

人工市場シミュレーションを用いた 取引市場間における ティックサイズと取引量の関係性分析

水田 孝信* スパークス・アセット・マネジメント株式会社
東京大学大学院工学系研究科

早川 聡 東京証券取引所

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

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/JAFEE2013s>

本発表は、東京証券取引所ホームページ上に公開された
JPX・ワーキングペーパー、No.2、
「人工市場シミュレーションを用いた取引市場間における
ティックサイズと取引量の関係性分析」

<http://www.tse.or.jp/about/seisaku/wp/>

で発表されたものを発展させたものです。

予稿はワーキング・ペーパーを再校正したのですが、
本スライドは発展を含みますので、多少図表が異なります。

> HOME > 東証について > 政策提言・調査 > JPXワーキングペーパー

東証について TOP

- ▶ 会社情報
- ▶ 経営財務情報
- ▶ 統合関係ニュース
- ▶ CSR活動
- ▶ 危機管理への取り組み
- ▶ 社長会見・報道発表
- ▶ 報道機関向け提供資料
- ▶ 政策提言・調査
 - ↳ マクロ経済勉強会
 - ↳ 税制勉強会
 - ↳ JPXワーキングペーパー
- ▶ 広報活動
- ▶ リクルート
- ▶ 東証Arrows
- ▶ 東証カレンダー
- ▶ 大納会・大発会
- ▶ 刊行物
- ▶ 東証の歴史
- ▶ リンク

政策提言・調査

JPXワーキングペーパー

2013/03/19 更新

このページを音声で聴く 印刷

日本取引所グループは、日本の金融資本市場全体の競争力強化に向けて、市場を巡る様々な環境変化や法制度等に関する調査・研究を進めております。JPXワーキングペーパーは、株式会社日本取引所グループ及びその子会社・関連会社の役職員及び外部研究者による当該調査・研究を取りまとめたものであり、学会、研究機関、市場関係者他、関連する方々から幅広くコメントを頂戴することを意図しております。

なお、掲載されているペーパーの内容や意見は執筆者個人に属し、株式会社日本取引所グループ及びその子会社・関連会社の公式見解を示すものではありません。

	タイトル	全文	要約版
Vol.1	東証市場における空売りの実態及び空売り規制の影響		
Vol.2	人工市場シミュレーションを用いた取引市場間におけるティックサイズと取引量の関係性分析		
Vol.3	混合ガウスモデルを用いた市場注文状況の変化の検出		

(参考) 東京大学との共同研究について

- ▶ 東京証券取引所と東京大学は「金融商品市場の安定化・効率化に向けた情報技術の研究」に関する共同研究を開始します (2012/12/10 プレスリリース)
- ▶ JPXワーキングペーパー『混合ガウスモデルを用いた市場注文状況の変化の検出』を公表しました (2013/3/19 プレスリリース)

対象者別メニュー

個人・一般の皆様へ

機関投資家の皆様へ

上場会社の皆様へ

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因

ティック・サイズ

安易に変えられない

妥当性検証



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)

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

$$\Delta P_B > \Delta P_A$$

or

$$1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定



シェアが移る

指値配分ルール依存性



比較

実証分析

2012年
東証、PTSのデータ

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因

ティック・サイズ

安易に変えられない

妥当性検証



人工市場モデル

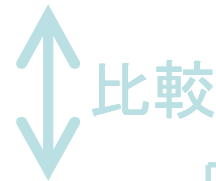
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

$$\Delta P_B > \Delta P_A \quad \text{or} \quad 1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定 \rightarrow シェアが移る

指値配分ルール依存性



実証分析

2012年
東証、PTSのデータ

人工市場モデルを用いたシミュレーションとは？

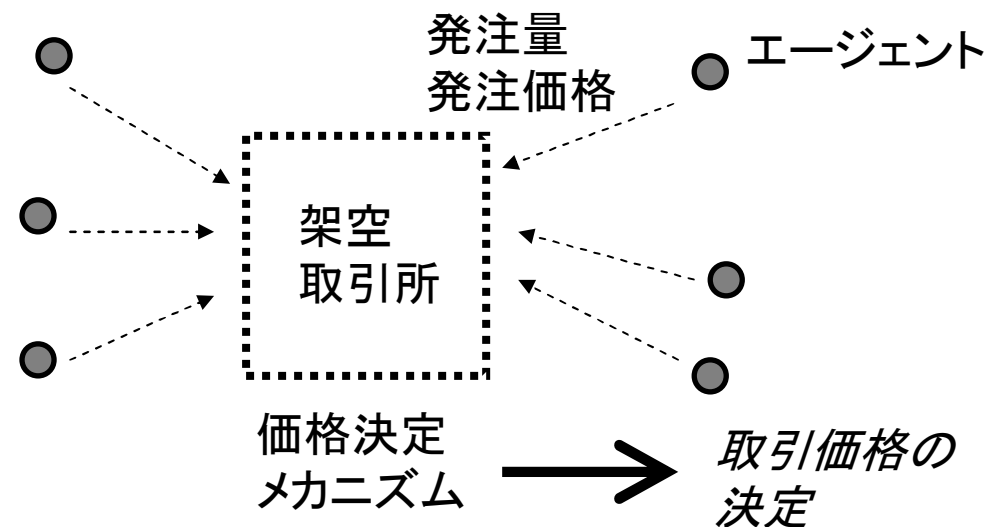
計算機上に人工的に作られた架空の市場
マルチエージェントシステム + 価格決定メカニズム

- 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



妥当性(1)

現実のマクロを
(必要な部分)再現
*Stylized Facts*を再現
Fat-Tail
Volatility-Clustering
その他目的に応じて
再現するもの

妥当性(2)

実証等で解明された
ミクロにあわせる
ファンダメンタル投資家
テクニカル(順張り)投資家

マクロ

株価変動
売買数量

← 前提を置かない
≠ 金融工学

積み上げ

ミクロ

エージェント(投資家)
価格決定メカニズム(取引所)

妥当性(3)

妥当性(1)・(2)を満たす限り
シンプルなモデル
パラメータが多すぎると評価不能
恣意的な結果へ誘導疑念を払拭

本研究の人工市場モデル

Chiarella et. al. [2009]

- 連続ダブルオークション(ザラバ) ⇒ 市場選択モデルの実装
- エージェントモデルは簡素 ⇒ 恣意的な結果を避けるため

1000体のheterogeneousなエージェント

予想リターン

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

$w_{i,j}$

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

+

注文状況の再現も必要

(オリジナル)

約定件数やキャンセル率、1日の騰落率の標準偏差
板の形状、など短期のマイクロストラクチャーの性質

注文件数 ⇔ 時間 対応付けが可能

シェア競争でどれくらい時間がかかるか興味がある

ファンダメンタル戦略項とテクニカル戦略項

* ファンダメンタル戦略

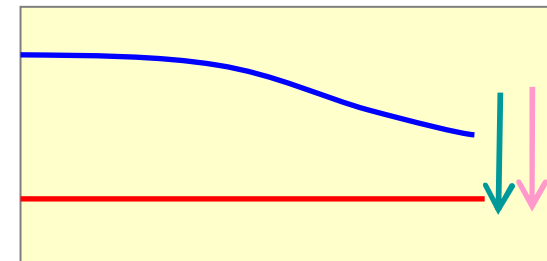
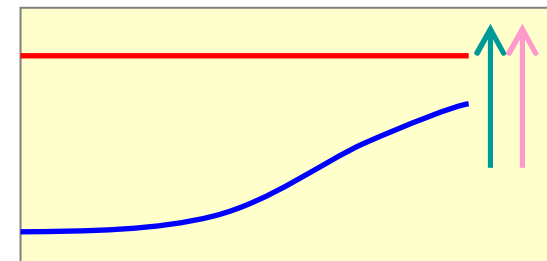
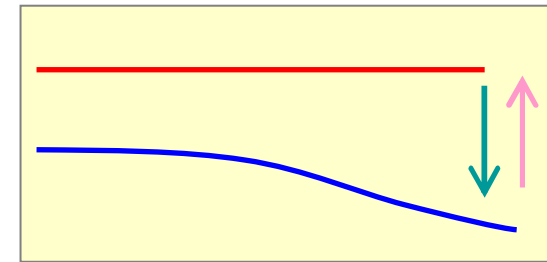
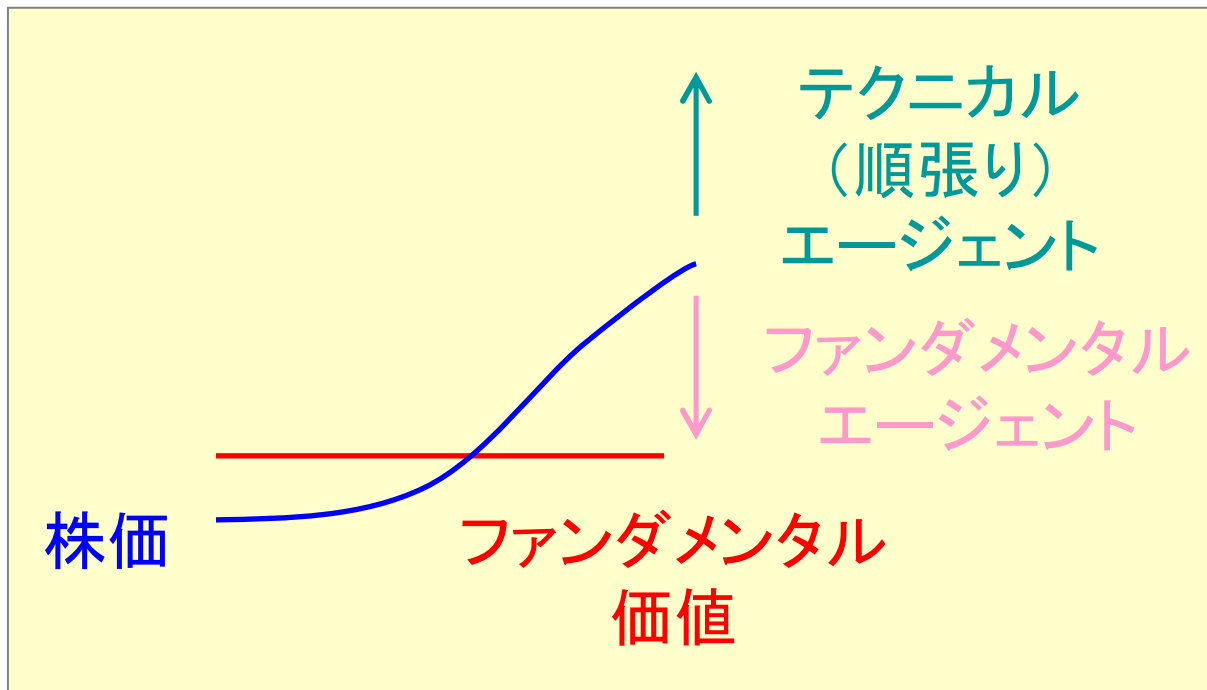
ファンダメンタル価値 $>$ 株価 \Rightarrow 買い: 上がると予想

ファンダメンタル価値 $<$ 株価 \Rightarrow 売り: 下がると予想

* テクニカル戦略項

過去リターン $>$ 0 \Rightarrow 買い

過去リターン $<$ 0 \Rightarrow 売り



市場選択モデル

ティックサイズのみ異なる市場A、Bで
どのように出来高シェアが移り変わるかを分析

市場A

市場B

エージェント
(投資家)

成行注文: 有利な価格で
売買できる市場を選択

指値注文: 各市場の過去の
総出来高に比例して配分

コンピュータ内で
シミュレーション

各市場の過去の総出来高に比例して配分

確率 W_a で市場Aを選ぶ

直近 t_{AB} 期間の

両市場の出来高(取引量): T_a , T_b

$$W_a = \frac{T_a}{T_a + T_b}$$

☆ $t_{AB}=5$ 日の場合

☆ t_{AB} をさまざまに変更した場合
を調べる

指値配分ルール依存性

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因

ティック・サイズ

安易に変えられない

妥当性検証



人工市場モデル

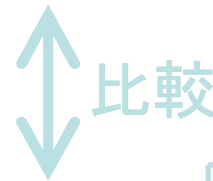
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

$$\Delta P_B > \Delta P_A \quad \text{or} \quad 1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定 \rightarrow シェアが移る

指値配分ルール依存性



実証分析

2012年
東証、PTSのデータ

Stylized Facts

ティックサイズ(%)		0.0001%	0.001%	0.01%	0.1%	1%
注文状況	約定率	23.5%	23.5%	23.4%	23.1%	22.1%
	キャンセル率	26.2%	26.2%	26.3%	26.6%	27.6%
	1日約定件数	6,361	6,358	6,345	6,279	6,081
騰落率の標準偏差	1ティック(1期間)	0.05%	0.05%	0.05%	0.06%	0.16%
	1日(20000期間)	0.59%	0.56%	0.57%	0.57%	1.15%
騰落率の尖度		1.50	1.48	1.45	1.10	1.81
ラグ						
騰落率の2乗の自己相関	1	0.229	0.228	0.228	0.210	0.025
	2	0.141	0.141	0.141	0.120	0.013
	3	0.109	0.108	0.108	0.090	0.008
	4	0.091	0.091	0.091	0.075	0.006
	5	0.078	0.078	0.078	0.064	0.004

Fat-Tail, Volatility-Clusteringを再現

$$\bar{\sigma}_t = 0.05\%$$

+ 注文状況も再現 (オリジナル)

約定件数、キャンセル率、1日の騰落率の標準偏差
など短期のマイクロストラクチャーの性質

注文件数⇔時間 対応付けが可能

シェア競争でどれくらい時間がかかるか興味がある

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因 **ティック・サイズ** 安易に変えられない

妥当性検証



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)

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

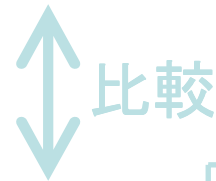
$$\Delta P_B > \Delta P_A$$

or

$$1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定 \rightarrow シェアが移る

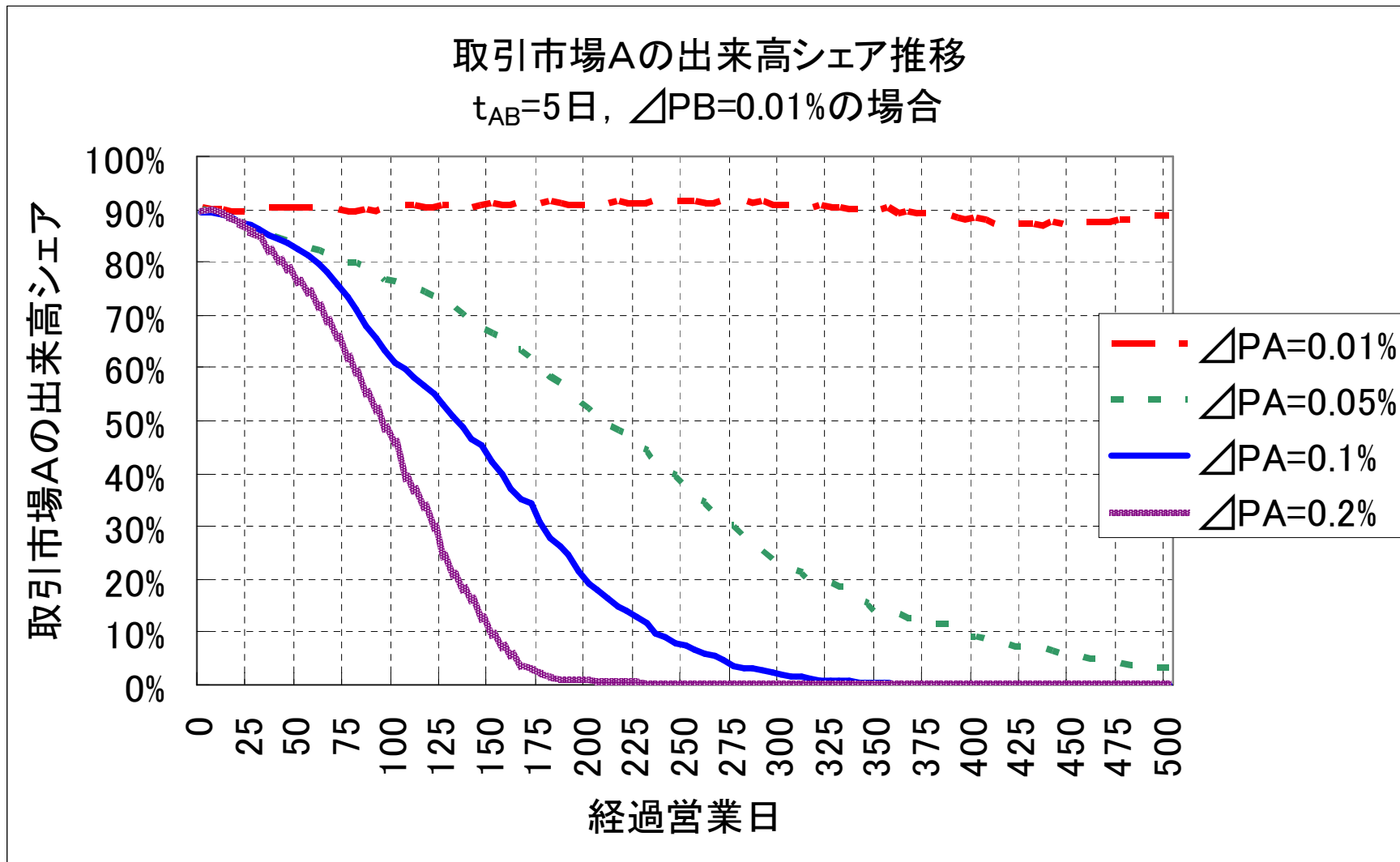
指値配分ルール依存性



実証分析

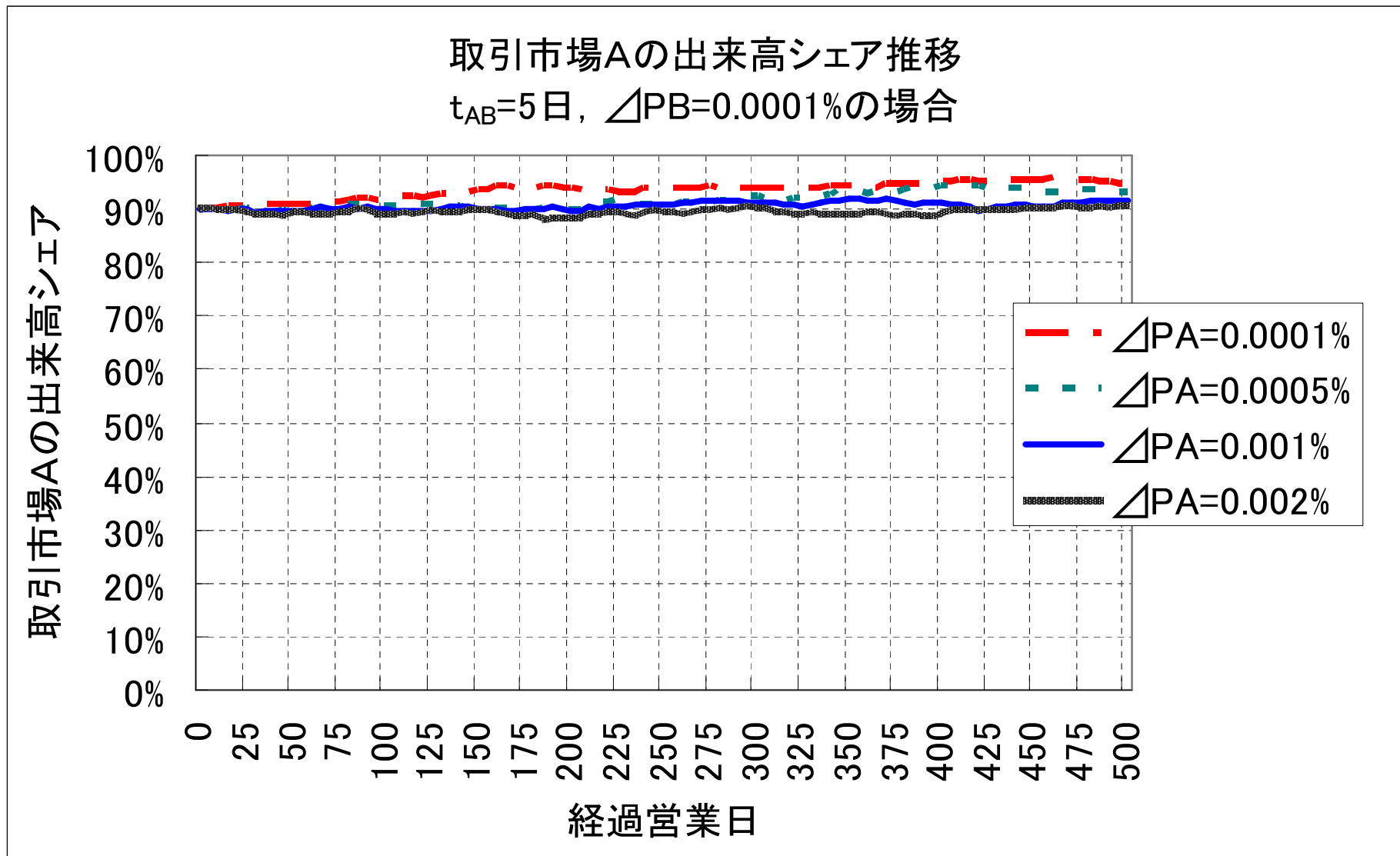
2012年
東証、PTSのデータ

ティックサイズが大きい場合



ティックサイズの差が大きいほどシェアが早く移り変わる

ティックサイズが小さい場合



ティックサイズの絶対水準が小さいと、ティックサイズに大きな差があってもシェアを奪えない

取引量シェアが移り変わらないティックサイズの条件

取引市場A 500営業日後シェア		取引市場B ティックサイズ ΔPB										
		0.0001%	0.0002%	0.0005%	0.001%	0.002%	0.005%	0.01%	0.02%	0.05%	0.1%	0.2%
取引市場A ティックサイズ ΔPA	0.0001%	90%	90%	91%	91%	92%	94%	97%	99%	100%	100%	100%
	0.0002%	90%	90%	90%	91%	91%	94%	97%	99%	100%	100%	100%
	0.0005%	89%	90%	91%	91%	92%	94%	96%	99%	100%	100%	100%
	0.001%	89%	89%	90%	90%	92%	94%	97%	99%	100%	100%	100%
	0.002%	87%	88%	89%	89%	91%	93%	97%	99%	100%	100%	100%
	0.005%	84%	85%	85%	84%	87%	92%	96%	99%	100%	100%	100%
	0.01%	75%	76%	76%	77%	78%	83%	92%	98%	100%	100%	100%
	0.02%	53%	52%	53%	54%	54%	59%	70%	93%	100%	100%	100%
	0.05%	5%	5%	4%	5%	5%	5%	6%	23%	93%	100%	100%
	0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	94%	100%
	0.2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	96%

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

$$\Delta P_B > \Delta P_A$$

or

$$1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

急速に取引市場間
シェアが移る

$$\bar{\sigma}_t < \Delta P_A$$

$$\bar{\sigma}_t = 0.05\%$$

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因 **ティック・サイズ** 安易に変えられない

妥当性検証
↑
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)

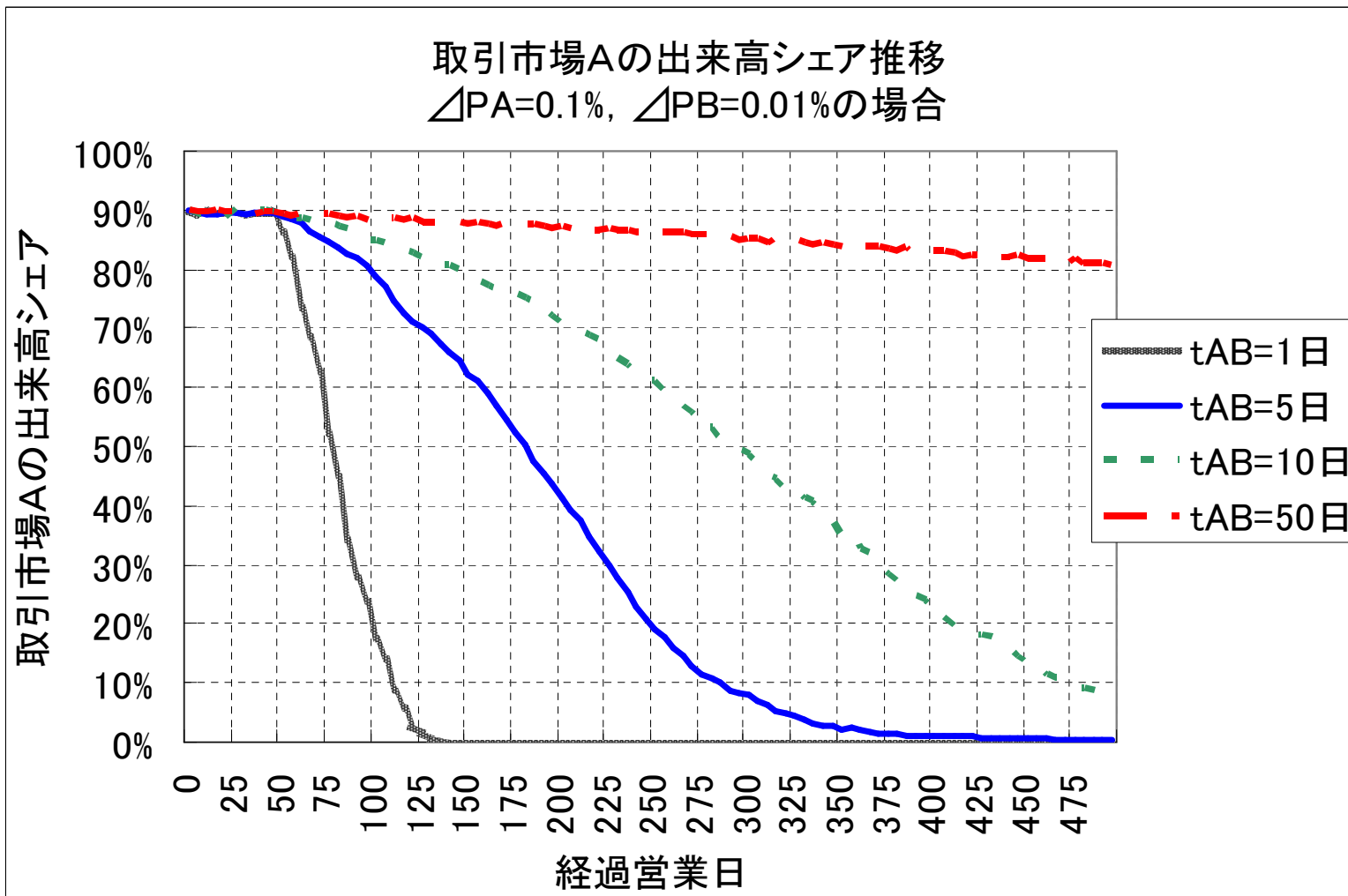
取引市場間シェアが
移り変わらない条件
 $\Delta P_B > \Delta P_A$ or $1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$
 ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定 → シェアが移る

指値配分ルール依存性

比較

実証分析
2012年
東証、PTSのデータ

t_{AB}を様々に変えた場合



t_{AB}によってシェアの移り変わる速さが大きく異なる

取引量シェアが移り変わらないティックサイズの条件

取引市場A 500営業日後シェア		過去出来高参照日数 t_{AB}					
		1	2	5	10	20	50
取引 市場A ティック サイズ ΔP_A	0.0001%	91%	89%	90%	90%	90%	90%
	0.0002%	89%	90%	90%	90%	90%	90%
	0.0005%	89%	88%	89%	90%	90%	90%
	0.001%	88%	88%	89%	90%	90%	90%
	0.002%	84%	86%	88%	89%	90%	90%
	0.005%	62%	73%	85%	87%	89%	89%
	0.01%	24%	53%	78%	85%	87%	89%
	0.02%	0%	12%	59%	77%	84%	88%
	0.05%	0%	0%	8%	44%	73%	85%
	0.1%	0%	0%	0%	10%	52%	80%
	0.2%	0%	0%	0%	0%	24%	74%

$$\bar{\sigma}_t = 0.05\%$$

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

$$\Delta P_B > \Delta P_A \quad \text{or} \quad 1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

急速に取引市場間
シェアが移る

$$\bar{\sigma}_t < \Delta P_A$$

急速ではなくなる

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因 **ティック・サイズ** 安易に変えられない

妥当性検証
↑
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)

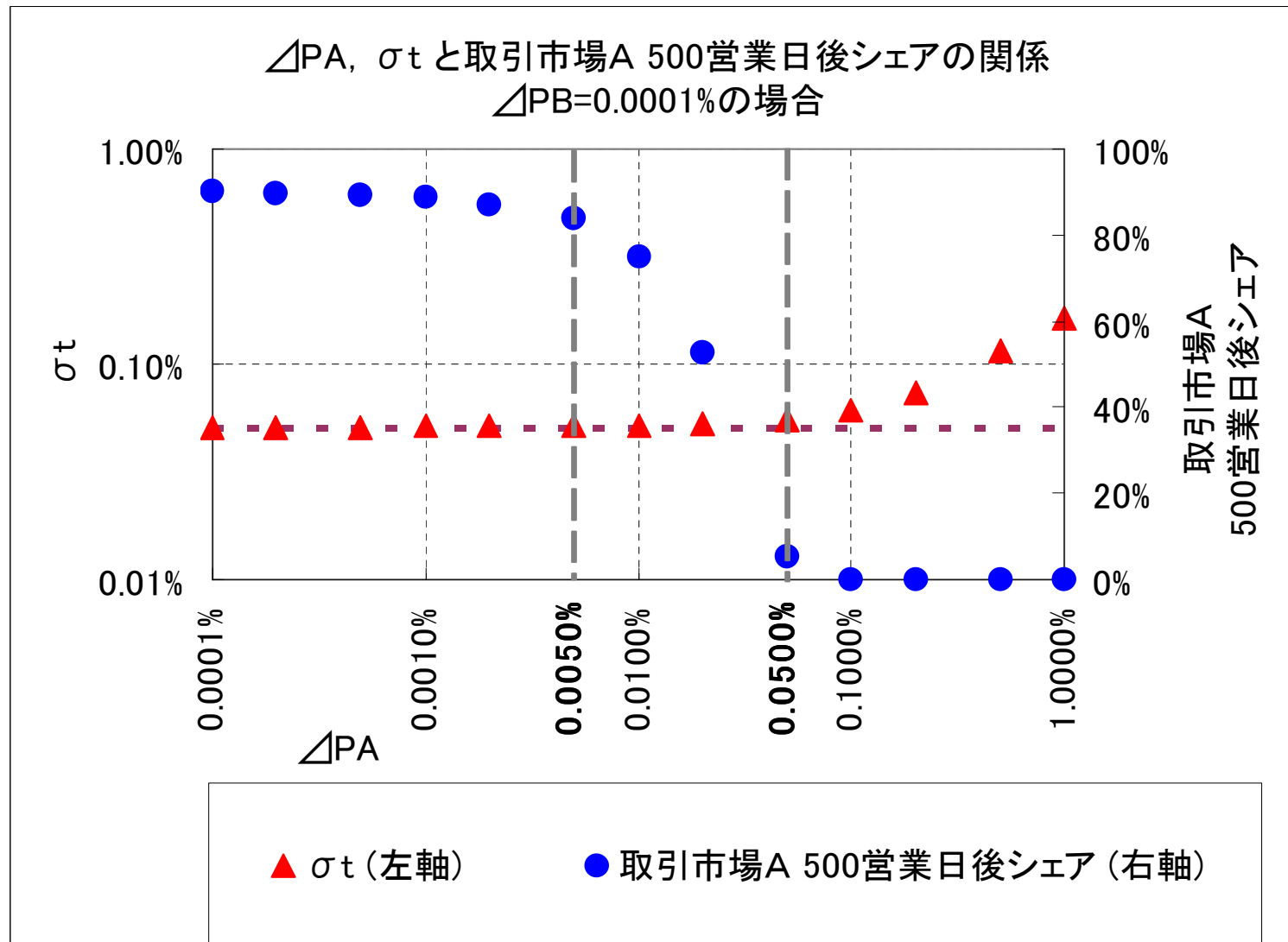
取引市場間シェアが
移り変わらない条件 $\Delta P_B > \Delta P_A$ or $1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$
 ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定 → **シェアが移る**

指値配分ルール依存性

比較

実証分析
2012年
東証、PTSのデータ

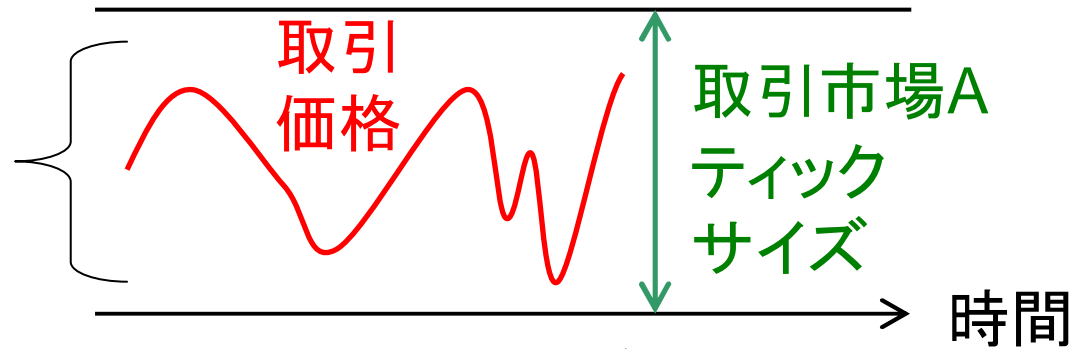
騰落率の標準偏差と取引量シェアの関係 (ΔPB が十分小さいとき)



ティックサイズが騰落率の標準偏差を規定しているとシェアが移る

$$\bar{\sigma}_t < \Delta P_A$$

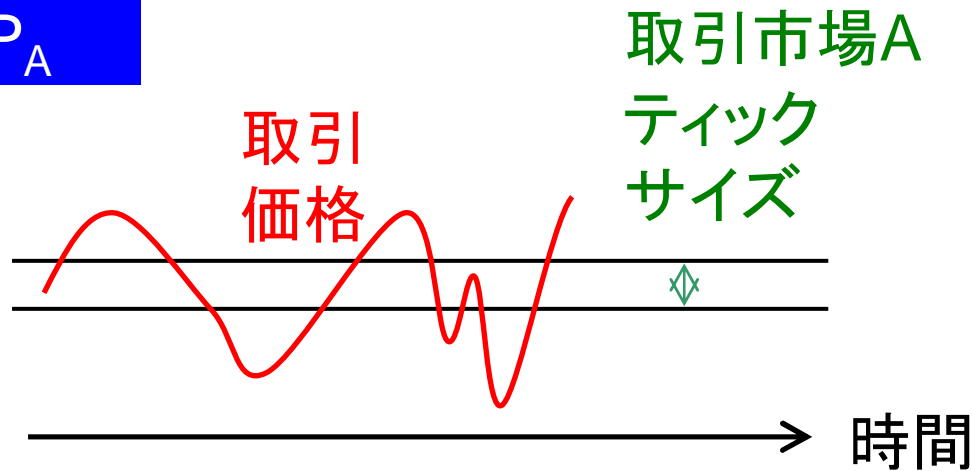
取引市場A
で取引でき
ない領域



取引市場Aの出番がない
→ 取引市場Bの高い約定率
⇒ 素早く取引市場Bがシェアを奪う

$$1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

取引市場B
の必要性
が薄い



⇒ シェアが動かない

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因 **ティック・サイズ** 安易に変えられない

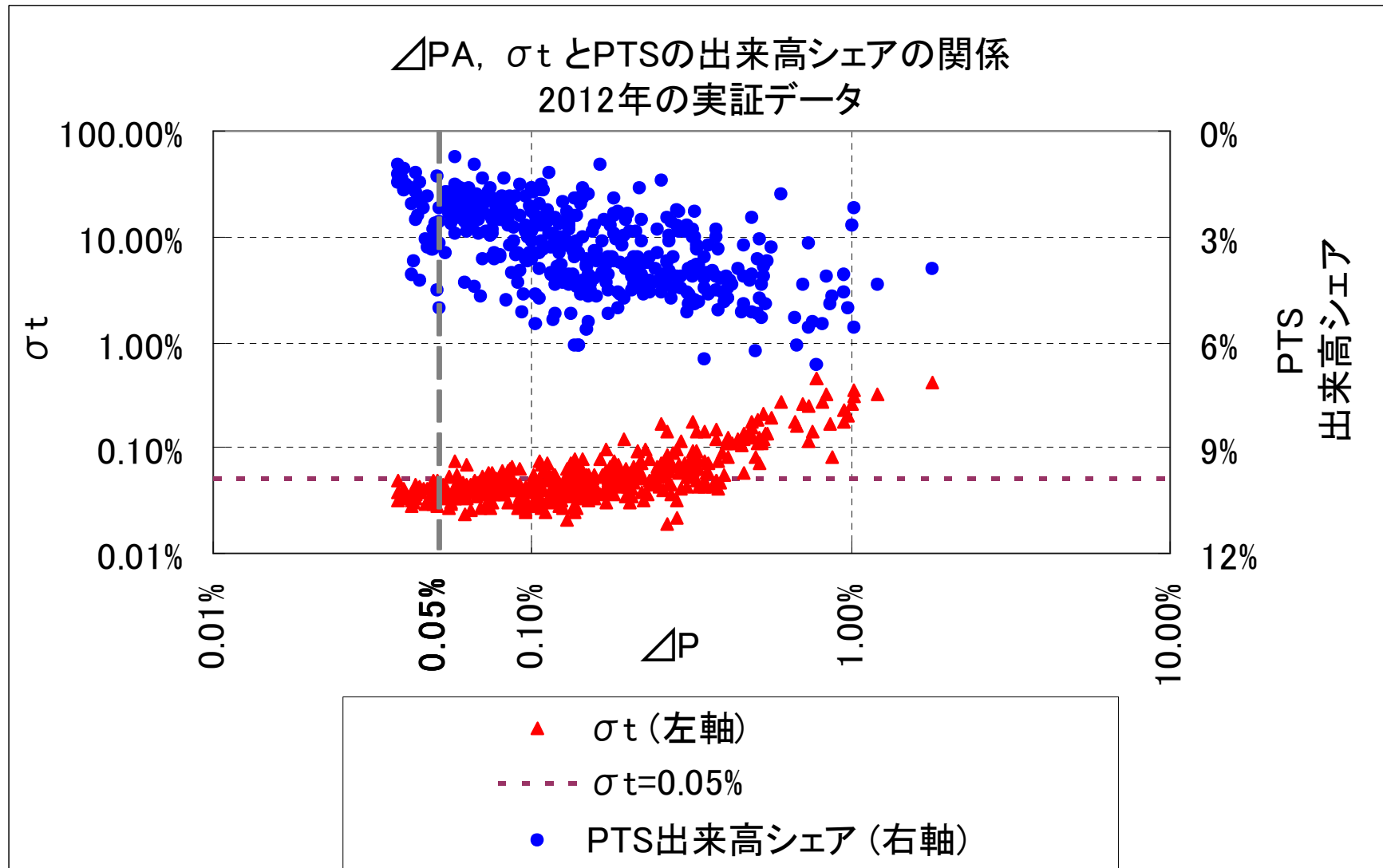
妥当性検証 ↑
人工市場モデル
(エージェント・ベースド・シミュレーション)

取引市場間シェアが
移り変わらない条件 $\Delta P_B > \Delta P_A$ or $1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$
 ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定 → **シェアが移る**

指値配分ルール依存性

比較

実証分析 2012年
東証、PTSのデータ



ティックサイズが騰落率の標準偏差を規定しているとシェアが移る

取引市場間の競争激化

さまざまな競争要因

ティック・サイズ

安易に変えられない

妥当性検証



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)

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

$$\Delta P_B > \Delta P_A$$

or

$$1/10 \bar{\sigma}_t > \Delta P_A$$

ΔP が $\bar{\sigma}_t$ を規定



シェアが移る

指値配分ルール依存性



比較

実証分析

2012年
東証、PTSのデータ

ご清聴ありがとうございました

参考文献

* 水田孝信, 早川聡, 和泉潔, 吉村忍: 人工市場シミュレーションを用いた取引市場間におけるティックサイズと取引量の関係性分析, 日本取引所グループ, JPXワーキング・ペーパー, 2013.

<http://www.tse.or.jp/about/seisaku/wp/>

* Lux and Marchesi (1999)

Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market, Nature

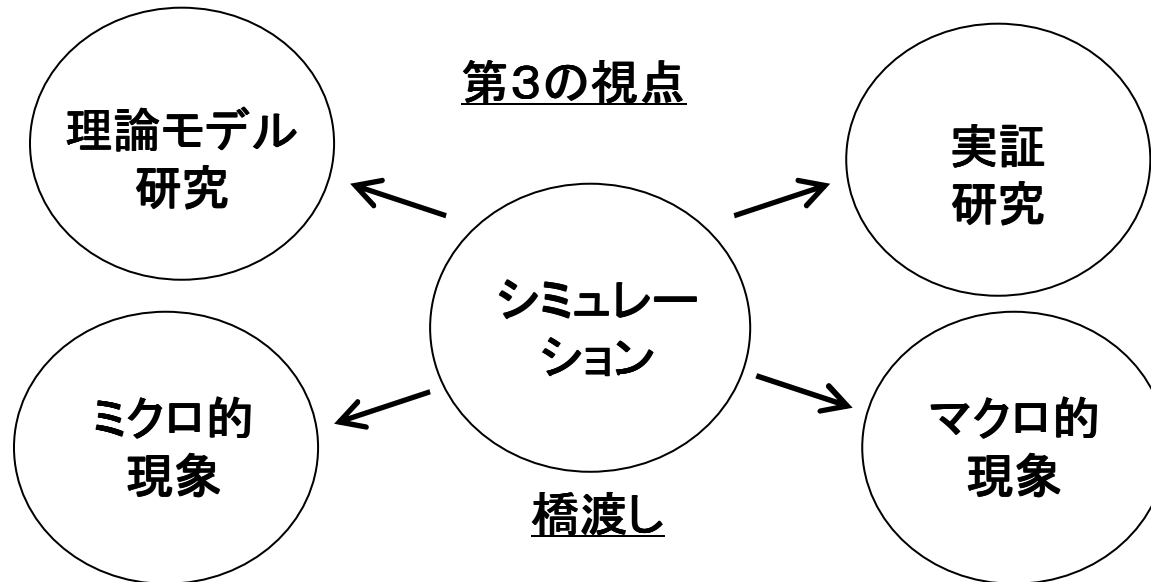
* Chiarella C., G. Iori and J. Perello (2009)

The impact of heterogeneous trading rules on the limit order book and order?, Journal of Economic Dynamics and Control, 33, 3, 525-537

予備スライド

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

投資戦略は無数に考えられる: *無駄に増やしたらダメ*

Lux & Marchesi 1999, Nature

- * **ファンダメンタル戦略**
- * **テクニカル(順張り)戦略**

に集約

Stylized Factsを再現
Fat-Tail
Volatility-Clustering

*この2つ組み“だけ”が妥当かどうかは分からない
この2つ組みで“十分”(そこそこ)妥当とは言える*

予想価格の決定

j: エージェント番号
(1000体, 順番に注文)
t: 時刻(ティック時刻)

予想リターン

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

過去リターン

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

テクニカル

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: 0~1
j=2: 0~10

τ_j 0~10000

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

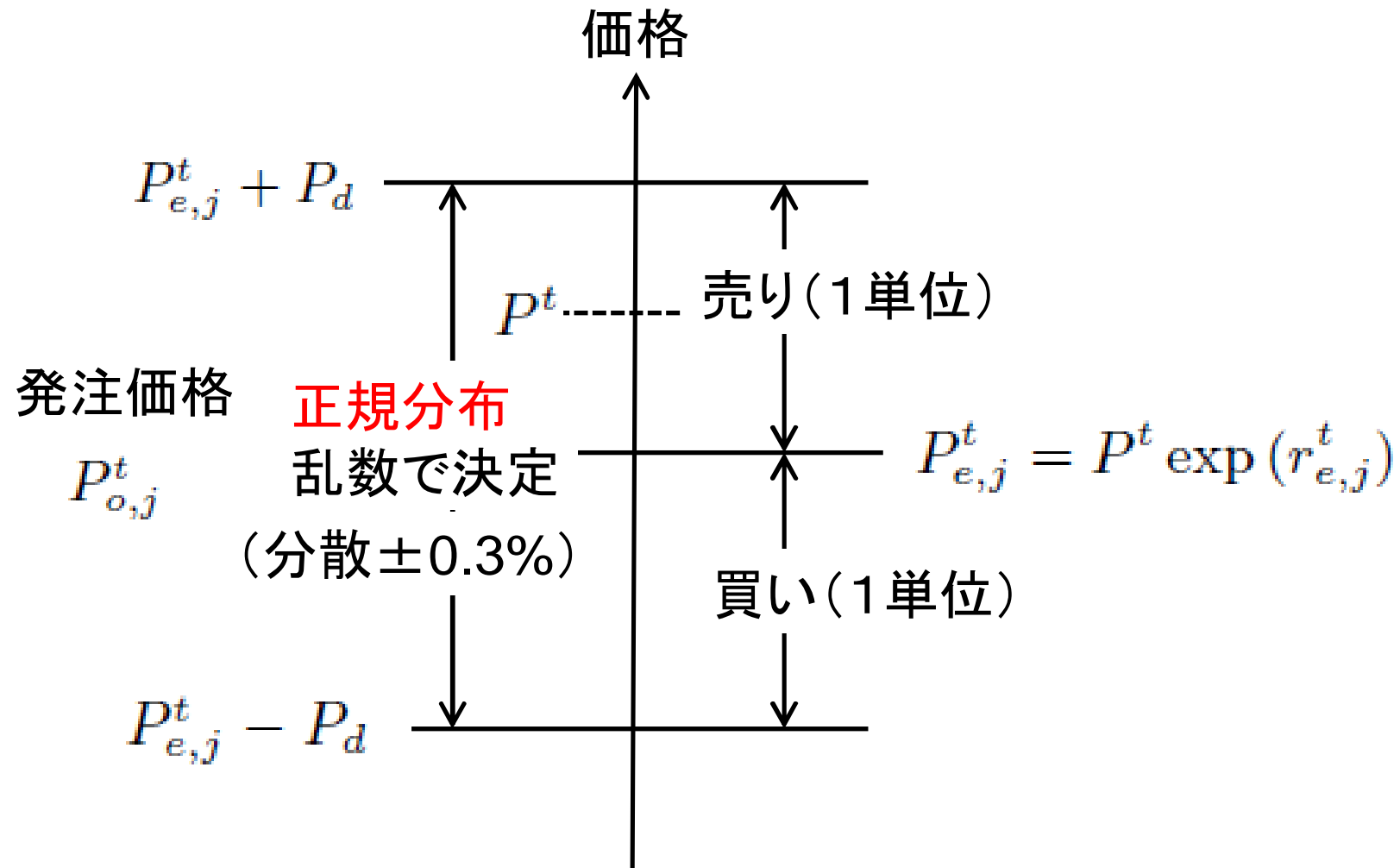
ϵ_j^t

正規乱数
平均0

$\sigma = 3\%$

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



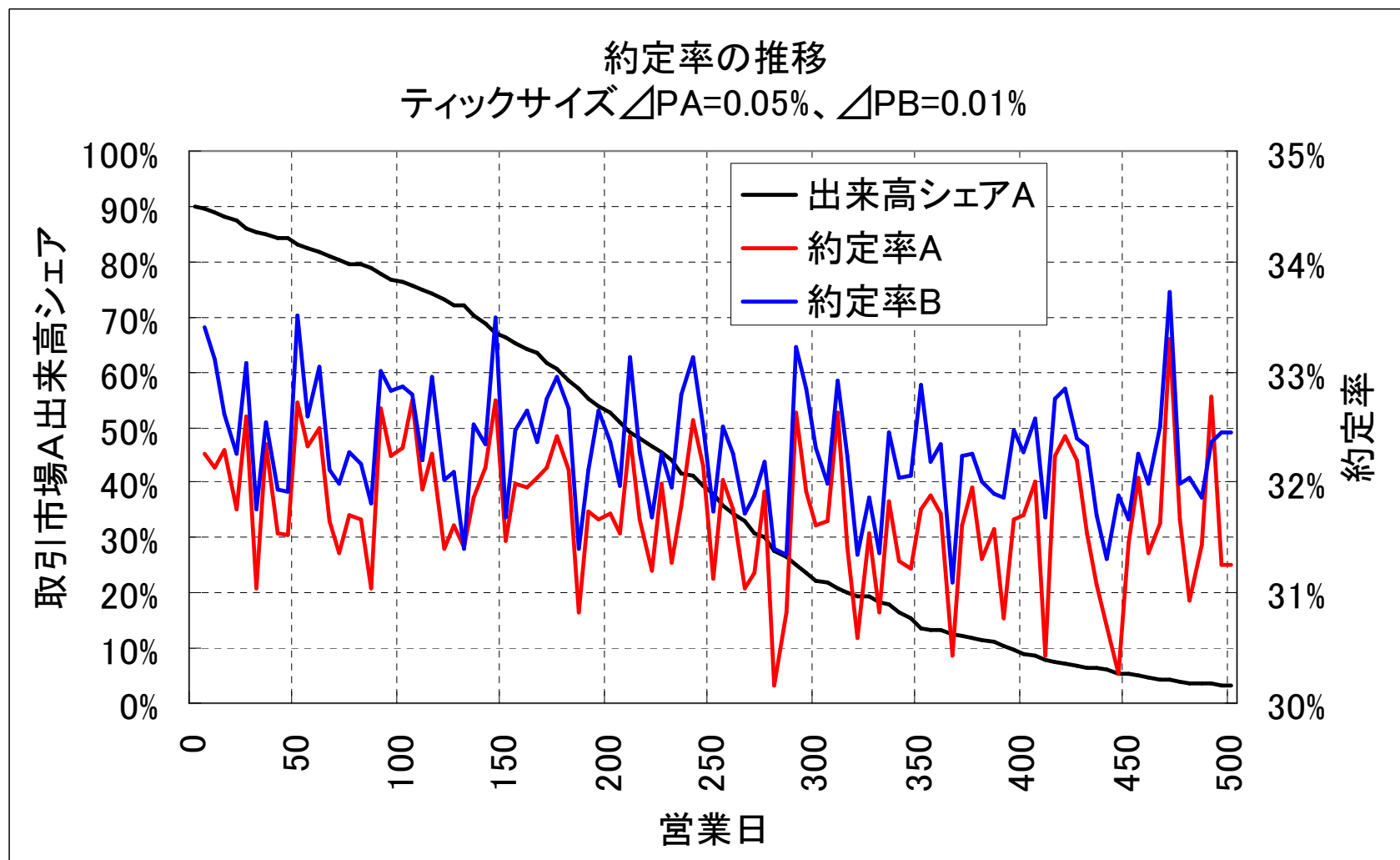
どちらの市場に注文をだすか？

市場 A			市場 B		
売り	価格	買い	売り	価格	買い
84	101		1	99.2	
176	100		2	99.1	
	99	204		99.0	3
	98	77		98.8	1

- (1) 98円の買い: シェアに応じた確率でAかBを決める
- (2) 99.1円の買い: 市場B ← 99.1円で即座に買えるため
- (3) 100円の買い: 市場B ← 99.1円で即座に買えるため

(2)、(3)によりシェアを伸ばすことが可能

約定率



ティックサイズが小さい市場で即座に注文が成立することが多い
この差によりシェアを少しずつ奪う

実証分析のデータ

期間: 2012年の1年間の全営業日

銘柄ユニバース: 439銘柄

期間を通じて TOPIX500 指数に採用されていてかつ、当該期間のすべての月次終値での呼値の刻みが同一でありかつ、全営業日で1度以上取引が成立した

横軸: 東京証券取引所での各銘柄のティックサイズ水準 ΔP

▲: 銘柄ごとの10秒ごとの騰落率の標準偏差 σ_t

●: 銘柄ごとのPTS(Proprietary Trading System)の
売買数量シェア

集計対象:

取引所市場: 東京証券取引所, 大阪証券取引所,
名古屋証券取引所, 福岡証券取引所,
札幌証券取引所, JASDAQ

PTS: ジャパンネクスト PTS J-Market,
ジャパンネクスト PTS X-Market,
チャイエックス・ジャパン PTS