

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

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/

<http://www.slideshare.net/mizutata/JSAI2013>

誤発注による市場混乱

値幅制限

回避できるか？

ある値幅の外の
注文を受け付けない

実験 1

誤発注による
市場混乱

実験 2

値幅制限による
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

tpl: 制限期間
回避条件: $tpl < tg$

誤発注による市場混乱

値幅制限

回避できるか？

ある値幅の外の
注文を受け付けない

実験 1

誤発注による
市場混乱

実験 2

値幅制限による
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

tpl:制限期間

回避条件: $tpl < tg$

人工市場モデル (エージェント・ベースド・モデル)

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

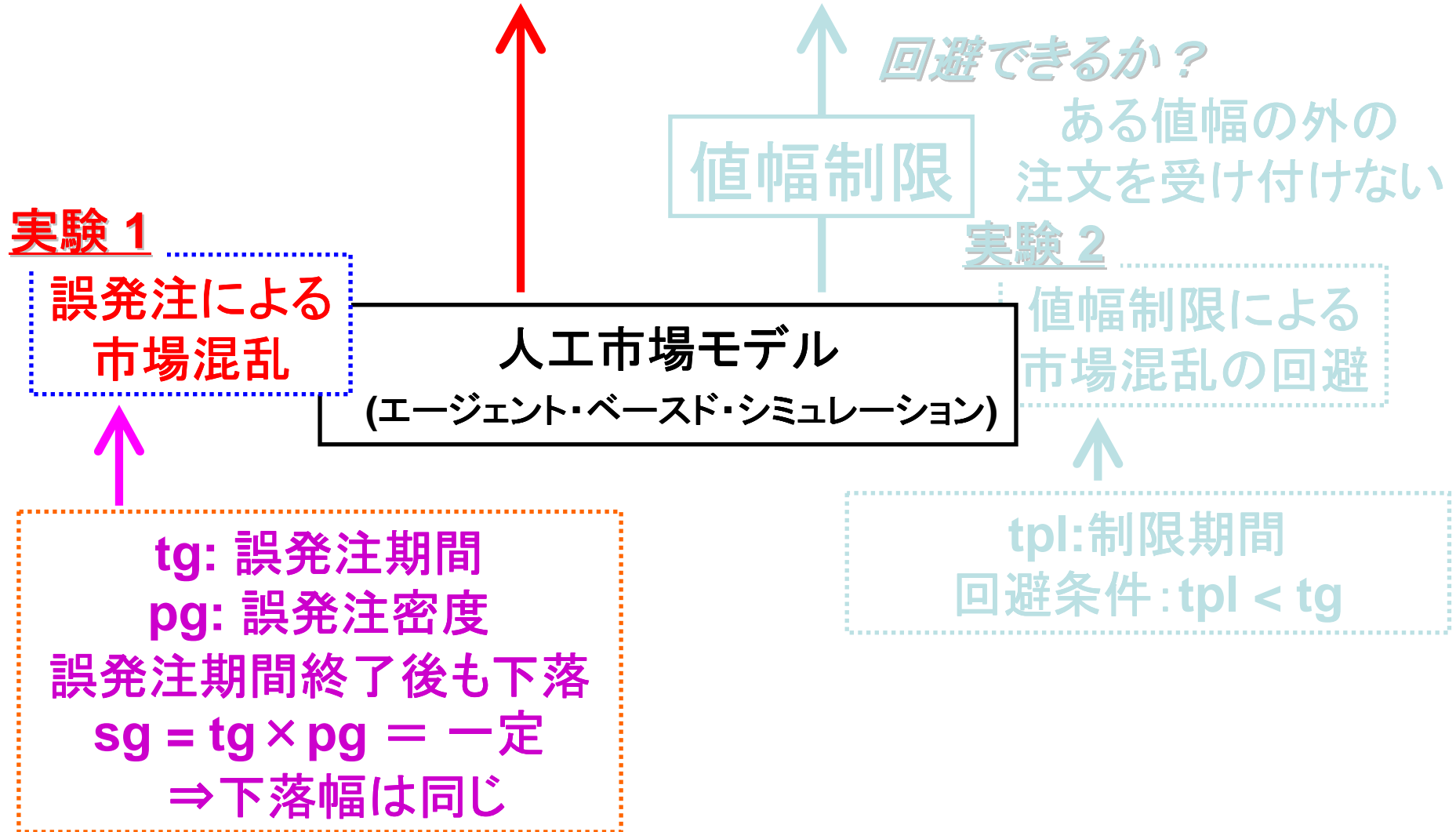
(オリジナル)

↑ 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

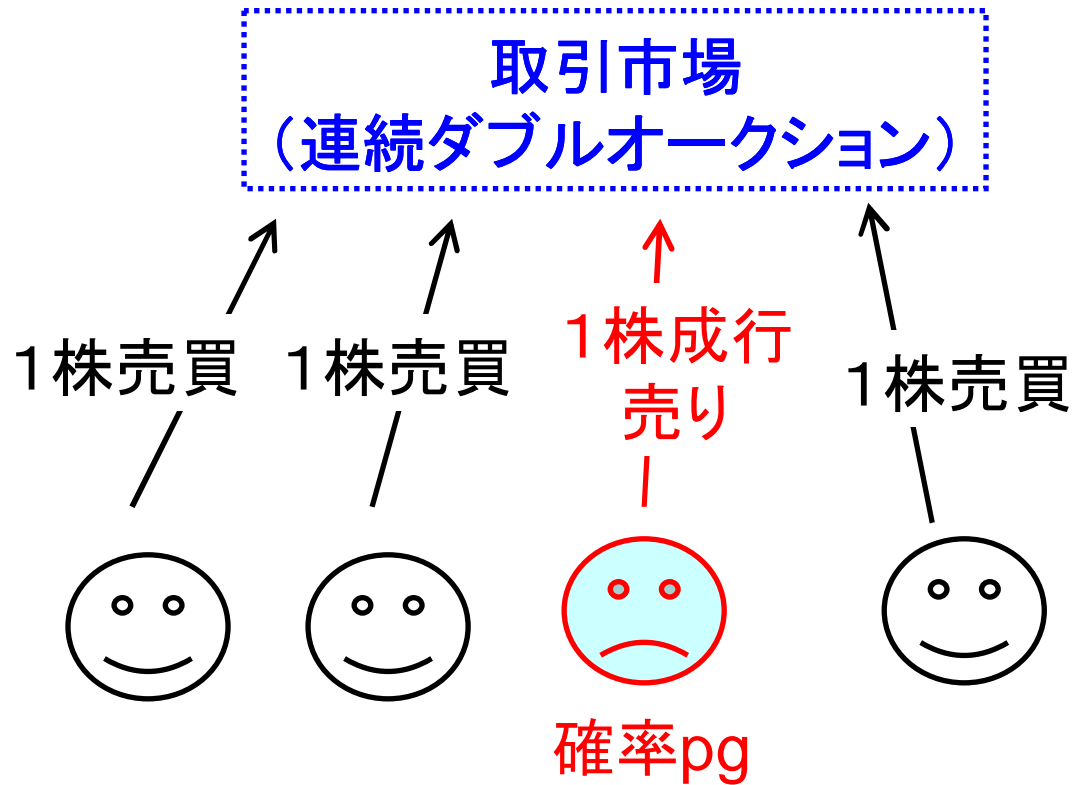
誤発注による市場混乱



実験 1: 誤発注による市場混乱

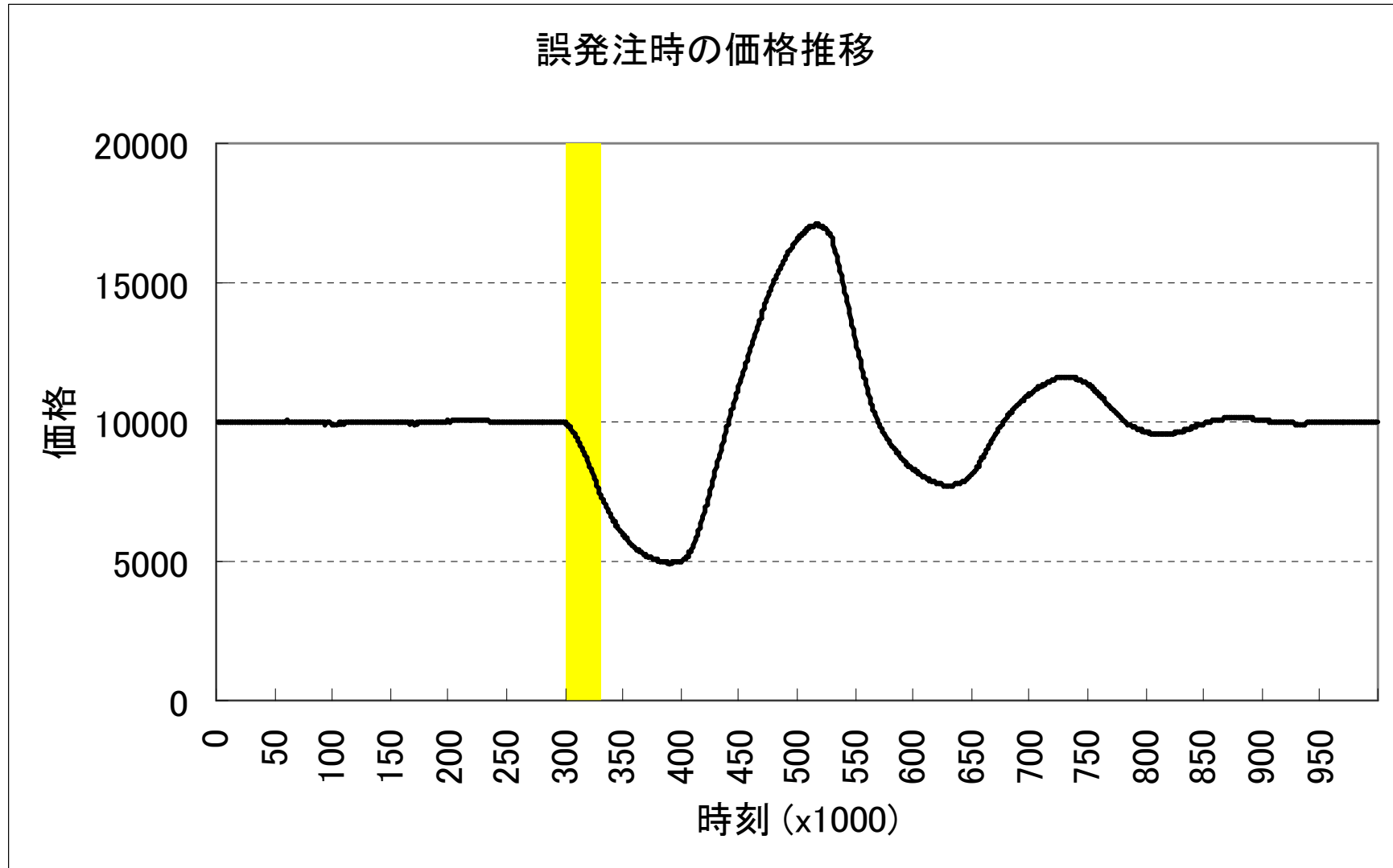
誤発注のモデル化

2つのパラメータ pg : 誤発注確率
 tg : 誤発注期間



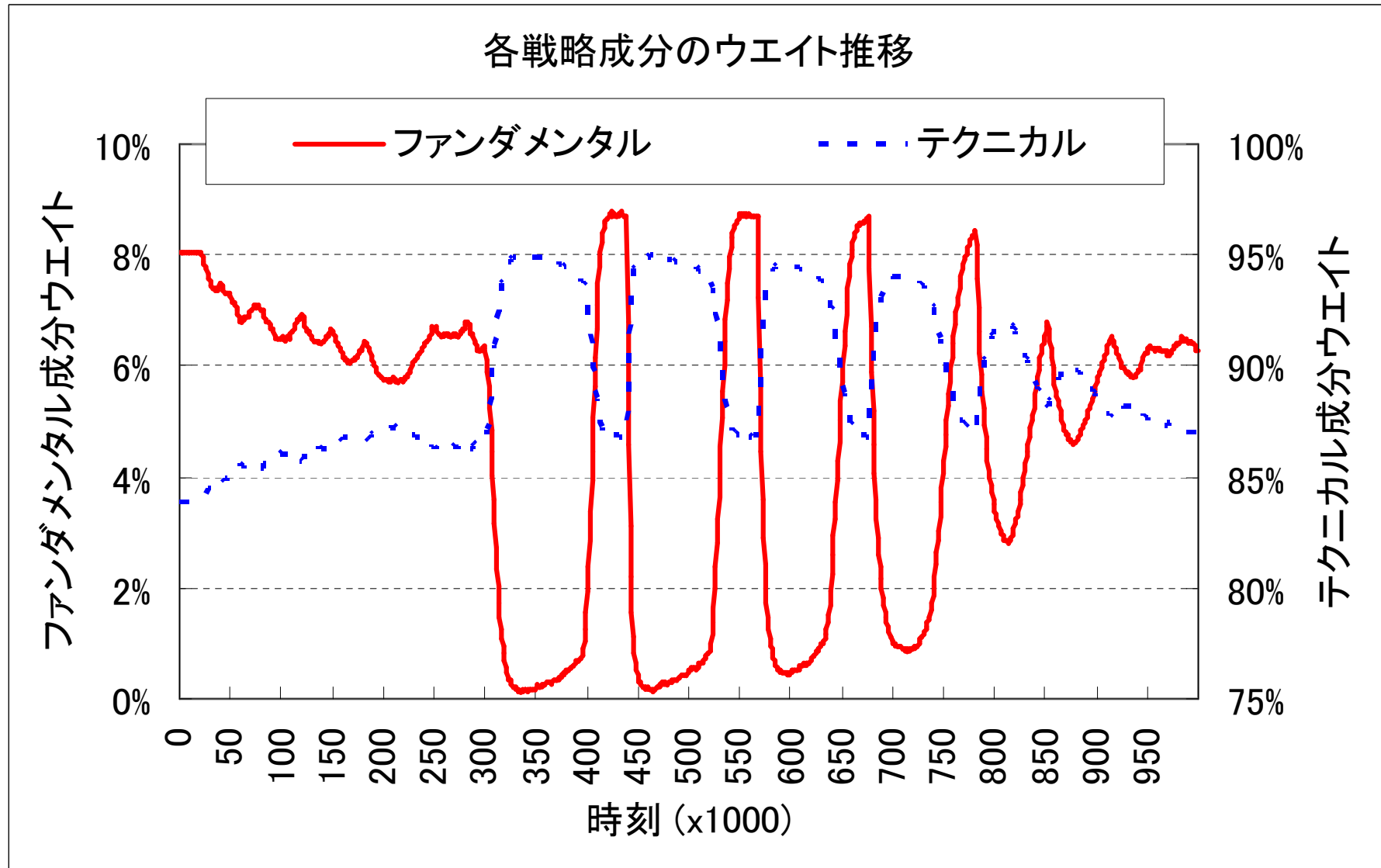
この状態が tg 期間続く

誤発注時の価格推移 (tg=30000, pg=0.15)



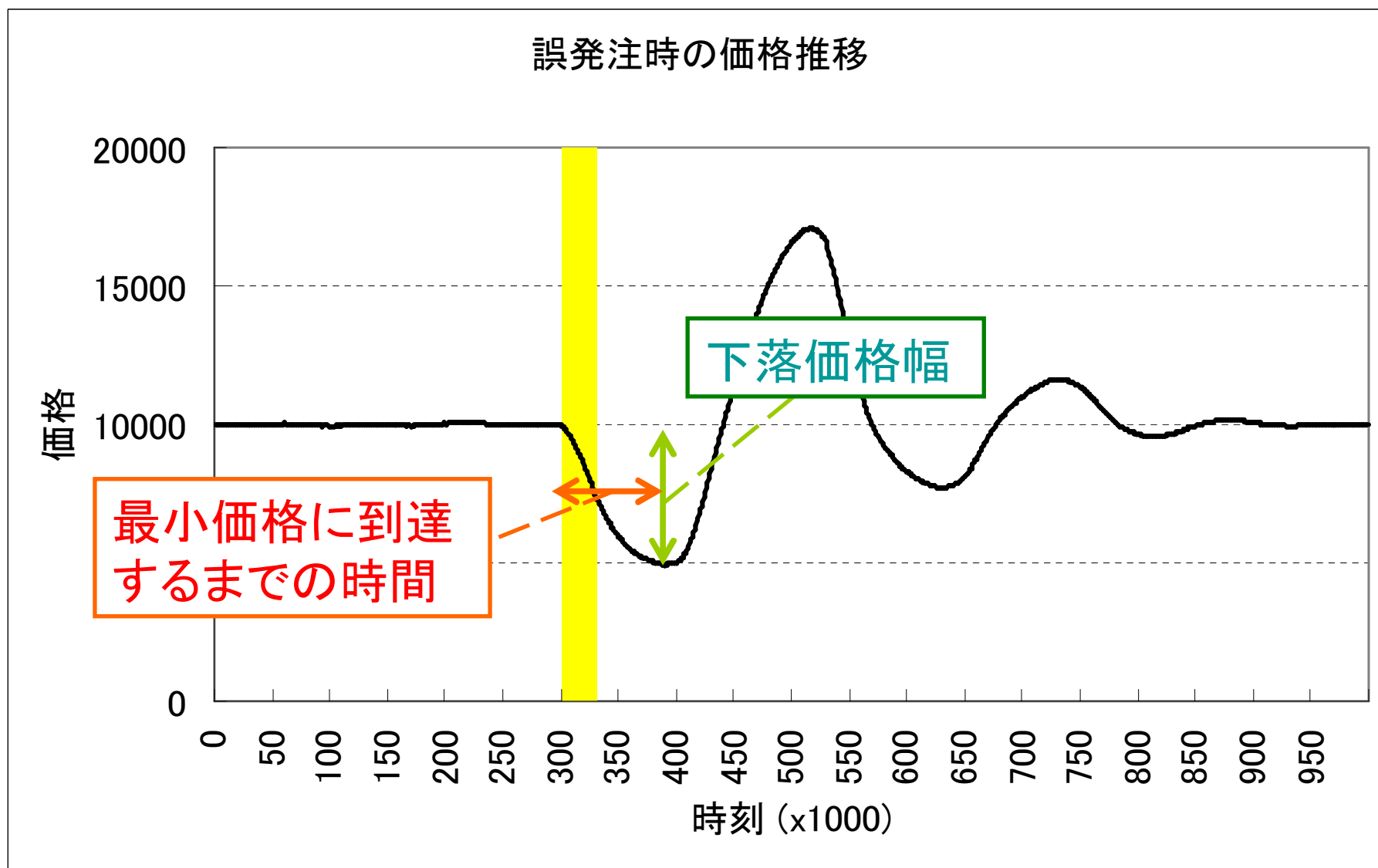
誤発注期間 (tg) を過ぎても下落し続ける

戦略ウエイトの推移



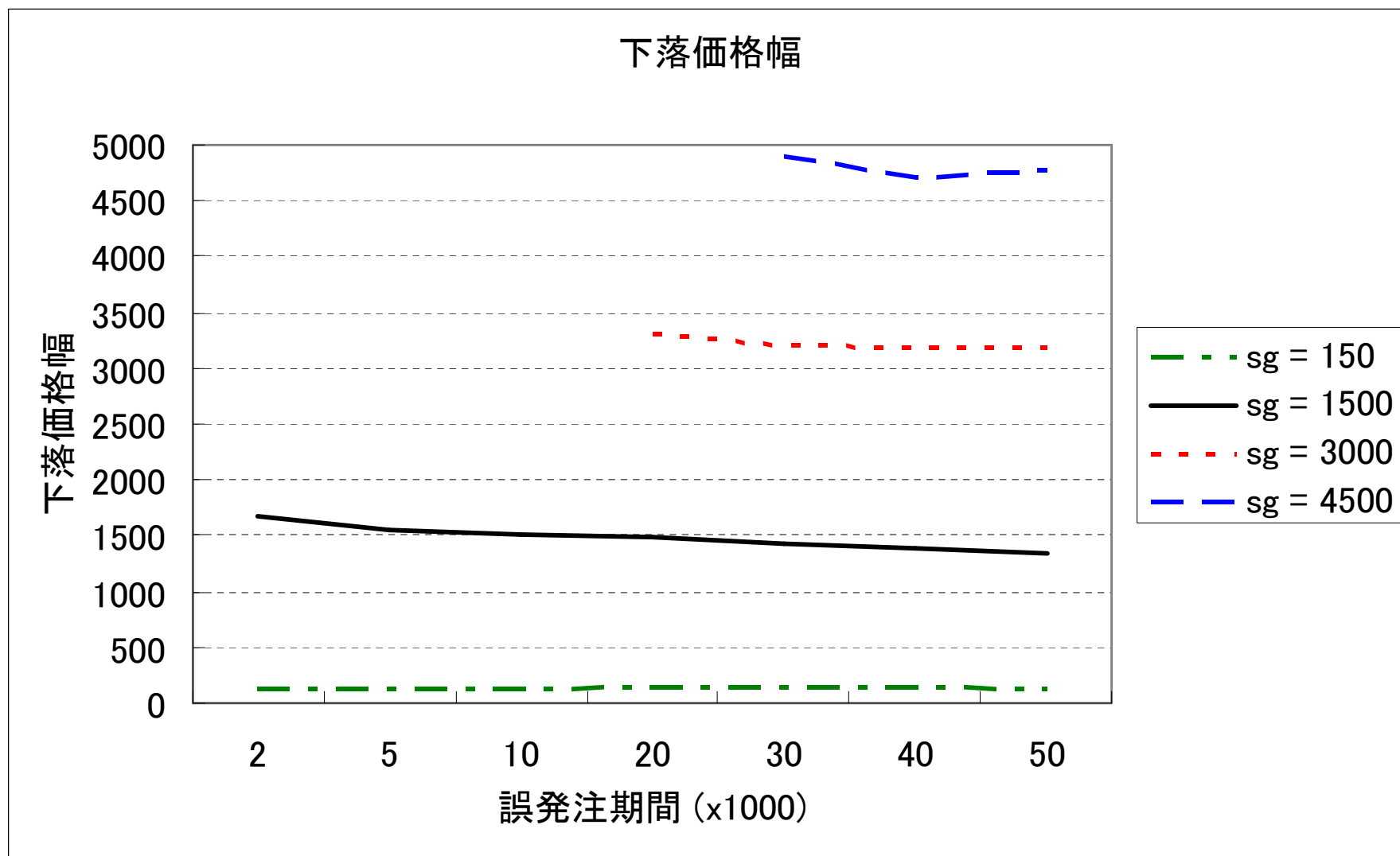
誤発注時はファンダメンタル戦略の有効性が低下
⇒ テクニカル戦略へ切り替え

下落価格幅と最小価格に到達するまでの時間



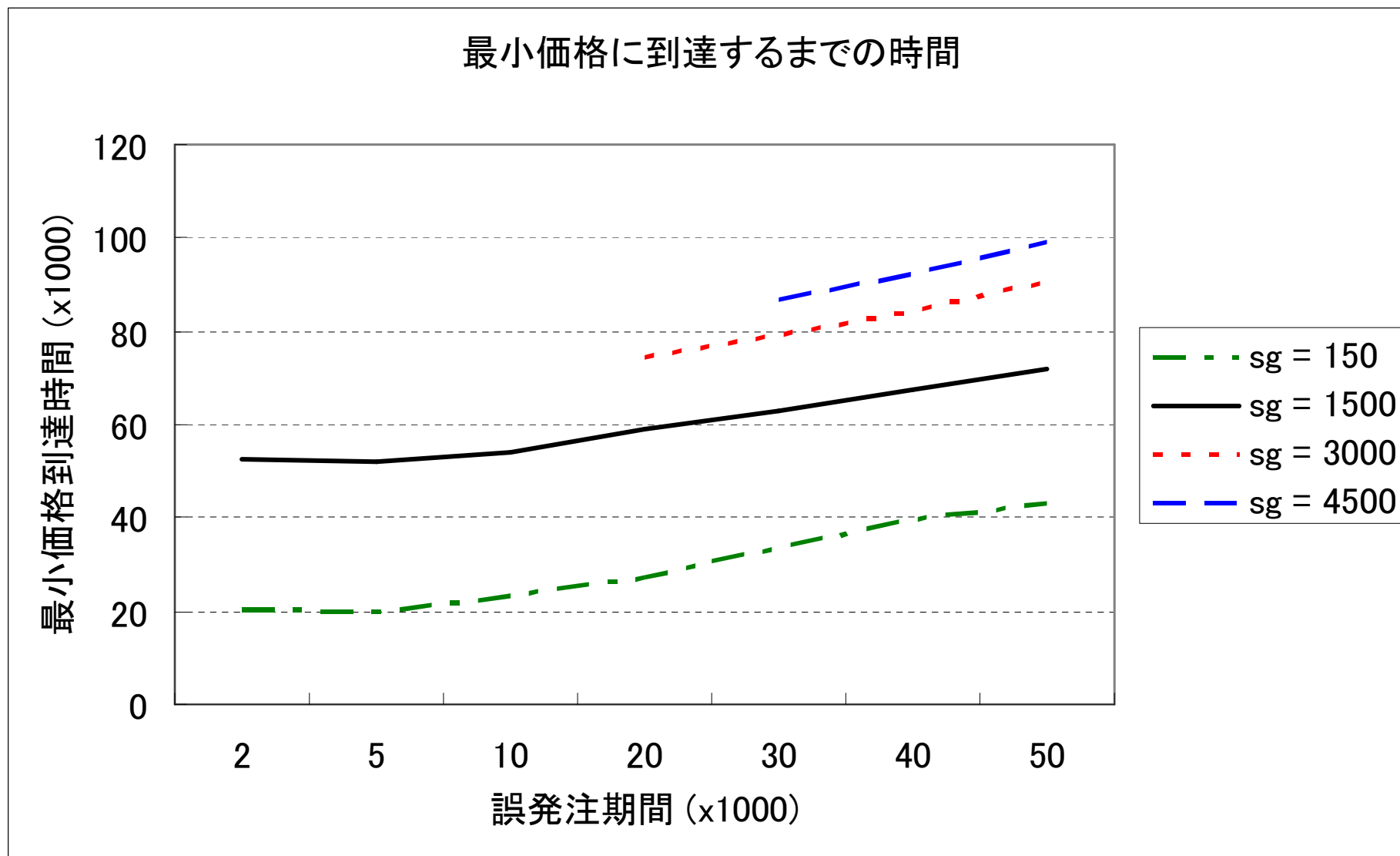
総誤発注数量(sg) = 誤発注期間(tg) × 誤発注密度(pg) = 一定
とし、 tg を変化させてこれらを測定

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

値幅制限

回避できるか？

ある値幅の外の
注文を受け付けない

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

実験 2

値幅制限による
市場混乱の回避

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

tpl: 制限期間

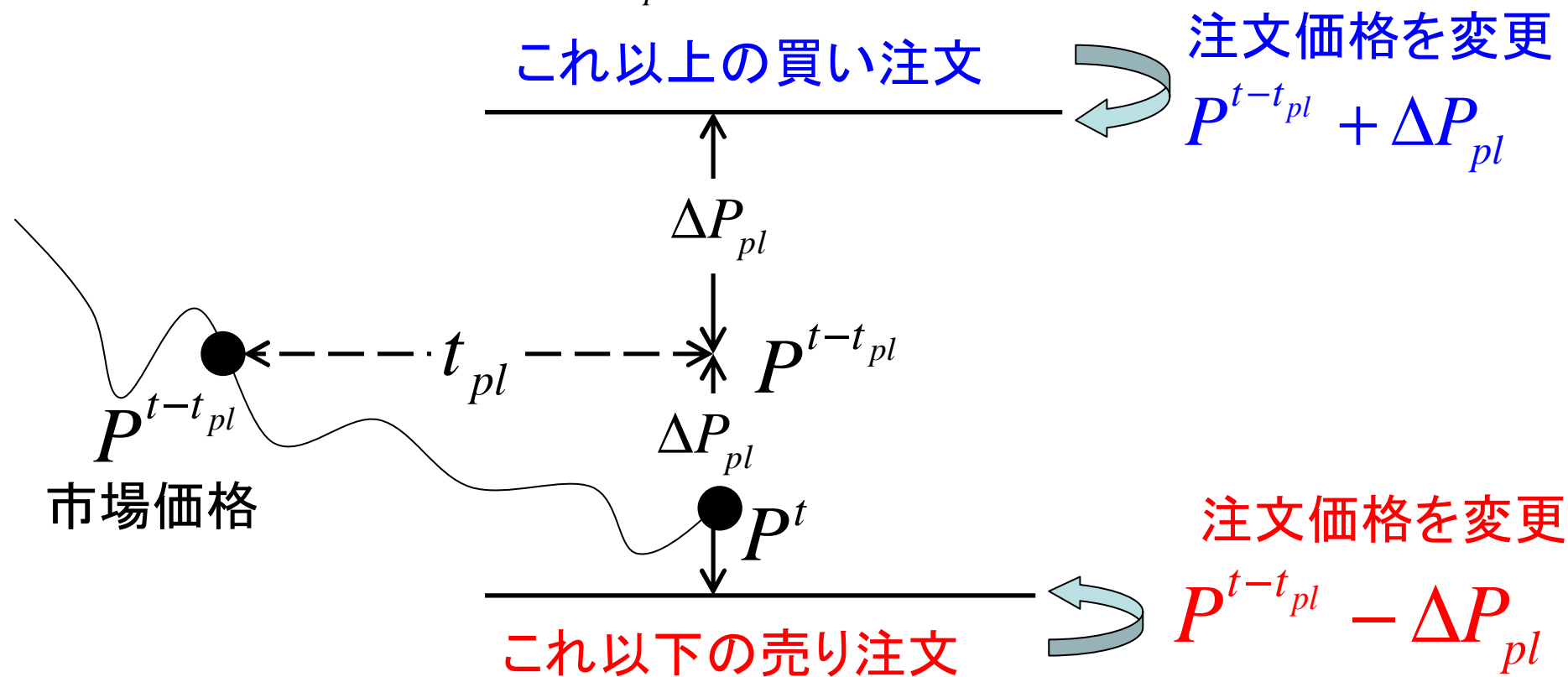
回避条件: $tpl < tg$

実験2: 値幅制限による市場混乱の回避

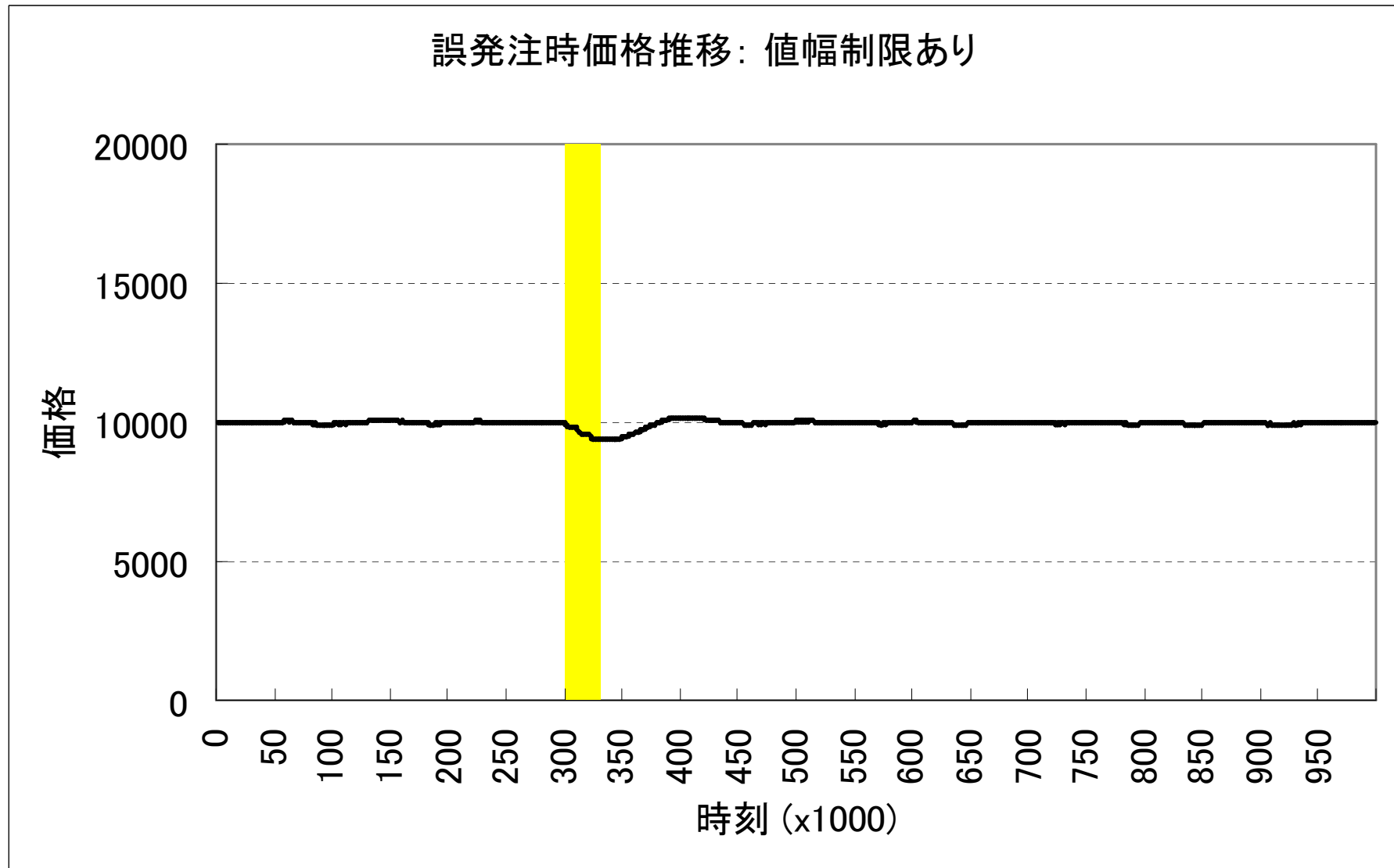
値幅制限

$P^{t-t_{pl}} \pm \Delta P_{pl}$ の外には注文を出せない

2つの定数
パラメータ: t_{pl} 制限期間
 ΔP_{pl} 制限価格幅



値幅制限がある場合 ($t_{pl}=10000$, $\Delta P_{pl}=200$)



市場混乱を回避できている

価格下落幅を小さく出来る、誤発注期間(tg)、制限期間(tpl)の条件

$$\text{総誤発注数量}(sg) = \text{誤発注期間}(tg) \times \text{誤発注密度}(pg) = 1500$$

$$\text{制限価格幅}(\Delta P_{pl}) / \text{制限期間}(tpl) = 0.015$$

制限価格幅(ΔP_{pl})/制限期間(tpl) = 一定なら値幅制限の性質は同じ(Mizuta et. al. 2013a-c)

価格下落幅

		誤発注 ($sg = 1500$)							
		2	5	10	20	30	40	50	
		75%	30%	15%	7.5%	5.0%	3.75%	3.00%	
時間 (x1000)	誤発注時間 (x1000) 誤発注密度 値幅								
	1	15	92	158	241	370	497	616	719
	2	30	95	175	243	380	513	638	751
	5	75	147	152	222	368	515	654	784
	10	150	174	175	181	339	502	666	795
値幅 制限	20	300	317	317	315	321	615	642	788
	30	450	457	468	467	463	470	664	850
	40	600	610	618	614	617	615	619	755
	50	750	765	770	760	766	760	765	770
	100	1500	1494	1454	1447	1393	1375	1345	1326
	なし		1656	1594	1526	1437	1398	1390	1331

青い領域: $tpl < tg \Rightarrow$ 価格下落が小さい

市場混乱を
回避する条件

$tpl < tg$

誤発注による市場混乱

値幅制限

回避できるか？

ある値幅の外の
注文を受け付けない

実験 1

誤発注による
市場混乱

実験 2

値幅制限による
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

tpl: 制限期間

回避条件: $tpl < tg$

回避条件: $tpl < tg$

- ⇒ どのような tg の誤発注が来るかあらかじめ分からない
- ⇒ さまざまな tpl の値幅制限を用意せざるを得ない

東京証券取引所の値幅制限

- ・ 特別気配 $tpl=3$ 分
- ・ ストップ高・安 $tpl=1$ 日(5時間)

複数の値幅制限あり

- ↑ 高頻度取引の誤発注に対応した、
もっと tpl が短い値幅制限があったほうがよい?

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.

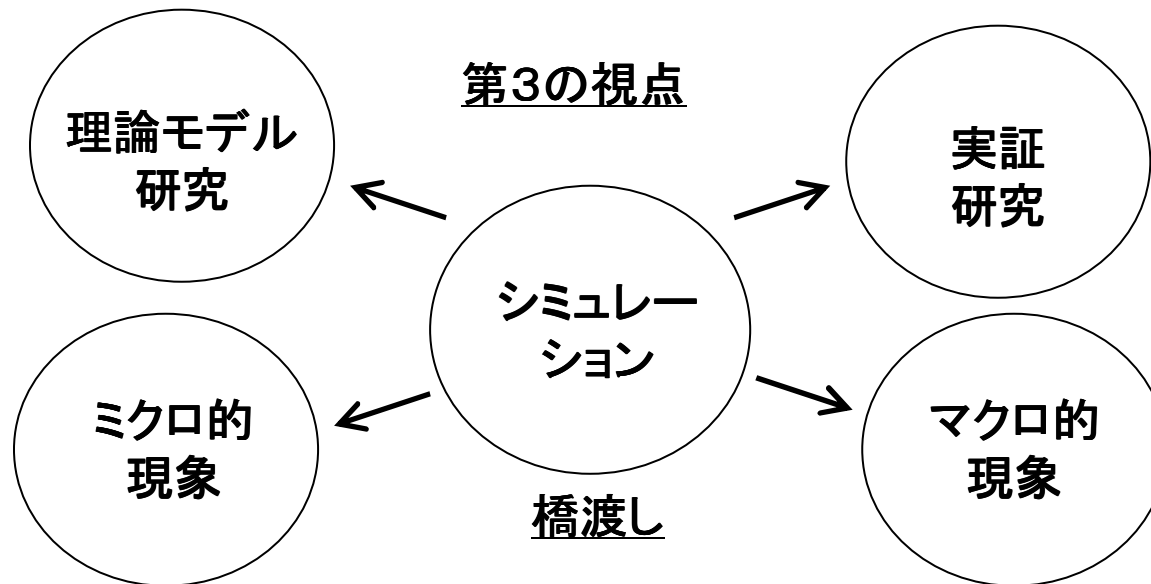
水田孝信, 和泉潔, 八木勲, 吉村忍, 人工市場を用いた大規模誤発注が価格変動に与える影響の分析, 人工知能学会全国大会, 富山, 6/4-7, 2013d.

<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

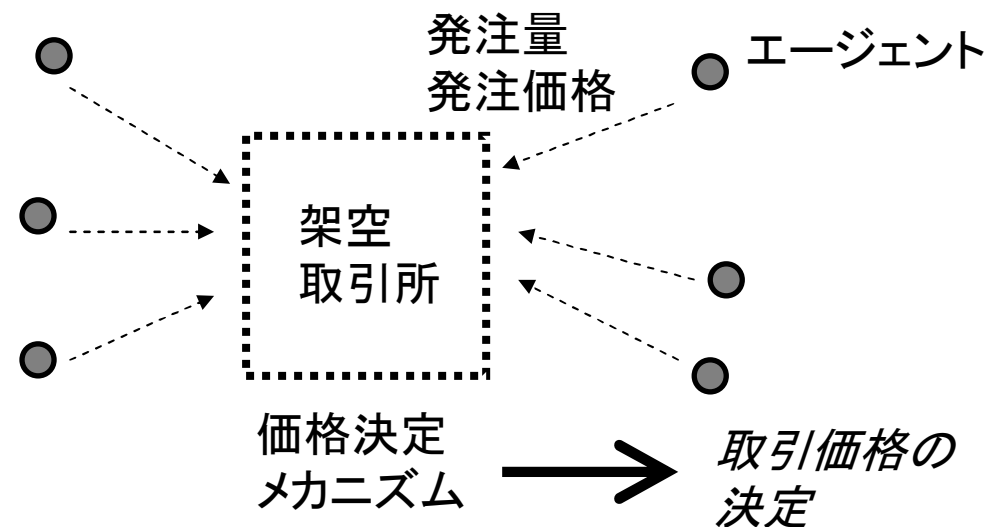
マルチエージェントシステム + 価格決定メカニズム

- 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

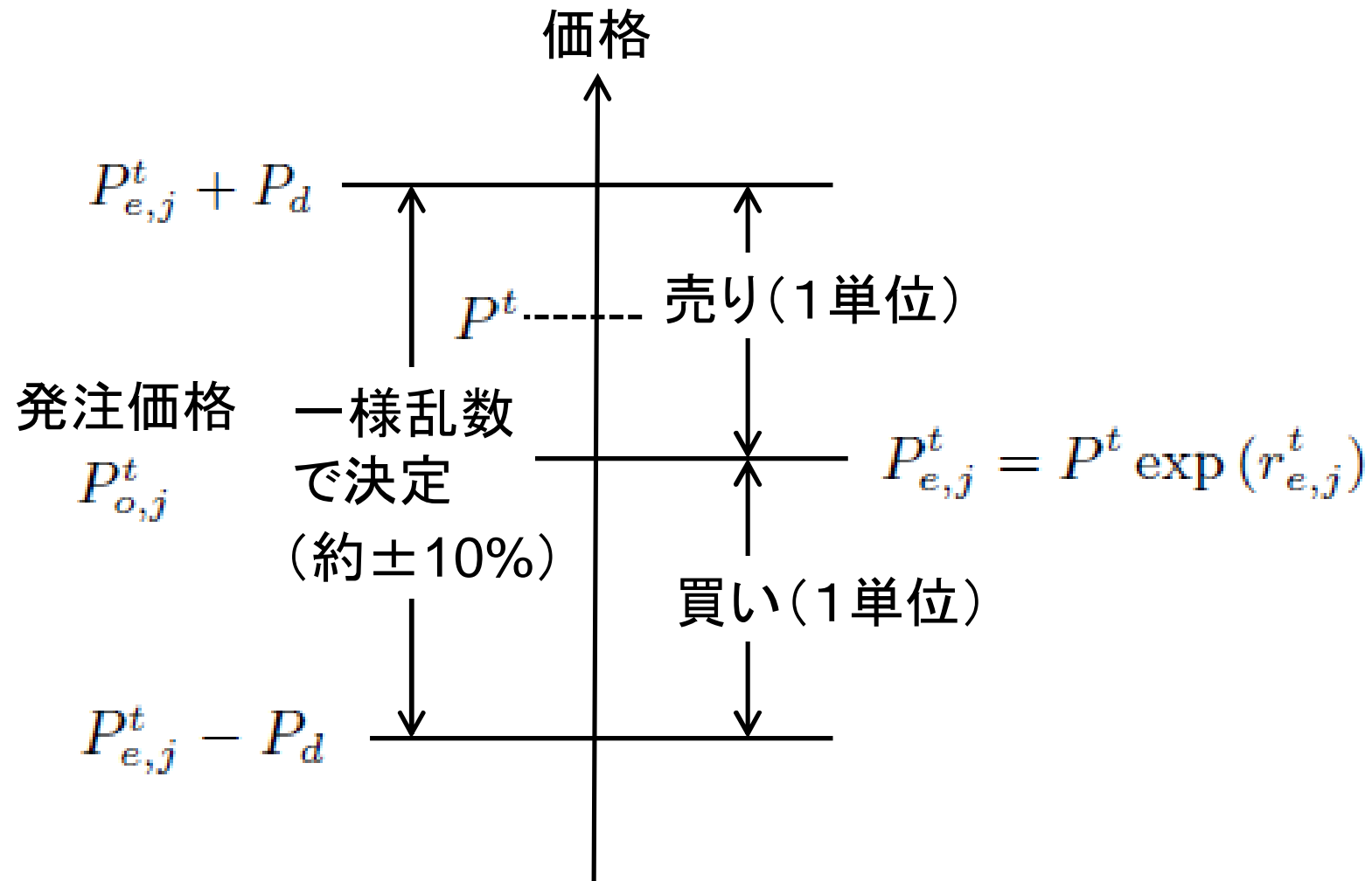
P_f ファンダメンタル価格
10000 = 定数
 P^t 現在の取引価格

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)

$$w_{i,j} = [0,1] \times w_{i,\max} \quad [0,1]: 0 \sim 1 \text{ の一様乱数}$$

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