

## 株式市場における高速・高頻度取引の影響

金融市場局 中山 興、藤井崇史

Bank of Japan Review

2013年1月

近年の情報通信技術の進歩を背景に、金融商品の電子取引が目覚ましい拡がりをみせている。株式の分野では、わが国でも2010年初に東京証券取引所のアローヘッドが稼働を開始し、高速・高頻度取引(HFT)が本格化した。本稿では、アローヘッド稼働前後の日次データを用い、株式市場へのHFTの影響を定量的に検証した結果、HFTは市場流動性の向上とボラティリティの低下に寄与していることが示唆された。ただし、HFT拡大に伴うプログラムの暴走リスクや人的ミス発生を狙うプログラムの存在などへの対応が、課題として残されている。これらの課題は、経済合理性の観点のみならず、社会厚生的な価値判断を伴う面もあり、望ましい解決の方向は必ずしも自明ではない。今後、バランスのとれた市場形成に留意しつつ、こうした課題を克服するための関係者による検討が一段と重要性を増していくと思われる。

## はじめに

近年の情報通信技術の進歩を背景に、株式や為替など金融商品の電子取引が目覚ましい拡がりをみせている<sup>1</sup>。しかしながら、これに伴う高頻度取引(High Frequency Trading、以下「HFT」と呼ぶ)の影響については、2010年5月の米国株式フラッシュ・クラッシュが記憶に新しい中、未だ評価が定着していないように見受けられる。この背景としては、以前よりHFT以外のアルゴリズム取引も盛んであった欧米では、HFTが漸増傾向にあった中で、HFTに係るデータ未整備も相俟って、HFTの影響の識別が困難であったことが挙げられる。一方、わが国では、システム面の高速化さえ実現すればHFTの参入が増加する素地があったもとの、2010年初に東京証券取引所のアローヘッドが稼働を開始し、HFTの本格的な幕開けを迎える中、関連データも入手可能であるため<sup>2</sup>、2010年初を区切りとしてHFTの株式市場への影響が識別可能となっている。そこで本稿では、アローヘッド稼働前後のTOPIX日次データを用いて、HFTの影響を定量的に検証することを試みる。

以下では、まず、わが国株式市場におけるHFTの拡大について、これまでの電子化の流れも踏まえて概観する。次に、HFTの特徴を整理した上で、

わが国株式市場におけるHFTの市場流動性およびボラティリティへの影響を定量的に検証する。最後に、HFT取引拡大に伴う今後の課題について言及する。

## わが国株式市場におけるHFTの拡大

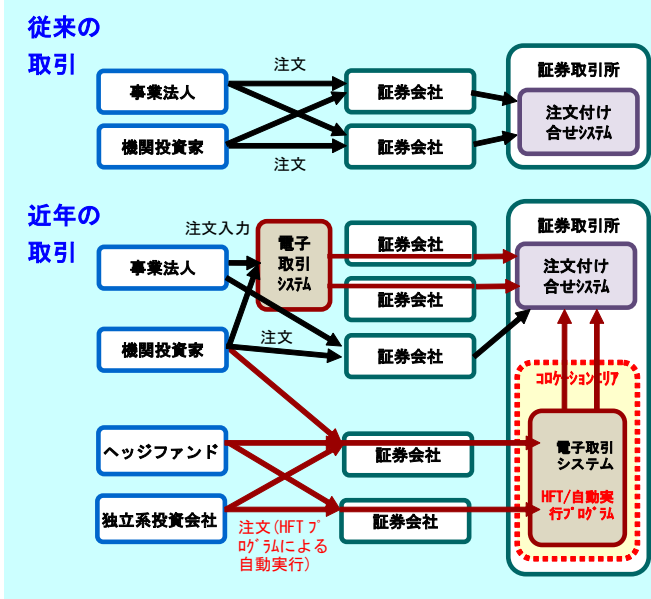
## (株式取引における電子化の進展)

わが国株式市場における電子取引基盤の整備は、1999年に証券会社と取引所のシステムが直結され、立会場制度が廃止された頃に遡ると言われている。その後、2000年代に入ると、投資家が証券会社のシステムを介してあたかも取引所に直接注文を出しているかのような取引(DMA: Direct Market Access)を可能とすべく、通信方式の統一に取り組み、機関投資家と証券会社のシステムを直結する動きが広がった。さらに、2010年初のアローヘッド稼働開始に伴い、東京証券取引所の注文処理がミリ秒(1/1000秒)単位まで高速化し、極めて短時間に膨大な注文処理が可能となった。これによって、わが国でも欧米市場並みの注文小口化・高頻度化が可能となり、HFTの拡大が本格化した。

こうした株式市場の取引構図の変化を示したものが次頁図表1である<sup>3</sup>。近年では、事業法人や機関投資家にとってDMAが可能となっているほ

か、ヘッジファンドや独立系投資会社<sup>4</sup>など HFT を行う主体が、従来とは桁違いのアクセススピードを実現する「コロケーションサービス」を利用している。市場参加者は、取引所が提供する同サービスを利用することで、取引所の中核的ネットワーク上に自前のアルゴリズム等を格納する発注システムを設置し、取引所の注文付け合わせシステムへの高速アクセスが可能となる。このように市場参加者の発注システムを設置するために、取引所の中核的ネットワーク上に特別に用意されたエリアを「コロケーションエリア」と呼ぶ<sup>5</sup>。

【図表 1】 株式取引の変化



なお、為替取引においては、2000年代半ば以降、大手ヘッジファンドなどが銀行や証券会社との間でプライムブローカー契約を締結した上で、従来は銀行や証券会社しか認められていなかった電子ブローキング・システムに直接アクセスするような事例もみられている。一方、株式取引に関しては、証券会社を経由しないで証券取引所に直接アクセスすることは認められていない（上述のDMAも取引所に直接アクセスしているようにみえるが、証券会社のシステムを介してアクセスしている）点が、為替取引とは異なる。

**(HFT の定義と特徴)**

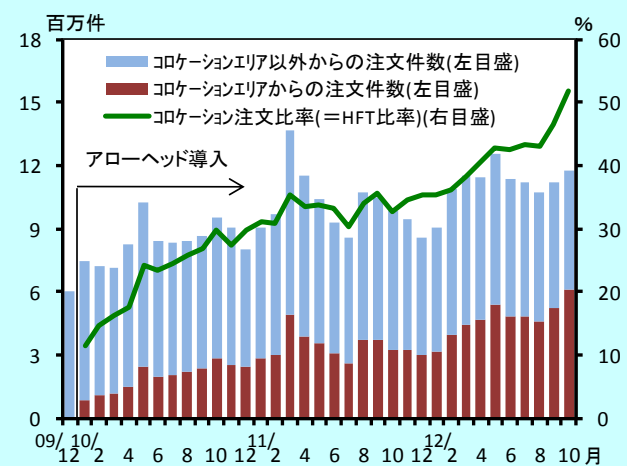
アルゴリズム取引の一種である HFT に厳密な定義が存在するわけではないが、一般的に「自動化されたアルゴリズムに従い、極めて高速・高頻度で短期間の小口売買を繰り返す取引手法」とされている。また、その特徴として、ポジションの

保有期間が極めて短く、翌日まで持ち越すことは少ないと言われている<sup>6</sup>。なお、HFT を文字通り解釈すると「高頻度取引」ということになるが、上記の定義や特徴を踏まえ、ここでは「高速・高頻度取引」を指して HFT と呼ぶこととする。

**(株式市場における HFT のシェア)**

次に、わが国をはじめ、欧米の株式市場における HFT の比率を確認する。もともと、実際に市場に呈示された気配値や付け合わされた注文の記録（かつ入手可能なもの）からは、どれが HFT によるものであるか明確に識別することができないため、HFT を定量的に把握することは必ずしも容易ではない。ここでは、ミリ秒単位でのアクセススピードを要求する HFT は、コロケーションエリア以外からの注文では勝負にならないとの前提に立って、先行研究にならい、東京証券取引所のコロケーションエリアからの注文を HFT による注文とみなした。このため、HFT 以外のアルゴリズム取引の一部が混入し<sup>7</sup>、幾分 HFT 比率を過大評価している可能性がある点には、留意が必要である。東京証券取引所の注文件数の推移をみると、わが国の HFT 比率は、アローヘッド稼働後、着実に上昇している。9月下旬以降10月にかけて5割を超える日もみられるなど、HFT で先行していた米国（60～70%）<sup>8</sup>や欧州（40～50%）<sup>9</sup>と肩を並べる水準にまで拡大している（図表 2）。

【図表 2】 わが国株式取引の HFT 比率



(注) 注文件数は、東京証券取引所に発注された新規・変更・取消注文の合計件数。  
 (資料) 東京証券取引所

## HFT の特徴および流動性・ボラティリティへの影響

### (HFT の影響の理論的整理)

先行研究や市場参加者の見方を総合すれば、HFT のマーケットへの影響は、概ね次のように整理される。まず、HFT が小口化・細分化された注文を連続的に繰り返すことによる①マーケットへの流動性供給効果である。次に、HFT が高頻度で小口売買を繰り返して僅かな収益を積み上げていく特性に起因する②ボラティリティ抑制効果である。これは、株価が僅かでも上がれば売り注文が入り、僅かでも下がれば買い注文が入るため、理論上は株価変動が押しつぶされてボラティリティが低下することを意味する。また、(HFT に限らずアルゴリズム取引全般に該当するが) 注文のサイズが小口化されるため、③マーケット・インパクトやタイミング・コストなど取引コストを低減する効果も知られている。このほか、④市場間(市場と代替市場)の取引機会の拡大効果や、⑤取引執行事務に係るヒューマン・エラーの低減効果なども指摘されている。

一方、デメリットとしては、①プログラム・エラーによる市場攪乱リスク、②プログラムが似通うことによる一方向への群集心理的な価格形成リスク、③多額のシステム投資負担を伴うことにより市場参加者を排除するリスクなどが指摘されている。

これらの理論的整理を踏まえ、以下では、市場流動性とボラティリティへの影響に焦点を当て、わが国において HFT が本格化した 2010 年初を区切りとし、その前後で HFT の及ぼす影響が統計的に有意なものとなるかを検証していく。

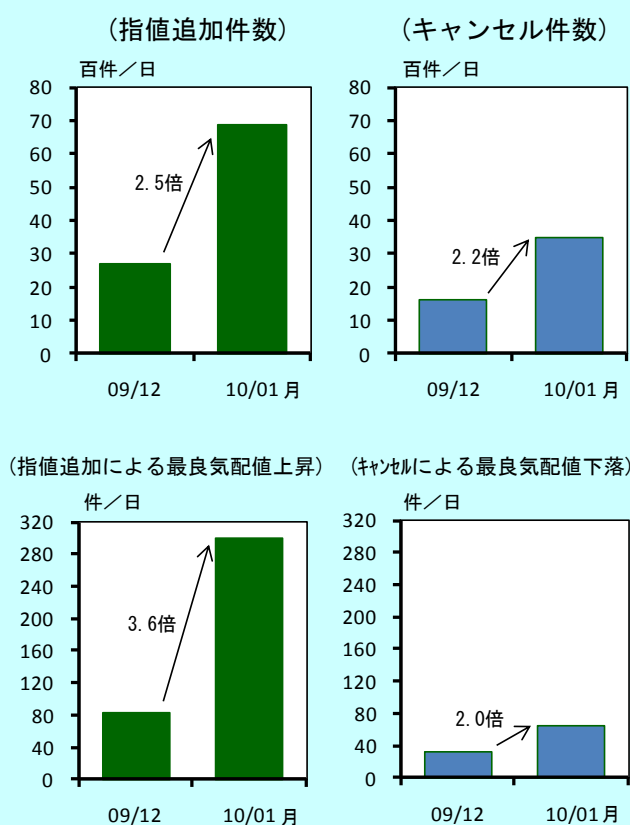
### (市場流動性への影響)

市場流動性への HFT の影響を最近までの時系列データで検証する前に、宇野(2012a)に基づき、アローヘッド導入前後(導入直前の 2009 年 12 月と導入直後の 2010 年 1 月)の市場流動性の変化を確認しておこう。

図表 3 の上段のグラフは、取引所に希望売買価格と数量を指定して出された注文件数(「指値追加件数」という)と注文を取り消した件数(「キャンセル件数」という)の比較である。前者は市

場に売買のオファーを出して取引機会を増やしているため流動性増加要因であり、後者はオファーした取引機会を取り下げるため流動性低下要因である。グラフをみると、指値追加件数は 2.5 倍と、キャンセル件数(2.2 倍)を件数・増加率ともに上回っており、アローヘッド導入を境に流動性が向上している様子が窺われる。さらに、これら指値の追加・キャンセル件数のうち、それぞれが最良気配値の上昇・低下に影響した件数を抽出してみると、最良気配値上昇に繋がった追加件数(3.6 倍)が最良気配値を低下させたキャンセル件数(2.0 倍)を件数・増加率ともに大きく上回っている。つまり、少なくともアローヘッド導

【図表 3】アローヘッド導入前後の流動性比較



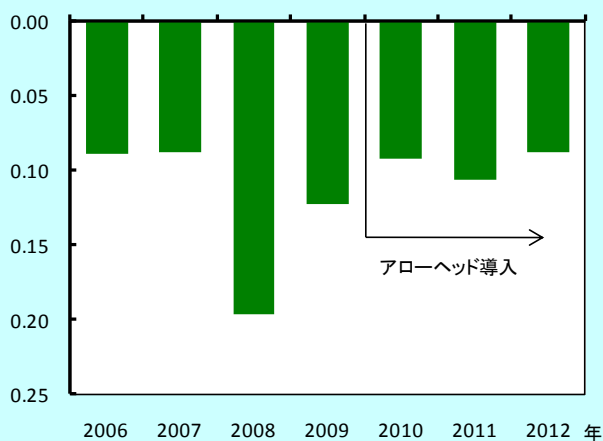
(注) TOPIX100 銘柄ベースの 1 日平均。  
(資料) 宇野(2012a)

入の直前・直後を比較する限り、HFT は流動性向上に寄与している様子が示唆される。

次に、最近までの日次ベースの時系列データを用いて Amihud(2002)による非流動性指標 ILLIQ を計算し、HFT の流動性への影響を確認する。ILLIQ とは、単位売買代金あたりの株価に及ぼす価格インパクトを表す指標であり、小さいほど流動性が高いことを示している<sup>10</sup>。ILLIQ を日次ベ

ースで計算し、年毎に比較してみると、アローヘッド稼働後の2010年以降は、確かに導入前の2009年対比で低下しているが、2008、2009年はリーマンショックによる市場混乱の影響があるため、単純比較できない（図表4）。また、新井（2012）で

【図表4】アローヘッド導入前後のILLIQの比較



も指摘されている通り、リーマンショック前の2006、2007年と比べると、ほぼ同程度となっており、明確に流動性が改善している様子はみられない。このため、新井（2012）では、Fama and French（1993）の3ファクターモデルで提唱されたリスクファクターなどで市場環境の変化をコントロールした上で、アローヘッド導入ダミーに係るパラメータを推計し、同パラメータが有意にマイナス（＝流動性向上に寄与）となっていることを示している。

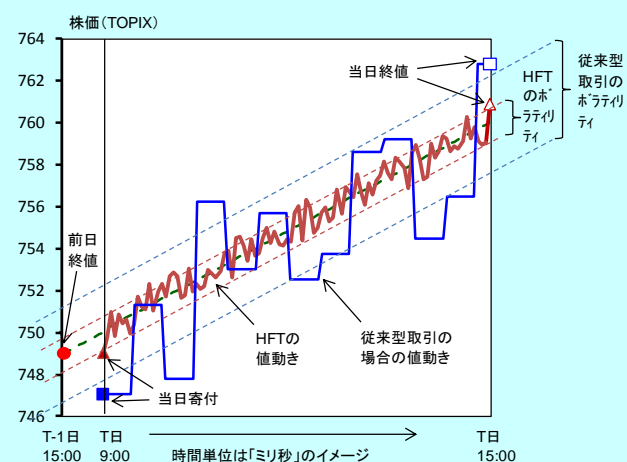
本稿では、これを追試する観点も踏まえ、リーマンショックや欧州債務問題など株価を取り巻く環境の変化について、市場心理の代理変数とみなされることが多いVIXを用いてコントロールした上で、アローヘッド導入ダミーに係るパラメータを推計するアプローチを採る。推計の結果、アローヘッド導入ダミーに係るパラメータは有意にマイナスとなっており、同パラメータを逐次推計しても、結果は安定していることが確認された<sup>11</sup>。つまり、HFTは、推計期間を通じて安定的に、市場流動性の向上に寄与していることが示唆された。

（ボラティリティへの影響）

HFTのボラティリティへの影響については、前日終値から翌日寄付までと、日中のトレンド周りの動きに分けると理解し易い。これを概念図でみ

たものが図表5である。まず、前日終値から当日寄付までについては、HFTは日付を跨いだポジションの持ち越しが少ないことから、株価変動圧力が従来型の取引と比べて小さいと考えられるため、ボラティリティは抑制される可能性が高い。また、日中についても、HFTでは、その取引手法の性質上、株価が僅かでも上がれば売り注文を入れ、僅かでも下がれば買い注文を入れるため、株価変動が押しつぶされて、ボラティリティは低下すると考えられる。

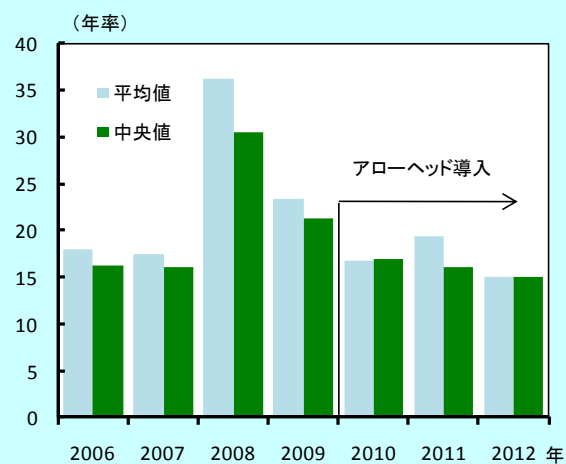
【図表5】ボラティリティへの影響（概念図）



（注）線形トレンド周りにボラティリティを人工的に発生させた仮設例。横軸の単位は「ミリ秒」のイメージであるため、従来型取引の値動きは階段状となっている。

以上の概念整理を踏まえ、最近までの日次データを用いてHFTのボラティリティへの影響を検証していこう。ここでは、ボラティリティの計算方法の違いが推計結果の評価を左右することを避けるため、2通りの計算方法で算出したボラテ

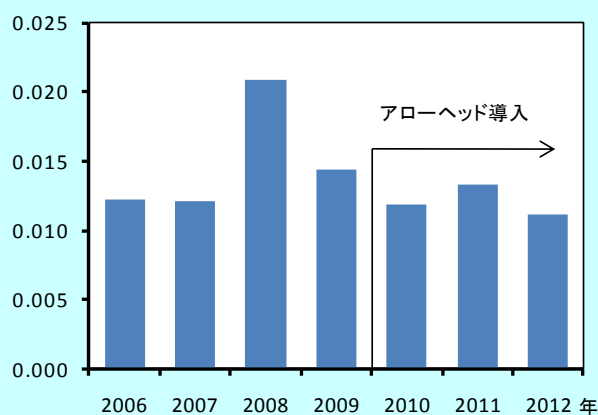
【図表6】アローヘッド導入前後のHVの比較



（注）過去20営業日の標準偏差の年平均値と年中央値（いずれも年率表示）。

イリティを用いて、それぞれ影響を推計する。具体的には、過去 20 営業日の平均からの乖離（標準偏差）を日次ベースで計算し、年率換算したヒストリカル・ボラティリティ（HV）と時系列モデルの一種である EGARCH モデルによって抽出したボラティリティ（EV）の 2 つを用いる<sup>12</sup>。HV および EV の推移をみると、アローヘッド稼働後の HV・EV は、ILLIQ のケースと同様、導入前の 2009 年対比で低下しているが、リーマンショック前の 2006、2007 年と比べると、ほぼ同程度ないし僅かに低下しているに過ぎない（前頁図表 6、図表 7）。

【図表 7】アローヘッド導入前後の EV の比較



(注) EGARCH(1, 1)により日次ベースで抽出したボラティリティ（標準偏差）の年平均値。

そこで、HV・EV に関しても、リーマンショックや欧州債務問題といった外部環境の変化を VIX を用いてコントロールし、アローヘッド導入ダミーに係るパラメータを推計する。推計の結果、アローヘッド導入ダミーに係るパラメータはいずれも有意かつ安定的にマイナスとなっており、HFT がボラティリティ低下に寄与していることが示唆された<sup>13</sup>。

## おわりに：分析結果の留意点と HFT 増加に伴う課題

本稿では、日次データを用いて HFT のわが国株式市場への影響を定量的に分析した結果、HFT は、市場流動性の向上とボラティリティの低下に寄与していることが示唆された。

もっとも、こうした推計に基づく分析結果は、やや長い目でみた場合の平均的な姿を示しているに過ぎないとも言える。このため、過去の平均

的な傾向から逸脱したような急激なショック—アルゴリズムで想定されていないような急激なショック—が加わった際には、一時的にせよ、HFT が流動性供給を不安定化させ、ボラティリティを高めるリスクがあることも否定し切れない。この点については、Haldane (2011) が危機時にボラティリティが一段と高まる可能性に言及している<sup>14</sup>ほか、Kililenko et al. (2010) は、2010 年 5 月 6 日に米国株式市場でフラッシュ・クラッシュがみられた過程において、一時的に HFT による流動性供給の不安定さとボラティリティの高まりが観察されたことを指摘している。

このほか、アルゴリズムに基づいた取引が、外生的なショックやプログラム・エラーによって、暴走する、つまり経済的に非合理的な取引が大量に実行されるリスクにも、注意が必要である。また、プログラムによる究極の裁定行動によって僅かな利益を積み重ねるといったアルゴリズムの特性上、プログラムのパラメータが大同小異となり、群集心理的な価格形成を引き起こすリスクを懸念する市場参加者も多い。こうした一方的な価格形成が連鎖しないような仕組みとして、例えば、サーキット・ブレーカーや値幅制限などが挙げられる。しかしながら、安易なサーキット・ブレーカーなどの発動は、ファンダメンタルズに基づいた取引による株価変動までも制限してしまう側面を併せ持っている点には留意が必要である。

さらに、技術面および資金面からの制約が HFT の利用を妨げ市場参加者の範囲を狭めてしまう可能性や、人的ミスの発生（誤発注等の株価急変時の動き）を狙う HFT プログラムの存在（いわゆる「ファット・フィンガー・ハンター」の存在）にも注意が必要である。

こうした課題は、経済合理性の観点のみならず、社会厚生的な価値判断を伴う面も有するだけに、どう折り合いをつけていくべきかは必ずしも自明ではない<sup>15</sup>。日進月歩の技術進歩の恩恵を既存の枠組みにどう取り込んでいくか、仮に規制が必要であるとすれば、競争的で効率的な市場形成とのバランスをどうとっていくかといった点について、HFT 先進国である欧米での経験も踏まえ、関係者による検討が一段と重要性を増していくと思われる。また、その際には、HFT の拡大の結果としてもたらされる取引コストの低下や流動

性の向上といったメリットが、HFT を行う当事者のみに限られるのではなく、市場参加者全体によって享受される外部効果が過度に損なわれないように留意することも重要であると考えられる。

【参考文献】

新井亮一、「アローヘッド導入による株式市場の流動性と取引コストの変化 —機関投資家の視点からの分析—」、『証券アナリストジャーナル』2012年9月号、日本証券アナリスト協会、2012年

宇野淳、「アローヘッド導入は株式市場をどのように変えたか」、『金融財政事情』2012年6月25日号、金融財政事情研究会、2012a

——、「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』2012年9月号、日本証券アナリスト協会、2012b

大崎貞和、「フラッシュ・クラッシュから一年」、『金融ITフォーカス』2011年5月号、野村総合研究所、2011年

——、「期待されるPTS利用の拡大」、『金融ITフォーカス』2012年9月号、野村総合研究所、2012年

古賀麻衣子・竹内淳、「外国為替市場における取引の高速化・自動化：市場構造の変化と新たな論点」、日銀レビュー、2013-J-1、2013年

杉原慶彦、「取引コストの削減を巡る市場参加者の取組み：アルゴリズム取引と代替市場の活用」、『金融研究』第30巻第2号、29～80頁、日本銀行金融研究所、2011年

——、「執行戦略と取引コストに関する研究の進展」、『金融研究』第31巻第1号、227～292頁、日本銀行金融研究所、2012年

東京証券取引所、「arrowhead 稼働1年の状況について」、プレゼンテーション資料、2011年

Amihud, Yakov, "Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects," The Journal of Financial Markets 5, pp. 31-56, 2002

European Commission, "MiFID Implementing (Level2) Directive," 2006

Fama, Eugene F., and Kenneth R. French, "Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds," Journal of Financial Economics, 33, pp. 3-56, 1993

Haldane, G---A---, "The Race to Zero," speech at the International Economic Association 16th World Congress, Beijing, 2011.

Hendershott, Terrence, Charles M. Jones, and Albert J. Menkveld, "Does Algorithmic Trading Improve Liquidity?," The Journal of Finance, 2011

Hendershott, Terrence, and Ryan Riordan, "Algorithmic Trading and Information," NET Institute working paper #09-08, 2009

Kirilenko, Andrei, Albert S. Kyle, Mehrdad Samadi, and Tugkan Tuzun, "The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market," working paper, 2010

Menkveld, Albert J., "High Frequency Trading and the New-Market Makers," working paper, 2011

Nishimura, Kiyohiko G., "Electronic Trading and Financial Markets," speech at the Paris EUROPLACE International Financial Forum in Tokyo, 2010

U.S. Commodity Futures Trading Commission and Securities Exchange Commission, "Preliminary Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010," 2010

<sup>1</sup> 近年の電子取引の拡大に伴う為替取引の変化や、為替市場へのHFTの影響については、本稿の姉妹編である日銀レビューの古賀麻衣子・竹内淳(2013)を参照。

<sup>2</sup> 後掲図表2に示した株式注文件数および注文比率データは、本分析に当たって、東京証券取引所から提供を受けた。

<sup>3</sup> ここでは簡単化のために株式取引の大半を占める証券取引所経由の取引を図示しているが、株式取引としては、このほかにも(取引に占めるシェアは小さいが)PTSなどを利用した取引所外取引も可能である。また、図表中、証券会社は株式取引を仲介す

る立場として示されているが、実際の株式取引では、証券会社自身が自己勘定でHFTを行うケースもある。

<sup>4</sup> 具体的には、投資信託やヘッジファンドと異なり、顧客からの資金を募らず、自己資金のみを運用するプロップファーム(Proprietary Trading Firm)などである。

<sup>5</sup> コロケーションエリアとは、「注文付け合わせシステムに物理的に近接したエリア」を意味し、注文付け合わせシステム等が搭載される取引所の中核的ネットワーク上に、市場参加者のアルゴリズム等を格納できる発注システムを設置することにより、両システム間の物理的距離を最小化する。これにより、取引主体が発注してから市場に注文が届くまでの時間および市場取引情報が取引主体に到来するまでの時間を限界まで短縮しようとするHFTの要求に応え得るアクセススピードを実現する。

<sup>6</sup> U.S. Commodity Futures Trading Commission and Securities Exchange Commission (2010)のAppendix Aでは、HFTの特徴として、以下の5点を挙げている。すなわち、①超高速コンピューター・プログラムを用いて注文を生成・回送・執行する。②情報伝達遅延を最小化するために取引所コロケーション・サービスを利用する。③ポジション保有期間が極めて短期間である。④取引所への発注が非常に多い一方、注文取り消しも非常に多い。⑤ポジションは可能な限り当日中にフラットとし、翌日まで持ち越すことは少ない。

<sup>7</sup> コロケーションエリアからの注文には、例えば、過去の実績データ分析に基づいて注文を自動的に行う大口取引向けアルゴリズム取引や、統計的裁定取引、クオンツ取引などの一部が含まれている可能性がある。

<sup>8</sup> 米国のHFT比率は、Hendershott et al (2011)では60～70%、2010年のTABB Groupの試算によると56%とされている。

<sup>9</sup> 欧州のHFT比率は、Hendershott et al (2009)では50%程度、2010年のTABB Groupの試算によると38%とされている。

<sup>10</sup>  $ILLIQ = (1/n) \times \sum (R_d/V_d)$ 。ここで、 $R_d$ はd日の日次株価リターン、 $V_d$ はd日の売買代金。通常、ILLIQを算出する際には、個別銘柄毎に $R_d/V_d$ を計算して足し合わせるが、ここでは市場全体の日次株価リターンを1日の出来高で除している。このため、厳密には、市場全体で売買代金の価格インパクトを計測する「ラムダ」( $\ln R_{d,t} = \lambda_d \times \ln V_{d,t} + \varepsilon_t$ )の概念に近い。

<sup>11</sup> ILLIQとVIXの間には共和分関係が検出されたため、ECM型関数によって推計した。なお、東日本大震災や原発事故などによる影響についてはダミー処理している。具体的な推計式と推計結果は以下の通り。

$$(長期均衡式) EC_t = \ln ILLIQ_t - \beta \ln VIX_t - c$$

$$(誤差修正式) \Delta \ln ILLIQ_t = \alpha EC_{t-1} + \sum \gamma_i \Delta \ln ILLIQ_{t-i}$$

$$+ \sum \delta_i \Delta \ln VIX_{t-i} + \theta AHDum_t + \lambda Dum1_t + \xi Dum2_t + \varepsilon_t$$

ただし、EC: 誤差修正項、ILLIQ: 市場流動性指標、VIX: 市場心理の代理変数、AHDum: アローヘッド導入ダミー(2009年12月30日以前:0、2010年1月4日以降:1)、Dum1: 震災ダミー1(震災および原発事故に伴う株価下落の著しい2011年3月14～16日を1とした)、Dum2: 震災ダミー2(原発電源供給回復報道を手掛かりとした株価戻りの著しい2011年3月22日を1とした)。

(推計結果)

		パラメータ	標準誤差	t値
長期 均衡式	$\beta$	-1.584	0.135	-11.708
	$c$	3.063	0.417	7.344
誤差 修正式	$\alpha$	-0.604	0.037	-16.253
	$\gamma_1$	-0.399	0.036	-11.142
	$\gamma_2$	-0.269	0.033	-8.229
	$\gamma_3$	-0.083	0.024	-3.439
	$\delta_1$	2.573	0.469	5.485
	$\delta_2$	0.463	0.472	0.980
	$\delta_3$	1.253	0.471	2.657
	$\theta$	-0.243	0.053	-4.591
	$\lambda$	9.549	0.804	11.879
	$\xi$	2.567	1.390	1.847

修正 R<sup>2</sup>: 0.521, S.E.: 1.343, 推計期間: 2006/1/4~2012/10/19。

推計結果をみると、黄色くマーカーを施した  $\theta$  が有意にマイナスとなっており、アローヘッド導入 (=HFT の増加) によって、流動性が向上していることが示唆される。なお、 $\theta$  を逐次推計し、 $\pm 2\sigma$  の範囲で安定的に有意であることも確認している。

<sup>12</sup> EGARCH (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) とは、ARCH モデル (自己回帰型条件付き分散不均一モデル) という時系列モデルの一種である。株価や為替レートなど、価格が人々の期待に影響されるファイナンスデータは、「小さな変化の後には小さな変化が続くが、一度大きなショックが起こると、その後も方向性は分からないが大きく振れやすい (=条件付き分散が不均一である)」という特徴を有しており、ARCH モデルは、こうしたファイナンスデータの特徴を表現するのに適したモデルである。さらに EGARCH モデルは、ARCH モデルに非対称的な動きを付加したモデルであり、今回の推計では、「株価のボラティリティは、株価が上昇する時よりも下落する時のほうがより大きくなる」という動きが捉えられている。この EGARCH モデルから推計された株価の変動の分散 (標準偏差) が株価のボラティリティ (EV) を表わしている。

<sup>13</sup> 具体的な推計式および推計結果は以下の通り。なお、本推計においても、ILLIQ の推計同様、東日本大震災およびその後の原発事故の影響についてダミー処理している。

$$\ln HV_t = 1.039 + 0.664 \ln VIX_{t-1} - 0.306 \text{AHDum}_t + 1.025 \text{Dum}_t + \varepsilon_t$$

(0.046)	(0.015)	(0.012)	(0.054)
[22.814]	[45.095]	[-24.990]	[22.371]

修正 R<sup>2</sup>: 0.643, S.E.: 0.243, 推計期間: 2006/1/4~2012/10/19。

$$\ln EV_t = -5.932 + 0.546 \ln VIX_{t-1} - 0.183 \text{AHDum}_t + 0.842 \text{Dum1}_t$$

(0.042)	(0.014)	(0.011)	(0.131)
[-142.14]	[40.306]	[-16.279]	[6.452]

$$+ 0.989 \text{Dum2}_t + \varepsilon_t$$

(0.226)
[4.380]

修正 R<sup>2</sup>: 0.535, S.E.: 0.226, 推計期間: 2006/1/4~2012/10/19。

ただし、HV・EV: ボラティリティ、VIX: 市場心理の代理変数、AHDum: アローヘッド導入ダミー (2009年12月30日以前: 0、2010年1月4日以降: 1)、Dum: 震災ダミー (HV が過去 20 営業日の平均からの乖離として計算されているため、震災および原発事故に伴う HV への影響が持続する 2011年3月14日~4月12日を 1 とした)、Dum1・Dum2: ILLIQ 推計時の定義に同じ、()内は標準誤差、[]内は t 値。

推計結果をみると、黄色くマーカーを施したパラメーターが有意にマイナスとなっており、アローヘッド導入 (=HFT の増加) によって、ボラティリティが低下していることが示唆される。なお、AHDum に係るパラメータを逐次推計し、 $\pm 2\sigma$  の範囲で安定的に有意であることも確認している。また、アローヘッド導入ダミーに替えてコロケーション比率を説明変数に入れた推計でも、同様の結果が得られている。

<sup>14</sup> Haldane (2011) は、資産価格の時系列データの特性 (粘着性) が危機の度合いに応じて変化するメカニズムを提示し、HFT には、平時のボラティリティを低下させる効果がある一方で、危機時の混乱を高める側面がある可能性を指摘している。

<sup>15</sup> 例えば、経済合理性の観点からは、技術力や資金力を有する投資家が一段と高速なハードウェアやプログラムを導入することは、株式市場の価格発見機能を向上させ、裁定機会を極限まで追求することを通じて市場の効率性に寄与するため、望ましいと考えることが可能であるほか、ファット・フィンガー・ハンターの存在すら、誤発注によって生じた価格のエラーを迅速に修正することに寄与していると評価することもできる。一方、社会厚生的な観点からは、技術力や資金力のある投資家に市場を独占させるべきではなく、個人投資家を含めて多様な投資家の幅広い市場参入を図っていくことが重要であると考えられるほか、ファット・フィンガー・ハンターの存在についても、(ミスが発生させた当事者への一定のペナルティはやむを得ないにせよ) 明らかな人的ミスの発生につけ込んで荒稼ぎすることはフェアではないと考えることもできる。

日銀レビュー・シリーズは、最近の金融経済の話題を、金融経済に関心を有する幅広い読者層を対象として、平易かつ簡潔に解説するために、日本銀行が編集・発行しているものです。ただし、レポートで示された意見は執筆者に属し、必ずしも日本銀行の見解を示すものではありません。

内容に関するご質問等に関しては、日本銀行金融市場局 中山 興 (kou.nakayama@boj.or.jp) までお知らせ下さい。なお、日銀レビュー・シリーズおよび日本銀行ワーキングペーパー・シリーズは、<http://www.boj.or.jp> で入手できます。