

JPXワーキング・ペーパー【要約版】

Vol. 17, 2016年12月8日

人工市場シミュレーションを用いた バッチオークションの分析

水田 孝信 スパークス・アセット・マネジメント 株式会社

和泉 潔 東京大学大学院工学系研究科

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。

JPXワーキングペーパー URL:

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

(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

(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

バッチオークション: 良い

市場高速化: 投資家同士の取引のスピード競争を招き, その競争のために費やされたシステムコストは取引コストとして他の投資家に転化されている

Budish et al.(2015)

高速な取引の優位性を無効にする「バッチオークション方式」を提案



対立

バッチオークション: 悪い

市場高速化: 流動性を供給して利益を得るマーケットメーカー戦略の注文量が以前より増え流動性が向上した

大境(2014)

「バッチオークション方式」では, マーケットメーカー戦略は損益のリスクが高くなるため継続することが難しくなり, 流動性の供給が減ってしまい, むしろ投資家の取引コストが上昇する

実証研究の困難

- ✓ ゼラバ方式からバッチオークション方式への変更という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、実証研究では制度の違い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

- ✓ 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

人工市場モデルの特徴と貢献

(エージェント・ベースド・モデル)

- ✓ 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

- ✓ さまざまなケースでのシミュレーションを行い、これまで予想されていなかった、“あり得る”メカニズムでの現象を見つけておく
- ✓ 規制や制度の変更が、どのようなメカニズムで価格形成に影響を与え、どのようなことが起こり得るのかという知識獲得が目的
- ✓ 金融市場でこれから実際におこる現象を定量的にも忠実に再現することが目的ではない

- ✓ 多くの人工市場モデルが新しい金融市場の規制や制度、新しい方式の市場を分析し、どのような規制や制度が良いかという議論に貢献 (Mizuta 2016, 水田 2014)
- ✓ 学术界のみならず金融の規制当局や取引所関係者も、金融市場の規制や取引所の制度などを分析する人工市場シミュレーションに興味を示し始めている

Battiston et al. (2016) SCIENCE掲載(NATURE誌と並んで最も権威がある学術雑誌)

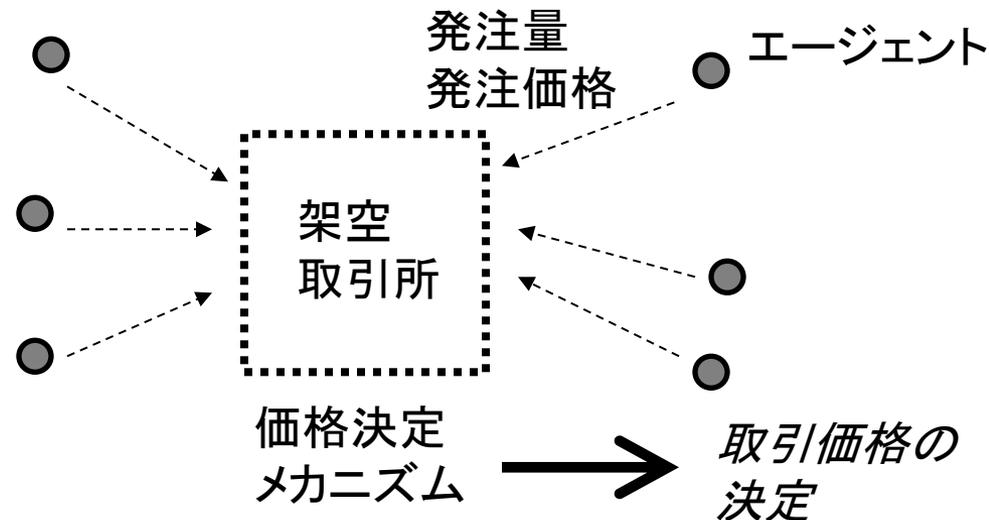
- ✓ 2008年の金融危機以降、経済や金融市場を理解するために、ネットワーク理論や(人工市場モデルを含む)エージェントベースドモデルといった複雑系理論を用いた手法に関心が集まってきている。
- ✓ 金融の複雑系に潜む正のフィードバック現象を弱くし金融システムの安定化させるような、政策や規制はどのようなものかの知見を得られる。

人工市場モデルの構成

(エージェント・ベースド・モデル)

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(架空の投資家)
計算機プログラムで表現された仮想的な取引参加者
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(架空の取引市場)
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



(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

2.1 価格決定メカニズム

板寄せ間隔 δt を導入

ザラバ方式($\delta t=1$)とバッチオークション方式($\delta t>1$)が比較可能

	新規注文 時刻 t=0			売り 99 t=1			買い 100 t=2			買い 101 t=3			売り 98 t=4					
	売り	価格	買い	売り	価格	買い	売り	価格	買い	売り	価格	買い	売り	価格	買い			
ザラバ方式 $\delta t=1$	1	101		1	101		1	101		1	101	1			101			
	1	100		1	100		1	100	1		100				100			
		99	1	1	99	1		99			99				99			
		98	1		98	1		98	1		98	1	1	98	1			
				即座に 取引成立						即座に 取引成立						即座に 取引成立		
バッチオーク ション方式 $\delta t=4$	1	101		1	101		1	101		1	101	1	1	101	1			
	1	100		1	100		1	100	1	1	100	1	1	100	1			
		99	1	1	99	1	1	99	1	1	99	1	1	99	1			
		98	1		98	1		98	1		98	1	1	98	1			
				取引成立 させない						取引成立 させない						特定の時刻が 来ると取引成立		

取引成立注文数量、残った注文、取引(見込)価格(P_t) ← 異なる結果

P_t : 取引(見込)価格: 仮にその時刻に板寄せした場合の価格

2.2.1 ノーマルエージェント (NA)

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

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

テクニカル

各NAの
予想リターン

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

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

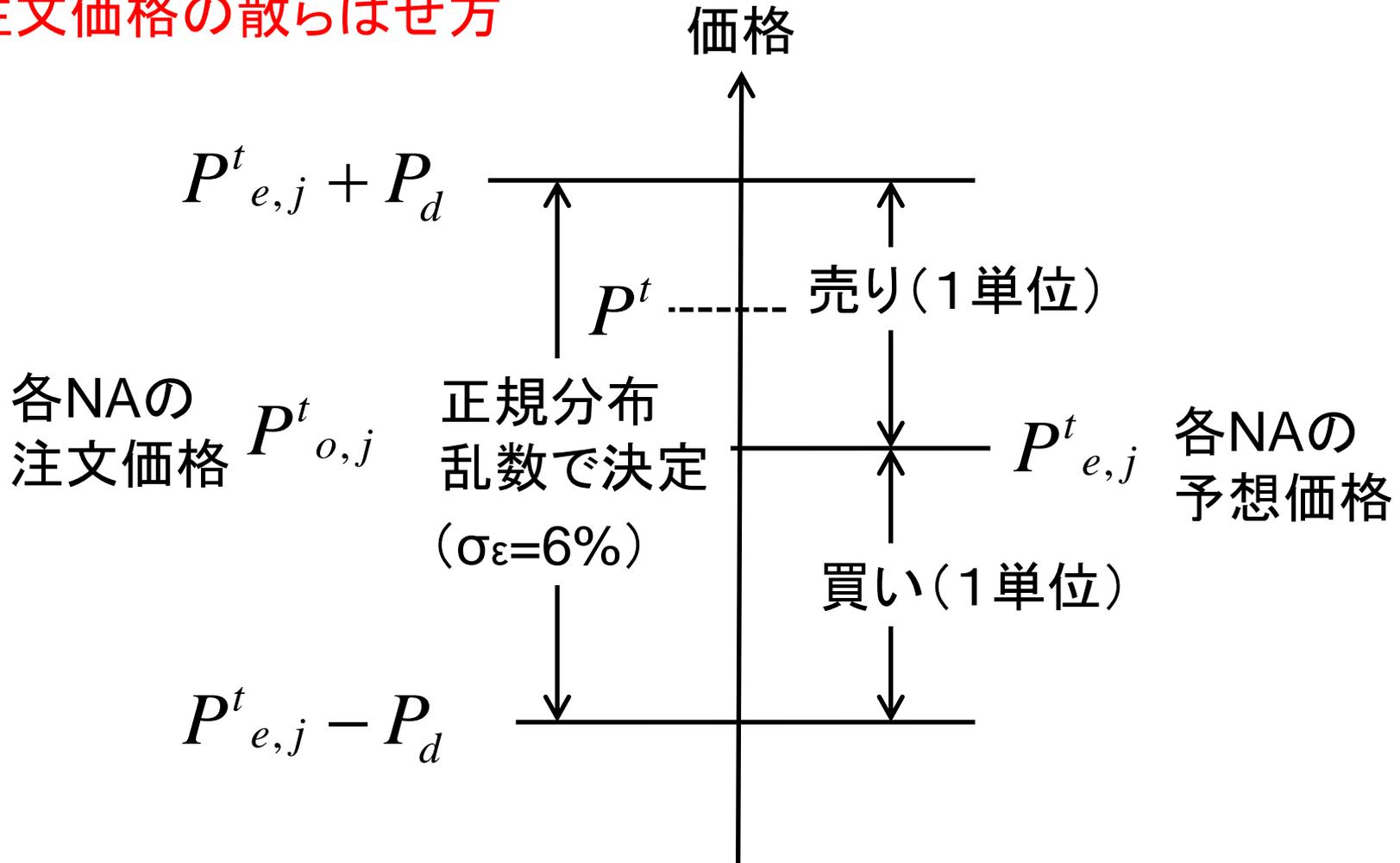
ε_j^t
正規乱数
平均0
 $\sigma=3\%$

各NAの
予想価格

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

売り買いの決定

注文価格の散らばせ方



多くの待機している注文(指値注文)を再現するため
注文価格は予想価格を中心にある程度散らばせる

2.2.2 マーケットメーカーエージェント(MM)

売り・買い2つの注文を同時に出す

	売り	価格	買い
		10011	
	1	10010	
↑		10009	
		10008	
↓		10007	
		10006	← P_{fair}
		10005	↑
←		10004	← P_{spread}
		10003	↓
	10002	1	
	10001		
	10000		

板寄せまで毎時刻注文を入れる

売り	価格	買い
1	10011	
1	10010	
	10009	
	10008	
	10007	
	10006	← P_{fair}
	10005	
	10004	
	10003	1
	10002	1
	10001	
	10000	

- ✓ 売り・買い2つの注文を同時に出す
 - 買い: $P_{fair} + P_{spread}$
 - 売り: $P_{fair} - P_{spread}$
- ✓ 毎期注文を入れる → 板寄せ直後に全て注文をキャンセル

通期の総注文数量は板寄せ間隔に依存しない(流動性供給量は不変)

4種類のMM

- ✓ シンプルMM

$$P_{fair} = P^t$$
 在庫(ポジション)リスク大きく非現実的
- ✓ ポジションMM[草田ら2015]

$$P_{fair} = (1 - kS^3)P^t$$
 S: MMのポジション, k:定数
 オーバーナイトの在庫リスクがある点は非現実的
- ✓ ポジションMM3, ポジションMM4[オリジナル]
 1日(20,000期間)の最後2,000期間:ポジションをゼロにする取引
 オーバーナイトのポジションをなくす

ポジションMM3

ポジションが増加する注文を出さない

最後 ΔT_{end} 期間、売り持ちの場合

売り	価格	買い
✕	10011	
出さない ↑	10010	
	10009	← P_{fair}
	10008	
	10007	1

ポジションMM4

ポジションが減少する注文を反対側の価格で出す

最後 ΔT_{end} 期間、売り持ちの場合

売り	価格	買い
	10011	1 ←ここに出す
	10010	
	10009	← P_{fair}
	10008	
	10007	

(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

3.1 注文スプレッド (Pspread) と取引成立率

MMの取引成立率	Pspread/Pf			
	0.03%	0.10%	0.30%	1.00%
1(ザラバ方式)	8.06%	1.53%	0.00%	0.00%
2	6.30%	0.88%	0.00%	0.00%
5	3.93%	0.37%	0.00%	0.00%
10	2.47%	0.14%	0.00%	0.00%
δt	20	1.49%	0.02%	0.00%
	50	0.77%	0.00%	0.00%
	100	0.48%	0.00%	0.00%
	200	0.32%	0.00%	0.00%
	500	0.21%	0.00%	0.00%
	1000	0.22%	0.00%	0.00%

MMの種類: ポジションMM4

δt が大きくなる(バッチオークションになる)とMMの取引成立率が減少

流動性供給が減少

3.2 MMの種類ごとのポジション

$\ S\ $ の平均	シンプルMM		ポジションMM		ポジションMM3		ポジションMM4	
	全期間	1日の 終わりのみ	全期間	1日の 終わりのみ	全期間	1日の 終わりのみ	全期間	1日の 終わりのみ
δt 1(ザラバ方式)	12,357	12,371	3.18	3.08	2.90	0.00	2.89	0.00
2	17,422	17,441	3.10	3.25	2.79	0.00	2.79	0.00
5	4,409	4,414	3.87	3.95	3.48	0.00	3.48	0.00
10	1,744	1,744	4.44	4.34	4.01	0.02	3.96	0.00
20	548	548	4.84	4.71	4.52	0.78	4.35	0.00
50	384	385	5.27	5.14	5.02	2.63	4.63	0.00
100	369	370	5.57	5.51	5.56	4.26	4.80	0.00
200	174	174	5.91	6.11	5.92	5.69	4.38	0.00
500	72	71	5.75	6.06	5.70	5.81	2.32	0.03
1000	290	290	5.94	6.11	5.61	5.80	1.76	0.06

$P_{spread}/P_f = 0.03\%$

δt が大きくなる(バッチオークションになる)と
ポジションMM4でしかポジションをゼロにすることができない

3.3 最終損益

	MMの最終損益 /Pf	S の平均		MMの 取引成立率	NAの 取引成立率
		全期間	1日の 終わりの のみ		
1(ザラバ方式)	51.98	2.89	0.00	8.1%	39.1%
2	-29.42	2.79	0.00	6.3%	39.1%
5	-14.90	3.48	0.00	3.9%	37.6%
10	-4.08	3.96	0.00	2.5%	36.3%
20	1.51	4.35	0.00	1.5%	34.9%
50	3.68	4.63	0.00	0.8%	33.4%
100	2.53	4.80	0.00	0.5%	32.5%
200	0.93	4.38	0.00	0.3%	31.8%
500	-0.06	2.32	0.03	0.2%	31.0%
1000	-0.10	1.76	0.06	0.2%	30.5%

δt

MMの種類: ポジションMM4, Pspread/Pf = 0.03%

δt が大きくなる(バッチオークションになる)と
利益をあげられない、または損をしている

マーケットメーカー戦略は継続困難

(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

まとめ

- 人工市場シミュレーションを用いて、マーケットメーカー戦略がバッチオークション方式においても流動性を供給し続けることができるか調査
- バッチオークション方式のとき、マーケットメーカー戦略はリスクに見合った収益をあげるのが難しくなる可能性を示唆
- その結果、マーケットメーカー戦略が撤退することにより、流動性が低下する可能性を暗示

今後の課題

- バッチオークション方式に適したマーケットメーカー戦略の検討
- 板が薄い銘柄、そもそもマーケットメーカー戦略があまり参加していない銘柄の場合の調査

* Budish et al.(2015)

The high-frequency trading arms race: Frequent batch auctions as a market design response, The Quarterly Journal of Economics, 130 (4), 1547–1621. <http://qje.oxfordjournals.org/content/130/4/1547.abstract>

*大境 (2014)

米国市場の複雑性とHFTを巡る議論, JPXワーキング・ペーパー(特別レポート), 日本取引所グループ.

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

* Mizuta (2016)

A Brief Review of Recent Artificial Market Simulation (Multi-Agent Simulation) Studies for Financial Market Regulations and/or Rules, SSRN Working Paper Series. <http://ssrn.com/abstract=2710495>

* 水田 (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 博士(工学)論文 <http://hdl.handle.net/2261/59875>

* Battiston et al. (2016)

Complexity theory and financial regulation—Economic policy needs interdisciplinary network analysis and behavioral modeling—, Science 19 Feb 2016, Vol. 351, Issue 6275, pp. 818–819.

<http://science.sciencemag.org/content/351/6275/818>

* 草田ら (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, JPXワーキング・ペーパー(8), 日本取引所グループ. <http://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/>