人工市場シミュレーションを用いた ダーク・プールによる市場効率化の分析

<u>水田 孝信</u> スパークス・アセット・マネジメント株式会社

小杉 信太郎

楠本 拓矢

松本 渉

野村證券株式会社

和泉 潔

東京大学大学院工学系研究科

科学技術新興機構 CREST

この資料は以下のサイトで閲覧、ダウンロードできます:

今日のおはなし

- (1)はじめに:ダーク・プールとは?
- (2)人工市場シミュレーションモデル
- (3)結果1:ビット・アスク・バウンスの低減
- (4)結果2:板の厚み増加による市場効率化
- (5)実データとの比較
- (6)まとめ

今日のおはなし

- (1)はじめに:ダーク・プールとは?
- (2)人工市場シミュレーションモデル
- (3)結果1:ビット・アスク・バウンスの低減
- (4)結果2:板の厚み増加による市場効率化
- (5)実データとの比較
- (6)まとめ

ダーク・プールとは?

<u>ダーク・プール</u>

- ・注文を公開せず、他の市場での取引価格を使って取引する市場
- 欧米のみならず日本でも普及し始めている[SEC 10]
- ・マーケット・インパクトを低減したい大口売買を行う投資家にニーズ

マーケット・インパクトを与える注文が減るため 市場が安定化? [Johnson 10]



価格決定を行わない市場であるため、 市場の価格発見機能が低下し<u>市場非効率化?</u> [EC 10, Ye 12]

欧州: MiFID II: ダーク・プールへの売買代金キャップ規制 (8%ルール)が導入 [Bowley 14]

ダーク・プールに必要な議論

これまでの議論:ダーク・プールは「あり」か「なし」かの二者択ー → どれくらいが適切か?という議論が必要

ダーク・プールがこれ以上普及したらどうなるか?

- → まだ一度も起きていないこと: 実証研究ではできない 価格形成に関してダーク・プールの効果だけを取り出す
 - → さまざまな要因が複雑:実証研究では困難

人工市場シミュレーション

人工市場を用いた先行研究: [水田ら 14]、[Mizuta et. al. 14] マーケット・インパクトの分析が主、市場効率性は議論していない

今日のおはなし

- (1)はじめに:ダーク・プールとは?
- (2)人工市場シミュレーションモデル
- (3)結果1:ビット・アスク・バウンスの低減
- (4)結果2:板の厚み増加による市場効率化
- (5)実データとの比較
- (6)まとめ

エージェント(投資家モデル)モデル

Chiarella et. al. [2009]

-)リット市場(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heterogeneousなノーマル・エージェント

を想りターン
$$r_{e,j}^{t} = \frac{1}{\sum_{i} w_{i,j}} \left(w_{1,j} \log \frac{P_f}{P^t} + w_{2,j} r_{h,j}^t + w_{3,j} \mathcal{E}_j^t \right)$$
 戦略ウエイト エージェント

ファンダメンタル テクニカル ノイズ ごとに異なる

マイクロ・ストラクチャーの再現も必要 (オリジナル)

約定件数やキャンセル率、1日の騰落率の標準偏差 板の形状、など短期のマイクロストラクチャーの性質

ダーク・プールの選択はアルゴリズムが自動で行っている

ダーク・プール・モデル

ダーク・プールのモデル化

リット (ザラバ)

売り	価格	買い
84	101	
176	100	
	99 – -	2==
	98	77

ダーク プール

売り	買い
	175

仲値: (100+99)/2=99.5

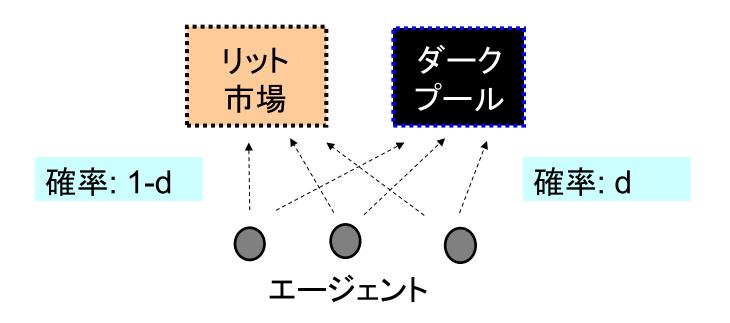
で取引

<u>リット(ザラバ)</u>: 売買の別、価格、株数、を指定 ⇒ ザラバ

<u>ダーク・プール</u>: 売買の別、株数、のみ指定

⇒ 取引価格=仲値:リット市場の最良買い(売り)価格の平均 売り買いのどちらかのみに注文が残る

市場の選択方法



確率dでダーク・プールへ注文を出す

d:ダーク・プールへの注文配分比率

市場非効率性

市場非効率性 = 市場価格 - ファンダメンタル価格 の平均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 ファンダメンタル価格を外から与えられる人工市場ならでは

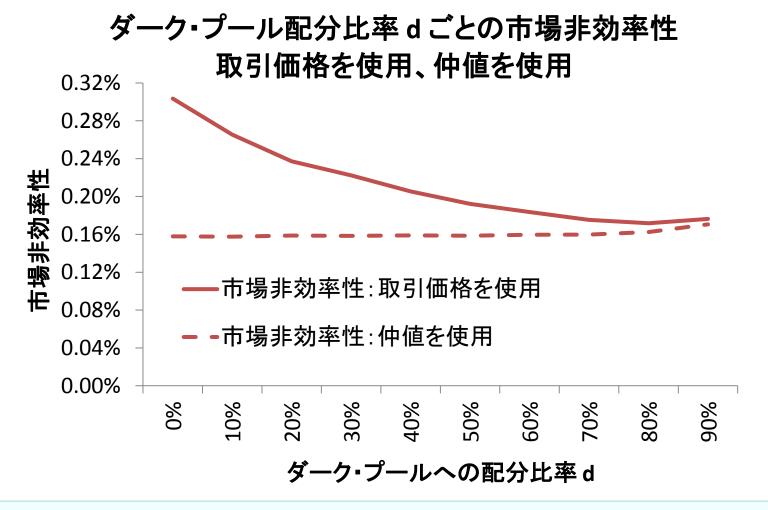
推定ではない理想的な市場(非)効率性の定義が可能

今日のおはなし

- (1)はじめに:ダーク・プールとは?
- (2)人工市場シミュレーションモデル
- (3)結果1:ビット・アスク・バウンスの低減
- (4)結果2:板の厚み増加による市場効率化
- (5)実データとの比較
- (6)まとめ

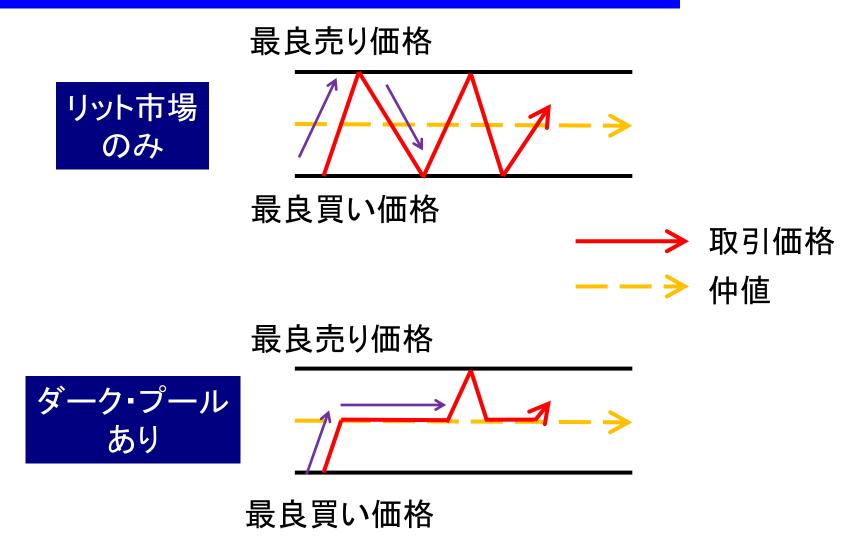
市場価格に、仲値を使用

⇒ ビット・アスク・バウンス(BAB)効果を取り除いた値



ダーク・プールの普及でBAB効果が低減 後述のSORがなければBAB低減以外の効果は無い

ビット・アスク・バウンス(BAB)の低減効果



BABの頻度を減らし、1回あたりの価格変動幅も半分程度に

今日のおはなし

- (1)はじめに:ダーク・プールとは?
- (2)人工市場シミュレーションモデル
- (3)結果1:ビット・アスク・バウンスの低減
- (4)結果2:板の厚み増加による市場効率化
- (5)実データとの比較
- (6)まとめ

指値注文と成行注文について

本研究での定義

リットへの注文は必ず価格を指定



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

SOR(Smart Order Routing)の導入 本研究での定義

リット (ザラバ)

売り	価格	買い
84	101	
176	100	
	99	2
r	98	77

ダーク プール



99.5円

指值

成行でダーク・プールに対当する注文が無い

確率dでダーク・プールへ注文を出す

成行でダーク・プールに対当する注文がある

必ずダーク・プールへ注文を出す

まずダーク・プールに注文して取引が成立しなければ リットへ注文するということは、実務上よく行われている

リットへの成行注文(価格影響がある注文)がより減少

注文の配分例

リット (ザラバ)

売り	価格	買い
84	101	
176	100	
	99	2
,	98	77

ダーク プール

売り	買い
	175

99.5円

- (1) 99円の売り:ダーク・プールへ
- (2) 100円の売り: 確率dでダーク・プールへ
- (3) 100円の買い:確率dでダーク・プールへ
- (4) 99円の買い:確率dでダーク・プールへ

(1)によって、マーケット・インパクトがある注文が ダーク・プールへ吸収される

ダーク・プール配分比率 d ごとの市場非効率性とリット成行/リット指値 SORありとSORなし 仲値を使用 0.32% 45% 40% 0.28% 35% 0.24% 30% 埋 0.20% 市場非効率性 25% 0.16% 20% 0.12% 15% 0.08% 10% 0.04% 5% 0.00% 0% 40% %0 10% 30% 20% %06 20% 80%

ダーク・プールへの配分比率 d

---市場非効率性: SORあり

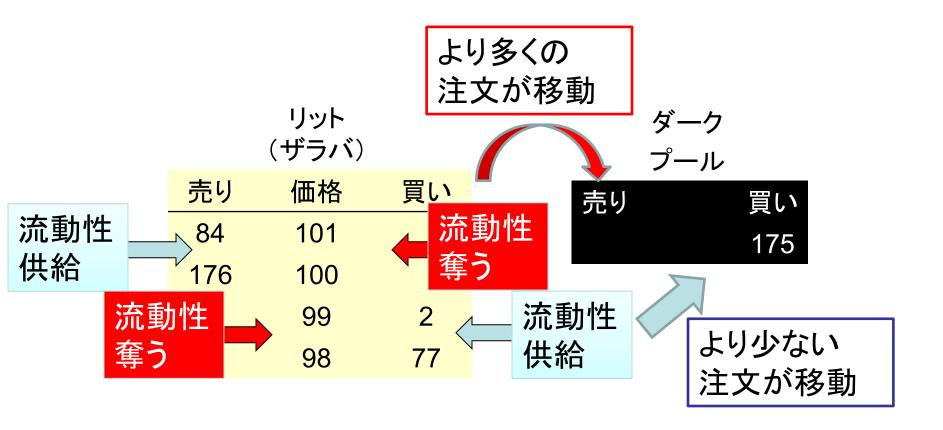
- 市場非効率性: SORなし

---リット成行/リット指値: SORあり

---リット成行/リット指値: SORなし

ある程度のダーク・プールの普及は市場を効率化する リットへの成行注文の量(←キーパラメーター)の減少が理由

市場が効率化するメカニズムとキーパラメーター(1/2)



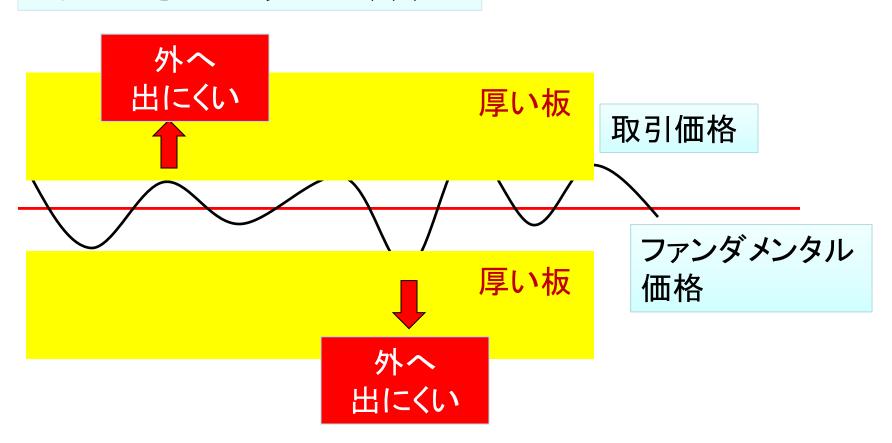
キーパラメーター: リット成行注文数/リット指値注文数

ダーク・プールは価格を指定しないため、指値注文が広がらず 結局取引されずキャンセルされてムダになる指値注文が少ない

市場が効率化するメカニズムとキーパラメーター(2/2)

キーパラメーター: リット成行注文数/リット指値注文数

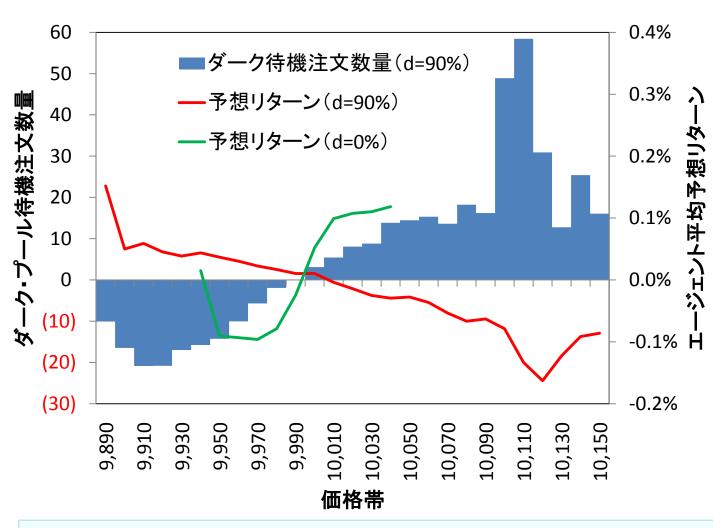
これが小さいということは、、、



板が厚くなり、ファンダメンタル価格からの乖離がしづらくなる

⇒ 板の厚み増加による市場効率化

価格帯別ダーク・プール待機注文数量 および、エージェント平均予想リターン

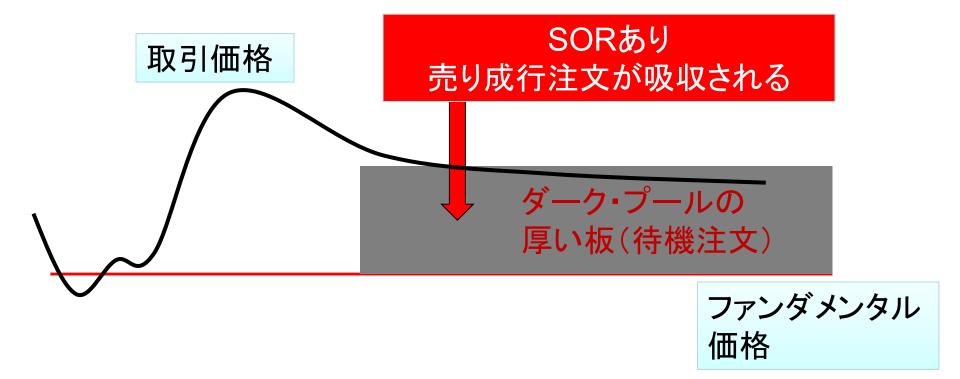


高すぎるダーク・プールの普及は ファンダメンタル価格へ回帰する動きを妨げる ダーク・プール待機注文が多く存在する

市場が非効率化するメカニズムと非効率化の条件(1/2)

ファンダメンタル価格より高く乖離している

ダーク・プールに買い注文が多く待機



ファンダメンタル価格へ収束する売り成行注文が SORにより、すべてダーク・プールへ吸収される

⇒ 乖離の解消に時間がかかり非効率化

市場が非効率化するメカニズムと非効率化の条件(2/2)

D:ダーク・プール取引量シェア

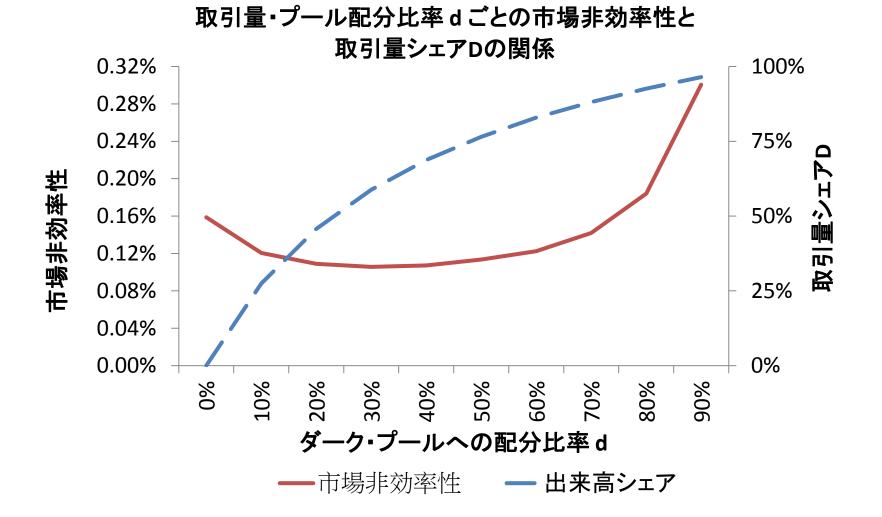
注文配分量dではない

s: 非効率化に恒常的に必要なダーク・プールの待機数量を 平均注文株数(=本研究では1)で割ったもの

手計算	S	D	S	D
$\varsigma - 1$	1	0.0%	6	55.6%
$D > \frac{3}{1}$	2	20.0%	7	60.0%
s+3	3	33.3%	8	63.6%
	4	42.9%	9	66.7%
	5	50.0%	10	69.2%

sはいくつなのかは別の議論必要(手計算できる?) シミュレーション結果はs≥5(D>50%)を示唆 ⇒ 直感的な水準と整合的では?

不等式の導出詳細は以下の巻末の補足資料



ダーク・プールの取引量シェアが50%を超えると効率化しなくなる s≥5(D>50%)を示唆

今日のおはなし

- (1)はじめに:ダーク・プールとは?
- (2)人工市場シミュレーションモデル
- (3)結果1:ビット・アスク・バウンスの低減
- (4)結果2:板の厚み増加による市場効率化
- (5)実データとの比較
- (6)まとめ

シミュレーション

比較できるシミュレーション結果

BABを低減

シミュレーション結果1

リットの板の厚み増加

シミュレーション結果2

比較できないシミュレーション結果

板の厚み増加による市場効率化 シミュレーション結果2'

ファンダメンタル価格が分からない

普及しすぎの弊害

シミュレーション結果2'

現実ではそこまで普及していない

データ

日本株式市場における日中の板データ

期間:2014年6月毎営業日

対象銘柄: TOPIX100採用銘柄

- ・ダーク・プール取引量シェア= ダーク・プール取引量(21日)/リット取引量(21日)
- ・ダーク・プール取引量= TOSTNETの単一銘柄取引のうち3000万円以下のもの
- リット = 東京証券取引所
- ・ 実効スプレッド
 - = | 直近約定価格—仲値 | ×2≒ ビット・アスク・スプレッド
- 最良気配株数
 - = 最良気配に置かれている1日の平均株数×21日

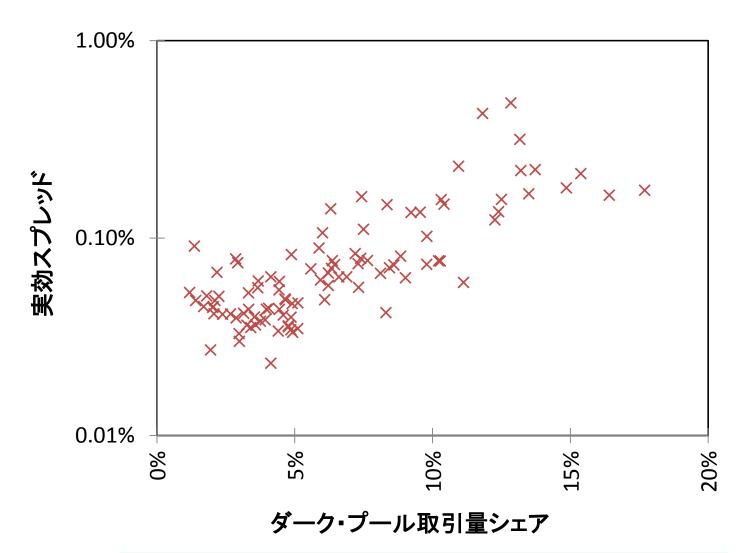
BABを低減

実データではBAB低減は直接測定できない

⇒ 工夫が必要

実効スプレッドが大きい銘柄 縦軸 BABが大きい ダーク・プールはBABを低減 シミュレーション結果1 ダーク・プールを使いたい ダーク・プール取引量シェアが高い 横軸

ダーク・プール取引量シェアごとの実効スプレッド



"ダーク・プールはBABを低減"と整合的
⇒ シミュレーション結果1と整合的

リットの板の厚み増加

ダーク・プール取引量シェアが高い

縦軸

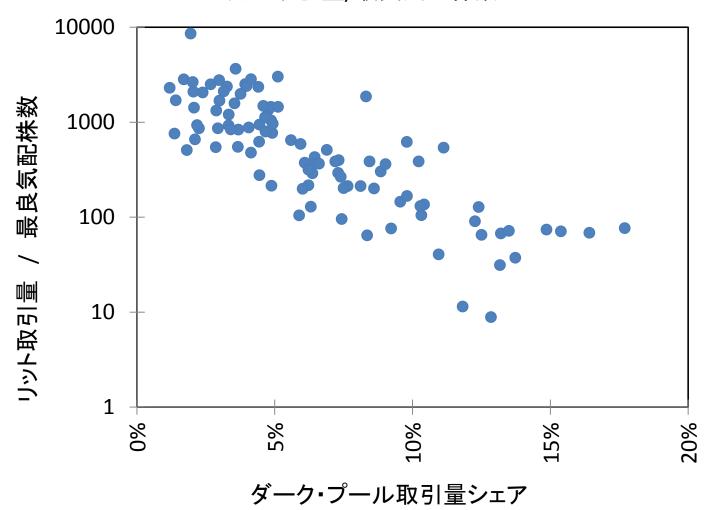


リットの板の厚み増加 シミュレーション結果2

リット取引量 / 最良気配株数 が低い

横軸

ダーク・プール取引量シェアごとの リット取引量/最良気配株数



"ダーク・プールの使用が増えるとリットの板の厚み増加"と整合的
⇒ シミュレーション結果2(の一部)と整合的

今日のおはなし

- (1)はじめに:ダーク・プールとは?
- (2)人工市場シミュレーションモデル
- (3)結果1:ビット・アスク・バウンスの低減
- (4)結果2:板の厚み増加による市場効率化
- (5)実データとの比較
- (6)まとめ

まとめ

- ダーク・プールはビット・アスク・バウンスを低減
- ある程度のダーク・プールの普及は市場を効率化
 - ⇒ リットへ出される成行注文(マーケット・インパクトがある注文が 減少するため
- ダーク・プールの普及しすぎは市場を非効率にする
 - ⇒ ファンダメンタル価格へ回帰する動きを妨げる 待機注文がたまるため
- 市場を非効率化する水準は、

$$D > \frac{s-1}{s+3}$$

s≥5(D>50%)を示唆

実データとの比較を行い上記の一部を確認できた

課題

- sはどのように決まるか議論 ← <u>手計算可能?</u>
- リット市場とダーク・プールの使い方に差が無いモデル ↑実際には大きい取引はダーク・プールにしか 出さないなどの工夫がある
- 詳細な実証分析 ← 今回は簡便な比較にとどまった
- MiFID II の8%ルールが厳しすぎるのかどうか議論

ご清聴ありがとうございました

この資料は以下のサイトで閲覧、ダウンロードできます:

35

補足資料

この資料は以下のサイトで閲覧、ダウンロードできます:

(A) 買い注文と売り注文の"ゆらぎ"の大きさについて

買い注文と売り注文の発生確率は1/2ずつである。(Poの決め方より) 今、全部でn個の注文があった場合、買い注文の数は1標準偏差の誤差も含めると

$$\frac{n}{2} - \frac{\sqrt{n}}{2} \sim \frac{n}{2} + \frac{\sqrt{n}}{2}$$

の範囲となる。(一般的なの話) 今、買い注文が1標準偏差多い方に偏る状況を考える。 全注文のうちの買い注文が占める割合は、

$$\frac{\left(\frac{n}{2} + \frac{\sqrt{n}}{2}\right)}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2s} \quad \cdots (1)$$

ただし、

$$s = \sqrt{n}$$

であり、sは買い注文と売り注文の差である。

(B) d(ダーク・プールへの注文配分比率)とD(ダーク・プール取引量シェア)

k: リットの約定率=成行注文数量/(成行注文数量+指値注文数量) とすると、

リットでの取引量(率): (1-d)k

ダーク・プールでの取引量(率): d/2

(↑指値はほぼ取引成立しているため、指値数量=成行数量となるので) とすると、

D=リットでの取引量/(リット+ダーク・プールの取引量) =d/2/((1-d)k+d/2)

$$D = \frac{d}{2(1-d)k+d}$$

これを変形して、

$$k(1-d) = d\frac{(1-D)}{2D}$$
 ...(2)

(C) ダーク・プールへの買い注文と売り注文の数量差 今、買い注文が1標準偏差多い方に偏る状況を考える。 (1)より買いと売りの注文確率は、それぞれ、1/2+1/(2s)、1/2-1/(2s)、 リット、ダーク・プールへの注文確率は、(1-d)、d リットでの成行と指値の確率は、k、(1-k)、 これらをまとめると下記の表のようになる。

		リット	ダーク・プール
		(1-d)	d
買い:	成行:k	(1/2+1/2s)k(1-d)	(1/2+1/2s)d
1/2+1/(2s)	指值:(1-k)	(1/2+1/2s)(1-k)(1-d)	(1/Z+1/ZS)Q
売り:	指値:(1−k)	(1/2-1/2s)(1-k)(1-d)	(1/2-1/2s)d
1/2-1/(2s)	成行:k	(1/2-1/2s)k(1-d)	(1/Z-1/ZS)Q

SOR: すべてこちらに

今、ダーク・プールに買い注文が対している状況を考えると、リットへの成行売り注文は全てダーク・プールへの売り注文となる。このとき、ダーク・プールに買い注文がたまる条件は、ダーク・プールに入る買い注文 > ダーク・プールに入る売り注文より $\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2s}\right)d>\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{2s}\right)d+\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{2s}\right)k(1-d)$ ・・・(3)

(2)を(3)に代入すると、dは消えて

$$D > \frac{s-1}{s+3}$$
 (おわり)

参考文献

この資料は以下のサイトで閲覧、ダウンロードできます:

参考文献 (人工市場モデル)

- * 水田孝信, 小杉信太郎, 楠本拓矢, 松本渉, 和泉潔, 吉村忍 (2014) ダーク・プールは金融市場を安定化しマーケット・インパクトを低減させるか? ~人工市場シミュレーションを用いた検証 ~, 第12回 人工知能学会 金融情報学研究会 http://sigfin.org/SIG-FIN-012-14/
- * Mizuta, T., Kosugi, S., Kusumoto, T., Matsumoto, W., Izumi, K., Yoshimura, S. (2014)
 Do Dark Pools Stabilize Markets and Reduce Market Impacts?
 -- Investigations using Multi-Agent Simulations --,
 IEEE, Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CIFEr), 2014
 http://www.geocities.jp/mizuta_ta/FE-1029.pdf
- * Chiarella C. and G. Iori (2002)
 A simulation analysis of the microstructure of double auction markets,
 Quantitative Finance, 2, 5, 346-353

参考文献 (ダーク・プールに関する議論)

[Johnson 10] Johnson, B.: Algorithmic Trading & DMA: An introduction to direct access trading strategies, 4Myeloma Press (2010)

[EC 10] European Commission: Public Consultation Review of the Markets in Financial Instruments Directive (MiFID), Consultation Report, Vol. 8, (2010)

[Ye 12] Ye, M.: Price manipulation, price discovery and transaction costs in the crossing network, *Price Discovery and Transaction Costs in the Crossing Network (March 14, 2012)* (2012)

[Bowley 14] Bowley, A.: Agreement of MiFID II Reforms, Instinct incorporated, http://instinet.com/docs/msr/2014/Agreement_of_MiFID_II_Reforms-Quick_Analysis.pdf (2014)