末ごろ
新たに導入

実験 2

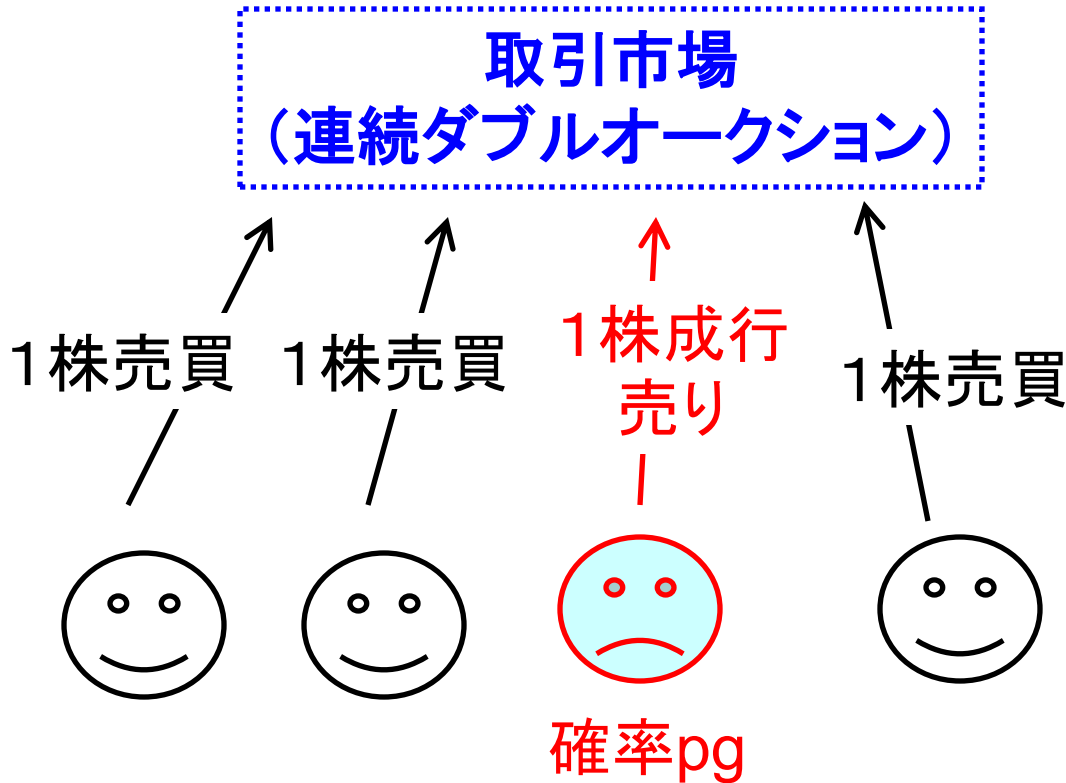
トリガー式
アップティック
ルールによる
市場混乱の回避

騰落率解除方式が
いろんな誤発注を
防げる可能性

実験 1: 誤発注による市場混乱

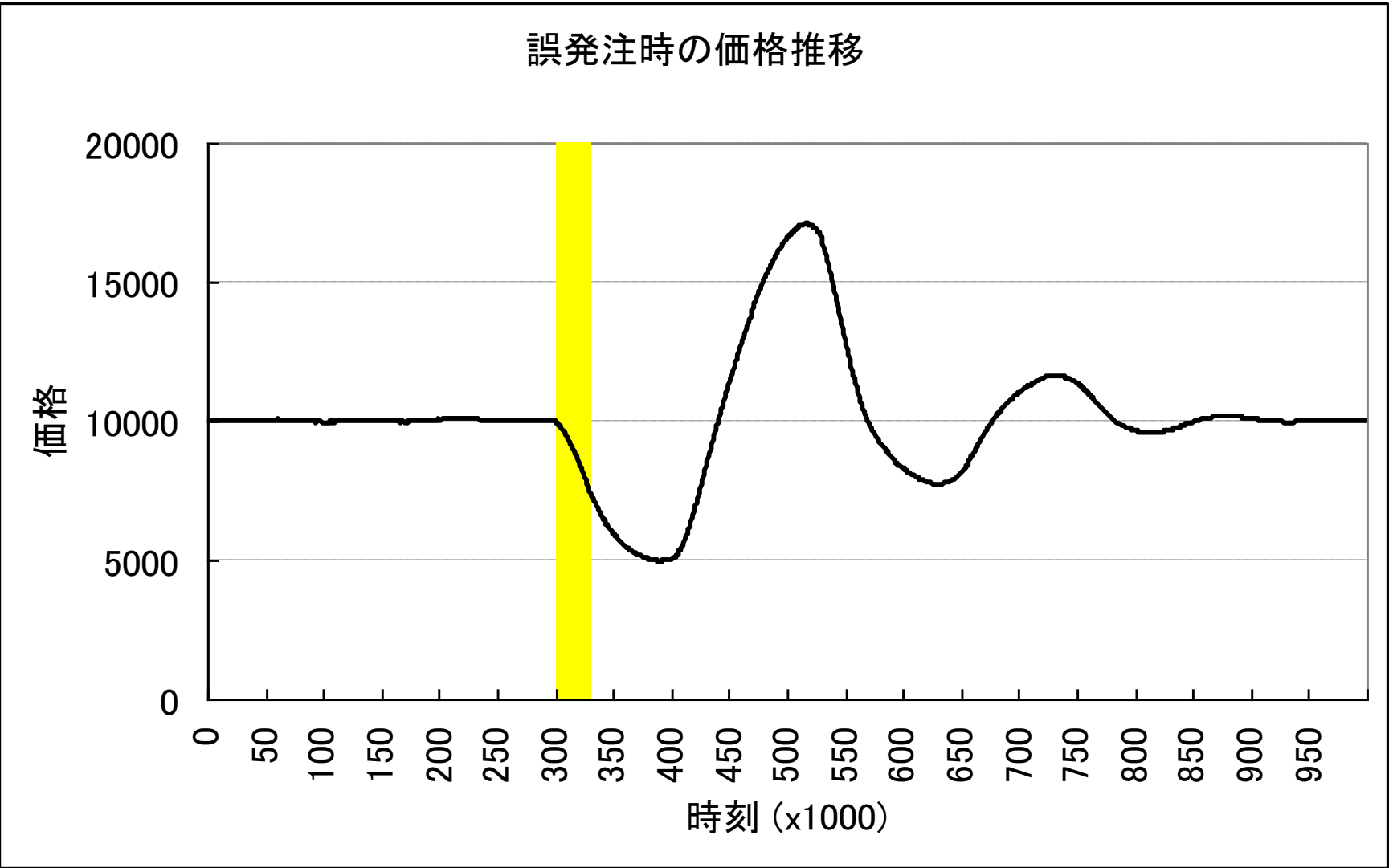
誤発注のモデル化

2つのパラメータ p_g : 誤発注確率
 t_g : 誤発注期間



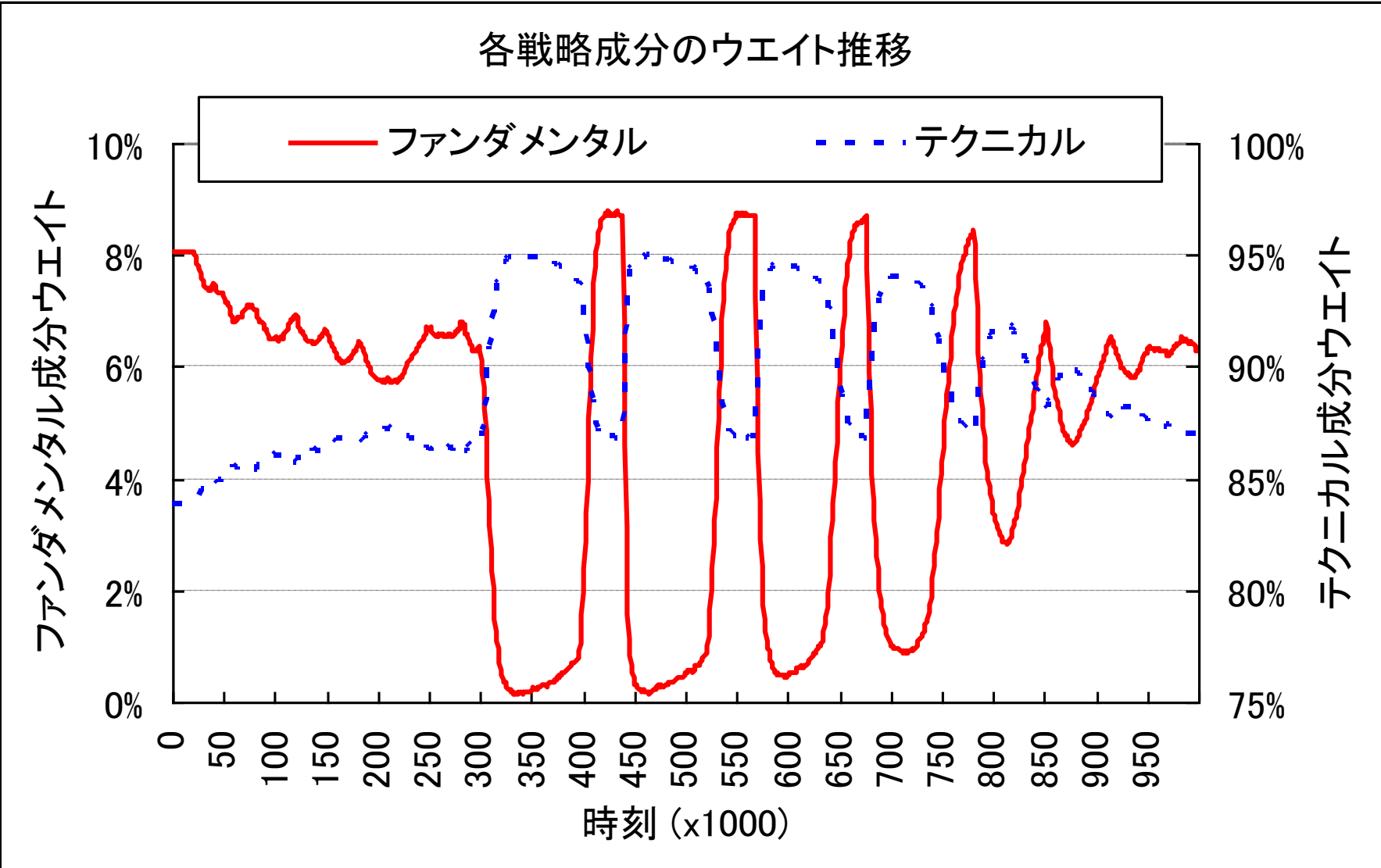
この状態が t_g 期間続く

誤発注時の価格推移 (tg=30000, pg=0.15)



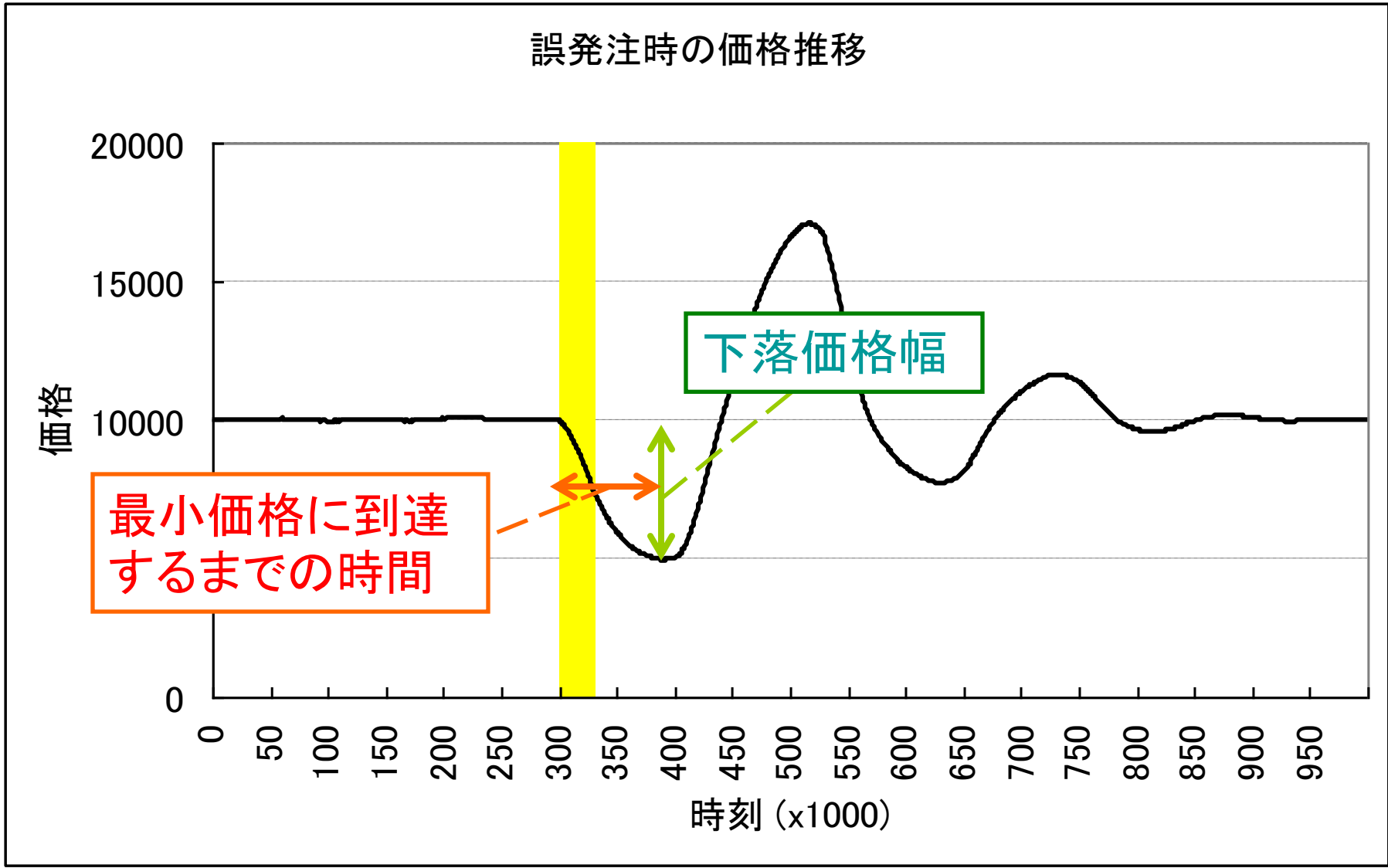
誤発注期間 (tg) を過ぎても下落し続ける

戦略ウエイトの推移



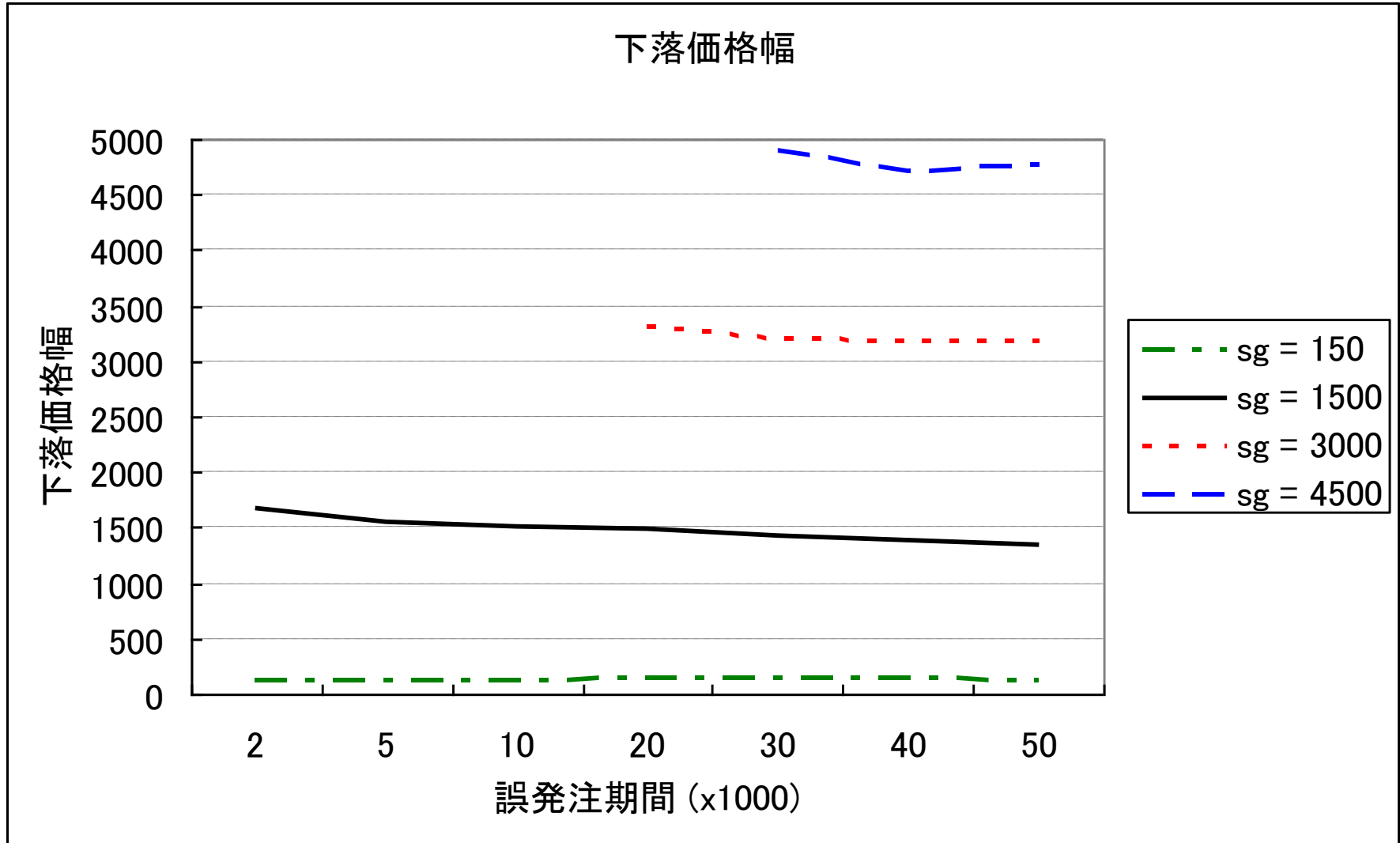
誤発注時はファンダメンタル戦略の有効性が低下
⇒ テクニカル戦略へ切り替え

下落価格幅と最小価格に到達するまでの時間



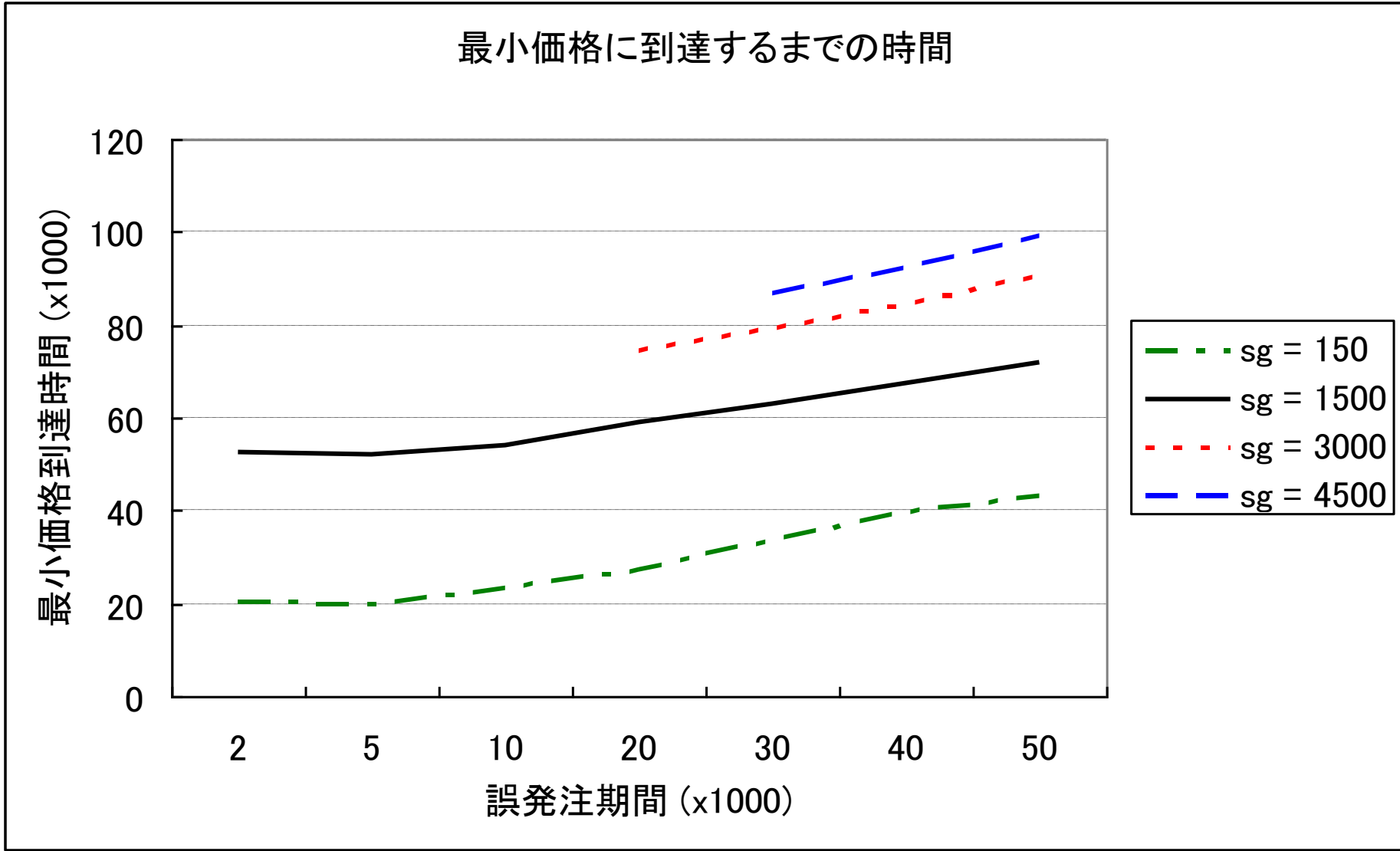
総誤発注数量(sg) = 誤発注期間(tg) × 誤発注密度(pg) = 一定
とし、tgを変化させてこれらを測定

下落価格幅



総誤発注数量(sg) = 誤発注期間(tg) × 誤発注密度(pg) が同じなら
下落価格幅は同じ

最小価格に到達するまでの時間



誤発注期間(tg)が長くなっても
最小価格への到達は少ししか遅くならない

誤発注による市場混乱

回避できるか？

トリガー式
アップティックルール

金融庁が年末ごろ
新たに導入

実験 1

誤発注による
市場混乱

実験 2

トリガー式
アップティック
ルールによる
市場混乱の回避

人工市場モデル
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

tg: 誤発注期間
pg: 誤発注密度
誤発注期間終了後も下落
 $sg = tg \times pg = \text{一定}$
⇒ 下落幅は同じ

騰落率解除方式が
いろんな誤発注を
防げる可能性

アップティック・ルール

直近の取引価格以下での価格で空売りすることを禁じる
(≡空売りの場合、成行注文を禁じる)

日本で導入、米国では導入されたり廃止になったり
⇒ 市場を効率化するかどうかは議論が分かれていた

水田[2012](SIG-FIN-09)や大墳[2012](東証WP)などの研究
⇒ 株価上昇時に悪影響

2013年3月7日: 金融庁、トリガー式への移行を検討

トリガー式・アップティック・ルール

10%下落したときのみアップティックルールを適用
翌々営業日から解除
本年末ごろよりスタート予定

株の空売り規制緩和 市場正常化受け
金融庁、マネー呼び込む

2013/3/7 22:39

小 中 大 保存 印刷 リプリント

金融庁は7日、株の空売り規制を見直すを発表した。全面的に禁止していた市場価格以下の値段での空売り注文を原則、解禁する。2008年秋のリーマン・ショック後に導入した空売りの持ち高の公表義務も緩和する。株式市場が金融危機を脱し正常化したのを受け規制も平時対応にして米欧と足並みをそろえ投資マネーを呼び込み、売買の活性化を促す。

金融庁は金融商品取引法の政令を改正。11月をメドに新規制を導入する。

規制緩和の柱は「価格規制」の見直しだ。日本は直前の市場価格以下の空売り注文は全て禁止してきた。この禁止対象を米国と同じように前日終値比で10%以上下落した銘柄に限定する。

リーマン・ショック後の08年10月に導入した証券会社の空売りポジション(持ち高)の公表義務も欧州連合(EU)並みに緩める。公表義務を課す範囲を企業の発行済み株式数の「0.25%以上」から「0.5%以上」に狭める。公表義務が厳しと持ち高を知られたくない投資家が取引を他市場に移す可能性がある。取引所への報告義務は発行済み株式数の「0.25%以上」から「0.2%以上」に広げる。

投資家保護に必要な空売り規制は新たに入れる。規制対象を取引所を介さず証券会社間で取り次ぐ私設取引システム(PTS)市場にも広げ、取引所と同基準で規制する。リーマン・ショック後に導入した株の手当てのない空売りは恒久的に禁止する。

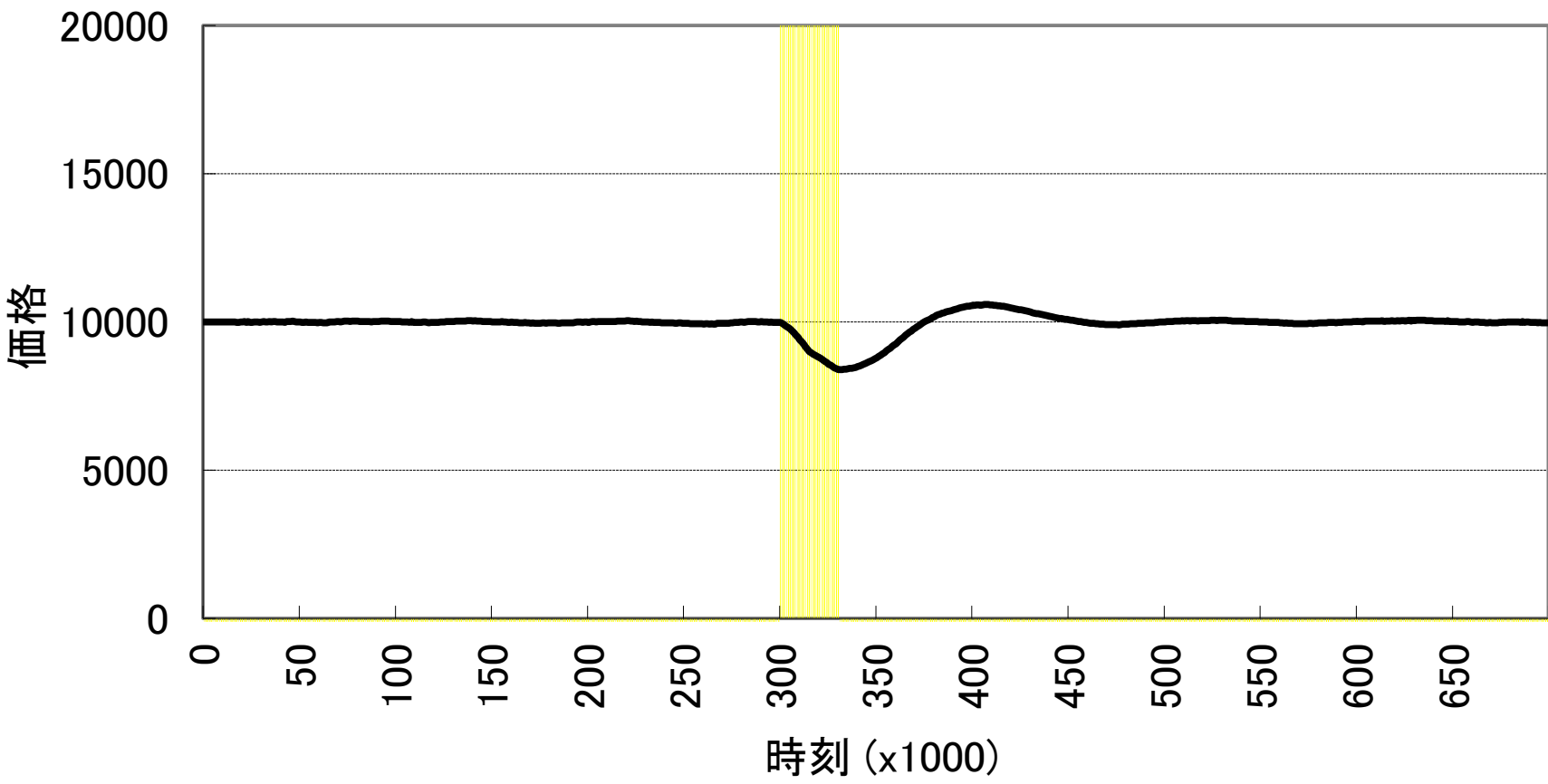
米欧はリーマン後に導入した空売り規制を昨年末までに見直した。日本も「相場が安定し、有事から平時への新たな仕組みに移行する時期」(金融庁幹部)と判断した。

空売りは株を借りて売却し、値下がり時に買い戻して利益を得ようとする取引だ。株の下落局面で稼ぐ手段として投機筋が利用することで売買が膨らみ、取引が成立しやすくなる。一方で株価の急落時には空売りが下落に拍車をかけるとされる。

2013/3/7 金融庁、空売り規制を緩和

トリガー式アップティックルールがある場合

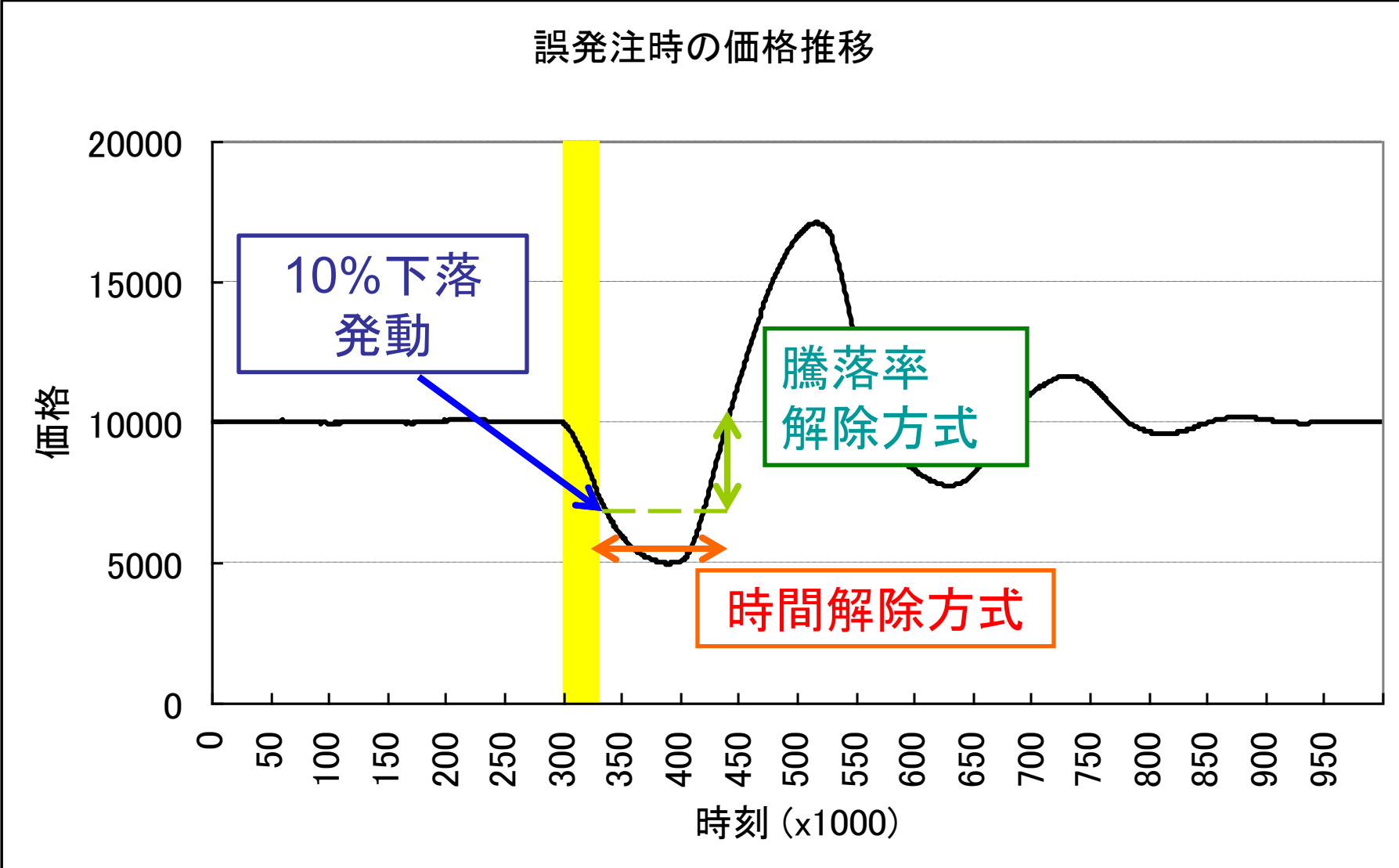
誤発注時価格推移：トリガー式アップティック・ルール：時間解除あり
解除時間 $t_{ut}=50,000$



市場混乱を回避できている

解除方式をいろいろ試す(1/2)

時間解除方式：ある一定の時間がたつと解除
騰落率解除方式：ある一定のところまで価格が戻ると解除



解除方式をいろいろ試す(2/2)

時間解除方式：ある一定の時間がたつと解除
 騰落率解除方式：ある一定のところまで価格が戻ると解除

| | アップティック・ルール | | | | | | | | | |
|------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 時間解除方式 | | | | | | | | | |
| | 5,000 | 10,000 | 20,000 | 30,000 | 40,000 | 50,000 | 60,000 | 70,000 | 80,000 | 100,000 |
| 最大価格 | 14,626 | 13,337 | 10,653 | 10,653 | 10,683 | 10,788 | 11,220 | 11,884 | 12,774 | 14,654 |
| 最小価格 | 5,540 | 6,315 | 8,396 | 8,412 | 8,419 | 8,422 | 8,417 | 8,418 | 8,417 | 8,332 |

| | 規制なし | アップティック・ルール | | | |
|------|--------|-------------|---------|--------|--------|
| | | 解除なし | 騰落率解除方式 | | |
| | | | 9,000 | 9,500 | 10,000 |
| 最大価格 | 15,251 | 35,955 | 10,694 | 10,793 | 11,027 |
| 最小価格 | 5,104 | 8,418 | 8,419 | 8,409 | 8,426 |

緑：市場混乱を防げている

時間解除方式：誤発注期間に似た解除時間である必要

騰落率解除方式：どんな期間の誤発注も対応可能な可能性

誤発注による市場混乱

実験 1

誤発注による
市場混乱

tg: 誤発注期間
pg: 誤発注密度
誤発注期間終了後も下落
 $sg = tg \times pg = \text{一定}$
⇒ 下落幅は同じ

人工市場モデル
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

トリガー式
アップティックルール

回避できるか?

金融庁が年末ごろ
新たに導入

実験 2

トリガー式
アップティック
ルールによる
市場混乱の回避

騰落率解除方式が
いろんな誤発注を
防げる可能性

トリガー式・アップティック・ルール

10%下落したときのみアップティックルールを適用
翌々営業日から解除

時間解除方式：誤発注期間に似た解除時間である必要

騰落率解除方式：どんな期間の誤発注も対応可能な可能性

金融庁案は時間解除方式に近い
価格があるところまで戻った場合、
前倒しで解除するルールを加えるべき？

ご清聴ありがとうございました

参考文献

Mizuta, T., Izumi, K., Yagi, I., Yoshimura, S., Design of Financial Market Regulations against Large Price Fluctuations using by Artificial Market Simulations, Journal of Mathematical Finance, Scientific Research Publishing, Vol.3, No. 2A, 2013a.

<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=30551>

Mizuta, T., Izumi, K., Yoshimura, S., Price Variation Limits and Financial Market Bubbles: Artificial Market Simulations with Agents' Learning Process, IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CIFEr), 2013b, in press.

<http://www.slideshare.net/mizutata/cifer2013> (slide)

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と最適な制度の設計, 電気学会論文誌 論文誌C, Vol. 133, No.9, 2013c, in press.

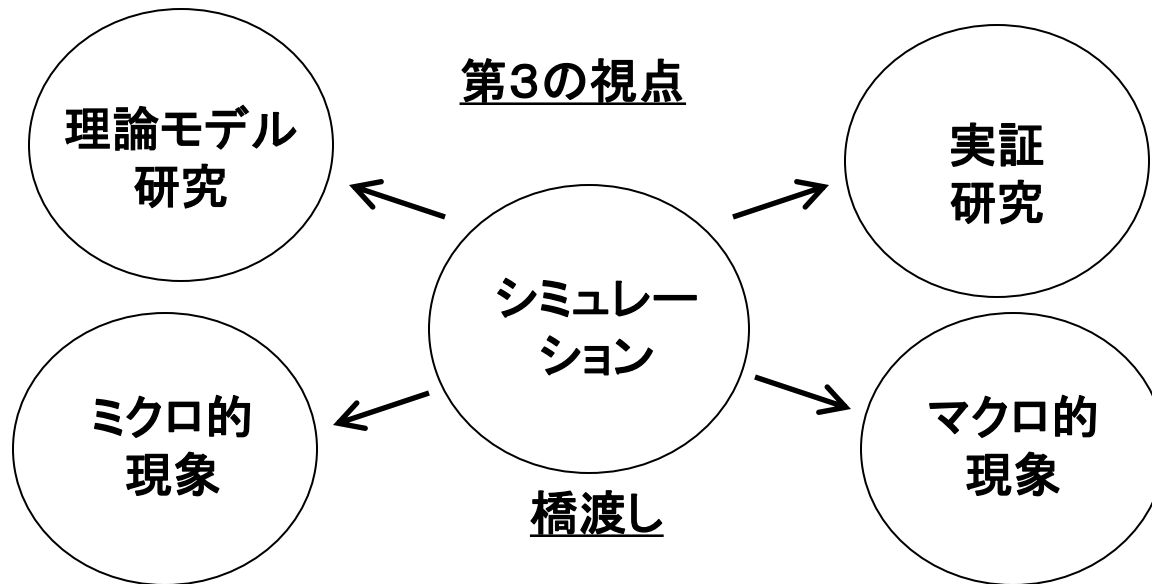
水田孝信, 和泉潔, 八木勲, 吉村忍, 人工市場を用いた大規模誤発注が価格変動に与える影響の分析, 人工知能学会全国大会, 富山, 6/4-7, 2013d.

<https://kaigi.org/jsai/webprogram/2013/paper-34.html>

Appendix

社会シミュレーションとは？

コンピュータの中に仮想の社会を構築する
ミクロなエージェント(人間)を多数投入。お互いに相互作用する。
それらが集積してマクロな挙動がみれる。



- ・複雑系である社会において、制度・規制の変更が与える副作用や想定外の効果をコロンブスのたまご的に発見
- ・理論や実証で調べるべきテーマの発見

金融以外でも、自動車道の整備が交通渋滞へ与える影響分析、テロや火災・伝染病が発生した場合の避難の方法やあるべき対策の分析、など

人工市場モデルを用いたシミュレーション

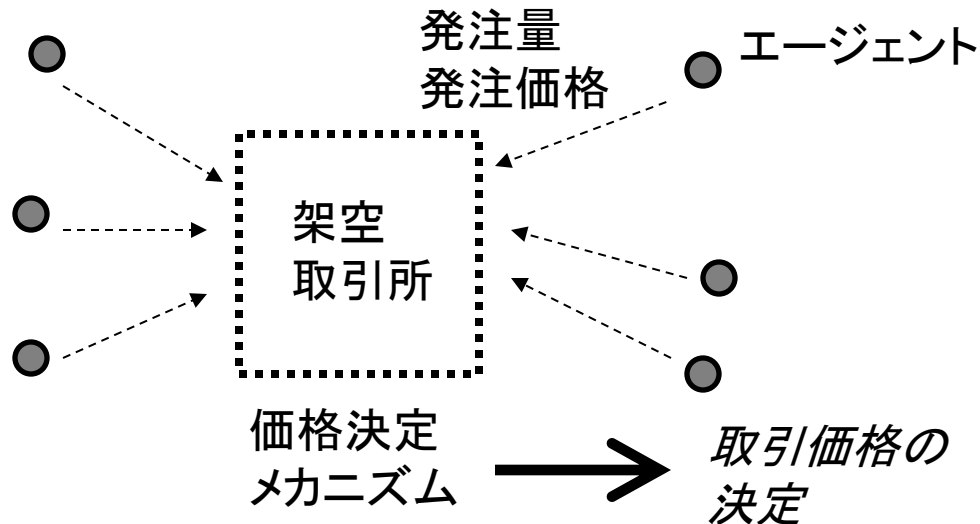
計算機上に人工的に作られた架空の市場
マルチエージェントシステム + 価格決定メカニズム

- エージェント

計算機プログラムで表現された仮想的な取引参加者
各々の売買ルールに従い発注量と発注価格を決定

- 価格決定メカニズム(架空取引市場)

各エージェントが出した発注量と発注価格を集めて取引を成立



発注価格と売り買いの決定

予想価格 j : エージェント番号
の決定 (1000体, 順番に注文)

t : 時刻(ティック時刻)

予想リターン

過去リターン

$$r_{h,j}^t = \log(P^t / P^{t-\tau_j})$$

テクニカル

$$r_{e,j}^t = \frac{1}{w_{1,j} + w_{2,j} + w_{3,j}} \left(w_{1,j} \log \frac{P_f}{P^t} + w_{2,j} r_{h,j}^t + w_{3,j} \epsilon_j^t \right)$$

エージェントの
パラメータ

$w_{i,j}$ τ_j

一様乱数で決定
途中で変わらない

$w_{i,j}$ $j=1,3: 0 \sim 1$
 $j=2: 0 \sim 10$

τ_j $0 \sim 10000$

ファンダメンタル

P_f ファンダメンタル価格

10000 = 定数

P^t 現在の取引価格

ノイズ

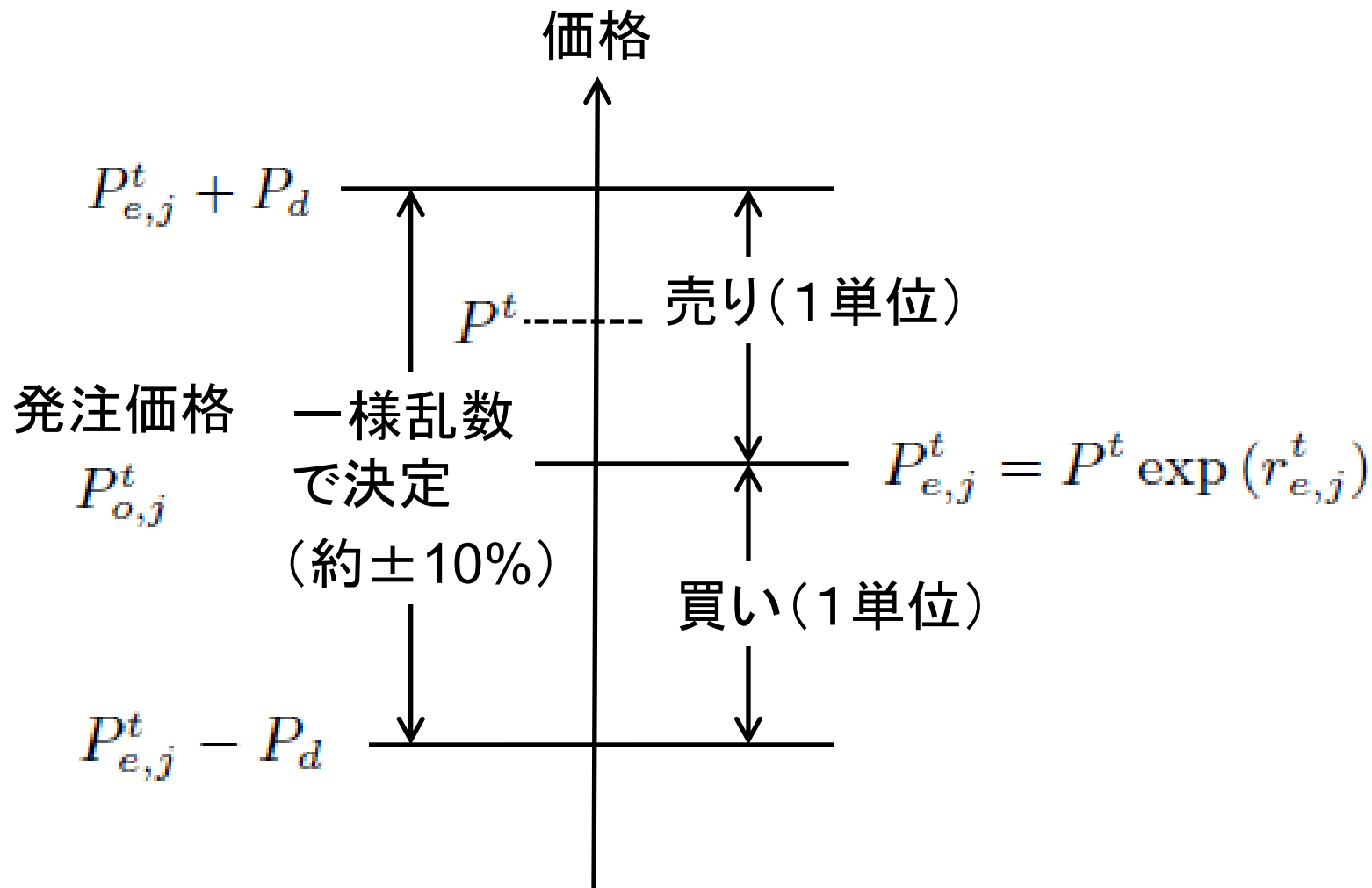
ϵ_j^t

正規乱数
平均0

$\sigma=6\%$

予想価格 $P_{e,j}^t = P^t \exp(r_{e,j}^t)$

発注価格と売り買いの決定



学習の方法

ファンダメンタル項予想リターン: $r_e = \log P_f / P^t$

テクニカル項予想リターン: $r_e = r_h$

実際のリターン: r

r と同符号 \Rightarrow r に比例してウエイト増加

$$w_{i,j} = w_{i,j} + 4 \times r \times [0,1] \times (w_{i,\max} - w_{i,j})$$

r と異なる符号 \Rightarrow r に比例してウエイト減少

$$w_{i,j} = w_{i,j} - 4 \times r \times [0,1] \times w_{i,j}$$

これらとは関係なく低い確率(1%)で再設定(突然変異に相当)

$$w_{i,j} = [0,1] \times w_{i,\max}$$

$[0,1]$: 0~1の一様乱数

当たっている戦略のウエイトが増加し
外れている戦略のウエイトが減る