

# JPX WORKING PAPER

JPXワーキング・ペーパー

---

高頻度注文板データによる2014年東証ティックサイズ変更  
の国内株式市場への影響分析

林 高樹

2015年3月31日

Vol. 10

## 備考

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。）の役職員及び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執筆者個人に属し、日本取引所グループ等の公式見解を示すものではありません。

# 高頻度注文板データによる 2014 年東証ティックサイズ変更の 国内株式市場への影響分析

林 高樹 \*

証券アナリスト 2015 年 4 月特集号掲載予定論文

## 概要

東京証券取引所は、2014 年、投資家の負担する取引コストを削減し、利便性の向上を図ることを目的として、2 回にわたり呼値の刻み（ティックサイズ）の縮小化を図った。東証と 2 つの私設証券取引所—チャイエックス・ジャパン（ChiX Japan）、SBI ジャパンネクスト証券（Japannext）—の三市場にて同時に取引されている国内株式の高頻度注文板データを分析することで、2 回の東証ティックサイズ変更が国内株式市場にもたらした影響について調べた。

その結果、市場シェアやクオリティを表す諸指標に大きな変化が見られ、東証のスプレッドが PTS 二市場に比べて大きく縮小する等の傾向が確認された。

## 1 国内高速三市場の概要およびデータセット

### 1.1 三市場の概要

本研究で分析する、東京証券取引所（“東証”）、チャイエックス・ジャパン（“ChiX”）と SBI ジャパンネクスト証券（“JNX”）の三市場の概要を宇野（2012）を参考に表 1 にまとめる（2013 年末時点）。

主市場である東証は出来高が圧倒的に多く多様な投資家が取引に参加している一方、PTS 二市場はマッチングエンジンの処理速度の速さや、2014 年の東証ティックサイズ変更前までは全銘柄においてティックサイズが東証に比べて 10 分の 1 程度の水準であること等で、信用取引制度がなく個人投資家利用に対する制約等がある中、PTS2 市場は機関投資家を中心としたプロ向けの補完市場として、日経平均採用銘柄の市場シェアが 2013 年末には二市場合計で 10% 程度となるまでに成長してきた。東証も含めた 3 市場が競い合うようにシステム強化を図ってくる中、最新鋭のシステム基盤を必要とする HFT（高速・高頻度売買）が国内市場全体の価格形成や売買動向に大きな影響を与えていたのは間違いない。

HFT の戦略には、注文板への指値注文を通じた流動性供給を行う“マイカー”戦略と、注文板にある指値注文に対して取引を図る（流動性を需要する）“マイカー”戦略とに大別される。前者はビッドとアスクの差（ビッド・アスク・スプレッド）が主な収益源であり、<sup>\*1</sup> 後者は価格変化が収益源である（大塙（2014））。前者の方がより高速・高頻度に注文行動を行うとされる。表 1 にあるように、市場参加者が約定時に各市場に対して支払

\* 慶應義塾大学大学院経営管理研究科。〒223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1。本稿の主要部分は、2014 年 10 月 15 日ロイヤルパークホテルにて開催された日本 FIX 委員会トレーディングサミット 2014 において行った筆者の講演内容をベースにまとめたものである。三市場間の先行遅行関係分析の詳細はテクニカルペーパー（林（2015））を参照されたい。

<sup>\*1</sup> “マイカー・マイカー制度”と呼ばれる手数料体系を取る欧米市場においては、流動性供給を行うことによる対価として“マイカー”は約定のたびに市場よりリペートを受けることができ、これが彼らの収益の柱となっている。

	東証 (内国株式)	ChiX	Japannext PTS
取引時間	前場: 9:11:30 後場: 12:30-15	8-16	デイタイム: 8:20-16 ナイトタイム: 19-23:59
取扱銘柄	一部 1774 二部 559	約 3500	約 3500
ティックサイズ	≤ 3,000, 1 円 ≤ 5,000, 5 円 ≤ 30,000, 10 円, ...	≤ 5,000, 0.1 円 ≤ 100,000, 1 円 > 100,000, 10 円	東証の 1/10
取引手数料	基本料金 0.29bp*	ティカ - 0.2bp メイカ - 0bp	0.2 bp
スピード	1 ミリ秒	0.2 ミリ秒	0.4 ミリ秒

表 1 三市場の比較 (2013 年末時点). \* 月間の総売買代金及び証券会社毎の売買代金に応じて割引される.

う取引手数料の相違により, 一口に HFT と言っても彼らの戦略タイプの構成割合は市場間でも異なっている可能性が高い. 本研究は, 使用データが市場参加者を特定できる情報を含まないため HFT の売買行動を直接分析することはできないが, ミリ秒刻みのティックデータを分析に使用することで彼らの売買行動の特徴が間接的に把握できる可能性がある.

高速化が進む我が国の株式市場に関する実証分析として, 宇野 (2012) による高速三市場の市場間競争に関する分析, 太田 (2013) による arrowhead がもたらした価格形成・流動性の変化に関する分析などがある. また, 国内の HFT に関する実証分析として 保坂 (2014) による東証 “板再現データ” による HFT の売買行動が東証の価格形成や流動性に与える影響に関する分析などの例はあるが, 市場内外の急激な変化に実証研究が追いついていない印象がある. 今回のような高頻度板データ分析を行う意義は大きいと考える.

■東証のティックサイズ変更 東証は, 2014 年 1 月 14 日 (“フェーズ 1”) と 7 月 22 日 (“フェーズ 2”) の 2 回にわたり, 投資家の “利便性の向上” を目的として, “流動性が高い銘柄について細かい価値の単位を導入することで, 約定価格の改善や, 指値注文における値段の選択肢の広がりによる板での順番待ちの緩和” を図った.\*2 フェーズ 2 導入により, 該当銘柄 (TOPIX100 銘柄) は, PTS 二市場と競合する水準にまで引き下げられた.

## 1.2 分析データセット

分析にあたり三市場の注文板データを入手した. 分析データセットの時間解像度はいずれの市場ともミリ秒単位である. 各市場とも, データに記録されているタイムスタンプは個別注文が各々のマッチング・エンジンに到着した時刻である.

ここでは, 東証一部銘柄の中で時価総額や流動性の特に高いものから構成される TOPIX Core30 構成銘柄 (2012 年 10 月末時点) を分析対象とした. 比較対照銘柄群 “FIX30” として, アドホックではあるが, 日経平均採用銘柄ではあるが TOPIX100 に該当しない銘柄群, すなわち, 東証ティックサイズ変更に該当しなかった銘柄群のうち, JNX における取引件数の多い 30 銘柄を選定した. 銘柄リストは次の通りである.

\*2 東証作成リーフレット (2013 年 12 月 1 日付) より.

- Core30 (分析対象群): 日本たばこ (2914)\*, セブン&アイ (3382)\*, 信越化学 (4063)\*, 花王 (4452)\*, 武田 (4502)\*, アステラス製薬 (4503), 新日鉄住金 (5401), コマツ (6301), 日立 (6501), 東芝 (6502), パナソニック (6752), ソニー (6758), ファナック (6954)\*, 日産自動車 (7201), トヨタ自動車 (7203)\*, ホンダ (7267)\*, キヤノン (7751)\*, 三井物産 (8031), 三菱商事 (8058), 三菱 UFJFG (8306), 三井住友 FG (8316)\*, みずほ FG (8411), 野村 (8604), 東京海上 (8766)\*, 三菱地所 (8802), JR 東日本 (9020)\*, NTT (9433)\*, KDDI (9433)\*, NTT ドコモ (9437), ソフトバンク (9984)\*. (\* 印は, 2014 年 1 月 14 日 (フェーズ 1 適用開始日) における東証始値が 3000 円超となった銘柄.)
- FIX30 (比較対照群): 鹿島建設 (1812), 双日 (2768), SUMCO (3436), 昭和電工 (4004), 住友化学 (4005), 三井化学 (4183), ヤフー (4689), コニカミノルタ (4902), 神戸製鋼 (5406), 三井金属鉱業 (5706), 三菱マテリアル (5711), アマダ (6113), 安川電機 (6506), GS ユアサ (6674), 沖電気 (6703), シャープ (6753), アルプス電気 (6770), パイオニア (6773), 三井造船 (7003), 川崎重工 (7012), IHI (7013), 三菱自動車 (7211), マツダ (7261), オリンパス (7733), ユニーグループ (8270), 新生銀行 (8303), あおぞら銀行 (8304), 日本郵船 (9101), 商船三井 (9104), 川崎汽船 (9107).

データ期間は, 2013 年一年間 (245 営業日), および 2014 年 1 月 6 日～同 8 月 20 日 (156 営業日) である.

PTS 二市場は昼夜休みがないことから, 市場がオープンしている日中時間 (注文板に注文がある状態) すべてのレコードを対象とした. 一方, 東証は立会時間中のデータに限定することにした.

## 2 実証分析

### 2.1 取引量および市場クオリティの変化

はじめに, 上記各市場の注文板データを用いて, 市場の活況度やクオリティを示すと考えられる各種の記述的統計量を日次単位で計算し, 時系列推移を調べた. 図 1 は, 出来高 (約定枚数, 左パネル), 約定件数 (中央パネル), 気配更新件数 (右パネル) の日次推移である (上段が Core30, 下段が FIX30). 東証 (黒色実線), JNX (濃い灰色点線) ChiX (灰色鎖線) 毎に, それぞれのポートフォリオを構成する 30 銘柄の値を 1 日毎に合計した.

次に, 図 2 は, スプレッド率 (対価値比, 左パネル), デプス (5 本倉買気配数量合計, 中央), 実現ボラティリティ (右パネル)\*<sup>3</sup> の日次推移である (上段 Core30, 下段 FIX30). 東証 (実線), JNX (点線) ChiX (破線) 毎に, それぞれのポートフォリオを構成する 30 銘柄の値の中央値 (メジアン) を取った. さらに, 図 3 は, 約定件数比率 (左パネル),\*<sup>4</sup> 1 約定当りの約定枚数 (中央パネル), PTS 二社の出来高シェア (二社合計の全体に占める割合 (%), 右パネル) の日次推移である (上段が Core30, 下段が FIX30). 約定件数比率は 30 銘柄の中央値 (メジアン), 1 約定当り出来高はデータ期間開始時点 (20130106) を 100 として指数化した値の中央値である.

以上の図 1-3 から, 国内三市場が 2014 年に入り激変したことが読み取れる. Core30 銘柄群に関しては,

- PTS 二社は, フェーズ 2 後, 約定件数・枚数とも大きく減少した. 一方, 東証, 約定件数・枚数は横這い, あるいは微減であった. その結果, PTS 二社シェアは, フェーズ 2 後に大きく減少した.
- 東証は, フェーズ 1 後, 気配更新件数急増した. JNX は横這い, ChiX は減少した.
- ボラティリティについては, 一時的なアップダウンのあるものの, 三市場とも低下傾向にあり, 変更後もそのトレンドは継続した.
- デプス (内側 5 本値気配数量合計) は, PTS 二社ともに減少した (東証は, 見かけ上大幅減だがこれはティックサイズ縮小の帰結).
- スプレッド率は, それまで三市場連動していたものが, 2014 になると東証が一気に縮小し, PTS 二市場

\*<sup>3</sup> 実現ボラティリティは, マイクロプライスを用いて計算した. 実現ボラティリティの値はティックサイズなど計算に使用する価格系列の性質に依存することから, ここでは, 東証と 2 つの PTS 市場とのボラティリティの相対的大小関係ではなく、各々の時系列方向での下降トレンドに注意されたい.

\*<sup>4</sup> 約定件数比率 = 約定件数/気配更新件数として計算した. 今回分析に使用した“気配更新件数”は, 注文板の形状が変化した回数であり, したがって約定件数も含んだ値である.

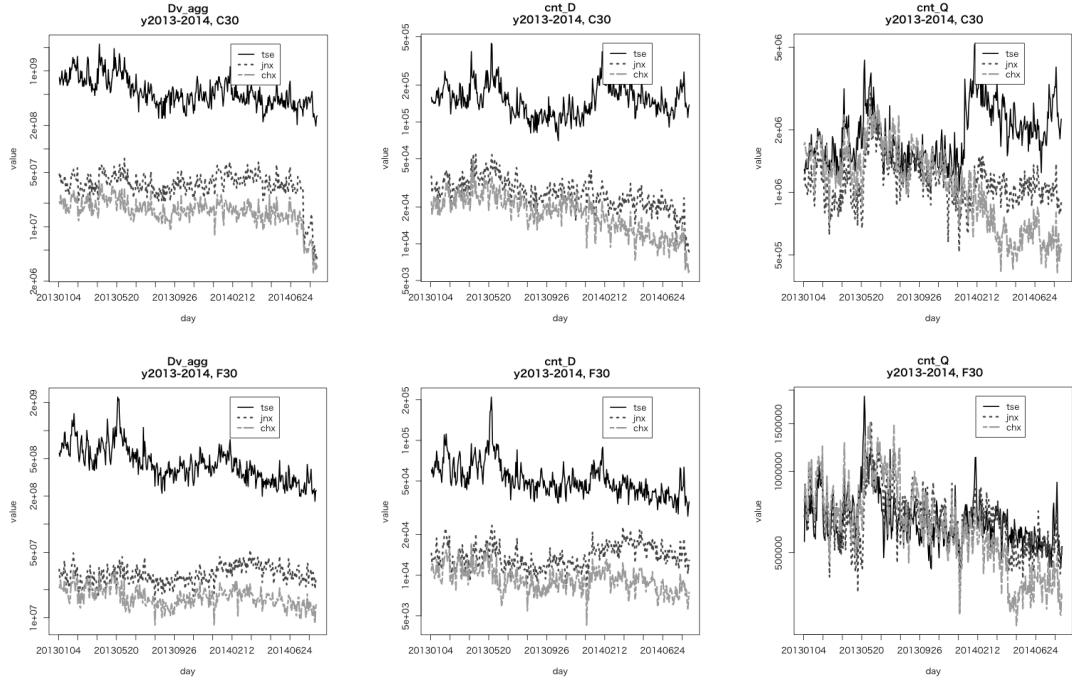


図1 日次時系列プロット-1: 出来高(約定枚数)の30銘柄合計値(左図), 約定件数の30銘柄合計値(中央図), 気配更新件数の30銘柄合計値(右図). Core30(上半分), FIX30(下半分). 各図中, 東証(TSE)は黒実線, JNXは濃い灰色点線, ChiXは灰色鎖線で表示.

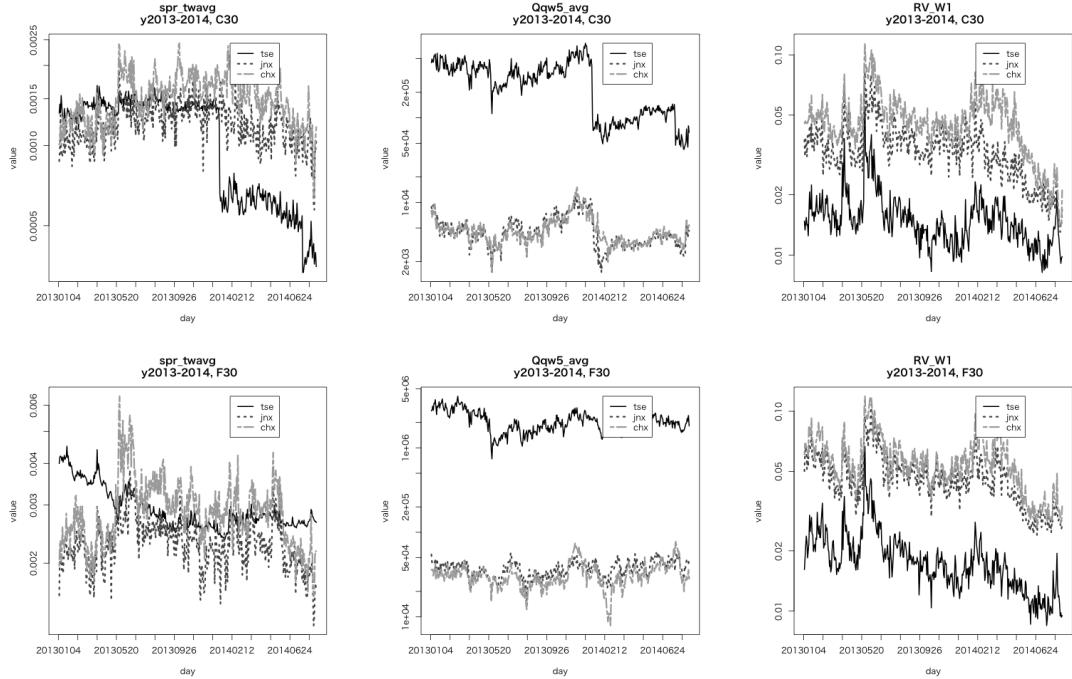


図2 同-2: スプレッド対平均値(%)の30銘柄中央値(左図), デプス(売買5本気配数量合計)の30銘柄中央値(中央図), 実現ボラティリティの30銘柄中央値(右図).

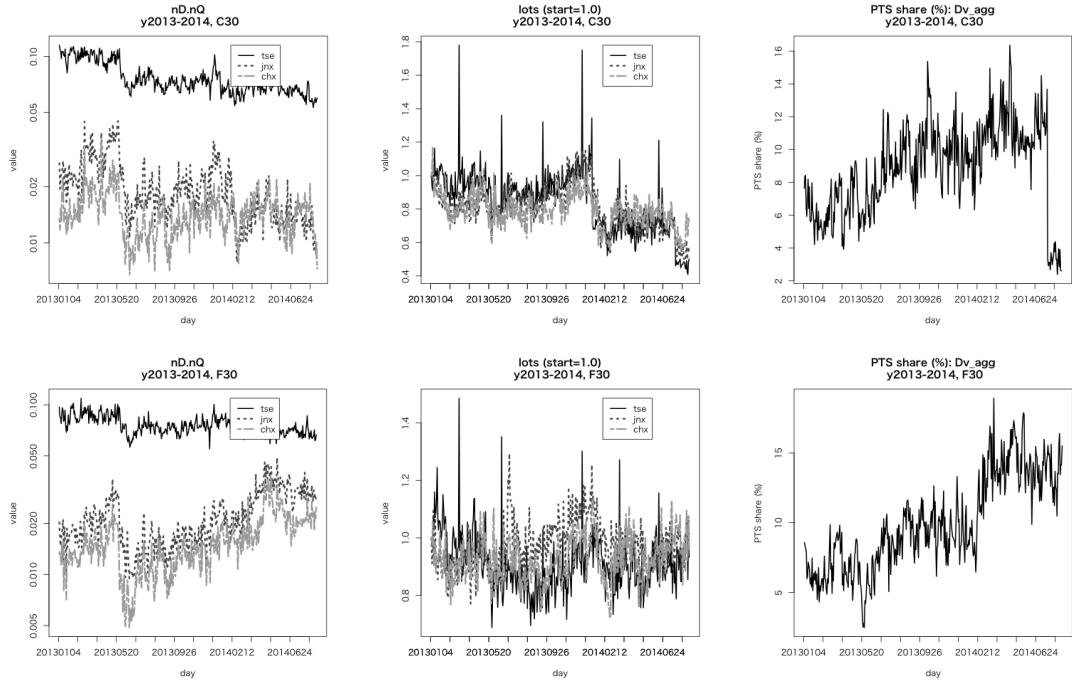


図3 同-3: 約定件数比率の30銘柄中央値(左図), 約定1回当たり出来高(2013年1月4日を1とする)の30銘柄中央値(中央図), PTS二社出来高シェア(右図).

は追従しなかった。

- 1約定当たり約定枚数は、2014年に入り、2回の変更のたびに低下。PTS二市場も東証に連動する形で取引の小口化が進んだ。
- 約定件数比率は、PTS二社においてフェーズ2後に落ち込んだ。

一方、FIX30銘柄においては、

- PTSシェアは高止まり、スプレッド率は三市場とも減少しているが、PTS二市場の方が東証よりも低い水準にある。デプス、約定1回当たり約定枚数は三市場とも横這いである。

次に、表2に、Core30構成銘柄、およびFIX30構成銘柄のスプレッド率(対仲値比、%)の、データ期間内の特定日において計算された(それぞれ30件分のデータに関する)中央値である。東証ではフェーズ1直前、Core30の12.3bpあったスプレッド率の中央値が、フェーズ2実施後には一気に3bp程度まで縮小した。一方、JNXやChiXは、フェーズ1前は東証と同程度だったものの、フェーズ2実施後は若干の縮小は見られるものの10bp程度に留まり、東証に大きく水を空けられている。一方、東証ティックサイズ変更の影響を受けなかったFIX30銘柄については、三市場ともスプレッド率は大きく変化せず(東証は2013年に低下)、JNX、ChiXはフェーズ2実施後もその優位性を維持したままとなっている。これらの数値は図2左パネルのスプレッド率の推移グラフにも使われている。

今回の分析はデータ期間が2014年8月20日まで、分析対象銘柄がCore30とFIX30の計60銘柄と限定的ではあるが、東証ティックサイズの変更により、変更対象銘柄(今次分析ではCore30構成銘柄)について、ボラ

date/venue	Stocks			Core30			FIX30		
	TSE	JNX	ChiX	TSE	JNX	ChiX	TSE	JNX	ChiX
20130104	0.132	0.087	0.101	0.400	0.160	0.196			
20131230	0.136	0.153	0.164	0.249	0.242	0.258			
20140110	0.123	0.130	0.180	0.244	0.227	0.329			
20140114	0.066	0.163	0.169	0.252	0.184	0.250			
20140718	0.054	0.099	0.116	0.269	0.177	0.191			
20140722	0.033	0.087	0.127	0.264	0.203	0.222			
20140820	0.035	0.105	0.117	0.265	0.168	0.217			

表 2 スプレッド対仲値比の 30 銘柄中央値の推移 (%).

ティリティの低下、スプレッド率の縮小など、概して市場のクオリティ向上を示唆する結果が得られた。<sup>\*5</sup> これらは、最近の HFT に関する実証研究におけるコンセンサス-HFT は流動性供給を通じて市場クオリティを向上させる-と整合的と言える(例、Broggaard et al. (2014); Hasbrouck and Saar (2013))。しかしながら、(少なくともデータ期間内では) ティックサイズ変更が市場全体の活性化にはつながらなかったようである。出来高が頭打ちの中、変更対象銘柄について PTS 二市場のシェアが東証に移動する一方、非対象銘柄について PTS 二市場が健闘している様子が垣間見られたと言えよう。

## 2.2 先行遅行関係分析

次に、ミリ秒単位のタイムスタンプ情報を用いて市場間の先行遅行関係の実証分析を行った。ここでは、結果の概要についてのみ紹介する。詳細に関しては林 (2015) を参照されたい。

本研究で用いる市場価格は、“マイクロ・プライス”である。マイクロプライスは、2つの最良気配の、気配数量の逆数をウェイトとする加重平均として定義される。マイクロプライスは、新規指値注文やキャンセル、約定などにより、注文板の形状が変化するたびに変化する価格であり、本研究が興味の対象としている高速・高頻度での売買行動を追いかけるのに適している。売買行動を追いかけるのに適している。ここでは最良気配を含め内側 3 つの気配数量合計をウェイトとして使用した。

本研究では、Hoffmann et al. (2013) (以下 “HRY”) による 2 つの時系列データ間の先行遅行関係計測の方法論を採用する。彼らの枠組みにおける先行遅行指標として、先行遅行時間を直接推定するものと、Huth and Abergel (2014) による双方向の先行遅行の相対的強度を比で表すリード・ラグ・レシオ (“LLR”) の 2 つがある。いずれも、先行遅行関係を持つ 2 つの時系列データ間の相関係数をベースにした計測指標である。ここでは感度は犠牲にしつつ数値のより安定的な LLR を使用する。<sup>\*6</sup>

先行遅行分析は、(東証、JNX、ChiX) の中から 3 組のペア  $X-Y$  を作り、各ペア毎に行った。時系列  $X$  が  $Y$  より先行する場合  $LLR > 0$ 、 $Y$  が  $X$  より先行する場合  $LLR < 0$  となる。絶対値の大きさは先行遅行度合の強さを表す。データは各日毎銘柄毎に東証立会時間(9 時-11 時半、12 時半-15 時)を 30 分間隔に 10 個の時間帯に分割し、各時間帯毎に指標計測を行った。短時間売買を繰り返す HFT はリスク回避のため一日の終了時

<sup>\*5</sup> デプスは、今回の分析では 5 本値までの合計しか計測していないため板全体の注文数量の動向について言及することはできない。

<sup>\*6</sup> テクニカルには、予め設定した先行時間候補値  $\theta_i$  に関する相互相関係数  $\rho(\theta_i)$  を全領域 ( $i = 1, \dots, p$ ) について計算し、 $X$  が先行する領域を分子、 $Y$  が先行する領域を分母とする 2 乗和の比として定義される;  $LLR := \sum_{i=1}^p \rho(\theta_i)^2 / \sum_{i=1}^p \rho(-\theta_i)^2$ 。本稿では、この Huth and Abergel (2014) による LLR 指標の対数値を使用するが、そのまま LLR と呼ぶことにする。なお、HRY がもともと提案していた先行遅行時間の推定値とは異なり、LLR は数値自体が物理的意味を持たないため、先行遅行指標としての妥当性に疑問を呈する研究者もいる。

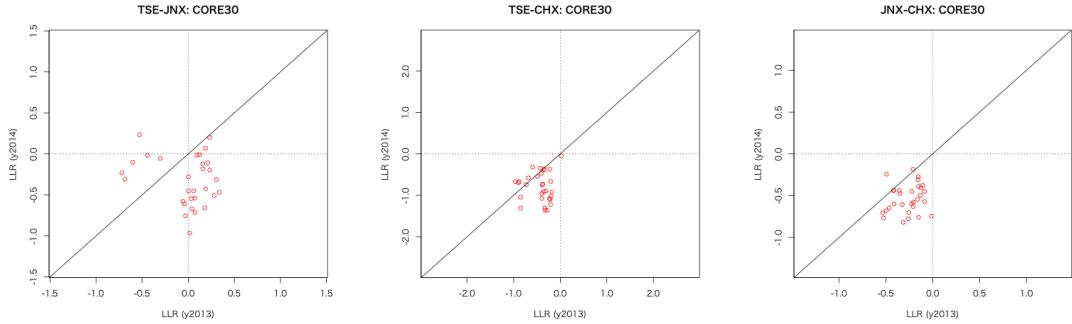


図4  $LLR$ (第10時間帯)のデータ期間内中央値の散布図(横軸: 2013年, 縦軸: 2014年): 東証(TSE)-JNX(左図), 東証(TSE)-ChiX(中央図), JNX-ChiX(右図)。図中の各点はCore30構成銘柄の一つに対応。正(右方向, 上方向)は市場XのYに対する先行, 負(左方向, 下方向)はYのXに対する先行を示す。45度線より上側は2013年から2014年にかけてXのYに対する先行度合が高まったことを, 下側はその逆を示す。

には原則ポジションを取らないとされる。このように、市場参加者の行動は1日内の時間帯によって変化するためである。

なお、採用した統計的方法論は提唱されて日が浅く、今後理論的整備がなされていくものである。推定精度に関しては統計学上の研究課題であり、今回の結果報告は時期尚早かもしれない。手法の妥当性も含めて今後検証が必要であることを明記しておきたい<sup>7</sup>。

#### LLR指標の散布図

Core30銘柄の各々に対して、データ期間内の各日各時間帯毎に毎に $LLR$ を計算し、期間全体の中央値を計算した。図4は、横軸に2013年の中央値、縦軸に2014年の中央値を取り、30銘柄について散布図を作成したものである(第10時間帯のみ掲載)。各図中、正の値(横軸は点線より右側、縦軸は上側)はそれぞれの指標に関して市場XがYよりも先行することを、負の値はその逆を示す。45度線より上側は2013年から2014年にかけてXのYに対する先行度合が高まったことを、下側はその逆を示す。各点は1つの銘柄を表す。

上図やその他の時間帯の散布図から得られる主な観察結果は以下の通りである。2013年から2014年にかけて、Core30構成銘柄に関しては以下のようない傾向が見られた。

- ChiXの東証やJNXに対する先行度合が高まった。

一方、東証-JNXは先行遅行関係の変化は銘柄によってまちまちであった(JNXが若干速まる傾向が見られた)。ここで、先行度合の変化は、多くの銘柄においてその大きさは僅かである。なお、FIX30銘柄についても同様に散布図を作成したところ、東証-JNX、東証-ChiXにおいては2013年から2014年にかけて(Core30の場合と比べて)特筆すべき大きな変化は見られなかった。JNX-ChiXにおいては、ChiXの先行度合の高まりが見られた。

<sup>7</sup> HRYの提案した先行遅行指標による結果は、ここで紹介するLLR指標のものとは異なる。これについては別の機会に報告したい。もとより、分析結果は注文板変化の先行度合の定量化を試みたのみで、市場間の優劣に関する価値判断を伴うものではない。

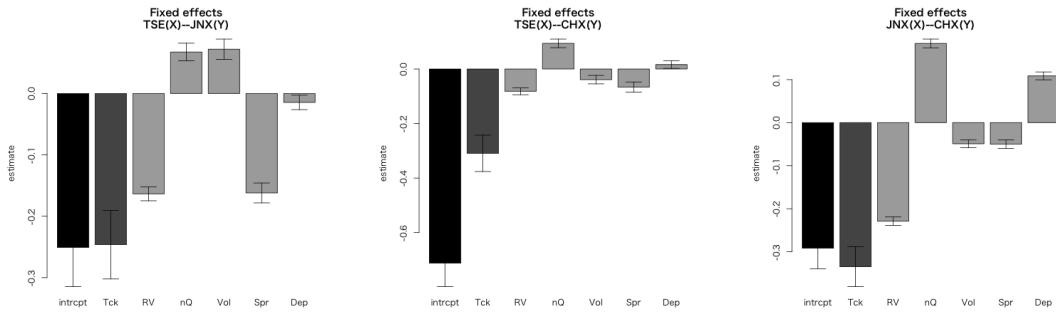


図 5 回帰係数推定値および 95% 信頼区間-1: 左から,  $y$ -切片, ティックサイズ変更効果 ( $Tck$ ), 実現ボラティリティ比 ( $RV$ ), 気配更新件数比 ( $nQ$ ), 約定枚数比 ( $Vol$ ), スプレッド対仲値比 ( $Spr$ ), デプス ( $Dep$ ) の各変数. ティックサイズ変更効果は変更前後の変化量. 5 つの説明変数の係数推定値はティックサイズ変更前の値. 東証 (TSE)-JNX (左図), 東証-ChiX (中央図), JNX-ChiX (右図).  $y$  軸のプラス方向は, (他の変数が固定されている状態において) その説明変数の市場  $Y$  の値が  $X$  よりも相対的に増加すると, 市場  $X$  の  $Y$  に対する先行度合が増加することを示す.

### パネルデータ分析

次に, Core30 銘柄を対象にして, 市場間の先行遅効指標の銘柄間の特徴の類似性や相違性を定量的に評価するため回帰分析を行った. データ期間 (1 日当り 30 分間 10 時間帯  $\times$  401 日 = 4,010 個)  $\times$  銘柄 (30 個) に配置したパネルデータを構成した. ここでは, 線形混合効果モデル (linear mixed effects model) を用いた. 被説明変数として  $LLR$  を用いた.

分析目的上, 二つの市場間の相対的な特徴の差異を見ることが必要なことから, 今回の分析では両市場の正の特徴量の対数比を取ることで新たな変数を定義する. 例えば,  $X, Y$  二つの市場における特徴量が  $v^X, v^Y$  であれば,  $v = \ln(v^Y/v^X)$  と言った具合である. 従って,  $v > 0$  においては市場  $Y$  で計測された特徴量が市場  $X$  よりも大きかったことを,  $v < 0$  はその逆を示す. 複数の候補変数群の中から, AIC や回帰係数の有意性を確認しながら, また解釈容易性も勘案しつつ, モデル選択, 変数選択を行った.

採用した説明変数は, 共変量として, 実現ボラティリティの対数比  $RV$ , 気配更新数の対数比  $nQ$ , 約定枚数の対数比  $Vol$ , スプレッド率 (ビッド・アスク・スプレッド  $\div$  仲値) の対数比  $Spr$ , 5 本気配値までの売買気配数量合計の対数比  $Dep$ , 固定因子として, 東証ティックサイズ変更の前後を表す 2-水準固定因子  $Tck$  (ダミー変数 1 個), 1 日内の時間帯効果を表す 10-水準固定因子  $T$  (ダミー変数 9 個) である.\*<sup>8</sup> これらの説明変数のうち, 実現ボラティリティ, 気配更新数, 約定枚数は 1 日の累積値, 他方, スプレッド率, および 5 水準デプスは 1 日内平均値 (次の気配更新までの経過時間による加重平均) であり, いずれも, 銘柄毎かつ日毎に算出した. 全ての共変量は標準化した. なお, 各銘柄固有の変動を表すためのランダム項, 各日固有の変動を表すためのランダム項もモデル式に加えて推定を行った (変量因子).

推定された回帰係数 (および 95% 信頼区間) を図 5-7 に集約して表示する. 各図いずれにおいても,  $y$  軸のプラス方向は, (他の変数が固定されているもとで) その説明変数の市場  $Y$  の値が  $X$  よりも相対的に増加する

\*<sup>8</sup>  $Tck$  として, フェーズ 1, フェーズ 2 を別個に扱うため 3-水準因子も試みたが, 2 水準因子による推定結果からの適合度の改善が見られなかったことから, 今回はフェーズ 1 前後で区切る 2-水準因子を使用することとした. 今次分析に使用したフェーズ 2 後のデータ期間長が短かったことが影響したとも考えられる.

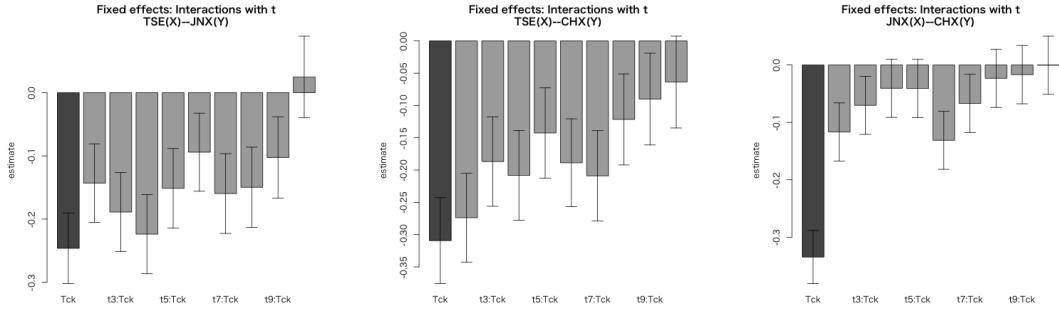


図 6 同-2: 時間帯別ティックサイズ変更の影響. 左から, 第1時間帯 ( $Tck$ ), 第2時間帯 ( $t2$ ), ..., 第10時間帯 ( $t10$ ) まで, ティックサイズ変更前後の変化量. 第2時間帯以降は第1時間帯との差分. 東証-JNX (左図), 東証-ChiX (中央図), JNX-ChiX (右図).

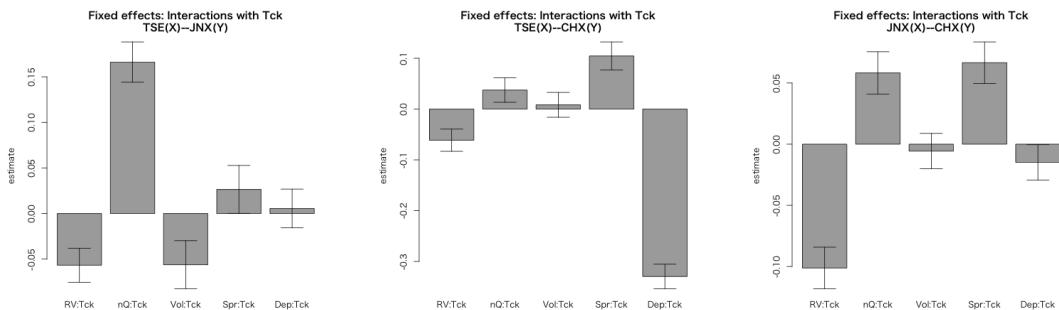


図 7 同-3: 各説明変数へのティックサイズ変更の影響. 左から, 実現ボラティリティ比 ( $RV$ ), 気配更新件数比 ( $nQ$ ), 約定枚数比 ( $Vol$ ), スプレッド対仲値比 ( $Spr$ ), デプス ( $Dep$ ). ティックサイズ変更前後の変化量. 東証-JNX (左図), 東証-ChiX (中央図), JNX-ChiX (右図).

と, 市場  $X$  の  $Y$  に対する価格変化の先行度合が増加することを示す. 図 5 は推定された  $y$ -切片および共変量の回帰係数の値をそれぞれの 95% 信頼区間と同時にプロットした図である (1 日内効果の推定値のプロットは省略). 同図によれば, 市場ペアの 3 つの組み合せにおいて, 共変量の回帰係数の符号に共通のパターンが観測される. すなわち,  $RV$ ,  $Spr$  は負の係数,  $nQ$  は正の係数である. 得られた結果は, 一方の市場の実現ボラティリティが相対的に大きくなるのに連動して, その市場の (他方の市場に対する) 先行度合が増すことを示している. また, 一方の市場のスプレッド率の相対増はその市場の相対スピード増と, 気配更新数の相対増は逆に先行度合減と連動していることも示された. これらはこれまで筆者が行ってきた実証分析結果とおおむね整合的である.

更に, 図 6 に一日内各時間帯別の東証ティックサイズ変更の影響度合 ( $Tck$  と  $T$  の交互作用) を, 図 7 にティックサイズ変更による各変量の持つ回帰係数の変化 ( $Tck$  と各説明変数との交互作用) を示す. これらの図から読み取れるティックサイズ変更による影響を要約すると次の通りである.

- ChiX は他二市場に, JNX は東証に対する先行度合を高めた.
- 変更の時間帯別の影響は, 前場や後場早い時間帯において PTS 二市場の東証に対する先行度合が高まる傾向が見られた.

- 変更の共変量への影響は,  $RV$  の係数は主効果の負の度合を,  $nQ$  は, 正の度合いを強めた. 一方,  $Spr$  の係数は, 主効果の符号 (負) と反対方向の変化を示した.

現時点では実際の市場参加者の行動との関連付け作業はなされていない. マイクロストラクチャ研究との関連性についての調査も必要である. 今後の課題としたい. さらに, 今回分析したのは注文板の変化を逐次反映する“マイクロプライス”である. これが市場に期待される“価格発見機能”的“価格”なのは議論の余地があるだろう.

### 3 まとめ

東京証券取引所, チャイエックス・ジャパン (ChiX Japan), SBI ジャパンネクスト証券 (Japannext) の協力を得て, これら国内高速三市場にて同時に取引されている国内株式の高頻度注文板データを分析することで, 2回の東証ティックサイズ変更が国内株式市場にもたらした影響に関する実証分析を行った. 分析対象銘柄は, 東京証券取引所において時価総額および流動性の特に高い30銘柄から成る TOPIX Core30 構成銘柄, 分析期間は 2013 年 1 月 4 日から 2014 年 8 月 20 日までの 401 営業日, 時間解像度はミリ秒単位である.

まず, ティックサイズ変更前後で, 市場シェアやクオリティを表す諸指標に大きな変化が見られた. 特に, Core30 銘柄群に関しては, それまで三市場が同一程度で推移していたのが, ティックサイズ変更を機に東証のスプレッドが PTS 二市場に比べて大きく縮小した. 取引シェアは東証が大きく伸ばした.

さらに三市場間の先行遅行関係については, ChiX が他 2 市場に対する注文板変化の先行度合を高めた様子が観察された. また, 変更の影響は時間帯によって異なることや, 銘柄の取引特性によっても異なることが確認された. 以上の結果は暫定的なものであり, 分析手法の妥当性も含め今後検証が必要である. 分析対象銘柄も順次拡大する必要がある.

■謝辞 本研究遂行にあたり, 東京大学吉田朋広教授, 株式会社東京証券取引所保坂豪氏, 同近藤真史氏より有益なコメントを頂いた. 株式会社日本取引所グループ, チャイエックス・ジャパン株式会社, SBI ジャパンネクスト証券株式会社よりデータをご提供頂いた. 全国銀行学術研究振興財団研究資金 (2013 年 9 月~2014 年 8 月) からは研究資金援助を頂いた. ここに謝意を表します.

### 参考文献

- Brogaard, Jonathan, Terrence Hendershott, and Ryan Riordan (2014) “High-Frequency Trading and Price Discovery,” *Review of Financial Studies*, Vol. 27, No. 8, pp. 2267–2306.
- Hasbrouck, Joel and Gideon Saar (2013) “Low-latency trading,” *Journal of Financial Markets*, Vol. 16, No. 4, pp. 646–679.
- 林高樹 (2015) 「国内高速 3 株式市場間の注文板形成の先行遅行関係」. Preprint.
- Hoffmann, Marc, M. Rosenbaum, and Nakahiro Yoshida (2013) “Estimation of the lead-lag parameter from non-synchronous data,” *Bernoulli*, Vol. 19, No. 2, pp. 426–461.
- 保坂豪 (2014) 「東京証券取引所における High-Frequency Trading の分析」, 『証券アナリストジャーナル』, 第 52 卷, 第 6 号, 73–82 頁.
- Huth, Nicolas and Frédéric Abergel (2014) “High Frequency Lead/lag Relationships: Empirical facts,” *Journal of Empirical Finance*, Vol. 26, pp. 41–58. arXiv preprint arXiv:1111.7103.v1.

太田亘 (2013) 「取引システム高速化の流動性に対する長期的影響」. 日本ファイナンス学会第 21 回大会予稿集 CD-ROM.

大墳剛士 (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.

宇野淳 (2012) 「株式取引の市場間競争-上場株取引の市場分散と価格形成-」, 『証券アナリストジャーナル』, 第 50 卷, 第 9 号, 6–16 頁.