

JPXワーキング・ペーパー【要約版】

Vol. 9, 2015年3月31日

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化が
価格形成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 株式会社
則武 誉人	株式会社 日本証券クリアリング機構
早川 聡	株式会社 大阪取引所IT推進室
和泉 潔	東京大学大学院工学系研究科 科学技術振興機構 CREST

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(以下「日本取引所グループ等」という)の役職員並びに外部研究者による調査・研究の成果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筆者ら個人に属し、日本取引所グループ等及び筆者らが所属する組織の公式見解を示すものではありません。

(1)はじめに

(2)人工市場モデル

(3)シミュレーション結果

(4)実際の市場との比較考察

(5)まとめと今後の課題

(1)はじめに

(2)人工市場モデル

(3)シミュレーション結果

(4)実際の市場との比較考察

(5)まとめと今後の課題

取引システムの高速度化

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



対立

良い

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

悪い

どのくらいの高速度化が適切か？

純粹にレイテンシーの違いだけで市場の効率性が変化するか？

→ さまざまな要因が複雑：実証研究では困難

あるとすればどのようなメカニズムなのか？

→ ミクロプロセスの分析：実証研究では不可能

どれくらい速ければ十分速い取引システムなのか？

→ さまざまな要因が複雑：実証研究では困難

→ まだ一度も起きていないこと：実証研究ではできない



人工市場シミュレーション

(1)はじめに

(2)人工市場モデル

(3)シミュレーション結果

(4)実際の市場との比較考察

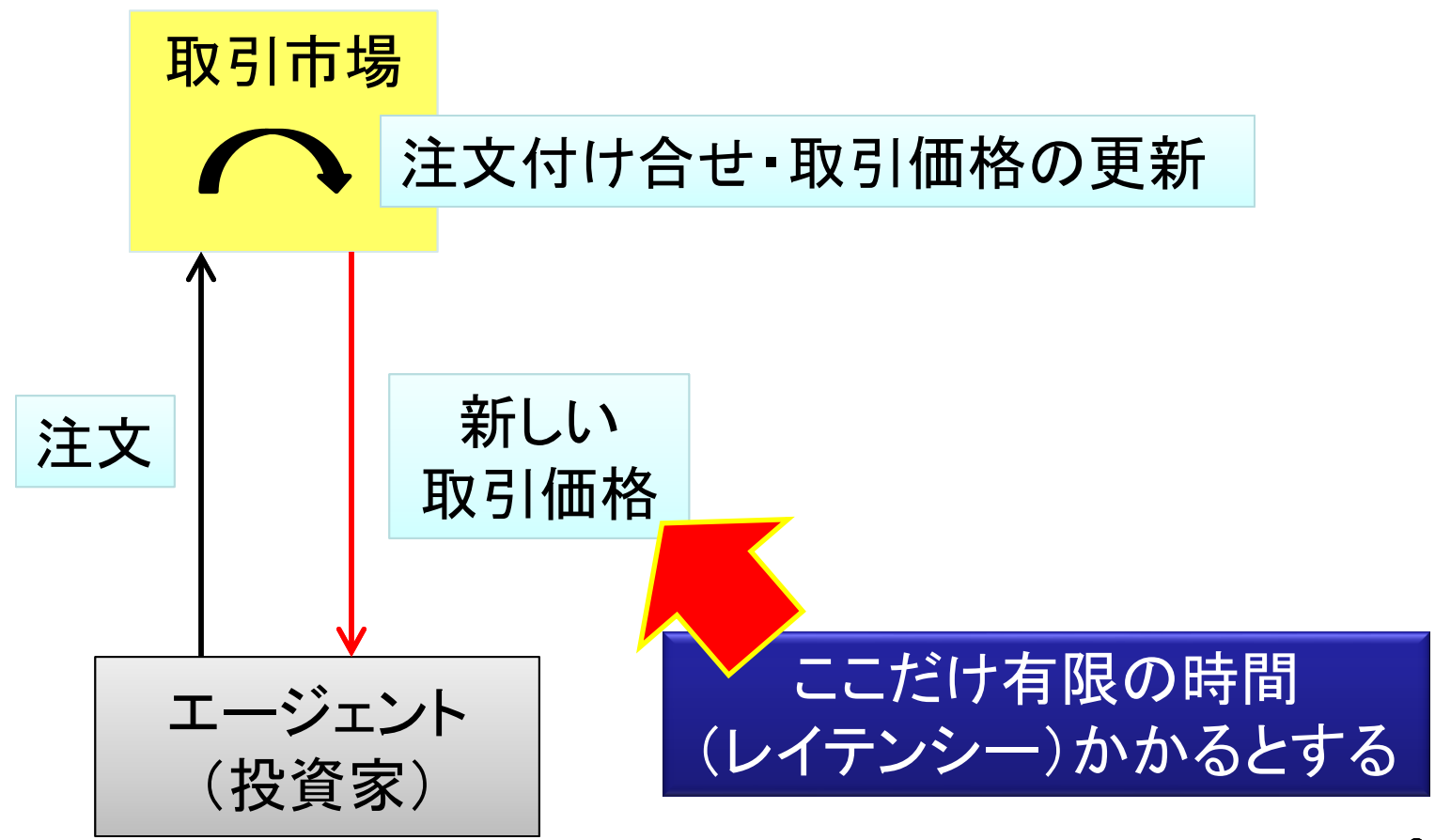
(5)まとめと今後の課題

レイテンシーのモデル

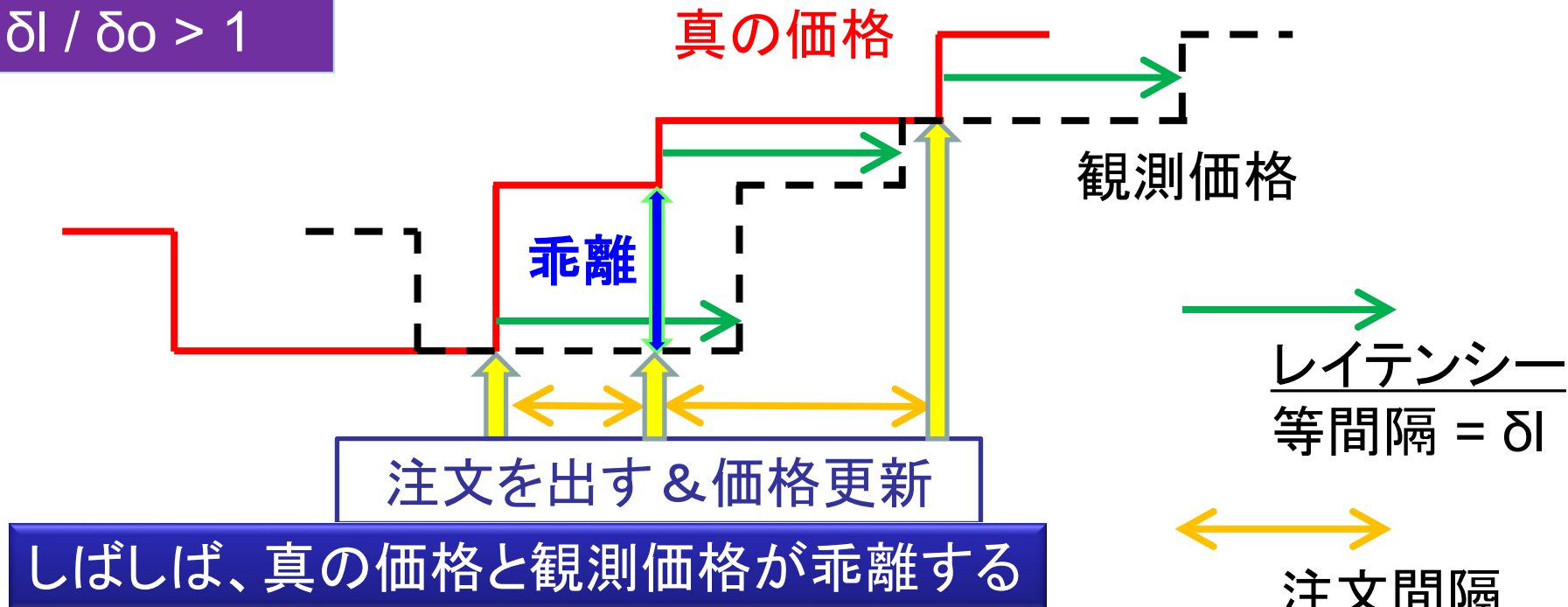
レイテンシー

取引システムの高速度で最も重要

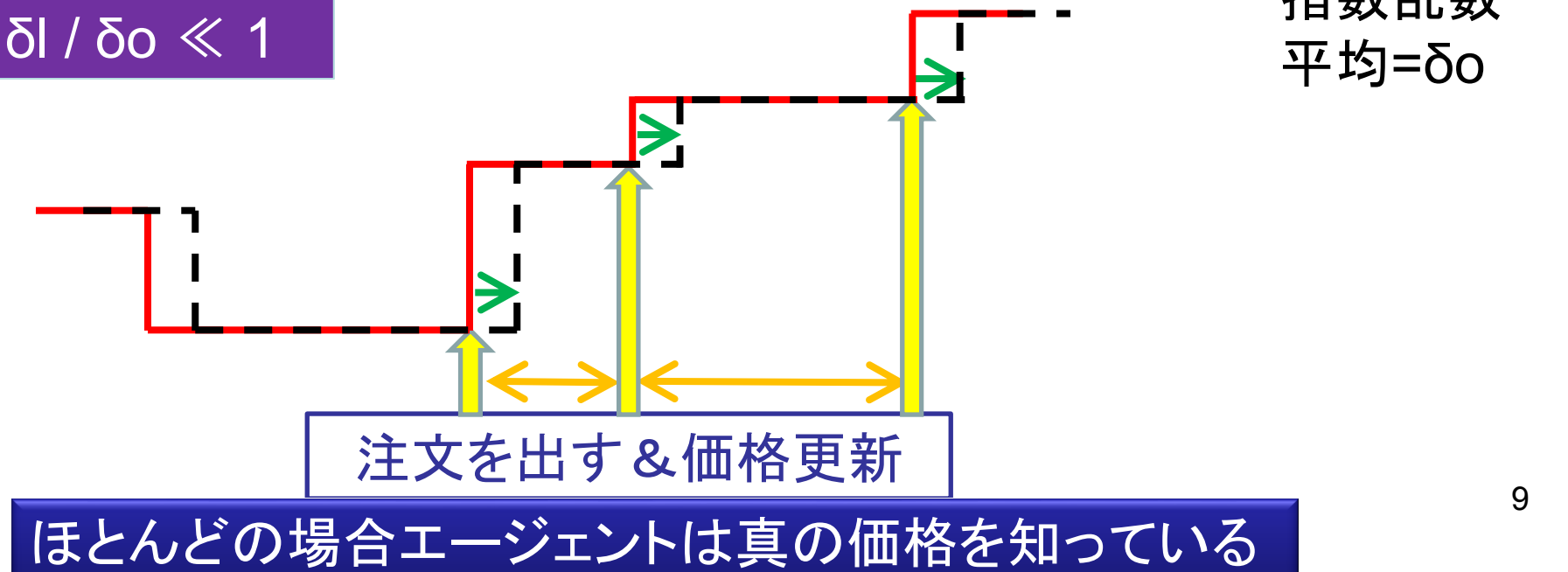
注文の付け合せ処理にかかる時間やデータ転送時に発生する遅延



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



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



水田ら: ワーキング・ペーパー vol.2 (2013)と同じモデル

- ザラバ ⇒ 現実的な市場メカニズムの実装
- 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

一般的な市場の統計的性質を再現
マイクロ・ストラクチャーの性質も再現

レイテンシーは通常ミリ秒～秒単位といった、
マイクロ・ストラクチャーの時間スケール

(1)はじめに

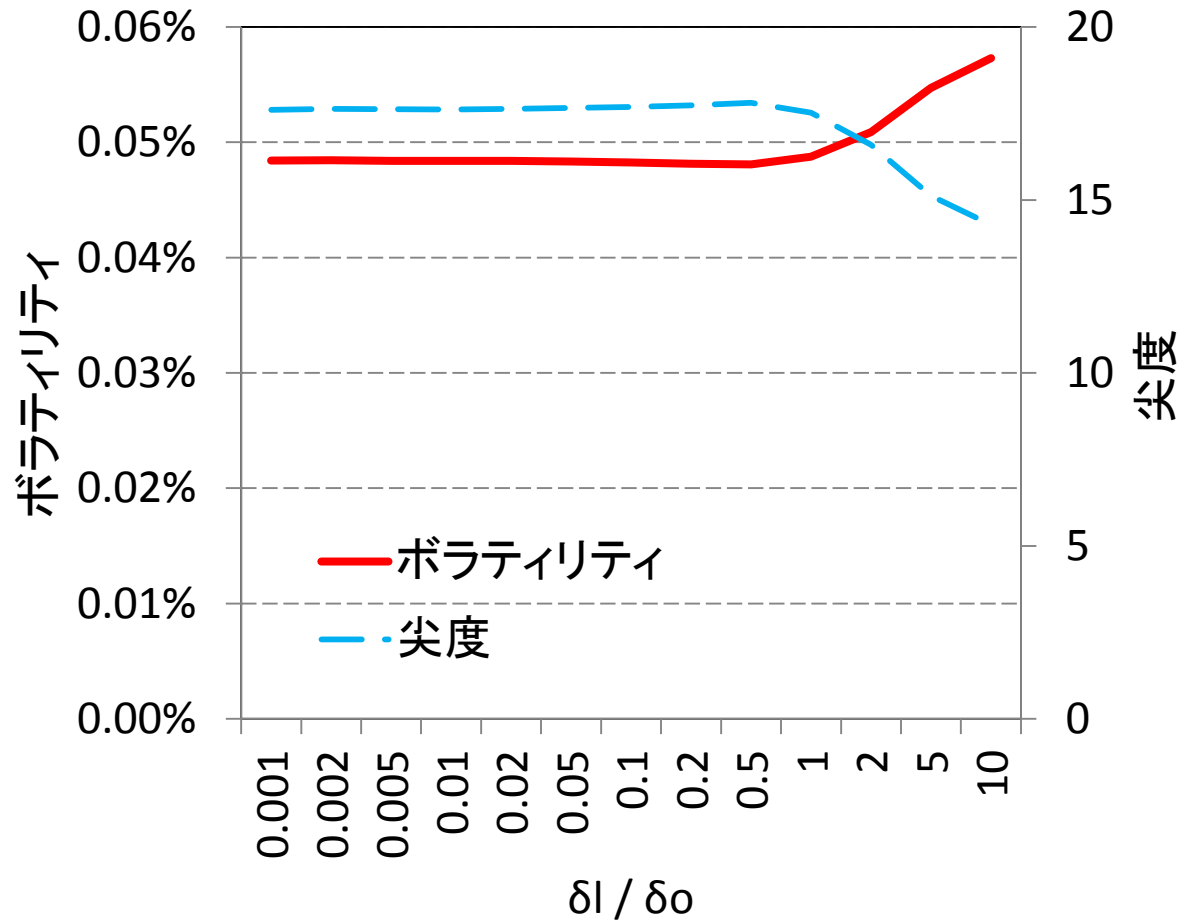
(2)人工市場モデル

(3)シミュレーション結果

(4)実際の市場との比較考察

(5)まとめと今後の課題

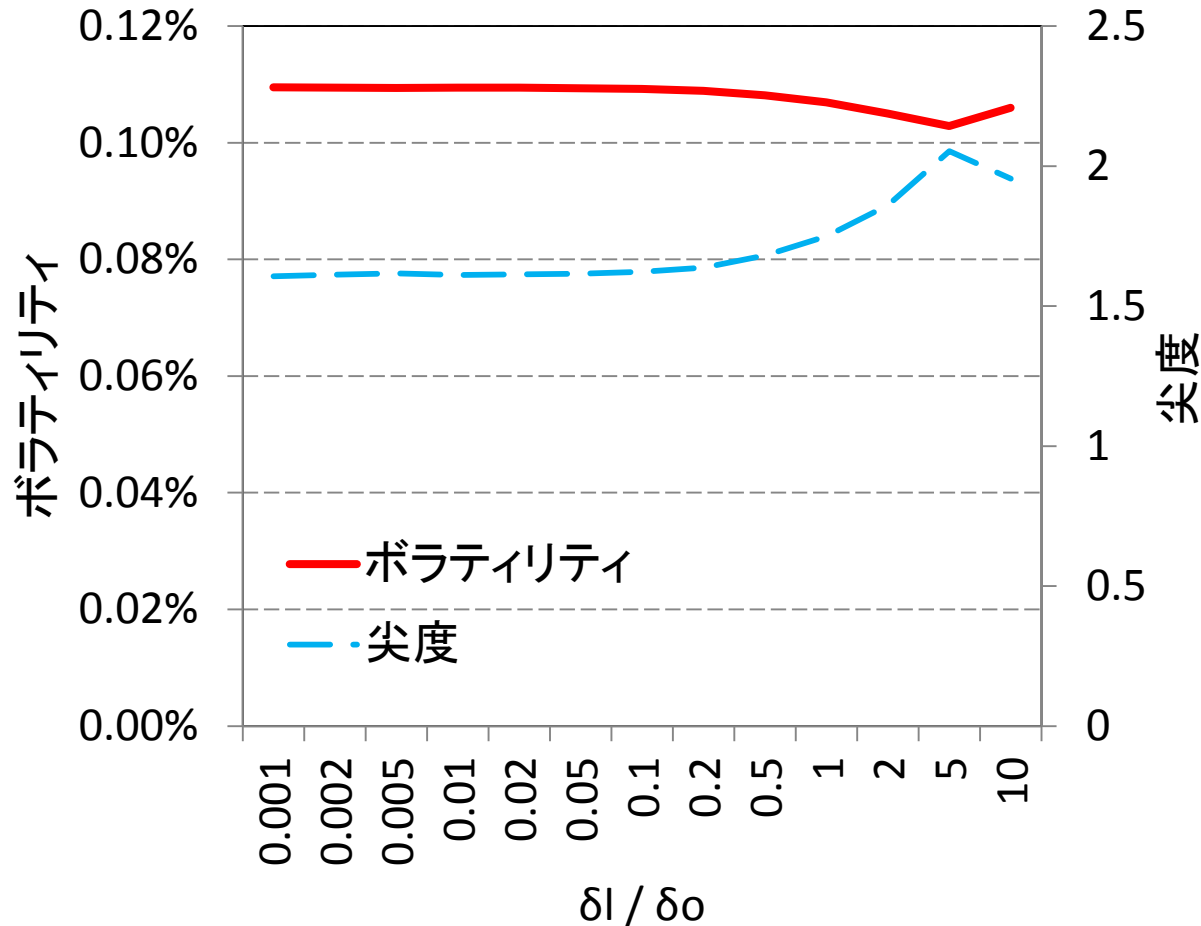
ボラティリティと尖度 ($\delta r/\delta o=1$)



$\delta l / \delta o$: レイテンシー (注文間隔で規格化)
 $\delta r / \delta o$: リターンの計測期間 (注文間隔で規格化)

$\delta l / \delta o > 1$: ボラティリティの上昇と尖度 (ファットテール) の縮小
⇒ 非効率化?

ボラティリティと尖度 ($\delta r / \delta o = 10$)



$\delta l / \delta o > 1$: ボラティリティはほぼ横ばい
尖度(ファットテール)が拡大 \Rightarrow 非効率化?

リターンの計測期間に依存しない方法が必要

市場非効率性

$$\text{市場非効率性} = \frac{|\text{市場価格} - \text{ファンダメンタル価格}| \text{の平均}}{\text{ファンダメンタル価格}}$$

市場が完全に効率的なら、取引価格は常にファンダメンタル価格になるはずである

実際にファンダメンタル価格からの乖離で定義

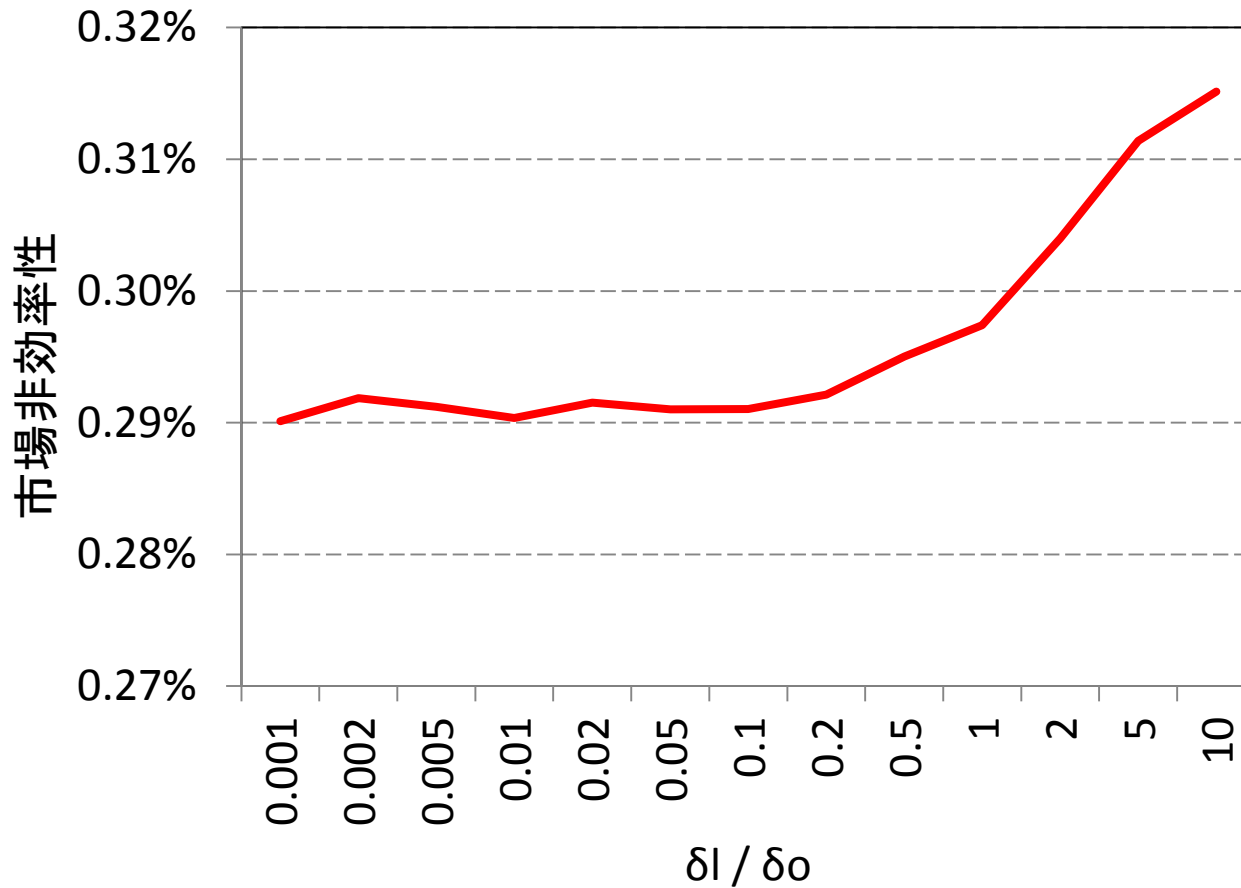
↑ 実際の市場では用いることができない手法

人を用いた実験市場研究でしばしば用いられている

推定ではない理想的な市場(非)効率性の定義が可能

リターンの計測期間に依存しない

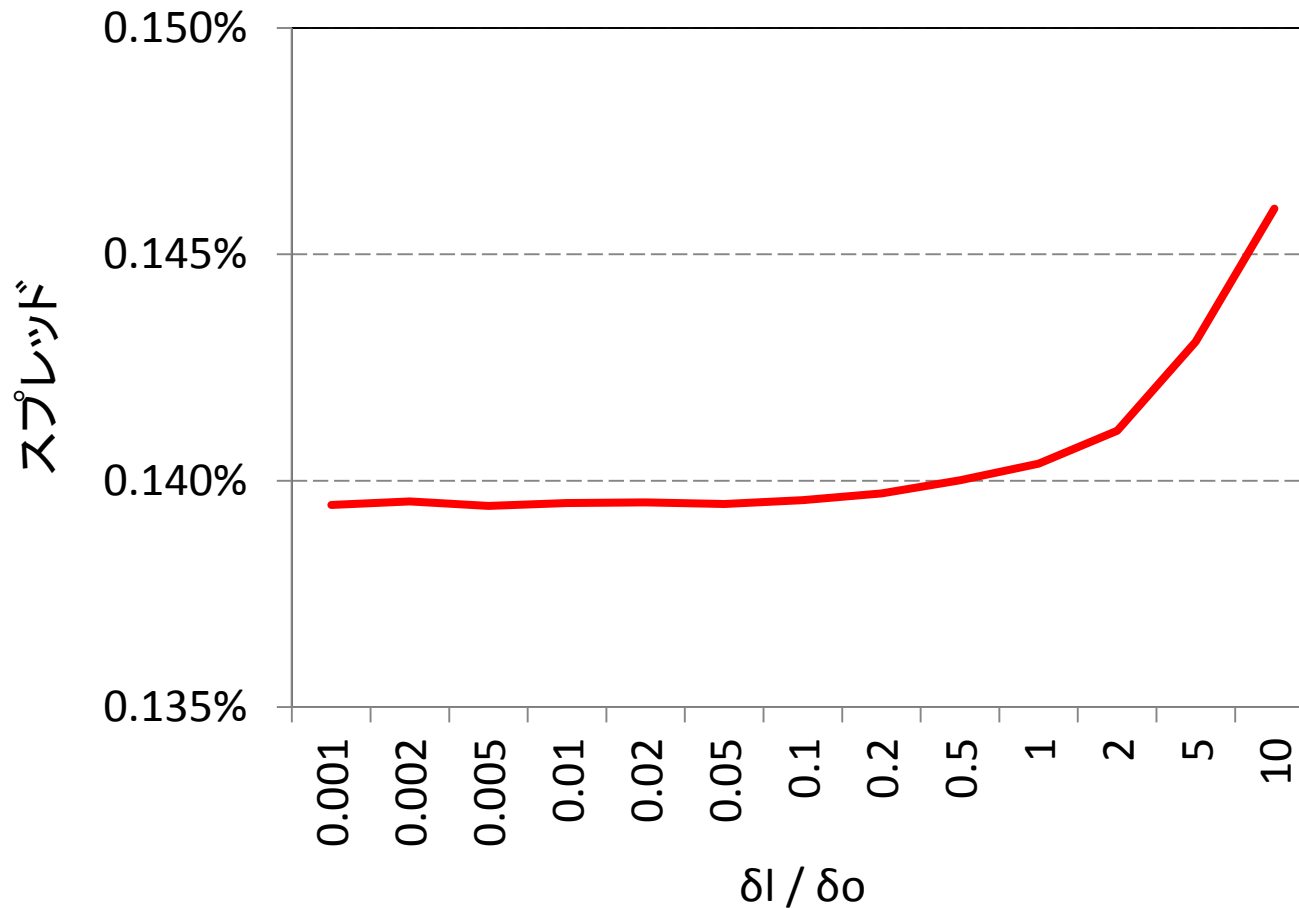
市場非効率性



$\delta l / \delta o > 1$: 市場が非効率化

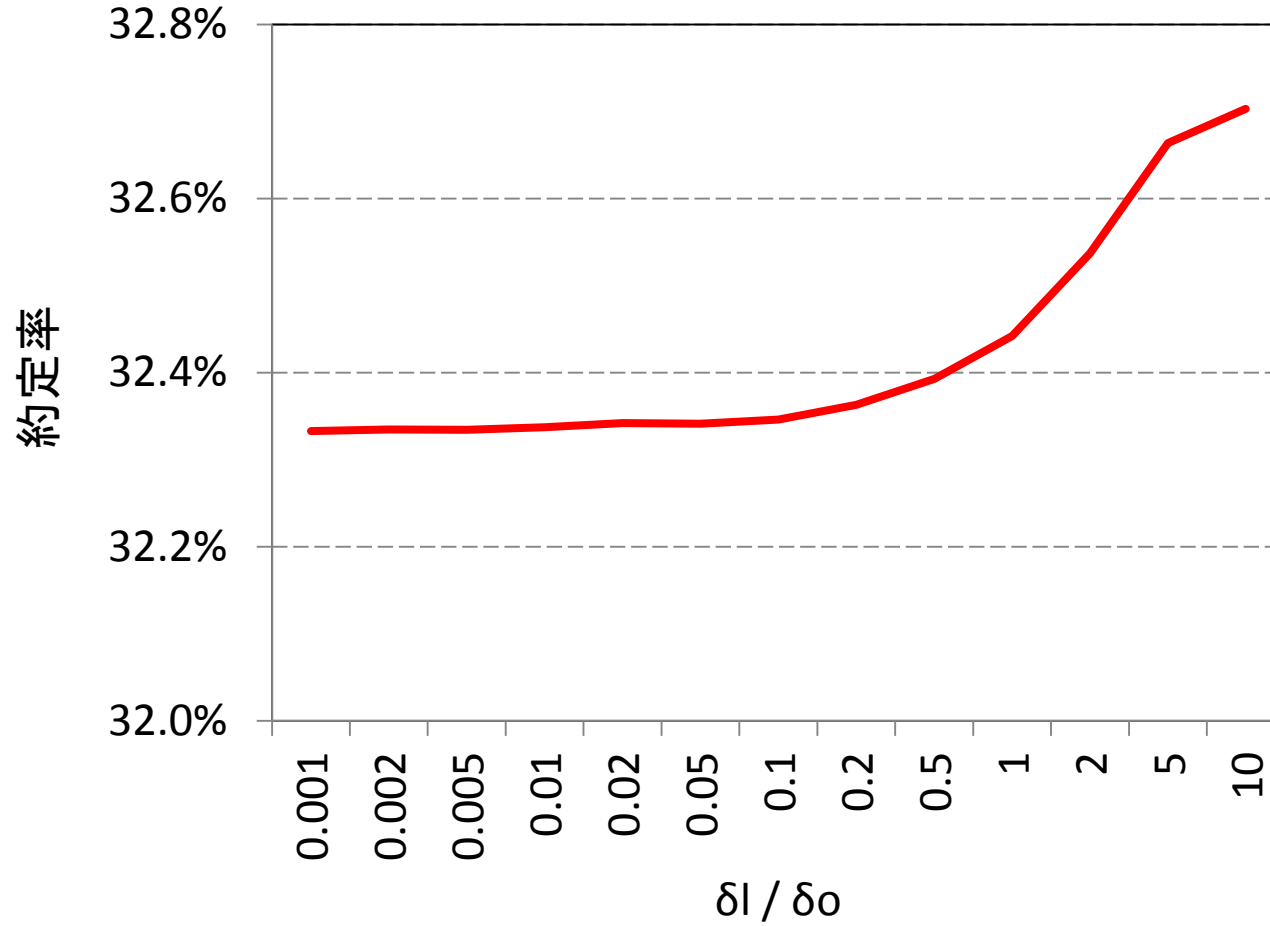
$\delta l / \delta o = 0.5$ あたりから市場の非効率化が始まっている

ビット・アスク・スプレッド



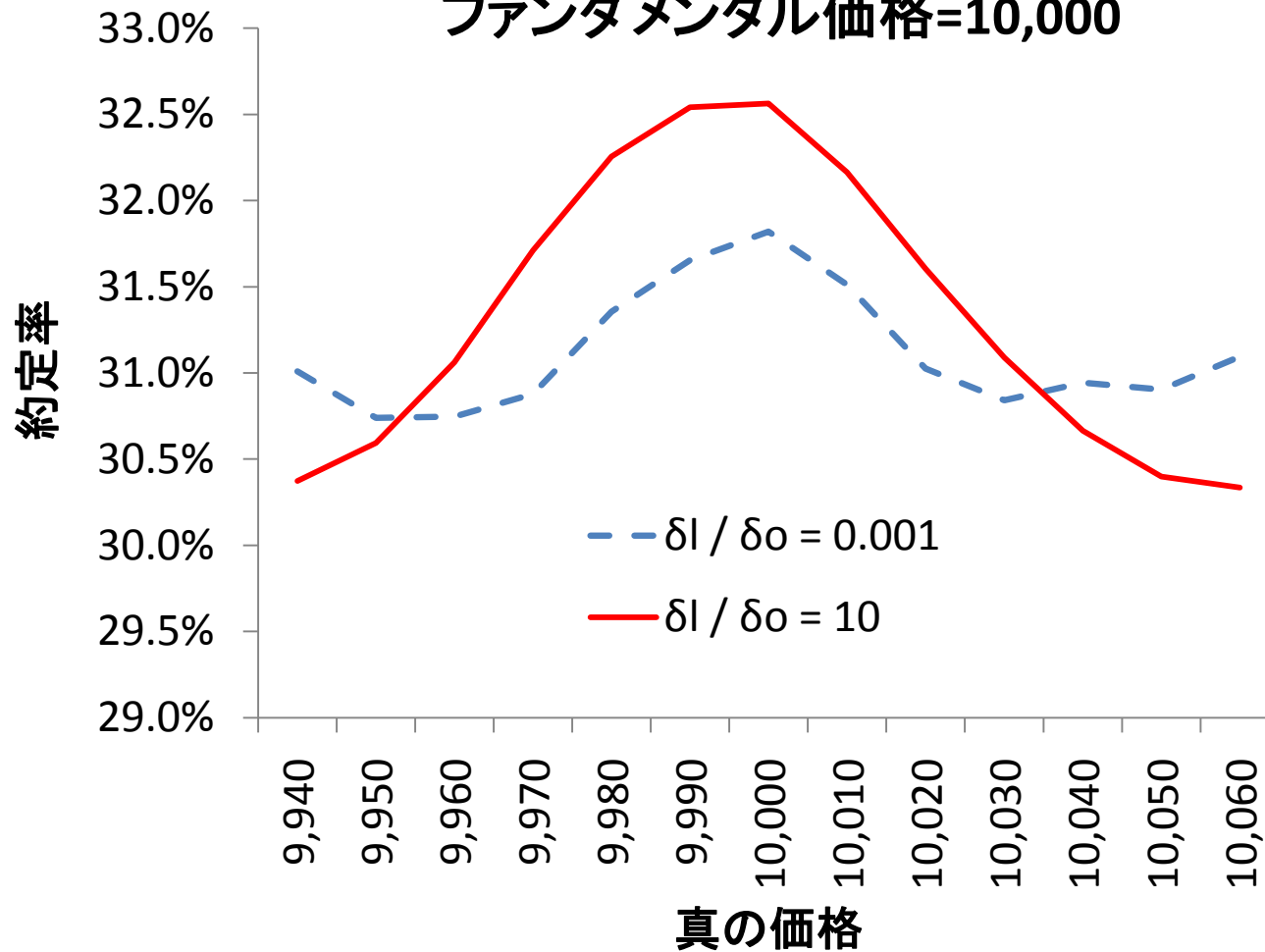
$\delta I / \delta O > 1$: ビット・アスク・スプレッドが開いている

約定率



$\delta l / \delta o > 1$: 約定率の上昇

価格別約定率 ファンダメンタル価格=10,000



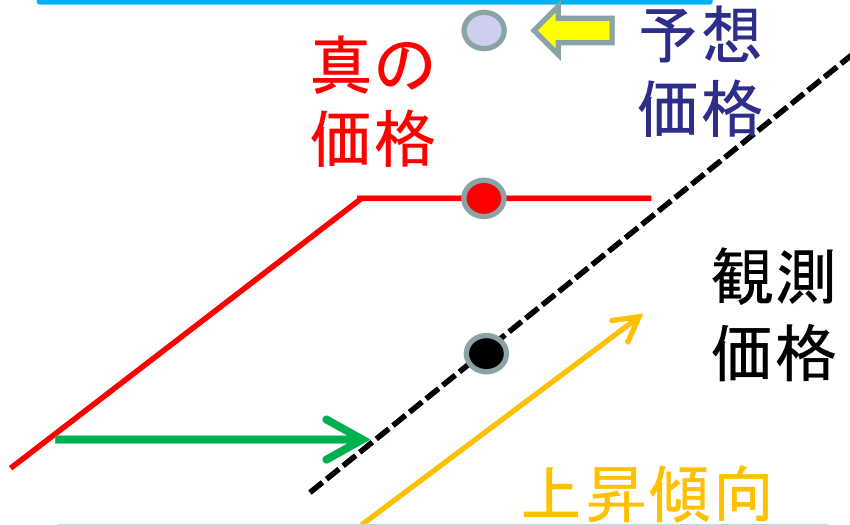
ファンダメンタル価格付近で特に約定率が向上

δ_1 / δ_0		約定率			エージェント 平均予想リ ターン
		合計	買いが 成行 売りが 指値	売りが 成行 買いが 指値	
10	観測価格 < 真の価格	32.5%	28.9%	3.5%	0.28%
	観測価格 > 真の価格	32.5%	3.6%	28.9%	-0.27%
0.001	---	31.2%	15.6%	15.6%	0.00%

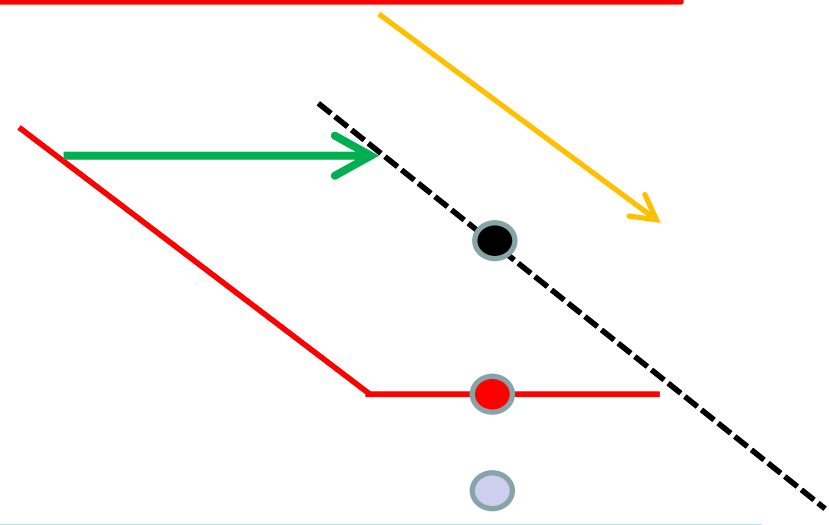
観測価格 < 真の価格： 買いの成行が多い： プラスリターン予想
 観測価格 > 真の価格： 売りの成行が多い： マイナスリターン予想

(ファンダメンタル価格付近)

観測価格 < 真の価格



観測価格 > 真の価格



高い予想価格
⇒ 成行の買い注文
↑ もし真の価格を知って
いれば出なかった

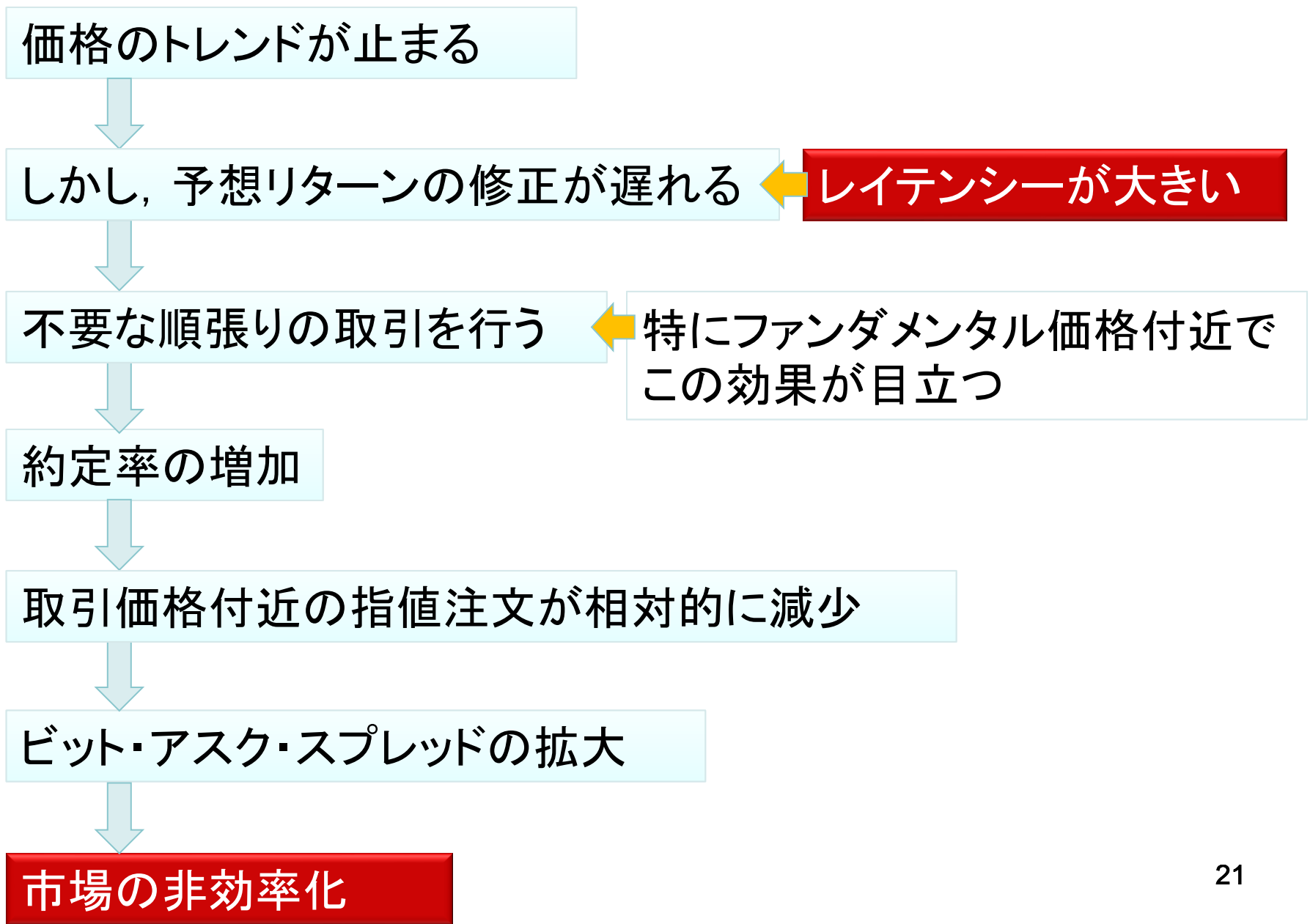
低い予想価格
⇒ 成行の売り注文
↑ もし真の価格を知って
いれば出なかった

価格のトレンドが止まる

しかし、予想リターンの修正が遅れる

不要な順張りの取引を行う

レイテンシーが大きい ($\delta/\delta_0 > 1$) と市場が非効率になるメカニズム



(1)はじめに

(2)人工市場モデル

(3)シミュレーション結果

(4)実際の市場との比較考察

(5)まとめと今後の課題

分析番号	分析期間	arrowhead	1日平均 銘柄平均 注文件数	計測時間 (分)	平均 δ_o (ms) = 計測時間 (ms) / 注文件数	応答時間 δ_l (ms)	δ_l / δ_o
1	2009年12月	稼動前	2,833	270	5,718	3,000	0.525
2	2010年8月2日～2011年11月18日	稼動後	14,621	355	1,457	4.5	0.003
3	2011年11月21日～2014年11月26日		28,974	385	797	4.5	0.006
4	2014年10月27日～2014年11月26日		66,044	385	350	4.5	0.013
5	2014年10月31日のみ		87,109	385	265	4.5	0.017
6	2014年11月4日のみ		114,027	385	203	4.5	0.022

分析1: 宇野(2012) 金融財政事情より
分析2～6: 本研究の分析

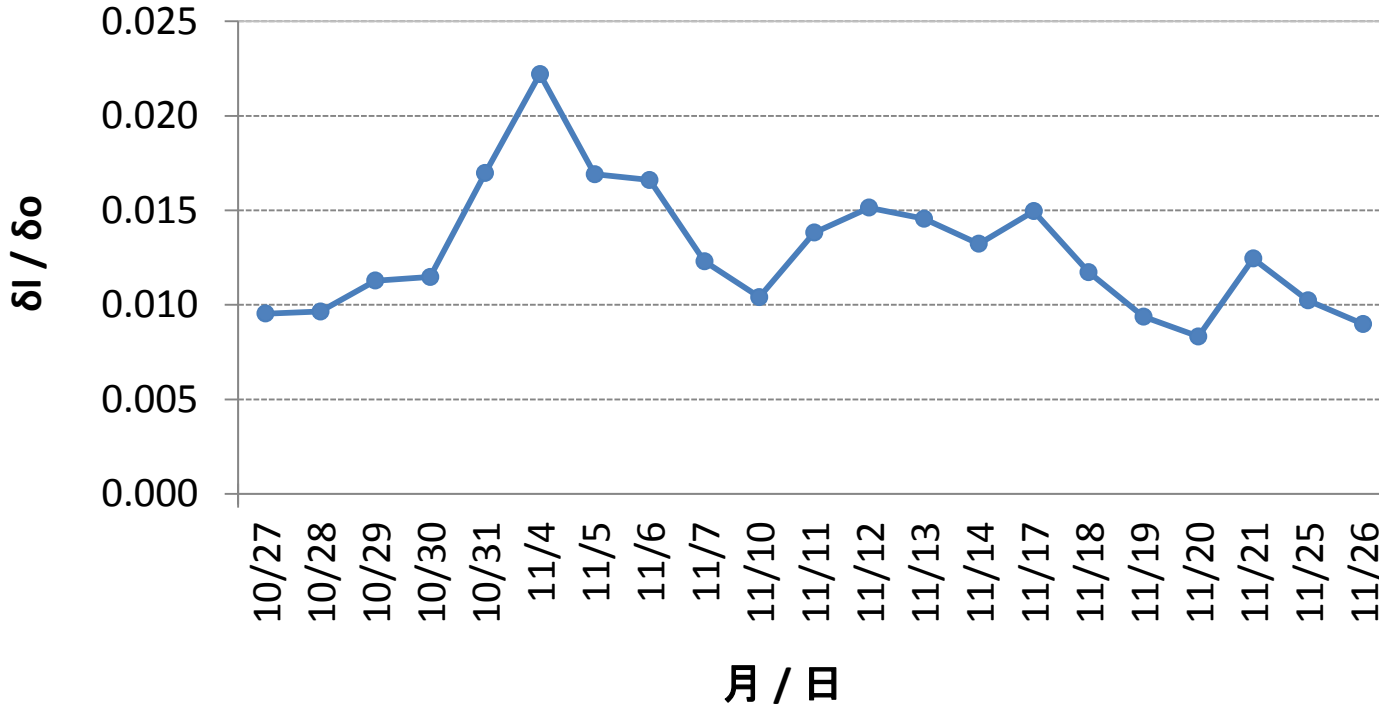
arrowhead 前

慢性的に市場非効率化が起きていた可能性

arrowhead 後

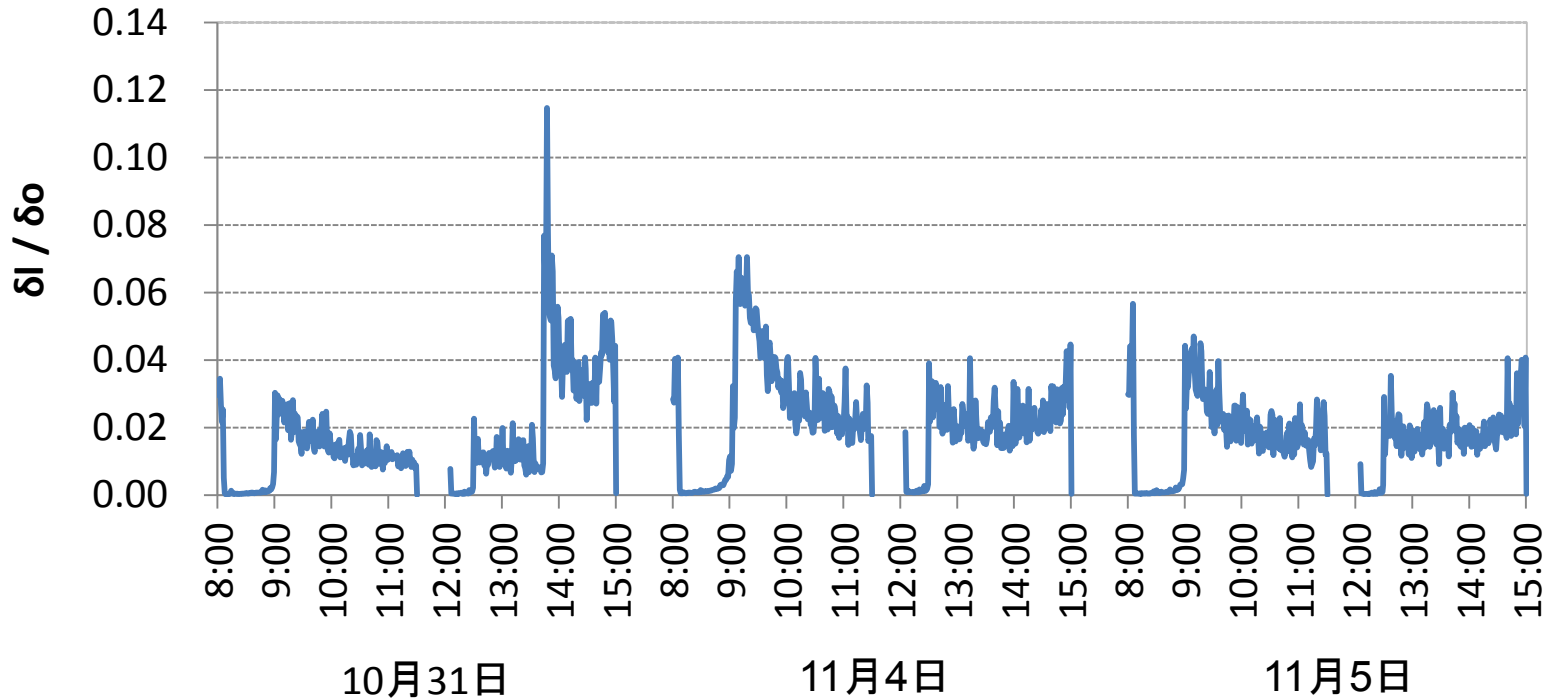
シミュレーションで示唆されたメカニズムによる
市場非効率化は慢性的には起きていない

$\delta l / \delta o$ (1営業日ごと)
 2014年10月27日～2014年11月26日



2014年10月31日の日本銀行追加緩和発表前後でも示唆されたメカニズムでの市場非効率化は起きていない

$\delta I / \delta o$ (1分ごと)
2014年10月31日～11月5日



数分といった時間スケールでも市場非効率化していない



2014年10月31日13時44分：日本銀行追加緩和発表
その後数分間に注文が集中

1分以下の短い時間スケールでは市場非効率化否定できない

今後の課題

(1)はじめに

(2)人工市場モデル

(3)シミュレーション結果

(4)実際の市場との比較考察

(5)まとめと今後の課題

- ・ レイテンシー (δl) と注文間隔 (δo) の比 ($\delta l / \delta o$) が重要
- ・ 十分に速い取引システムの条件: $\delta l / \delta o \ll 1$
- ・ 価格のトレンドが止まる \Rightarrow レイテンシーが大きい
 - \Rightarrow 予想リターンの更新が遅れる \Rightarrow 不要な順張り
 - \Rightarrow 約定率の上昇 \Rightarrow ビット・アスク・スプレッドの上昇
 - \Rightarrow 市場の非効率化
- ・ arrowhead前: 慢性的な市場非効率化の可能性
- ・ arrowhead後: このメカニズムによる市場非効率化は数分といった時間スケールでは起きてない

- 市場に大きな影響を与える情報がでた直後など非常に短い特定の時間に注文が集中する場合
⇒ シミュレーションとデータの両方の分析が必要
↑ 一般投資家には影響少ない ⇔ HFTには重要である可能性
- エージェントの種類を増やして議論
(例: マーケットメイカー戦略、アービトラージ戦略などのHFT)

補足資料

実務上の定義と少し異なる

各エージェントは必ず価格を指定

	売り	ザラバ	買い
	売り	価格	買い
指値	84	101	成行
	176	100	
成行		99	2
		98	指値

対当する売り注文あり
即座に注文成立

対当する売り注文なし
即座には注文成立せず

注文価格を指定した結果、
対当する注文があれば成行、なければ指値