

経済物理学
第7回(2015/7/28)

金融ビッグデータと人工知能技術III
人工市場による市場制度の設計

スパークス・アセット・マネジメント
水田孝信

mizutata[at]gmail.com
@takanobu_mizuta (twitter)
http://www.geocities.jp/mizuta_ta/jindex.htm

この資料は以下のサイトで閲覧、ダウンロードできます:

<http://www.slideshare.net/mizutata/iii-2015-46795922>

自己紹介

- 2000年 気象大学校卒業
- 2002年 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了
研究内容:宇宙空間プラズマのコンピュータシミュレーション
- 2004年 同専攻博士課程を中退
- 同年 スパークス・アセット・マネジメントに入社
バックオフィス業務(ファンドの純資産の計算や取引決済の指図など)
- 2005年 ボトムアップ・リサーチ・アナリスト
(会社の社長に取材したりと足で稼ぐ企業調査)
- 2006年 クオオンツ・アナリスト → 2010年 ファンド・マネージャー
(株式市場の定量分析・調査:投資判断、リスク管理、営業資料、、、)
- 2008年 学术界に出入りを始める (主に人工知能学会)
- 2011年 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻博士課程
社会人をしながら在籍
研究内容:人工市場を用いた金融規制のシミュレーション
- 2014年9月修了
- 現在 株式市場調査をしながら細々と学術研究も
- 2007年 日本証券アナリスト協会検定会員
- 2009年 中小企業診断士
- 2013年 2級ファイナンシャル・プランニング技能士

今日のお話

人工市場による市場制度の設計

詳細は水田(2014)博士論文

(1) 規制・制度分析に用いる人工市場モデル

具体例: 実際に制度・規制変更

(2) ティック・サイズの縮小

実務・社会の動きも交えて

中心に話します

具体例: これから大きな議論

フラッシュ・ボーイズ(実話風小説)の煽り

(3) HFT(高頻度取引)、ダーク・プール

(1)

規制・制度分析に用いる
人工市場モデル

金融市場の制度設計の重要性

人類

高度なお金と物の交換で協力しあう

他の動物を凌駕する文明

金融市場

協力 & 競争

よい物・よいサービス

社会を破壊？

規制の無い
自由な競争が良い？

そうではなくて

うまく設計されたときのみ、うまく機能する

John McMillan (2002, 訳2007)

人類発展に
必要不可欠な道具

物理学者や生物学者が研究してきた
システムと同じくらい複雑で高度

市場の設計をうまく行う = 難しいけど社会発展に非常に重要

金融市場では、金融危機による混乱がしばしば発生
⇒ どのような規制・制度で対応するか議論

取引市場の新規参入により、取引市場間のシェア争いが激化
⇒ どのような制度なら取引市場間のシェア争いに勝てるか議論

実証研究の困難さ

導入したことがない規制・制度変更を議論

→ 実証データが全くない

価格形成に関して規制・制度変更の効果だけを取り出す

→ 実際の市場ではさまざまな要因が複雑

当局や取引市場が規制・制度を策定するときの議論

⇒ 仮説検証型の分析に基づかない定性的な議論のみ

導入した後に副作用を発見し導入したものを廃止するといったことが繰り返される場合も



人工市場シミュレーション

人工市場

調査対象に応じたモデルに必要な要素の特定
規制・制度のパラメータ感応度を分析
実際に議論されている規制・制度を分析・設計

規制・制度の議論に実務的に使える
知識の獲得を目指す

過去の特特定事象の再現は目的でない

実際の議論で参考にされることを目指す

コロンブスの
たまご的な
気づき

人工市場モデルを用いたシミュレーションとは？

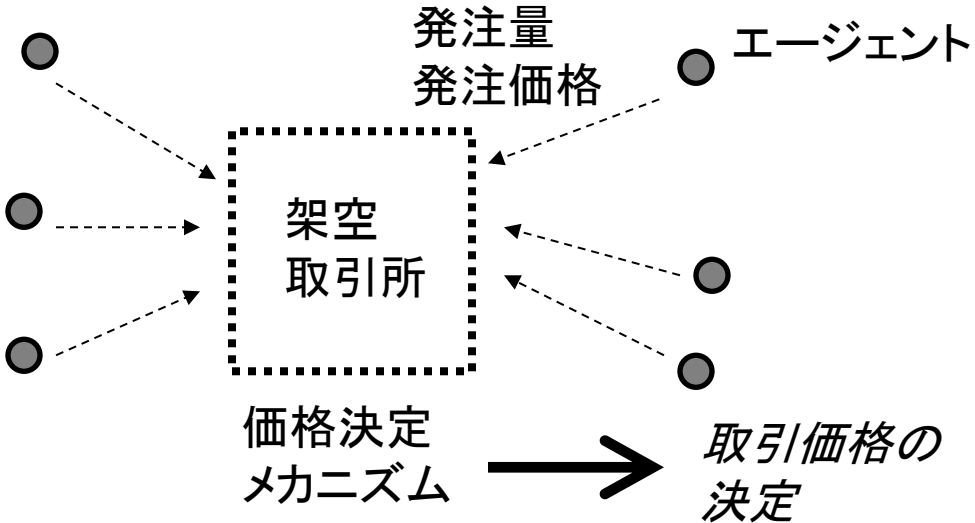
計算機上に人工的に作られた架空の市場
マルチエージェントシステム + 価格決定メカニズム

- ・ 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集団
↑ 同一の戦略を持つ集団で1エージェントとする
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



モデルの構築において、、、

妥当性(1)

現実のマクロを
(必要な部分)再現
スタイライズド・ファクトを再現
ファット・テール
ボラティリティ・クラスタリング
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

価格変動

積み上げ

ミクロ

← モデル化

エージェント(投資家)

価格決定メカニズム(取引所)

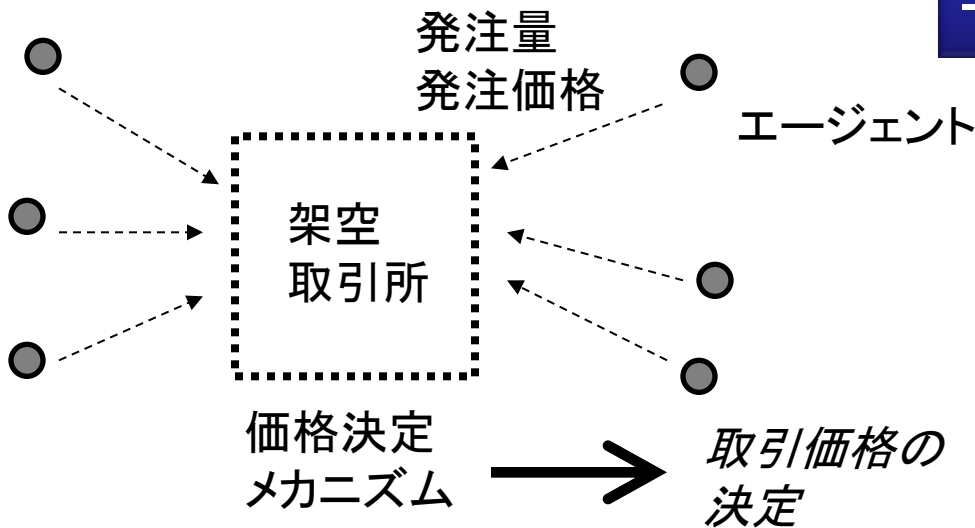
妥当性(3)

調査目的に応じた適切な複雑さ
過去の特定事象の再現か
一般的な市場特性の知識獲得か
エージェントと価格決定メカニズム
各々、どのくらい複雑さが必要か吟味

エージェント

ごく一般的な投資家を再現
 特定環境のみに存在する特殊な投資家は再現しない
 ↑ 過去の特定事象の再現でなく、
 規制・制度の一般的なメカニズムの理解が目的

一般的な投資家をモデル化



調査対象の制度・規制を正確にモデル化

価格決定メカニズム

調査対象の制度・規制を再現する必要がある

Chiarella et. al. 2002をベースにしてモデルを構築

価格決定メカニズム:現実と同じように複雑
 調査対象の制度・規制が再現する必要がある

continuous double auction (ザラ場):
 注文が入るごとに価格を決定
 ザラバ

売り 注文株数	注文 価格	買い 注文株数
10	103	
30	102	
	101	
50	100	
130	99	←ここに注文を入れるとすぐ取引成立
ここも同様⇒	98	150
	97	
	96	70

対等する注文があるとすぐに成立

⇔簡略なモデル

価格変化 \propto (買い注文量 - 売り注文量)

エージェントモデル

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)

過去リターン
 $r^t_{h,j} = \log P^t / P^{t-\tau_j}$

テクニカル

予想リターン

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

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

$w_{i,j}$ i=1,3: 0~1
i=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 $P^t_{e,j} = P^t \exp(r^t_{e,j})$

価格の予想方法(投資戦略)

* ファンダメンタル戦略

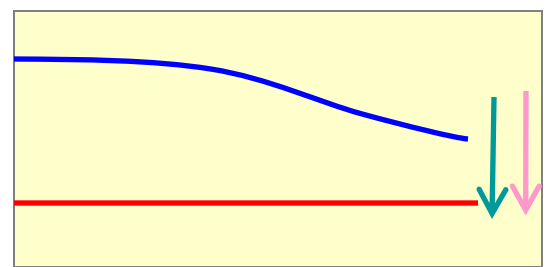
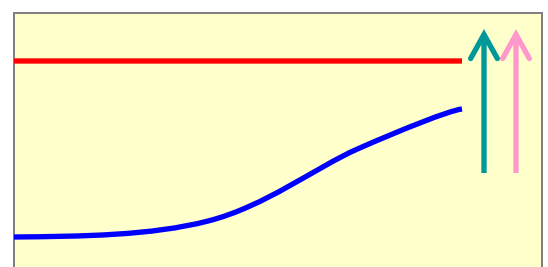
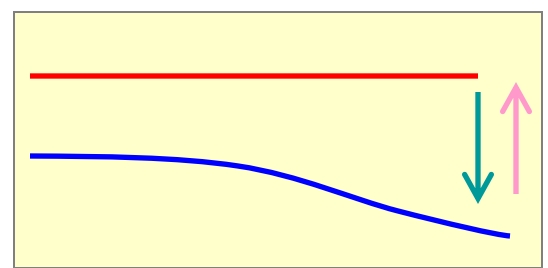
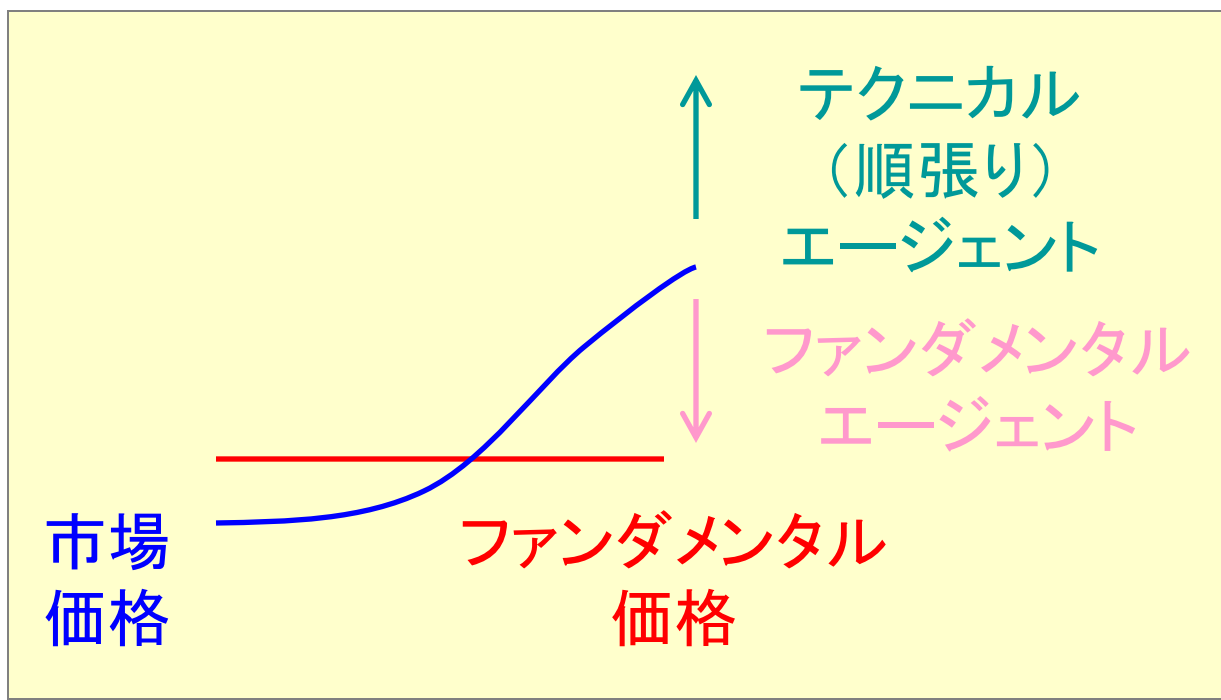
ファンダメンタル価格 > 市場価格 ⇒ 上がると予想

ファンダメンタル価格 < 市場価格 ⇒ 下がると予想

* テクニカル戦略

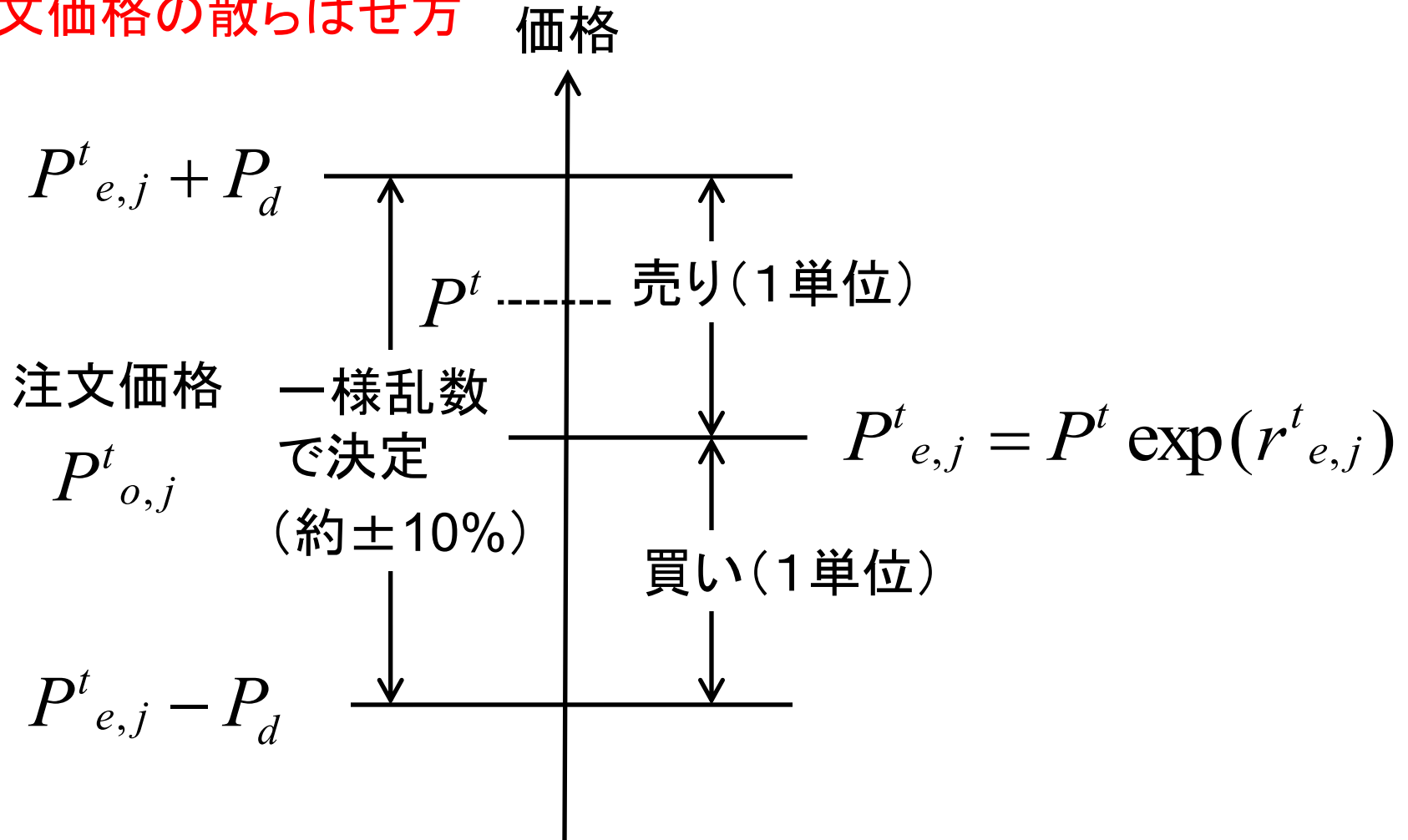
過去リターン > 0 ⇒ 上がると予想

過去リターン < 0 ⇒ 下がると予想



売り買いの決定

注文価格の散らばせ方



実際のザラバの注文状況を再現するため

⇒多くの待機している注文(指値注文)が存在

↑高い価格で多くの売り注文、安い価格で多くの買い注文

できること(得意なこと)

個人的意見

●特定のミクロ環境変化がどのような変化が起こりえるか？

★ミクロ環境変化の例

新しい種類の投資家が参加

* 他資産とのヘッジ取引、高頻度取引、心理バイアスのある人
取引所の制度・規制の変更

→ 歴史上ない変更も取り扱える

→ その変更の純粋な効果を取り出せる

★”起こりえる”

起きるとは限らないが、可能性のある変化、思わぬ副作用を
拾い出すのが得意

→ 変化の是非の議論の幅を広げる、視点を加える

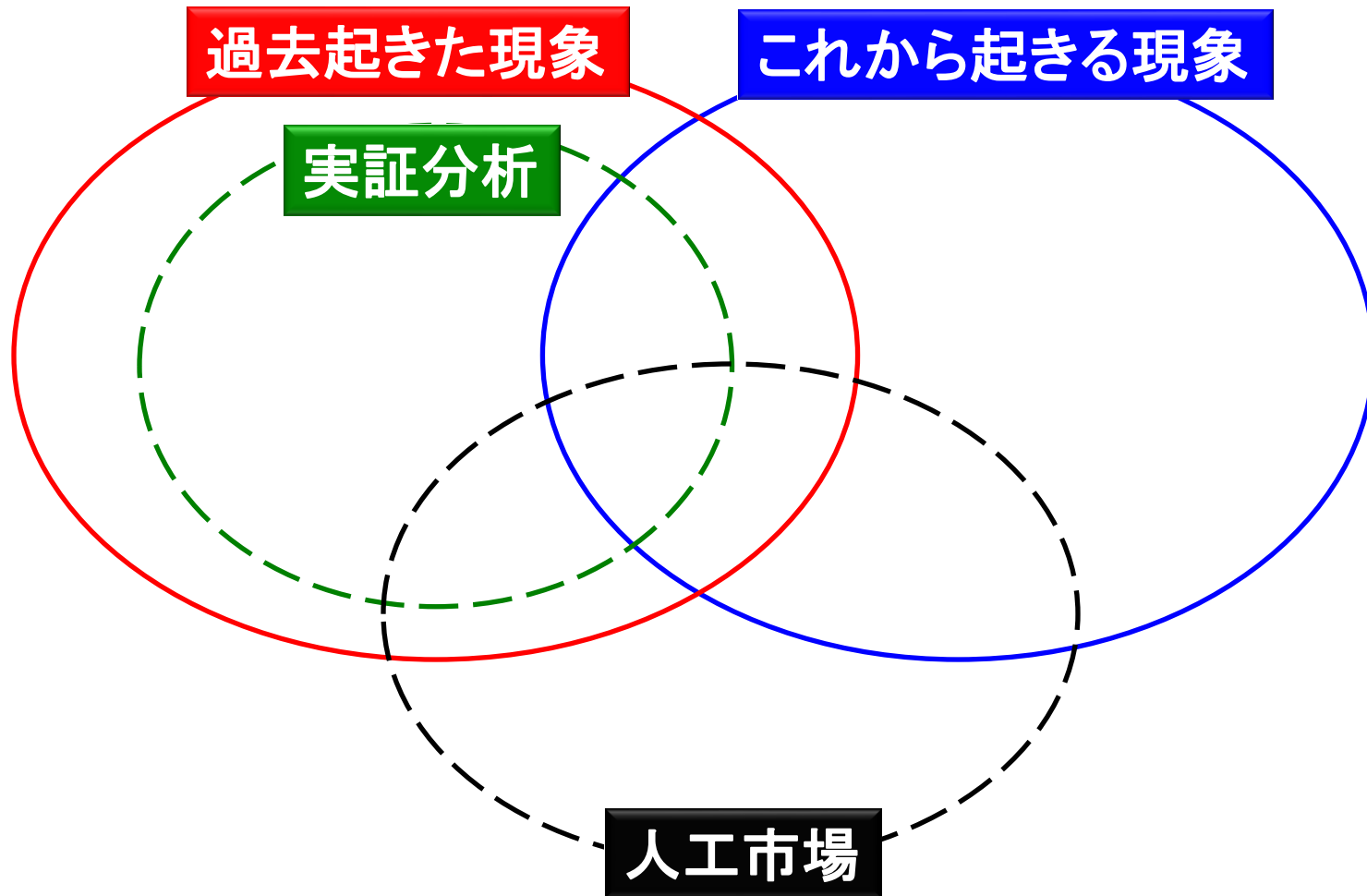
確実にこう変化するとは、人工市場単独では言えない
複雑系内のミクロ・マクロ相互作用のメカニズムの分析ができる

→ 知識発見できる、マクロ現象を意味づけできる

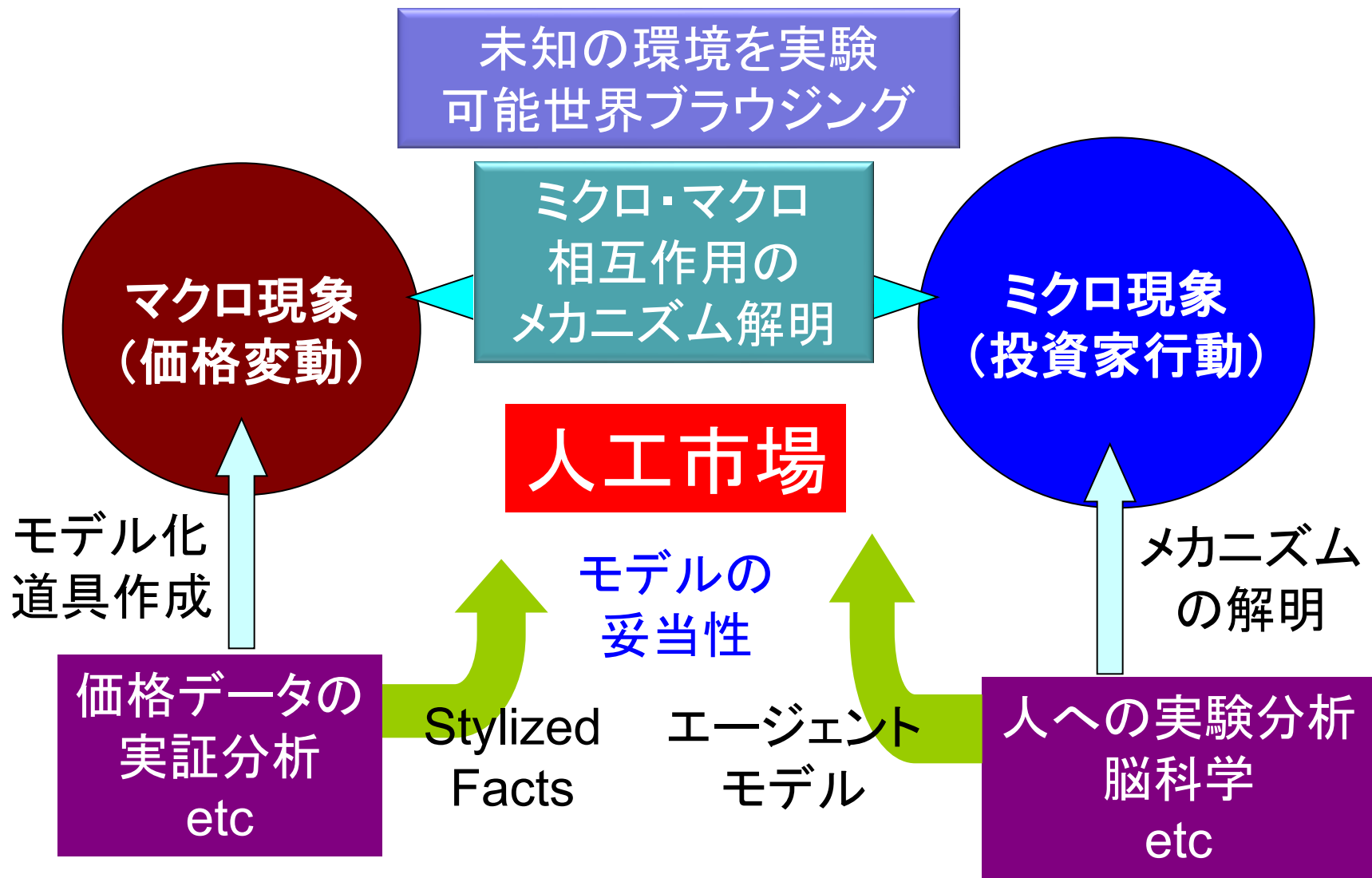
できないこと(他手法がよいこと)

- 特定事象に関して”こうなる”といった未来予測はできない
 - 例) アベノミクスはうまくいくか？
 - 過去の特定事象のメカニズム分析はできる
- 株価予測みたいなことはできない
 - 起こりえる現象を拾い上げてもそれが具体的にいつ起こるかなどはわからない
 - 例) 来月バブルがスタートするか？
 - ⇔バブルはこんな感じで起きている、ということは扱える
- 現実にはありえない設定であるかどうか
 - ↑ 他の手法との比較でしか議論できない
- 定量的に正確な議論
 - 例) 金融危機時はボラティリティは15%から25%へ上昇する
 - ボラティリティが上昇することは議論できる

人工市場の得意とする範囲



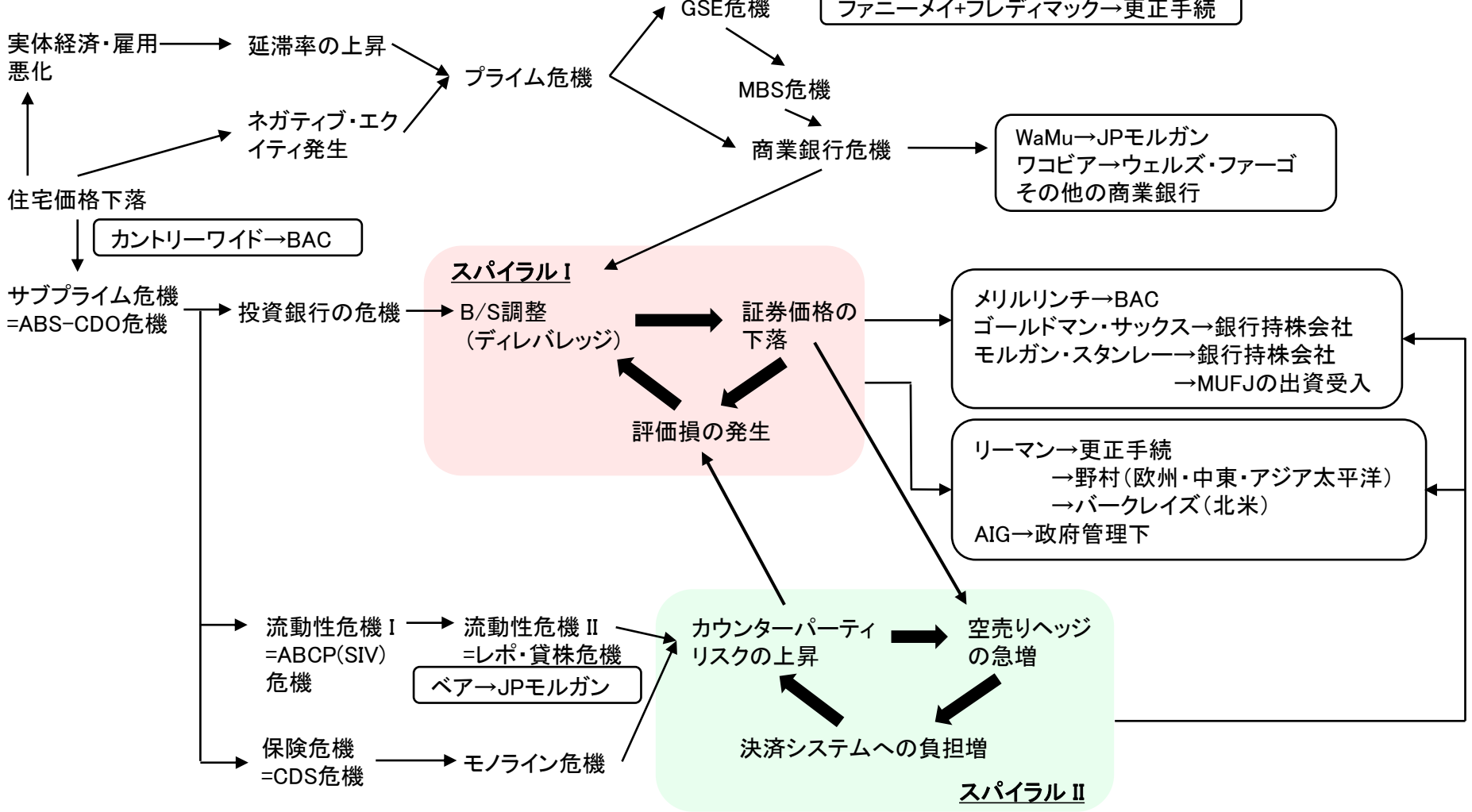
人工市場の得意とすること: ミクロ・マクロ相互作用





人工市場の得意とすること: ポジティブ・フィードバック(複雑系) 2/2

2008年9月以降の金融危機の構図



(出所) 各種資料より野村資本市場研究所作成

(2)

ティック・サイズの縮小

伝統的取引所と私設取引所(PTS)の競争

証券会社などが独自運営する私設取引所(PTS)

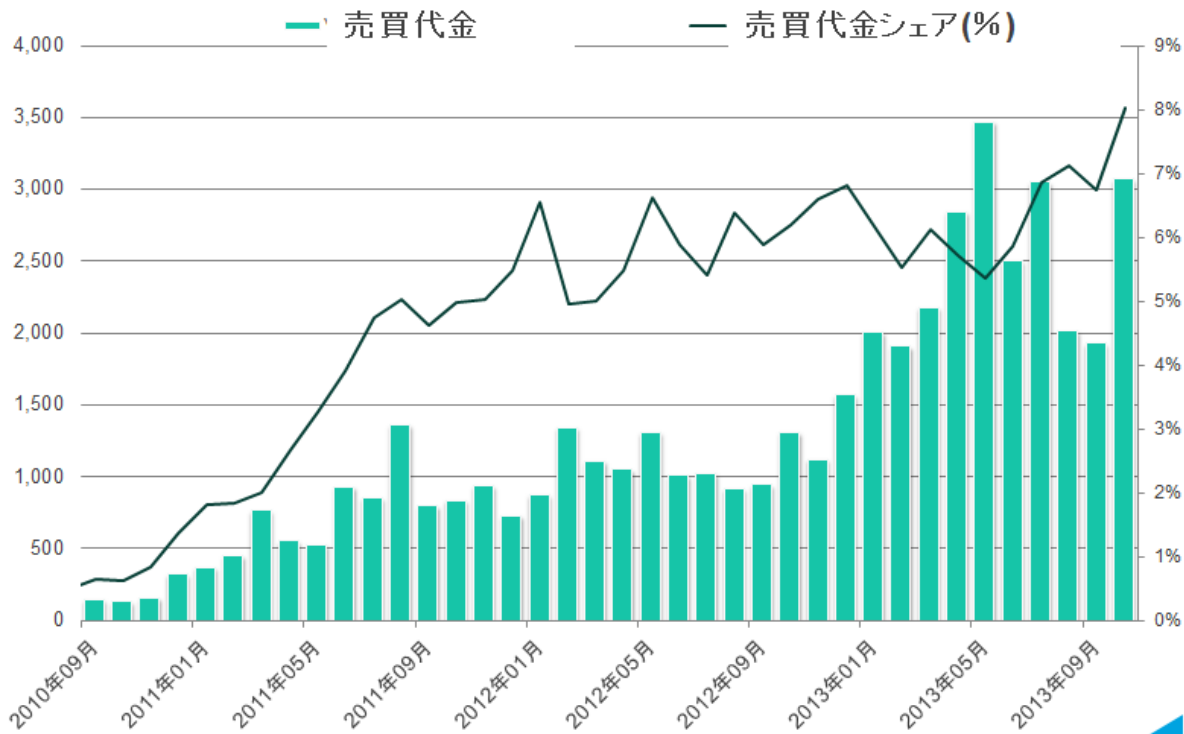
ジャパンネクスト証券(SBI系)、Chi-X(Instinet-野村系)

→ 東証の経営にとっても無視できない売買代金シェア

↑ 東証もPTSも売買代金に比例した手数料が主な売上

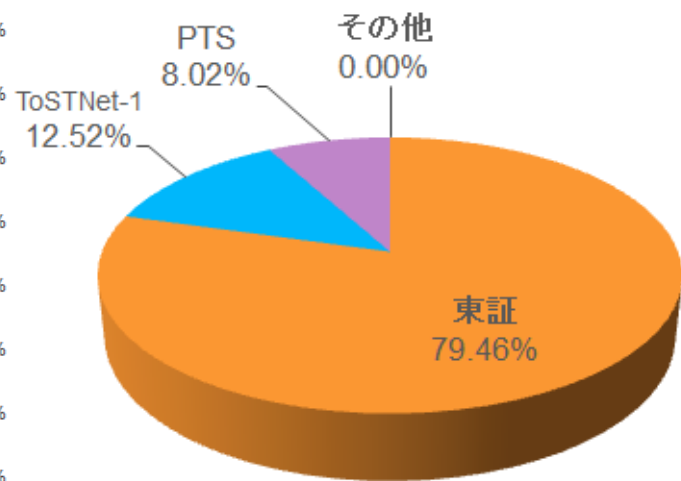
Fidessa

PTS売買代金の動向(日経225構成銘柄を対象)



十億円

2013年10月末現在



青の”ToSTNet”は
殆どが”ダーク・プール”？
→後述

出所:フィデッサ

9

取引市場の新規参入により、取引市場間のシェア争いが激化
⇒どのような制度なら取引市場間のシェア争いに勝てるか議論

ティック・サイズ

競争要因のひとつ

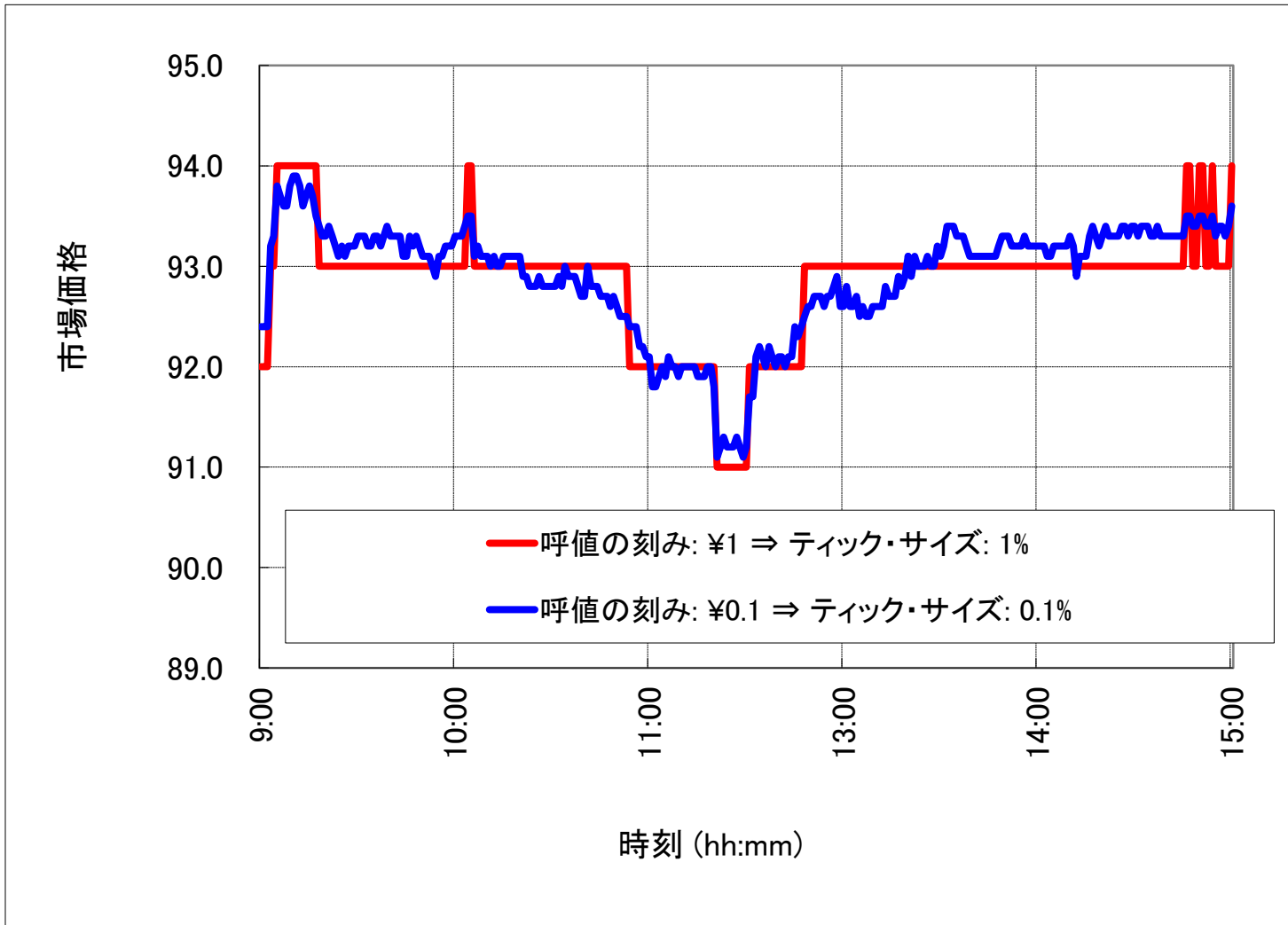
ティック・サイズ: 価格の最小変化単位/価格 (詳細次ページ)

価格100円: 最小変化単位1円 ⇒ ティック・サイズ1%

98円、99円、100円、101円、、と1%ずつ価格が変化できる

PTSとの競争は“ティック・サイズ”が重要な要素の1つ

同じ株式の、2つの取引市場での株価の動き



ティック・サイズが大きすぎると騰落率が比較的大きい
⇒投資家が困る⇒他の取引市場で取引⇒取引量シェアが移る

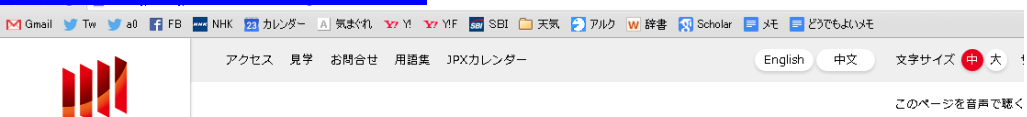
(ティック・サイズなどの)制度変更における課題

- ・ 取引所の利害関係者は多数であり合意形成が大変
金融庁、証券会社、投資家、決済機関、ITベンダー、、、
証券会社間でも外資系、大手、中堅で要望が全く異なることも
- ・ 「よりよい市場となる」ことを示すと納得感あるが、、、
金融研究・調査： 実データ分析(実証分析)が主
 - ↑ 未知の制度が議論できない
 - ↑ 分析期間・手法によって逆の結果も
 - ↑ 結果の理由が良くわからない場合も

制度変更にもっと適した調査方法、
新しい観点を与える調査方法が欲しい

ティック・サイズ変更に関する共同研究の推移

- 2011～2012 東京証券取引所の一部の方々が
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に出入り
- 2012/12 東京証券取引所と東京大学工学系研究科が
共同研究開始を発表
- 2013/1/30 JPX(日本取引所グループ)ワーキングペーパー
☆呼び値の刻みが大きいとPTSにシェアを奪われる
共同研究第一弾として社長記者会見でも触れられる
- 2013/3/19 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
東京証券取引所で開催、招待講演にて上記研究を発表
- 2013/3/29 JPX社長記者会見:呼び値の刻みを細かくすることを発表
日経新聞朝刊の一面記事に
- 2014/7/22 一部の銘柄で10銭(0.1円)刻みの注文が可能に
- 2015/9/24 ごく一部の銘柄でティック・サイズを拡大



ニュース

2012/12/10 東証

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」に関する研究を開始します



2
株式会
東京大学

株式会社東京証券取引所と国立大学法人東京大学は、金融商品取引市場の安定化・効率化のためのデータ解析技術やシミュレーション的とした共同研究を開始しますので、お知らせいたします。

近年、情報通信技術の発展により、金融商品取引市場においても急速にシステムやプログラム等を利用した取引が普及しており、その内
複強化したもとなっております。また、取引関連のデータの増加も著しく、それに応じた技術の開発も必要となります。こういった技
対し、金融商品取引市場の公正かつ効率的な運営にあたっては、急速な取引技術の進展に適合する市場制度の設計や監理体制が求めら

本共同研究では、高速・高頻度の取引等により発生する大量のデータを分析する技術や、実際の市場では観測できない状況を仮想的に
できる社会シミュレーション技術（例：人工市場シミュレーション）の活用によって、金融商品取引市場において安定的かつ効率的な市
あたっての技術や制度設計の研究を進めていきます。

今回の共同研究を遂行するにあたっては、東京大学 大学院工学系研究科 システム創成学専攻 和泉温 准教授および鳥神不二夫 准教授
東京証券取引所のファイナンス研究チームが、お互いの知見を持ち寄り、共同で推進してまいります。

本研究成果については、金融商品取引市場の発展に活用されるべく、ディスカッションペーパー等による公表を予定しているほか、経
工学技術の研究開発の融合(経工連携)への取り組みとして、様々な形で社会に情報発信していくことも予定しております。

Some of AOSEF's recent activities include initiatives of member exchanges to promote cross-border transactions in Asia, sharing views related to nurturing the development of markets in emerging and growth countries, and conducting comparative studies on market structure.

Acceptance of Trainees from Overseas Exchanges (with Japan International Cooperation Agency (JICA))

Since the 1990s, JPX has welcomed trainees from exchanges of various countries to contribute to the development of the capital markets and securities markets in the countries of East Asia and at the request of JICA. As part of training activities, the trainees learn about the role of corporate governance and securities exchanges, Japan's securities markets, stock listing and trading rules, and systems for monitoring trading activity as well as other self-regulatory activities. The program also includes visits to Japan's Financial Services Agency, securities companies, and other related organizations.



JICA Stock Exchange Seminar

Promoting Academic and Research Activities

Joint Research with the University of Tokyo
JPX conducts research in collaboration with the University of Tokyo on data analysis technologies and simulation technologies to contribute to the stability and efficiency of financial instrument exchange markets. JPX's finance research team works with two research teams at the Department of System Innovation, School of Engineering under associate professors Kiyoshi Izumi and Fujio Toriumi to develop technology for analyzing the huge amounts of data generated by high-speed, high-frequency and other forms of trading. Through the

use of artificial market simulations to simulate situations that cannot be observed in the market, this research develops technology and system designs that will allow for more stable and efficient operations in financial instrument exchange markets.



JPX Working Papers

JPX conducts surveys and research on changes in the operating environment and related legal systems in order to build a more attractive capital market. The results are published as working papers, in collaboration with the management and staff of JPX and external researchers. These papers are issued to invite broad commentary from academia, research institutes, market participants, and related parties.

FY2013 Activities

	Date of Release	Title
Vol. 1	September 2012	Status of short-selling on Tokyo Stock Exchange and the impact of regulating short-selling activities
Vol. 2	January 2013	Analysis of the relationship between tick size and trading volume in the market based on market simulations
Vol. 3	March 2013	Observation of changes in market order condition using the Gaussian mixture model

For information on JPX working papers, see: <http://www.jpx.co.jp/general-information/research-study/wp.html>

JPX Study Group on the Financial Instruments & Exchange Act

In recent years, with developments such as the implementation of the Financial Instruments and Exchange Act, the legal framework for finance and securities in Japan has undergone major changes. JPX supports expert research on finance and securities law, and provides the platform for a study group on the Financial Instruments and Exchange Act with the aim of making their studies broadly available in Japan and overseas.

The study group comprises 24 leading researchers, and holds discussions and issues reports on a wide range of legal issues, focusing on the Financial Instruments and Exchange Act. Meetings are held monthly in Tokyo and Osaka, with minutes and

http://www.jpx.co.jp/news/detail/detail_454.html



日本取引所グループ
東京証券取引所
大阪取引所
日本取引所自主規制法人

MENU

JPXについて

調査・研究／政策提言

JPX ワーキング・ペーパー

JPX 金融商品取引法研究会

JPX 金融資本市場ワークショップからの提言

過去の各種研究会

アクセス 見学 お問い合わせ 用語集 JPXカレンダー

English 中文 文字サイズ 中 大 サイト内検索

2015/03/31 更新 このページを音声で聴く 印刷

JPXワーキング・ペーパー

JPXワーキング・ペーパーは、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施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		
Vol.4	東京証券取引所におけるHigh-Frequency Tradingの分析 ● 概要の英語版はこちらから		
Vol.5	人工市場シミュレーションを用いたマーケットメイカーのспредが市場出来高に与える影響の分析		
特別レポート	米国市場の複雑性とHFTを巡る議論		-
Vol.6	High Frequency Quoting, Trading, and Efficiency of Prices		
Vol.7	東証立会市場における呼値の単位の変更の影響 ● 概要の英語版はこちらから		
Vol.8	保有資産を考慮したマーケットメイク戦略が市場間競争に与える影響：人工市場アプローチによる分析		
Vol.9	人工市場シミュレーションを用いた取引システムの高速化が価格形成に与える影響の分析 ● 概要の英語版はこちらから		
Vol.10	高頻度注文板データによる2014年東証ティックサイズ変更の国内株式市場への影響分析		-

株価の刻み幅「10銭」単位に 日本取引所、来年1月に試行の背景

2013.3.30 08:00

日本取引所グループが、株価の刻み幅を現在の10分の1に縮小して行う取引を来年1月に、試験的に導入する方向で検討していることが29日分かった。銘柄を限定して始め、結果をみて2015年度中にも本格導入する。細かな値動きをさせることで、売買を活性化させたい考えだ。

現在、株価が3000円以下の株式は1円刻みの値動きをするが、これを10銭刻みにする。背景には、日本株は世界の主要株式市場と比べ、刻み幅が大きいとされていることがある。100円なら1%以上動かないと差益が出ないことになる。

株価の水準が低い銘柄は売買高が比較的少ない場合が多いが、みずほフィナンシャルグループや全日本空輸など、主力株でも200円前後の銘柄がある。

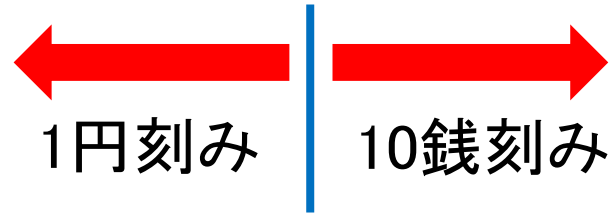
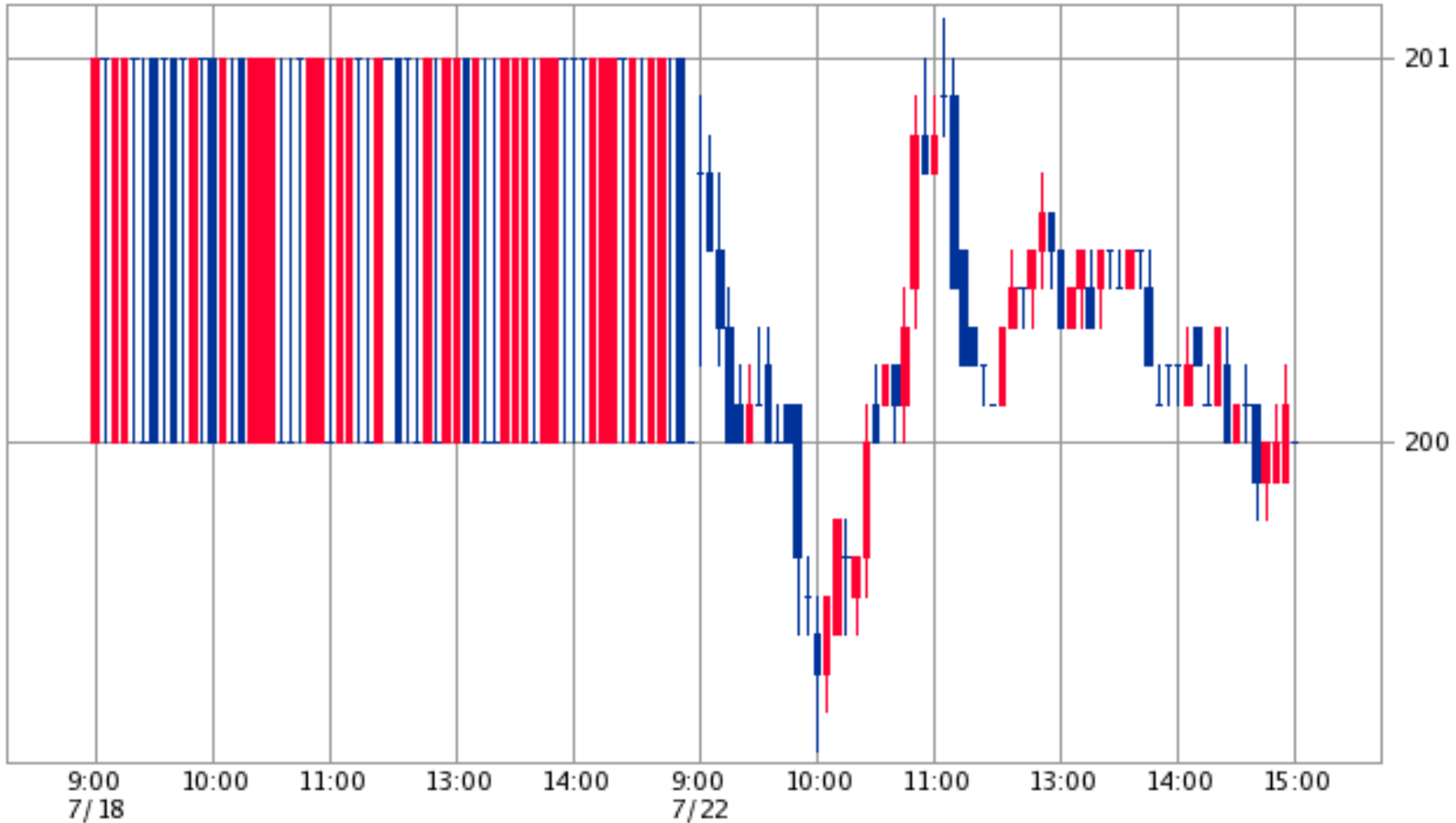
日本取引所は26日に発表した中期経営計画に、株価の刻み幅の見直しを盛り込んだ。齊藤惇最高経営責任者（CEO）は「より適正な株価の発見、執行コスト低減の観点から進める。影響度が見えにくいので、銘柄を限定して試験を行う」と説明していた。15年度には東京証券取引所の株式売買システム刷新を控えており、これに合わせて本格導入する可能性がある。

サンケイビズ 2013年3月30日

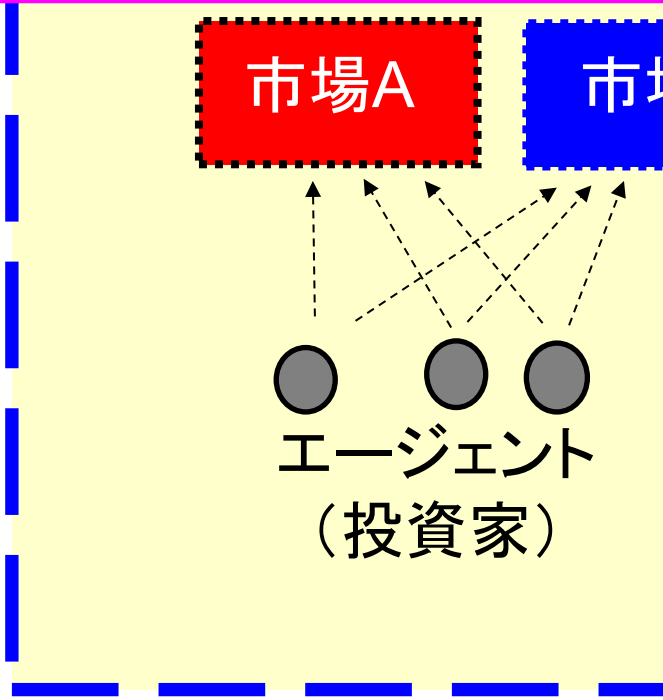
共同研究で得られた知見が反対派の説得材料になった

<http://www.sankeibiz.jp/macro/news/130330/eca1303300801002-n1.htm>

2014年7月22日と18日（前営業日）



価格の刻み(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



成行注文(即座に成立する注文):
有利な価格で
売買できる市場を選択

指値注文(即座には成立しない注文):
各市場の過去の取引量シェアに
比例して配分

市場A: 初期の取引量シェア 90%、ティック・サイズ大きい
市場B: 初期の取引量シェア 10%、ティック・サイズ小さい

どちらの市場に注文をだすか？

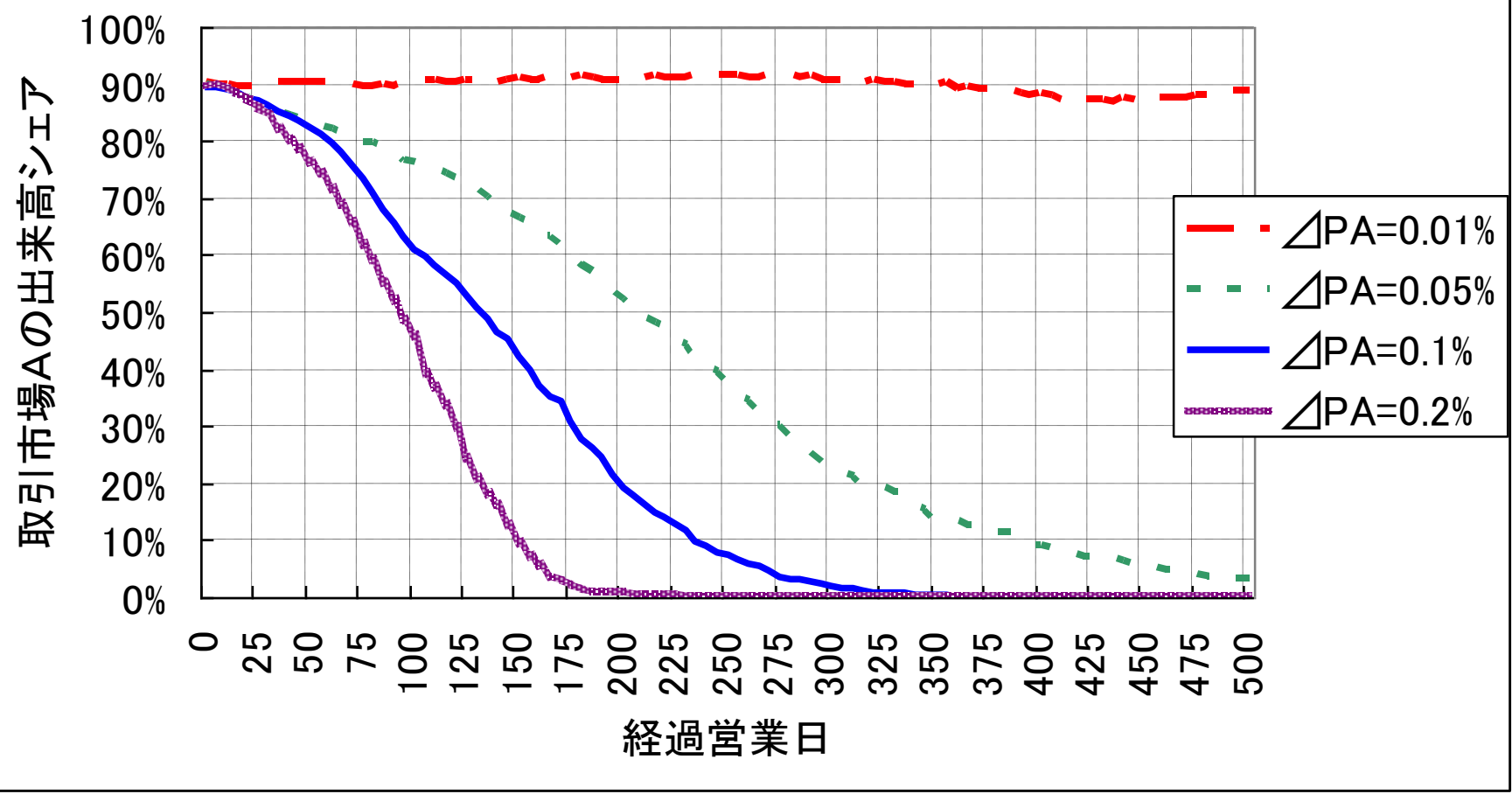
市場 A			市場 B		
売り	価格	買い	売り	価格	買い
84	101		1	99.2	
176	100		2	99.1	
	99	204		99.0	3
	98	77		98.8	1

- (1) 98円の買い: 取引量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

ティックサイズが大きい場合

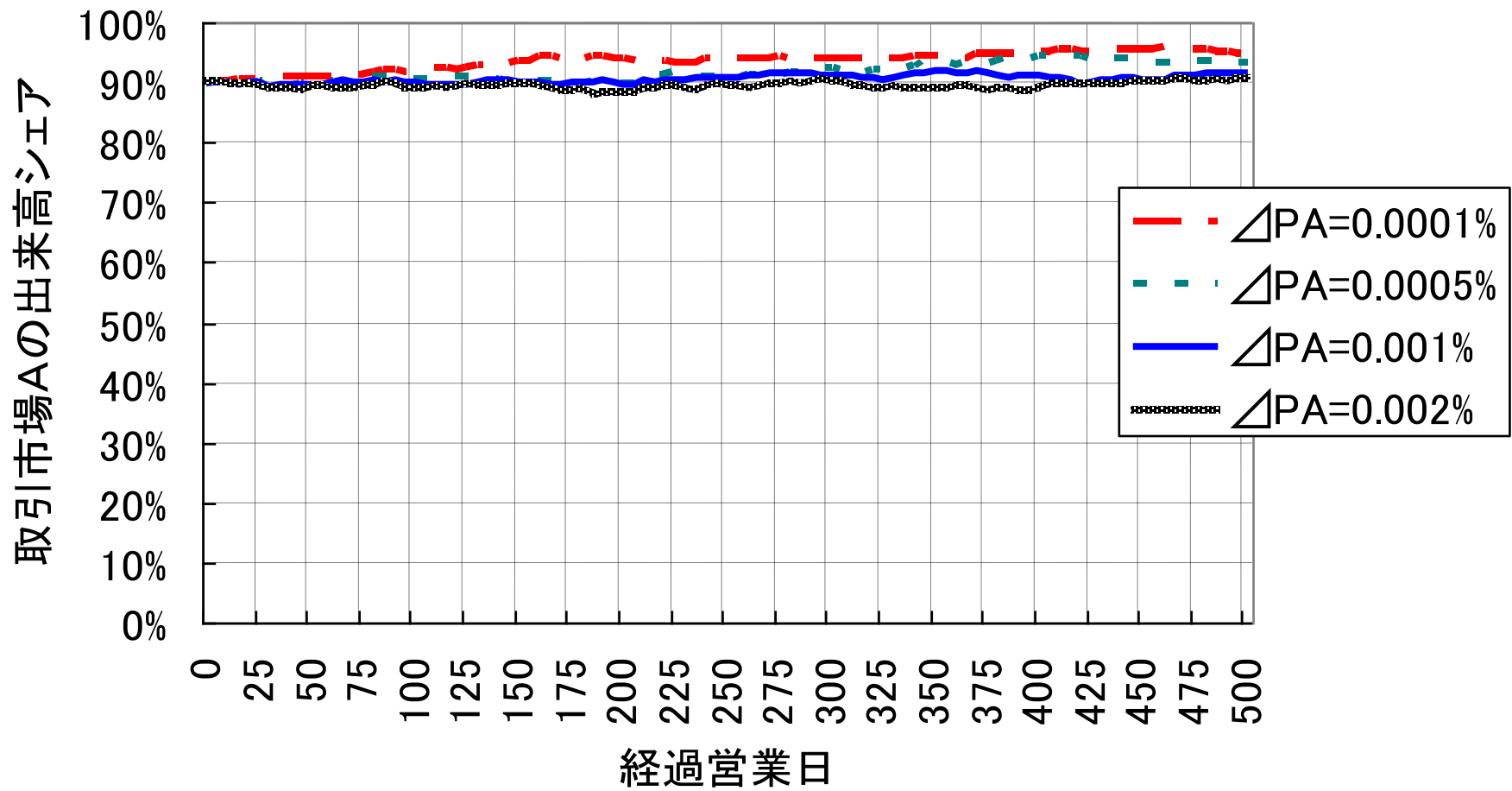
取引市場Aの出来高シェア推移
 $t_{AB}=5$ 日, $\Delta PB=0.01\%$ の場合



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

取引市場Aの出来高シェア推移
 $t_{AB}=5$ 日, $\Delta PB=0.0001\%$ の場合



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

500営業日後の取引市場Aの取引量シェア

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

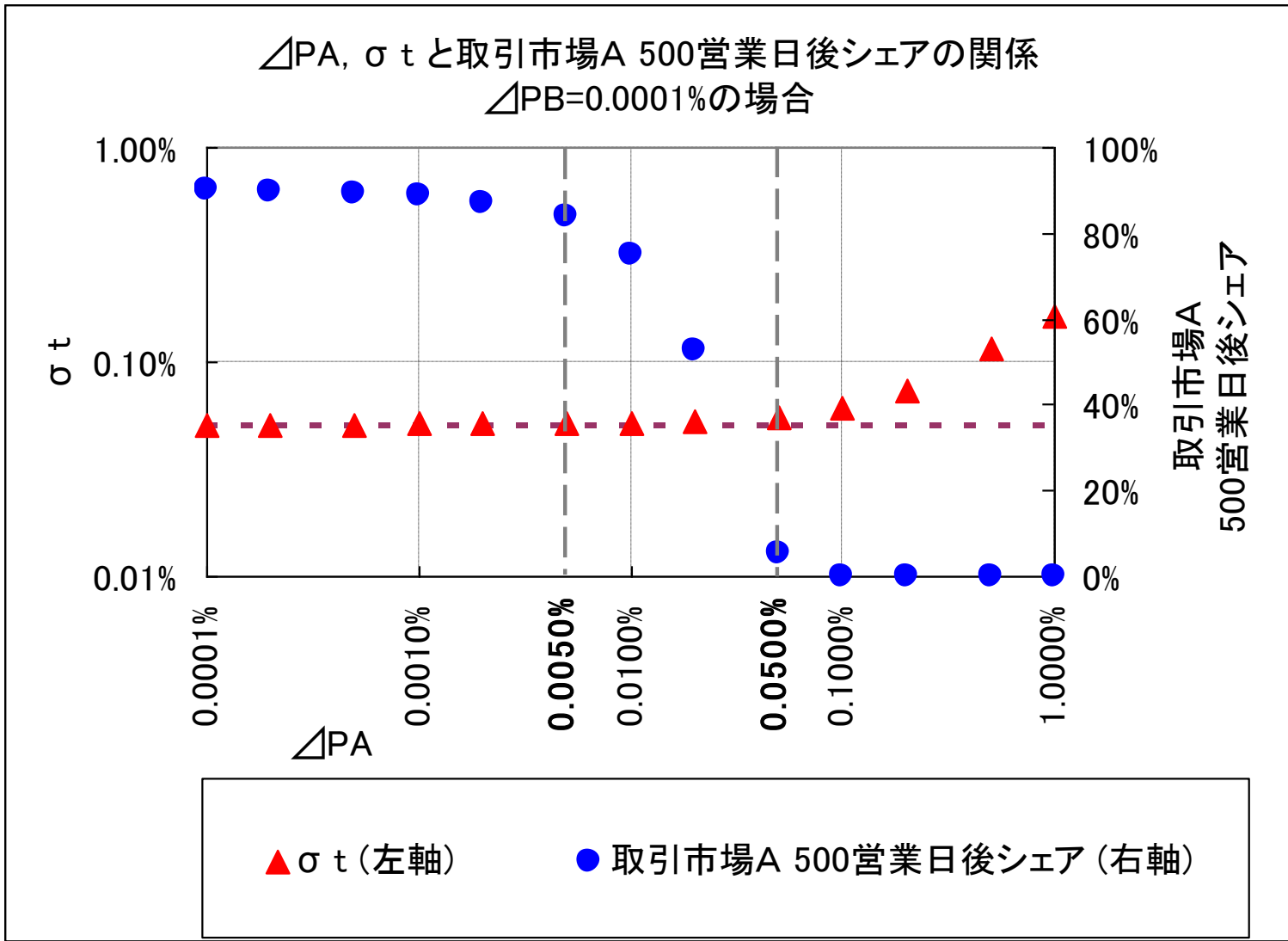
$\Delta P_B > \Delta P_A$ or $\bar{\sigma}_t > \Delta P_A$

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

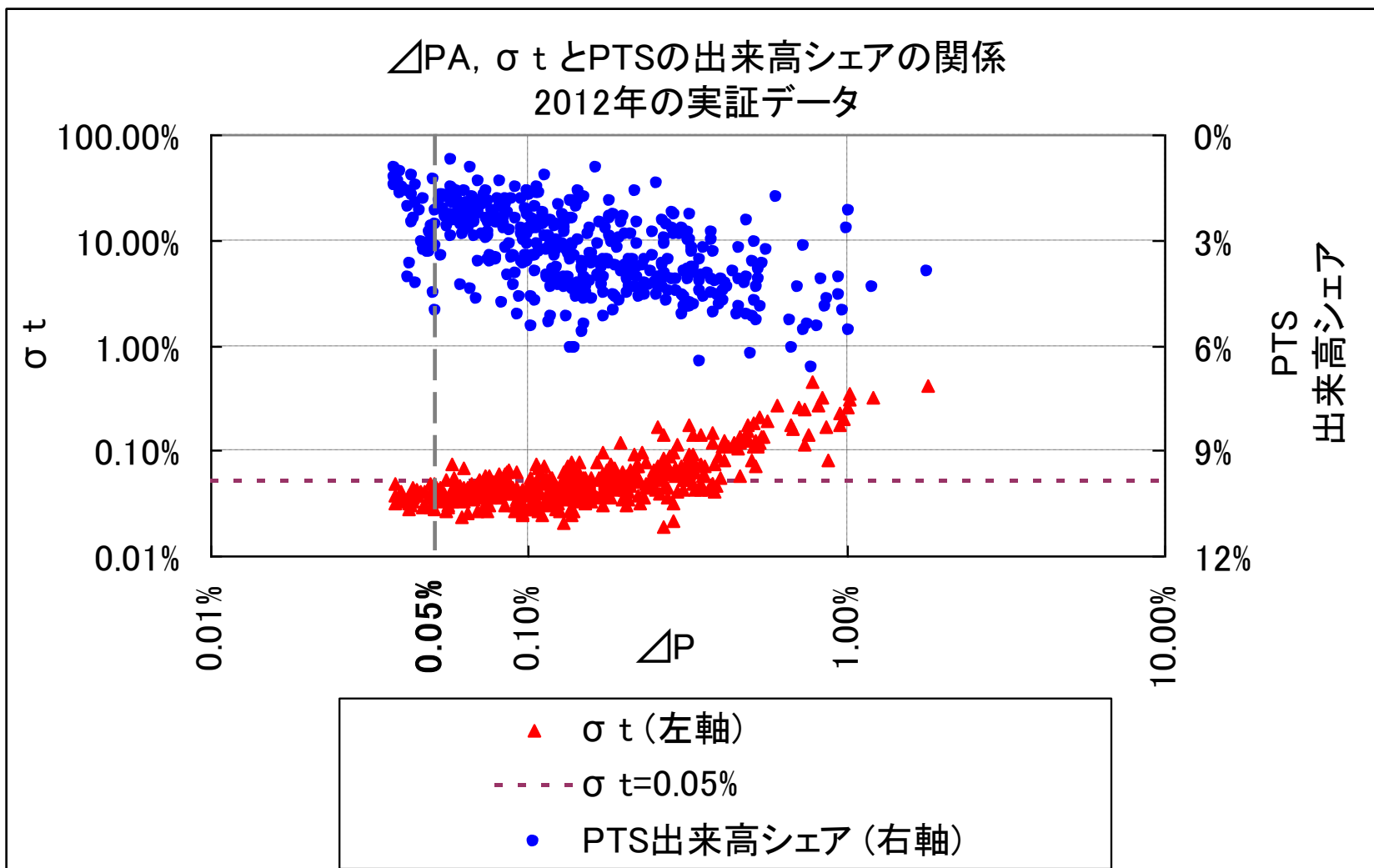
騰落率の標準偏差：ボラティリティ

キーパラメーター

ティック・サイズと価格の変動幅



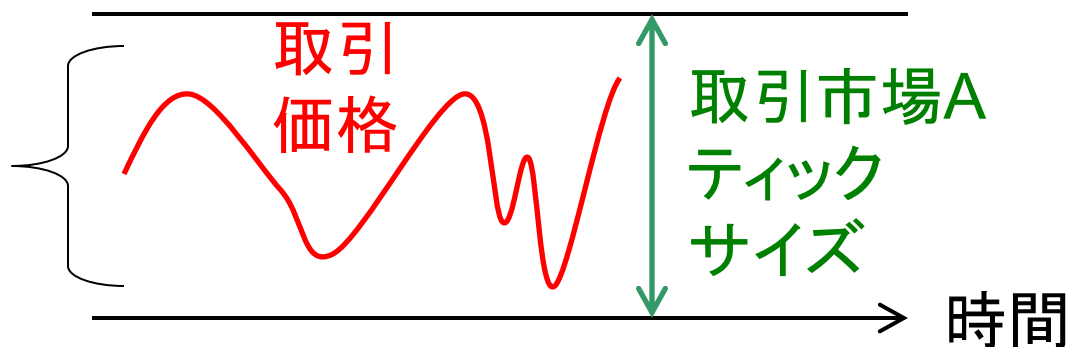
ティックサイズが大きすぎると価格の変動幅が大きくなる
↑ 取引所の制度で価格の変動幅に影響を与えるべきでない



ティック・サイズにより価格形成が阻害されている領域の発見
↑取引所制定の制度で価格形成を規定しているという問題発見
価格形成の阻害と出来高シェアの関係性を発見

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

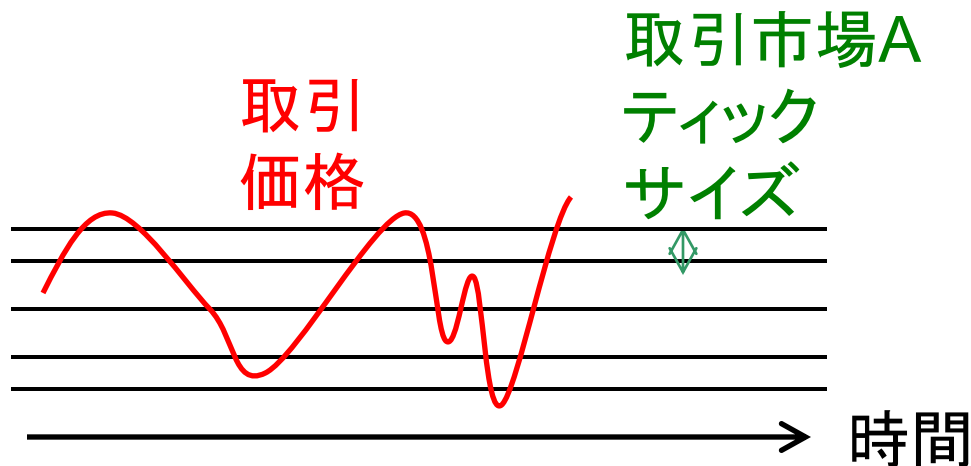
取引市場A
で取引でき
ない領域



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

$$\bar{\sigma}_i > \Delta P_A$$

取引市場B
の必要性
が薄い



⇒ シェアが動かない

ティック・サイズと初期の出来高シェアのみが異なる
2つの取引市場がある場合に、どのような条件の場合に
シェアが移り変わるのか調べた

取引市場間シェアが
移り変わらない条件

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

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

騰落率の標準偏差: ボラティリティ

キーパラメーター

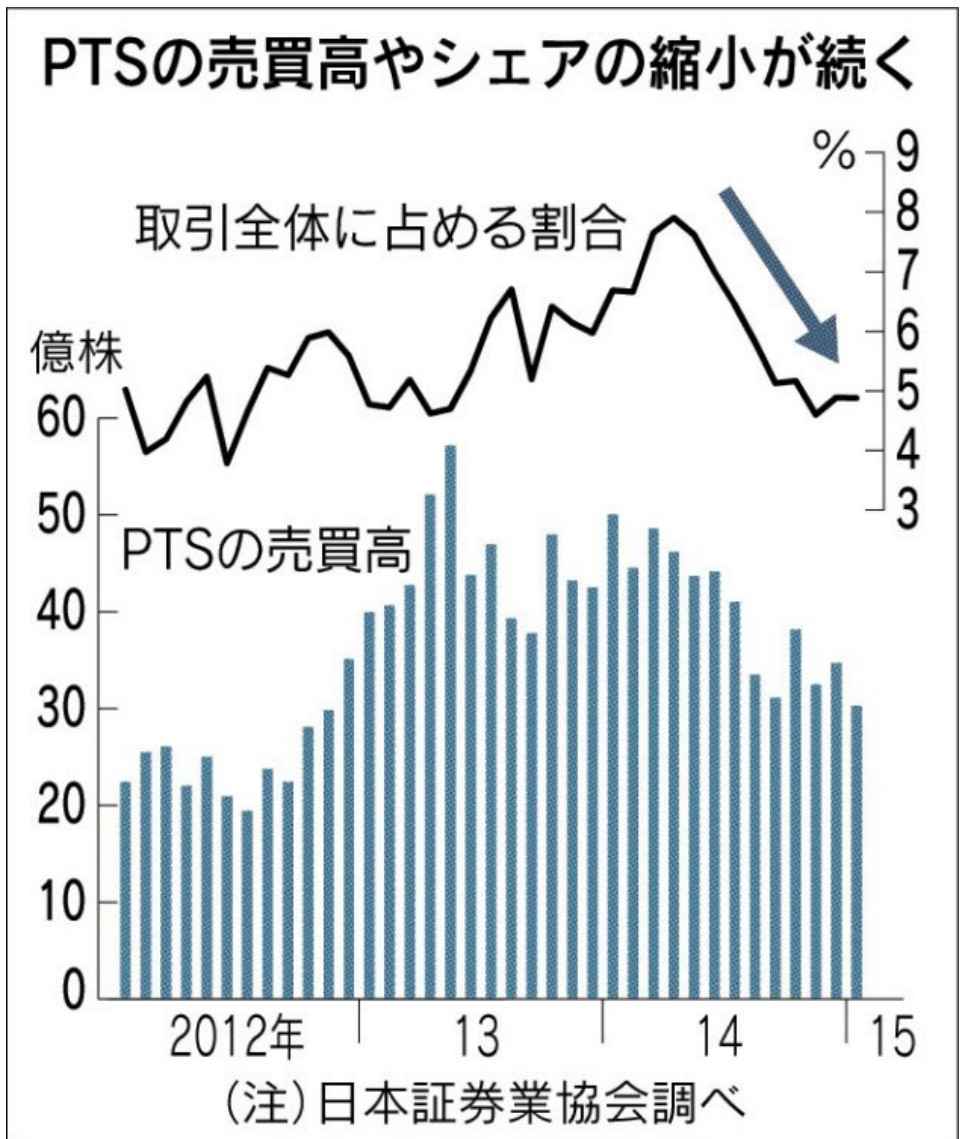
そもそも取引市場が導入すべきティック・サイズは
どれくらいなのかという定量的な議論を、初めて可能とした

- ・ ティック・サイズが大きいままだとPTSに売買代金シェアを奪われる可能性があり、価格期間は2年程度
- ・ あまりにも小さいティック・サイズの競争は意味がない可能性
- ・ ティック・サイズが大きすぎると価格の変動幅が大きくなる可能性
 - ↑ 取引所の制度で価格の変動幅に影響を与えるべきでない
 - ⇒ ティック・サイズ引き下げの大きな理由に
- ・ 大きすぎる、小さすぎる、の具体的な水準(数値)を示唆

その後どうなったか、、、

株式の私設取引、
売買シェア低下
東証の刻み値縮小が
響く差別化難しく
投資家離れ

2015/2/27付
日本経済新聞



ティック・サイズが大きすぎる・小さすぎる

ティック・サイズ 0.01%

売気配株数	気配値	買気配株数
--	成行	--
100	43,070	
200	43,065	
100	43,060	
100	43,050	
100	43,035	
700	43,030	
100	43,025	
200	43,010	
	42,980	100
	42,970	100
	42,965	200
	42,960	100
	42,955	500
	42,950	300
	42,945	200
	42,940	200

0.07%

100

0.3% 7.4%

ティック・サイズ 0.5%

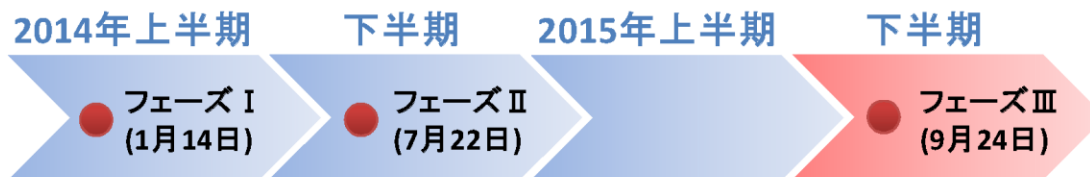
売気配株数	気配値	買気配株数
--	成行	--
8,403,000	209	
9,273,300	208	
6,752,900	207	
7,283,900	206	
9,032,500	205	
13,942,600	204	
18,925,300	203	
16,667,700	202	
	201	20,197,400
	200	33,796,900
	199	18,616,100
	198	21,486,200
	197	9,092,000
	196	6,601,200
	195	6,643,200
	194	2,492,000

0.5%

20,197,400

株価		呼値の刻み	ティックサイズ	
最小	最大		最小	最大
1	1,000	0.1	0.01%	10.00%
1,001	5,000	0.5	0.01%	0.05%
5,001	10,000	1	0.01%	0.02%
10,001	50,000	5	0.01%	0.05%
50,001	100,000	10	0.01%	0.02%
100,001	500,000	50	0.01%	0.05%
500,001	1,000,000	100	0.01%	0.02%
1,000,001	5,000,000	500	0.01%	0.05%
5,000,001	10,000,000	1,000	0.01%	0.02%
10,000,001	50,000,000	5,000	0.01%	0.05%
50,000,001		10,000		0.02%

呼値の単位の適正化フェーズⅢの対応内容



<フェーズⅢ対応内容>

銘柄	細かい呼値の単位の適用範囲は引き続きTOPIX100構成銘柄のみ ※現状から変更なし
呼値の単位	TOPIX100構成銘柄について、3,000-5,000円を0.5円から1円に変更 ※上の桁における同等の価格帯も同様に修正

<呼値の単位>

価格帯(円)		通常銘柄	TOPIX100構成銘柄 フェーズⅠ	TOPIX100構成銘柄 フェーズⅡ	TOPIX100構成銘柄 フェーズⅢ
超	以下				
	1,000	1	1	0.1	0.1
1,000	3,000	1	1	0.5	0.5
3,000	5,000	5	1	0.5	<u>1</u>
5,000	10,000	10	1	1	1
10,000	30,000	10	5	5	5
30,000	50,000	50	5	5	<u>10</u>
50,000	100,000	100	10	10	10

日本取引所グループCEO定例記者会見配布資料(2014/12/16)

<http://www.jpx.co.jp/corporate/about-jpx/press-conference/nlsgeu000000560j-att/20141216reference.pdf>

(3)

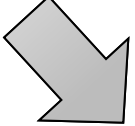
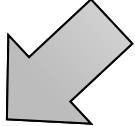
HFT(高頻度取引)

ダーク・プール

取引所同士の競争：HFT(高頻度取引)、ダーク・プール

取引所(実質)参入自由化
最良執行義務の強化(欧米)

取引所の増加・競争開始



いち早く注文・取消をしたい

こっそり大量に買いたい

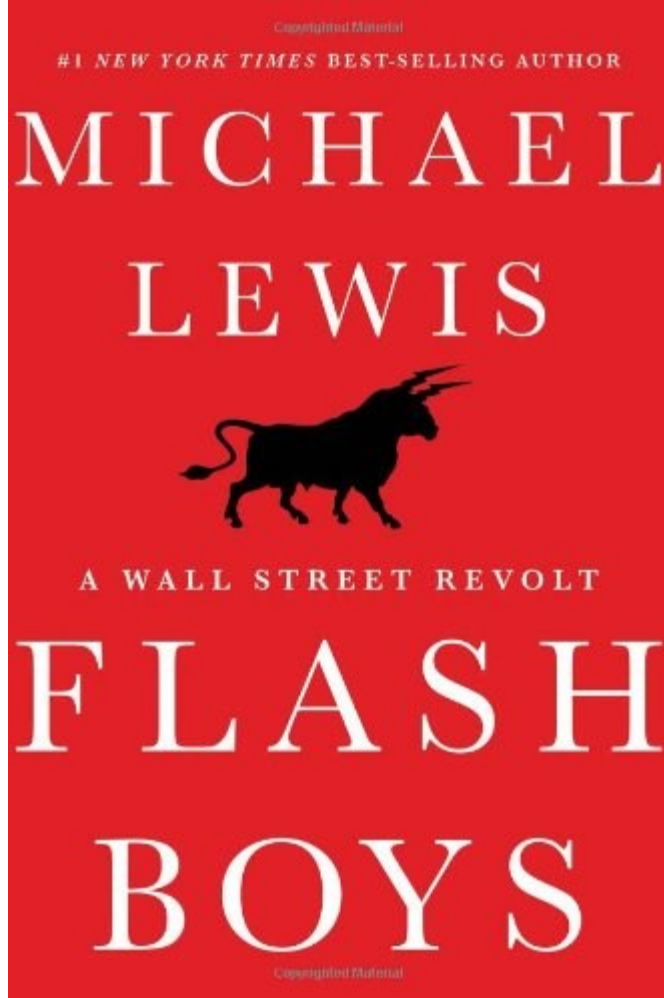
取引システムの高速化

(アルゴリズム取引の高度化)

HFT(高頻度取引)の出現

ダーク・プールの出現

この2つが、現在、株式取引市場での最大の話題



…ノンフィクション風な小説

HFTやダーク・プールを悪役に仕立てて面白おかしく書いた本

マイケル・ルイス氏の最新作「フラッシュ・ボーイズ」が、ウォールストリートを震撼させている。同氏の作品には、「ライアーズ・ポーカー」、「世紀の空売り～世界経済の破綻に賭けた男達」、「マネー・ボール」等、実に興味深いものが多い。そのテリトリーも、金融からMLB(メジャーリーグ)に至るまで広範囲である。「フラッシュ・ボーイズ」は、HFT(高速高頻度取引)に焦点をあてた極めて今様の物語だ。同氏はメディアにも積極的に出演し、「米国株式市場は操作されており、投資家は八百長ゲームが行われているカジノへ案内される間抜けな観光客のようなものだ」と辛辣な発言を繰り返している。市場は公平・公正に運営されているというのが資本主義社会の大前提である。ところが、「株価を始めとした情報の伝達スピードには格差が生じており、HFTを利用する業者・ヘッジファンド等が優遇され、一般の投資家は不利益を被っている」というのが、ルイス氏の主張だ。

三菱UFJモルガンスタンレー証券 藤戸レポート 2014/4/28より

http://www.sc.mufig.jp/report/fj_report/pdf/fj20140428.pdf

実話風な小説だが、規制の議論に影響を与える模様
本の内容はともかく、宣伝の仕方が異様だし、宣伝は事実と異なる
よく分かってない人たちのHFT、ダーク・プールへのバッシングを
あおることになりそう

⇒ 現在はだいぶ落ち着いた(煽りだと理解された)

いち早く注文・取消をしたい

取引システムの高速化

JPXワーキング・ペーパー Vol.9, 水田ら 2015

<http://www.jpx.co.jp/corporate/news-releases/0010/20150331-02.html>

取引市場同士の競争、大口取引を行う投資家の要望により高速化

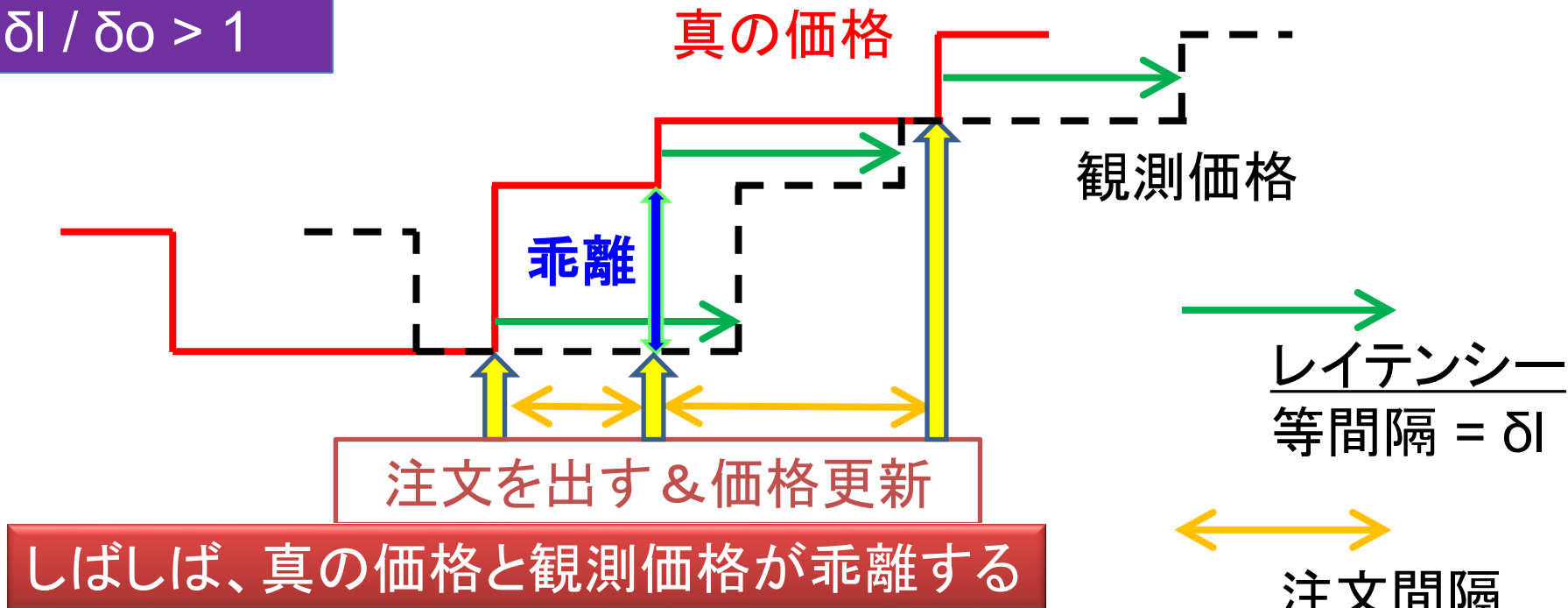
流動性を供給する投資家の注文量が増え、流動性が向上



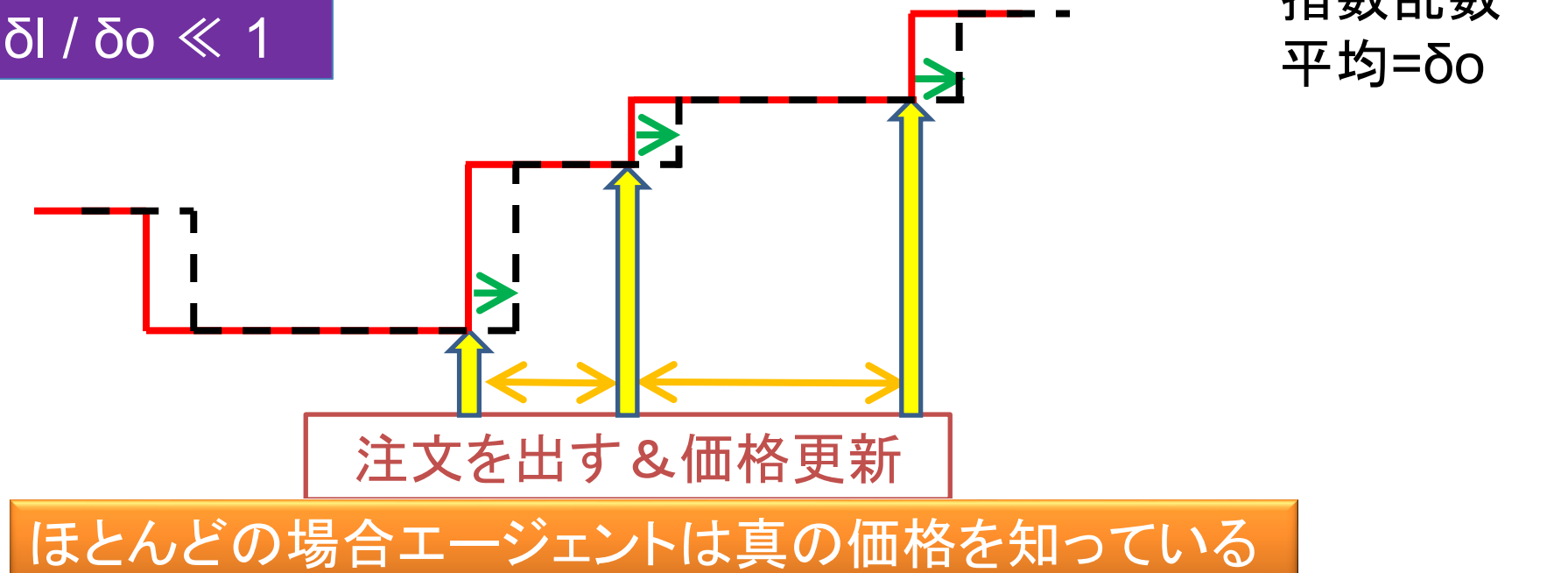
市場の運営コストや取引参加者のシステムコストの増大

どのくらい的高速化が適切か？

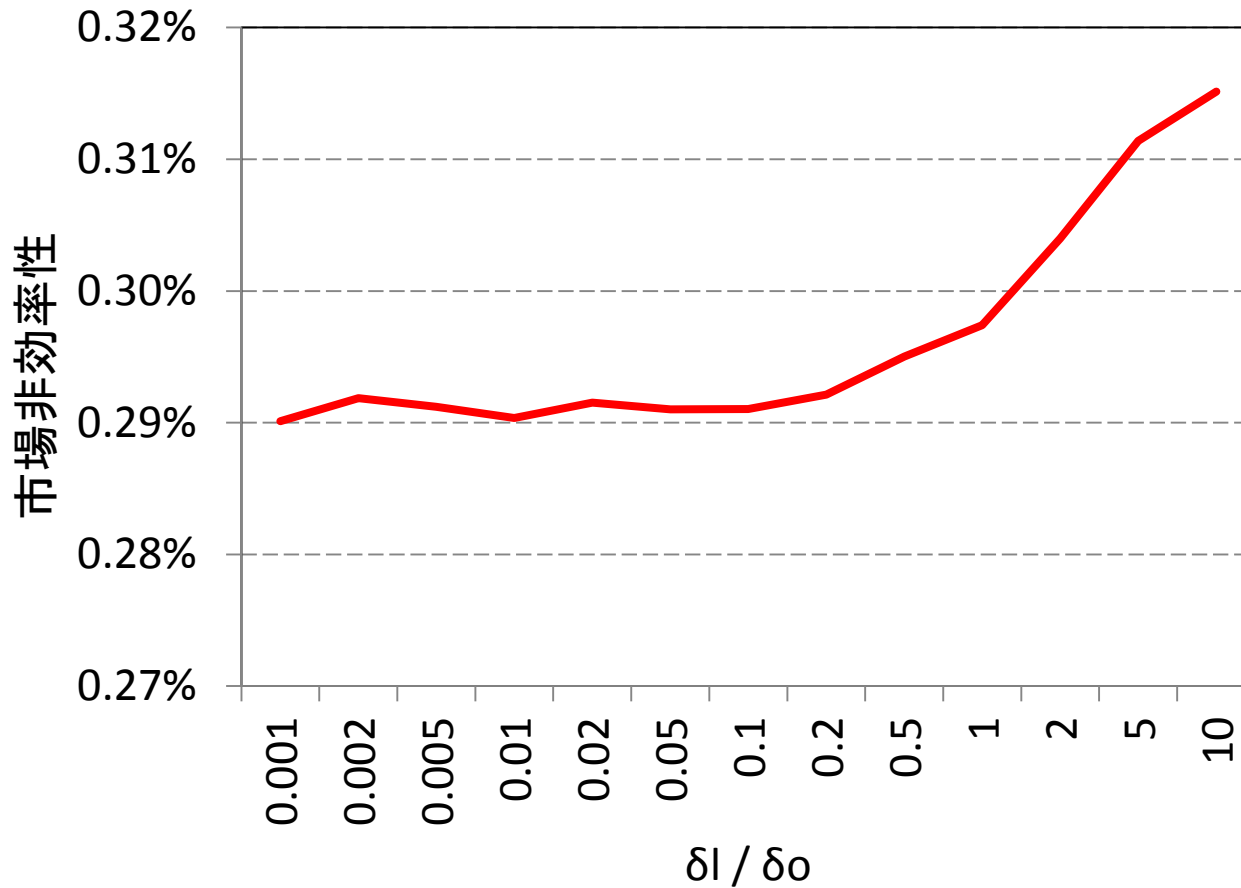
$$\delta l / \delta o > 1$$



$$\delta l / \delta o \ll 1$$



市場非効率性



$\delta l / \delta o > 1$: 市場が非効率化

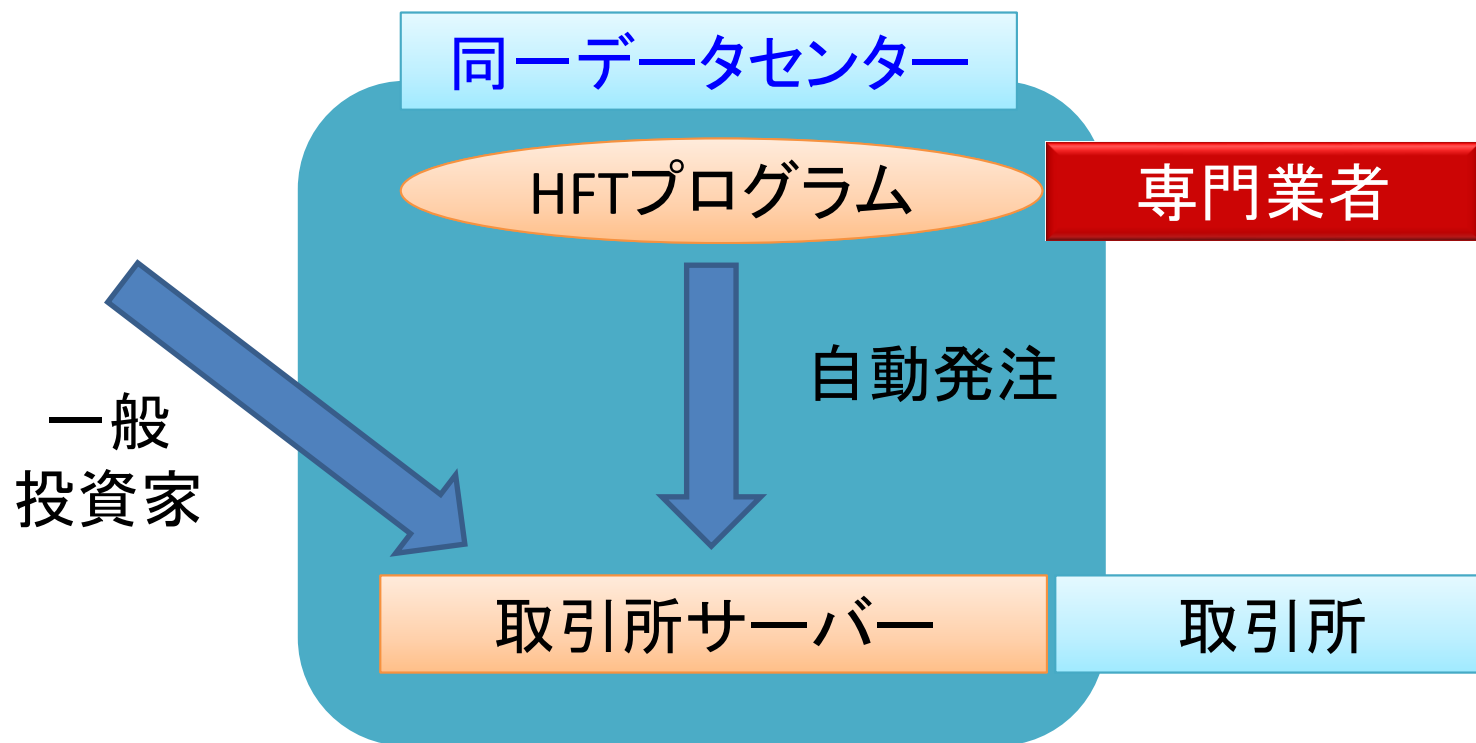
$\delta l / \delta o = 0.5$ あたりから市場の非効率化が始まっている

HFT(高頻度取引)の出現

JPXワーキング・ペーパー Vol.8, 草田ら 2015

<http://www.jpx.co.jp/corporate/news-releases/0010/20150331-01.html>

HFT: 数十マイクロ秒ごとといった高頻度に
注文を出したりキャンセルする機械の投資家
↑ いち早く注文が取引所に届くように隣のサーバーラックに
⇒コロケーションサービス(取引所提供)



マーケットメーカー戦略

HFTの多くはマーケット・メーカー戦略

⇒ 買いと売りを同時に出す

	売り	価格	買い	
	84	101		
注文	176	100		
		99	204	注文
		98	77	

99円と100円を行ったり来たりしていると儲かる

↑ 99円で買って100円で売ること繰り返す

市場がどちらかの方向に動き出したら、すばやく逃げる必要

↑ 99円で買ったものがもっと安い値段でしか売れなくなる

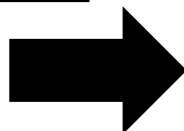
MMあり-市場間でティック・サイズが等しい場合-

取引市場A

シェア90%, MMなし

売り	価格	買い
84	101	
	100	
	99	
	98	124
	97	77

出来高
シェア
は動く
か？



取引市場B

シェア10%, MMあり

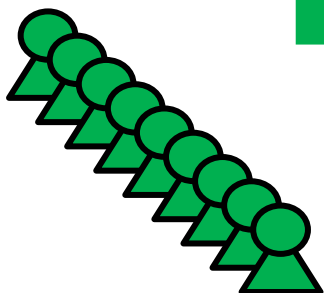
売り	価格	買い
16	101	
	100	
	99	
	98	
	97	13

1体
MM



1000体

スタライズドトレーダー



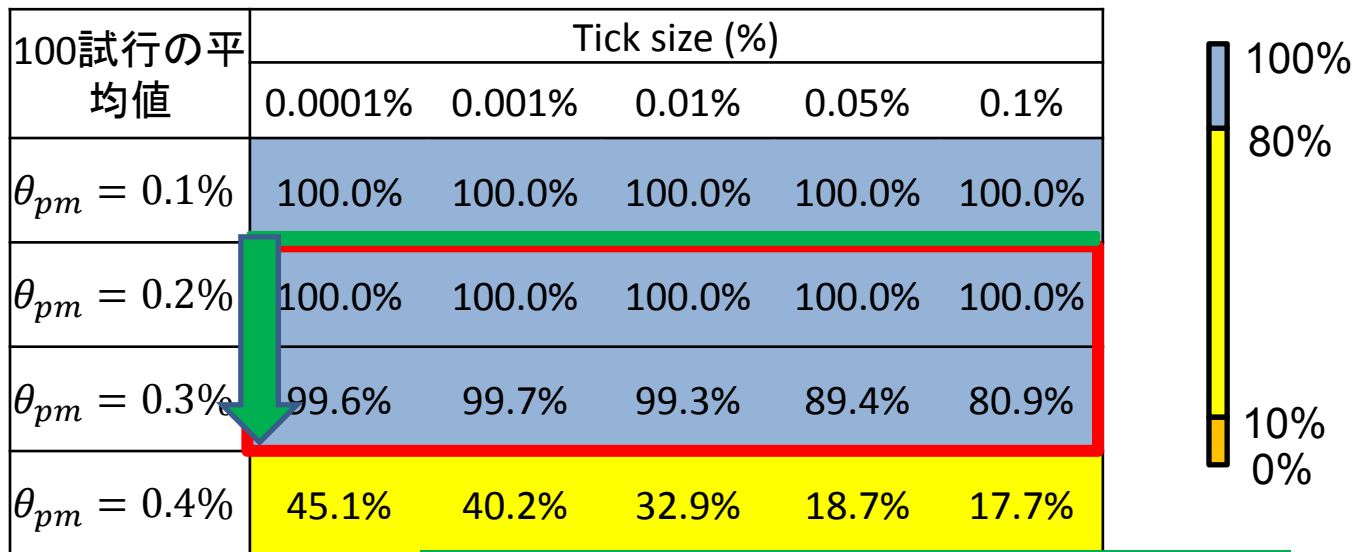
指値注文の場合
90%は取引所Aへ
10%は取引所Bへ

常に売りと買いの
指値注文を取引所Bへ

500営業日後の取引市場Bのシェア(MMあり)

MMのスプレッド θ_{pm} が取引市場AのBOSである θ_A の平均 $\bar{\theta}_A$ よりも大きい場合でもシェアを奪える

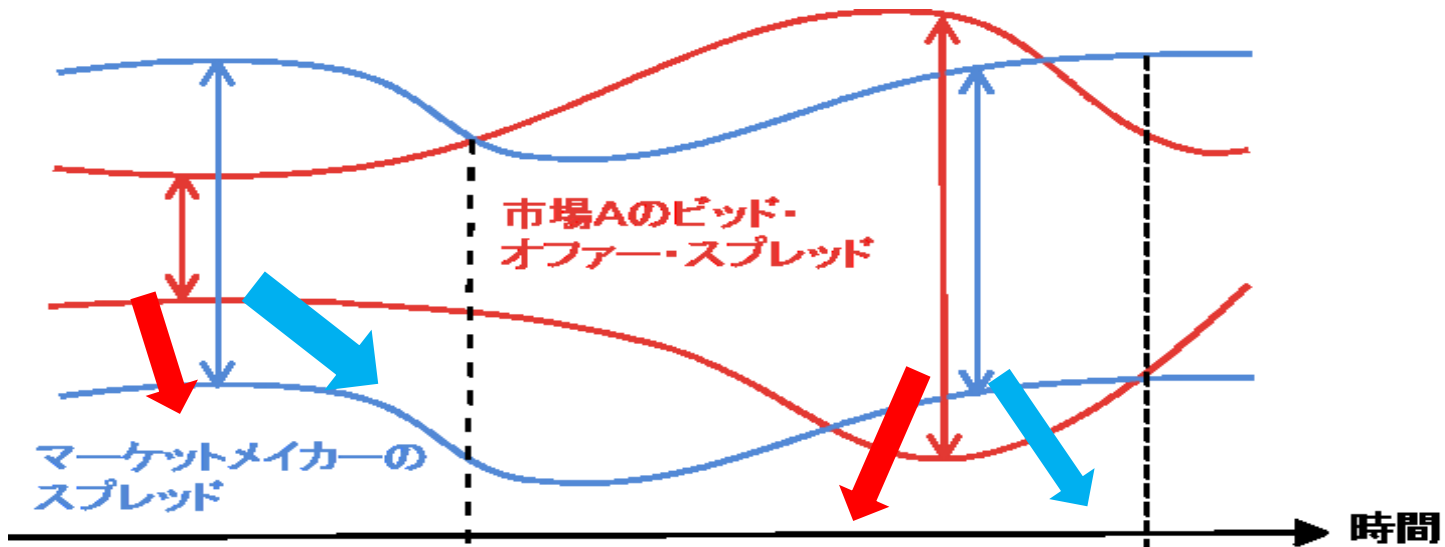
シェアの推移はどうなっているか？



θ_{pm} が市場AのBOSより大きい

MMなし	Tick size (%)	0.0001%	0.001%	0.01%	0.05%	0.1%
100試行の平均値	市場AのBOS	0.148%	0.146%	0.152%	0.169%	0.199%
	市場BのBOS	0.290%	0.290%	0.297%	0.320%	0.350%

シェア変動のメカニズム(MM約定時)



取引市場A			取引市場B		
売	価格	買	売	価格	買
84	101		16	101	
7	100		1	100	
1	99			99	
	98	2		98	
	97	7		97	1
	96	98		96	13

➔

取引市場 A			取引市場 B		
売	価格	買	売	価格	買
84	101		16	101	
	100		1	100	
	99			99	
	98			98	
	97			97	1
	96	98		96	13

- ・ アービトラージ(鞆取り): (高速化以前から存在、新しくない)
- ・ イベント・ドリブン: 合併比率やTOBの発表、
決算発表、誤発注、など
- ・ ストラクチャル: 市場の構造的な欠陥を利用する
⇒ レイテンシー・アービトラージ
(フラッシュ・ボーイズの元ネタ)
- ・ ディレクショナル: 短期逆張り、短期順張り
- ・ アルゴリズム取引を餌食にするHFT: さまざまな手法
グレーなものも

アービトラージはかなりいる

その他にも居ることは確実だがどれくらいいるか良くわからない

〔焦点〕超高速取引の厳しい「台所事情」、利幅少なく競争も激化

2014年 07月 08日 11:20 JST

記事を印刷する | < ブックマーク

[-] 文字サイズ [+]

おすすめ 3 | ツイート 1 | チェック | 8+ 0

〔東京 8日 ロイター〕 - 人間がまばたきする間に1万回近い注文を出すことができる超高速取引(HFT)。日本株の取引では注文件数の最大6割を占めるまでに存在感を増している。その超人的なスピードゆえ、HFTは荒稼ぎしているとのイメージを持たれがちだが、実際の「台所事情」は厳しいようだ。短期材料株には手を出さず、流動性を供給して薄い利幅を稼ぐという地味な取引手法が多いうえ、競合他社の増加で利幅がさらに薄くなっているとみられている。

<「見せ玉」疑惑の真相>

ミクシィ やCYBERDYNE など個別材料株が人気化し、取引量が増えてくると必ずと言っていいほど、1つの「うわさ」が市場に出回る。

HFTが見せ玉を出して取引を有利に進めているのではないか――。

見せ玉は、取引するつもりのない大量の注文を出すことによって株価に圧力をかけ、安く買ったり高く売ったりする違法行為だ。目的の取引が成立すると、見せていただけの大量の注文は取り消されるため、こう呼ばれる。

HFTは人間離れしたスピードを武器に取引を繰り返しているだけに、一部の中小型株で売買が急増して価格や気配が目まぐるしく変化するようになると、見せ玉を疑う声も出る。

しかし、こうした疑惑に対し、ある外資系証券の自己売買部門でHFTを手掛ける現役のトレーダーは、「そもそもそんな銘柄は取引しない」と真っ向から否定する。

同トレーダーは、「個人のその日の気分左右されがちな中小型株の値動きは不確実性が高く、優れたプログラムでも多くの人間の感情が渦巻いて形成される株価を読むことなどできない。取引に向いているのは比較的大型で一定の流動性がある銘柄だ」と指摘。個人投資家で賑わう銘柄はHFTの苦手とするところで、話題株で荒稼ぎしているというのは誤解だと主張する。

- ▶ 独米二重スハイ疑惑、
- ▶ アフガン大統領選、ガ
- ▶ 米アップル、株式分割

外国為替フォーラム

閑散相場の裏にW杯

こう着相場の背景にはへの厭戦ムードがあり、W杯に絶好の口実を与えてし

券の池田雄之輔氏は指:

記事の全文 | 特集ペー

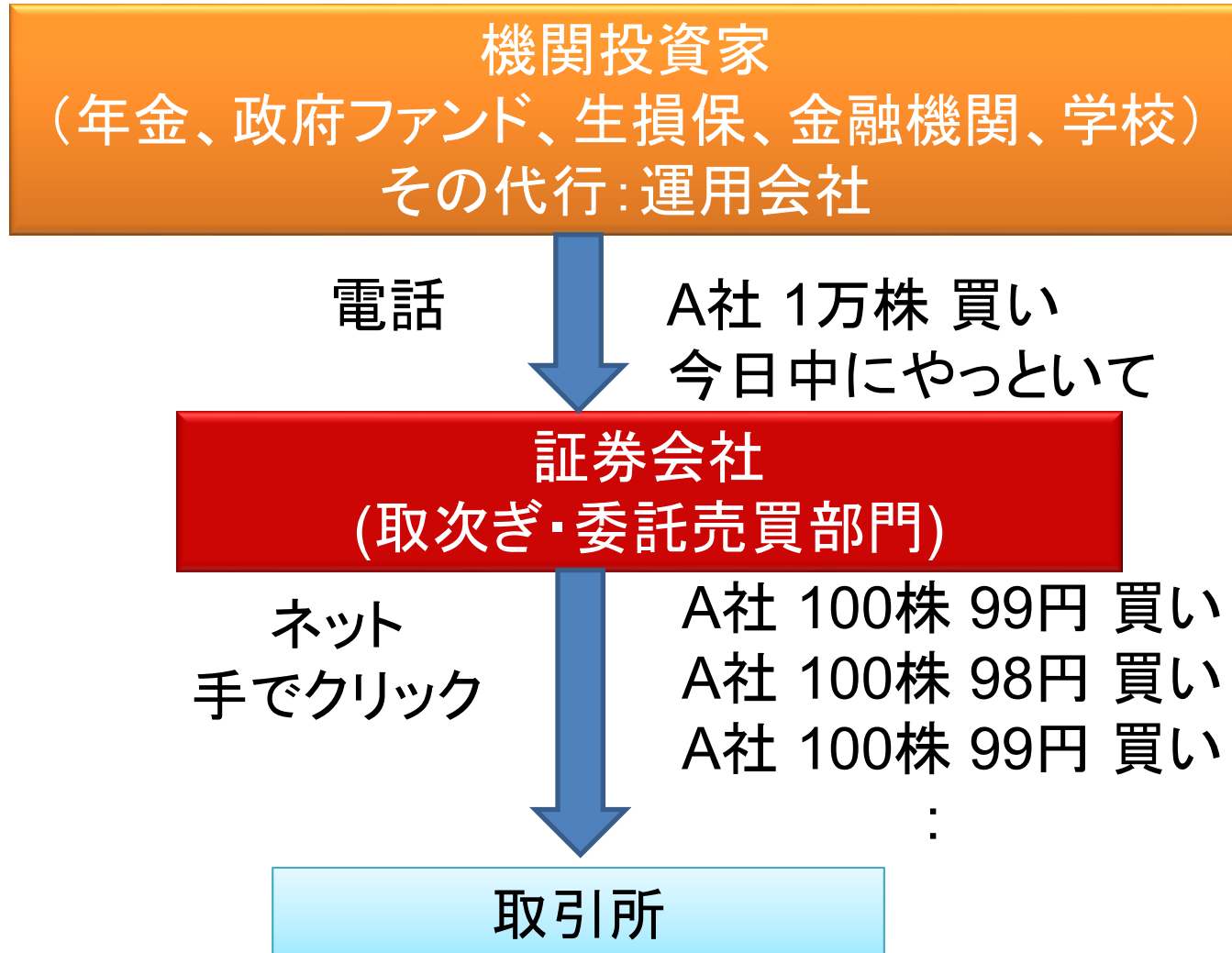
▶ 米長期金利軟化の真

▶ 景気好転で「賛沢な

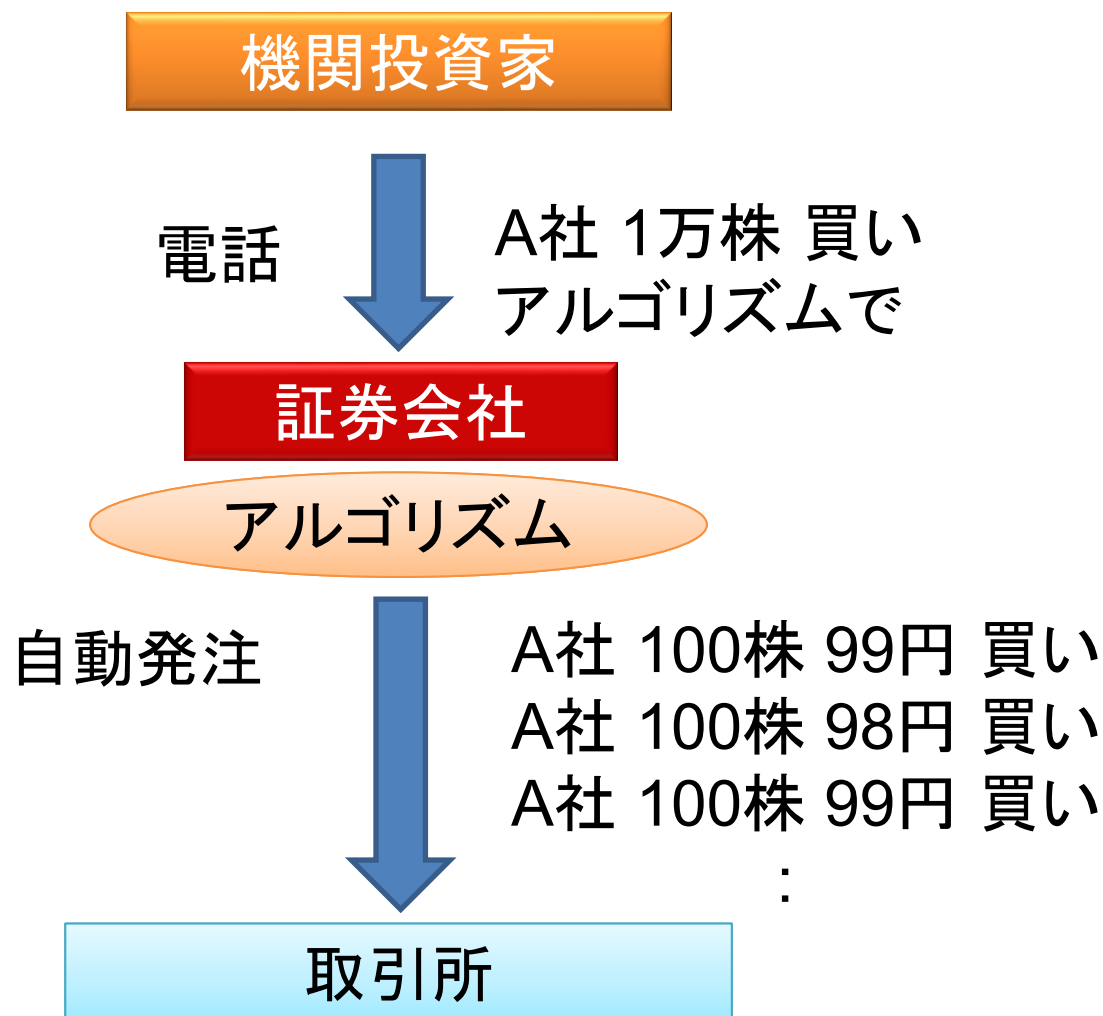
こっそり大量に買いたい

証券会社の取次ぎ業務

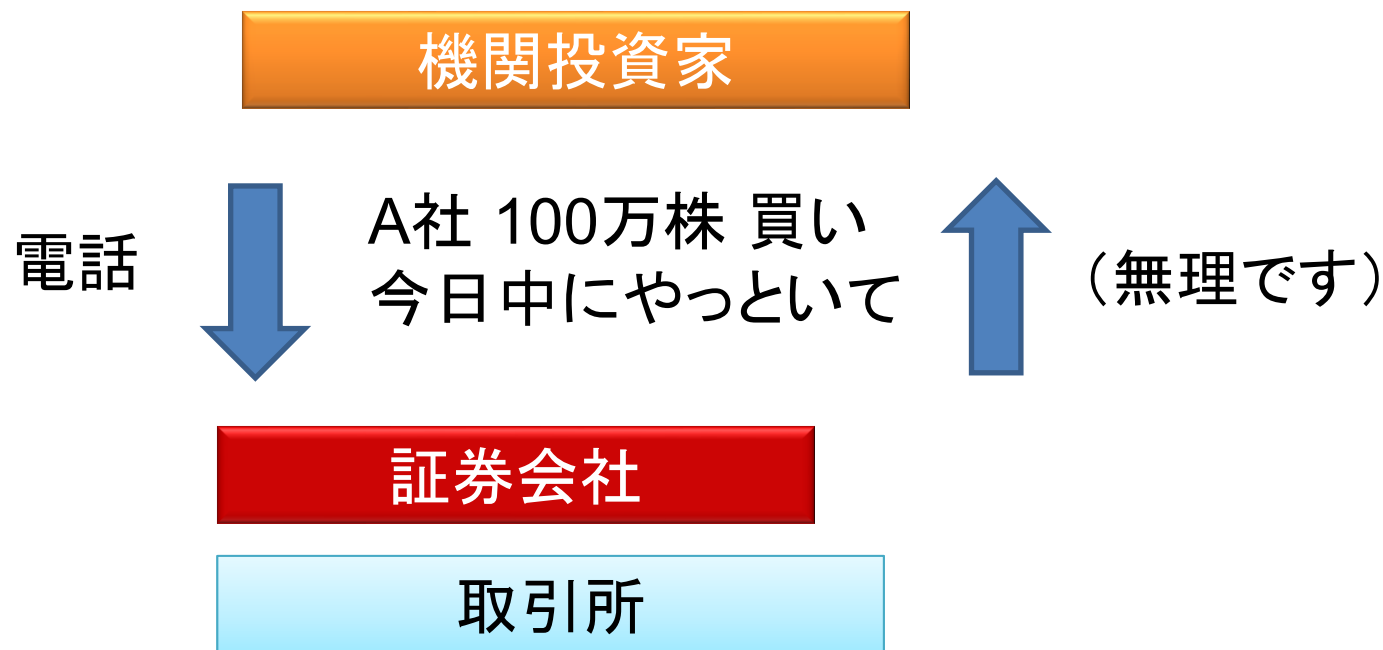
機関投資家は取引所へ直接注文を出せない
証券会社には機関投資家の注文を”小分けにして”さばく仕事がある



注文を”小分けにして”さばく仕事を
機械化したものがアルゴリズムです



機関投資家は時々、ちょっと”不可能な”注文を出してくる



金融取引は大きいほど不利になる珍しいゲーム

後述のブロック取引は競争を公正にするための処置とも言える
大きい取引をする投資家を助けるための処置

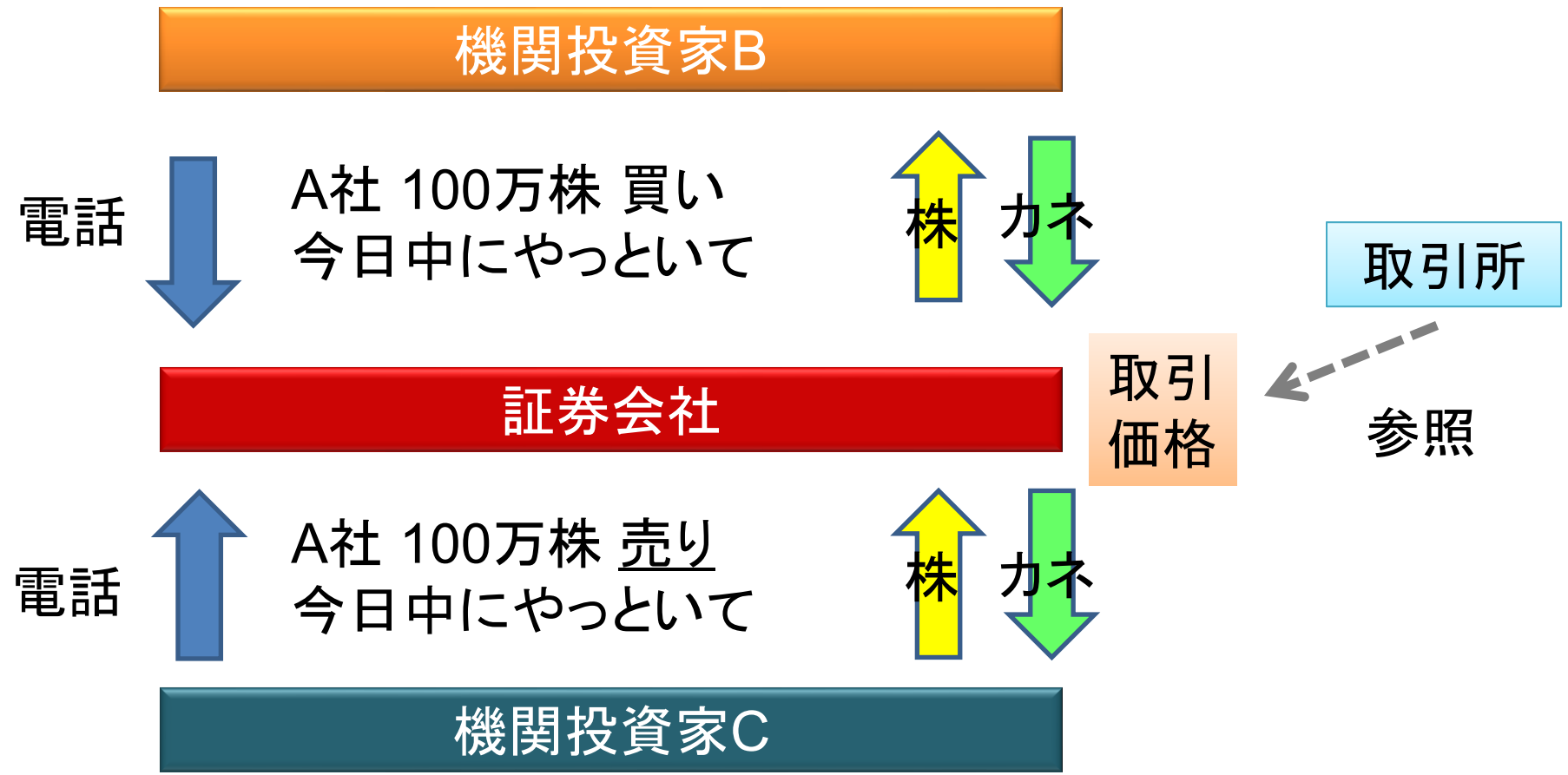
⇔ 製造業や小売業などは規模が大きい方がコストダウンでき
規模の経済が働くのが普通

競争を公正にするため小さい業者を助ける処置あり

公正取引委員会、独占禁止法、下請けいじめの禁止

ブロック・トレード

たまたま反対の”無理な”注文が来れば、取引所を出さずに、取引を成立させることができる ⇒ ブロックトレード



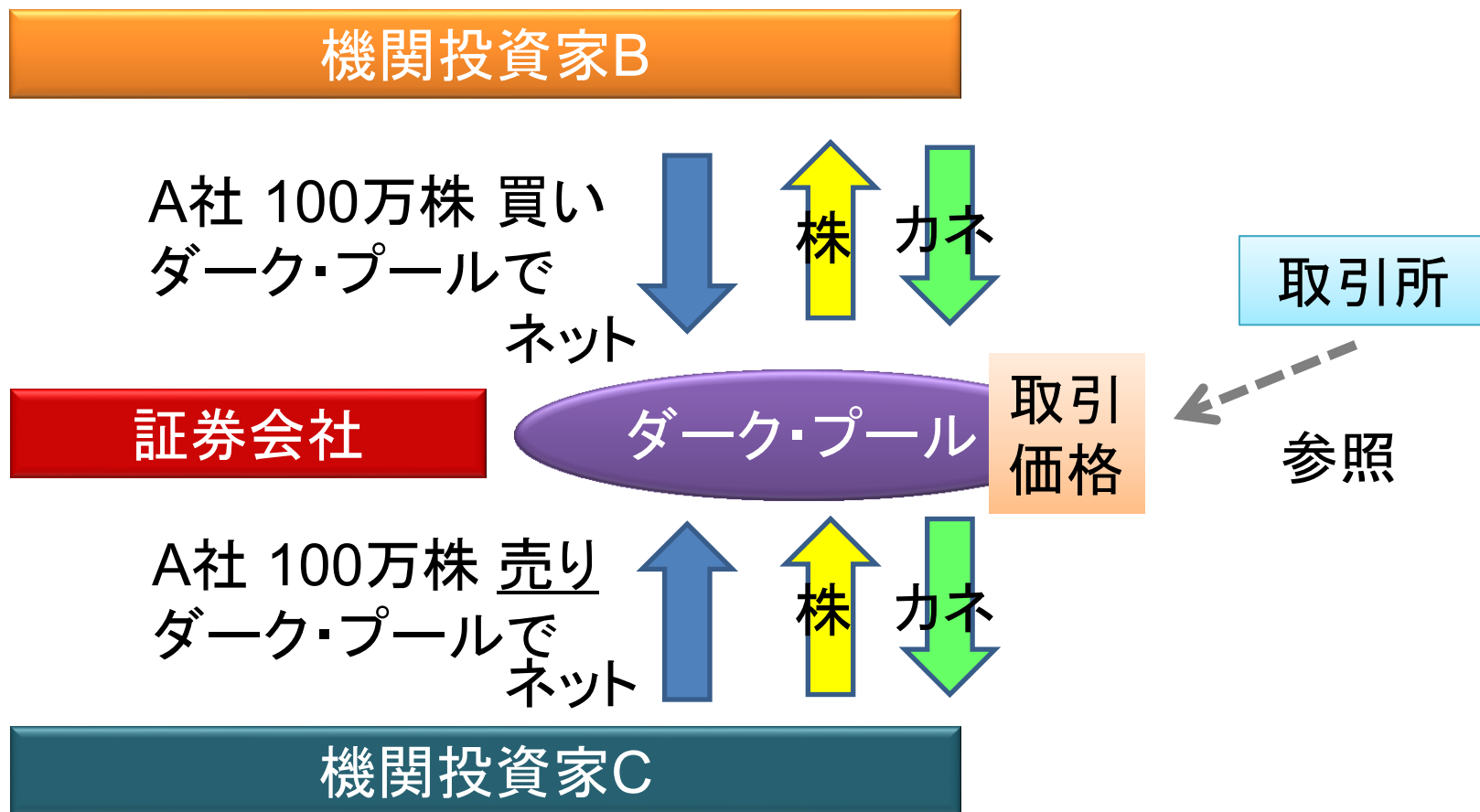
取引所の価格決定プロセスには参加しない

ダーク・プールの出現

ブロック・トレードを機械化したもの ← 注文状況は見れない

第14回 金融情報学研究会, 水田ら 2015

<http://sigfin.org/SIG-FIN-014-02/>



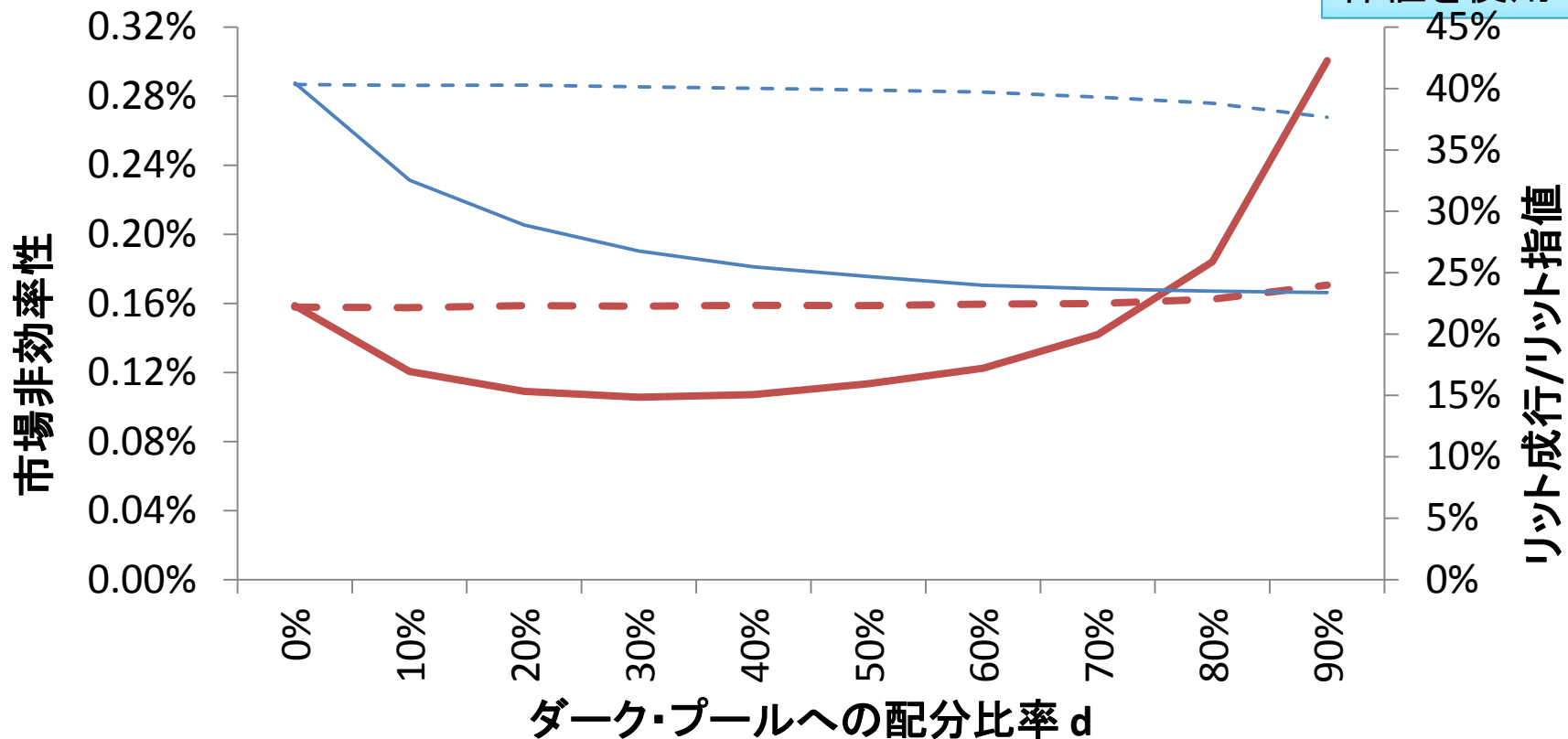
取引所の価格決定プロセスには参加しない

みんながダーク・プールばかり使い出したら誰か価格を決めるの？

ダーク・プール配分比率 d ごとの市場非効率性とリット成行/リット指値

SORありとSORなし

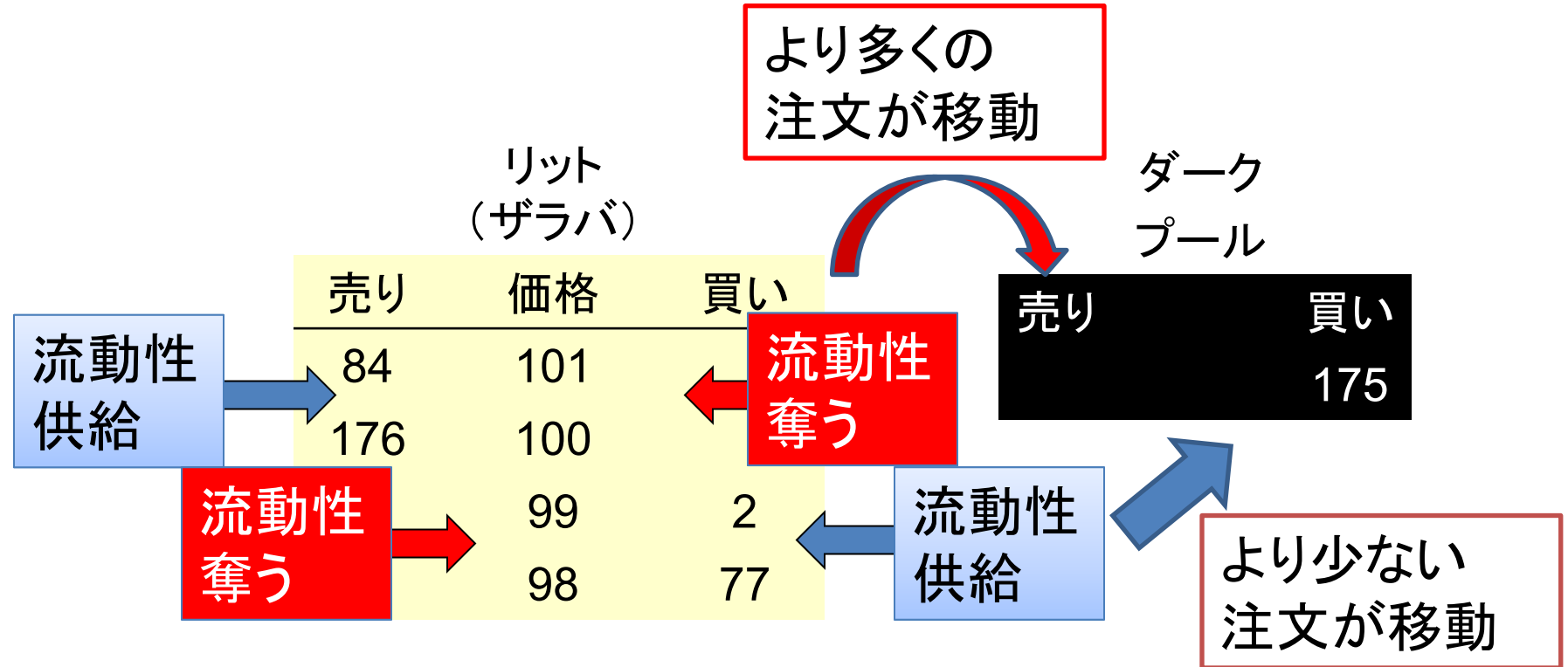
仲値を使用



- 市場非効率性: SORあり
- - 市場非効率性: SORなし
- リット成行/リット指値: SORあり
- - リット成行/リット指値: SORなし

ある程度のダーク・プールの普及は市場を効率化する
 リットへの成行注文の量 (←キーパラメーター) の減少が理由

市場が効率化するメカニズムとキーパラメーター(1/2)



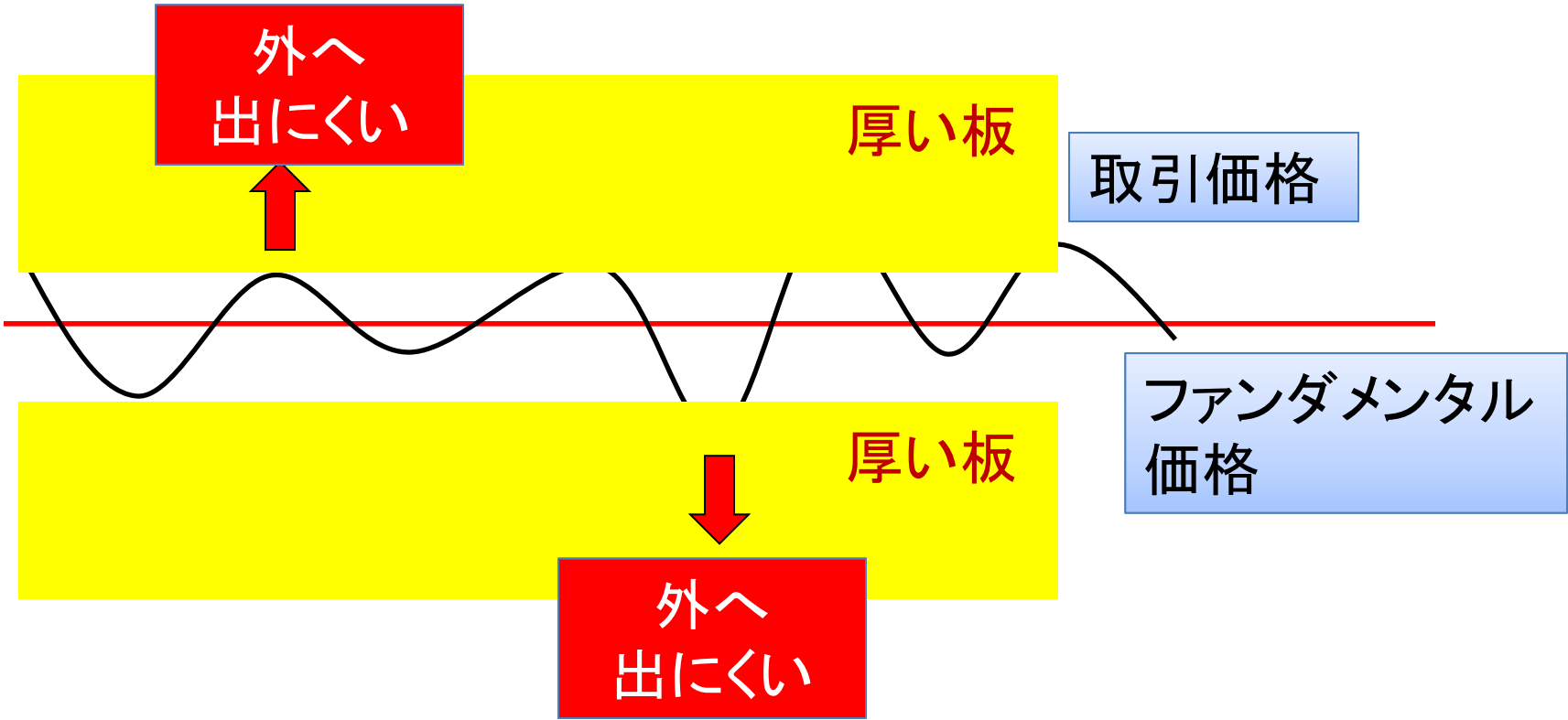
キーパラメーター: リット成行注文数 / リット指値注文数

ダーク・プールは価格を指定しないため、指値注文が広がらず結局取引されずキャンセルされてムダになる指値注文が少ない

市場が効率化するメカニズムとキーパラメーター(2/2)

キーパラメーター: リット成行注文数/リット指値注文数

これが小さいということは、..



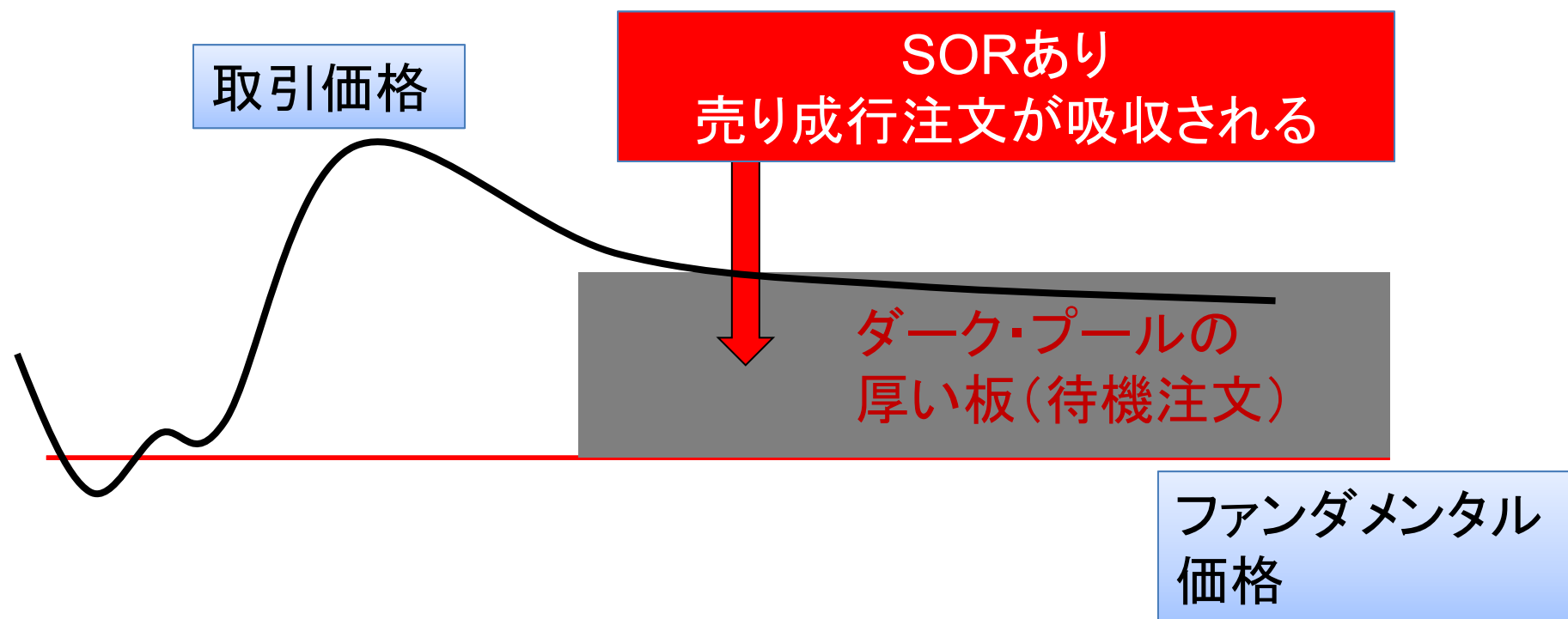
板が厚くなり、ファンダメンタル価格からの乖離がしづらくなる

⇒ 板の厚み増加による市場効率化

市場が非効率化するメカニズムと非効率化の条件(1/2)

ファンダメンタル価格より高く乖離している

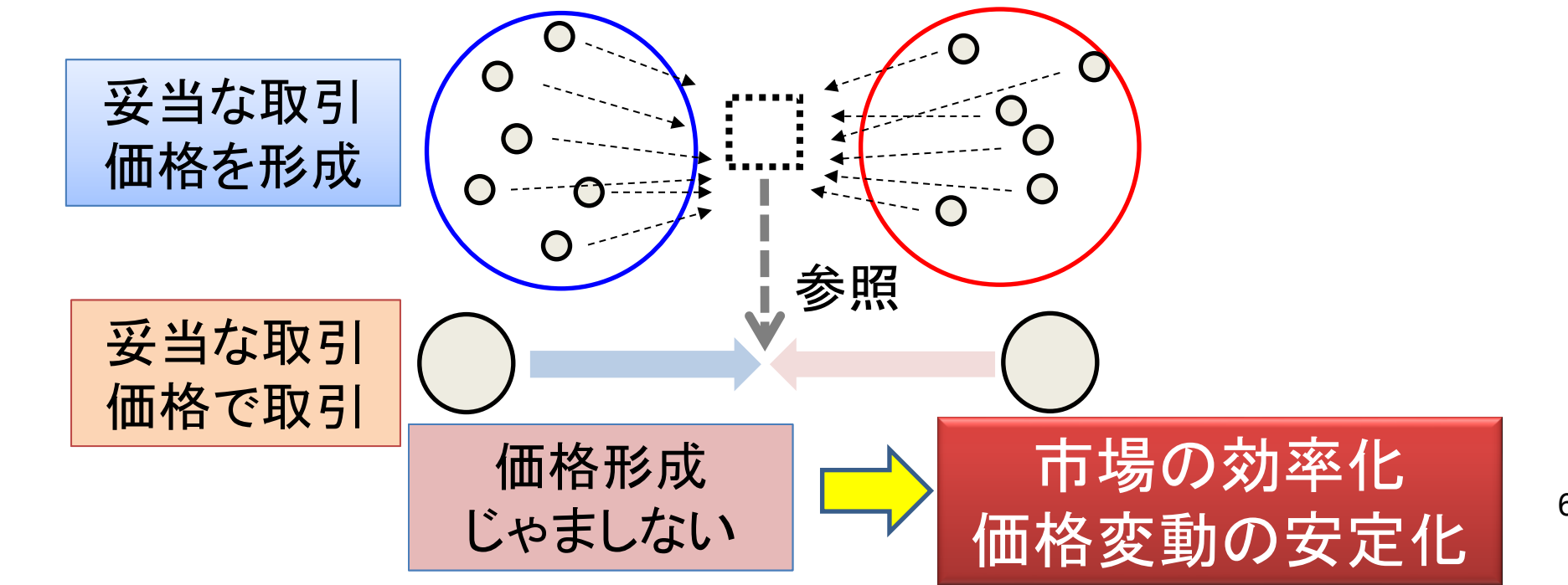
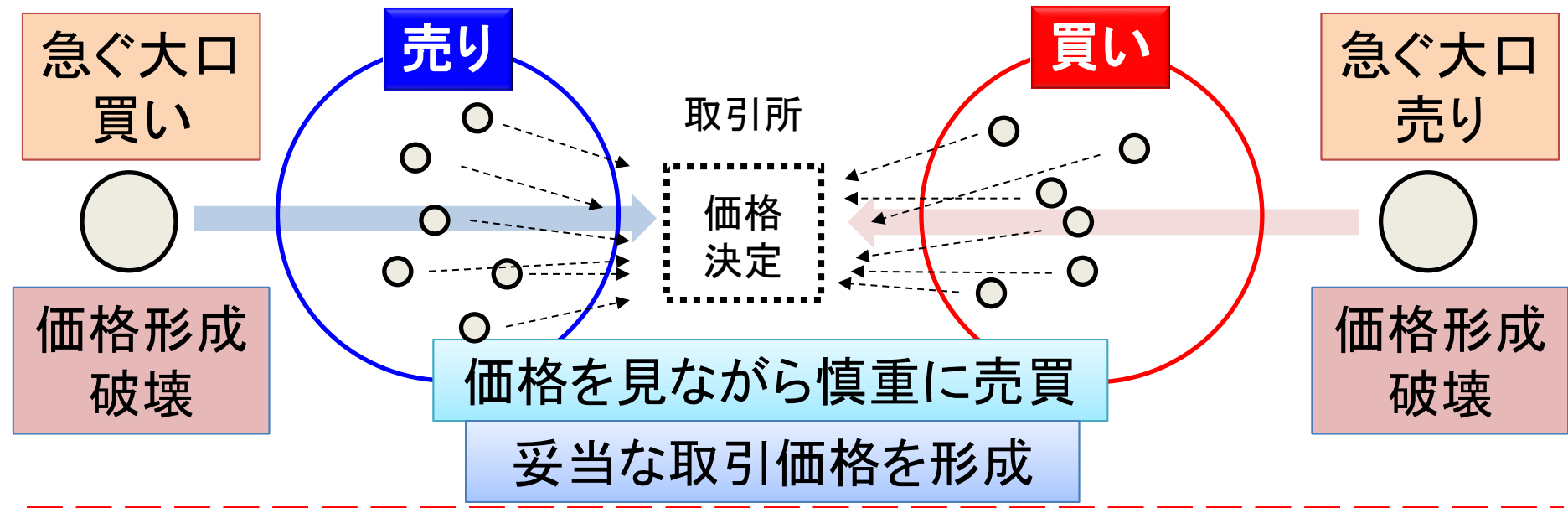
ダーク・プールに買い注文が多く待機



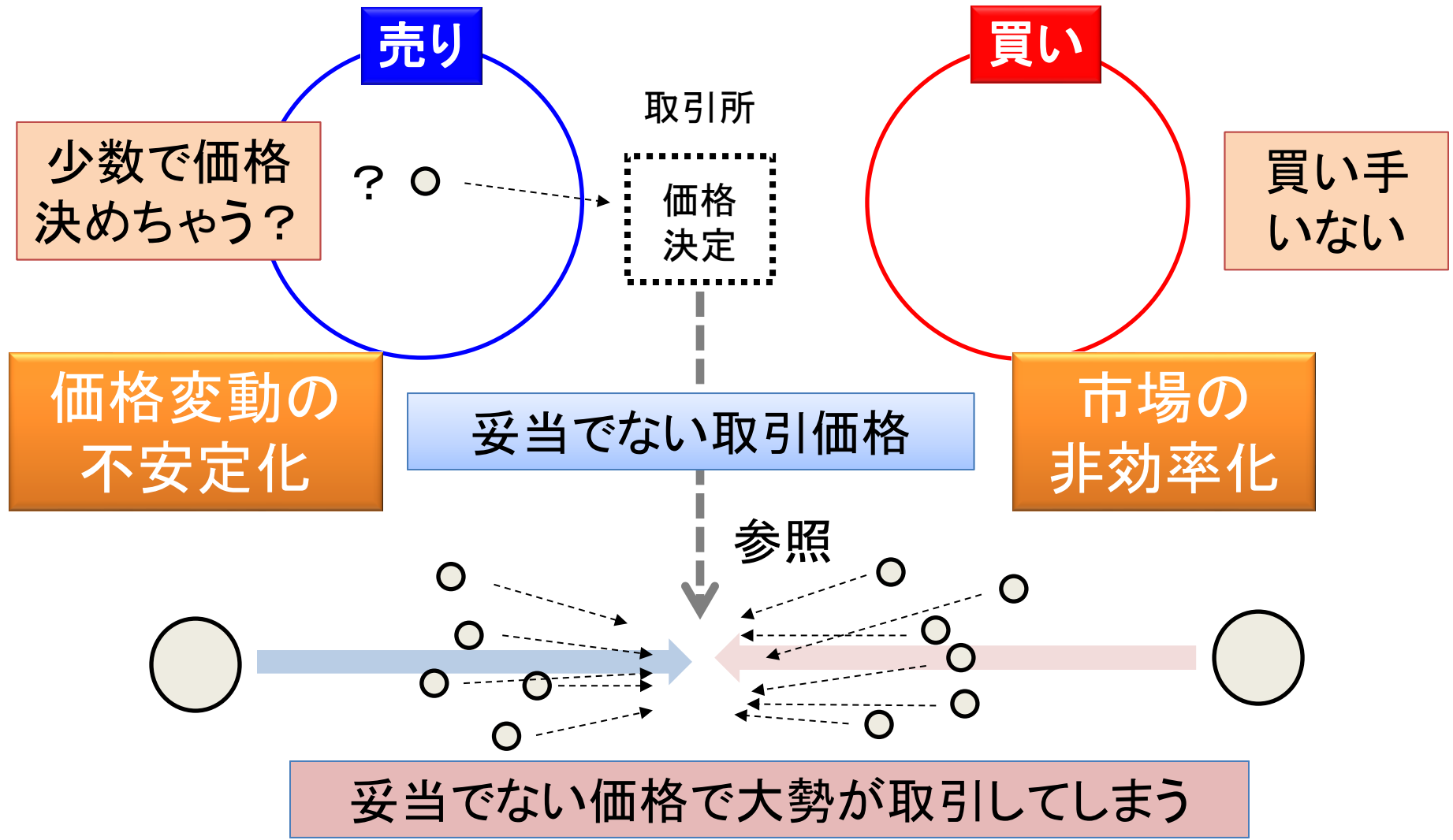
ファンダメンタル価格へ収束する売り成行注文が SORにより、すべてダーク・プールへ吸収される

⇒ 乖離の解消に時間がかかり非効率化

取引を急ぐ大口投資家が価格決定しないところで取引するメリット



みんなが価格決定しないところで取引しだすと、大きなデメリット



半分以上の取引が価格決定に関わって無いと不安定・非効率化

参考文献

全般

- * 水田孝信 (2014)
人工市場シミュレーションを用いた金融市場の規制・制度の分析,
東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻 2014年9月26日 博士(工学) (博工 第8404号)
http://www.geocities.jp/mizuta_ta/jphd.htm
- * 高安美佐子, 高安秀樹, 山田健太, 和泉潔, 水田孝信 (2015予定)
マルチエージェントシリーズB-6, 「マルチエージェントによる金融市場のシミュレーション」, コロナ社
- * 杉原正顯, 高安美佐子, 和泉潔, 佐々木顕, 杉山雄規 (2012)
計算科学6, 「計算と社会」, 岩波書店
- * J. McMillan (2002) Reinventing the bazaar: A natural history of markets, W. W. Norton & Company.
(瀧澤弘和, 木村友二 訳 (2007): 市場を創る バザールからネット取引まで, NTT出版)

人工市場研究のレビュー

* Chen, S.H., C.L. Chang and Y.R. Du (2012)

Agent-based economic models and econometrics. Knowledge Engineering Review 27(2): 187–219.

* LeBaron, B. (2006)

Agent-based computational finance, Handbook of computational economics, 2, 1187–1233

* Cristelli M. (2014)

Complexity in Financial Markets: Modeling Psychological Behavior in Agent-Based Models and Order Book Models. Springer International Publishing: Switzerland.

(1) 規制・制度分析に用いる人工市場モデル

* Chiarella C. and G. Iori (2002)

A simulation analysis of the microstructure of double auction markets, Quantitative Finance, 2, 5, 346–353

(2) ティック・サイズの縮小

* 水田孝信, 早川聡, 和泉潔, 吉村忍 (2013)

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, Vol.2 (英語版あり)

<http://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/>

(3) 高頻度取引(HFT)、ダーク・プールの是非

* 水田 孝信, 則武 誉人, 早川 聡, 和泉 潔 (2015)

人工市場シミュレーションを用いた取引システムの高速度が価格形成に与える影響の分析

日本取引所グループ, JPXワーキング・ペーパー, Vol. 9 (英語版あり)

<http://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/>

* 草田 裕紀, 水田 孝信, 早川 聡, 和泉 潔 (2015)

保有資産を考慮したマーケットメイク戦略が市場間競争に与える影響: 人工市場アプローチによる分析

日本取引所グループ, JPXワーキング・ペーパー, Vol. 8

<http://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/>

* 水田孝信, 小杉信太郎, 楠本拓矢, 松本渉, 和泉潔 (2015)

人工市場シミュレーションを用いたダーク・プールによる市場効率化の分析,

人工知能学会 金融情報学研究会, 東京, 1/21.

<http://sigfin.org/SIG-FIN-014-02/>

* Mizuta, T., Kosugi, S., Kusumoto, T., Matsumoto, W., Izumi, K., Yagi, I., and Yoshimura, S.(2015)

Effects of Price Regulations and Dark Pools on Financial Market Stability: An Investigation by Multiagent Simulations, Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management.

<http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1002/isaf.1374>