

2020年3月14日・15日
第24回 人工知能学会 金融情報学研究会 (SIG-FIN)
<https://sigfin.org/024/>

裁定取引へのリベートは流動性を向上させるか？ —人工市場によるシミュレーション分析—

水田 孝信 スパークス・アセット・マネジメント株式会社

<https://mizutatakanobu.com>

本資料は、スパークス・アセット・マネジメント株式会社の公式見解を表すものではありません。
すべては個人的見解であります。

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

(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) まとめ

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

(1) はじめに

(2) 人工市場モデル

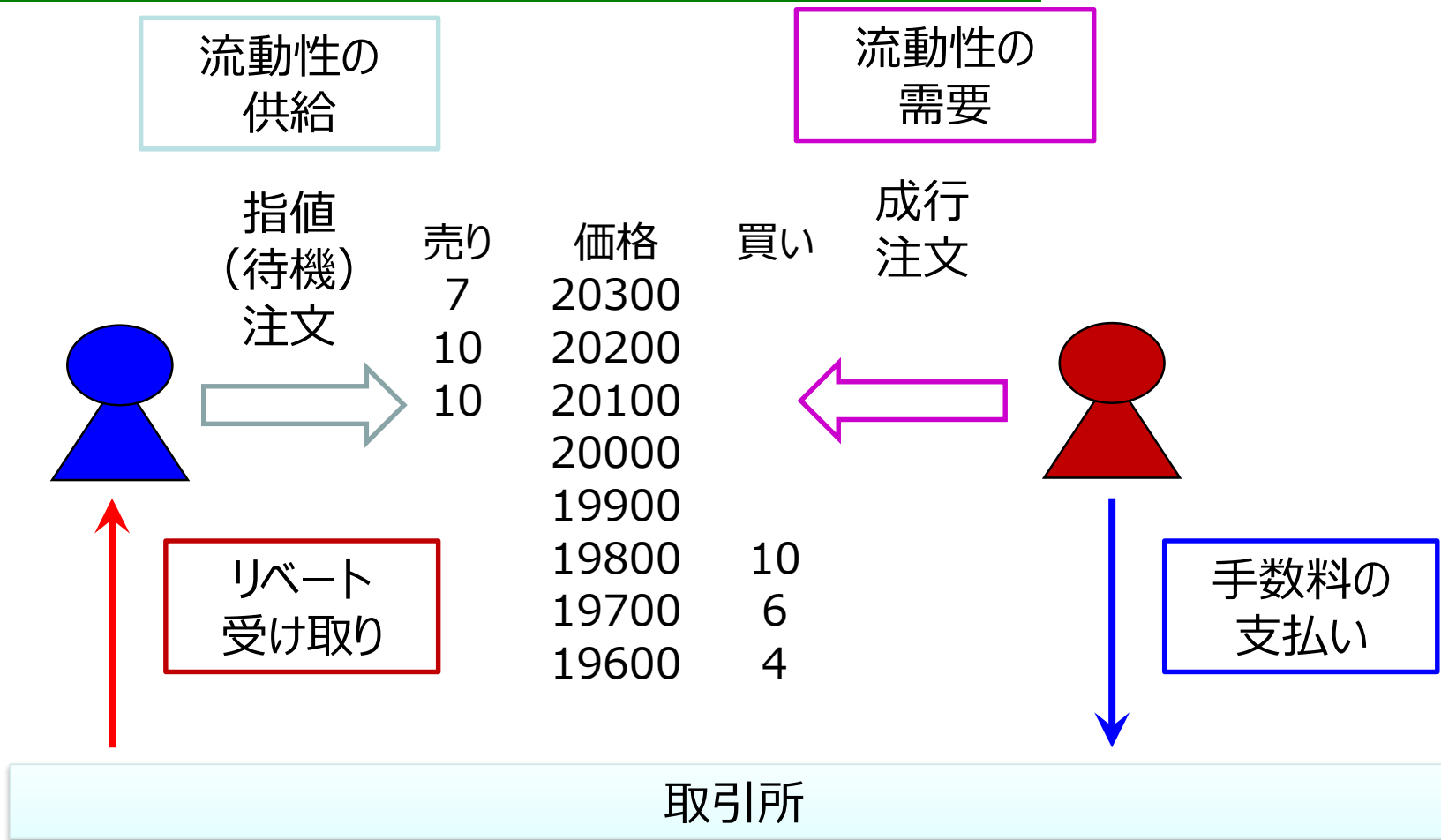
(3) シミュレーション結果

(4) まとめ

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

リポート： 負の手数料

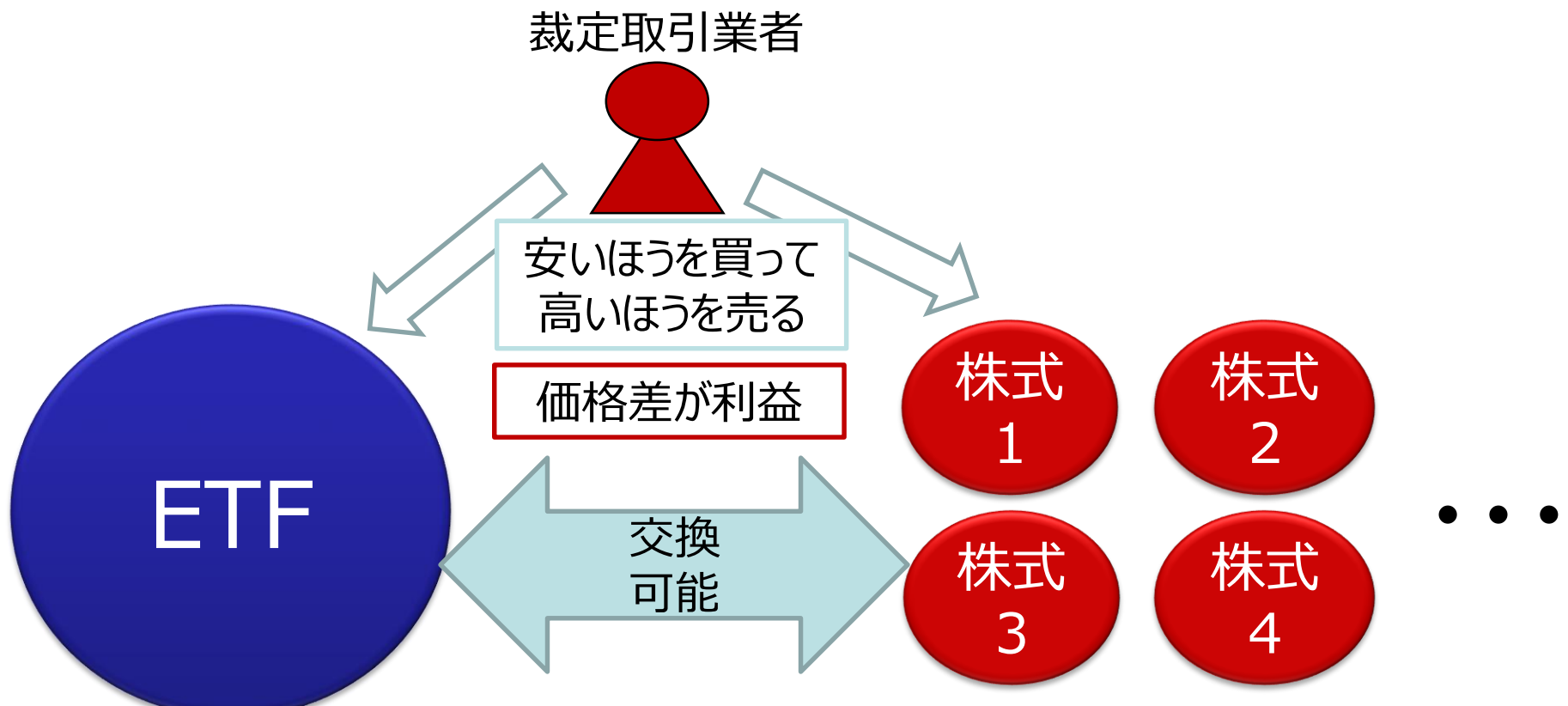


流動性を供給する指値(待機)注文にリポートを差し出すことにより、
流動性を供給するインセンティブを与え、より多くの流動性を供給してもらう

近年米国を中心に広がっている

しかし、その効果やメカニズムはどのようなものかは分かっていない

ETF(上場投資信託)と株式の交換、裁定取引

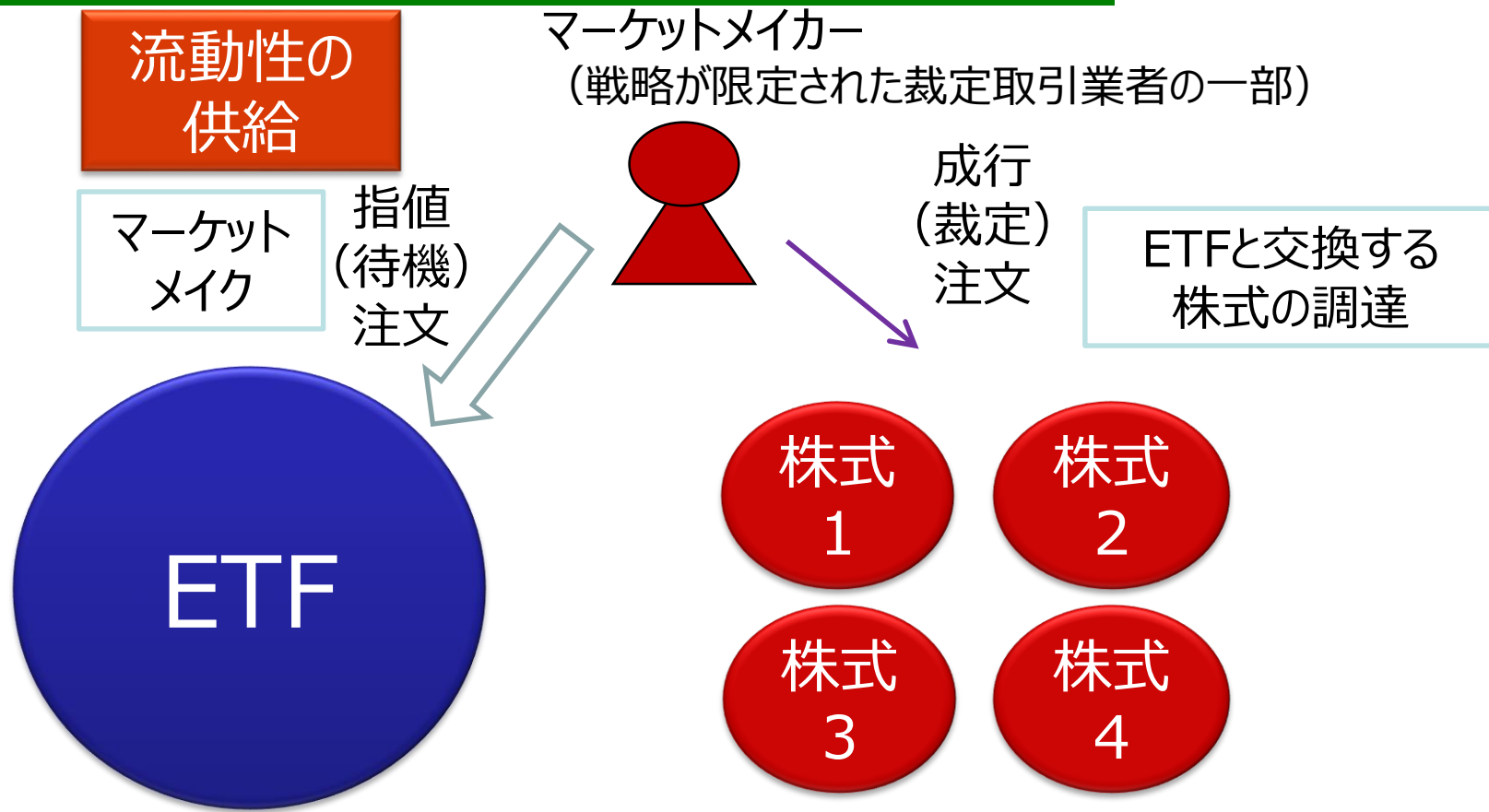


ETFは組み入れている株式をすべて集めたものと交換可能

ETFと組み入れ株式に価格差があるときに、安いほうを買い、交換を行い、高いほうを売って、価格差を利益とすることができる。

ETFへの注文が増え、ETFの流動性を向上させる

マーケットメイカーと手数料優遇策



東京証券取引所は流動性が低いETFの流動性を高めるため、ETFに注文を常にだしておき（マーケットメイク）、利益の機会があれば裁定取引を行う専門業者（マーケットメイカー）には取引手数料を引き下げるなどの制度を2018年に導入した [東証 17].

日本ではリベートを支払うまでには至っていないが、米国を中心にリベートが存在し、議論となっている

実証研究の困難

実証研究の困難

- ✓ 裁定取引にかかるコストやリベートによってETFや株式の流動性がどのように変化するか、そのメカニズムはどのようなものなのかといった、ミクロ・マクロ相互作用を含むメカニズムを分析できない
- ✓ まだ導入したことがない手数料体系を調べたり、その変更の純粋な効果やメカニズムを議論したりするのは困難



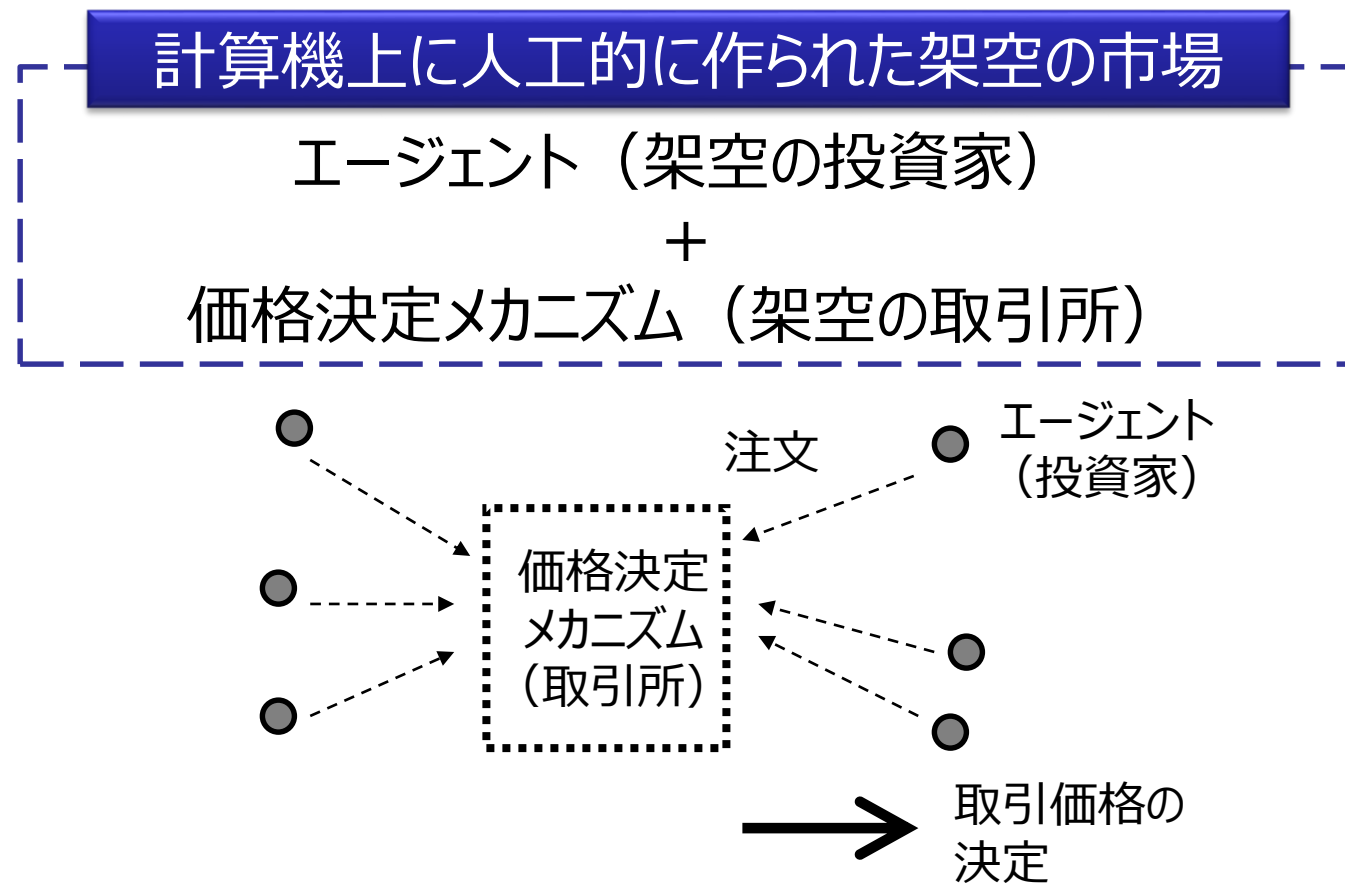
人工市場モデルによるシミュレーション

そこで本研究では、

[水田 2019]の人工市場モデルに、売買数量を調整できる仕組みを実装して実証分析と整合的な結果を出力するモデルを構築し、[水田 2019]では調べられていなかったリベートも含め、裁定取引にかかるコストが流動性に与える影響を分析する。

株式とETFの裁定取引へのリベートが流動性に与える影響を分析

人工市場モデルを用いたシミュレーションとは？



実データが全く必要ない完全なコンピュータシミュレーション

これまでに導入されたことがない金融市場の規制・制度も議論できる
その純粋な影響を抽出できる

(1) はじめに

(2) 人工市場モデル

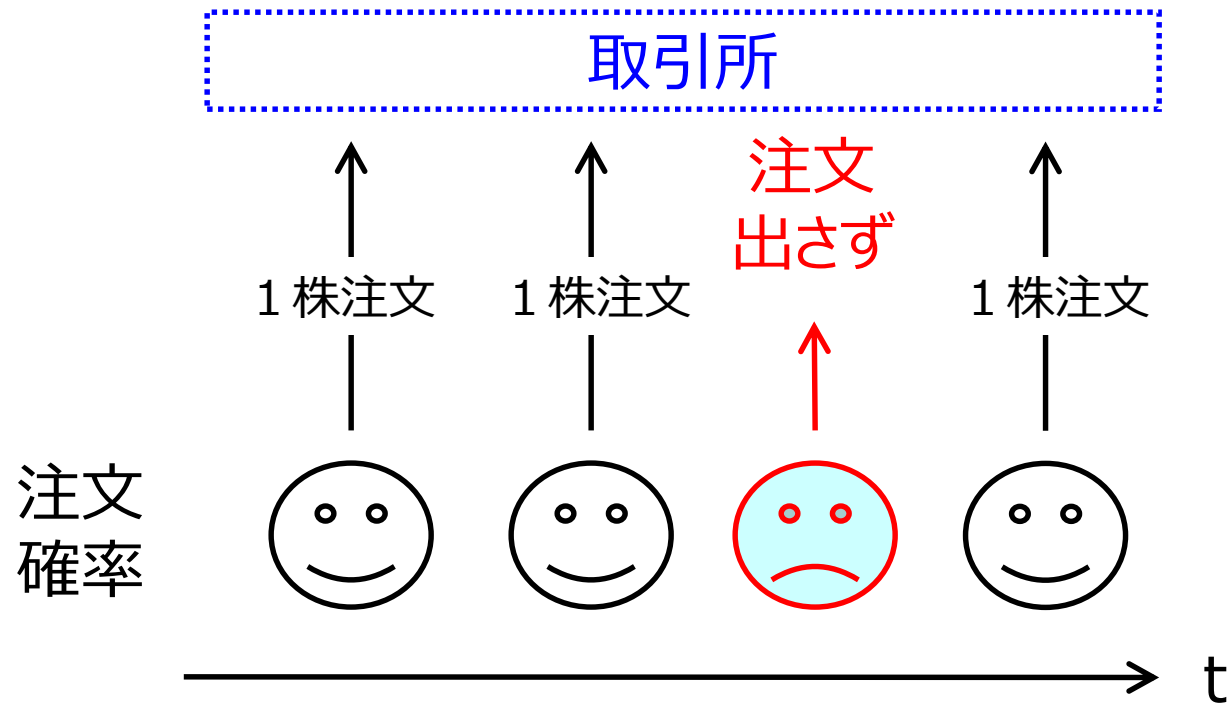
(3) シミュレーション結果

(4) まとめ

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

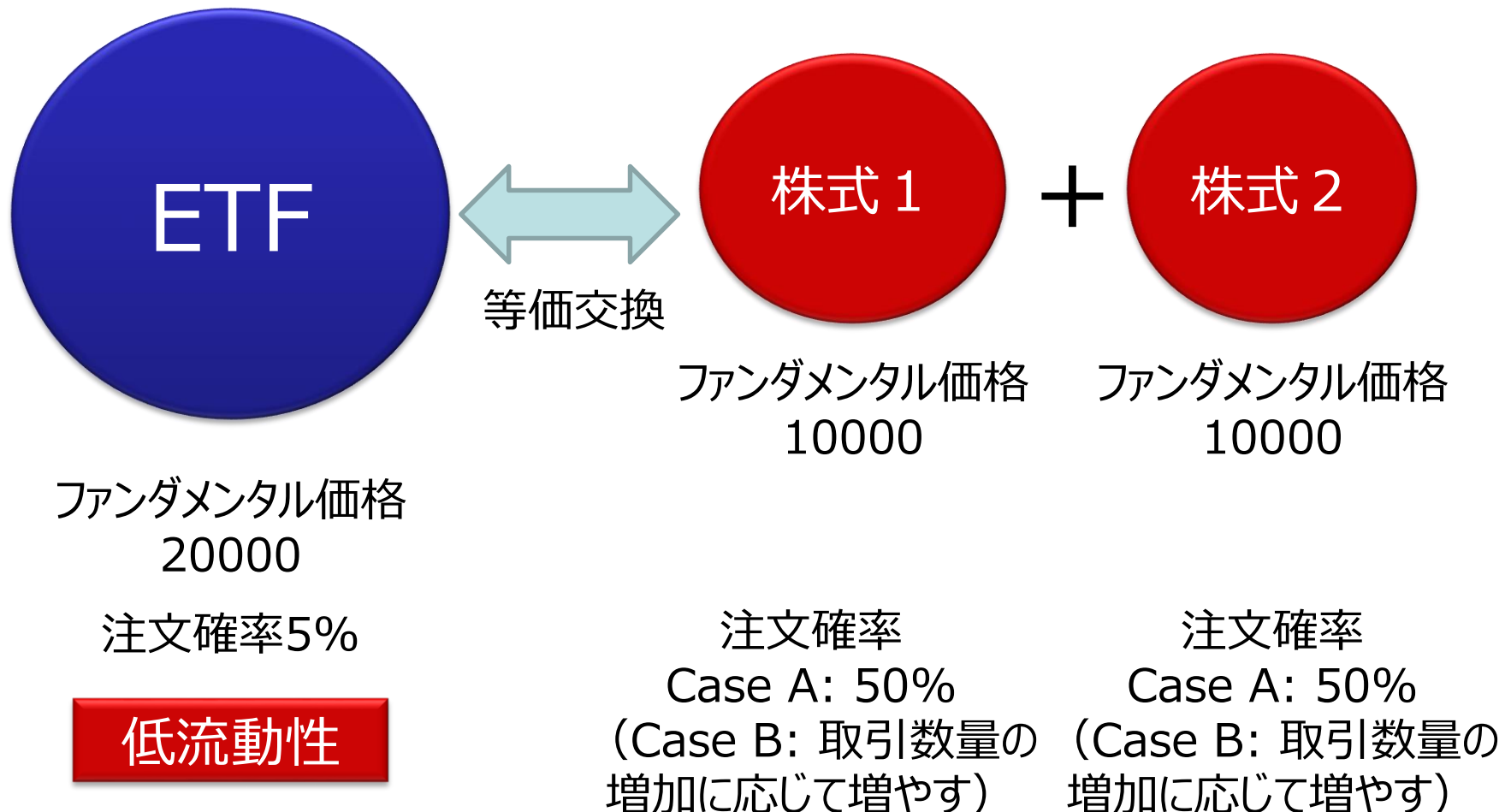
注文確率による注文量の調整



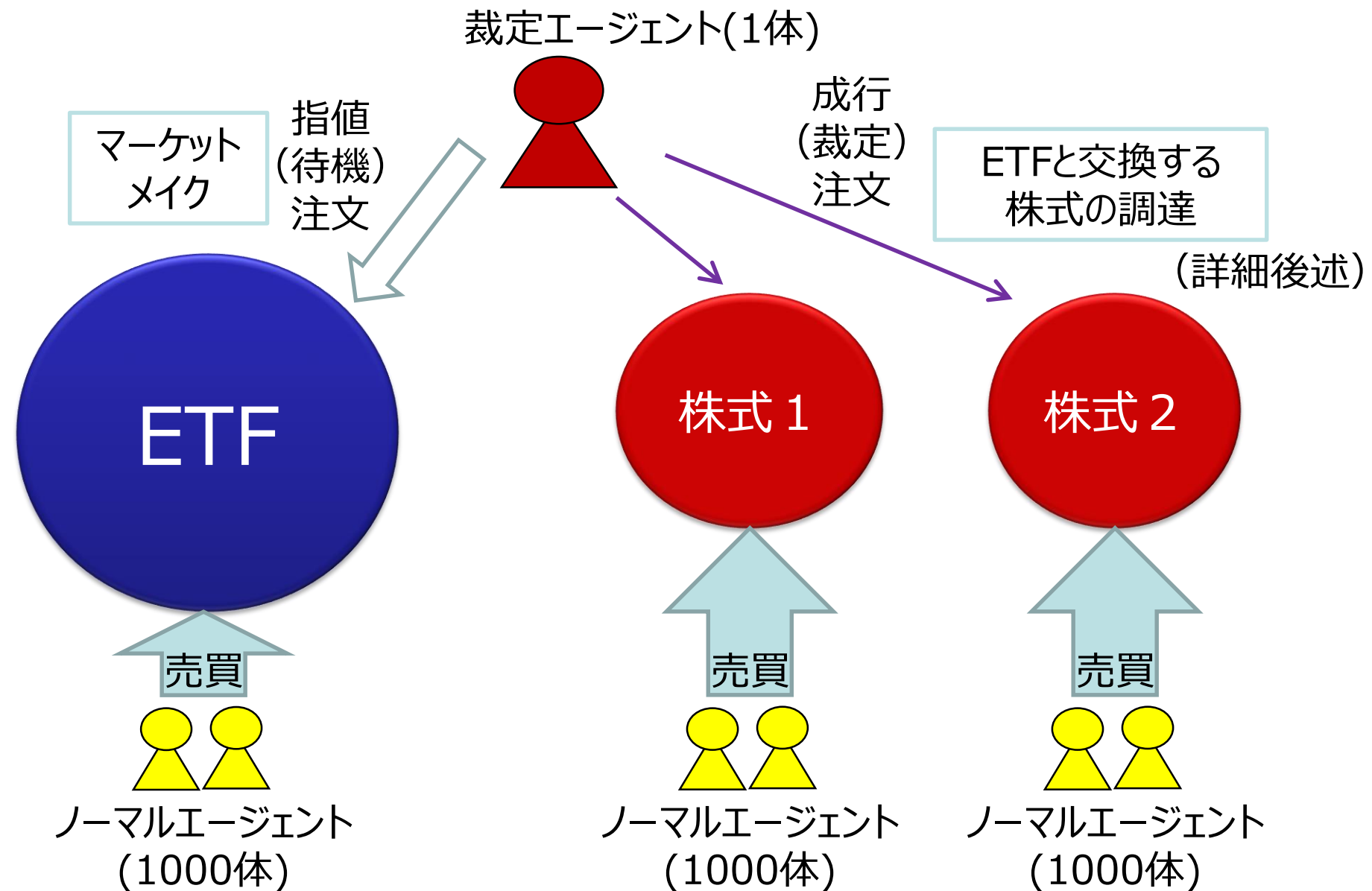
注文確率(時刻 t によらず定数)を外から与え注文量を調整

ETF(1 株) = 株式 1 (1 株) + 株式 2 (1 株)

で交換できる



ノーマルエージェントと裁定エージェント



ETF, 株式 1・2 それぞれに別々の1000体ずつのノーマルエージェントが売買する

ノーマルエージェント

j: エージェント番号
(各株式・ETFに1000体ずつ)
t: 時刻(ティック時刻)

過去リターン

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

テクニカル

予想リターン

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

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

$w_{i,j}$ $i=1,3: 0\sim1$
 $i=2: 0\sim10$
 τ_j $0\sim10000$

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

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

* ファンダメンタル戦略

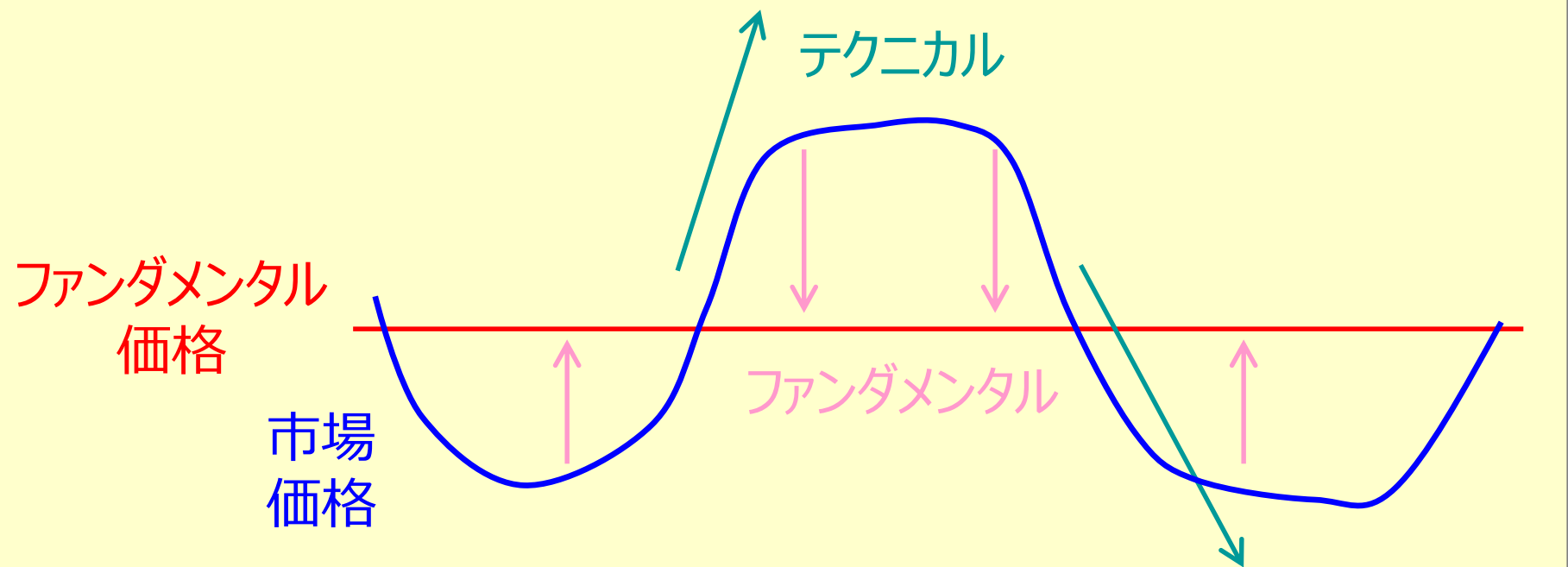
ファンダメンタル価格 $>$ 市場価格 $\Rightarrow$ 上がると予想

ファンダメンタル価格 $<$ 市場価格 $\Rightarrow$ 下がると予想

* テクニカル戦略

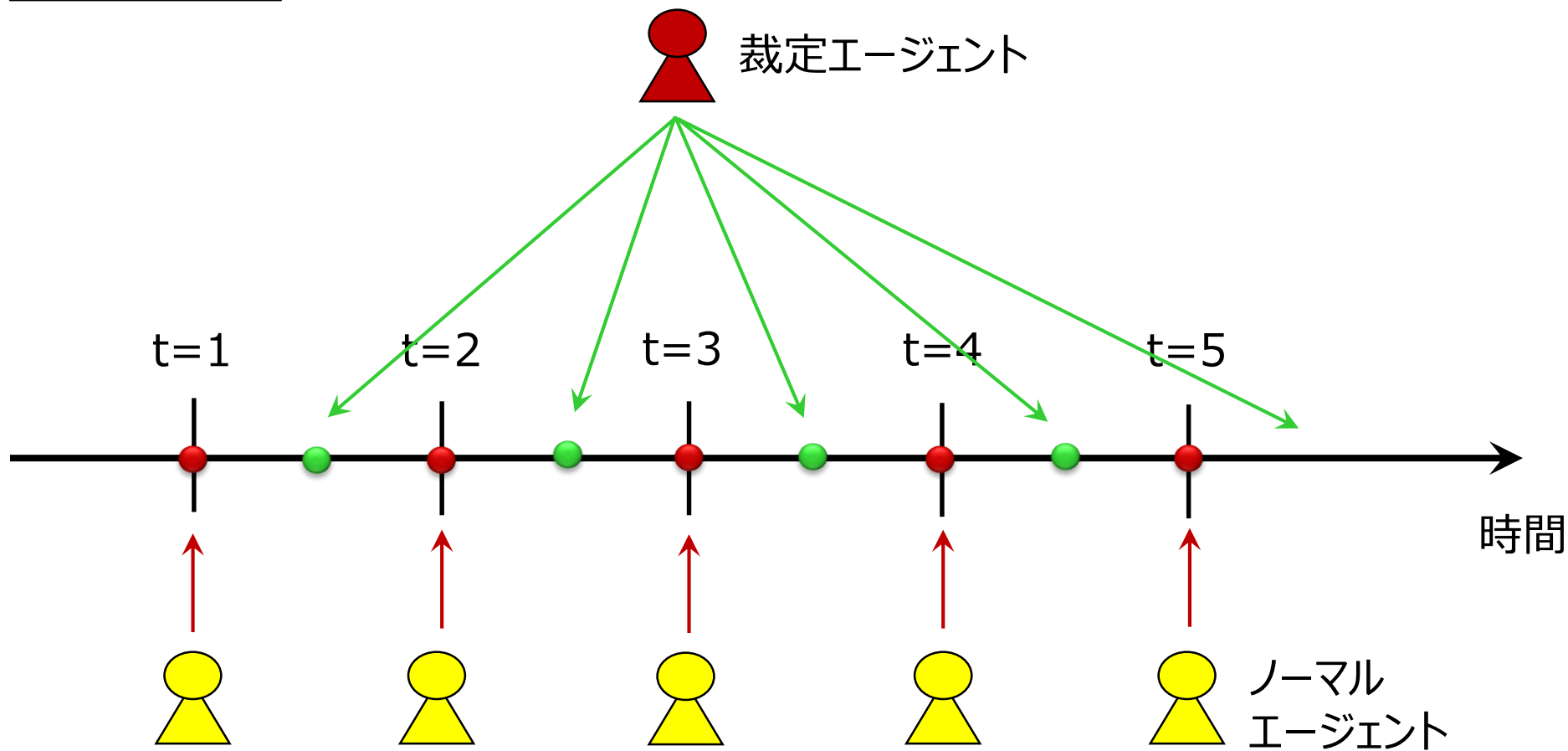
過去リターン $> 0 \Rightarrow$ 上がると予想

過去リターン $< 0 \Rightarrow$ 下がると予想



裁定エージェント (1/4)

注文の頻度



裁定エージェントは、新規注文、キャンセル、変更をいつでもできる

裁定エージェント (2/4)

$$\text{ETF}(1 \text{ 株}) = \text{株式 1}(1 \text{ 株}) + \text{株式 2}(1 \text{ 株})$$

ETF			株式 1			株式 2		
売り	価格	買い	売り	価格	買い	売り	価格	買い
7	20300		30	10400		50	10400	
10	20200		44	10300		70	10300	
	20100		70	10200		90	10200	
	20000		134	10100		116	10100	
	19900	←	→	<u>10000</u>	<u>120</u>	→	<u>10000</u>	<u>154</u>
	19800	10		9900	88		9900	60
	19700	6		9800	52		9800	55
	19600	4		9700	25		9700	31

* 板の例

株式1と株式2は $10000 + 10000 = 20000$ で手に入る
ETFに対しては19900の買い注文で待つことができる

裁定エージェント (3/4)

$$\text{ETF}(1 \text{ 株}) = \text{株式 1}(1 \text{ 株}) + \text{株式 2}(1 \text{ 株})$$

ETF			株式 1			株式 2		
売り	価格	買い	売り	価格	買い	売り	価格	買い
7	20300		30	10400		50	10400	
10	20200		44	10300		70	10300	
	20100		70	10200		90	10200	
	20000		134	10100		116	10100	
→	19900	1	→	<u>10000</u>	120	→	<u>10000</u>	154
	19800	10		9900	88		9900	60
	19700	6		9800	52		9800	55
	19600	4		9700	25		9700	31

指値注文が約定（取引成立）したら
瞬時に株式 1、株式 2 に成行売り注文（1 株ずつ）を出す

19900円で買ったものが10000円×2で売れる
↑ 手に入れたETF1株を株式 1 株ずつに交換

* ノーマルエージェントは 1 株ずつしか注文をださないため、
裁定エージェントは 1 株の指値注文で十分である

裁定エージェント (4/4)

$$\text{ETF}(1 \text{ 株}) = \text{株式 1}(1 \text{ 株}) + \text{株式 2}(1 \text{ 株})$$

ETF			株式 1			株式 2		
売り	価格	買い	売り	価格	買い	売り	価格	買い
7	20300		30	10400		50	10400	
10	20200		44	10300		70	10300	
	20100		70	10200		90	10200	
	20000		134	10100		116	10100	
→	19900	1		<u>10000</u>	<u>120</u>		<u>10000</u>	<u>154</u>
	19800	10		9900	88		9900	60
	19700	6		9800	52		9800	55
	19600	4		9700	25		9700	31

つまり、

$$\text{ETF最良買い価格} + \text{コスト} < \text{株式 1 最良買い価格} + \text{株式 2 最良買い価格}$$

なら、裁定の機会がある

コスト

売買手数料のみならず、(1取引あたりに)必要な利益も含む

(1) はじめに

(2) 人工市場モデル

(3) シミュレーション結果

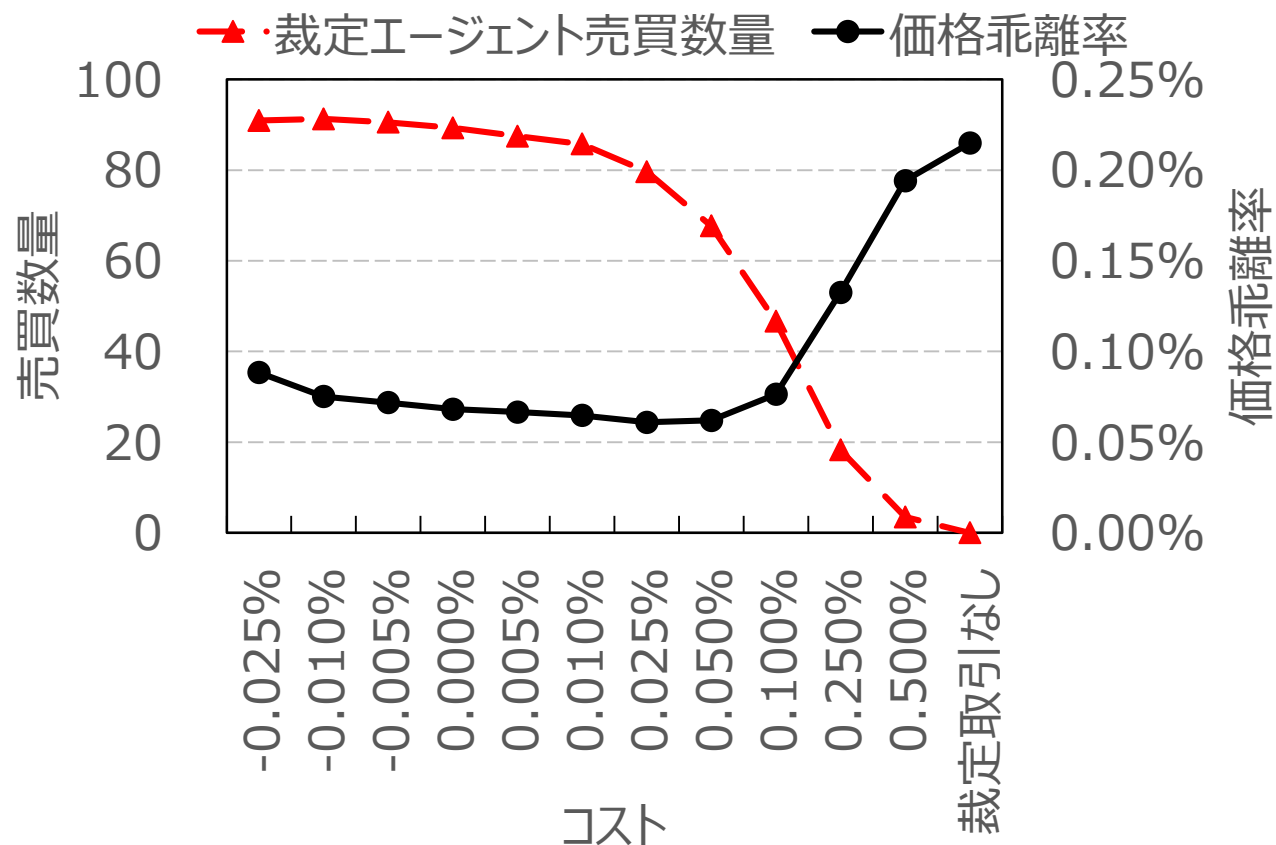
(4) まとめ

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

価格乖離率と裁定エージェント売買株数（Case A）

価格乖離率 = ETFの仲値/株式 1・2 の仲値合計 - 1

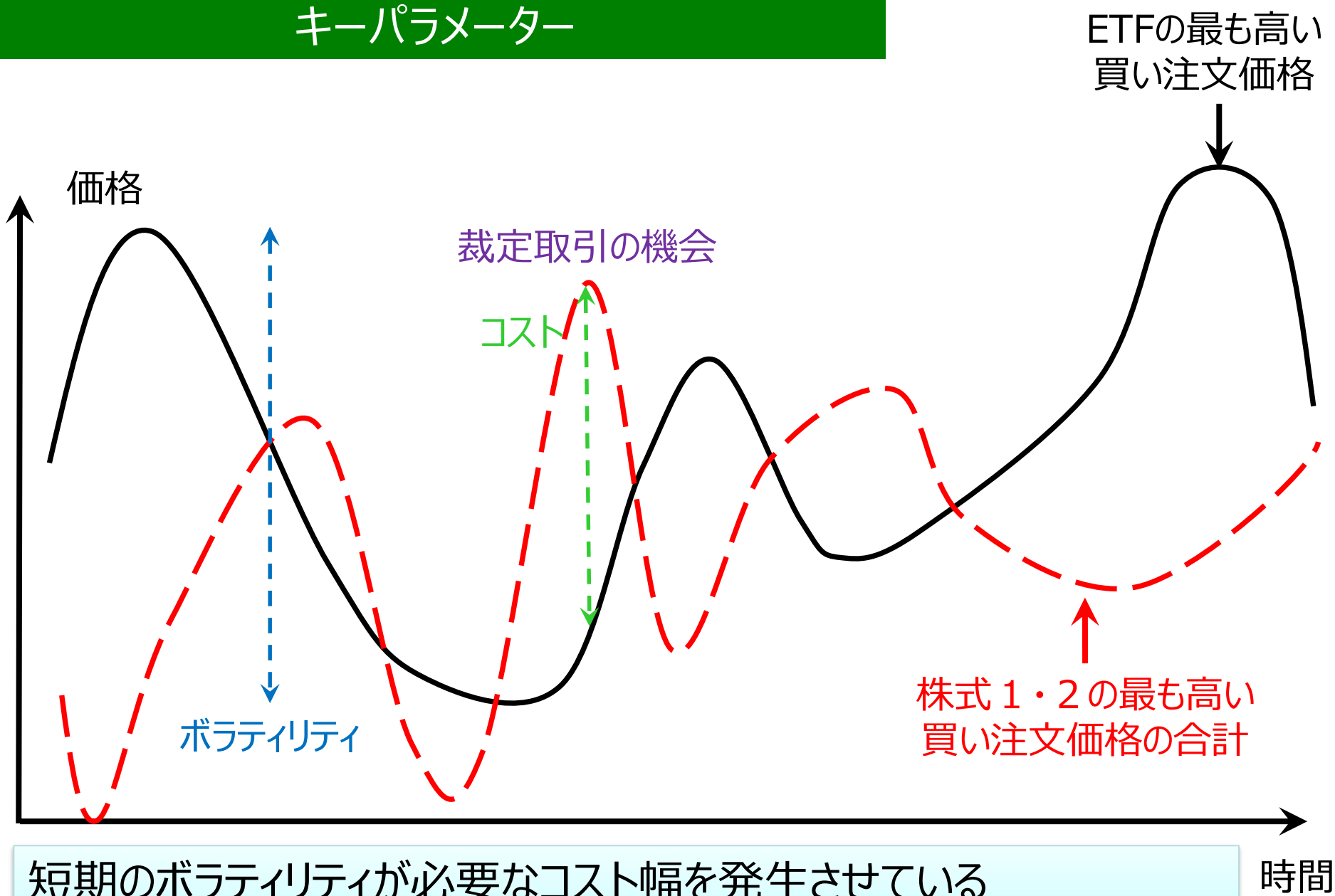


コスト0.1%あたりが閾値：これ以上下げても効果薄い

閾値は短期ボラティリティに近い値

リベートを支払っても大きくは変わらない

キーパラメーター

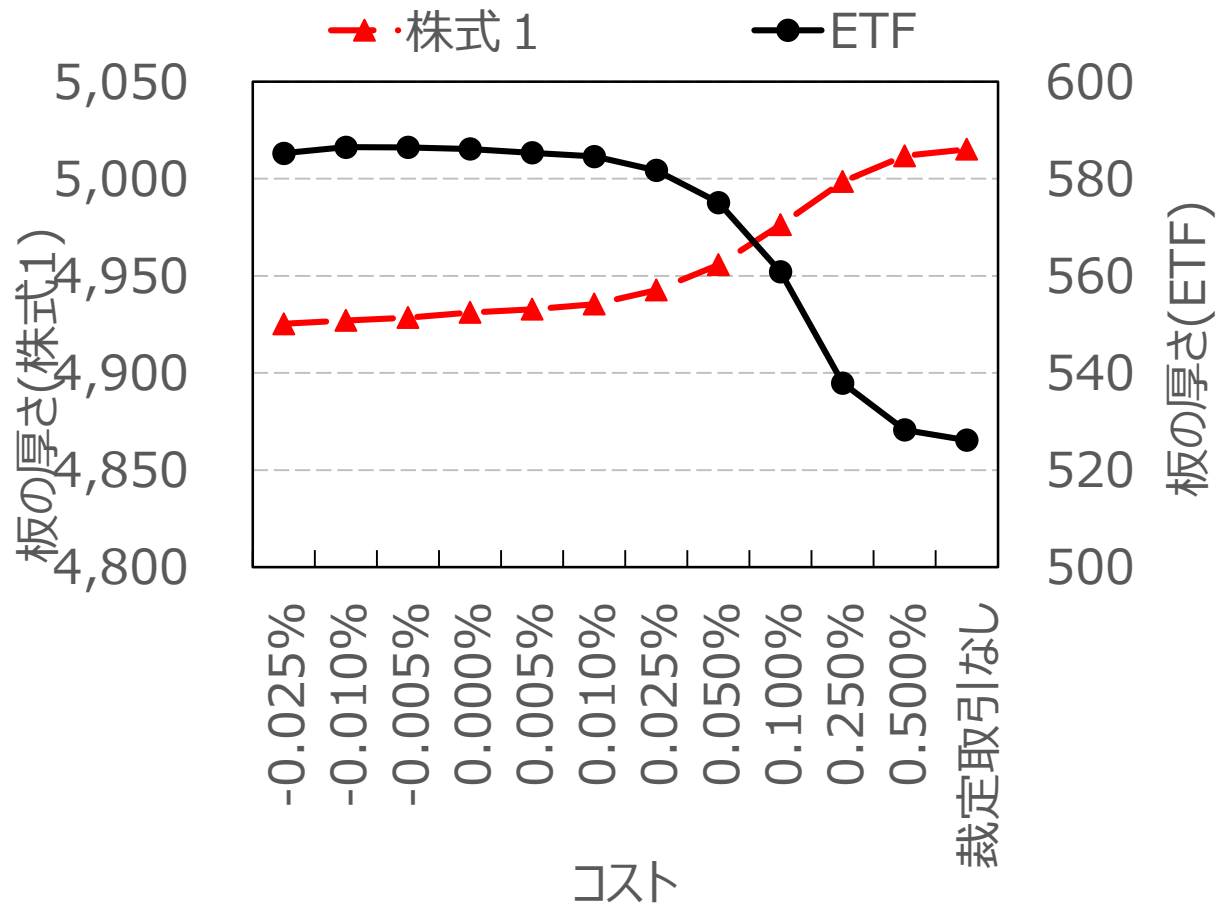


必要条件

短期ボラティリティ > コスト

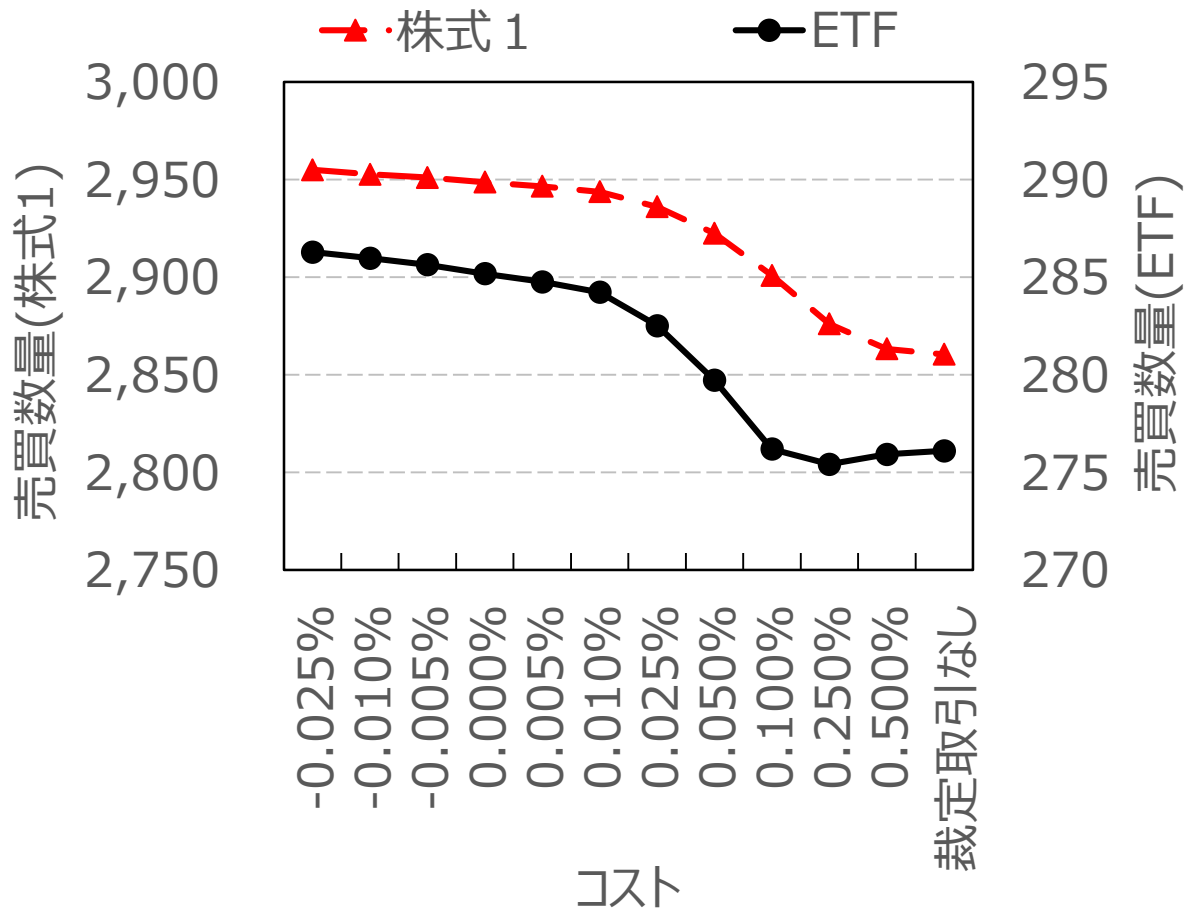
板の厚さ (Case A)

仲値 $\pm 0.1\%$ に待機している指値注文の合計



ETFはコストが下がると板が厚くなる、株式 1 は逆の傾向

売買株数 (Case A)



ETF, 株式 1 とともにコストが低くなると売買が増えている

コストの減少により株式 1 の板の厚さが減少し売買が増えていることは,

株式1の待機注文が裁定取引と対当していると考えれば整合的

(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) まとめ

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

- ✓ 本研究では、[水田 2019]の人工市場モデルに、売買数量を調整できる仕組みを実装して実証分析と統合的な結果を出力するモデルを構築し、
¥cite{mizuta2019TSEWP}では調べられていなかったリベートも含め、裁定取引にかかるコストが流動性に与える影響を分析した。
- ✓ その結果、ボラティリティよりコストが小さければ裁定の機会が訪れやすく、裁定エージェントの売買が増え、ETFと株式の価格の乖離が小さくなることが分かった。また、コストがマイナスになっておも大きな変化が見られなかった。このことは、手数料をとられるかりべとを受け取れるかの違いは、コストがボラティリティに比べ高いか低いか比べ、重要ではないことを示している。
- ✓ （さらに、売買数量にかかわらず注文数量を一定にした場合は、株式の売買量と板の厚さは負の相関となり実証研究とあわなかった。一方で、売買数量の増加に応じて注文数量を増やした場合は、株式の売買量と板の厚さは正の相関となり実証研究と統合的な結果が得られた。このことは、売買の量が増えればより多くの量を注文する投資家の存在が、流動性の統計的性質を決める重要なメカニズムである可能性を示している。）

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

今後の課題

- ✓ 本研究では、裁定取引へのリベートしか分析しなかった。リベートは高頻度取引を増やして流動性を向上させると言われているが、高頻度取引には裁定取引以外にも、マーケットメイク戦略などさまざまな存在する。これらの戦略へのリベートの効果は今後の課題である。
- ✓ また、リベートが高くなると、テイク側の手数料も高くならざるを得ないが、テイク側にとって流動向上のメリットと手数料が高くなるデメリットのどちらが大きいのか検討する必要がある。このような観点で分析していないため、今後の課題である。

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

[https://mizutakanobu.com/2020031415.pdf](https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf)

参考文献

-- 先行研究 --

- [水田 2019] 水田孝信, 「株式とETFの裁定取引にかかるコストと流動性の関係 – 人工市場によるシミュレーション分析 –」, JPX ワーキング・ペーパー, No. 27, 日本取引所グループ
<https://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/index.html>

レビュー

-- レビュー論文 --

- [水田 2019b] 水田孝信 : 「人工市場シミュレーションを用いた金融市場の規制やルールの議論」, 証券アナリストジャーナル, 2019年5月号 (第57巻第5号)
https://www.saa.or.jp/learning/journal/each_title/2019/05.html
- [Mizuta 2019] Mizuta, T., “An agent-based model for designing a financial market that works well”, arXiv, 2019. <https://arxiv.org/abs/1906.06000>

-- 講義資料 --

- 「人工市場シミュレーションを用いた金融市場の規制やルールの議論」, 金融レジリエンス情報学, 東京大学大学院工学系研究科, 2020 <https://mizutatakanobu.com/2020r.pdf>

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

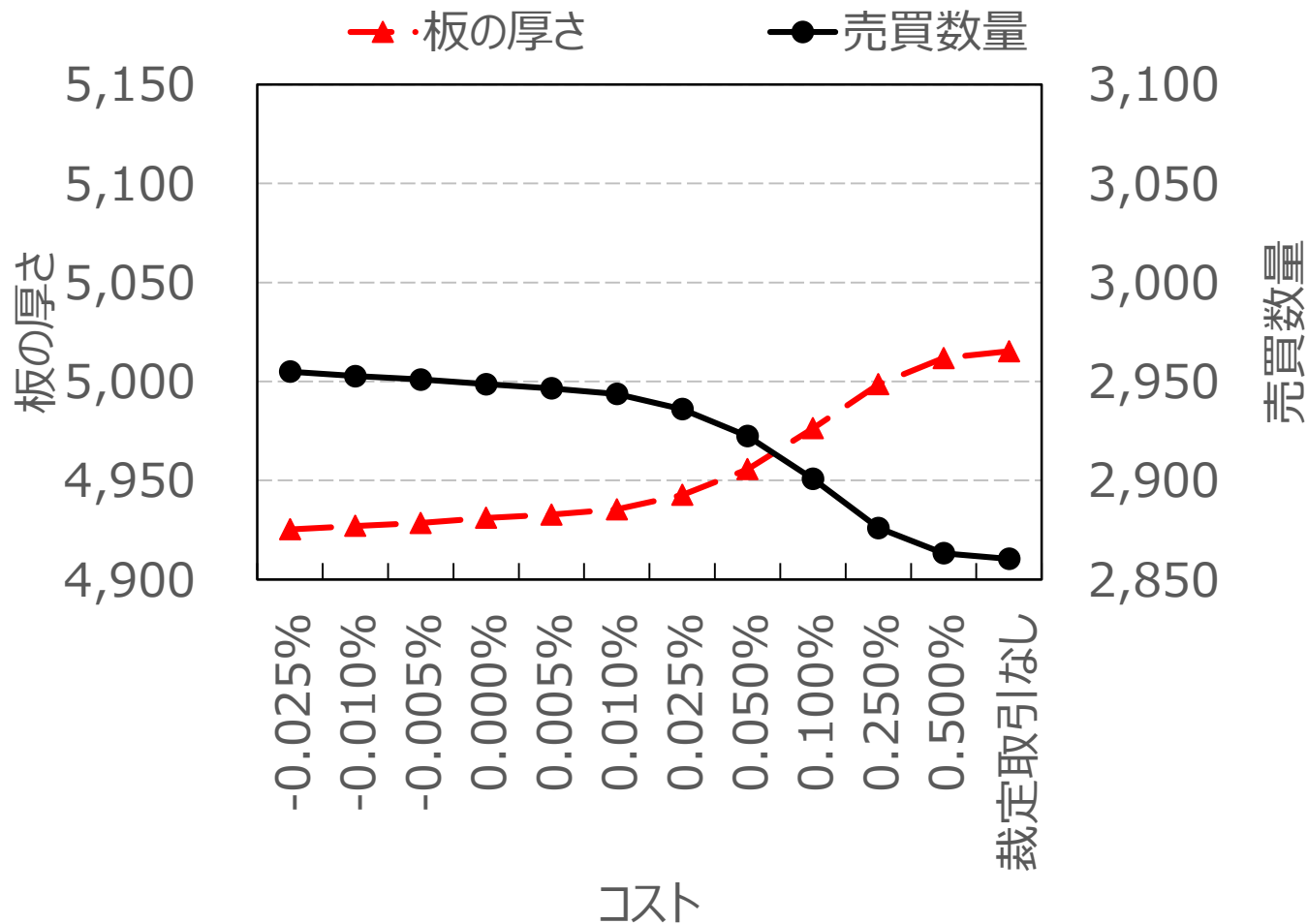
<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

参考資料

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

<https://mizutatakanobu.com/2020031415.pdf>

Case A : 株式 1 の板の厚さと売買数量



コスト減少で売買数量は増えるが板の厚さは減る

実証研究（売買数量と板の厚さが正相関）とあわない

Case A, Case B (株式 1)

仮説：売買数量が増えれば投資家は注文量を増やす

コスト	ケースAでの	1日あたり平均		ケースBで使う	
	注文比率(a)	売買数量(b)	(b)/(b')	注文比率	((a)*(b)/(b'))
-0.025%	50%	2,955	1.0330		51.65%
-0.010%	50%	2,953	1.0323		51.61%
-0.005%	50%	2,951	1.0317		51.58%
0.000%	50%	2,949	1.0308		51.54%
0.005%	50%	2,947	1.0301		51.50%
0.010%	50%	2,944	1.0291		51.46%
0.025%	50%	2,936	1.0264		51.32%
0.050%	50%	2,922	1.0217		51.08%
0.100%	50%	2,901	1.0141		50.71%
0.250%	50%	2,876	1.0054		50.27%
0.500%	50%	2,863	1.0010		50.05%
裁定取引なし	50%	2,860 (b')	1.0000		50.00%

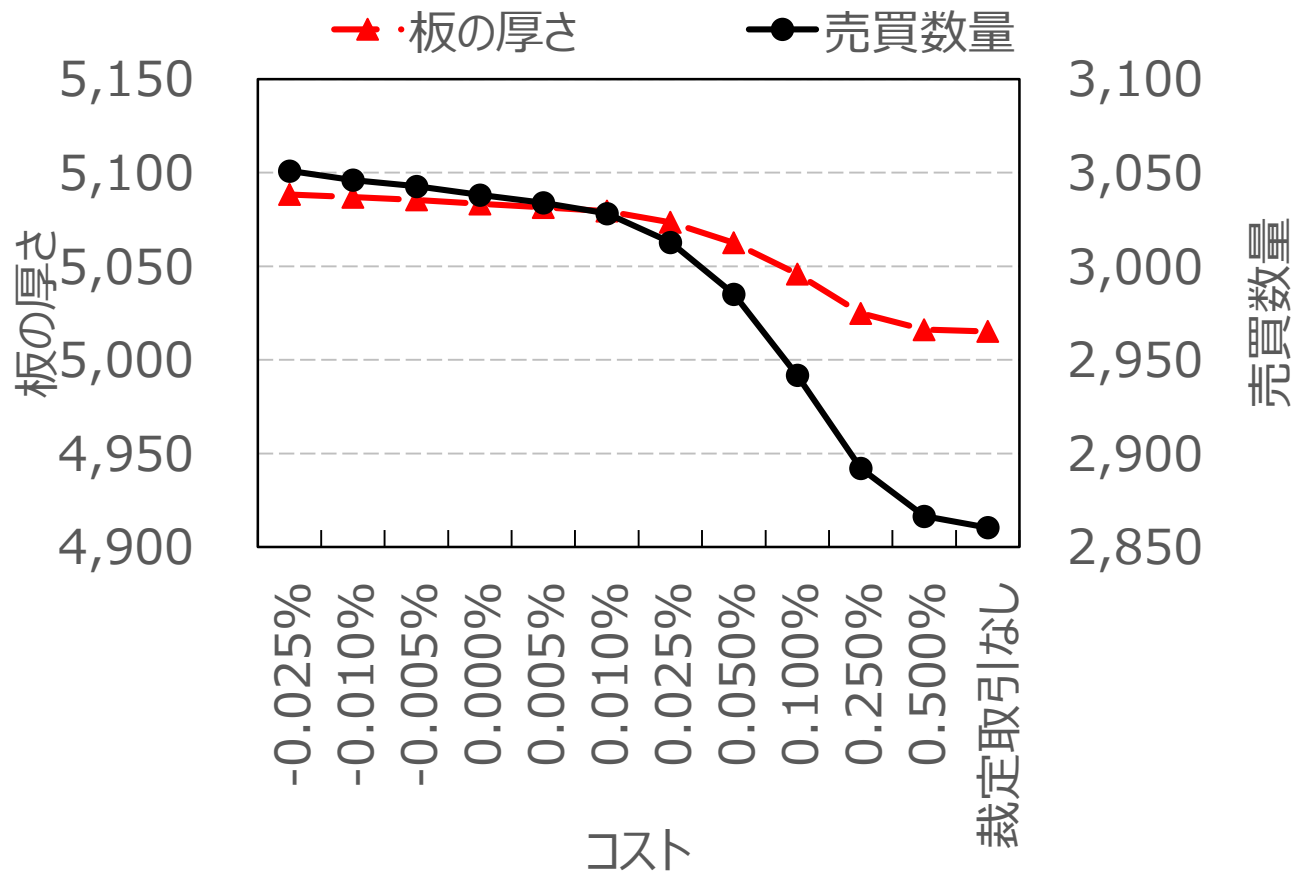
ケースA：注文確率=50%で固定し、さまざまなコストでシミュレーション

ケースB：裁定取引の存在によって売買数量が増加した分だけ注文確率を引き上げる

注文確率 = 50% × そのコスト時の売買数量 / 裁定取引なしの売買数量

(例：コスト0%の場合) 注文確率 = 50% × 2,943 / 2,855 = 51.54%

Case B : 株式 1 の板の厚さと売買数量



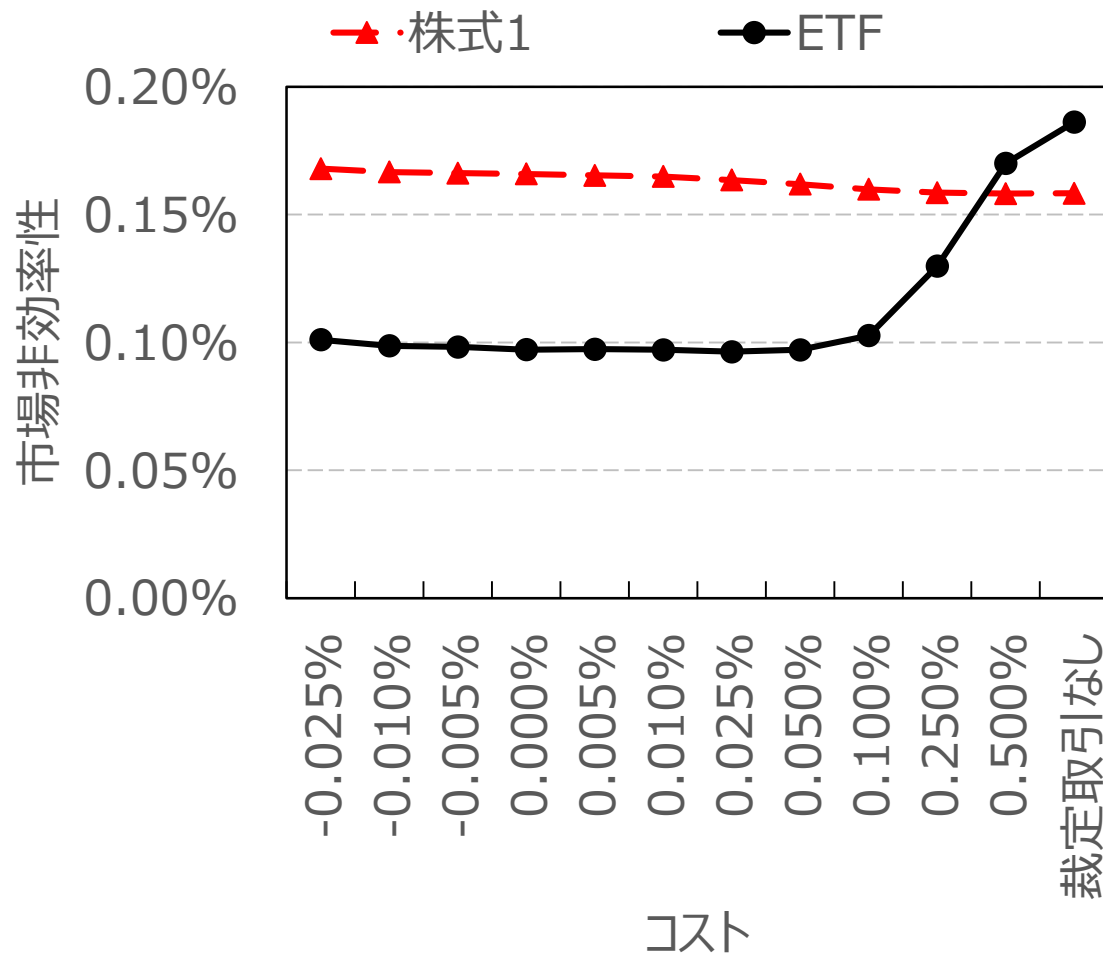
コスト減少により売買数量と板の厚さともに増加（正の相関）

仮説が正しい可能性を示している

売買数量が増えれば注文量を増やすという投資家の行動が
価格形成や流動性に重要であることを示唆

市場非効率性 (Case A)

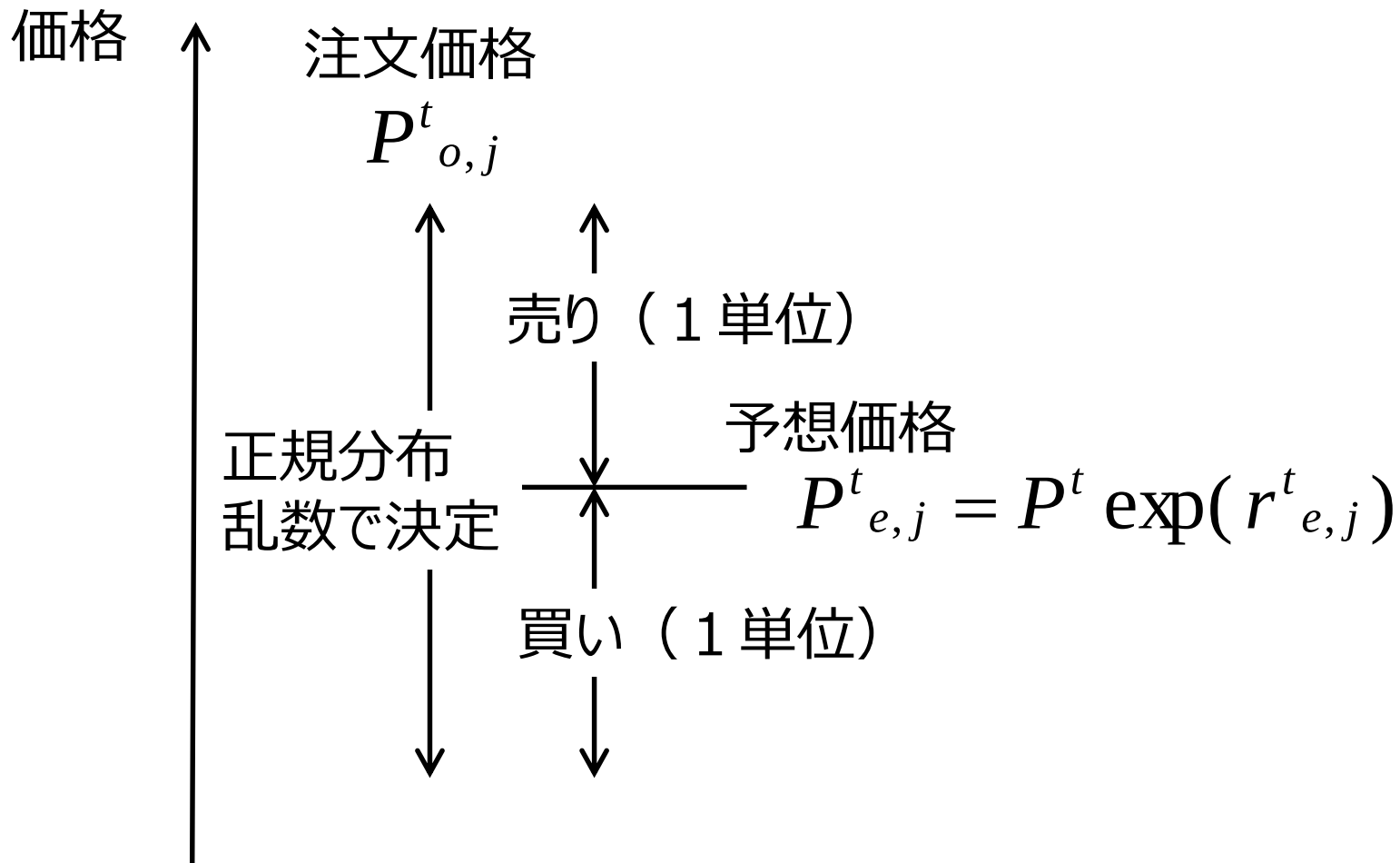
$$\text{市場非効率性} = \text{仲値/ファンダメンタル価格} - 1$$



ETF市場は効率化、株式1は非効率になっていない

株式1の効率性を犠牲にしてETFを効率的にしているわけではない

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

妥当性検証（概略）

知られている全てのスタイライズド・ファクトの再現は目的でない
⇒ 調査目的に応じた適切な複雑さ

★ 金融市場においてどのような状況でも存在

⇒ 値には幅あり

（１）ファットテール （Mandelbrot 1963等多数）

価格の騰落率の分布が正規分布に比べ裾が厚い
→ 暴騰・暴落が正規分布で予想されるより多い

尖度： 1～100程度と値には幅がある

（２）ボラティリティ・クラスタリング （Mandelbrot 1972等多数）

価格の騰落率の 2 乗が大きなラグでも自己相関をもつ
→ 市場が荒れたすと持続する

短いラグで0.1～0.2程度、ラグが長くなると急激に減少
ゼロに近づくもののマイナスにはならない（プラスを維持）