2024年10月19日
第33回 人工知能学会 金融情報学研究会（SIG-FIN）
https://sigfin.org/?033

市場急落時におけるレバレッジドETFと先物市場の相互作用 -人工市場を用いた分析-

水田 孝信　スパークス・アセット・マネジメント株式会社
mizutata[at]gmail.com https://mizutatakanobu.com

八木 勲　工学院大学

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/2024SIGFIN1.pdf

(1) はじめに

(2) 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/2024SIGFIN1.pdf

(1) はじめに

(2) モデル

(3) シミュレーション結果

(4) まとめ

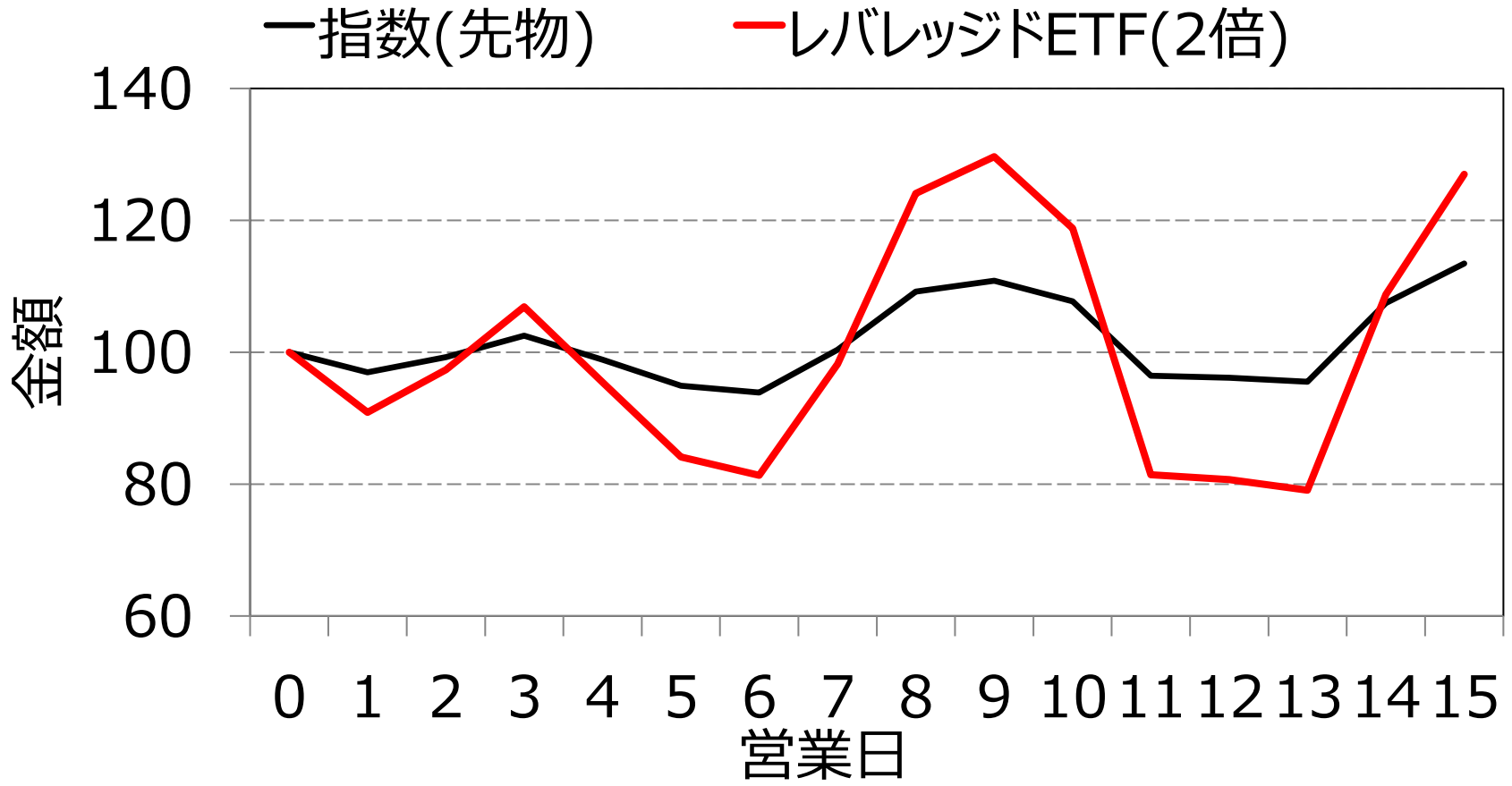
こちらのスライドは以下からダウンロードできます

https://mizutatakanobu.com/2024SIGFIN1.pdf

レバレッジドETF(レバETF)

ETF = Exchange Traded Funds
株式と同じように取引所で取引できるファンド

日経平均などの指数（先物）の数倍のリターンが得られるように設計されたETF



レバETFはレバレッジ(2倍)を維持するために
指数(先物)を取引しなければならない

リバランス

レバレッジ維持のためのリバランス

（例）指数(先物)のリターン：１日目 +10%，２日目 -10%　　レバレッジ ＝ ２倍

日	指数 (a) リターン	レバETF(2倍) 求められる結果 (b) リターン ＝ 2x(a)	 (c) 金額 ((b)により)	レバETF(2倍)が保有する 指数(先物)の金額 (d) **保有すべき** ＝ 2x(c)	 (e) **実際の保有** ((a)により)	 (f) リバランス ＝ (d)-(e)
0			$100	x 2 $200	+10% $200	
1	**+10%**	+20%	+20% $120	x 2 $240	$220	**+20**
2	**-10%**	-20%	-20% $96	x 2 $192	-10% $216	**-24**

レバETFは

指数が上昇すると指数を買い
指数が下落すると指数を売る

順張り
取引

このリバランスは金融市場を不安定にしているのでは？

実証分析は難しい

多くの実証研究があるが、結論が分かれており、決着がついていない

実証研究の難しさ

現実の金融市場では
- さまざまな要因で市場が不安定になるので純粋なレバETFの効果だけを取り出すのが困難
- これ以上、レバETFが大きくなったときの影響を知ることができない
  ↑ある閾値までは問題ないがそれを超えると混乱する場合、あらかじめ分析できない

↓

人工市場

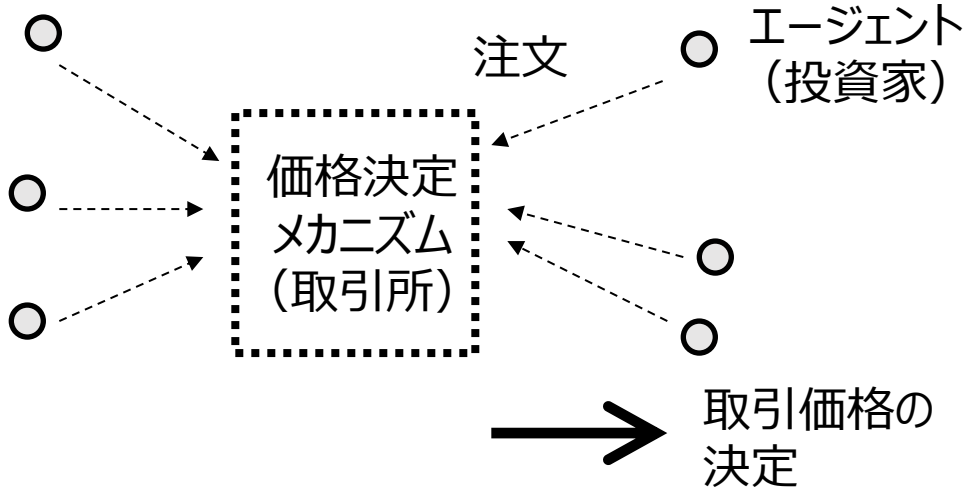
人工市場とは？・・・金融市場のマルチエージェントモデルです

計算機上に人工的に作られた架空の市場

エージェント（架空の投資家）

＋

価格決定メカニズム（架空の取引所）



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

レバETFの純粋な影響を議論できる
まだ到達したことがない大きさのレバETFを議論できる
　↑混乱を起こす大きさをあらかじめ議論できる

人工市場による先行研究

[八木 2017], [Yagi 2016]

リバランス時のマーケットインパクトがボラティリティを超えると
市場を変動を非常に大きくする

[丸山 2020], [Yagi 2020]

上記をザラバでシミュレーション。最適なリバランス方法を議論

レバレッジドETF自身が取引される取引所は実装されておらず、
レバレッジドETF市場の急落が先物市場にどのような影響を与えるかなどは
調べることができなかった

そこで本研究は、

[丸山 2020], [Yagi 2020] ＋ レバレッジドETF市場
および、裁定取引エージェントを実装

レバレッジドETFと先物の市場のどちらかで急落が起きたときに
他方の市場にどのような影響を与えるか、そして、
リバランス取引がどのように影響を与えるか調べた

(1) はじめに

(2) モデル

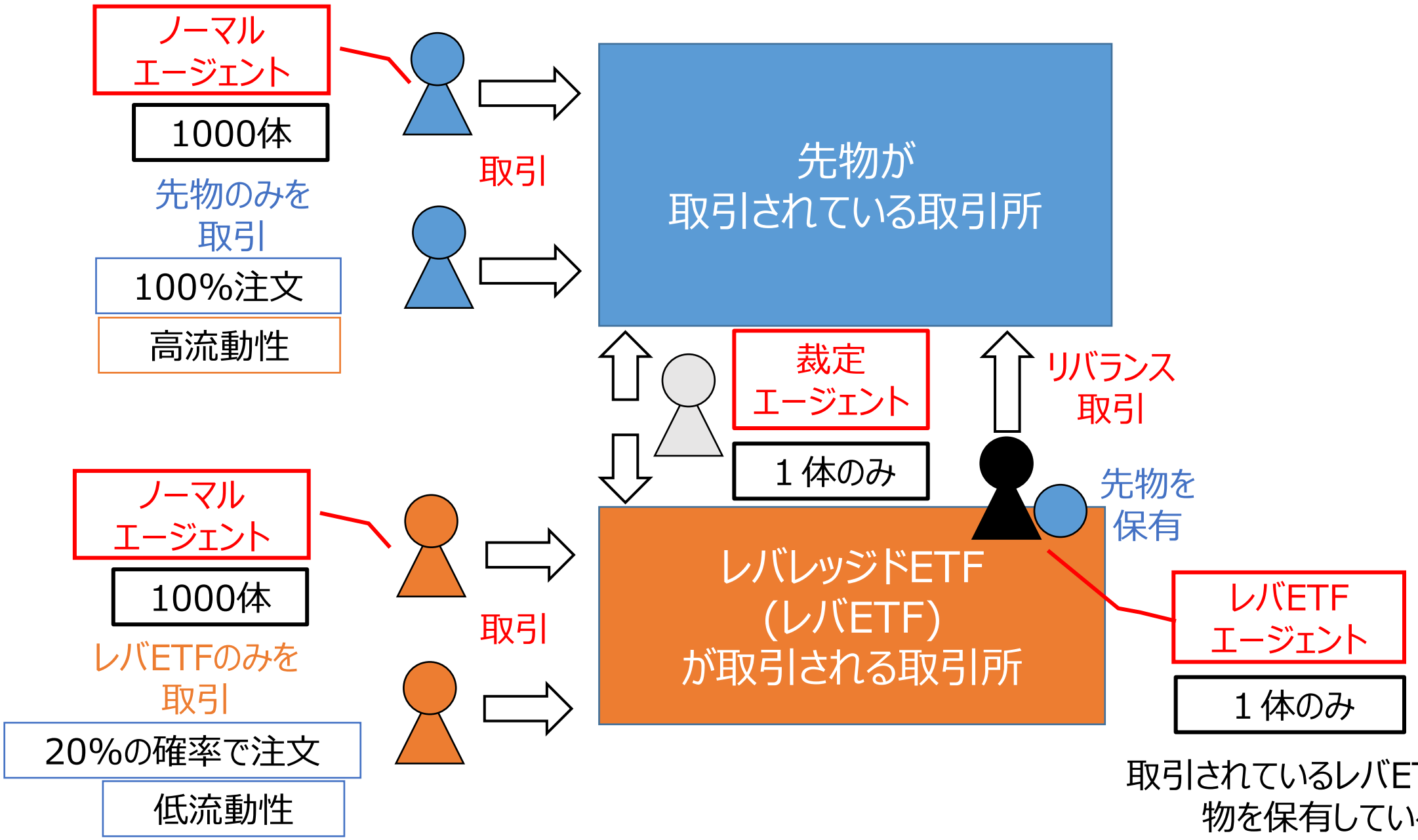
(3) シミュレーション結果

(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/2024SIGFIN1.pdf

モデル全体


ノーマル
エージェント
1000体
先物のみを
取引
100%注文
高流動性
取引
先物が
取引されている取引所
裁定
エージェント
1体のみ
リバランス
取引
先物を
保有
ノーマル
エージェント
1000体
レバETFのみを
取引
20%の確率で注文
低流動性
取引
レバレッジドETF
(レバETF)
が取引される取引所
レバETF
エージェント
1体のみ
取引されているレバETFが先
物を保有している

continuous double auction（ザラバ）

ザラバ

売り 注文数量	注文 価格	買い 注文数量
10	103	
30	102	
	101	
50	100	
130	99	
	98	150
	97	
	96	70

最良売り価格
ここに買い注文を入れると
即座に売買成立

最良買い価格
ここに売り注文を入れると
即座に売買成立

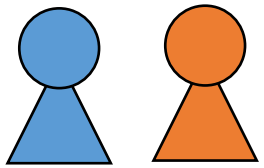
対当する注文があると即座に売買成立

ノーマルエージェント

1000体

[Chiarella2002]を発展
↑ ザラバかつstylized factを再現する中で
可能な限りシンプルなエージェントモデル

統計的性質を再現するために
最小限必要な項



j: エージェント番号(順番に注文)
t: 時刻

テクニカル(順張り)

予想リターン

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

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　0～1000

ファンダメンタル

P_f　ファンダメンタル価格
先物：10000 ＝定数
レバETF：5000 ＝定数

P^t　現在の取引価格

取引価格帯を定めるために
便宜上加えた項

ノイズ

ε^t_j

正規乱数
平均0
σ=3%

エージェントの多様性確保と
シミュレーションの安定性のため

予想価格　$P^t{}_{e,j} = P^t \exp(r^t{}_{e,j})$

t=10000経過した注文はキャンセルする

ノーマルエージェントのファンダメンタル戦略とテクニカル戦略

ファンダメンタル戦略

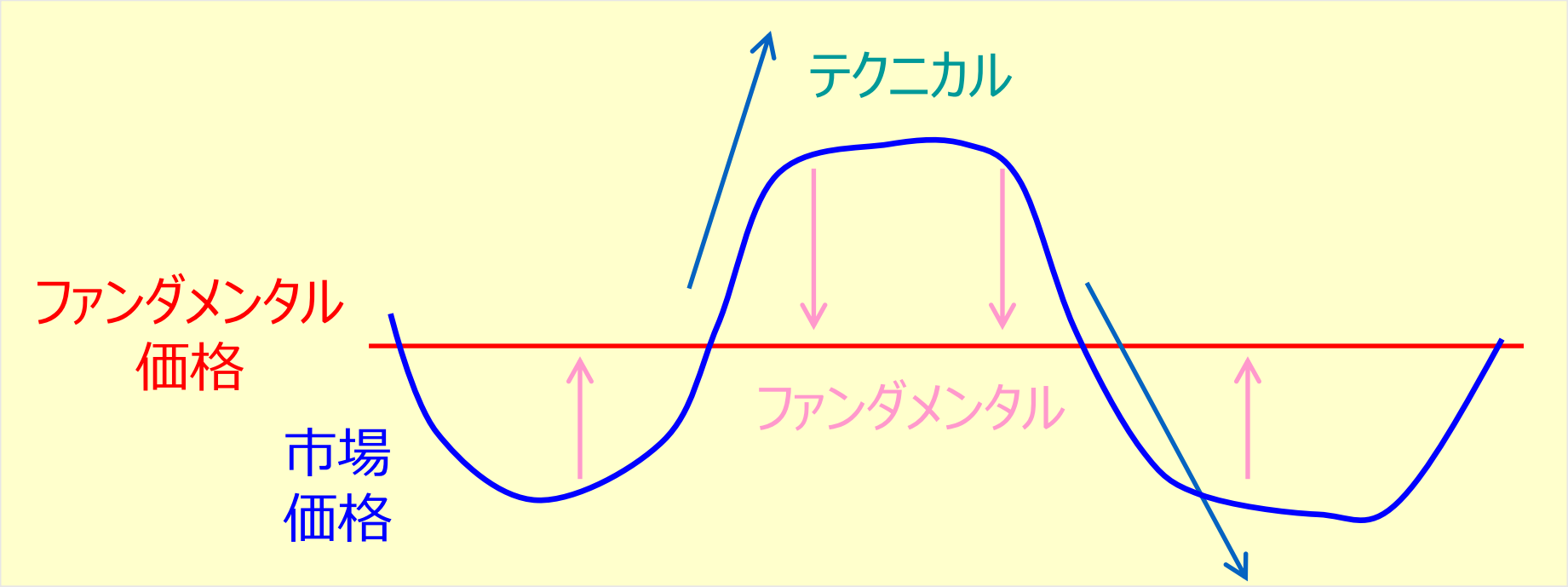
ファンダメンタル価格 ＞ 市場価格 ⇒ 上がると予想

ファンダメンタル価格 ＜ 市場価格 ⇒ 下がると予想

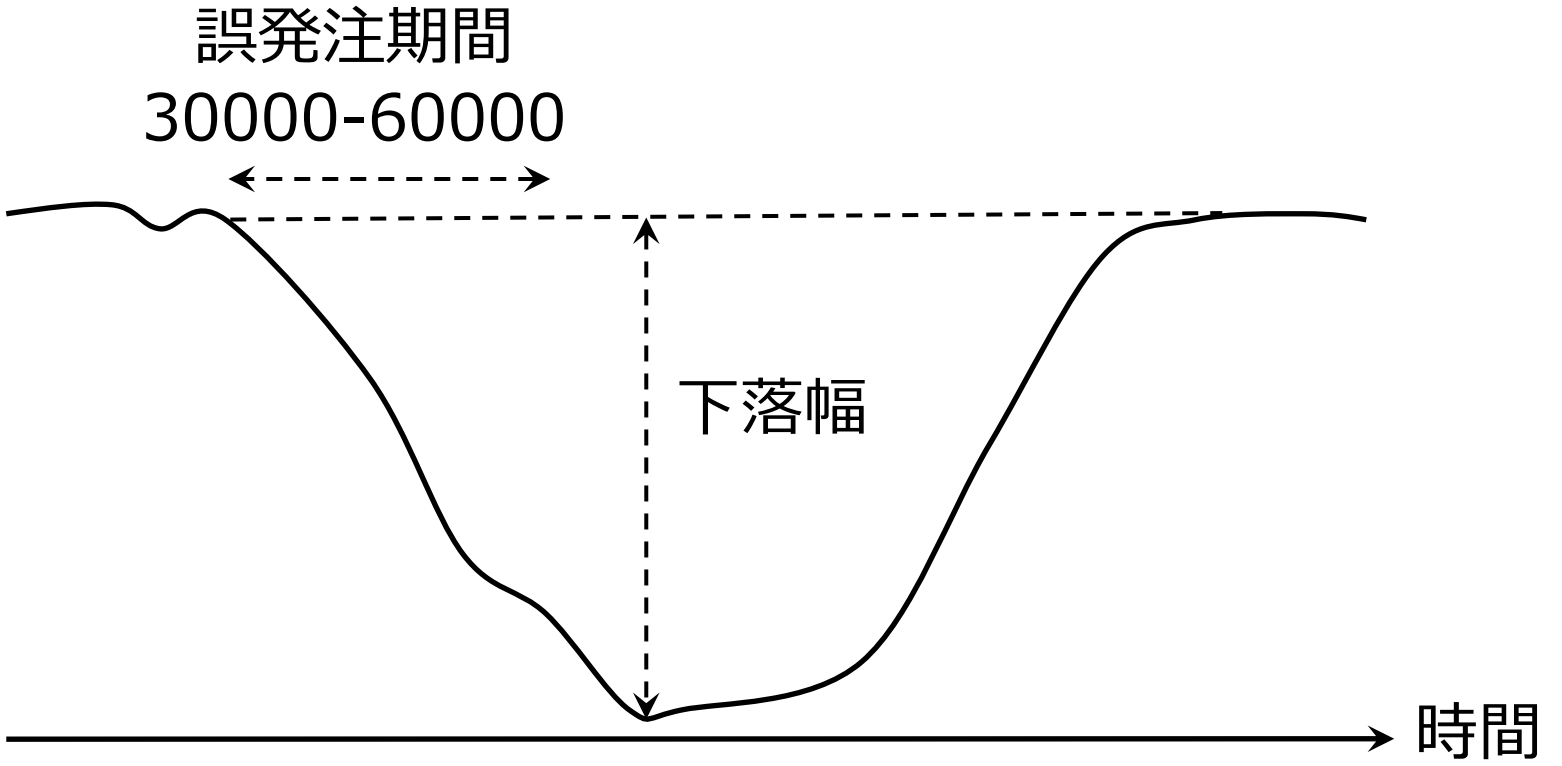
テクニカル戦略

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



誤発注(ノーマルエージェントによる)

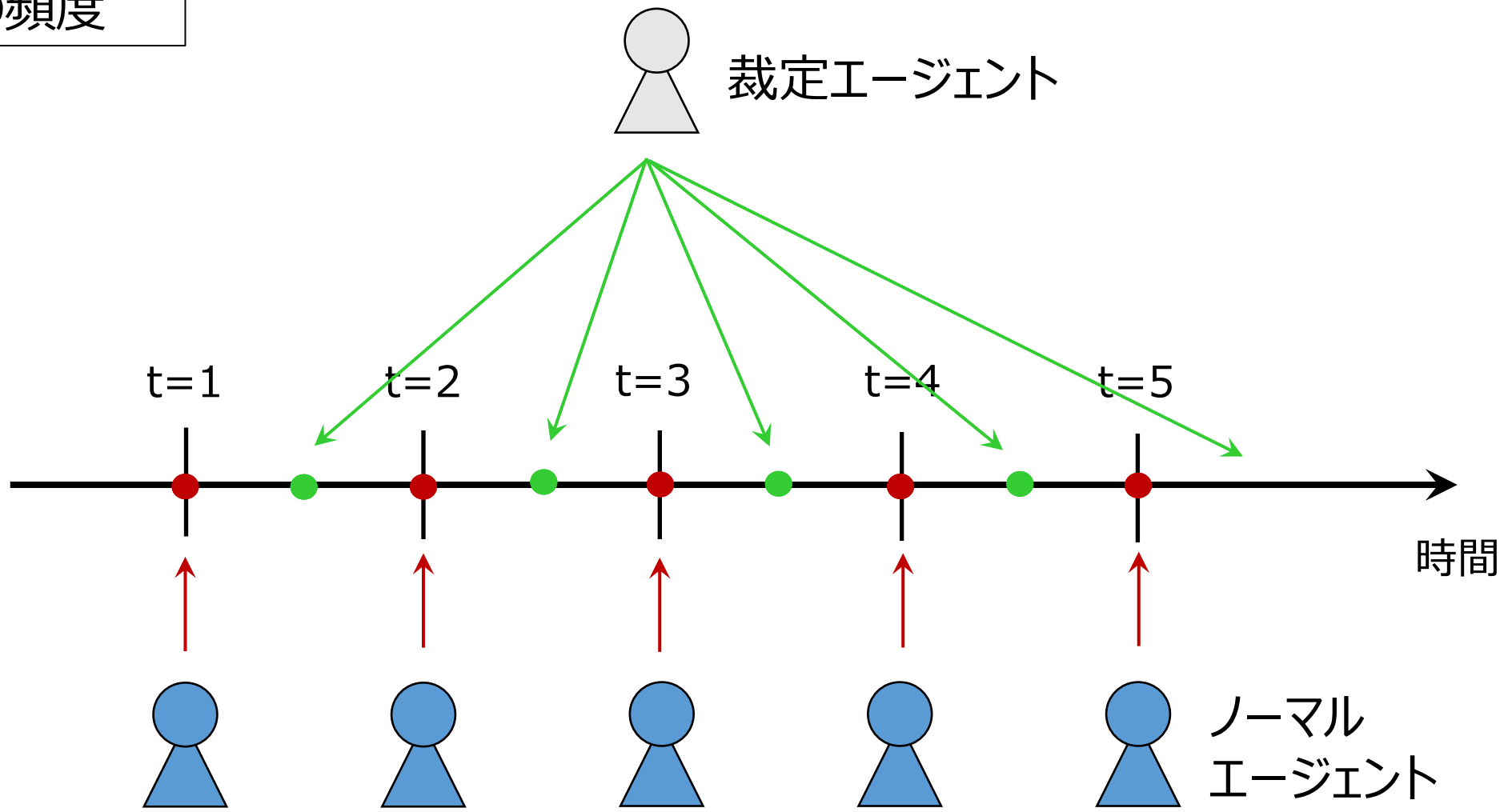


誤発注期間においては、各ノーマルエージェントの注文は
先物には8%の確率で、レバレッジドETFには40%の確率で <- 誤発注総量は同じ
即時に成立するくらい安い価格の売り注文に変更

誤発注により大きく価格は大きく下落。
最も下落した時と通常時との価格差を今後、”下落幅”とよぶ
誤発注は、レバETFに発生した場合と先物に発生した場合とに分けて分析

裁定エージェント

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

レバETFと先物の価格の関係

現実のレバレッジドETFと先物の裁定取引は非常に複雑である.
また，両者がどの価格で交換できるかも経路依存性があり，非常に複雑である.

本研究では簡略化し、裁定エージェントは両価格の関係が維持されるような取引を行う

レバレッジは2倍

レバETFのリターン ＝ 2 × 先物のリターン

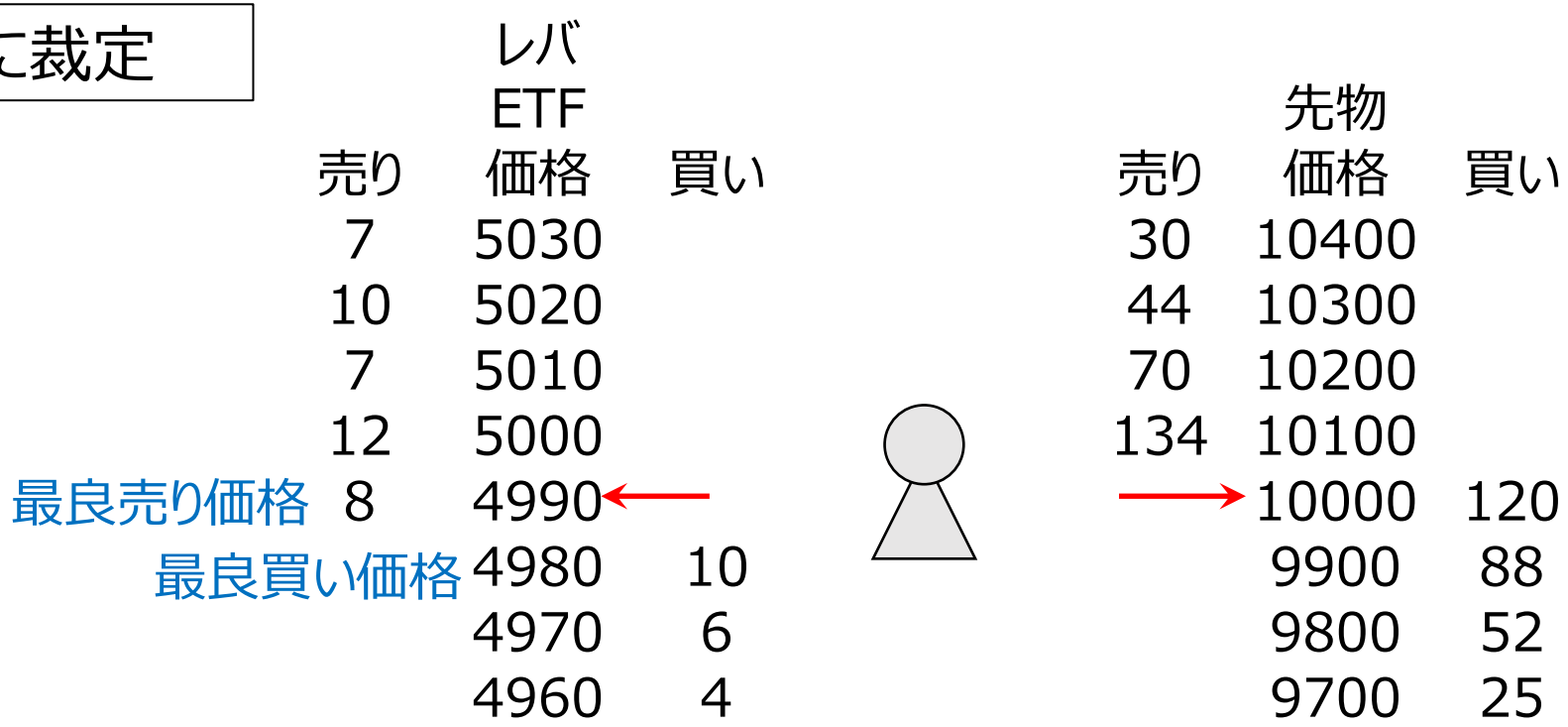
	ファンダメンタル価格	価格水準	価格変動幅	価格変動幅例	リターン例
先物	10000	10000くらい	---	+500	5%
レバETF	5000	5000くらい	先物と同じ	+500	10%

同じ　　2倍

つまり、 レバETF価格 ＝ 先物価格 - 5000

裁定取引エージェント　これを維持するように取引

即座に裁定



通常、最良売り価格 ＞ 最良買い価格、だが、取引所が２つに分かれると、
分かれた注文を見ると、最良売り価格 ＜ 最良買い価格、と逆転することがある
このとき、最良売り価格で買い、最良買い価格で売ると、差額が儲かる

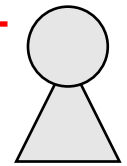
もし、 レバETF最良売り価格 ＋ 5000 ＜ 先物最良買い価格 → レバETFの買い、先物売り

もし、 先物最良売り価格 - 5000 ＜ レバETF最良買い価格 → 先物の買い、レバETF売り

条件を満たす注文がなくなるまで繰り返す(裁定できる機会は一瞬ですべて取る)

待って裁定

	レバETF			先物	
売り	価格	買い	売り	価格	買い
7	5030		30	10400	
10	5020		44	10300	
	5010		70	10200	
	5000	1	134	10100	
	4990			10000	120
	4980	10		9900	88
	4970	6		9800	52
	4960	4		9700	25



ここで待つ

執行後
即座に売る

即座にできる裁定が無くなった後、即座に裁定できるように自ら注文を入れておく

もし、 レバETF最良買い価格 ＜ 先物最良買い価格 - 5000 ＜ レバETF最良売り価格

レバETFに、先物最良買い価格 – 5000、で買い注文

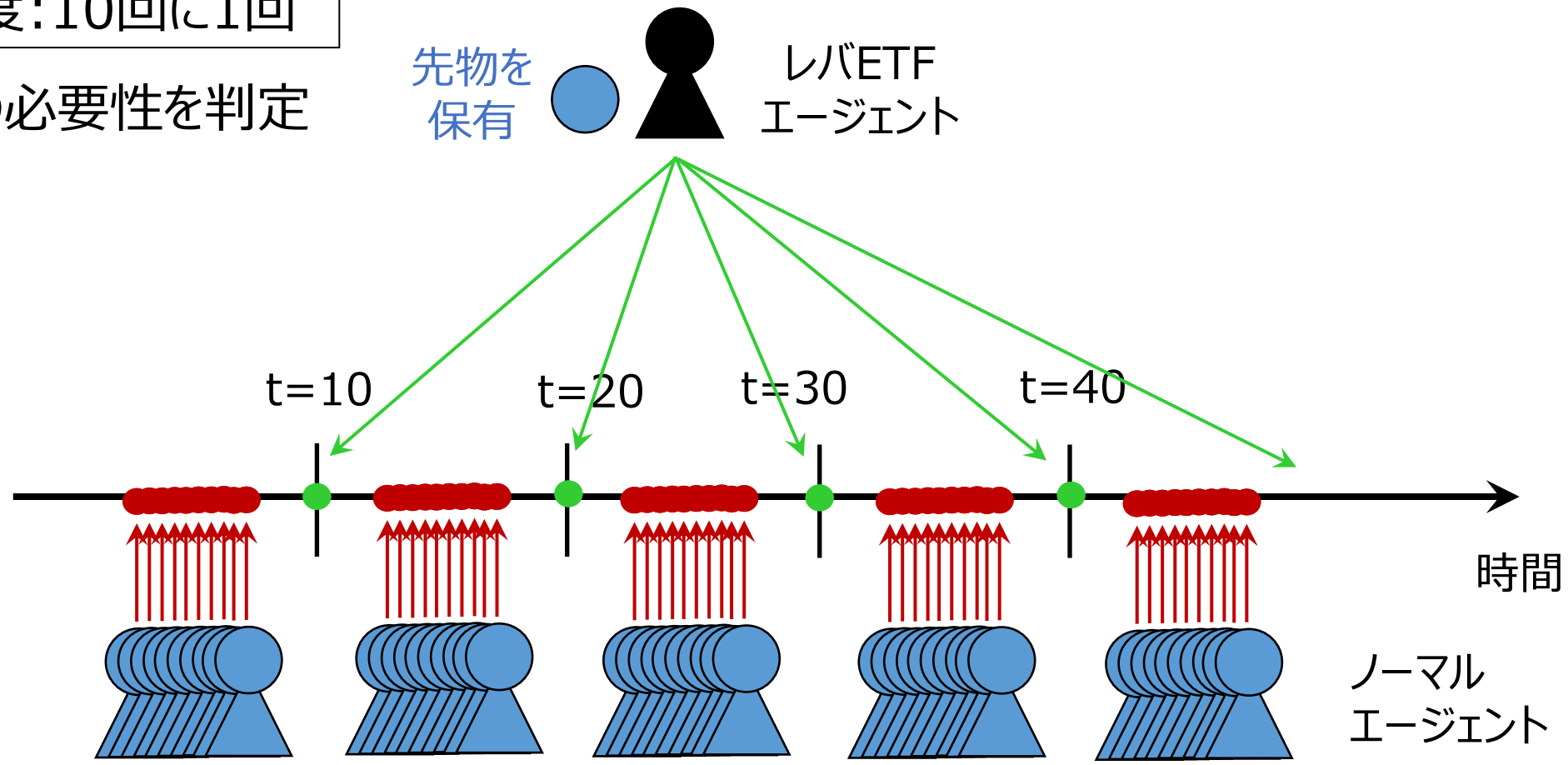
他のエージェントがこれらの注文と対当する注文を出せば、即座に先物最良買い価格で先物を売る

レバETFへの売り注文、先物への売り買い注文も同様に行う

レバETFエージェント

注文の頻度:10回に1回

リバランスの必要性を判定



レバレッジが2倍であることを維持するためには、

S_0(先物価格/10000)

だけ保有しておく必要がある(S_0は初期先物保有数量)

ここから1%以上乖離したら売買を行う

先物価格が上昇すると買い、
下落すると売り、
となり上昇下落を増幅させる

(1) はじめに

(2) モデル

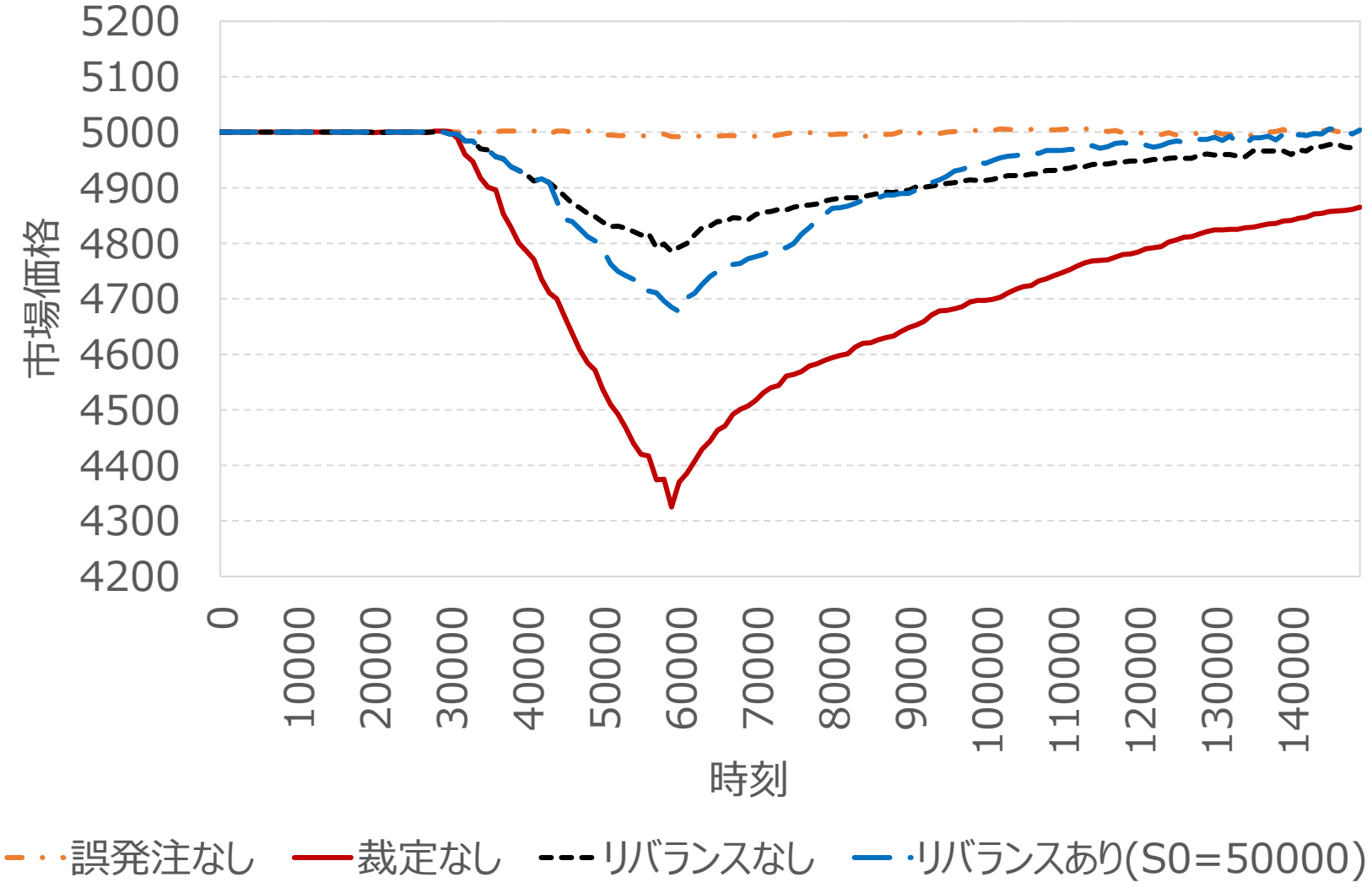
(3) シミュレーション結果

(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/2024SIGFIN1.pdf

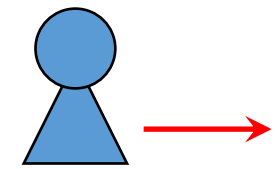
レバETF：価格時系列



裁定取引によって先物の買い注文と裁定され下落をおさえる

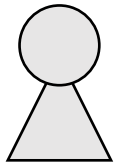
リバランスによって下落幅が増えている

即座に裁定



レバETF

売り	価格	買い
7	5030	
10	5020	
7	5010	
12	5000	
8	4990	
	4980	10
	4970	6
	4960	4



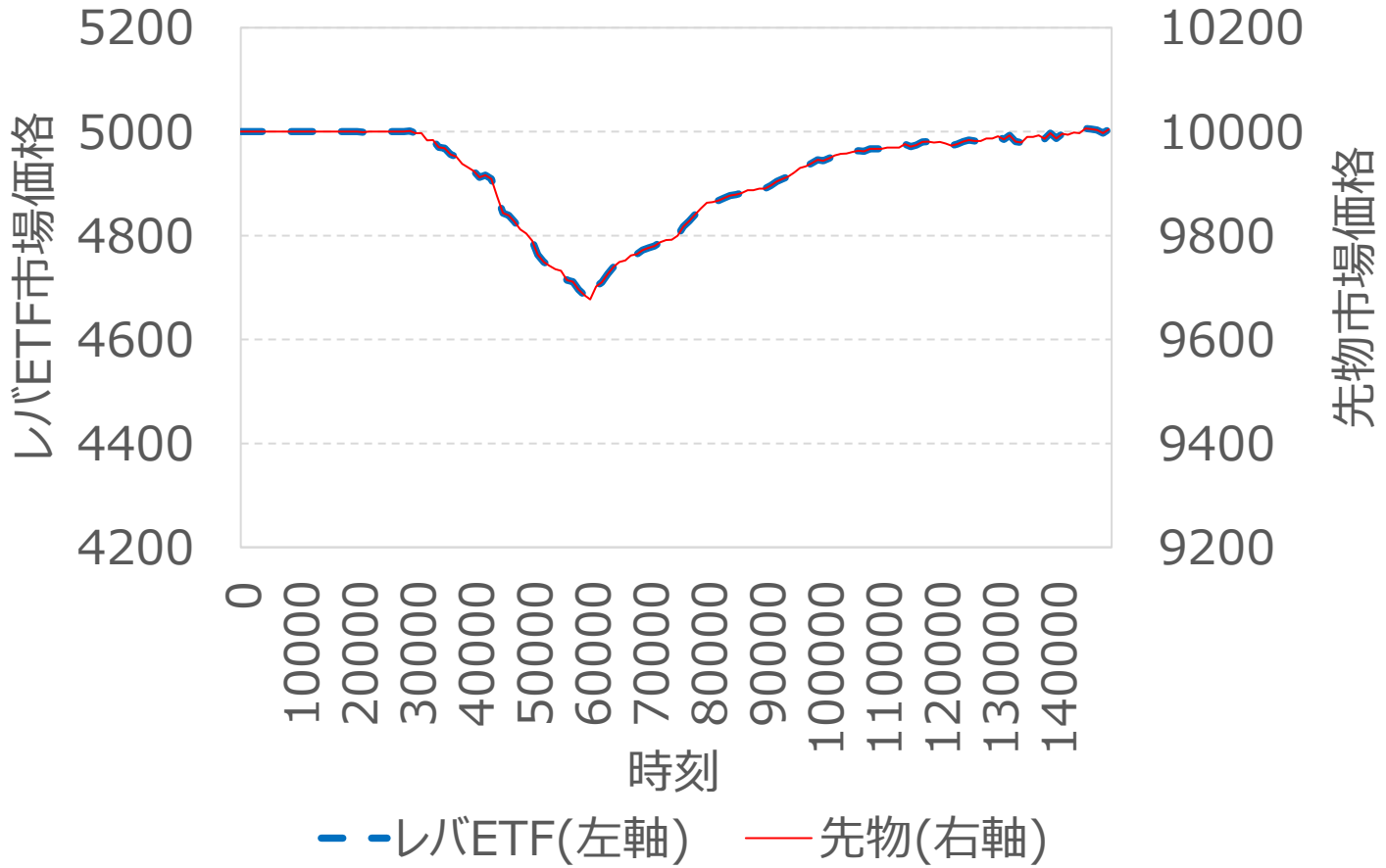
先物

売り	価格	買い
30	10400	
44	10300	
70	10200	
134	10100	
	10000	120
	9900	88
	9800	52
	9700	25

ノーマルエージェントがL-ETFを売る -> 裁定エージェントがL-ETFを買い、先物を売る
間接的にノーマルエージェントは先物を売っている

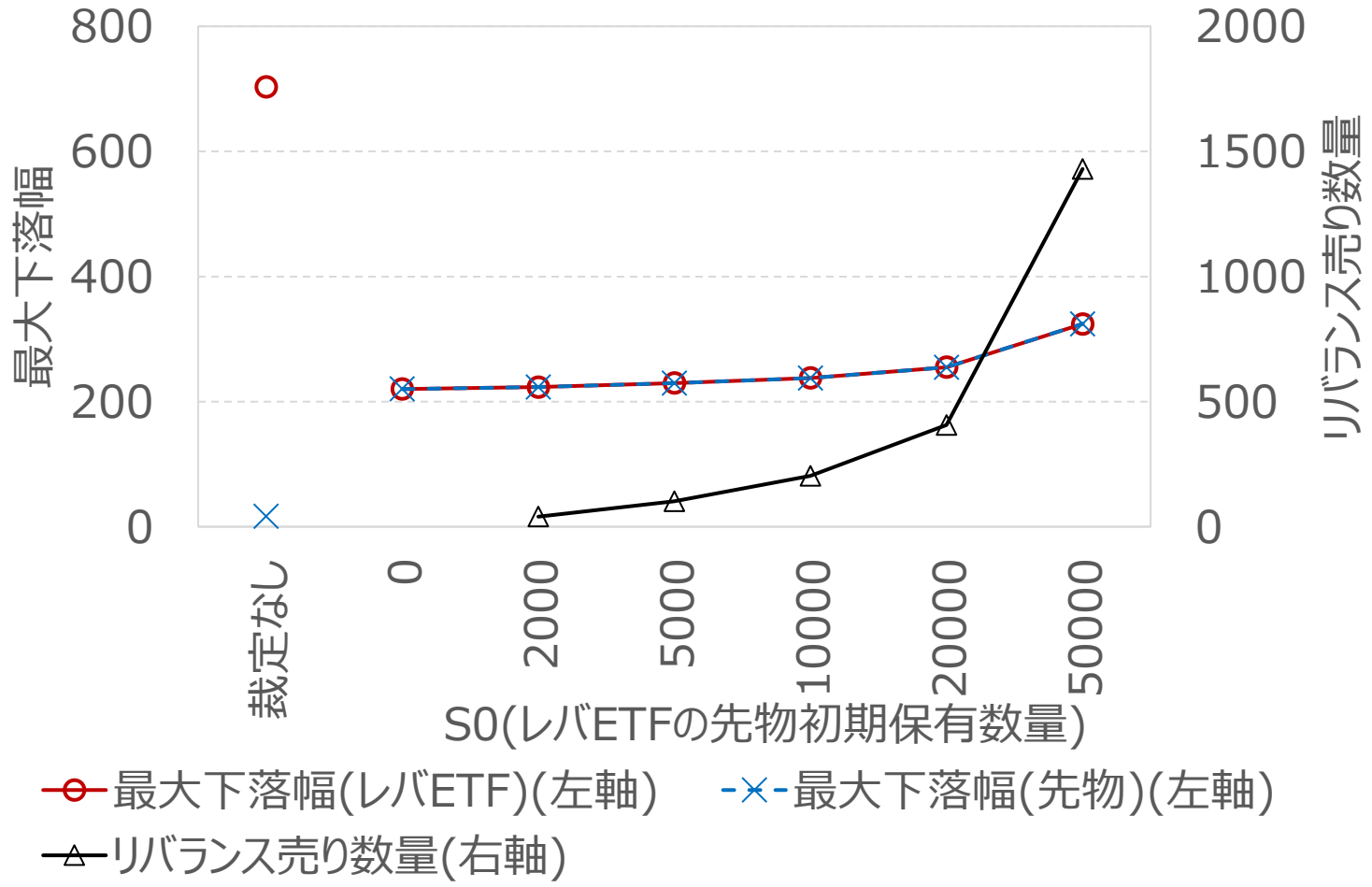
レバETFの隠れた流動性として
先物の流動性が使われる

レバETFと先物：価格時系列



裁定取引によって両価格は追随するようになった
レバレッジドETFは２倍値動きしていることに注意

レバETFに誤発注：先物初期保有数量ごとのレバETFの最大下落幅

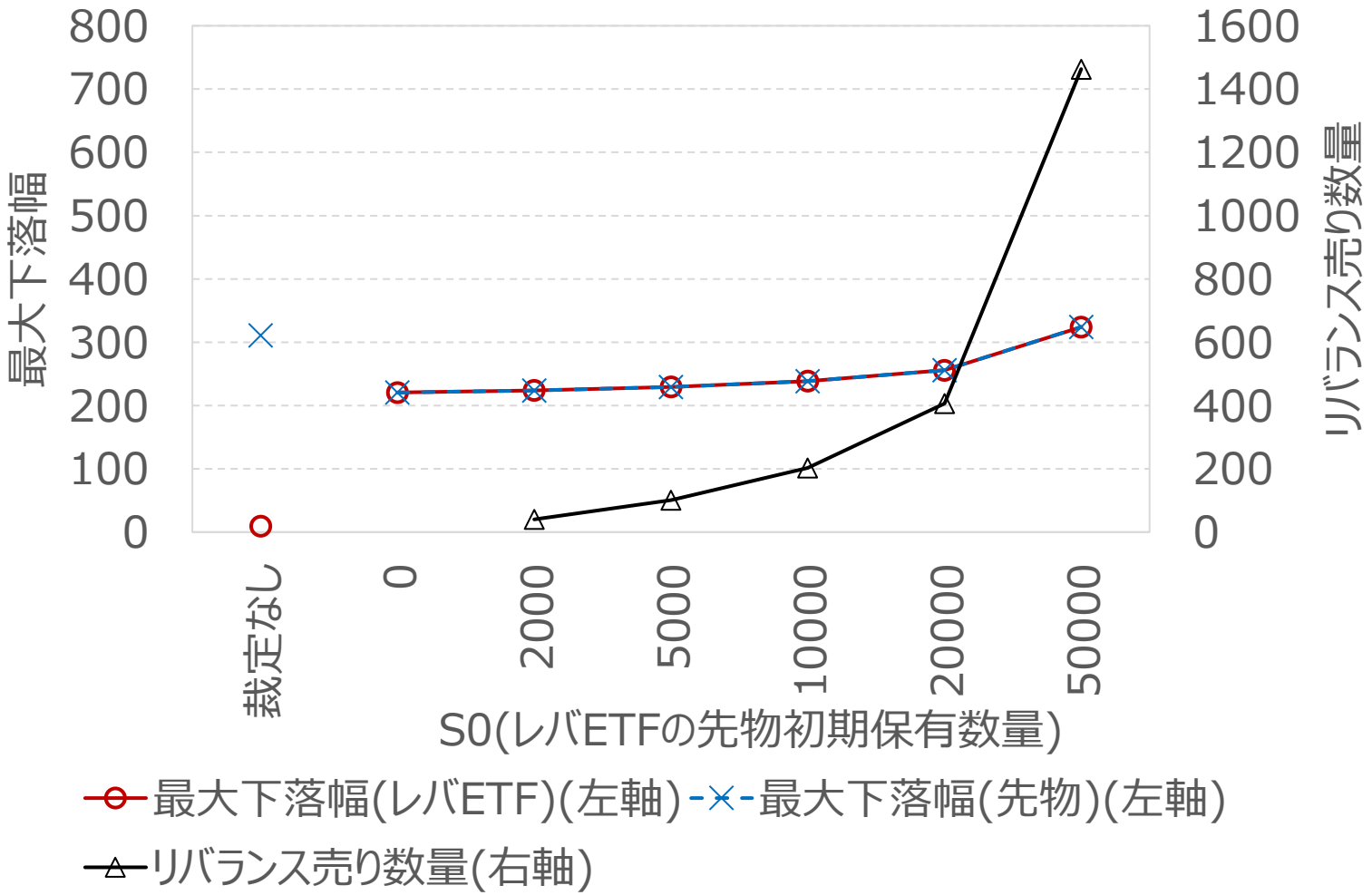


下落幅は大きく縮小：隠れた流動性の恩恵は大きい

レバETFが大きくなるほど下落幅が増加

(初期保有数量≧100000では下落が大きすぎてシミュレーション動かず)

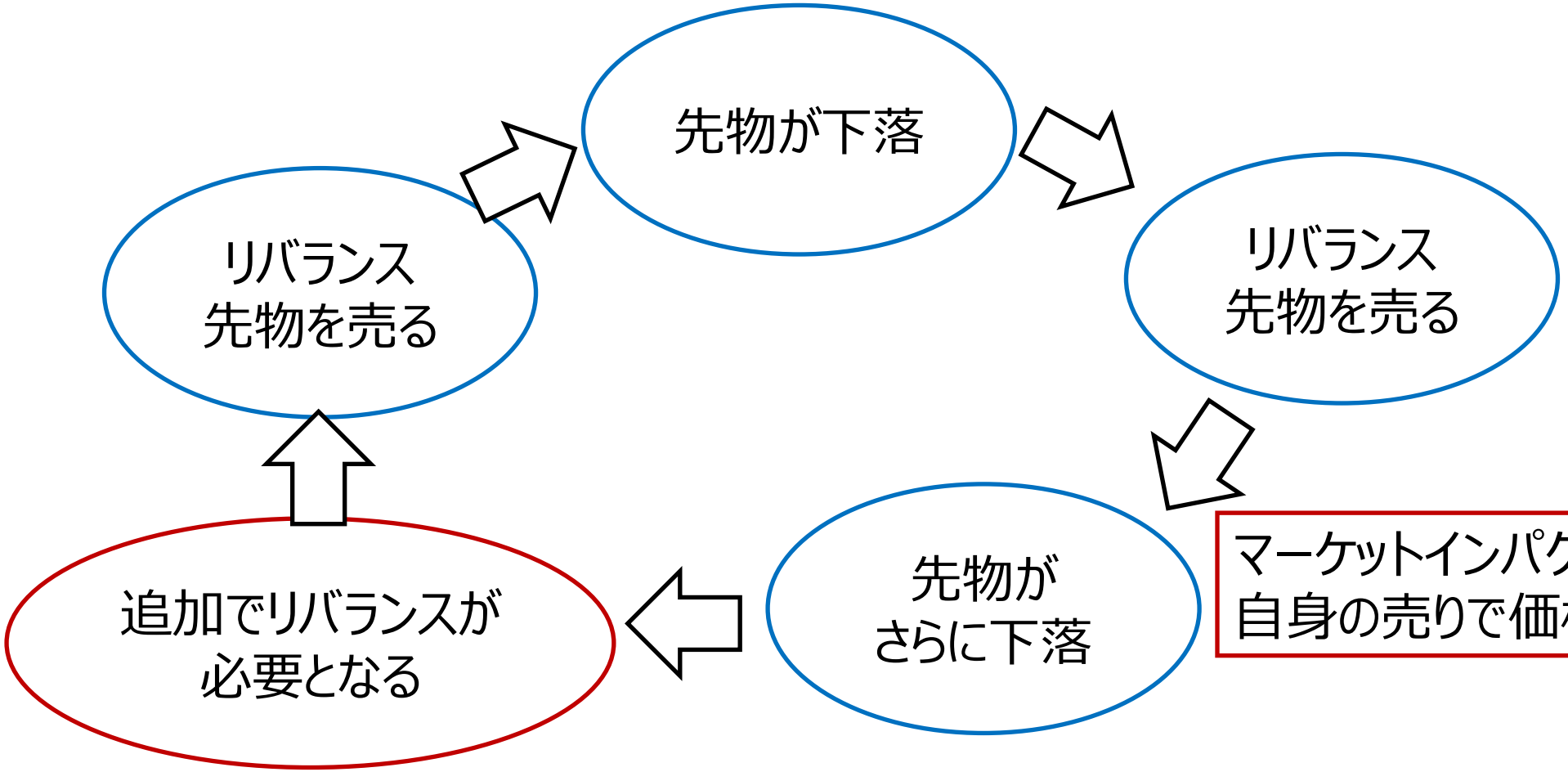
先物に誤発注：先物初期保有数量ごとの先物の最大下落幅



下落はもともと大きくない -> 先の例と同じ下落幅に：恩恵大きくない

レバレッジドETFの投資家は，先物の高い流動性の恩恵を大きく受けるが
先物の投資家は，レバレッジドETFの低い流動性から受けられる恩恵は大きくない

初期保有数量≧100000での市場破壊のメカニズム



リバランス時にボラティリティより大きいマーケットインパクトを与えると
そのインパクトによる価格変動で追加のリバランスが必要となる

そのリバランスがまた次のリバランスを必要としループが止まらなくなる

[八木 2017], [Yagi 2016]と整合的

(1) はじめに

(2) 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/2024SIGFIN1.pdf

まとめと課題(1/3)

- ✓ 本研究では[丸山 2020], [Yagi 2020]の人工市場モデルに，レバレッジドETF自身が取引される取引所を実装し，誤発注も取り入れ，レバレッジドETFと先物の市場のどちらかで急落が起きたときに，他方の市場にどのような影響を与えるか，そして，リバランス取引がどのように影響を与えるか調べた.

- ✓ その結果，レバレッジドETFに誤発注があった場合，裁定取引のおかげでレバレッジドETFは先物の流動性を使うことができ，下落幅が縮小した．レバレッジドETFへのノーマルエージェントの売り注文は，裁定エージェントの買い注文と成立し，裁定エージェントは先物へ売り注文を出すため，消費されるのは先物の買い注文である．裁定エージェントのレバレッジドETFへの買い注文のおかげで下落を減らしており，この注文を出せるのは先物の買い注文を消費できるからである．つまり，レバレッジドETFの下落を先物の流動性を使うことによって減らすことができているのである．これは，レバレッジドETFの隠れた流動性として先物の流動性が使われることを示している.

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/2024SIGFIN1.pdf

まとめと課題(2/3)

- ✓ 先物に誤発注があった場合も裁定取引のおかげで先物はレバレッジドETFの流動性を使うことができ，下落幅が縮小したが，縮小幅はレバレッジドETFに誤発注があった場合より小さい．先物から見ると少ない流動性のレバレッジドETFからもらえる流動性は比較的少ないからである．レバレッジドETFを取引している投資家からみると，先物の高い流動性の恩恵は大きいが，先物を取引している投資家からすると，レバレッジドETFの流動性から受けられる恩恵は大きくないことが分かった．しかし，流動性が低いレバレッジドETFに対して同じ量の誤発注を入れており，流動性のみの違いによる可能性がある．今後の課題である．

- ✓ 一方で，レバレッジドETFのリバランス取引により下落幅が大きくなることも分かった．特にS0 ＞100000では下落が大きすぎてシミュレーションが動かなかった．これは市場が破壊されていると言えよう．先物が下落するとレバレッジドETFは先物を売る．このときレバレッジドETFが大きいと売るべき先物の数量も大きくなる．すると，この売りにより先物の価格が下落してしまい先物はさらに下落し，追加でリバランスの売りが必要となる．これがループして止まらなくなり，市場の下落が続き，市場破壊となった．

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/2024SIGFIN1.pdf

まとめと課題(3/3)

- ✓ [八木 2017], [Yagi 2016]は，リバランス時にボラティリティより大きいマーケットインパクトを与えると，そのインパクトによる価格変動で追加のリバランスが必要となり，そのリバランスがまた次のリバランスを必要としループが止まらなくなることを示したが，これと整合的である.
- ✓ 誤発注が先物かレバレッジドETFで起きた場合の比較は，流動性が低いレバレッジドETFに対して同じ量の誤発注を入れており，流動性のみの違いによる可能性がある． 今後の課題である.
- ✓ 実際の金融市場の裁定取引は非常に複雑であり，本研究のモデルのように単純ではないし，価格の追随もここまで精度よく行われない． 現実的な裁定取引によって引き起こされる現象も考えられ，これらは今後の課題である.

こちらのスライドは以下からダウンロードできます
https://mizutatakanobu.com/2024SIGFIN1.pdf

参考文献

- [八木 2017] 八木勲, 水田孝信, “人工市場シミュレーションを用いたレバレッジドETFが原資産価格変動に与える影響分析”, 人工知能学会 金融情報学研究会, 2017 https://sigfin.org/?SIG-FIN-018-02
- [Yagi 2016] Yagi, I., Mizuta, T., “Analysis of the Impact of Leveraged ETF Rebalancing Trades on the Underlying Asset Market Using Artificial Market Simulation”, 12th Artificial Economics Conference, September 20-21, 2016 http://ae2016.it/public/ae2016/files/ssc2016_Mizuta.pdf
- [丸山 2020] 丸山隼矢, 水田孝信, 八木勲, “人工市場を用いたレバレッジドETFがザラ場市場に与える影響分析”, 電子情報通信学会論文誌D, Vol.J103-D, No.11, pp.755-763, 2020 https://doi.org/10.14923/transinfj.2019SGP0002
- [Yagi 2020] Yagi, I., Maruyama, S., Mizuta, T., “Trading strategies of a leveraged ETF in a continuous double auction market using an agent-based simulation”, Complexity, 2020 https://doi.org/10.1155/2020/3497689

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/2024SIGFIN1.pdf

差し迫った課題を議論しなければならない実務家に浸透

規制当局(金融庁)、中央銀行(日本銀行)、証券取引所(東証，JPX)

JPX
JAPAN EXCHANGE GROUP
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
日本証券クリアリング機構

ＪＰＸワーキングペーパー

東京証券取引所の親会社、日本取引所グループ(JPX)が発行
41本中、実に12本が人工市場を用いた研究(2023年末現在)
呼値、高速取引の影響、取引所の高速化、バッチオークション、
自己資本規制やVaRの影響など
https://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/index.html

その他にも、空売り規制、値幅制限、ダークプール、信用分散規制、水平株式保有、などが調べられている
(次,次々ページ参照)

予測や細かい再現を目的としていない

これまでにない制度によってどういうことが”起こりえるか”を調べる
“あり得る”メカニズムを見つけておく、”あり得る”副作用を見つけておく

その他に調べられたこと(1/2)

SPARX Asset Management Co., Ltd.

水田孝信 「金融市場の制度設計に使われ始めた人工市場」, 2021, スパークス・アセット・マネジメント
https://www.sparx.co.jp/report/detail/305.html

空売り規制と値幅制限

空売りが完全に禁止された場合だけでなく、日本では2013年に廃止になった空売りの際の価格規制も、市場を非効率なものとし、価格を引き上げ、場合によってはバブルを誘発することが分かりました。

ダークプール

ダークプールは市場を安定化させ、マーケットインパクトを低減させる効果をもつことが示唆示されました。しかし、ダークプールでの取引が多くなりすぎると、つまり普及しすぎると市場の効率性が著しく低下することを示しました。

暴落後の反発やボラティリティクラスタリングのメカニズムの解明

ファンダメンタルが急激に悪化してその企業の株価が暴落した直後に、反発がよくあることが知られています。これはオーバリアクションのためだと考えられていることもありますが、人工市場で分析すると、投資家の予想株価にばらつきがあり、需給に偏りがあれば、この反発は起こることが分かりました。

高速取引の影響

高速取引の多くはマーケットメイク戦略と言われていますが、このマーケットメイク戦略が存在する取引所と存在しない取引所を人工市場内に用意して取引量の変化を調べました。その結果、この戦略が存在する取引所の取引が増えました。

取引所の高速化

どれくらいレイテンシーが短ければ良いのかを人工市場を用いて調べました。その結果、平均的な注文の到着間隔よりもレイテンシーが短ければ、市場効率性やボラティリティなどに影響を与えないことが分かりました。

バッチオークション

ザラバとバッチオークションのどちらが売買量が多くなるか調べたところ、ザラバの方が売買量が多くなりました。

忍耐強いアクティブ運用の市場効率化への貢献

忍耐強いアクティブ運用はまれに起こる、市場価格が企業価値に即した適正な価格から大きく乖離して市場が不安定になり、市場がさらに非効率になりそうなときのみに多く売買を行い、市場を効率化することに寄与していることが示されました。

水平株式保有

パッシブ運用の増加が企業間競争と市場価格へ与える影響を分析しました。その結果、パッシブ運用の割合がさほど大きくなくても、競争を阻害する可能性を示しました。

見せ玉

板上に平均的に存在する最良気配付近の指値注文数より多くの株数の見せ玉を見せれば、不公正な利益が得られるだけでなく、価格形成に悪影響を与え、株価変動が大きくなり、市場が非効率となることが分かりました。

新しい投資戦略が既存の投資戦略の利益を奪い取るか？

CTA・短期順張りともに、お互いがいたほうが戦略を実行するチャンスが多くなり、むしろ利益を獲得していることが分かりました。

分散投資規制

何らかの理由でファンダメンタル価格が急上昇した銘柄を投資信託が上限近くまで持っていた場合に、時価の上昇で上限を越さないように売る必要が生じ、ファンダメンタル価格への収束を妨げる場合があることを示しました。

レバレッジドETF

リバランス取引の市場価格へ与える影響を調べました。その結果、レバレッジドETFの規模が大きいほど影響は大きく、通常時のボラティリティよりも大きいマーケットインパクトを与えるまでになると、市場価格への影響が特に顕著になることが分かりました。

流動性への影響

取引量と板の厚さは関係のない指標であり、流動性の量を示す取引量、質を示す板の厚さといった、流動性にもいくつか種類があることが示されました。

取引手数料のメイカー・テイカー制(リベート制)

メイカーとなるマーケットメイク戦略が注文する指値の売り買い価格差が、平均的な最良売り・買い気配の差より小さくできるくらいリベートを提供すれば、テイカーの執行コストは低下する一方、それ以下のリベートの場合はかえって執行コストは上昇してしまうことが分かりました。

その他に調べられたこと(2/2)

水田孝信「人工市場：金融市場のコンピュータ・シミュレーション」, 2024, SBI金融経済研究所
https://sbiferi.co.jp/review/report_review_2024Mar.html

調査対象	文献	人工市場研究が示唆したこと
サーキットブレイカー	清水・村永(1999)	サーキットブレイカーを終了させるのは、投資家の予想価格の下落速度が十分に小さくなってからでなければならない
注文付け合わせの即時執行	副島(2001)	価格変動を大きくする恐れ
ネイキッドショートセル	大井(2012)	オーバーシュートを防ぐことができる一方、平時は割高に
呼値	水田他(2013)	短期のボラティリティより小さい呼値でなければボラティリティを引き上げる
空売り規制	水田(2014)	空売りが完全に禁止された場合だけでなく、価格規制だけでも、市場を非効率なものとし、価格を引き上げ、場合によってはバブルを誘発する
値幅制限	水田(2014)	下落の時間スケールはさまざまなので、複数の時間スケールのものを用意すべき
高速取引	草田他(2015)	高速取引の多くはマーケットメイク戦略であり、この戦略が存在する取引所のほうが取引が多い
取引所の高速化	水田他(2015)	取引所は平均的な注文の到着間隔よりも低遅延(高速)であるべき
ダークプール	水田他(2016)	市場を安定化させ、マーケットインパクトを低減させる効果をもつ しかし、普及しすぎると市場の価格発見機能が著しく低下
バッチオークション	水田・和泉(2016)	ザラバよりも取引は少なくなる
取引時間延長	三輪・植田(2016)	延長された時間帯の取引参加者が少ないと市場効率性が低下
レバレッジドETF	八木・水田(2017)	リバランス取引がボラティリティよりも大きいマーケットインパクトを与えると市場を荒らす
アクティブ運用	水田・堀江(2017)	忍耐強いアクティブ運用は市場がさらに非効率になりそうなときのみ多く売買し市場を効率化
水平株式保有	水田(2018)	競合企業をいずれも持つファンドが増えると企業間競争を阻害する
分散投資規制	丸山他(2019)	時価の上昇で上限を越えないように売る必要が生じファンダメンタル価格への収束を妨げる場合がある
流動性の種類	益田他(2019)	取引量と板の厚さは関係のない指標であり、流動性の量を示す取引量、質を示す板の厚さなど、流動性にもいくつか種類がある
取引手数料のリベート制	星野他(2021)	中途半端なリベートはかえって執行コストを上昇させる
値幅制限とサーキットブレイカー	水田・八木(2023)	値幅制限は制限価格付近に指値注文がたまり、反発を防ぐことがある ただし、サーキットブレイカーには取引を焦らせる副作用が報告されているがこれはまだ未調査

その他文献(人工市場全般)

解説資料(人工市場は後半から)

水田孝信，「金融業界における人工知能、高速取引、人工市場による市場制度の設計」
https://mizutatakanobu.com/2024.pdf
解説動画 YouTube: https://youtu.be/iw35lKAMicQ

教科書的な本

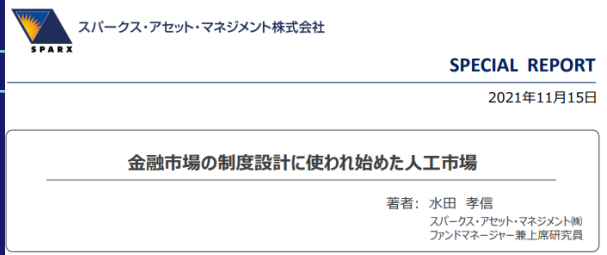
高安美佐子ほか，マルチエージェントによる金融市場のシミュレーション，コロナ社, 2020,
和泉潔，水田孝信，第５章「エージェントモデルによる金融市場の制度設計」
https://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339028225/

人工知能学会誌の特集記事

水田孝信，八木勲「人工市場による金融市場の設計と広がる活用分野」
人工知能学会誌 人工知能 2021年5月号
https://doi.org/10.11517/jjsai.36.3_262

一般向け解説記事

水田孝信 「金融市場の制度設計に使われ始めた人工市場」, 2021,
スパークス・アセット・マネジメント
https://www.sparx.co.jp/report/detail/305.html



水田孝信 「人工市場：金融市場のコンピュータ・シミュレーション」，2024,
SBI金融経済研究所
https://sbiferi.co.jp/review/report_review_2024Mar.html

レビュー論文英語版

Mizuta (2020) An agent-based model for designing a financial market that works well,
査読付き国際会議論文 https://doi.org/10.1109/SSCI47803.2020.9308376
arXiv https://arxiv.org/abs/1906.06000
Slide: https://mizutatakanobu.com/2021kyushu.pdf
YouTube: https://youtu.be/rmlb72ykmlE

先行研究をひたすら紹介した英文レビュー論文

Mizuta (2016) A Brief Review of Recent Artificial Market Simulation Studies
for Financial Market Regulations And/Or Rules, SSRN Working Paper Series
https://ssrn.com/abstract=2710495