

先物市場における高速取引が現物市場の 流動性に与える影響

森 保 洋

Abstract

Osaka Stock Exchange introduced J-GATE, a newly trading platform for derivative trading on February 2011. By using the introduction as an exogenous event that increases high-frequency trading in the futures market, this paper investigates whether high-frequency trading in futures market improve its spot market liquidity. The empirical results provide the evidence that high-frequency trading improve spot market liquidity in terms of spread measures. However, the results find that the market depth in the spot market is not improved by the high-frequency trading.

Keywords: market microstructure, stock liquidity, Nikkei 225 futures

1. はじめに

近年の金融市場の一大変化として、高速取引の台頭が挙げられる。わが国の証券市場においても東京証券取引所が高速取引に対応した新取引システム arrowhead を2010年1月に導入し、2011年2月には大阪証券取引所が新デリバティブ取引システム J-GATE を稼働させたことにより、ここ数年でその存在感は急速に高まっている。

高速取引が普及する過程で、2010年5月にダウ工業株価平均が10分に満たない時間に約9%下落した「フラッシュ・クラッシュ」や、2012年8月に45分間で4億4000万ドルの損失を出したナイト・キャピタルの誤発注事件などが発生したこともあり、高速取引が金融市場に及ぼす影響についての研究が急速に進んでいる。

第2節で詳述するが、高速取引が現物株式市場に与える影響については、その株式流動性や価格発見能力に与える影響の検証などが行われており、おおむね高速取引は現物株式市場の質を向上させているという結論を提示している。一方、先物市場を対象とした実証分析は少なく、その結果も統一的な

見解を導いていない。このため、先物市場における高速取引の影響については、さらなる実証分析の蓄積が必要といえよう。さらに、高速取引が現物（先物）市場で増加した場合の、先物（現物）市場に対する影響を検証した研究は皆無である。

本稿の目的は、J-GATE 導入が先物市場における高速取引を増大させる外生的な要因と捉え、日経225先物市場における高速取引の増大が現物市場の流動性向上につながったかどうかを検証することである。

本稿は以下のように構成される。第2節では取引システムの変更が株価形成にもたらす影響に関する先行研究を概説する。第3節では日経225先物市場の取引制度と、大阪証券取引所に2011年2月に導入された派生証券新取引システム J-GATE の概要について述べる。第4節では実証分析に利用したデータを説明し、第5節で実証分析を行う。第6節では考察と結論を述べる。

2. 先行研究

本節では、取引所における取引システムの強化が、取引される金融商品の価格形成に与える影響についての先行研究について概説する。

Hendershott et al. (2011) はニューヨーク証券取引所に2003年から段階的に導入された自動気配配信システムをアルゴリズム取引を容易にする外生的要因としてとらえ、アルゴリズム取引が株式流動性に与える影響について分析を行っている。分析の結果、アルゴリズム取引はスプレッドを縮小し、株式流動性を高めることを明らかにした。株式流動性向上の要因分解においては、逆選択コストの低下が顕著であることを示している。また、アルゴリズム取引の増加に伴い、約定に関する情報よりも気配値更新が価格発見能力に相対的に大きな影響を与えていることを明らかにしている。

ドイツ証券取引所は2007年に取引システム Xetra の改善を行っている。これにより取引のレイテンシは50ミリ秒から10ミリ秒へと短縮された。この

システム改善が株式流動性に与える影響について、Riordan and Storkenmaier (2012) は検証を行っている。検証の結果は、Hendershott et al. (2011) の結果とほぼ同様のものである。すなわち、気配スプレッドおよび実効スプレッドは新システム導入後縮小しており、その縮小の大部分は逆選択コストの劇的な低下によるものであることを示している。また、新システム導入により、価格発見能力が向上していることも示している。

宇野・柴田 (2012) は、2010年に東京証券取引所に導入された新取引システム Arrowhead が株式流動性にどのような影響を与えたか検証している。検証の結果、実効スプレッドが低下し、流動性が向上したことを示している。また、流動性に対する影響は企業特性により異なり、メッセージ・トラフィックが高頻度化した銘柄ほど、逆選択コストが増加していることを明らかにしている。

以上のように、現物株式市場における新取引システムの導入とそれに伴うアルゴリズム取引の増加が価格形成、特に株式流動性に与える影響についての分析は近年精力的に行われている。これに対して、先物市場に関する同様の実証分析は相対的に少ないと言える。

Lee (2015) は韓国取引所に上場されている KOSPI 200 株価指数先物を分析対象とし、高頻度取引が市場流動性を高めず、市場の質を改善しないことを示した。

Frino et al. (2014) はオーストラリア取引所で取引されている 4 種類の先物を対象に分析を行い、同取引所のコロケーション・サービスの導入が高頻度取引を増加させ、さらにビッド・アスク・スプレッドを縮小し流動性を高めることを示した。

以上のように、当該取引市場の取引システム強化による株式流動性の変化についての検証は、国際的に現物・先物両市場において行われている。一方、先物市場の取引システム高速化が、その基本証券である現物株式市場に与える影響について分析している先行研究は筆者の知る限り存在しない。

3. 新派生証券売買システム J-GATE 導入と日経225先物取引の制度変更

ここでは、本稿において派生証券市場の取引環境変化として取り上げる大阪証券取引所の新取引システム J-GATE の概要と、その導入にともなう取引制度の変更について概説する。

3.1 新売買システム J-GATE の導入

大阪証券取引所に導入された新派生証券売買システム J-GATE は2011年2月14日に稼働開始した。このシステムの導入の狙いとして大阪証券取引所は(1)取引制度のグローバル化、(2)世界最高水準のパフォーマンス、(3)アクセサビリティの向上という3点を挙げている¹。

取引制度のグローバル化へ対応するために、大阪証券取引所では J-GATE 導入と同時に海外の主要な市場で採用されている標準的な制度・機能・取引形態を採用している。これは、新規参入の障壁を取り除くことを狙いとしている。

また、世界水準のパフォーマンスに関しては、Nasdaq 社の Click XT を導入することにより、売買の速度・処理能力が劇的に改善されている。具体的には、旧売買システムにおいては100ミリ秒であった平均注文処理レイテンシが2ミリ秒と50倍の高速化を果たしている。また、注文処理スループットについても、旧売買システムでは毎秒800件であってものが、毎秒12,000件の処理能力を有するようになった²。

アクセサビリティの向上は、J-GATE に対する多様な接続方式の提供、相場情報の拡充、投資家と J-GATE 間のネットワークの高速化によって実現

1 大阪証券取引所，“J-GATEの導入”，<http://www.ose.or.jp/derivative/5936>（2014年9月26日参照）

2 大阪証券取引所，“J-GATEの特徴”，<http://www.ose.or.jp/derivative/2096>（2014年9月26日参照）

されている。これに加え、今日の高速取引に不可欠なコロケーション・サービスも開始された。

以上の売買システムの改善は、高速取引を行う投資家にとって有利に働くものであり、J-GATE 導入により日経225先物市場における高速取引の比率が高まったことが予想される。

3.2 日経225先物の取引制度と J-GATE 導入時の制度変更

大阪証券取引所では、日経平均株価を基本証券とする先物取引として、日経225先物と日経225miniを上場している。ここでは両先物についての取引制度を概説すると同時に、J-GATE 導入に伴う取引制度の変更点について述べる。

J-GATE 導入以前は、両先物の日中立会時間は午前9時から午前11時までの前場と、午後0時30分から午後3時10分までの後場、さらに午後4時30分から午後11時30分までのイブニング・セッションの3部で構成されていた。

J-GATE の導入に伴い、昼休みが廃止され、前場と後場が統合されたレギュラー・セッションと呼ばれる午前9時から午後3時10分が設定された。また、イブニング・セッションの取引時間が午後11時25分までと5分の短縮が行われた。さらに各セッションの前後ではオープニング・オークションとクロージング・オークションと呼ばれる板寄せ形式によるマッチングも行われている。

日経225先物、日経225mini 両先物ともに、3月、6月、9月、12月の第2金曜日の前日を最終取引日とする残存期間が異なる先物が並行して取引されている。具体的には日経225先物では直近の13限月が取引されている。それに加えて日経225mini では直近3ヶ月の限月を加えた16限月の取引が行われている。

4. データ

4.1 データベースとサンプル期間

本稿の分析に利用するデータは、大阪取引所上場の日経225先物と日経225mini、東京証券取引所第1部上場の現物株式のティック・データである。これらのデータは株式会社日経メディアマーケティングが提供しているもので、先物および現物株式のすべての取引と気配更新についての情報が記録されている。本稿ではこの日中取引データから日次レベルの先物市場の日中取引回数と気配更新回数を計算し、大阪証券取引所で高速取引がJ-GATE導入以降増加したか、また、現物株式市場の日次レベル流動性尺度を構築し、J-GATE導入前後での流動性尺度が変化したかを検証する。

分析期間はJ-GATE導入日を基準として前後15取引日とする。すなわち、2011年1月21日から2011年3月4日までである³。分析に利用した時間帯は、先物については午前9時から午後3時10分、現物株式については午前9時から午後3時までとする。

先物取引については、分析期間中に取引されている全限月のものを分析対象とする⁴。現物株式取引についてはETFとREITを除く東京証券取引所第1部上場の個別株式を利用する。なお、本稿では流動性に着目し分析を行うが、スプレッドに関する流動性尺度は呼値の単位に大きく影響を受けるため、分析期間中に株価変動に伴う呼値の変化がなかった銘柄だけを分析サン

3 J-GATE導入直後は投資家が新取引システムに十分に習熟していないことが予想され、より長期のサンプル期間を利用することが適切であるとも考えられる。しかし、サンプル期間の拡大は、J-GATE導入以外の要因が流動性に影響を与える可能性を増加させる。特に2011年3月11日に発生した東日本大震災直後は、わが国金融市場が激しく混乱した時期であり、サンプルから除外する必要があると考えたため、本分析期間を採用することとする。

4 サンプル期間中に実際に取引されていた先物は、日経225先物では2011年の3月物、6月物、9月物、12月物および2012年の3月物、日経225miniでは2011年4月物、5月物、6月物、7月物である。

ブルとする⁵。

4.2 株式流動性尺度

本稿では株式流動性を計測する尺度として、気配スプレッド率、実効スプレッド率、最良気配値でのデプス、第8最良気配値までのデプスを利用する。さらに実効スプレッド率を実現スプレッド率と逆選択コスト率に分解したもののについても分析する。

ここでは、これらの株式流動性尺度の定義について述べる。

まず、気配スプレッド率であるが、取引時間中の最良売り気配値と最良買い気配値の差を、仲値で除したものと定義する。すなわち、当該取引日における第*i*番目の最良売り気配値と最良買い気配値を ask_i , bid_i とし、その仲値を mid_i とすると、第*i*番目の気配スプレッド率 $qspread_i$ は

$$qspread_i = \frac{ask_i - bid_i}{mid_i} \quad (1)$$

と表せる。

実効スプレッド率は、第*i*番目の約定価格 p_i とその時点での仲値の差を仲値で除したものである。すなわち、日中の第*i*番目の実効スプレッド率を $espread_i$ とすると、

$$espread_i = \frac{q_i(p_i - mid_i)}{mid_i} \quad (2)$$

である。ここで、 q_i は第*i*番目の取引が買い主導であれば1を、売り主導であれば-1をとる変数である。買い主導の取引は、最良売り気配値で約定した取引であり、売り主導の取引は最良買い気配値で約定した取引と定義する。東京証券取引所はオーダドリブン型の取引を行っており、ティック・データから各取引が売り主導か買い主導かは容易に判別できる。実効スプレッド

5 呼び値の最小単位と流動性に関する実証分析として、Nasdaq-100を対象としたもの (Kurov (2008)) や、日本株式市場を対象としたものがある (Ahn et al. (2007); Ascioğlu et al. (2010))。

率は実効スプレッドを最良気配の仲値で除したものである。実効スプレッドは気配値を提示することで流動性を供給する流動性供給者（あるいはマーケットメーカー）に対して、成行注文を行う投資家が支払う投資費用を表している。

最良気配値におけるデプスは最良売り気配と最良買い気配値に、それぞれの気配数量を乗じたものの合計とする。つまり、第 i 番目の最良売り気配値と最良買い気配値に対応する数量を qs_i , qb_i とすると、最良気配値におけるデプス $depth1_i$ は

$$depth1_i = qs_i \times ask_i + qb_i \times bid_i \quad (3)$$

となる。

また、本稿で利用したティック・データは売り気配、買い気配ともに最良気配から 8 段階の気配が記録されている。この情報を利用し、最良気配から 8 段階までのデプス $depth8_i$ を以下のように定義する。

$$depth8_i = \sum_{j=1}^8 (qs_{i,j} \times ask_{i,j} + qb_{i,j} \times bid_{i,j}) \quad (4)$$

ここで、 $ask_{i,j}$, $bid_{i,j}$ はそれぞれ第 j 段階の売り気配値と買い気配値を表し、 $qs_{i,j}$, $qb_{i,j}$ は $ask_{i,j}$, $bid_{i,j}$ に対応する数量を表す。

さらに本分析では実効スプレッド率を実現スプレッド率と逆選択コスト率に分解することで、流動性供給者と情報トレーダーの利益について分析を行う。実現スプレッド率は約定価格と約定時点から 5 分後の気配値の仲値の差を仲値で除したものに、約定が買い主導のものであれば 1 を、売り主導であれば - 1 を乗じたものと定義する。すなわち第 i 番目の実効スプレッド率 rs_{spread}_i は

$$rs_{spread}_i = \frac{q_i(p_i - mid_{i,5min})}{mid_i} \quad (5)$$

で計算される。ここで、 $mid_{i,5min}$ は第 i 約定時点から 5 分後の最良気配値の

仲値である。

逆選択コスト率は約定時点での最良気配値の仲値を5分後の仲値から差し引いた後、仲値で除したものに約定が買い主導のものであれば1を、売り主導であれば-1を乗じたものと定義される。したがって、第*i*番目の逆選択コスト率 $advsel_i$ は

$$advsel_i = \frac{q_i(\text{mid}_{i,5min} - \text{mid}_i)}{\text{mid}_i} \quad (6)$$

である。

以上の定義から、実効スプレッド率は実現スプレッド率と逆選択コスト率の和として表現されていることがわかる。実現スプレッド率は流動性供給者が成行注文を行った投資家との取引について、5分後に反対売買をした場合の収益率を表しており、流動性を供給することの対価と言える。一方、逆選択コストは、成行注文を行う情報投資家の取引による流動性供給者の損失を表している。

以上の流動性尺度は、取引時間中のある時点もしくは取引が成立した時点において計算できるものであり、日次レベルに集計する必要がある。そこで本分析では、気配スプレッド率、最良気配値におけるデプス、最良気配値から8段階までのデプスについては、それらの尺度を計算するための気配が持続した時間をウエイトとする加重平均をとることで日次の尺度を構築した⁶。実効スプレッド率、実現スプレッド率、逆選択コスト率については、各取引における取引数量で加重平均を計算した。

また、ビッド・アスク・バウンスの影響が大きいと考えられる株価が10円以下のデータについては分析から除外する。さらに日中取引時間帯の取引が5回に満たないデータについては、そのデータから計算されるスプレッド関連の尺度の信頼性が十分ではないと判断し除外する。加えて、スプレッド関

6 デプスに関する尺度については、気配が存在しなかった時間の気配数量は0として計算している。

連の尺度の絶対値が20%を超えるものについては異常値と判断し除外する。

最後に、分析に用いるすべての変数について、上下0.05%点で winsorize を行う。以上の条件を課した結果、分析期間中に流動性尺度が計算できる企業数は1,614社であった。

5．実証分析

本節では、J-GATE が導入されることによって、(1)大阪証券取引所の日経225先物市場において高速取引が増大したのか、(2)基本証券市場である東京証券取引所の現物株市場の流動性にどのような影響が生じたのかの2点について実証分析を行う。5.1節では、J-GATE 導入前後において、高速取引の代理変数や流動性に変化が生じたのかを検証する。さらに、5.2節では、J-GATE 導入以外の市場要因や企業特性を排除すべく、回帰分析による検証結果について述べる。

5.1 単変量分析

5.1.1 J-GATE 導入による日経225先物市場での高速取引の増加

まず、J-GATE 導入によって、日経225先物の高速取引が増加したかどうかを確認する。表1はJ-GATE 導入前後における日経225先物と日経225mini の日中取引回数、気配更新回数、気配更新に対する取引回数の比率を表したものである。

J-GATE 導入後、日中取引回数は有意な変化を示していない。その一方、気配更新回数は日経225先物で約2.8倍、日経225mini で約2.5倍の増加を示している。このため、気配更新回数に対する取引回数の比率は大きく減少している。高速取引においては取引より気配更新がより頻繁に行われることが知られており、この結果はJ-GATE 導入によって日経225先物市場において

表 1 : J-GATE 導入前後の取引と気配更新回数

		日経225先物			日経225mini		
		導入前	導入後	差	導入前	導入後	差
FNTRADE	平均	4,222	4,335	112	22,245	24,014	1,768
	中央値	4,001	4,162	161	20,707	22,506	1,799
FQUPDATE	平均	61,578	173,108	111,531 ***	110,575	284,954	174,379 ***
	中央値	60,458	170,513	110,055 +++	107,516	270,768	163,252 +++
FNTRADE/	平均	0.07	0.03	-0.04 ***	0.20	0.08	-0.11 ***
	中央値	0.07	0.03	-0.04 +++	0.20	0.08	-0.11 +++

注) FNTRADE, FQUPDATE はそれぞれ日中の取引回数と気配更新回数を表す。推定期間は J-GATE 導入前後15取引日である。当該取引日に上場している全限月の先物を推定対象としている。*, **, *** は平均の差の検定においてそれぞれ10%, 5%, 1%水準で有意であること, +, ++, +++は Wilcoxon の順位和検定においてそれぞれ10%, 5%, 1%水準で有意であることを示す。

高速取引が積極的に行われていることを示唆している⁷。

次に, J-GATE 導入からどのくらい早く高速取引が大阪証券取引所で行われているかを確認する。日中取引回数および日中気配更新回数についての時系列グラフを図1に示す。気配更新回数を見ると, J-GATE 稼働当日である2月14日には稼働以前の時期よりも2倍弱の値を示している。このことから, 高速取引を行う投資家は J-GATE 稼働当日から活発に活動を行っていることがわかる。

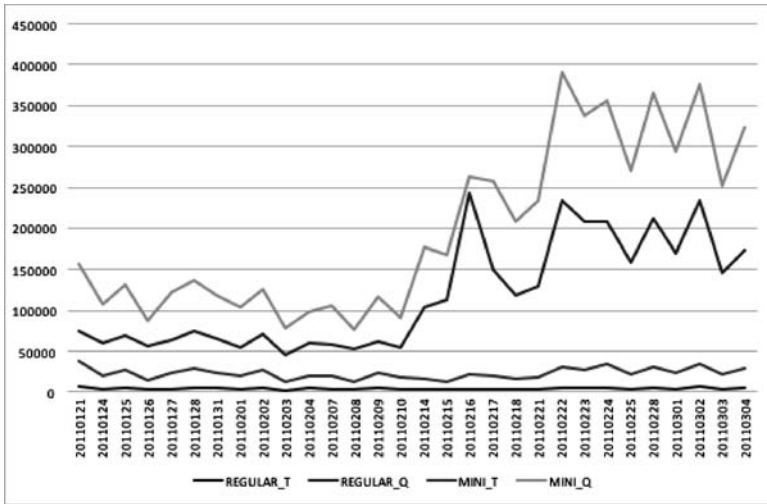
5.1.2 J-GATE 導入に伴う高速取引が現物株式市場の流動性に与える影響

ここでは日経225先物市場での高速取引の増加が, 現物株式市場の流動性に与える影響について検証する。

表2は日中取引時間帯の取引回数と, 流動性尺度について, J-GATE 導入前後, 日経採用銘柄かどうかの観点から基本統計量を計算したものである。

7 限月毎にデータを細分化し, 同様の分析を行ったが, J-GATE 導入以降の日中取引回数・日中気配更新回数については限月間の大きな差異は認められなかった。

図 1 : J-GATE 導入前後の日経225先物・日経225mini の日中取引回数・気配更新回数



注) この図は分析のサンプル期間である2011年1月21日から2011年3月4日までの、日経225先物および日経225miniの取引時間中における取引回数と気配更新回数を示したものである。REGULAR_T, REGULAR_Q, MINI_T, MINI_Qはそれぞれ、日経225先物の日中取引回数, 日経225先物の日中気配更新回数, 日経225miniの日中取引回数, 日経225miniの日中気配更新回数を表す。J-GATEの稼働開始日は2011年2月14日である。

表 2 : 東証 1 部銘柄の日中取引回数と流動性尺度の基本統計量

Panel A: NTrade		日経平均		
		非採用	採用	全企業
J-GATE	平均	335.36	1381.40	484.47
稼働前	標準偏差	548.53	1186.64	769.69
	N	19489	3240	22729
J-GATE	平均	338.87	1415.60	492.19
稼働後	標準偏差	551.90	1185.23	776.39
	N	19507	3239	22746
全期間	平均	337.12	1398.50	488.34
	標準偏差	550.21	1185.97	773.05
	N	38996	6479	45475

Panel B: Qspread		日経平均		
		非採用	採用	全企業
J-GATE	平均	20.48	11.89	19.26
稼働前	標準偏差	18.47	11.00	17.85
	N	19489	3240	22729
J-GATE	平均	20.41	11.75	19.17
稼働後	標準偏差	18.17	10.80	17.57
	N	19507	3239	22746
全期間	平均	20.45	11.82	19.22
	標準偏差	18.32	10.90	17.71
	N	38996	6479	45475

Panel C: Espread		日経平均		
		非採用	採用	全企業
J-GATE	平均	18.95	11.75	17.92
稼働前	標準偏差	18.23	11.19	17.58
	N	19489	3240	22729
J-GATE	平均	18.80	11.56	17.77
稼働後	標準偏差	17.94	10.91	17.30
	N	19507	3239	22746
全期間	平均	18.87	11.66	17.85
	標準偏差	18.08	11.05	17.44
	N	38996	6479	45475

Panel D:Depth1		日経平均			Panel E:Depth8		日経平均		
		非採用	採用	全企業			非採用	採用	全企業
J-GATE	平均	7.72	108.31	22.06	J-GATE	平均	58.77	822.12	167.58
稼働前	標準偏差	22.26	144.76	68.18	稼働前	標準偏差	152.31	1016.31	488.18
	N	19489	3240	22729		N	19489	3240	22729
J-GATE	平均	8.29	110.64	22.86	J-GATE	平均	64.96	863.16	178.63
稼働後	標準偏差	26.81	146.29	70.30	稼働後	標準偏差	175.34	1037.56	507.38
	N	19507	3239	22746		N	19507	3239	22746
全期間	平均	8.00	109.47	22.46	全期間	平均	61.87	842.64	173.11
	標準偏差	24.64	145.52	69.25		標準偏差	164.26	1027.12	497.90
	N	38996	6479	45475		N	38996	6479	45475

Panel F:Rspread		日経平均			Panel G:Advsel		日経平均		
		非採用	採用	全企業			非採用	採用	全企業
J-GATE	平均	2.48	-0.11	2.11	J-GATE	平均	16.37	11.87	15.73
稼働前	標準偏差	13.50	6.28	12.75	稼働前	標準偏差	14.60	10.98	14.23
	N	19488	3240	22728		N	19488	3240	22728
J-GATE	平均	2.33	0.03	2.00	J-GATE	平均	16.41	11.51	15.71
稼働後	標準偏差	13.12	6.29	12.41	稼働後	標準偏差	15.11	10.29	14.63
	N	19507	3239	22746		N	19507	3239	22746
全期間	平均	2.40	-0.04	2.06	全期間	平均	16.39	11.69	15.72
	標準偏差	13.31	6.29	12.58		標準偏差	14.86	10.64	14.43
	N	38995	6479	45474		N	38995	6479	45474

Panel A は日中取引回数の変化を示している。J-GATE 導入前の取引回数の平均は484回であるのに対し、導入後は492回であり、変化がほとんど見受けられない。また、日経平均採用銘柄の取引回数は非採用銘柄のそれと比べ4倍程度大きい。その傾向は J-GATE 導入前後で大きな差異が見受けられない。

Panel B および Panel C は気配スプレッド率および実効スプレッド率に関する統計量である。日経平均採用銘柄と非採用銘柄の気配スプレッド率はそれぞれ、20.25BPS と11.82BPS であり、実効スプレッド率はそれぞれ、18.87BPS と11.66BPS である。このことから、両スプレッド率ともに日経平均採用銘柄のそれが非採用銘柄に比べ小さく、日経平均採用銘柄の流動性の高さが確認できる。しかし、J-GATE 導入による変化はほとんど見受けられない。

Panel D と Panel E はデプスの観点で流動性の変化を見たものである。J-GATE 導入による平均デプスの増加は、最良気配値におけるデプス、8段階までの気配までのデプスでそれぞれ0.8百万円、11.04百万円であり、J-GATE 導入前の水準から比較すると非常に小さい。また、日経平均採用銘柄

柄のデプスは非採用銘柄に比べ14倍程度大きく、気配スプレッド率・実効スプレッド率同様に、その流動性が高いことを示している。

Panel F と Panel G はそれぞれ、実現スプレッド率と逆選択コスト率に関する統計量である。全体で見ると平均実現スプレッド率が約2.06BPSである一方、平均逆選択コスト率が15.72BPSと、実現スプレッド率が相対的に小さいことが特徴的である。このことは、サンプル期間中において、流動性供給者の利潤に比べ、情報トレーダーの利益が大きかったことを意味している。これらの流動性尺度についても、J-GATE 導入による大きな指標の変化は見受けられない。

5.2 多変量分析

5.2.1 市場要因をコントロールした高速取引増加の分析

5.1.1節ではJ-GATE 導入が、日中の取引回数および気配更新回数に変化をもたらしたかを記述統計的に分析を行った。これらの指標はボラティリティなど、市場要因にも影響を受ける可能性がある。そこで本節では、ボラティリティと先物の残存期間をコントロールした上で日中取引回数と気配更新回数の変化について検証を行う。具体的には以下の回帰分析を行う。

$$TVAL_t = \beta_0 + \beta_1(JGATE_t) + \beta_2(VXJ_t) + \beta_3(MTRTY_t) + \epsilon_{i,t} \quad (7)$$

ここで $TVAL_t$ は日中の取引活動を表す3指標、すなわち日中取引回数、気配更新回数、日中取引回数を気配更新回数で除したものである。 VXJ_t は「恐怖指数」として知られる米国市場の VIX に相当する指数で日本株式市場のボラティリティを表す指標の一つである。この指標は、大阪大学数理・データ科学教育研究センターが Volatility Index Japan 指数として算出している。 $MTRTY_t$ は直近の SQ 日までの残存日数を表すコントロール変数である。

表3は(7)式の推定結果を示している。

表3：J-GATE 導入による日経225先物・日経225mini の取引活動の変化

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	日経225先物			日経225mini		
	FNTRADE	FQUPDATE	FTQRATIO	FNTRADE	FQUPDATE	FTQRATIO
JGATE	-297.455 (-0.342)	88,038.600*** (3.846)	-0.039*** (-5.138)	11.901 (0.003)	115,576.517*** (3.993)	-0.105*** (-9.738)
VXJ	605.843*** (3.586)	13,366.971*** (3.002)	0.002 (1.204)	3,527.391*** (4.405)	28,354.903*** (5.035)	0.004* (1.996)
MTRTY	26.119 (0.723)	-68.900 (-0.072)	0.000 (0.828)	180.152 (1.053)	-546.610 (-0.454)	0.001 (1.576)
Constant	-7,231.445* (-1.998)	-166,356.939* (-1.744)	0.026 (0.831)	-45,520.150** (-2.653)	-357,557.126*** (-2.963)	0.098** (2.184)
Observations	30	30	30	30	30	30
Adjusted R-squared	0.259	0.797	0.824	0.375	0.868	0.946

注) FNTRADE, FQUPDATE, FTQRATIO はそれぞれ日中の取引回数と気配更新回数, 取引回数/気配更新回数を表す。推定期間は J-GATE 導入前後15取引日である。当該取引日に上場している全限月の先物を推定対象としている。*, **, *** はそれぞれ10%, 5%, 1%水準で有意であることを示す。

日経225先物の日中取引回数について, *JGATE* は統計的に有意ではなく, J-GATE 導入による日中取引回数の変化は見られない。唯一 VXJ だけが正に有意(係数605.8, *t* 値3.5)であり, 市場のボラティリティが増加すると取引が活発化することが示されている。また, 残存期間は有意に日中取引回数に影響を与えていない。

日経225先物の日中気配更新回数についての推定結果によると, *JGATE* に関する回帰係数は88,038 (*t* 値3.8) と, 有意に正の値をとり J-GATE 導入後に気配更新が増加している。VXJ についても有意に正の値をとり(回帰係数13,366, *t* 値3.0), 取引回数同様にボラティリティ増加は気配更新回数を増加させることがわかる。残存期間についても日中取引回数同様, 有意に影響を与えていない。

日中気配更新回数に対する日中取引回数の比率は, *JGATE* が -0.039と

負値で有意である (t 値 - 5.1) ため, J-GATE 稼働後にその値が低下したことが示される。その他のコントロール変数はすべて有意ではなかった。

日経225miniに関する推定結果は, 日経225先物とほぼ同様の結果である。相違点は, 日中気配更新回数に対する日中取引回数の比率が10%水準ながら正に有意であることである (回帰係数0.004, t 値1.996)。

以上の回帰分析による分析は, 5.1.1節で行った記述統計的分析と整合的なものである。すなわち, J-GATE の導入によって, 日中取引回数の増加は認められないが, 日中気配更新回数は大きく増加している。この結果は高速取引が行われる場合の特徴と合致しており, J-GATE によって, その導入直後から高速取引が活発に行われていることを示唆している。

5.2.2 企業・市場要因をコントロールした現物株式市場の流動性の分析

5.1.2節で見たように, 現物株式市場の流動性は J-GATE 導入によって明確に向上してはいなかった。しかし, この結果はサンプル期間中に生じた市場要因や企業特性についてコントロールされた結果ではない。よって本節では以下の回帰式を推定する事により, これらの要因の影響を排除した分析を行う。

$$\begin{aligned} liq_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1(JGATE_t) + \beta_2(NK225_i) + \beta_3(JGATE_t \times NK225_i) \\ & + \beta_4(INVPRC_{i,t}) + \beta_5(SIZE_{i,t}) + \beta_6(TURN_{i,t}) \\ & + \beta_7(VOLA_{i,t}) + \beta_8(MTRTY_t) + \epsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (8)$$

ここで, $liq_{i,t}$ は企業 i の t 期における各流動性尺度, $JGATE_t$ は, J-GATE 導入日以降であれば 1, そうでなければ 0 をとるダミー変数, $NK225_i$ は日経平均採用銘柄であれば 1, そうでなければ 0 をとるダミー変数, $INVPRC_{i,t}$, $SIZE_{i,t}$, $TURN_{i,t}$, $VOLA_{i,t}$ はそれぞれ企業 i の t 期の株価の逆数, 時価総額の対数値, 売買高回転率, 高値と安値の差を表すコントロール変数である。

回帰分析の結果を表4に示す。

日中取引回数 *NTRADE* を被説明変数とする回帰分析結果において *JGATE* が正で有意であることから（回帰係数39.0, *t* 値3.5）, *J-GATE* の導入以降, 現物市場の取引が活発化したことが示される。興味深いのは

表4：J-GATE 導入が東証1部現物株式の流動性に与える影響

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	NTRADE	QSPREAD	ESPREAD	DEPTH1	DEPTH8	RSPREAD	ADVSEL
JGATE	39.033*** (3.580)	-0.427*** (-3.636)	-0.164 (-1.433)	1.312 (1.405)	-1.998 (-0.651)	0.160 (0.654)	-0.275 (-1.057)
NK225	309.145*** (4.533)	0.348 (0.954)	1.090*** (3.339)	70.532*** (7.922)	525.042*** (8.273)	-2.103*** (-3.183)	3.210*** (5.191)
JGATE × NK225	23.695 (1.060)	-0.198** (-2.122)	-0.165** (-2.041)	7.925 (0.867)	75.930* (1.648)	0.189 (1.015)	-0.395** (-2.052)
INVPRC	334.788 (0.108)	4,476.064*** (73.273)	4,544.525*** (89.341)	5,591.703*** (3.068)	35,886.459*** (3.044)	2,707.574*** (9.614)	1,831.417*** (7.646)
SIZE	287.136*** (15.043)	-2.345*** (-16.287)	-2.088*** (-16.106)	22.445*** (3.116)	164.612*** (3.533)	0.482* (1.807)	-2.582*** (-10.935)
TURNOVER	16.884*** (4.933)	-0.048*** (-4.326)	-0.026*** (-3.936)	0.244*** (3.416)	2.491*** (4.106)	-0.101*** (-4.512)	0.075*** (4.069)
VOLA	35.627** (2.100)	1.033*** (4.313)	1.106*** (4.799)	-0.050 (-0.060)	0.171 (0.030)	0.431*** (2.997)	0.677*** (3.002)
MTRTY	-2.459*** (-5.680)	0.033*** (6.370)	0.017*** (3.809)	-0.019 (-0.717)	0.236* (1.870)	-0.001 (-0.141)	0.017* (1.705)
Constant	-4,779.718** (-14.162)	49.774*** (18.631)	43.017*** (18.036)	-398.570*** (-3.065)	-2,898.380*** (-3.462)	-13.048** (-2.452)	56.265*** (11.991)
Observations	45,475	45,475	45,475	45,475	45,475	45,474	45,474
Adjusted R-squared	0.447	0.873	0.903	0.106	0.140	0.408	0.329

注) 被説明変数の *NTRADE*, *QSPREAD*, *ESPREAD*, *DEPTH1*, *DEPTH8*, *RSPREAD*, *ADVSEL* はそれぞれ, 日中の取引回数, 気配スプレッド率, 最良気配値でのデプス, 第8最良気配値までのデプス, 実現スプレッド率, 逆選択コスト率を表す。説明変数である *JGATE*, *NK225*, *INVPRC*, *SIZE*, *TURNOVER*, *VOLA*, *MTRTY*, *Constant* はそれぞれ *J-GATE* 以降なら1をとるダミー変数, 日経平均採用銘柄であれば1をとるダミー変数, 株価の逆数, 時価総額の対数値, 売買回転率, 高値と安値の差, 定数項を表す。推定期間は2011年1月21日から2011年3月4日までの30取引日である。括弧内は企業をグループとする cluster-robust 標準誤差を表す。回帰係数横の*, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%水準で有意であることを示す。

JGATE と *NK225* の交差項は正であるが有意でなく（回帰係数23.7, t 値1.0）、*J-GATE* 導入の影響は日経平均採用銘柄に限定されたものではなく、東証1部全体に及んでいる点である。

気配スプレッド率については、*JGATE* に関する回帰係数は負で有意であることから（回帰係数-0.43, t 値-3.6）、*J-GATE* の導入によって、東証1部上場株式の流動性が向上したことが見てとれる。さらに、*JGATE* と *NK225* の交差項も有意に負の係数をとっており（回帰係数-0.20, t 値-2.1）、この流動性向上の効果は日経平均採用銘柄にはさらに強いものであることがわかる。

実効スプレッド率については、気配スプレッド率に関する結果とやや異なる結果を示している。*JGATE* が有意ではない一方（回帰係数-0.16, t 値-1.4）、*JGATE* と *NK225* の交差項は有意に負の係数をとっている（回帰係数-0.2, t 値-2.1）。すなわち、実効スプレッドの観点からすると、日経平均採用銘柄のみではあるが、*J-GATE* 導入に伴い流動性が向上していることが示唆される。

デプスについては、明確な流動性の変化は見られない。第8最良気配値までのデプスに関して、*JGATE* と *NK225* の交差項が10%水準で有意に正であることから、*J-GATE* 導入後の日経平均採用銘柄のデプスが増加した可能性が見てとれる程度である。

実現スプレッド率については *J-GATE* 導入が有意な影響を与えていない。一方、*NK225* に関する推定値が-2.10 (t 値-3.2) であることから、*J-GATE* 導入前後にかかわらず、日経平均採用銘柄の実現スプレッド率は、日経平均非採用銘柄に比べ低い値をとることがわかる。

逆選択コスト率は、*JGATE* が統計的に有意ではないが、*JGATE* と *NK225* の交差項が-0.40 (t 値-2.1) と1%水準で有意である。このことから *J-GATE* 導入によって日経平均採用銘柄の逆選択コストは低下したことが示される。また、*NK225* に関する推定値が3.21 (t 値5.1) と有意であること

から、日経平均採用銘柄は日経平均非採用銘柄より逆選択コストが高いことを示唆している。

最後にコントロール変数に関する推定結果について確認する。株価の逆数 *INVPRC* については取引回数以外の尺度について、スプレッドとデプスの両者について正の値をとっている。これより株価水準が上がるとスプレッドは縮小する一方、デプスも減少する。企業規模 *SIZE* が大きい企業ほど流動性が高く、売買高回転率 *TURNOVER* が高いとスプレッドとデプスの両者について流動性が向上する傾向がある。価格変動 *VOLA* が大きいと、スプレッドに関する流動性は低下するが、デプスには影響がない。また、SQ 日までの残存期間 *MTRTY* が小さいほど、気配スプレッド率と実効スプレッド率は縮小する。

6．おわりに

本稿では、基本証券と派生証券という形で関連している二つの証券市場のうち、一つの証券市場の取引システム強化による高速取引の増加が、他証券取引所にどのような影響をもたらすかという問題意識のもと実証分析を行った。具体的には、2011年2月に大阪証券取引所に導入された派生証券売買新システム J-GATE が現物株式市場の株式流動性に与える影響について検証した。

実証分析の結果、大阪証券取引所においては J-GATE の導入直後から気配更新回数が大幅に増加する一方、取引回数は変化がなかったことが明らかになった。高速取引の特徴として、気配値が頻繁に更新されることが知られており、この実証結果は、高速取引が J-GATE 稼働後極めて早い段階で活発に行われていることを示唆するものである。

東京証券取引所の流動性については、気配スプレッド率が J-GATE 稼働後に有意に縮小し、その効果は日経平均採用銘柄に顕著であることが示され

た。また、実効スプレッド率は日経平均採用銘柄について J-GATE 導入後に縮小していることが明らかになった。このことから、派生証券市場の高速取引の影響は現物市場にも波及し、スプレッドの観点からの流動性を向上させることが示唆される。この結果は以下のようなメカニズムであるのではと予想する。すなわち、J-GATE が導入される事によって派生証券市場での高速取引が活発化し、その結果、多くの先行研究が示すように日経225先物市場でも流動性が向上する。この先物市場の流動性の向上が現物市場の流動性へもスピルオーバーするのではないだろうか。

一方、デプスの観点からは、J-GATE 導入の効果は認められず、市場の厚みについては、派生証券市場の取引システム高速化が流動性に影響を与えないことが示唆される結果となった。

実効スプレッド率を実現スプレッド率と逆選択コスト率に分解し、流動性供給者と情報トレーダーの利得について検証したところ、J-GATE 稼働後の実現スプレッド率の低下に逆選択コスト率の減少が大きく寄与していることが明らかになった。このことは、取引システムが高速化することで流動性供給者としての働きをになう高速取引業者の利得に対し、情報トレーダーの利得が相対的に減少していることを示唆している。

以上の分析により、先物市場における取引システムの高速化は現物市場の質の向上にも貢献している可能性が高いことが示されたと言って良いだろう。また、証券取引市場をデザインする場合には、現物・先物市場を分離して考えるのではなく、互いの影響を考慮して総合的な制度設計が必要であることを示唆している。

本稿では先物市場における高速取引の増加については検証したが、それが先物市場の流動性に影響を与えたかどうかについては分析していない。上述の仮説を検証するには、まず、先物市場の流動性が実際に向上しているのかを分析する必要がある。この分析については今後の課題としたい。

参 考 文 献

- Ahn, H., Cai, J., Chan, K., Hamao, Y., 2007 . Tick size change and liquidity provision on the Tokyo Stock Exchange. *J. Jpn. Int. Econ.* . 21 , 173-194 . doi:10.1016/j.jjie.2005.10.008
- Ascioglu, A., Comerton-Forde, C., McInish, T.H., 2010 . An examination of minimum tick sizes on the Tokyo Stock Exchange. *Japan World Econ.* . 22 , 40-48 . doi:10.1016/j.japwor.2009.06.006
- Frino, A., Mollica, V., Webb, R.I., 2014 . The Impact of Co-Location of Securities Exchanges' and Traders' Computer Servers on Market Liquidity. *J. Futur. Mark.* . 34 , 20-33 . doi:10.1002/fut.21631
- Hendershott, T., Jones, C.M., Menkveld, A.J., 2011 . Does Algorithmic Trading Improve Liquidity? *J. Finance* 66 , 1-33 . doi:10.1111/j.1540-6261.2010.01624.x
- Kurov, A., 2008 . Tick size reduction, execution costs, and informational efficiency in the regular and E-mini Nasdaq-100 index futures markets. *J. Futur. Mark.* . 28 , 871-888 . doi:10.1002/fut.20341
- Lee, E.J., 2015 . High frequency trading in the Korean index futures market. *J. Futur. Mark.* . 35 , 31-51 . doi:10.1002/fut.21640
- Riordan, R., Storkenmaier, A., 2012 . Latency, liquidity and price discovery. *J. Financ. Mark.* . 15 , 416-437 . doi:10.1016/j.finmar.2012.05.003
- 宇野淳, 柴田舞, 2012 . 取引の高速化と流動性へのインパクト: 東証アローヘッドのケース . *現代ファイナンス* 87-107 .

