

東証 arrowhead

リニューアル前後での

order aggressiveness の分析

法政大学大学院理工学研究科 システム理工学専攻

佐藤 大地

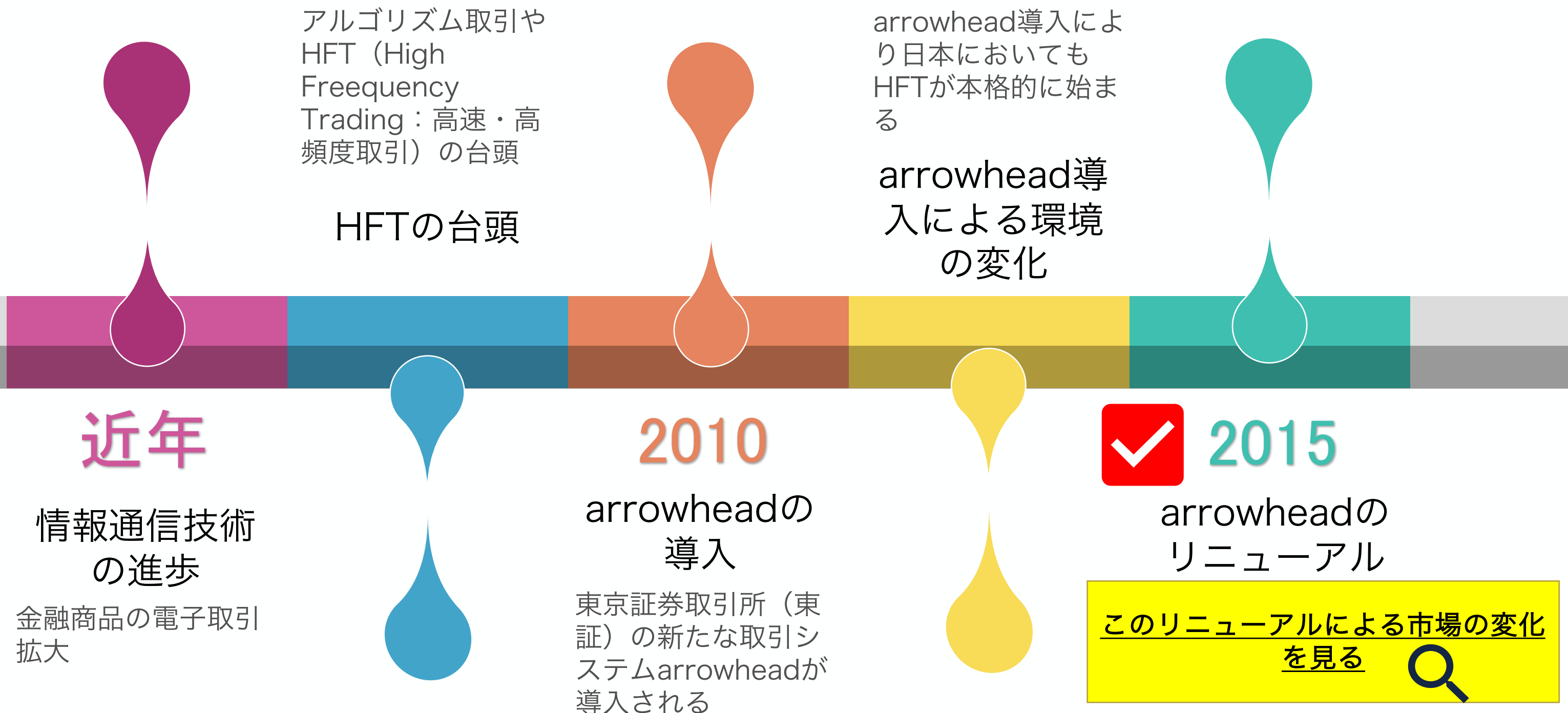
目次

- 1 研究背景
- 2 東証の取引と各種用語について
- 3 研究内容
- 4 使用したモデルについて
- 5 使用したデータについて
- 6 分析結果
- 7 まとめ
- 8 参考文献
- 9 付録

1

研究背景

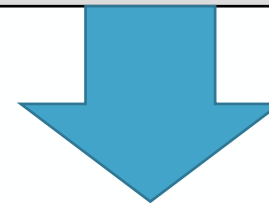
金融商品の取引高速化



arrowheadについて

arrowheadとは？

2010年1月4日に導入された東京証券取引所（東証）の新たな売買システム



これにより

金融庁の報告 [1] によると、

- 取引の高速化が進み、秒速未満の注文処理スピードを要求するようなアルゴリズム取引が可能になり、市場での取引が活発に（流動性の向上）
- また、arrowhead 導入に加えて東証はコロケーション・サービス（※）を開始して以降アルゴリズムを用いた高速な取引のシェアが増加（全注文の約7割との報告あり）

（※） 取引所の売買システムに隣接した場所に参加者のサーバーの設置を許容するサービス。主としてアルゴリズムを用いた高速取引（HFT）を行う投資家が利用。

arrowheadのリニューアルについて

arrowhead導入以後

注文件数
の増加

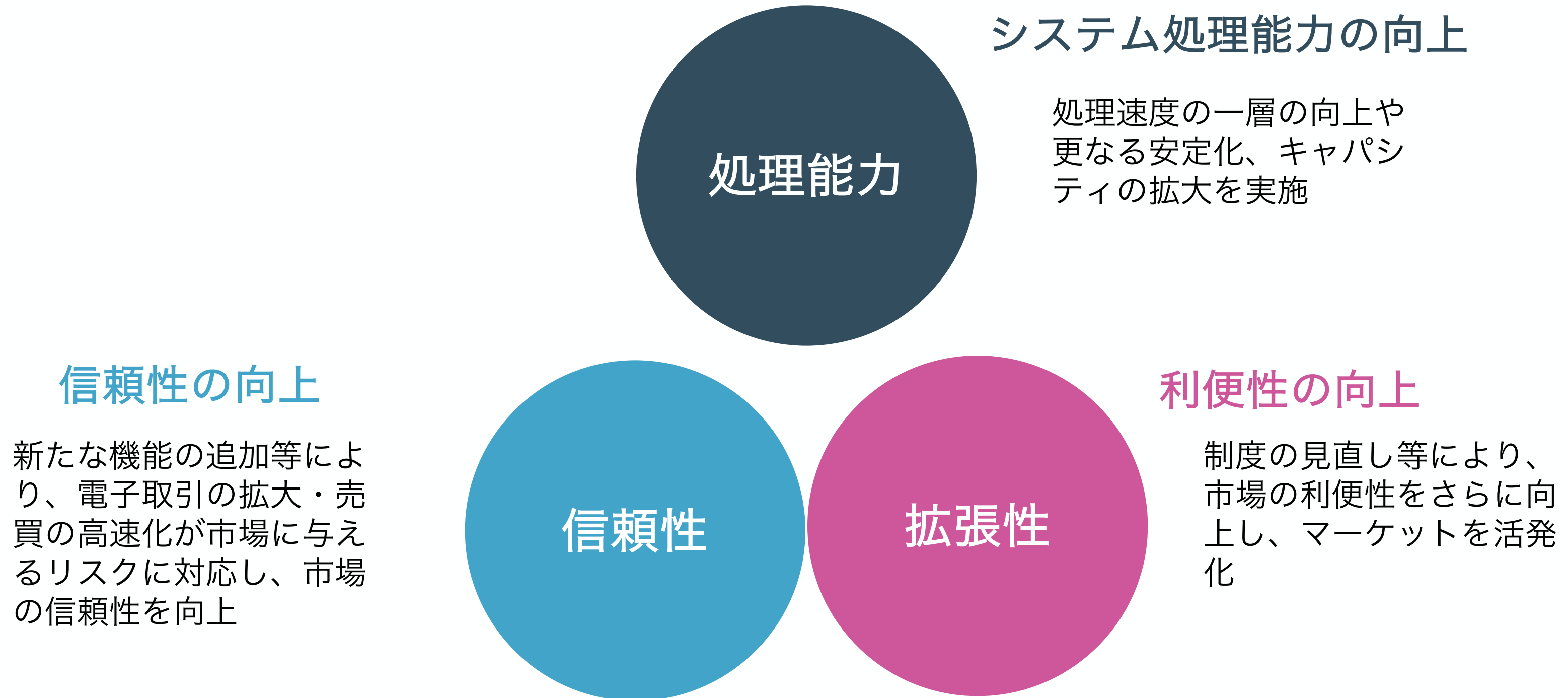
短期間で
の注文集
中

投資家の
新しい
ニーズ

等の、arrowhead導入以後の様々な環境変化

- ✓ 2015年9月24日にarrowheadをリニューアル

arrowheadリニューアルの基本方針



arrowheadのリニューアルによる処理能力の変化

処理の高速化

処理能力	リニューアル前	リニューアル後 (2015年9月時点)	リニューアル後 (最新：2017年3月時点)
注文配信時間	約1.0ミリ秒	0.5ミリ秒未満	約0.3ミリ秒
情報配信時間	約2.0~2.5ミリ秒	1.0ミリ秒未満	約1.0ミリ秒
注文件数	1億3,700万件	2億7,000万件	—

※[3], [4] を元に著者作成

2 東証の取引と各種用語について

東証の取引の仕組み

東証ではオーダードリブン型の取引
(オークション方式) を採用

概略

市場に集まってきた注文を競争売買の要領で最も高い（低い）買い（売り）注文を、価格優先・時間優先の原則に従って付け合わせて取引を成立させる。

注文の種類

注文の種類については主に以下の2つがある

成行注文

数量のみを指定した注文

指値注文

価格と数量のみを指定した注文

東証における売買に関しては、以下の3つの条件の順番で売買が成立（約定）する。

- 1.成行注文が全て約定される
- 2.約定価格よりも高い指値注文が全て約定される
- 3.約定価格において、指値売り注文または指値買い注文のいずれか一方については約定され、他方については売買単位以上が約定される

約定の優先度：成行注文 > 指値注文





最良気配について

右図を注文板といい、
現在時刻での株の注文状況を表すものである
用語の説明)

(最良気配価格・数量)

- ①最良買い気配価格
- ②最良買い気配数量
- ③最良売り気配価格
- ④最良売り気配数量

また数量のことをデプスという

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	 ④
③ 	18,010	
	18,000	
	17,990	 ②
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文板の例

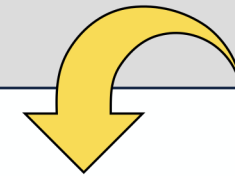
3

研究内容

研究目的

目的

arrowheadのリニューアルにおいて市場にどのような影響があったかを見る

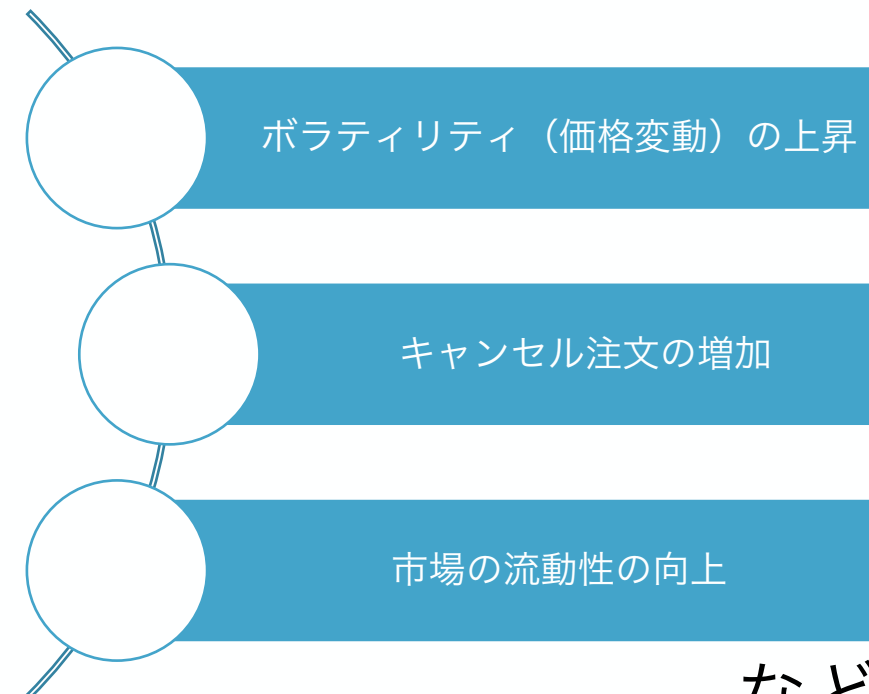


arrowheadリニューアルによる様々な影響

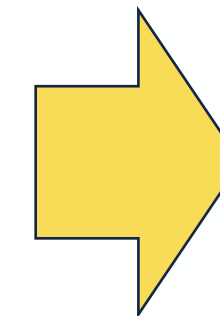
arrowheadのリ
ニューアル

取引の高速化
(HFT)

アルゴリズム
取引



など



取引高速化による
投資家の戦略の変化
はあるのか？



投資家の注文執行に
対する積極性の変化

order aggressiveness

order aggressiveness について

Biais et al. [4]が提唱した投資家の注文執行に対する積極度を分類するための指標 → **注文の種類で積極性を測る**

order aggressiveness	注文の種類
1	最良売り（買い） 気配価格を更新する成行買い（売り） 注文
2	最良売り（買い） 気配価格を更新しない成行買い（売り） 注文
3	最良買い（売り） 気配価格を更新する指値買い（売り） 注文
4	最良買い（売り） 気配価格を更新しない指値買い（売り） 注文
5	キャンセル

例：order aggressiveness 1

① 最良売り（買い）気配価格を更新する成行買い（売り）注文

買い注文の場合で説明する。

右図のような状況があるとし、

最良売り気配数量の1,000株を超える成行買い注文のこと

このような注文が入ると、最良売り気配価格の18,020円が更新される

→次ページで具体的な例を示す

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文板の例

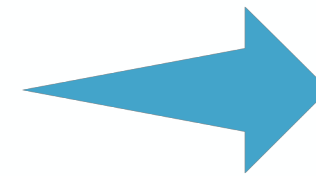
例：order aggressiveness 1

① 最良売り（買い）気配価格を更新する成行買い（売り）注文

例) 2,000株の成行買い注文

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	最良売り気配
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文前の板状況



約定

- ・ 18,020円 (1,000株)
- ・ 18,030円 (1,000株)

売り	価格	買い
4,000	18,040	
2,000	18,030	最良売り気配
	18,020	
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文後の板状況

例：order aggressiveness 2

② 最良売り（買い）気配価格を更新しない成行買い（売り）注文

例) 500株の成行買い注文

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	最良売り気配
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文前の板状況



売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
500	18,020	最良売り気配
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文後の板状況

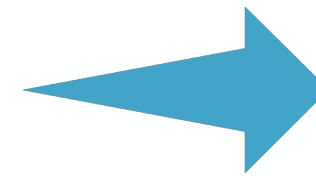
例：order aggressiveness 3

③ 最良売り（買い）気配価格を更新する指値買い（売り）注文

例) 18,020円に1,000株の指値買い注文

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	最良売り気配
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文前の板状況



約定
・ 18,020円
(1,000株)

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	最良売り気配
	18,020	
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文後の板状況

例：order aggressiveness 4

④ 最良売り（買い）気配価格を更新しない指値買い（売り）注文

例) 18,020円に500株の指値買い注文

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	最良売り気配
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文前の板状況



売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
500	18,020	最良売り気配
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文後の板状況

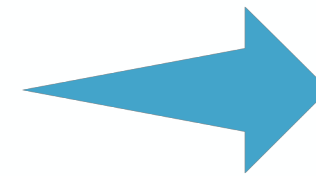
例：order aggressiveness 5

⑤ 注文のキャンセル

例) 17,980円に1,000株の指値注文のキャンセル

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	3,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文前の板状況



売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	
1,000	18,020	
	18,010	
	18,000	
	17,990	
	17,980	2,000
	17,970	4,000
	17,960	5,000

注文後の板状況

補足

注)

※例では、

order aggressiveness ①, ③

と

order aggressiveness ②, ④

注文の違いはないように見えるが、ここでは成行注文のほうが早く約定されることからより注文執行に積極的な注文であると考ええる。

※なお、今回の分析では、最良気配に関わる注文のみを扱う。

4 使用したモデルについて

用いたモデル

Ranaldo et al. [5] を参考に、目的変数が離散的である場合の線形回帰モデルとして、以下の**順序プロビットモデル**を用いる。

$$y_t^{*d} = \sum_{i=1}^l \alpha_i^d x_{i,t-1}^d + \varepsilon_t^d$$

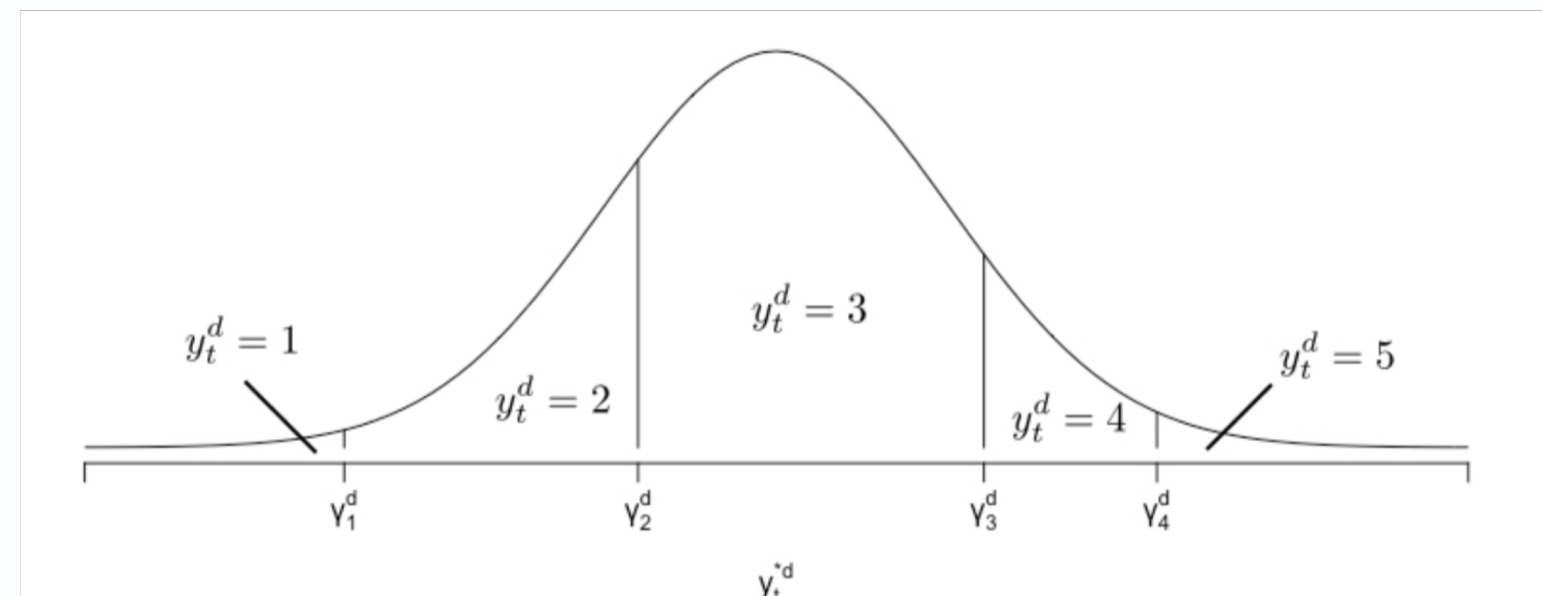
ただし、誤差項 ε_t^d は独立で標準正規分布 $\mathcal{N}(0,1)$ に従うとする。

- y_t^{*d} : 観測されない真のorder aggressiveness
- l : 説明変数の数
- d : 売買のサイド (売り・買い)
- $x_{i,t-1}$: 説明変数
- α_i : 推定される係数

用いたモデル

$$y_t = \begin{cases} 1 & -\infty < y_t^{*d} < \gamma_1^{*d} & (n = 1), \\ n & \gamma_{n-1}^{*d} < y_t^{*d} < \gamma_n^{*d} & (n = 2,3,4), \\ 5 & \gamma_4^{*d} < y_t^{*d} < \infty & (n = 5). \end{cases}$$

y_t : 観測されたデータから作成したorder aggressiveness (注文の種類)



y_t^{*d} の分割のイメージ図

用いたモデル

ϵ_t^d が標準正規分布に従うと仮定し、各注文の確率として

$$\begin{cases} \Phi\left(\gamma_1^d - \sum_{i=1}^l \alpha_i^d x_{t-1}^d\right), & (n = 1) \\ \Phi\left(\gamma_n^d - \sum_{i=1}^l \alpha_i^d x_{t-1}^d\right) - \Phi\left(\gamma_{n-1}^d - \sum_{i=1}^l \alpha_i^d x_{t-1}^d\right), & (n = 2, 3, 4) \\ 1 - \Phi\left(\gamma_4^d - \sum_{i=1}^l \alpha_i^d x_{t-1}^d\right). & (n = 5) \end{cases}$$

が得られる。ただし、 Φ は標準正規分布の累積分布関数である。これを最尤法を用いて α_i^d と γ_i^d を推定する。

用いた変数



samevol

売買区分を同一とする
最良気配数量



actual spread

スプレッド
(最良売り気配価格
—
最良買い気配価格)



oppvol

売買区分が異なる最良
気配数量



wait

前回の注文からの時間
(注文間隔)

例) 用いた変数

例) 18,030円に1,000株の**買い**指値注文が入った場合

samevol (買いサイドの最良気配数量)
→ 3,000 (株)

oppvol (売りサイドの最良気配数量)
→ 1,000 (株)

actual spread
(買い最良気配価格 - 売り最良気配価格)
→ 18,020 (円) - 17,980 (円) = 40 (円)

売り	価格	買い
4,000	18,040	
3,000	18,030	売り最良気配価格
1,000	18,020	→
売り最良気配数量	18,010	
	18,000	買い最良気配価格
	17,990	↓
	17,980	3,000
買い最良気配数量	17,970	4,000
	17,960	5,000

actual spread

注文板の例

5 使用したデータについて

使用したデータ

【データ】

日本経済新聞社デジタルメディア局 『個別株式ティック・データ』 [6]

【対象銘柄】

日経225採用銘柄

※ただし、対象期間内で入れ替えのない 219 銘柄を採用した

※なお、今回用いたデータには各注文の種類については収録されていないため筆者がデータより再現した

使用したデータ

【期間】

arrowheadリニューアル直前・直後の20日間とその約1年後の20日間
(取引開始から30分間： 9:00~9:30 のみを使用)

2015/8/24
から
2015/9/18

リニューアル直前
データ：秒単位

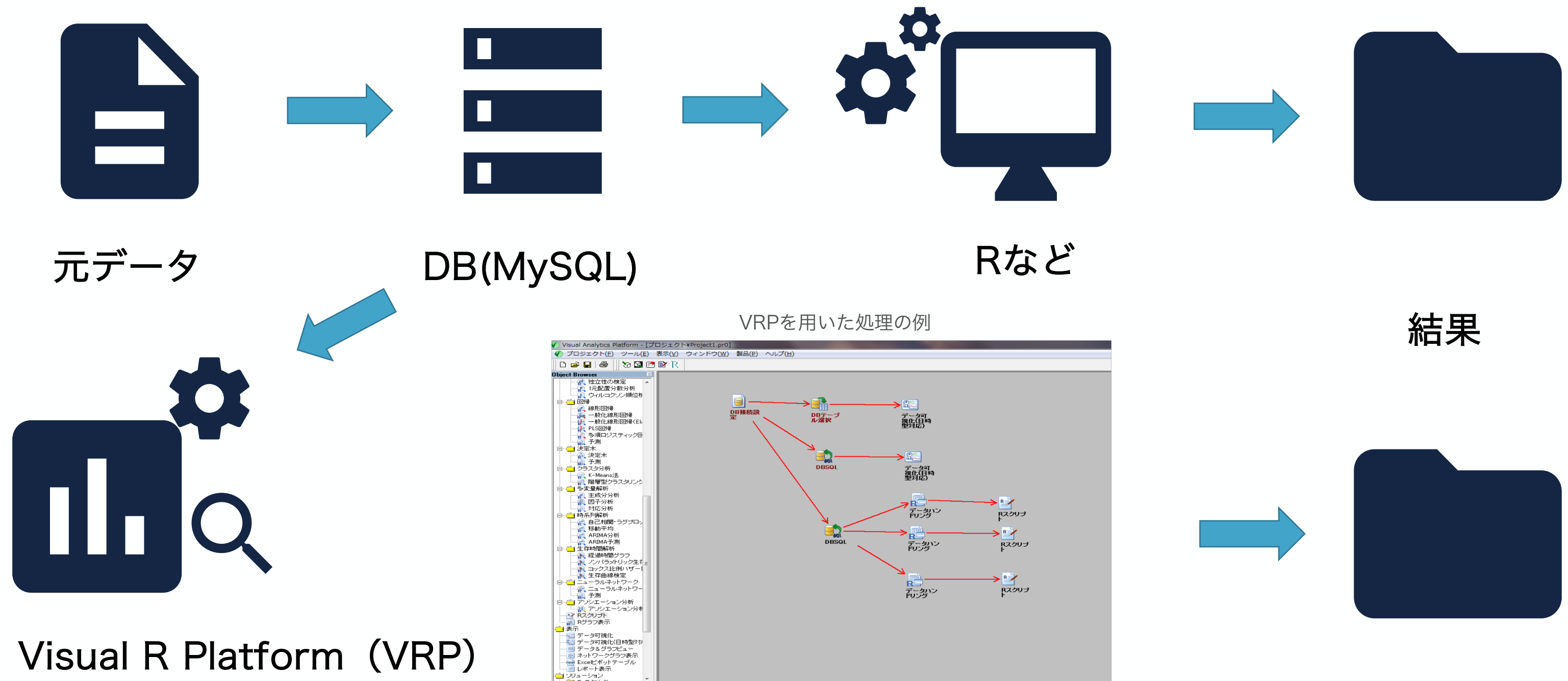
2015/9/24
から
2015/10/22

リニューアル直後
データ：秒単位・0.1ミリ秒単位

2016/9/28
から
2016/10/26

リニューアルから約1年後
データ：0.1ミリ秒単位

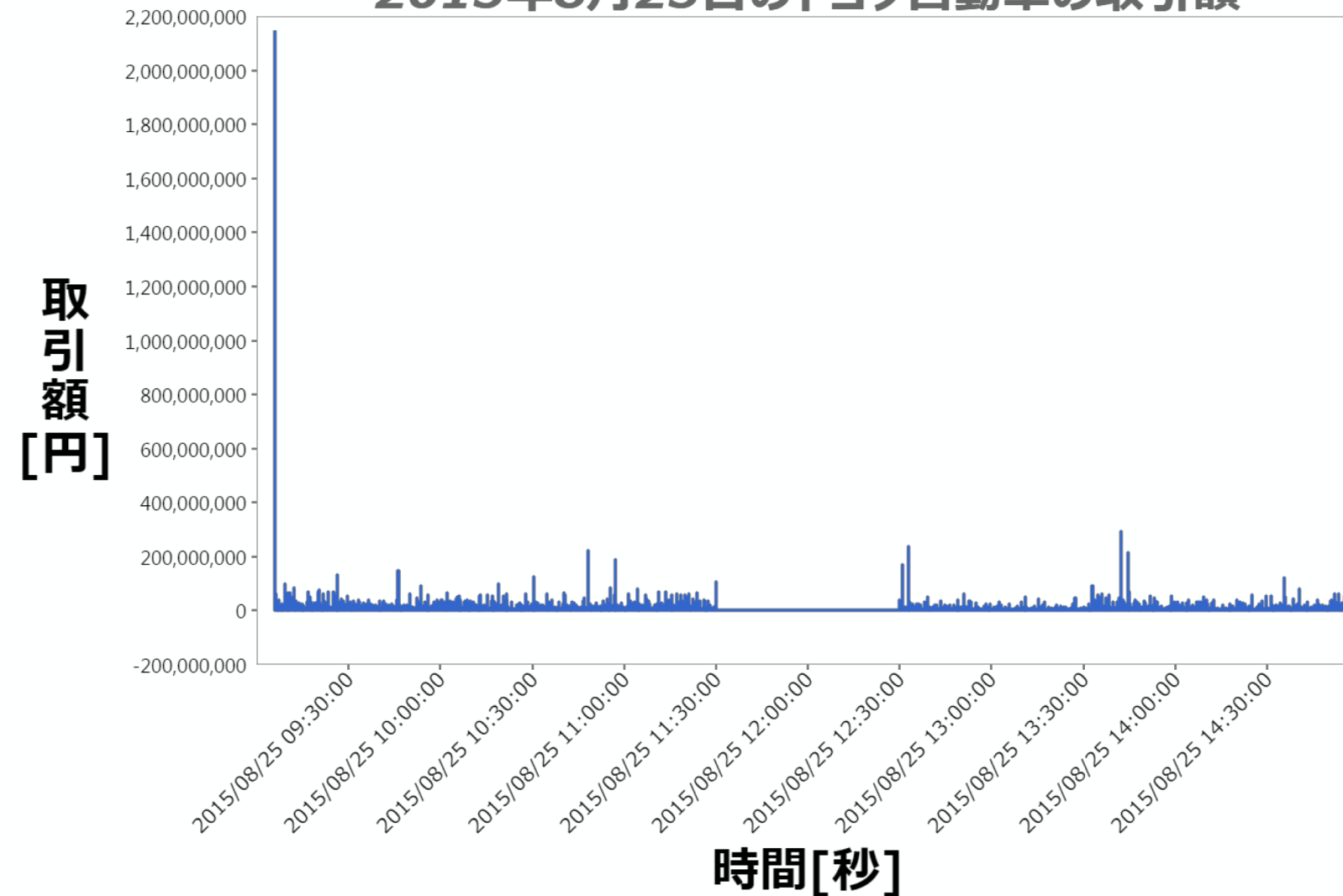
使用したツールと処理の流れ



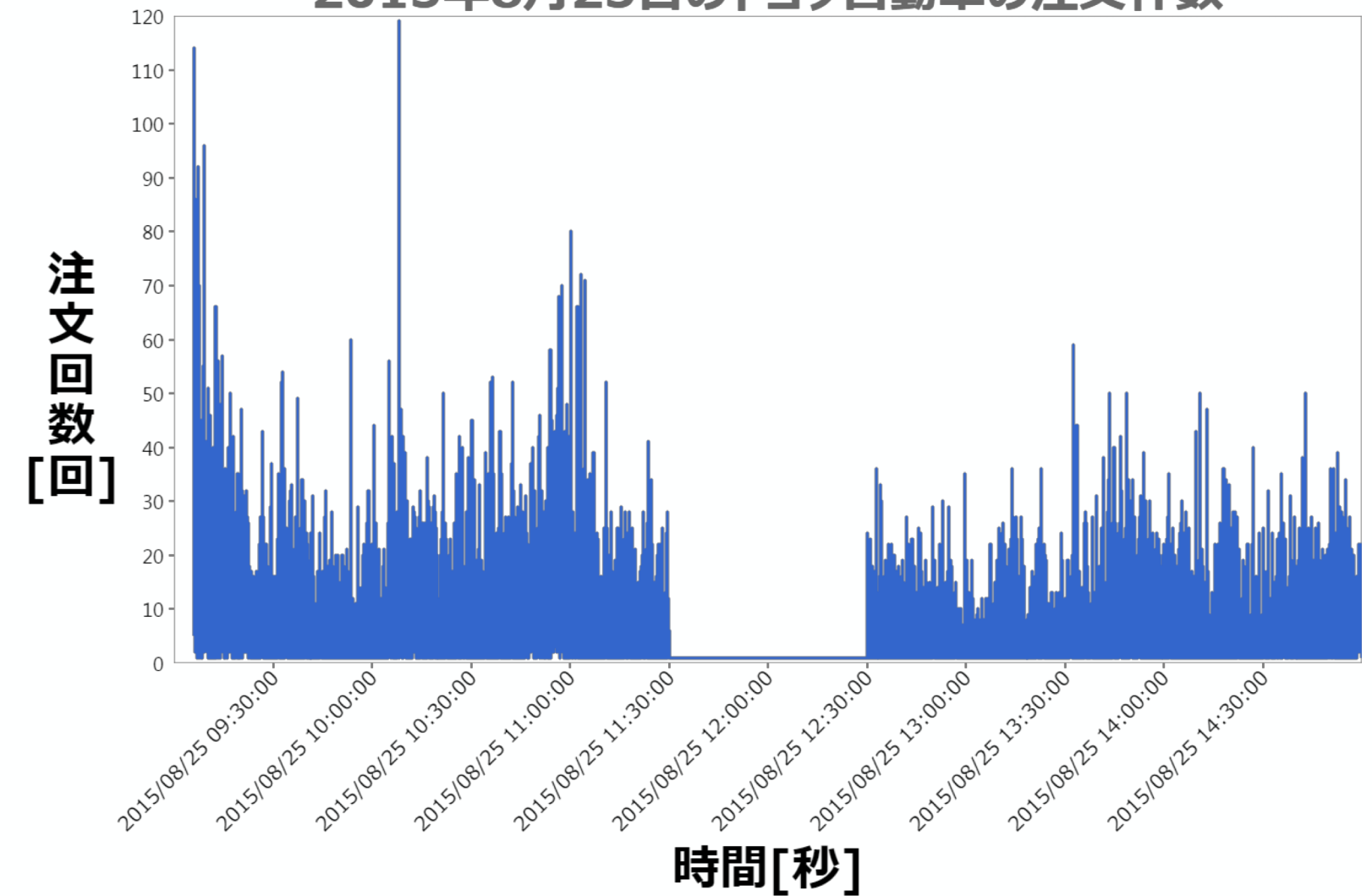
東証の取引の現状

取引開始から30分間のみのデータを用いた理由

2015年8月25日のトヨタ自動車の取引額



2015年8月25日のトヨタ自動車の注文件数



左の取引額の図からわかるように東証の取引はU字型と呼ばれる特徴を持っており、取引時間の最初と最後の取引額が多い。右の図は注文件数を表し、取引開始時刻で比較的多くなっている。

6

分析結果

order aggressivenessごとの注文件数（全銘柄・リニューアル直後）

買い注文						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	31,920 (0.34%)	25,679 (0.27%)	2,454,548 (26.03%)	3,940,785 (41.79%)	2,977,137 (31.57%)	9,430,069
(割合の変化)	↓-0.07	↓-0.02	↓-0.97	↓+2.27	↓-1.22	
リニューアル直後	21,206 (0.27%)	19,722 (0.25%)	1,944,405 (25.06%)	3,419,470 (44.06%)	2,355,560 (30.35%)	7,760,363

- ✓ 成行注文に該当するorder aggressiveness 1, 2は全体の注文の1%にも満たないほど少ない
- ✓ order aggressiveness 3の注文の割合は買いサイドと売りサイドでは7~8%ほど差がある
- ✓ リニューアルによりorder aggressiveness 4の注文の割合が増加
→arrowhead導入時にはキャンセル注文の増加が確認されている [7]

売り注文						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	36,317 (0.42%)	29,846 (0.34%)	1,663,036 (19.10%)	3,993,970 (45.87%)	2,983,413 (34.27%)	8,706,582
(割合の変化)	↓-0.12	↓-0.05	↓-1.51	↓+2.32	↓-0.64	
リニューアル直後	21,626 (0.30%)	20,841 (0.29%)	1,257,917 (17.59%)	3,446,728 (48.19%)	2,405,597 (33.63%)	7,152,709

- ✓ 注文件数はリニューアル後のほうが少なくなっている。
→リニューアルの直後であるため市場にあまり変化が起きてないのでは？

リニューアルによる変化をより見るためにリニューアルから1年後との比較をする

order aggressivenessごとの注文件数（全銘柄・リニューアルから1年後）

買い注文						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	31,920 (0.34%)	25,679 (0.27%)	2,454,548 (26.03%)	3,940,785 (41.79%)	2,977,137 (31.57%)	9,430,069
(割合の変化)	↓-0.23	↓-0.09	↓-4.28	↓+3.31	↓+1.30	
リニューアルから1年後	6,506 (0.11%)	11,010 (0.18%)	1,337,742 (21.75%)	2,773,954 (45.10%)	2,021,783 (32.87%)	6,150,995

✓ 注文件数の合計はリニューアル直後の時よりもさらに減っている

✓ リニューアルから1年後では変化の割合がどの注文も大きくなっており、中でもorder aggressiveness 3の注文での変化が大きい

→order aggressiveness 3の注文の割合が減少し、order aggressiveness 4, 5の注文の割合が増加

売り注文						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	36,317 (0.42%)	29,846 (0.34%)	1,663,036 (19.10%)	3,993,970 (45.87%)	2,983,413 (34.27%)	8,706,582
(割合の変化)	↓-0.27	↓-0.11	↓-5.87	↓+2.97	↓+3.28	
リニューアルから1年後	8,601 (0.15%)	12,739 (0.23%)	743,726 (13.23%)	2,745,138 (48.84%)	2,110,616 (37.55%)	5,620,820

✓ リニューアル直後とは違いキャンセル注文の割合が増加

→ arrowhead導入時と同様に取引の高速化に伴うキャンセル注文の増加が考えられる

この結果を踏まえて

背景

- ・ アルゴリズム取引を用いるのは主に機関投資家（銀行・証券会社）などの大口投資家
- ・ arrowhead導入以降、値段を指定できる指値注文とキャンセル注文の増加
→ order aggressivenessで言う積極度の低い注文の増加が見られるはず

【全銘柄】

- ・ リニューアル直後ではキャンセル注文の割合の増加は見られず
- ・ リニューアルから1年後ではキャンセル注文とorder aggressiveness 4 にあたる注文の割合が増加
→ リニューアル直後では様子見も考えられ、1年後という期間を空けたデータのほうがより影響を見れると考える

【注文件数ごと】

- ・ より、リニューアル（取引高速化）の影響を見るには全銘柄ではなく注文件数ごとに比較するほうが良いのでは？
- ・ 注文件数が多い→機関投資家等の大口投資家の影響を見ることができのでは？
→ **各期間での買い注文数と売り注文数を合算した注文件数の上位10銘柄・下位10銘柄ごとに見る**
→ **リニューアルから1年後の方のデータで比較する**

上位10銘柄（全体の注文件数のおよそ20%）、下位10銘柄（全体の注文件数の0.5~0.7%）

※各期間での取引量上位・下位10銘柄を選定したため、期間によって対象銘柄が変わることがある。
対象銘柄については付録に記載

order aggressivenessごとの注文件数（注文件数上位10銘柄）

買い注文（上位10銘柄）						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	13,965 (0.70%)	10,998 (0.55%)	566,794 (28.37%)	794,322 (39.75%)	612,102 (30.63%)	1,998,181
(変化の割合)	↓-0.54	↓-0.22	↓-9.32	↓+4.55	↓+5.53	
リニューアルから1年後	2,082 (0.16%)	4,427 (0.33%)	253,274 (19.05%)	588,917 (44.30%)	480,749 (36.16%)	1,329,449

✓ 注文数上位10銘柄で見ると、全銘柄の平均で見たときよりも成行注文に当たるorder aggressiveness 1, 2の割合が高くなっている。

✓ 全銘柄で見たときと同様に、order aggressiveness 3の割合が減少し、order aggressiveness 4, 5の割合が上昇。

→ 積極的でない注文が増加

✓ 全銘柄で見るとより割合の変動が大きい。

売り注文（上位10銘柄）						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	15,002 (0.81%)	11,986 (0.65%)	349,588 (18.92%)	836,863 (45.28%)	634,671 (34.34%)	1,848,110
(変化の割合)	↓-0.61	↓-0.25	↓-9.40	↓+3.61	↓+6.65	
リニューアルから1年後	2,364 (0.20%)	4,767 (0.40%)	113,499 (9.52%)	582,836 (48.89%)	488,612 (40.99%)	1,192,078

order aggressivenessごとの注文件数（注文件数下位10銘柄）

買い注文（下位10銘柄）						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	31 (0.05%)	33 (0.06%)	8,959 (15.40%)	27,707 (47.62%)	21,450 (36.87%)	58,180
(変化の割合)	↓-0.05	↓-0.04	↓+0.29	↓+2.28	↓+1.92	
リニューアルから1年後	1 (0.003%)	7 (0.02%)	5,852 (15.69%)	18,402 (49.34%)	13,033 (34.95%)	37,295

✓ order aggressiveness 3の注文が増加。

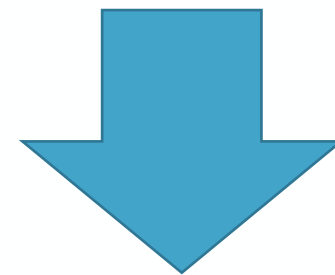
✓ order aggressiveness 4, 5 の増加に関しては上位10銘柄で見たと
きのように大きくない。

売り注文（下位10銘柄）						
期間 / order aggressiveness	1	2	3	4	5	合計
リニューアル直前	42 (0.08%)	56 (0.10%)	4,535 (8.37%)	30,277 (55.90%)	19,253 (35.55%)	54,163
(変化の割合)	↓-0.07	↓-0.08	↓+1.97	↓+4.82	↓+3.01	
リニューアルから1年後	3 (0.01%)	6 (0.02%)	3,291 (10.34%)	16,262 (51.08%)	12,275 (38.56%)	31,837

→ 買いサイドと売りサイドでの
order aggressiveness 4, 5の増加
率の差が大きい。

モデルによる分析

注文件数ごとに分けてみることで、より order aggressiveness の変化を見ることができた



モデルを用いて、order aggressiveness の変化の原因を捉える

注文件数上位10銘柄での分析結果

	リニューアル前 (買い)	リニューアルから1年後 (買い)	リニューアル前 (売り)	リニューアルから1年後 (売り)
same_vol	-0.007*** (0.0001)	-0.009*** (0.0002)	-0.017*** (0.0002)	-0.018*** (0.0002)
opp_vol	-0.003*** (0.0001)	0.007*** (0.0002)	-0.001*** (0.0001)	0.006*** (0.0001)
actual_spread	0.008*** (0.0004)	-0.020*** (0.001)	0.023*** (0.0004)	-0.023*** (0.001)
wait	0.100*** (0.001)	0.126*** (0.001)	0.034*** (0.001)	0.058*** (0.001)
5	31.31% (35.55%)	36.76% (38.56%)	35.36% (34.34%)	40.30% (40.99%)
4	39.84% (55.90%)	44.37% (51.08%)	45.21% (45.28%)	49.42% (48.89%)
3	27.69% (8.37%)	18.43% (10.34%)	18.13% (18.92%)	9.68% (9.52%)
2	0.52% (0.10%)	0.30% (0.02%)	0.59% (0.65%)	0.40% (0.40%)
1	0.64% (0.08%)	0.14% (0.01%)	0.71% (0.81%)	0.20% (0.20%)

正のパラメータ

説明変数が大きいほど注文はより積極的でなくなるとみなせる

負のパラメータ

説明変数が高いほど注文はより積極的であるとみなせる

推定された係数

標準誤差

推定された真のorder aggressivenessから算出した確率

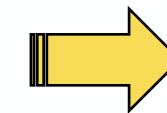
実際のデータで見た割合

注文件数上位10銘柄での分析結果（説明変数の影響度）

注文件数上位10銘柄						
	リニューアル前（買い）	絶対値の差	リニューアルから1年後（買い）	リニューアル前（売り）	絶対値の差	リニューアルから1年後（売り）
same_vol	-0.007*** (0.0001)	+0.002	-0.009*** (0.0002)	-0.017*** (0.0002)	+0.001	-0.018*** (0.0002)
opp_vol	-0.003*** (0.0001)	+0.004	0.007*** (0.0002)	-0.001*** (0.0001)	+0.005	0.006*** (0.0001)
actual_spread	0.008*** (0.0004)	+0.012	-0.020*** (0.001)	0.023*** (0.0004)	0	-0.023*** (0.001)
wait	0.100*** (0.001)	+0.026	0.126*** (0.001)	0.034*** (0.001)	+0.024	0.058*** (0.001)

Note : *p<0.1; **p<0.05; ***p< 0.01

リニューアルによりorder aggressivenessの決定に説明変数を与える影響度が**上昇**



- 買いよりも売りでsame_volの影響が大きい→ 投資家は売り注文を出す時に同一サイドの最良気配デプスに影響を受ける
- waitの影響は売りよりも買いの方が大きい→ 高速化は売り注文よりも買い注文により影響を与えていると推測できる
- 買いでのactual_spreadの影響が大きくなっている
→ モデルを通して得られる真のorder aggressivenessでは買いと売りでどのような違いが?

最良気配のデプス（気配数量）や actual_spread、取引間隔といった要因に基づいた取引が増加し、板情報と order aggressivenessの関連性が高くなっている

注文件数上位10銘柄での分析結果（推定された真のorder aggressiveness）

注文件数上位10銘柄						
	リニューアル前（買い）	差	リニューアルから1年後（買い）	リニューアル前（売り）	差	リニューアルから1年後（売り）
5	31.31% (35.55%)	+5.45 (+5.53)	36.76% (38.56%)	35.36% (34.34%)	+4.94 (+6.65)	40.30% (40.99%)
4	39.84% (55.90%)	+4.53 (+4.55)	44.37% (51.08%)	45.21% (45.28%)	+4.21 (+3.61)	49.42% (48.89%)
3	27.69% (8.37%)	-9.26 (-9.32)	18.43% (10.34%)	18.13% (18.92%)	-8.45 (-9.40)	9.68% (9.52%)
2	0.52% (0.10%)	-0.22 (-0.22)	0.30% (0.02%)	0.59% (0.65%)	-0.19 (-0.25)	0.40% (0.40%)
1	0.64% (0.08%)	-0.50 (-0.54)	0.14% (0.01%)	0.71% (0.81%)	-0.51 (-0.61)	0.20% (0.20%)

- 成行注文に該当するorder aggressiveness 1, 2に関しては、注文件数が少ないために相対的に誤差項の影響が大きい
- 注文の大半を占めるorder aggressiveness 3, 4, 5では、実際のデータで見たときと同様にorder aggressiveness 3が減少し、order aggressiveness 4, 5が上昇している
- リニューアルから1年後の買いサイドではorder aggressiveness 3で真のorder aggressivenessから得られる確率が大きく増加している
→ actual_spreadの影響が反映されていると考えられる

注文件数下位10銘柄での分析結果（説明変数の影響度）

	リニューアル前（買い）	絶対値の差	リニューアルから1年後（買い）	リニューアル前（売り）	絶対値の差	リニューアルから1年後（売り）
same_vol	-0.005*** (0.0003)	-0.003	-0.002*** (0.0001)	-0.005*** (0.003)	-0.004	-0.001*** (0.0001)
opp_vol	0.004*** (0.0002)	-0.002	0.002*** (0.0001)	0.005*** (0.003)	-0.004	0.001*** (0.0001)
actual_spread	0.003 (0.004)	+0.006	-0.009*** (0.002)	0.065*** (0.004)	-0.056	0.009*** (0.002)
wait	0.004*** (0.0003)	-0.002	0.002*** (0.0005)	0.002*** (0.0003)	-0.001	-0.001*** (0.001)

Note : *p<0.1; **p<0.05; ***p< 0.01

- 説明変数の与える影響度がどれも低下
- 買いサイドのactual_spreadでは影響度が増加しているがリニューアル前の方で有意でない結果が得られている
- actual_spreadの売りサイドにおいて、絶対値の差が大きくなっている

注文件数下位10銘柄での分析結果（推定された真のorder aggressiveness）

	リニューアル前（買い）	差	リニューアルから1年後（買い）	リニューアル前（売り）	差	リニューアルから1年後（売り）
5	37.95% (36.87%)	-3.30 (+1.92)	34.65% (34.95%)	39.91% (35.55%)	-1.10 (+3.01)	38.81% (38.56%)
4	47.39% (47.62%)	+2.36 (+2.28)	49.75% (49.34%)	53.40% (55.90%)	-2.37 (+4.82)	51.03% (51.08%)
3	14.57% (15.40%)	+1.01 (+0.29)	15.58% (15.69%)	6.59% (8.37%)	+3.54 (+1.97)	10.13% (10.34%)
2	0.05% (0.06%)	+0.012 (-0.04)	0.017% (0.02%)	0.06% (0.10%)	-0.04 (-0.08)	0.02% (0.02%)
1	0.04% (0.05%)	-0.037 (-0.05)	0.003% (0.003%)	0.04% (0.08%)	-0.031 (-0.07)	0.009% (0.01%)

- モデルを通して得られる観測された真のorder aggressivenessから得られた確率と、実際のデータの割合の差が注文件数上位10銘柄の時と比較すると大きい

→ 説明変数の影響度も低下しており、説明変数がorder aggressivenessに与える影響が少ない



注文件数の少ない銘柄においては、リニューアルの影響は少ないと考えられる

7

まとめ

まとめ

より高速取引の影響を反映していると考えられる、注文件数の多い銘柄の結果より

- 今回用いた変数とorder aggressiveness との関連性が高くなっている
 - 高速取引が盛んになると、板情報や取引間隔がorder aggressiveness（注文の種類）に与える影響度が増加
 - 特に、order aggressiveness 3 にあたる最良気配価格を更新（価格変動がおこる）注文が増加し、それはactual_spreadの影響度が増したこととwait（注文の高速化）が要因としてある
 - 川口・田代（2015）[8]でも挙げられているようにスプレッドが開いた時に発動するようなトリガーを用いる戦略（スプレッド拡大約定注文）の増加がこのような結果をもたらしたという可能性も考えられる
- 売りと買いで注文行動が異なっていることが考えられる
- 取引の高速化は売り・買いどちらも積極的でない注文（order aggressiveness 4, 5）に影響を及ぼしている

8

参考文献

参考文献

- [1] 金融庁, 事務局説明資料(日本の市場・取引所を巡る動向と今後の課題), https://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/soukai/siryou/20170303/01.pdf , (2018/10/26 最終アクセス).
- [2] 日本取引所グループ, arrowheadリニューアルについて, https://www.jpx.co.jp/systems/equities-trading/tvdivq00000002uk-att/arrowhead_renewal.pdf , (2018/10/26 最終アクセス).
- [3] 日本取引所グループ, システム, 現物取引, システム概要, <https://www.jpx.co.jp/systems/equities-trading/01.html> , (2018/10/26 最終アクセス).
- [4] Biais, B., Hillion, P., Spatt, C., An empirical analysis of the limit order book and the order flow in Paris Bourse, Journal of Finance, 50 (1995) 1655-1689.
- [5] A., Ranaldo, Order Aggressiveness in limit order book Markets, Journal of Financial Markets, 7 (2004), 53-74.
- [6] 日本経済新聞社, デジタルメディア局, 『個別株式ティック・データ』.
- [7] 日銀レビュー, 株式市場における高速・高頻度取引の影響, 2013-J-2, https://www.boj.or.jp/research/wps_rev/rev_2013/data/rev13j02.pdf , (2018/10/26 最終アクセス).
- [8] 川口 宗紀, 田代 雄介, 注文間隔の違いに基づく株式売買行動の分析, (2015), 行動経済学 第 8 巻, pp.73-76, 第 9 回大会プロシーディングス, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jbef/8/0/8_73/pdf/-char/ja , (2018/10/26 最終アクセス).
- [9] 宮崎保明, 日本取引所グループ, ワーキングペーパー, vol.14, 日経 225 先物の夜間立会と日中立会の取引行動差異分析, (2016), https://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/tvdivq0000008q5y-att/JPX_working_paper_No14.pdf , (2018/10/26 最終アクセス).

9

付録

付録

注文件数上位10銘柄

リニューアル直前		
Rank	銘柄	注文件数
1	三菱UFJフィナンシャル・グループ	682,469
2	みずほフィナンシャルグループ	585,443
3	三井住友フィナンシャルグループ	419,328
4	ソニー	348,695
5	トヨタ自動車	348,619
6	日本電信電話	346,273
7	野村ホールディングス	308,788
8	SUBARU	288,457
9	ソフトバンクグループ	260,188
10	KDDI	250,831
全体の21.21%		

リニューアル直後		
Rank	銘柄	注文件数
1	三菱UFJフィナンシャル・グループ	499,683
2	みずほフィナンシャルグループ	354,235
3	野村ホールディングス	343,895
4	トヨタ自動車	266,707
5	ソニー	260,127
6	ソフトバンクグループ	251,486
7	マツダ	238,719
8	KDDI	236,708
9	丸紅	232,286
10	アステラス製薬	110,815
全体の19.51%		

リニューアルから1年後		
Rank	銘柄	注文件数
1	三菱UFJフィナンシャル・グループ	641,636
2	トヨタ自動車	263,066
3	三井住友フィナンシャルグループ	245,423
4	みずほフィナンシャルグループ	237,436
5	野村ホールディングス	209,748
6	第一生命ホールディングス	205,608
7	りそなホールディングス	186,723
8	東芝	182,434
9	ソフトバンクグループ	175,186
10	マツダ	174,267
全体の21.42%		

注文件数下位10銘柄

リニューアル直後		
Rank	銘柄	注文件数
1	ユニチカ	6,806
2	明電舎	7,881
3	トクヤマ	10,179
4	大平洋金属	11,275
5	東京ドーム	11,509
6	東洋紡	12,059
7	東海カーボン	12,194
8	日本製鉄所	12,330
9	三井造船	13,770
10	マルハニチロ	14,340
全体の0.72%		

リニューアル直後		
Rank	銘柄	注文件数
1	ユニチカ	4,147
2	明電舎	5,263
3	東海カーボン	6,014
4	古河機械金属	8,270
5	トクヤマ	8,422
6	東洋紡	8,771
7	三菱倉庫	9,690
8	サッポロホールディングス	10,458
9	日本製鉄所	10,706
10	大平洋金属	10,947
全体の0.55%		

リニューアルから1年後		
Rank	銘柄	注文件数
1	古河機械金属	4,765
2	日本化薬	5,836
3	東海カーボン	6,392
4	東洋紡	6,715
5	明電舎	7,055
6	キッコーマン	7,253
7	大平洋金属	7,475
8	三菱倉庫	7,513
9	日本ハム	8,032
10	ユニチカ	8,096
全体の0.59%		