

2017年10月14日

第19回 人工知能学会 金融情報学研究会 (SIG-FIN)

忍耐強い(Patient)アクティブ投資は  
市場を効率的にするのか？  
---人工市場によるシミュレーション分析---

(予稿) <http://sigfin.org/019-01/>

水田 孝信

スパークス・アセット・マネジメント株式会社

堀江 貞之

株式会社 野村総合研究所

本資料は、スパークス・アセット・マネジメント株式会社および株式会社野村総合研究所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

.pdf [http://www.mizutakanobu.com/20171014x.pdf](http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.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) まとめと今後の課題

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

.pdf [http://www.mizutakanobu.com/20171014x.pdf](http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.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) まとめと今後の課題

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

.pdf [http://www.mizutakanobu.com/20171014x.pdf](http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.pdf)

# アクティブ投資とパッシブファンド

値上がりが期待できる銘柄を選別しそれらに投資

アクティブ投資(ファンド)

減少

日経平均株価などの指数(インデックス)と同じ収益を得られるようにインデックスを構成する銘柄と同じ銘柄を保有

パッシブファンド

増加

- ☆ アクティブファンドの利益の平均がパッシブファンドより少ないことを主張する実証研究 [French 08, Bogle 14]
- ☆ 手数料が高いファンドを販売する場合に販売員が説明責任を負う法改正 [A.T.Kearney 16, 神山 17]  
(一般にアクティブファンドの方が手数料が高い)

# 優れたアクティブ投資とその機能

アクティブ投資の社会的な機能 = 減少は社会的損失

- ☆ 企業に本源的に存在する価値(ファンダメンタル価格)を発見
- ☆ ファンダメンタル価格付近に市場価格を近づける  
(市場を効率的にする)
- ☆ 資本主義の重要な機能である投資資本の適切な配分を担う

[Wurgler 10]

矛盾？

売買量が少ないなら市場価格に影響与えない？

[Suominen 11]

忍耐強い(Patient)アクティブ投資 = 利益が高い

- ☆ ファンダメンタル価格に基づいて取引
- ☆ 投資した銘柄の保有期間が長い、つまり売買量が少ない

[Cremers 16]

# 本研究の貢献

## アクティブ投資の社会的な機能

☆ ファンダメンタル価格付近に市場価格を近づける  
(市場を効率的にする)

☆ 資本主義の重要な機能である投資資本の適切な配分を担う

[Wurgler 10]

本研究の結果

矛盾しない

忍耐強いアクティブ投資はまれに起こる、市場価格が市場価値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よく売買を行い、市場を効率化することに寄与していることを示した

忍耐強い(Patient)アクティブ投資

=

利益が高い

☆ 投資した銘柄の保有期間が長い、つまり売買量が少ない

[Cremers 16] 6

## 実証研究の困難

- ✓ どのように特定種類の投資家が市場価格に影響を与えるかといった、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
- ✓ 現在よりもさらにアクティブ投資が減少した場合の事例はないため実証研究は不可能
- ✓ 価格形成や流動性にはさまざまな要因が複雑に関わっているため、実証研究ではアクティブ投資の効果だけを取り出すことは困難



## 人工市場モデルによるシミュレーション

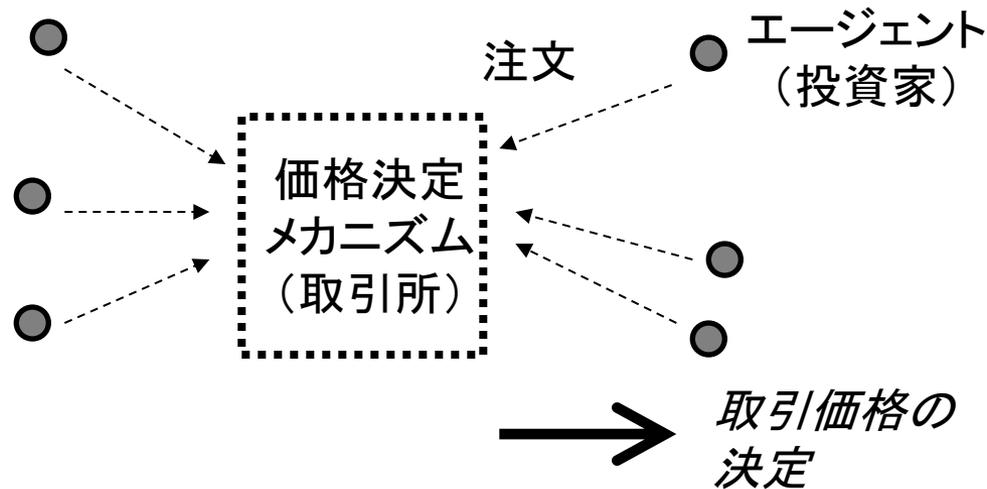
- ✓ どのように特定種類の投資家が市場価格に影響を与えるかといった、ミクロ・マクロ相互作用を含むメカニズムを分析できる
- ✓ これまでに実現したことがない投資家分布も議論できる
- ✓ その純粋な影響を抽出できる

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

- ✓ どのように特定種類の投資家が市場価格に影響を与えるかといった、ミクロ・マクロ相互作用を含むメカニズムを分析できる
- ✓ これまでに実現したことがない投資家分布も議論できる
- ✓ その純粋な影響を抽出できる

呼値の刻みの縮小(適正化)、空売り価格規制(アップティック規制)、適切な値幅制限の制限時間や値幅、ダーク・プールの適正な普及率、バッチオークションの副作用、HFTが市場間競争に与える影響、証券取引所システムの適切な速さ、レバレッジETFの影響、信用分散規制の影響、自己資本規制やVaRの効果、銀行の連鎖倒産、クラッシュの伝播・それをおさえる制度・規制

- 水田孝信(2017) 金融ビッグデータと人工知能III 人工市場による市場制度の設計  
東京大学公共政策大学院経済物理学講義資料  
<http://www.slideshare.net/mizutata/20170804x>  
<http://www.mizutatakanobu.com/20170804x.pdf>
- 水田孝信(2017) 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  
博士論文, 東京大学大学院工学系研究科  
<http://hdl.handle.net/2261/59875>
- Mizuta (2016) A Brief Review of Recent Artificial Market Simulation Studies for Financial Market Regulations And/Or Rules, SSRN Working Paper Series  
<http://ssrn.com/abstract=2710495>

(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) まとめと今後の課題

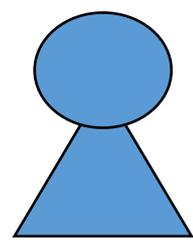
こちらのスライドは以下からダウンロードできます

.pdf [http://www.mizutakanobu.com/20171014x.pdf](http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.pdf)

# エージェント(取引参加者)のモデル化

これまでの人工市場モデルと異なり

- (1) **売買量の少ないエージェントが可能である必要**  
忍耐強いアクティブ投資は「いつかこの価格になる」という持ち方  
予想期間という概念がなくてもよいモデル化  
←(これまで)毎期売買することが前提のモデル
- (2) **売買価格の決定をどのように行っているかに焦点**  
価格の予想の良し悪しが損益に影響するモデル  
売買価格の決定方法の差異だけに焦点  
←(これまで)最適購入数量を目標、価格は決めない



これを満たす人工市場モデルはなかった

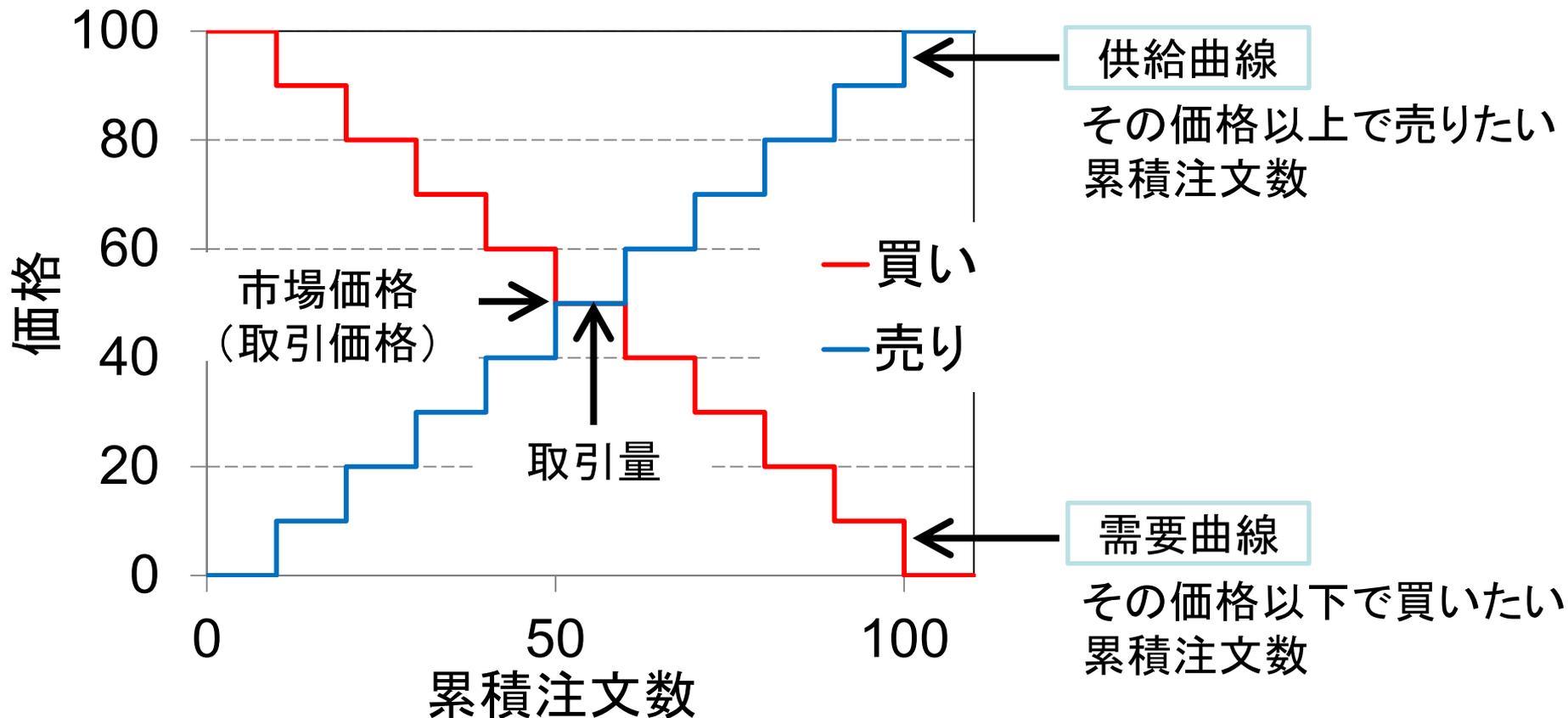
上記を満たす範囲内なるべくシンプルなモデルを構築

複雑すぎると評価不能、要因の分解ができなくなる、  
ありえる要因とありえる結果の知識獲得が目的、細部までの再現が目的でない

# 価格決定メカニズム(取引所)のモデル化

## 板寄せ

エージェントは価格を決定する ← リターンが需給比例する方式は使えない  
ザラバでの注文の規制や短期売買の効果を知るわけでない



ある特定の時刻になると売買注文は集計され、需要・供給曲線の交わる点で市場価格と取引量を決定する

# エージェント

## 初期保有資産

1株 or 10,000円

(半々のエージェント)

(初期株価=10,000円)

## 売買の決定

1株保有: 売り

保有なし: 買い

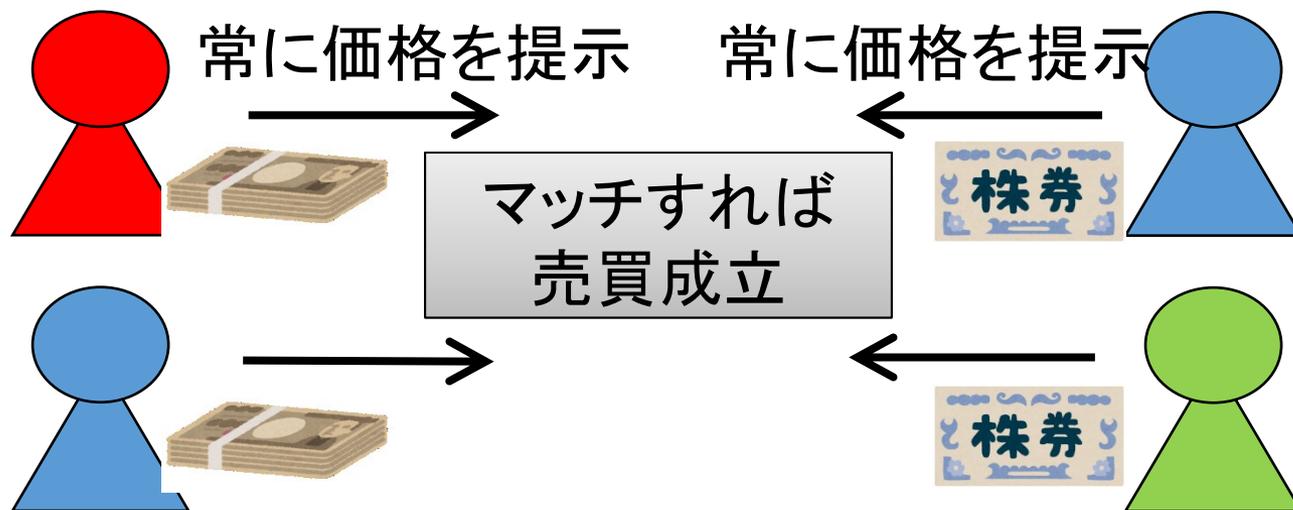
⇒ 2株以上保有、空売り、は発生しない

**買い方**

現金をもつ

**売り方**

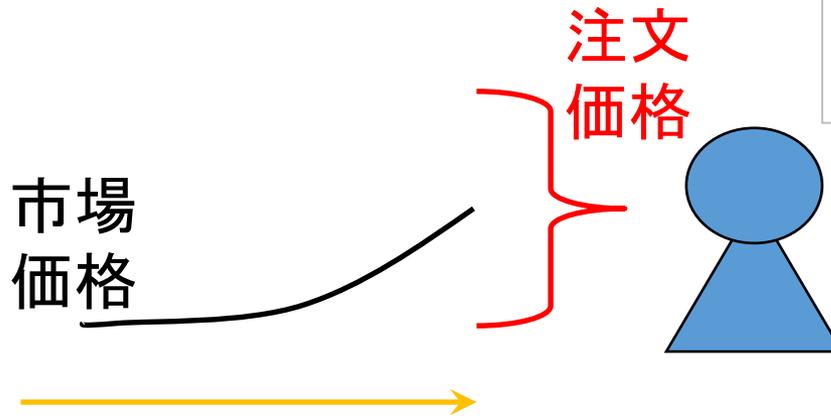
株をもつ



エージェントの特徴を表現するのに、  
売買価格の決定方法の差異だけに焦点をあてられる

$$P_o = P_t \exp(\eta \sigma_{t,j})$$

$P_o$  : 注文価格  
 $P_t$  : 市場価格  
 $\eta$  : 係数(=50%)  
 $\sigma_{t,j}$  : 正規分布乱数  
 $t$  : 時刻の変数  
 $j$  : エージェントの変数



直近の市場価格を平均とした正規分布乱数で注文価格を決める

現実の一般的な金融市場と同様の流動性を得るのに必要

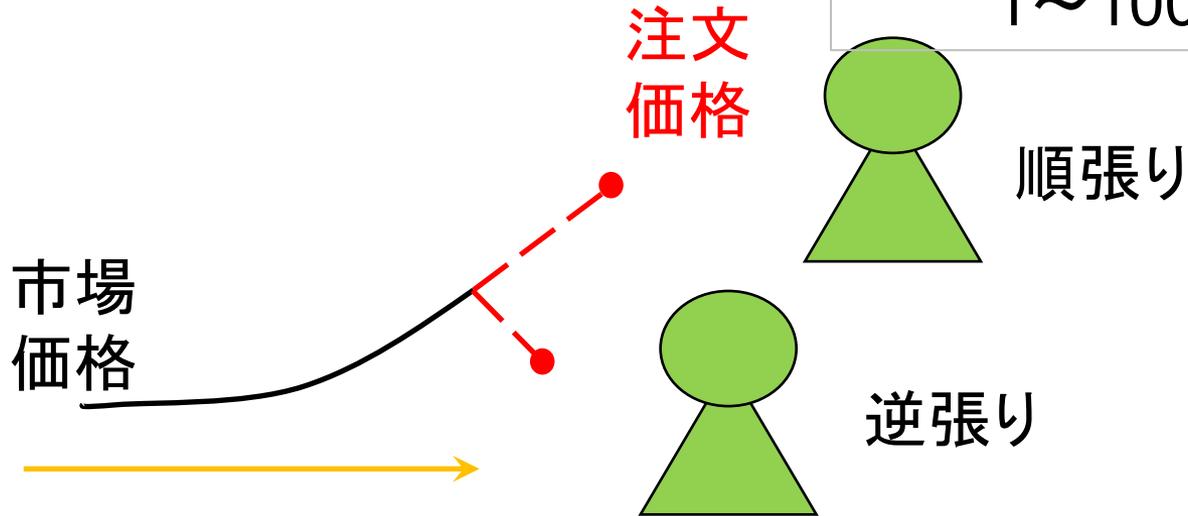
順張り

$$P_o = P_t \frac{P_t}{P_{t-tm_j}}$$

逆張り

$$P_o = P_{t-tm_j}$$

$tm_j$ : 参照期間  
1~100の一様乱数



過去の市場価格を参照して順張り・逆張り

現実の一般的な金融市場の統計的性質を再現するのに必要

$$P_o = P_f \exp[d\sigma_j \pm m_s(\mu_j + 1)]$$

$P_f = 10,000$ : ファンダメンタル価格

$d\sigma_j$ : 予想価格へのずれ

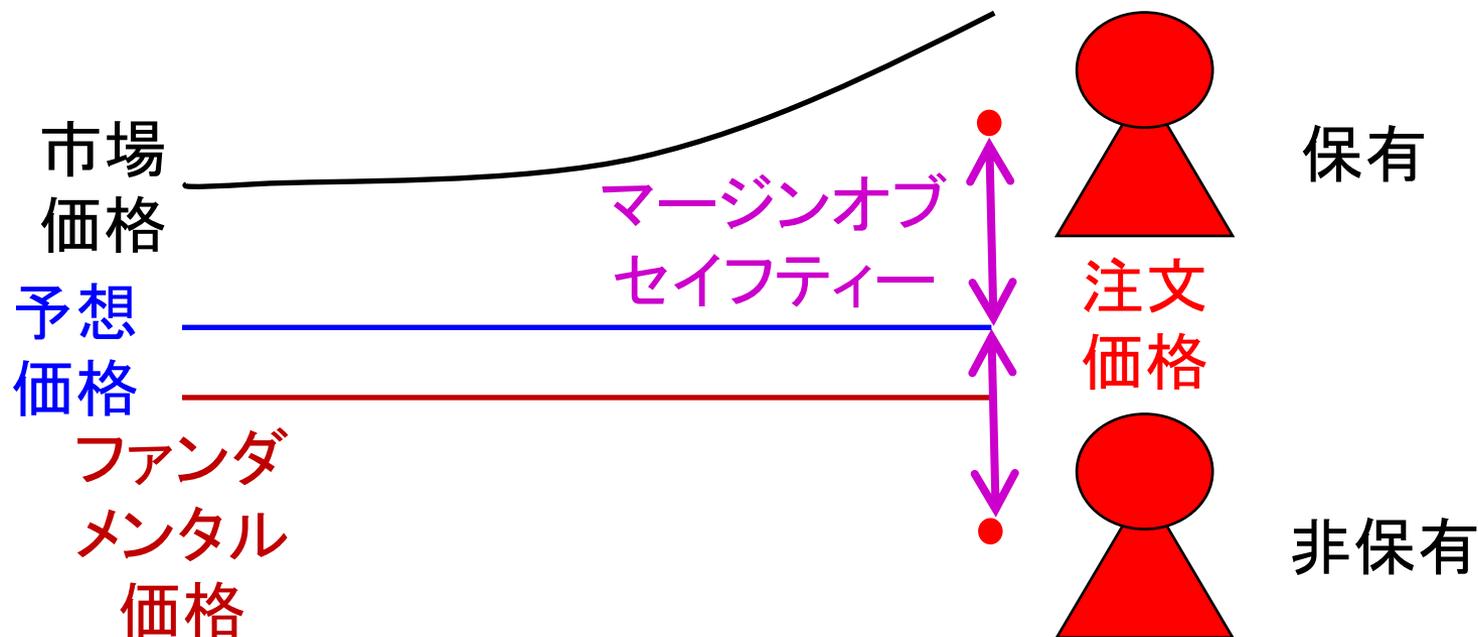
$d = 5\%$ ,  $\sigma_j$ : 正規分布乱数

$m_s\mu_j$ : マージンオブセイフティー

$m_s = 2\%$

$\mu_j$ :  $0 \sim 1$  の一様乱数

$\pm$ : 保有時"+", 非保有時"-"

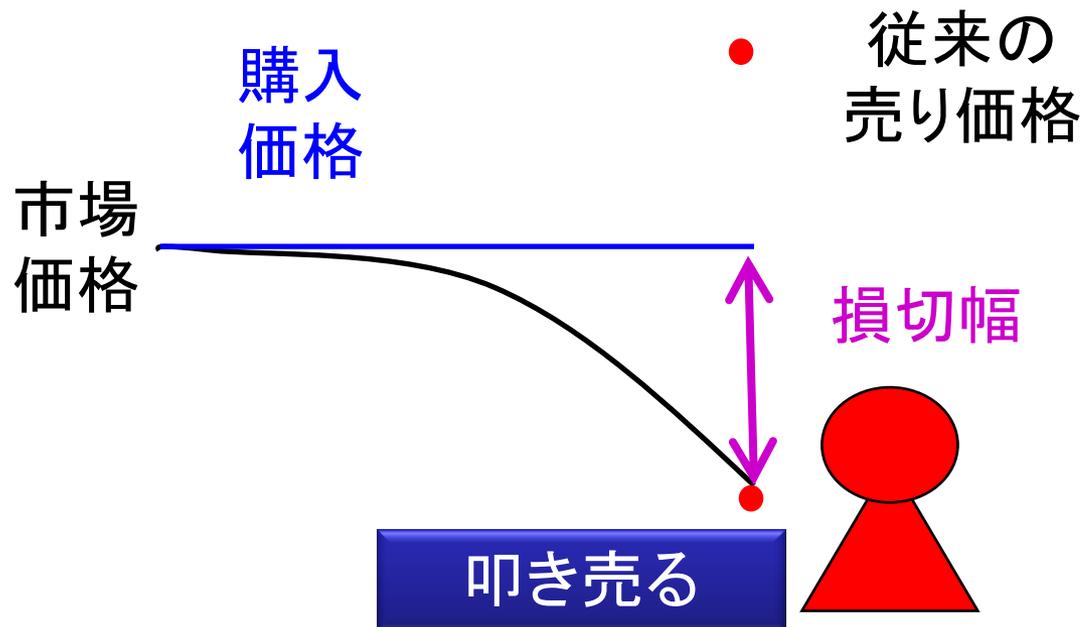


市場価格とは一切関係なく注文価格を決める  
 予想価格と大きくずれたときのみ取引が発生する

希な取引

通常時は、Patientエージェントと同じ行動

購入価格 (Pb) に比べ、損切幅以上に下落したら損切



$$\text{損切幅} = P_b \exp[-m_s(\mu_j + 1)]$$

$$m_s = 2\%$$
$$\mu_j: 0 \sim 1 \text{ の一様乱数}$$

(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) まとめと今後の課題

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

.pdf [http://www.mizutakanobu.com/20171014x.pdf](http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.pdf)

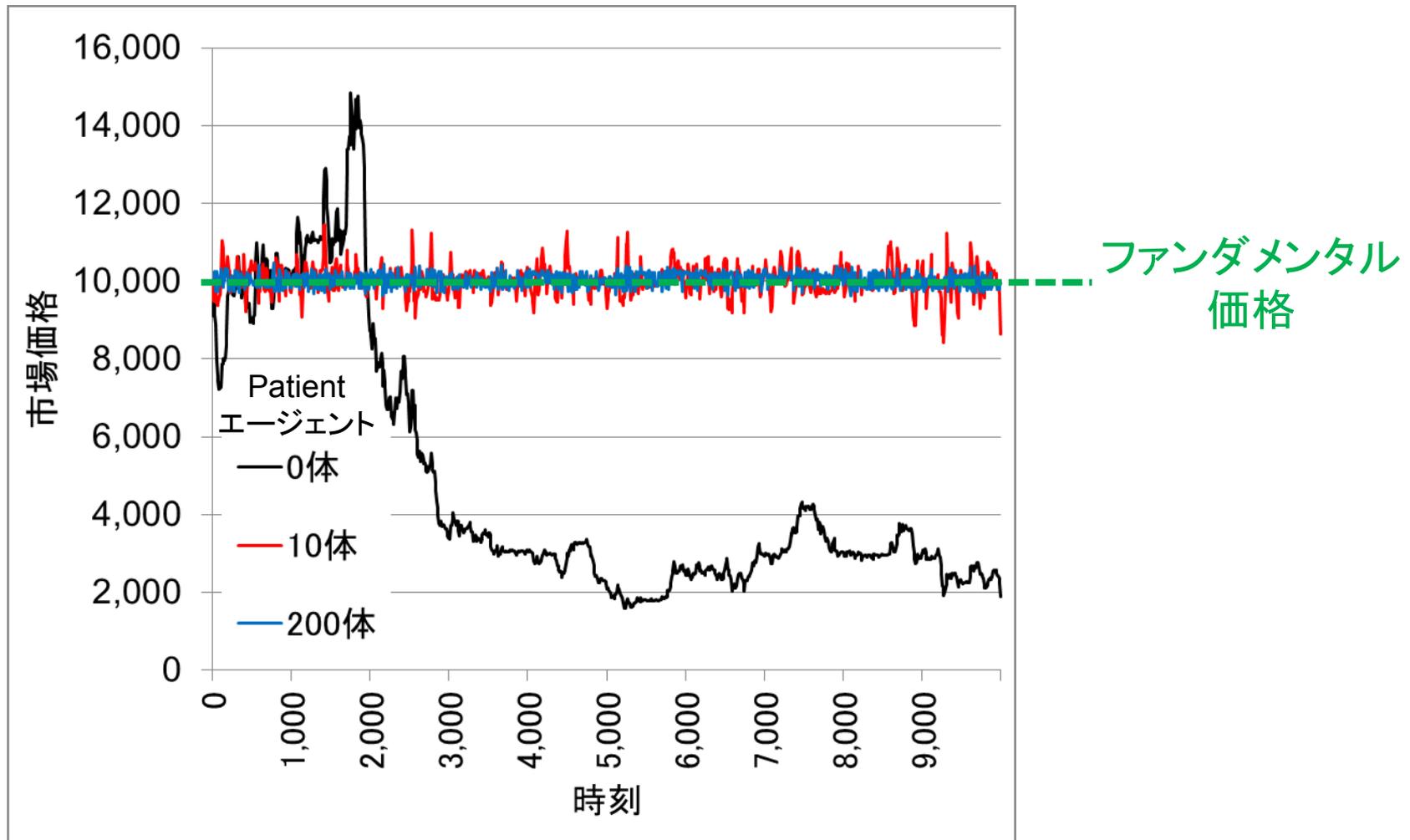
## ノイズエージェント、テクニカルエージェントのみのとき

違う乱数表で100回実行した平均

リターンの標準偏差	1.12%
リターンの尖度 (ファットテール)	2.38
二乗リターンの自己相関 (ボラティリティクラスタリング)	
ラグ	
1	0.18
2	0.16
3	0.15
4	0.14
5	0.14

現実の一般的な金融市場の統計的性質を再現している

# 価格時系列



Patientエージェントが多くなると市場効率化

# 市場効率化と売買数量

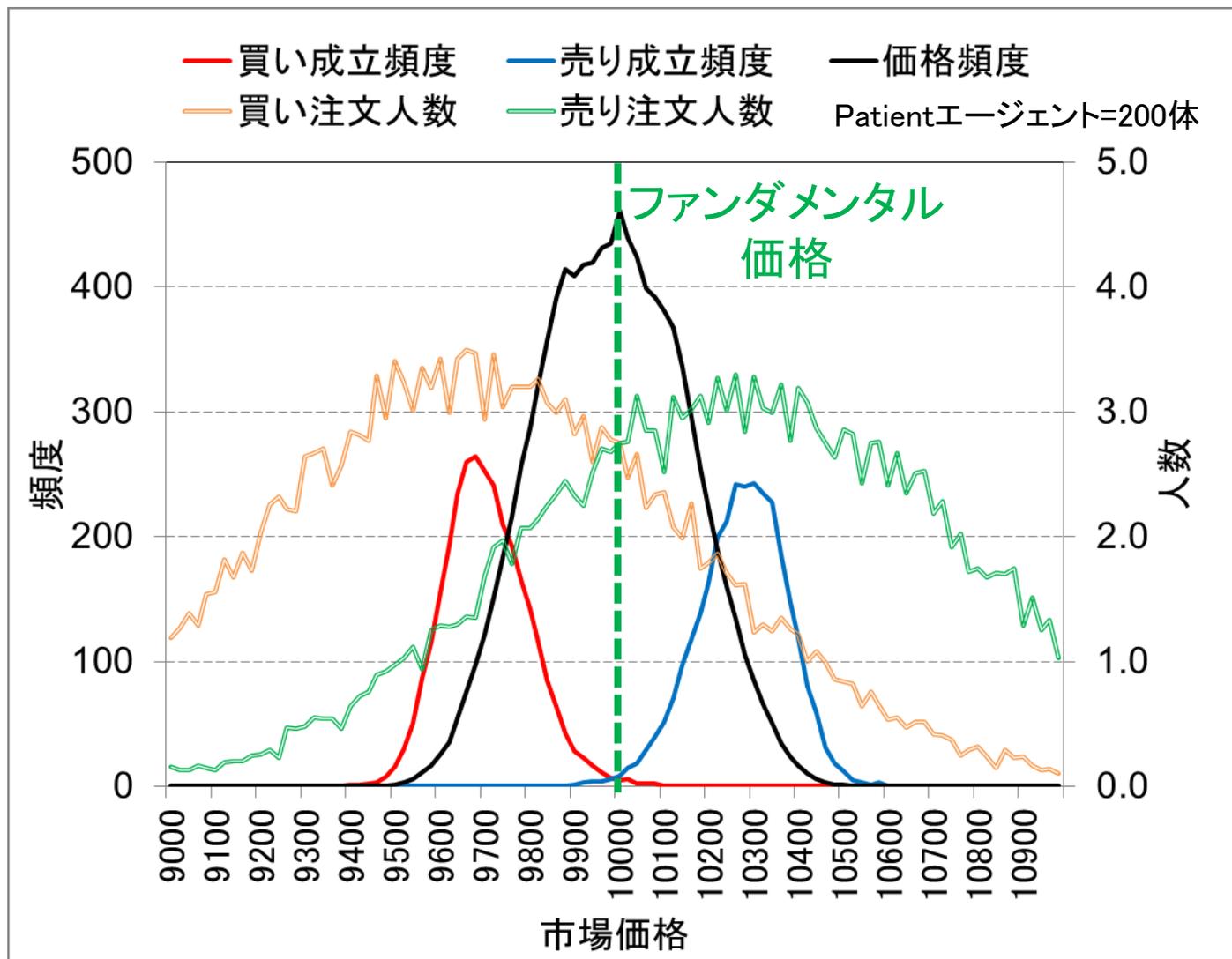
以後すべての表・グラフの値は  
違う乱数表で100回実行した平均

Patient の 体数	市場 非効率性	1体あたり最終損益			最終損益合計 Patient	1体あたり売買数量			売買数量合計 Patient
		ノイズ	テクニカル	Patient		ノイズ	テクニカル	Patient	
0	109.59%	-0.03	0.31	—	—	5,000	1,344	—	—
10	3.11%	-0.04	0.04	3.15	32	5,000	1,551	88.08	881
20	2.04%	-0.05	-0.07	2.66	53	5,000	1,674	77.04	1,541
50	1.59%	-0.07	-0.23	1.90	95	5,000	1,744	58.29	2,914
100	1.47%	-0.10	-0.37	1.35	135	5,000	1,772	44.20	4,420
200	1.35%	-0.12	-0.51	0.86	172	5,000	1,805	30.35	6,069
500	1.24%	-0.14	-0.66	0.42	208	5,000	1,840	16.26	8,131

Patientエージェントが多くなると市場効率化

Patientエージェントの売買数量は  
他のエージェントと比べて非常に少ないにも関わらず

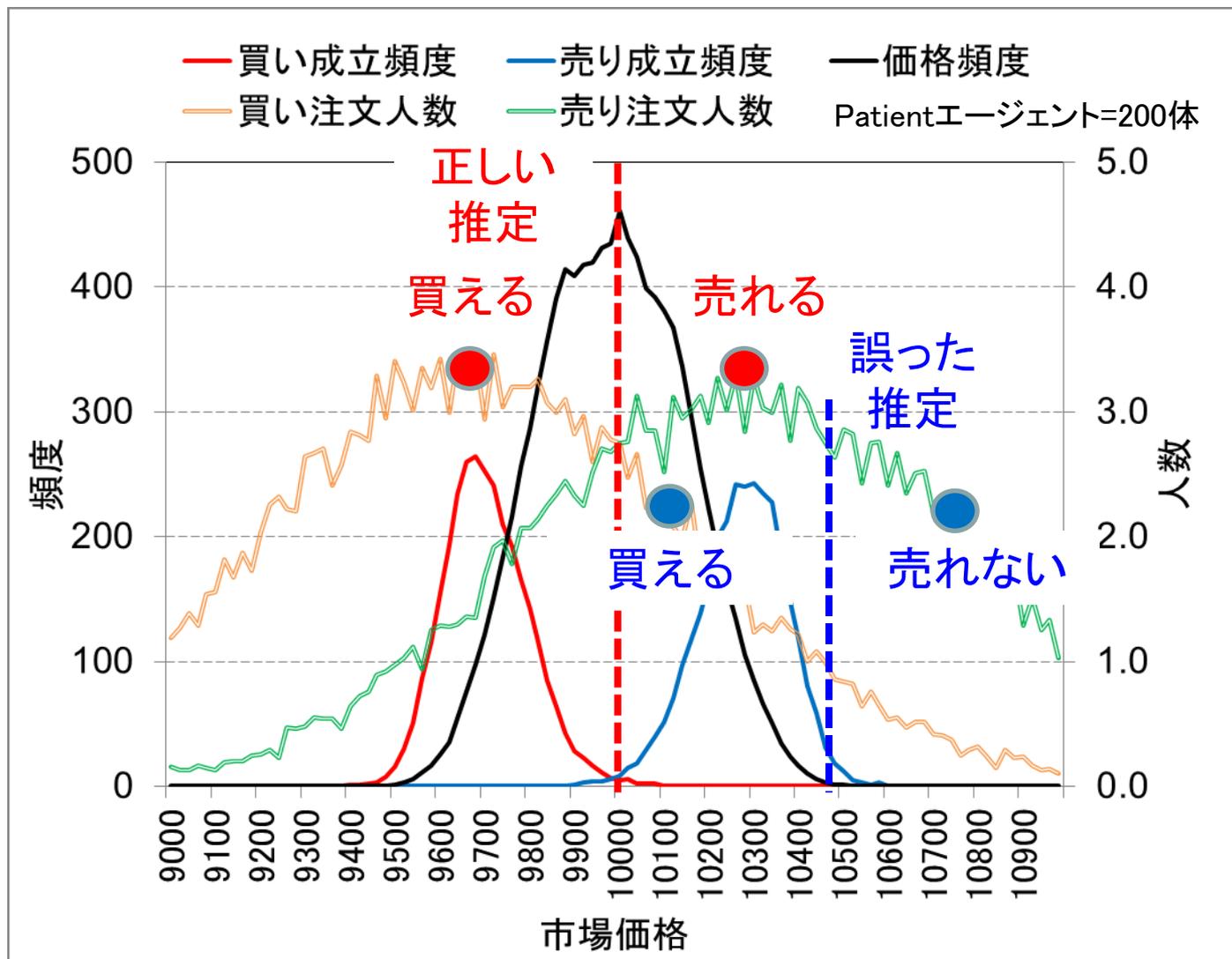
# 価格帯別 Patientエージェント注文数, 売買成立取引量 (1/2)



売買注文は満遍なく存在⇔売買成立は頻度が低い価格帯のみ

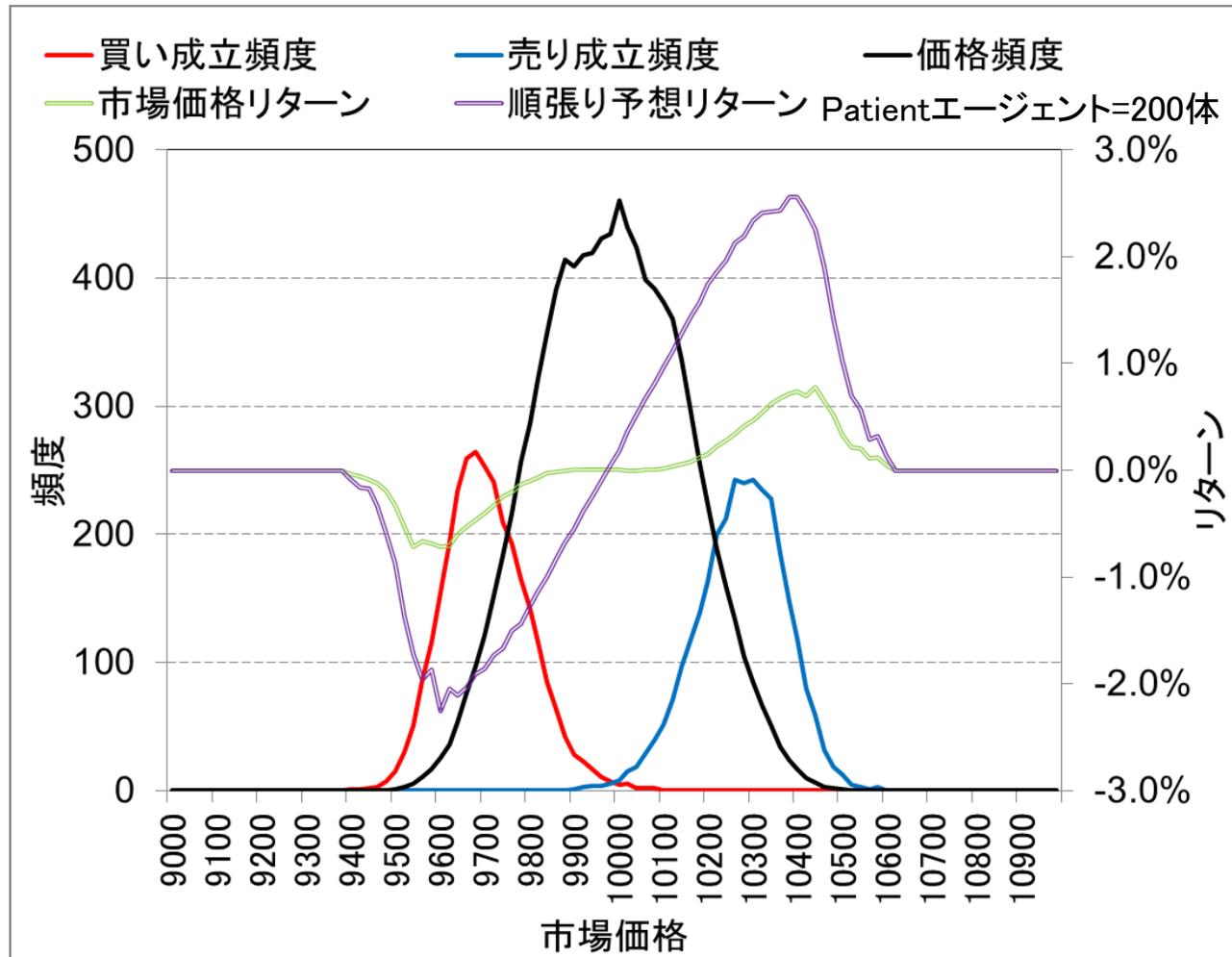
ファンダメンタル価格から離れたときのみ近づける方向の取引

# 価格帯別 Patientエージェント注文数, 売買成立取引量 (2/2)



正しくファンダメンタルを推定 ⇒ 売買が多く利益も高い  
 誤ったファンダメンタルを推定 ⇒ 売買できず利益もなし

# 価格帯別 市場価格リターン 順張りエージェント予想リターン



さらにファンダメンタルから乖離する方へ向かっている

発生頻度は低いですが市場がさらに非効率化: その逆方向の取引

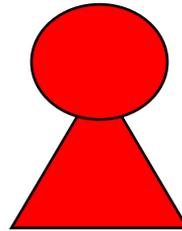
市場価格の変動が大きくなると、  
順張りのテクニカルエージェントの注文価格は、  
さらに市場価格から乖離したものとなり、  
市場価格をさらにファンダメンタルから遠ざける。

Patientエージェントの注文は、  
このような増幅を防いでいる

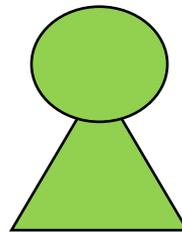
ファンダ  
メンタル  
価格

市場  
価格

Patient



非保有  
買い



順張り  
売り

注文  
価格

テクニカル

下落の加速を  
止める



さらに下落  
→ 下落が加速

## 実証研究との比較

発生頻度が低い、市場が不安定・非効率のときのみ多く参加

全体として関与低いが、非効率化したときのみ大きく関与

[Albagli 15, Cremers 15]

支持

[事象]ファンダメンタル投資は、市場を効率化する

異なる理由も  
ありえる

[理由]ファンダメンタルをより正確に測定できている

[Suominen 11]

不支持

[事象]売買が少ないファンダメンタル投資は、市場を効率化しない

[Pastor 16]

整合的

[理由]アクティブ投資の売買量は時系列で大きく変動しており  
売買量が多いときに利益を得ている

## Impatientエージェントもいる場合

体数		市場 非効率性	1体あたり最終損益		最終損益合計			1体あたり売買数量		売買数量合計		
P	ImP		P	ImP	P	ImP	P+ImP	P	ImP	P	ImP	P+ImP
100	100	8.65%	0.49	0.35	49	35	84	17.45	28.34	1,745	2,834	4,579
120	80	2.20%	0.64	0.56	77	45	122	23.13	36.30	2,776	2,904	5,680
140	60	1.67%	0.71	0.62	99	37	136	25.47	37.09	3,565	2,225	5,791
160	40	1.42%	0.77	0.67	124	27	150	27.57	38.22	4,411	1,529	5,939
180	20	1.35%	0.82	0.71	148	14	162	29.09	39.79	5,235	796	6,031
200	0	1.35%	0.86	—	172	—	172	30.35	—	6,069	—	6,069

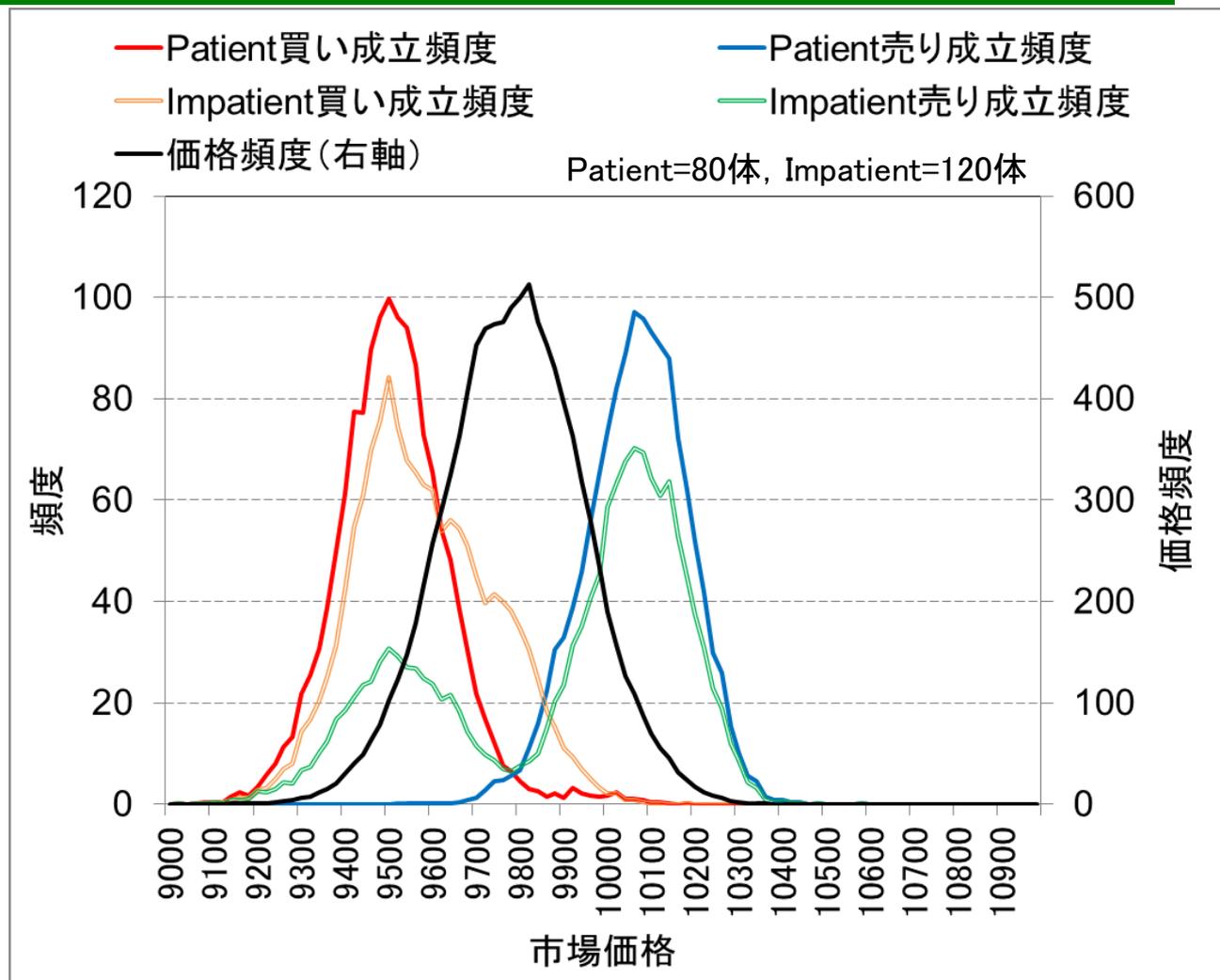
Impatientエージェントは売買数量が多いにも関わらず、Patientエージェントより利益が少ない

Patient増加, Impatient減少:

両者とも1体あたりでも利益が増加

市場が効率的になると利益が減るというよりは、市場が非効率すぎて利益が減るという側面もある

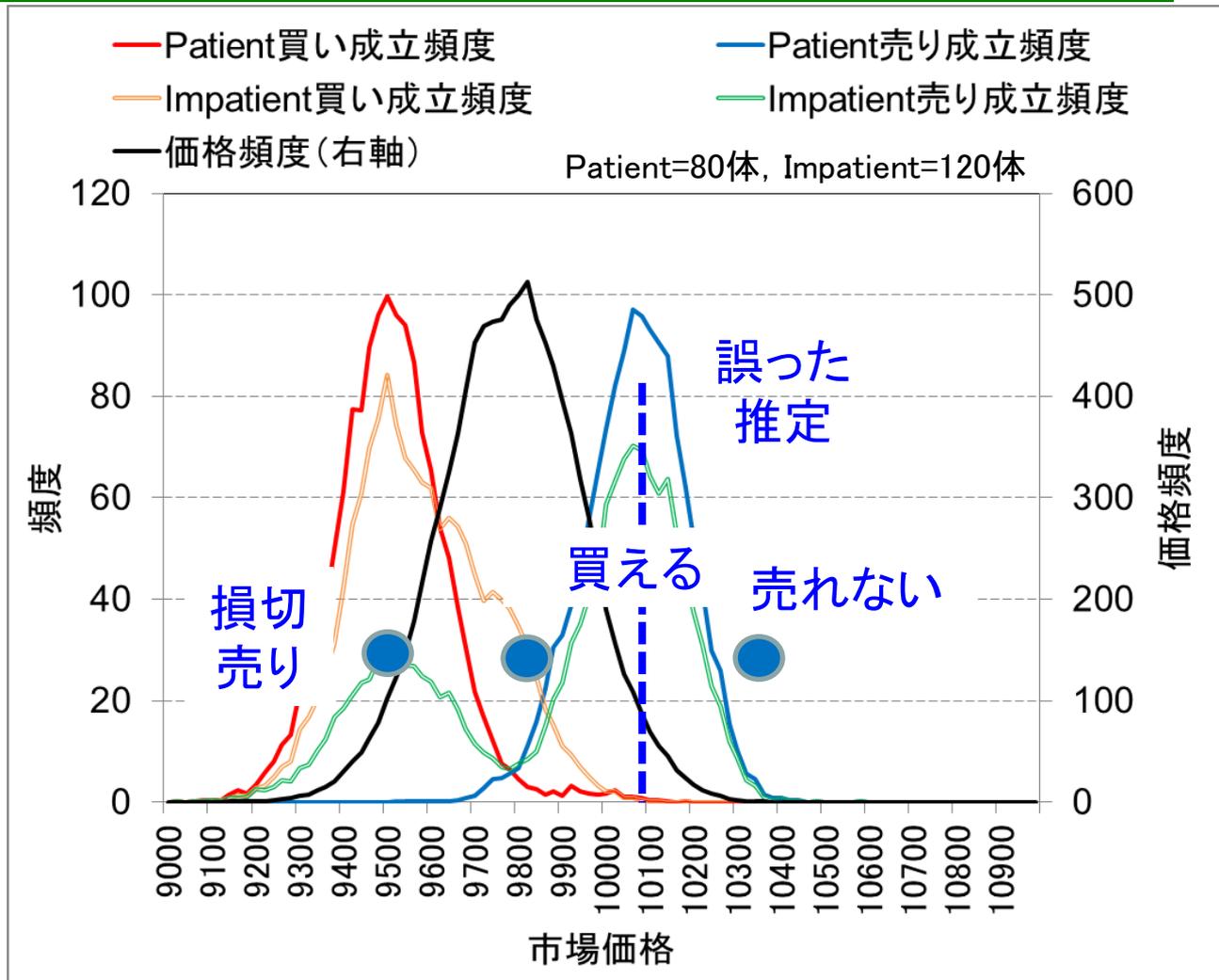
# 価格帯別 Patient & Impatientエージェント売買量(1/2)



Impatientは買うべきときに損切

Patientのみのときに比べ全体的に価格帯が低下

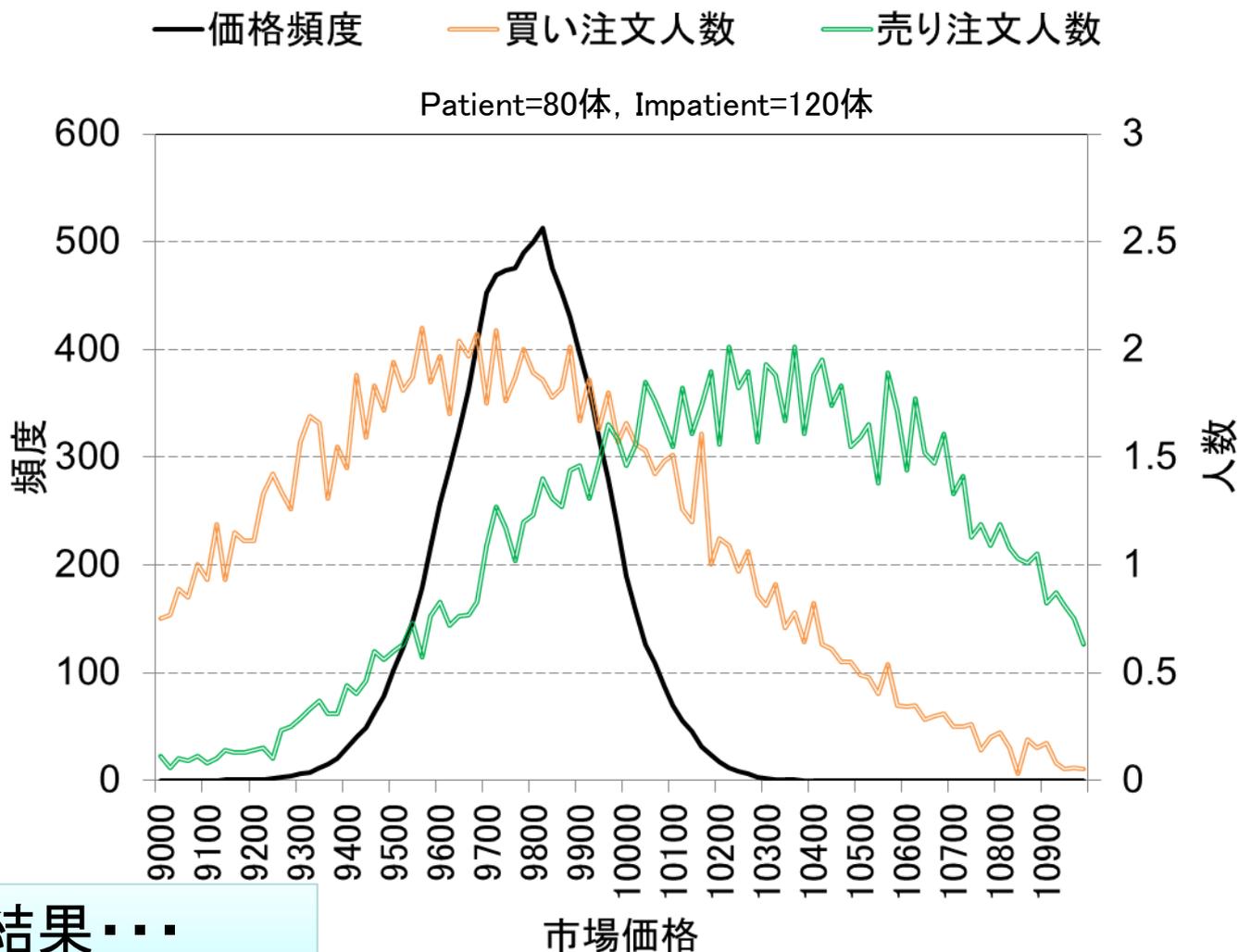
# 価格帯別 Patient & Impatientエージェント売買量(2/2)



割安でない購入と損切を繰り返す ⇒ 売買多い & 損してる

Patientなら持ちっぱなしで売らない

# 価格帯別 Patientエージェント注文数



## その結果...

売り注文がもっとも多い価格帯に市場価格が全く到達していない  
Impatientエージェントが存在することによる価格形成の変化が、  
Patientエージェントの売却機会を奪い利益を減らす

(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) まとめと今後の課題

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

.pdf [http://www.mizutakanobu.com/20171014x.pdf](http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.pdf)

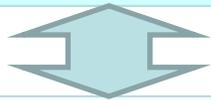
## まとめ

- ✓ 忍耐強い(Patient)および忍耐強くない(Impatient)アクティブ投資の特徴を反映した投資家を導入した人工市場モデルを構築
- ✓ 忍耐強いアクティブ投資はまれに起こる, 市場価格が市場価値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きのみによく売買を行い, 市場を効率化することに寄与していることを示した
- ✓ 市場価格の変動が大きくなると, 順張りのテクニカル投資家の注文はその変動をさらに大きくすることがあるが, 忍耐強いアクティブ投資の注文は, このような増幅を防いでいることも示した
- ✓ 忍耐強くない投資家が減り, 忍耐強い投資家が増えると, アクティブ投資の総利益のみならず, 投資家1人あたりの利益も増えることが分かった
- ✓ 忍耐強い投資家が増えることにより, 競争が増えて利益を奪い合うのではなく, 仲間が増えることにより売却したい価格に到達しやすくなり投資機会が増え利益を獲得しやすくなることが分かった
- ✓ 忍耐強いアクティブ投資は, 市場が効率的になると利益が減るといよりは, 市場が非効率すぎて利益が減るという側面もある

- ✓ 外部環境の変化によって明らかにファンダメンタル価値が変化する銘柄(シクリカル銘柄)や, ファンダメンタル価値より低い価格で取引され続けた銘柄(万年割安銘柄)など, さまざまな特徴をもつ銘柄について調べる
- ✓ このような特徴が異なる銘柄が複数存在する場合のシミュレーションも必要. 現実の忍耐強くないアクティブ投資は, インデックスとの比較で負け始めると, インデックスの保有割合に近づけてしまうという売買が行われている. インデックスにさまざまな特徴の銘柄が含まれており, それが重要かもしれない.
  - ⇒ モデルの大規模・複雑化が必要

## アクティブ投資 (ファンド)

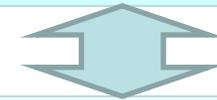
ファンダメンタル価格の発見



流動性を奪う

## パッシブファンド

価格発見しない



流動性を奪わない

一番知りたいのは両者の、、、

“大丈夫な割合” ⇔ “これを超えると危険な割合”

これを議論するために、両者の市場価格へ与える影響のメカニズムを知る必要がある

“資本主義の重要な機能である投資資本の適切な配分”が維持されるかどうかの重要な議論

重要な研究課題 & モデルの大規模化必須  
⇒ 多くの人に参加して欲しい

## 価格発見の 重要性

ジョン・マクミラン著「市場を創る」, 2007/3/29  
<http://www.nttpub.co.jp/search/books/detail/100001751>



1792年, この状況にチャンスを感じ取ったジョン・サットンという人物が, その当時は泥だらけの小道だった22番ウォールストリートで証券の取引を組織化した. サットンは売り手たちが毎朝持ってくる株券や債券を, お昼に手数料を取ってオークションで売った.

自身が証券取引事務所と呼んだ, サットンのオークションは, 現代の金融市場成長の口火を切り, ニューヨーク証券取引所にまで成長した. 変化は早かった. サットンのオークションは, 他の取引者たちがそれにただ乗りし始めたため, 当初の有効性を失った.

もぐりの商人たちが, 価格の推移を見るためだけにオークションに参加し, その後はもっと低い手数料で自ら証券の販売を行い, サットンからビジネスを奪っていった. このやり方はすぐに自己矛盾を露呈するものとなった.

サットンのオークションにおける取引量が少なくなりすぎて, そこでの価格が証券の真の価値を知るための有用な手引きとなくなってしまうからである.

発見された価格へのただ乗り問題は昔からある  
価格発見のコストを誰が担うのか

神は細部に宿る

この問題が資本市場を機能不全に陥れる可能性は否定できない

## 参考文献 -- 実証分析 --

- [Albagli 15] Albagli, E.: Investment horizons and asset prices under asymmetric information, Journal of Economic Theory, Vol. 158, Part B, pp. 787 – 837 (2015), Symposium on Information, Coordination, and Market Frictions
- [A.T.Kearney 16] A.T.Kearney, : The \$20 billion impact of the new fiduciary rule on the U.S. wealth management industry, A.T. Kearney study, Perspective for Discussion, A.T. Kearney, No. October (2016), <https://goo.gl/SA2EM9>
- [Bogle 14] Bogle, J. C.: The arithmetic of “ all-in ” investment expenses, Financial Analysts Journal, Vol. 70, No. 1, pp. 13–21 (2014), <http://www.cfapubs.org/doi/pdf/10.2469/faj.v70.n1.1>
- [Cremers 15] Cremers, M. and Pareek, A.: Short-Term Trading and Stock Return Anomalies: Momentum, Reversal, and Share Issuance\*, Review of Finance, Vol. 19, No. 4, p. 1649 (2015), <https://doi.org/10.1093/rof/rfu029>
- [Cremers 16] Cremers, M. and Pareek, A.: Patient capital outperformance: The investment skill of high active share managers who trade infrequently, Journal of Financial Economics, Vol. 122, No. 2, pp. 288–306 (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfineco.2016.08.003>
- [French 08] French, K. R.: Presidential Address: The Cost of Active Investing, The Journal of Finance, Vol. 63, No. 4, pp. 1537–1573 (2008), <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6261.2008.01368.x>
- [Pastor 16] Pastor, L., Stambaugh, R. F., and Taylor, L. A.: Do Funds Make More When They Trade More?, SSRN Working Paper Series (2016), <http://ssrn.com/abstract=2524397>
- [Suominen 11] Suominen, M. and Rinne, K.: A Structural Model of Short-Term Reversals, SSRN Working Paper Series (2011), <http://ssrn.com/abstract=1787270>
- [Wurgler 10] Wurgler, J.: On the Economic Consequences of Index Linked Investing, Working Paper 16376, National Bureau of Economic Research (2010), <http://www.nber.org/papers/w16376>
- [神山 17] 神山 哲也, 岡田 功太: アクティブ運用の苦境と資産運用業界再編の可能性－英ヘンダーソンと米ジャナス合併の事例－, 資本市場クォーターリー, 野村資本市場研究所, 冬号 (2017), <http://www.nicmr.com/nicmr/report/repo/2017/2017win10.html>

## 参考文献 -- 人工市場のレビュー --

- 水田孝信(2017) 金融ビッグデータと人工知能III 人工市場による市場制度の設計  
東京大学公共政策大学院経済物理学講義資料  
<http://www.slideshare.net/mizutata/20170804x>  
<http://www.mizutatakanobu.com/20170804x.pdf>
- 水田孝信(2017) 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  
博士論文, 東京大大学大学院工学系研究科  
<http://hdl.handle.net/2261/59875>
- Mizuta (2016) A Brief Review of Recent Artificial Market Simulation Studies for Financial Market Regulations And/Or Rules, SSRN Working Paper Series <http://ssrn.com/abstract=2710495>

こちらのスライドは以下からダウンロードできます

.pdf <http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.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

.pdf [http://www.mizutakanobu.com/20171014x.pdf](http://www.mizutatakanobu.com/20171014x.pdf)

# シミュレーションモデルの役割

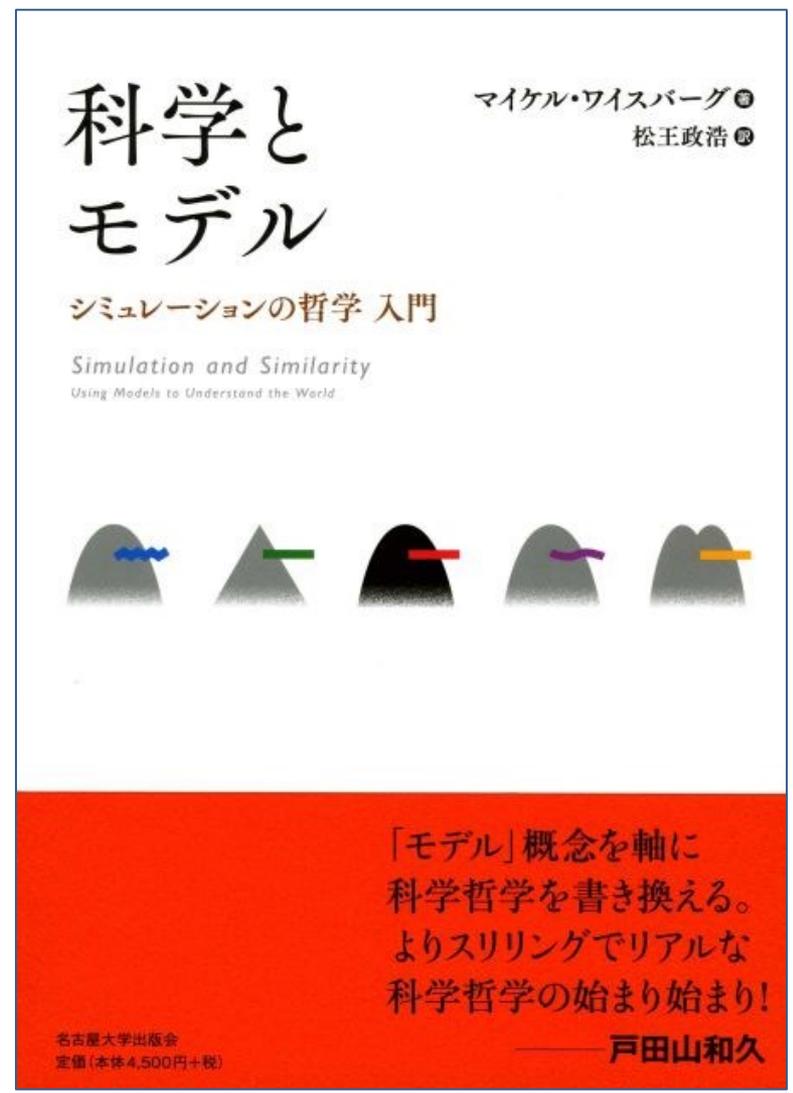
右の本は、“モデル”に関わっているすべての人に読んでほしいと思う。

そもそも“モデル”とは何なのか  
どういう役割があるのかを考察

この理解が不足しているため、  
不毛な議論が陥ることがしばしば

特に経済学の世界で、  
「シミュレーションモデルと  
数理モデルの役割の違い」  
に関する理解の欠如が顕著

シミュレーションモデルがどう役に  
立つのかほとんど理解されてない



科学とモデル シミュレーションの哲学 入門, 2017年  
<http://www.unp.or.jp/ISBN/ISBN978-4-8158-0872-3.html>

## \* 冒頭の扉の文

しばらくするとこの龐大な地図でもまだ不完全だと考えられ、地図学院は帝国と同じ大きさで、一点一点が正確に照応し合う帝国地図を作り上げた。西部の砂漠では、ぼろぼろになって獣や乞物の仮のねぐらと化した地図の断片がいまでも見つかることがある

## J.L.ボルヘス「汚辱の世界史」

\* モデリングとは、モデルの構築や分析を通じて、現実世界を間接的に研究する手法のことである

\* 多くの例からわかるように、モデリングは必ずしも現実世界の完全な表現を目指しているわけではない。(中略)。むしろ彼らが力を入れていたのは、背景システムのどんな特徴が、自らの探求に対して特に重要となるのかを突き止めることだった。

\* 細胞の教科書モデルは実際の細胞に比べて抽象的であり、同時に理想かもされていると指摘する。抽象的だというのは、それがいかなる特定の種類の細胞とも違うからである。標準モデルは、すべての真核細胞が共有する性質をもったモデルである。このことと関連するが、理想化されているというのは、それが汎化される事でモデルのある部分が現実の細胞に対して歪められているからである。

# モデルの役割

投資家  
Aさん

投資家  
Bさん

投資家  
Cさん

注目している現象に対して、  
本質的な性質(行動・手続き)のみ継承

注目している現象が違えば、  
本質的な性質も異なり  
モデルも異なる

投資家  
モデル

投資家を理解するための  
世界に一人もない投資家

例:ファッションモデル:服を理解  
モデルルーム:部屋を理解

本質的な性質(行動・手続き)が、注目している現象に対して、  
どのような役割を果たし、どのようにマクロに影響を与えているか理解する

投資家Aさん、Bさん、、、の再現が目的ではない、  
投資家の本質を理解することが目的

注目している現象ごとに良いモデルは異なる

# シミュレーションモデルにはできて数理モデルにはできないこと

\* ある現象を説明するために数値計算(シミュレーション)モデルが持ち出されるとき、たいていは、遷移規則やアルゴリズムが説明項として用いられる。シェリングは、小さな心の傾向を反映した小さな意思決定が集まると、大規模な人種分離の人口統計につながることを指摘し、人種分離に関する説明を行った。そこではモデル状態の時系列やモデルの最終的な平衡状態などは、いずれも説明力を持っていない。説明には、アルゴリズムそのものが必要なのである。

アルゴリズム: 自分と同じ人種が隣にいる割合が30%から100%の間ならばこれを気にかけず、30%未満になると不満になる

## 19 第2章 三つの種類のモデル

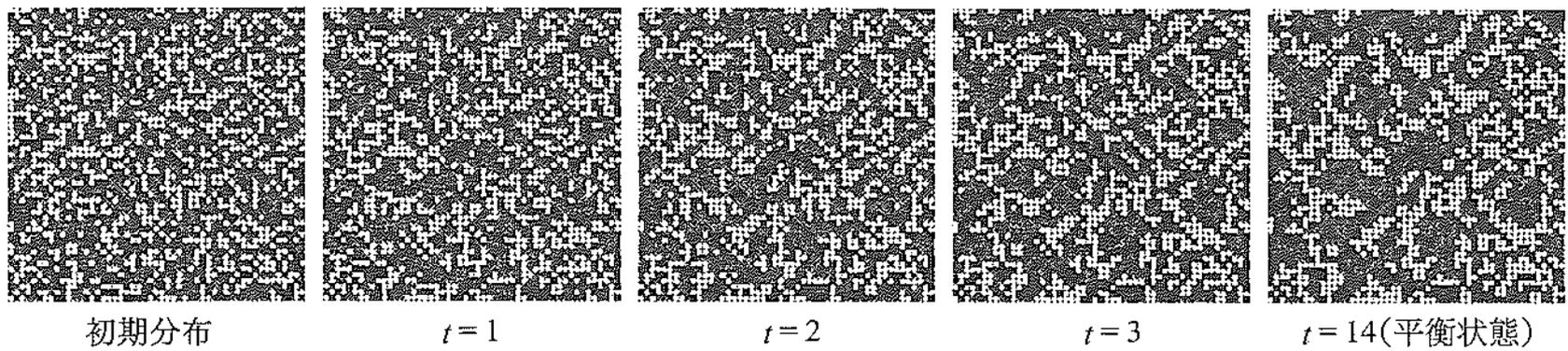


図 2.2 シェリングの人種分離モデルの例。51 × 51 の格子に 2000 の行為者が配置されたもの。各行為者は、ムーア近傍の 30% が同じ色、形であることを好む。行為者の初期の分布はランダムで、14 の時間ステップ後にモデルは平衡状態となった

# シミュレーションモデルの役割

ミクロプロセス：投資行動、取引所ルール  
マクロ現象：価格形成  
の関係が知りたい

数理モデル  
マクロモデル  
このみ扱える

- A国 株式市場
- A国 債券市場
- B国 株式市場

本質的な性質のみ再現

価格形成  
(シミュレーション結果)

注文  
突合せ  
(アルゴリズム  
の集積)

取引所  
モデル

ルール  
変更

投資  
行動  
(アルゴリズム)

投資家  
モデル

本質的な性質のみ継承

- 投資家 Aさん
- 投資家 Bさん
- 投資家 Cさん

これらの  
関係が  
知りたい!