

高速取引行為の特性分析

大山 篤之* 奥出 慎太郎† 鈴木 賢太‡ 福山 義隆§

2021 年 7 月 7 日

概 要

本稿では、2019 年 11 月から 2021 年 3 月末（343 営業日分）の現物（約 4000 銘柄）の取引データを用いて、金融商品取引法に基づき高速取引行為を行う者として登録された者（高速取引行為者）の高速取引行為に関する特性分析を行った。本稿で分析に用いた取引データは、高速取引行為者が高速取引行為を行う旨を明らかにした情報を含んでおり、これにより、登録された高速取引行為を行う者の取引実態の把握が可能となった。分析の結果として、①高速取引行為の多くが高頻度取引により行われ、成行注文の発注が限定的であること、また、②対象期間における東証全体の注文件数に占める高速取引行為の注文件数の割合は約 7 割に、東証全体の売買代金に占める高速取引行為の売買代金の割合は約 4 割に、東証全体の IOC 注文件数に占める高速取引行為の IOC 注文件数の割合は約 8 割超に達すること、そして、③相場の各局面で高速取引行為の取引状況に特異な差異が見られず、変動局面（特に 2020 年 3 月の新型コロナウイルスの影響が深刻となり、世界的に株価が下落する相場環境）でも、取引銘柄のカバー率は全銘柄の 98%程度と高く、スプレッド面（最良気配スプレッドの縮小）で流動性を供給していること、などが示唆された。

キーワード：高速取引、高頻度取引、HST、HFT、アルゴリズム取引、仮想サーバ、手動注文、成行注文、アルゴリズム化基準、IOC 注文、流動性、スプレッド、相場変動、売り下がり（買い上がり）寄与率分析

* 証券取引等監視委員会事務局市場分析審査課

† 金融庁総合政策局リスク分析総括課マクロ分析室

‡ 金融庁総合政策局リスク分析総括課マクロ分析室

§ 金融庁総合政策局リスク分析総括課マクロ分析室

本稿の執筆に当たっては、吉野直行金融庁金融研究センター長のほか、湯山智教同センター研究官をはじめとする多くの金融庁スタッフに有益なご意見をいただいた。ここに記して感謝したい。本稿に示されている意見は、筆者たち個人に属し、金融庁の公式見解を示すものではない。また、ありうべき誤りはすべて筆者たち個人に属する。

1. はじめに

個人投資家のオンライン取引の普及や機関投資家による取引発注のシステム化といった情報技術が世界的に進展する中、東京証券取引所（以下「東証」という。）は、「信頼と魅力ある市場の構築」と「国際的な市場間競争力の強化」を掲げ、システム開発を進めた。2010年1月、東証が導入したarrowhead¹とコロケーション（co-location）サービス²により、注文処理時間及び取引に係る通信遅延（latency）が大幅に短縮され、日本でも高速取引³（以下「HFT」

（High Frequency Trading）という。）業者の市場参加が加速することとなった。HFTが市場に与える効用として、例えば、永田・乾（2014）や太田（2015）はarrowhead導入前後でスプレッドが大幅に低下し、流動性供給者間の競争が促されたと指摘しており、Kubota and Takehara（2015）⁴も大型株に対するHFTの流動性供給が増した旨を指摘している⁵。また、短間隔で発注される注文は成行注文のようなインパクトの大きな注文後に連続しやすく（田代・川口（2017）⁶）、仮に何らかの理由で市場価格が均衡価格から乖離した場合、HFTが存在する市場の方が均衡価格への調整速度が早いとの指摘もみられる（Hendershott（2014）やO'Hara（2015））。

しかし、東証のarrowhead導入直後の2010年5月6日午後2時40分、米国証券市場で、HFTの関与が疑われる価格の乱高下が発生した。この事象は、数分程の短時間のうちに、ダウ平均株価が570ドル急落した後、反転し、再び数分程の短時間のうちに540ドル急騰した価格変動であり、市場を混乱させた事件「フラッシュクラッシュ⁷」として世界に衝撃を与えた。これを境に、各国の金融規制当局や国際機関等は、取引所に与えるシステム面での負荷や誤発注も含め、HFTの潜在的リスクである市場の不安定性への作用等といった観点について議論を開始したとされる。例えば、欧州では、第二次金融商品市場指令等（2018年1月施行）により、HFTを登録制とし、取引記録の保存、アルゴリズム取引戦略等に係る情報提供等を求める規制が課さ

¹ 東証の株式売買システム。arrowheadの導入により東証内部での注文応答時間、外部への板や注文の情報配信時間が高速化された。

² コロケーションサービスとは、東証の売買システムなどがあるプライマリサイト内のコロケーションエリアに、売買サーバ等を設置するスペースやネットワーク等を提供するサービスのこと。このサービスを利用することで、東証の売買システム及び相場情報配信システムとの距離が最小化され、気配情報の取得及び注文の送信時間をそれぞれ片道数マイクロ秒程度にまで短縮できる。なお、このサービスは、一部の参加者による、売買システム周辺の土地の買い占めといった事態を防ぐ、あくまでも公平を期すためのものとされる。

³ HST（高速取引：High Speed Trading）やHFT（高頻度取引：High Frequency Trading）と呼ばれるが、本稿では基本「HFT」に統一する。高頻度取引とは、短期間の売買を高速で繰り返す金融市場取引ないしは投資戦略のことを指す。

⁴ 全取引に占める「情報取引 information trading」の割合から、arrowheadの導入の前後での違いを比較している。

⁵ 海外でも取引所のシステム処理能力が向上する過程で、同様の結論を主張する指摘もみられる（Chordia et al.（2011））。

⁶ 田代・川口（2017）は、さらなる高速化（システム処理能力の倍増）が実現された2015年9月24日のarrowheadのリニューアル後において特にこの傾向が高まっていることなどを指摘している。

⁷ Kirilenko et al.（2016）は、HFTがフラッシュクラッシュの原因ではなく、事象の発生過程において、一時的なHFTによる不安定な流動性供給が市場のボラティリティを高めたとしている。なお、SECとCFTCの共同報告書（2010）ではおおむね、「特定の原因行為はなく、ある大口注文をきっかけに複合的要因で起こった」と結論付けている。

れることとなった。また、米国の先物市場では、先物取引業者等の登録業者に加え、自己勘定で取引所に直接アクセスするアルゴリズム取引行為者に登録を要請し、取引記録の保存等を求める規制が提案されている。他にも、米国では、証券市場を適切に把握するために統合監査証跡システム（CAT⁸）の検討・構築を行っている（近藤（2021）、SEC（2020））。各国ともHFTに対する監視体制の強化に本腰を入れ始めたといえる。

他方、当時の我が国の金融商品取引法（以下「金商法」という。）の枠組みでは、証券会社を通じたHFTの間接的な確認はできるものの、不公正取引の疑いがある場合を除き、直接報告を徴求する権限を有しておらず（齋藤・田原（2017））、HFTの行動を網羅的・機動的に捕捉することは困難であった。このため、金融審議会、市場ワーキング・グループ⁹での議論を経て、2018年4月に、高速取引行為に係る登録制度が導入された¹⁰。当該登録制度は、当局が株式等の高速取引行為者及び高速取引行為を行う金融商品取引業者の実態を把握できるように、新たに「高速取引行為」を定義した上で、高速取引行為を行う者に登録を義務付け¹¹（以下、本稿では、当該登録を受けた者を「登録HFT業者」、登録を受けた者による高速取引行為を「登録HFT」とし、全般を指す「HFT業者」及び「HFT」と区分する。）、登録HFT業者に対する①通信管理態勢やリスク管理態勢の整備、②当局への情報提供の枠組み等に係る措置の義務付けのほか、受託証券会社に対する③無登録者からのHFT受託禁止、といった規制整備が行われた。なお、同法令等の改正において、登録HFTの戦略は、①マーケットメイク（Market Make）戦略¹²、②アービトラージ（Arbitrage）戦略¹³、③ディレクショナル（Directional）戦略¹⁴、④その他の戦略¹⁵に区分されており、登録HFT業者は①～④の取引戦略ごとに概要を届出することが義務付けられる。また、東証等の取引所の業務規程等においても、取引参加者は登録HFTについては、注文発注時にその旨を明らかにすることとなった。

上記の金商法施行と同時に施行した「高速取引行為者向けの監督指針¹⁶」においては、登録HFT業者の監督目的を、「高速取引行為者によるアルゴリズム高速取引の実態を把握するとともに、高速取引行為者の業務の適切な運営を確保しつつ、その機能を適切に発揮させることで、日本において、多様な投資家が安心して参加できるような厚みのある市場の実現を図っていくことにある」とし、HFTに対する規制・監督のあり方を明示している。さらに、平成30

⁸ Consolidated Audit Trail の略称である。

⁹ 同ワーキング・グループは、平成 28(2016)年 12 月に報告書を公表している。

(https://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/tosin/20161222-1.html : 最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日)

¹⁰ 大墳（2016）や、神作・小野・湯山（2018）の 9 章にて、HFT をめぐる論点と規制動向がまとめられている。

¹¹ 金融商品取引業者が高速取引行為を行う場合には、登録事項の変更届出等を要する。

¹² マーケットメイク戦略とは、売りと買いの両注文を市場に出し、他の投資家の取引相手となることで、両価格のスプレッド分の利益を得る戦略をいう。

¹³ アービトラージ戦略とは、価格変動に相関がある複数の銘柄の価格差や、同一商品の市場間での価格差などに着目し、裁定取引を行うことで利益を得る戦略をいう。

¹⁴ ディレクショナル戦略とは、近い将来の価格の変動を予測して利益を得る戦略をいう。

¹⁵ その他の戦略とは、マーケットメイク戦略、アービトラージ戦略又はディレクショナル戦略のいずれにも該当しない戦略をいう。

¹⁶ 金融庁「金融商品取引業者等向けの総合的な監督指針（別冊）」

(<https://www.fsa.go.jp/common/law/guide/hft/hft.pdf> : 最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日)

(2018) 年以降に公表された「実践と方針¹⁷⁾」には、同法令等の改正以降の金融庁の取組実績と作業計画が明記されており、その概要は「取引所と緊密に連携しつつ、①登録HFT業者の注文執行管理や通信管理を始めとした態勢整備状況の確認、②登録HFTに関する情報の蓄積及び、定量的な実態把握、さらに③実効性のある取引監視に向けたHFTにかかる審査手法の効率化・高度化」とされている。

これまでの HFT 分析における大きな課題のひとつは、どの取引をもって HFT と判定するかという点であり、これまでの学術的な先行研究では HFT の抽出に対して、様々な観点から高頻度取引を推測し、高頻度もしくは高速取引を定義した上で分析を行っていた。例えば、コロケーション経由の取引を HFT と定義した中山・藤井 (2013) や、約定率 25%未満かつ取消率 20%以上の仮想サーバからの発注を HFT と定義した保坂 (2014)、さらに金融庁の定義を踏まえ、「アルゴリズム化基準 (後述)」で HFT の仮想サーバを特定した大山・津田 (2020) などである。これに対し、HFT の登録等に関する金商法等の改正を受け、東証等の取引所のデータ整備 (フラグ制度) により、登録 HFT 業者が登録 HFT である旨を明らかにした注文については、データ上識別することが可能になった。本稿はこうした注文データを用いた分析であり、この点に、本稿の分析の新規性があるといえる。

本稿での使用データおよび分析結果の概要は次のとおりである。本稿で使用した分析用データは、東証の最も粒度の細かい板再現明細データであり、データ抽出期間は、経過措置対象業者の登録¹⁸⁾が完了した 2019 年 11 月から 2021 年 3 月末とした。大山・津田 (2020) と同様に、対象期間の全数調査を行い、4 桁の銘柄コード¹⁹⁾を持つ約 4000 銘柄 (以下「現物」という。) を対象に、343 営業日分の取引データを分析している。本分析により、登録 HFT の多くが高頻度取引を行う形態に属し、成行注文の発注が限定的であることや、対象期間における東証全体の注文件数に占める登録 HFT の注文件数の割合は約 7 割に、東証全体の売買代金に占める登録 HFT の売買代金の割合は約 4 割に、東証全体の IOC 注文²⁰⁾件数に占める登録 HFT の IOC 注文件数の割合は約 8 割超に達することが分かった。また、相場の各局面で登録 HFT の取引状況に特異な差異が見られず、特に、2020 年 3 月の新型コロナウイルス感染拡大などを受けた急落 (変動) 局面においては、「登録 HFT 業者が流動性供給を止め、売買注文が少なくなったのではないか」

¹⁷⁾ 金融庁「変革期における金融サービスの向上にむけて～金融行政のこれまでの実践と今後の方針～」(平成 30 (2018) 年 9 月) (<https://www.fsa.go.jp/news/30/20180926.html> : 最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日) の 65 頁、「利用者を中心とした新時代の金融サービス～金融行政のこれまでの実践と今後の方針～」(令和元 (2019) 年 8 月) (<https://www.fsa.go.jp/news/r1/20190828.html> : 最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日) の 47 頁、「コロナと戦い、コロナ後の新しい社会を築く」(令和 2 (2020) 年 8 月) (<https://www.fsa.go.jp/news/r2/20200831.html> : 最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日) の 52 頁に記載されている。

¹⁸⁾ 2018 年 4 月の金商法改正後、法施行前から高速取引行為を行っている HFT 業者 (金融商品取引業者は除く) は経過措置として施行後 6 か月間 (2018 年 10 月迄) 内に登録申請書の提出を求められていた。そして 2019 年 10 月、これらの者の登録が全て完了したため (登録申請書を取り下げた者は除く)、分析対象を 2019 年 11 月からに定めた。

¹⁹⁾ 優先株などの 4 桁以外の銘柄コードは除かれる。

²⁰⁾ IOC 注文とは「Immediate or Cancel order」の略であり、指定した値段かそれよりも有利な値段で、即時に一部あるいは全数量を約定させ、約定しなかった注文数量を直ちに失効させる条件付き注文。

との見方²¹もあったが、むしろ登録 HFT の売買代金は 3 月が最も多く、取引銘柄のカバー率も平時と変わらず全銘柄の 98%程度を維持していた。加えて、3 月の日中変動率の高い 6 銘柄（大型株、中型株、小型株それぞれ 2 銘柄を抽出）に対しては、スプレッド面（最良気配スプレッド（以下「BBO スプレッド」(Best bid-offer spread) という。）の縮小）で流動性を供給する機能を担っていたことが示唆された。ただし、数分、数秒、数ミリ秒単位で、全ての銘柄に対する登録 HFT 業者の取引行動を追跡したわけではないため、今後も追加的な考察や分析を継続していく必要があるだろう。

なお、上記の把握は、あくまでも金商法上の「高速取引行為」に該当する登録 HFT の捕捉に基づくものであり、登録 HFT 業者の取引のうち、金商法上の「高速取引行為」に該当しない取引も含めた取引の全貌が同法令等の改正により完全に把握できることになったわけではないことに留意する必要がある。例えば、登録 HFT が相場操縦行為や相場変動の拡大に繋がる取引に関与していたとしても、当該取引の全てが高速性を要求される取引により行われているとは限らない。つまり、当局が登録 HFT 業者による高速性が求められる取引を把握したとしても、登録 HFT 業者が高速性を求められる取引戦略とそうでないものとを組み合わせることで不正取引等に関与している可能性もある。高速性が求められない取引戦略と組み合わせた不正取引等の可能性についても、取引所や証券取引等監視委員会による監視の対象ではあるものの、上記を踏まえると、登録 HFT 業者の取引全容を正確に把握するためのデータ分析の高度化やデータ捕捉の範囲の拡大に向けた取組み等を図る余地は残されているといえる。ゆえに、本稿でも、HFT について多面的観点から紐解くため、先行研究の HFT 定義と照らし合わせつつ考察することとしたい。

本稿の構成は次のとおりである。まず、第 2 章において高速取引行為の定義について示し、第 3 章において、登録制が導入される 2018 年以前のデータを用いた先行研究（保坂（2014）や大山・津田（2020））について、データを更新して各先行研究の結果を再現するとともに、登録 HFT の実態分析を行い、第 4 章において、相場の上昇・急落（変動）・なぎ局面での登録 HFT 業者の注文発注状況や流動性供給状況についても分析を行い、最後の第 5 章において、まとめと今後の課題を示す。

表 1-1 HFT などに関する規制等を巡る主な動き

1999 年 4 月	東証が全取引をシステム化
2007 年 8 月	SBI ジャパンネクスト証券（以下「ジャパンネクスト」という。）が私設取引システム（以下「PTS」(Proprietary Trading System)という。）の運営を開始（当初はナイトタイム・セッションのみ）
2008 年 10 月	ジャパンネクストが PTS のデイトタイム・セッションの運営を開始
2010 年 1 月	東証が新売買システム arrowhead を稼働

²¹ 星野・山本・水田・八木（2020）は、金融危機等で市場が不安定になった際、HFT は注文の供給を手控えてしまい、それが市場不安定化に拍車をかけているのではないかという問題意識に立ち、分析を行っている。

	東証がコロケーションサービスの提供を開始 東証が連続約定気配を導入
2010 年 1 月	ジャパンネクストが J-Market における呼値の刻みを変更
2010 年 7 月	Chi-x が PTS の運営を開始
2011 年 2 月	大阪証券取引所（以下「大証」という。）が新デリバティブ取引システム J-Gate を稼働
2012 年 6 月	ジャパンネクストが X-Market の運営を開始
2012 年 10 月	PTS 取引の「5%ルール」が適用除外
2013 年 1 月	JPX グループの発足
2013 年 5 月	JPX が JPX コロケーションサービス（all）の提供を開始
2013 年 7 月	大証の現物市場を東証に統合
2014 年 1 月	東証が TOPIX100 構成銘柄の呼値の単位を縮小
2014 年 1 月	ジャパンネクストが X-Market の TOPIX100 構成銘柄の呼値の単位を縮小
2014 年 3 月	東証のデリバティブ市場を大阪取引所（以下「OSE」という。）に統合
2014 年 7 月	東証が TOPIX100 構成銘柄の 1 円未満の呼値の単位を導入
2014 年 7 月	ジャパンネクストが X-Market の TOPIX100 構成銘柄の呼値の単位を縮小
2015 年 9 月	東証が売買システム arrowhead をリニューアル ²² 東証が TOPIX100 構成銘柄の呼値の単位を変更 東証が連続約定気配の制度変更 ²³
2015 年 9 月	ジャパンネクストが X-Market の TOPIX100 構成銘柄の呼値の単位を変更
2016 年 7 月	OSE (Osaka Exchange, Inc.) がデリバティブ取引システム J-Gate をリニューアル
2017 年 5 月	高速取引に係る登録制等を導入する改正金商法が成立・公布
2017 年 12 月	Chi-x が TOPIX100 構成銘柄とその他の銘柄に区分した呼値の刻みを導入
2018 年 4 月	改正金商法が施行、高速取引行為者の登録制を開始
2018 年 7 月	東証が ETF のマーケットメイク制度を開始 ²⁴
2019 年 11 月	東証が売買システム arrowhead をリニューアル ²⁵

²² リニューアルにより処理能力が向上し、注文応答時間（旧：約 1.0 ミリ秒、新：0.5 ミリ秒未満）、情報配信時間（旧：約 2～2.5 ミリ秒、新：1.0 ミリ秒未満）はさらに高速化した。

（<http://www.jpx.co.jp/corporate/news-releases/0060/20150924-01.html>：最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日）

²³ 2010 年導入当初は 1 件の注文によって直前約定値段から更新値幅の 2 倍を超過する水準で連続的な約定が生じる場合に連続約定気配を表示していた。2015 年に小口注文が瞬間的に多数到来して連続的に約定が発生したため、一定時間以内に株価が連続約定気配表示値幅を超えて変動するような場合も連続約定気配を表示するように変更した。（<https://www.jpx.co.jp/news/1030/nlsgeu0000016dib-att/Japanese2.pdf>：最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日）

²⁴ 一定の気配提示義務を満たしたマーケットメイカーに対して、インセンティブを付与する制度である。仮想サーバの専有を申請資格としている。（<https://www.jpx.co.jp/equities/products/etfs/market-making/index.html>：最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日）

²⁵ リニューアルにより処理能力が向上し、注文応答時間（旧：0.3 ミリ秒、新：0.2 ミリ秒）、情報配信時間

	東証が連続約定気配の制度変更 ²⁶
2020年5月	ジャパンネクストがX-Marketの呼値の刻みをJ-Marketと同一の刻みに変更
2020年7月	ジャパンネクスト証券がX-MarketのTOPIX100構成銘柄の呼値の単位を変更
2020年9月	Chi-xがChi-SelectでTOPIX100構成銘柄の呼値の単位を縮小
2022年	デリバティブの祝日取引開始を予定
	4つの市場区分を「プライム」など3市場へ再編の予定
2024年以降	株式売買システム刷新の予定

2. 高速取引行為（登録HFT）について

2.1. 高速取引行為（登録HFT）の定義

本節では、金商法の「高速取引行為」の定義について解説した後、登録HFT業者数の推移を紹介する。また、金商法と欧州諸国の規制において定義に違いがみられる「高頻度性の要件」についても言及する。

金商法では、以下全ての要件に該当する有価証券や市場デリバティブ取引（これらの委託・運用や、これらを行わせるための店頭デリバティブ取引等を含む）を「高速取引行為」と定義している²⁷。

- (1) 有価証券の売買や市場デリバティブ取引に係る判断が電子情報処理組織により自動的に行われること。
- (2) 上記(1)の電子情報処理組織が設置されている施設が、取引所等²⁸の売買システム（マッチングエンジン）と同じ又は、隣接・近接する場所に所在すること。
- (3) 上記(2)の売買システムへの発注等が、他の発注等と競合することを防ぐ仕組みが講じられていること。

上記(1)は、株式等のいわゆるアルゴリズム取引（コンピュータシステムが自動的に投資判断と発注を行う取引）を行っている場合に該当する。上記(2)は、典型的には、投資アルゴリズムを組み込んだシステムが取引所等のコロケーションエリアに設置されている場合に該当する。上記(3)は、典型的には、仮想サーバ（東証の場合）を専用で使用している場合に該当する。た

（旧：1.0ミリ秒、新：0.5ミリ秒）はさらに高速化した。（東京証券取引所ホームページ
<https://www.jpx.co.jp/corporate/news/news-releases/0060/20191105-01.html>：最終閲覧日 2021年5月31日）

²⁶ 急激な株価の変動を抑制するために、連続約定気配について、監視時間（60秒間）が経過するまでの間は、一定の値幅（気配の更新値幅の2倍）を超過して値動きしない方式に変更した。また、連続約定気配の基点となる値段を、FLEX Fullで配信するようにした。（https://www.jpx.co.jp/systems/equities-trading/tvdivq00000002uk-att/arrowhead_upgrade_J.pdf：最終閲覧日 2021年5月31日）

²⁷ 金融商品取引法第2条第41項、金融商品取引法施行令第1条の22、金融商品取引法第二条に規定する定義に関する内閣府令第26条、平成29(2017)年金融庁告示第50号、高速取引行為者向けの監督指針Ⅲ-3-1-2「高速取引行為となる情報の伝達方法に関する留意点」。

²⁸ 東証、OSE、名古屋証券取引所、福岡証券取引所、札幌証券取引所、PTS（ジャパンネクストとChi-x）が対象であり、東京金融取引所や債券PTSは対象外。

だし、2017 年 12 月 27 日のパブリックコメント（以下「パブコメ」という。）²⁹にて、金融庁は「専有する仕組みそのものが講じられていなくても、例えば、仮想サーバ等を専有するのと実質的に同等のシステム構成を利用している場合は該当する」と言及している。

「HFT」とは元来、高頻度または高速な取引を意味する漠然とした概念であり、その注文形態をもって一義的に HFT と判定できる確立した基準は存在しない。我が国の金商法における「高速取引行為」の定義も、取引行為者の注文形態よりむしろ、アルゴリズムが稼働するシステムや通信環境に着目していると考えられる。他方で、Ferber（2012）や保坂（2014）等は数値的閾値を用いて HFT の具体的な注文形態を定義している。しかし、急速なテクノロジーの進化は HFT のさらなる高速化や変容を促し、結果的に、数値的な閾値は頻繁な修正を余儀なくされる可能性がある。

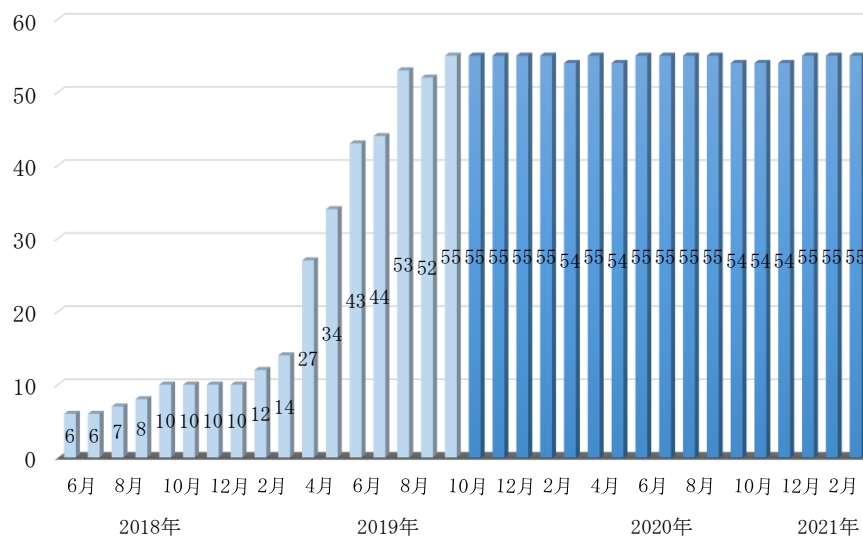
なお、欧州では、アルゴリズム取引を「コンピュータアルゴリズムが、注文を発するか否か、人間の介入が限定的であるかまたは一切の介入なく、自動的に決定するまたは、注文の確認もしくは取引後の取引執行処理のためのみに用いられるシステムを含まないもの」³⁰とした上で、高頻度アルゴリズム取引手法を次の①～③を満たす取引手法として定義している。①証券取引所へのコロケーション、近接したサーバの設置または高速な直接アクセスのうち少なくとも 1 つ以上を用いて、ネットワーク等に起因するデータ処理の遅延を最小限とするためのインフラを有していること、②個別の取引または執行について、注文の開始、発注、回送、執行につき、人間が関与せず、システムが判断するものであること、③注文、呼び値の提示または取消して構成される、一日内のメッセージ量が多いことである。

③の高頻度性は高速取引の主要な特徴の 1 つである。金商法では③を要件としていないが、金融庁はこの理由を 2017 年 12 月 27 日のパブコメに明記しており、「高頻度性を要件とすれば、高速取引を行う投資家が複数の金融商品取引業者等に分けて発注した場合には、金融商品取引業者等からは高速取引行為の要件の充足性を確認することが困難となり、規制の実効性を確保することができなくなる」とある。つまり、規制されるべき対象（及び取引）と規制されるべきでない対象（及び取引）の線引きが難しい（湯原（2017））点と、証券会社に課せられる HFT の非登録業者からの HFT 取引受託禁止の規定にかかる実効性を鑑みて、採用されなかった定義項目といえる。

次節以降では、経過措置対象業者の登録が全て完了した 2019 年 10 月以降、すなわち、2019 年 11 月から 2021 年 3 月 31 日を分析対象期間として、図 2-1 の登録 HFT 業者（濃い青棒）に関する動向を調査していく。

²⁹ 金融庁「平成 29 年金融商品取引法改正に係る政令・内閣府令案等に対するパブリックコメントの結果等について」（平成 29（2017）年 12 月）（<https://www.fsa.go.jp/news/29/syouken/20171227.html>：最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日）

³⁰ 詳細は、湯原（2017）や船津（2016）、MiFID II 改正指令を参照。



(出所) 金融庁ホームページ公表資料より筆者作成

図 2-1 登録 HFT 業者数の推移

2.2. 仮想サーバ

本節では、仮想サーバについて説明した後、登録 HFT 業者の専有する仮想サーバ数とそれ以外が利用する仮想サーバ数の推移を紹介する。

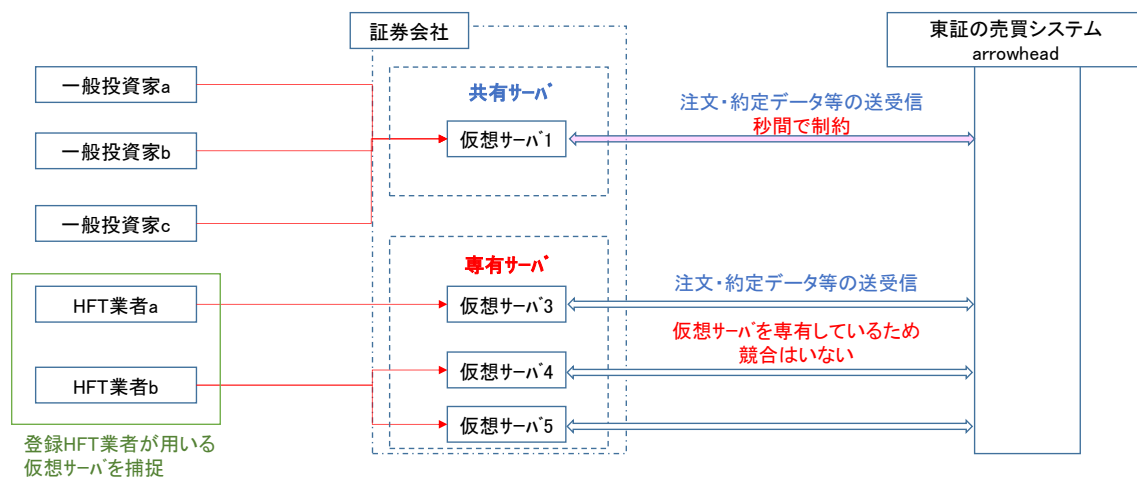
「仮想サーバ」とは、投資家の注文を受けた証券会社が東証の売買システムとデータの送受信を行うために、各投資家のシステムに実装する論理的なデバイスであり、接続単位として各証券会社に付与される ID のようなものである (図 2-2)。ひとつの仮想サーバは売買システムとの間に一本の TCP コネクションを確立する。投資家に専有されている仮想サーバに限ると

(図 2-2 の「専有 (仮想) サーバ」、仮想サーバ毎に取引注文を集計すれば、投資家の取引行動 (図 2-2 であれば「HFT 業者 a」と「HFT 業者 b」) を直接観察することができる。また、仮想サーバは 1 秒間に発注できる注文件数の上限値がタイプ³¹により定められているが、他の投資家との競合を避け、相場の過熱局面でも確実に注文を執行するためには、投資家は追加費用を払い、用途に合わせた仮想サーバを専有する必要がある。特に、HFT 業者は、高速・高頻度取引を行う性質上、追加費用を払ってでも仮想サーバを専有することを志向すると考えられる。それゆえ、多くの実証研究は、仮想サーバ毎に HFT を識別した上で分析を行っている。例えば、Ferber (2012) を踏まえ、仮想サーバ毎の注文約定率及び注文取消率を元に HFT を定義した保坂 (2014) や、先物急落の昼休みに投売り注文がなかった仮想サーバについてスピードを利用したアルゴリズム取引業者と定義した Saito et al. (2017)、仮想サーバに対するクラスター分析により HFT の特徴を示唆した Goshima et al. (2019)、そして、東証の約 6 年分の板再現明細データを用いて HFT の特性分析を行った大山・津田 (2020) などである。金商法改正により、登録 HFT 業者の動向について、登録 HFT が用いる専有仮想サーバと高速取引の戦略

³¹ 秒間の発注可能件数が異なる 3 つタイプの仮想サーバがあり、秒間最大 200 件の注文を発注できる。

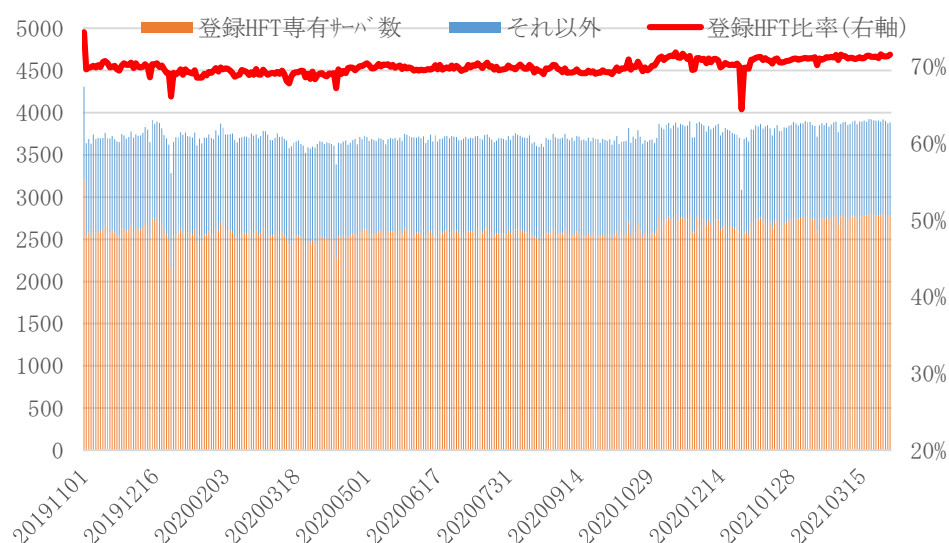
（マーケットメイク戦略、アービトラージ戦略、ディレクショナル戦略、その他の戦略）は調査可能となったが、複数の投資家が共有する仮想サーバも存在（図 2-2 の「共有（仮想）サーバ」）している。登録 HFT 業者が（非 HFT 取引については）共有仮想サーバを通じて取引している可能性も否定できず、専有仮想サーバのみを調査することで、登録 HFT 業者の取引をすべて捕捉できるわけではない。なお、「専有する仕組みそのものが講じられていなくても、例えば、仮想サーバ等を専有するのと実質的に同等のシステム構成を利用している場合」は登録 HFT の定義(3)に該当するのは前述のとおりである。

図 2-3 では、仮想サーバ総数と（登録 HFT による）専有仮想サーバ数、及び割合の推移を示した。仮想サーバが一新された 2019 年 11 月 5 日や、クリスマスにあたる 2019 年 12 月 25 日、2020 年 12 月 25 日において、稼働する仮想サーバ数に不連続な動きが見られるが、平時に着目すると、約 70%の仮想サーバが登録 HFT 業者に専有されていることがわかる。



(出所) 筆者作成

図 2-2 専有（仮想）サーバと共有（仮想）サーバ



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 2-3 登録 HFT 業者の専有する仮想サーバ数とそれ以外が利用する仮想サーバ数の推移

2.3. 登録 HFT 業者が専有する仮想サーバの特徴量の特定

本節では、ランダムフォレスト³²を用いて、登録 HFT 業者が専有する仮想サーバの注文形態と共有仮想サーバの注文形態を判別する特徴量を推計する³³。

まず、2020 年 8 月 28 日（安倍元首相辞任報道などを受け急変動した局面）、11 月 2 日（米国大統領選挙前の様子見ムードの局面）、12 月 30 日（年末のなぎ局面³⁴）の板再現明細データを用いて、61 個の指標（注文件数や成行注文件数、空売り件数等）を特徴量として定めた。次に、約 12000 個（約 4000 仮想サーバ×3 日分）のサンプルに対して登録 HFT 業者のラベル（専有仮想サーバ有無）を付け、フォレスト内の全ての決定木（10000 本）から計算された不純度の平均的な減少量を分析し、特徴量の重要度を測定した³⁵。図 2-4 より、61 個の特徴量のなかで、登録 HFT 業者の専有仮想サーバか、共有サーバかを分類するのに最も効果的な特徴量は、コロケーション経由か否かの情報であり、次に、成行注文情報であると結論付けることができる。大山・津田（2020）は成行注文（及び手動注文）割合をアルゴリズム化基準³⁶として HFT 判定に用いており、2.1 節の金商法の HFT 定義どおり、アルゴリズム取引を行い、かつコロケーショ

³² ランダムフォレストとは、サンプリングされたデータ群それぞれに対し決定木（decision tree）を用意し、それらの結果の多数決や平均等統合することで、最終的な分類及び予測を行う機械学習の方法のひとつ。数多くある分析手法のなかで、このアプローチは、過学習（overfitting）が起きにくくかつ、データの線形分離可能性について前提を設ける必要がないという優位性がある。

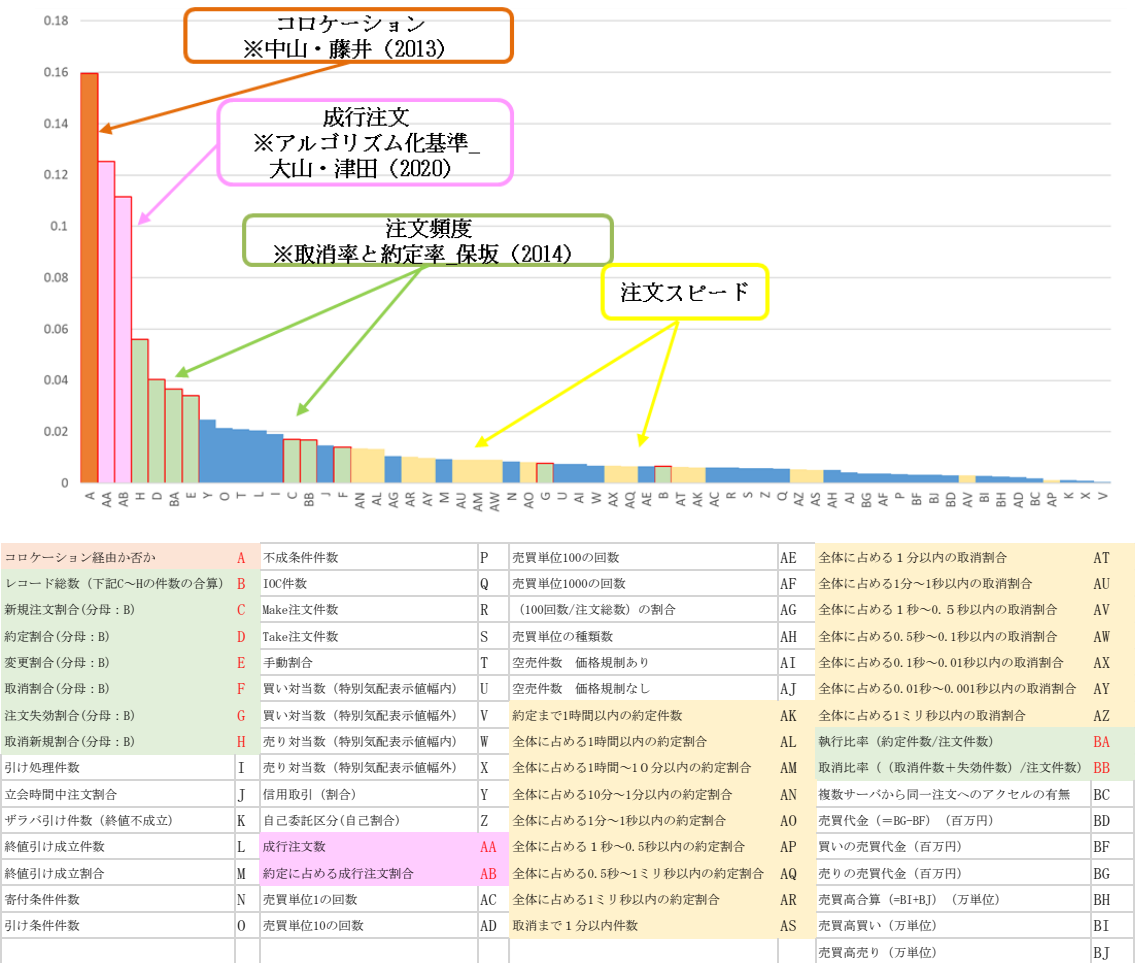
³³ もちろん、仮想サーバ単位でなく投資家単位で捕捉可能であれば、HFT 業者の注文形態と一般投資家の注文形態の特徴量を把握でき、より詳細な分析が可能となる。

³⁴ 前日までの 2 日間で 900 円超上昇していた。利益確定などの売りと、翌年の経済回復期待などの買いが交錯したとの見方があり、あまり変動がなかった 1 日。（日経平均の 1 日の値幅は 234 円程）

³⁵ オープンソースの機械学習ライブラリの 1 つである scikit-learn を用いた Python による実装である。

³⁶ 正確には、稼働日数が「成行注文割合 1%未満かつ手動注文割合 0.1%未満」を 20%以上満たす仮想サーバを HFT と定義している。

ンエリアから発注を行う仮想サーバは登録 HFT 業者に利用されている専有仮想サーバである可能性が高いことがわかった。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 2-4 ランダムフォレスト分析による特徴量
(上図: 特徴量のランク (重要度)、下図: 各指標)

なお、ランダムフォレスト方式は、2つ以上の特徴量の相関が高い場合、1つの特徴量のランク (重要度) は非常に高く出るものの、残りの特徴量がランクに十分に反映されない可能性がある。そこで、逐次後退選択³⁷を用いて、モデルの過学習 (overfitting) を回避し、HFT 判別の精度 (テストデータで 95%以上) を担保するために必要な最小限の指標及び指標数を特定する (約 12000 個のサンプルデータの内、70%をトレーニングデータセット、30%をテストデータセットとして検証する)。図 2-4 の全ての指標を用いて分析した結果、「コロケーション経由か否か」、「レコード総数」、「変更割合」の3つの指標が抽出され、「コロケーション経由か否か」及びそれと相関の高い特徴量を除くと、「約定に占める成行注文割合」、「新規注文割合」および

³⁷ 特徴選択法のアルゴリズムの概要に関しては、Guyon and Elisseeff (2003) や Raschka (2017) にまとめられている。

「約定注文割合」、そして、「全注文に占める 1 ミリ秒以内の約定割合」の 4 つの指標が抽出された。登録 HFT 業者が利用する仮想サーバの特定に重要な指標³⁸は、①コロケーション経由か否か、②成行注文情報、そして③注文種別割合の情報であり、ランダムフォレスト分析と概ね変わらない結果となっている。つまり、登録 HFT 業者が利用する専有仮想サーバとそれ以外が利用するサーバとの違いは、システム環境（≒①）、アルゴリズム化度合（≒②）、そして、高頻度性（≒③）の取引形態に総じて現れると示唆している。そこで、次章では、①～③それぞれに関して、登録 HFT 業者の取引状況を概観する。

³⁸ ①、②、③はそれぞれ、中山・藤井（2013）、大山・津田（2020）、保坂（2014）が HFT 判定基準に用いている。

3. 登録 HFT の実態分析

3.1. 登録 HFT 業者が専有する仮想サーバのコロケーション利用状況

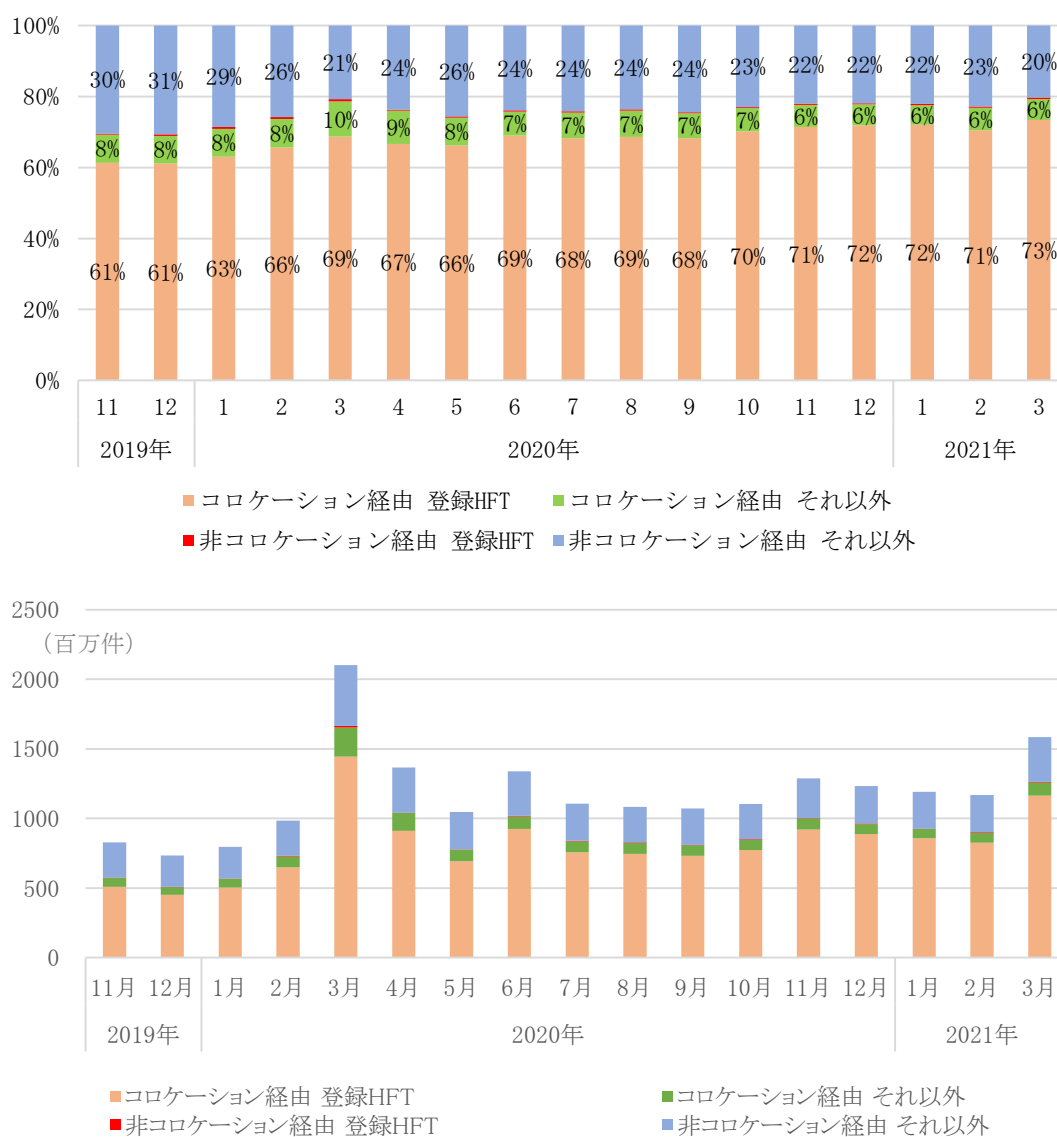
本節では、登録 HFT 業者が専有する仮想サーバ及びそれ以外が利用する仮想サーバのコロケーション利用状況の観点から、登録 HFT の実態を考察してみたい。

図 3-1、図 3-2 のとおり、コロケーションを経由する仮想サーバの注文件数と売買代金（オレンジ棒＋緑棒）は全注文件数の約 75%（月次平均）、全売買代金の約 45%（月次平均）を占めている。前節にて、コロケーション経由か否かの情報（①）は、登録 HFT 業者が専有する仮想サーバの注文形態と、共有サーバの注文形態を判別する上での最も重要な特徴量であった。事実、図 3-1 で示されているように、コロケーションを経由する注文件数（オレンジ棒＋緑棒）の内、登録 HFT の注文件数が占める割合は 90% 超（オレンジ棒）である一方、コロケーションを経由しない注文件数（青棒＋赤棒）の内、登録 HFT の注文件数が占める割合は 1%（赤棒）にも満たない。また、売買代金についても（図 3-2）、コロケーションを経由する売買代金（オレンジ棒＋緑棒）の内、登録 HFT の売買代金が占める割合は約 85%（オレンジ棒）である一方、コロケーションを経由しない売買代金（青棒＋赤棒）の内、登録 HFT の売買代金が占める割合は 1%（赤棒）にも満たない。中山・藤井（2013）はコロケーション経由の取引を HFT と定義しているが、少なくともコロケーションを経由しない取引に登録 HFT 業者の取引が含まれることは、ほばないことがわかる³⁹。

売買代金の 5～9% を占めるコロケーション経由のそれ以外（登録 HFT 以外の売買代金、緑棒）について、もう少し詳しく考察してみたい。これらはコロケーション経由でありながら登録 HFT でないため、2. 1 節の HFT 定義の（2）を除く（1）（3）のうち少なくともどちらかは満たさない取引行為と考えられる。まず、定義（1）が当てはまらなるとすると、アルゴリズムではない取引になるが、これは考えにくい。アルゴリズムでない取引とはコンピュータシステムが自動的に投資判断と発注を行わない取引を意味し、自動システムで完結しない、すなわち人が介入する取引といえるだろう。物理的に、コロケーション内に注文発注者は常駐できないため、注文発注者が注文指示を出す場所に最も近いアクセスポイント（≠コロケーション）を経由することになると考えられる。そのため、コロケーション経由の専有サーバからの取引はアルゴリズム取引と想定される。すなわち、2. 1 節の HFT 定義（3）を満たさない「他の投資家の発注と競合する共有サーバからの発注」が「コロケーション経由であるが登録 HFT 以外の売買代金（緑色）」の太宗を占めていると考えることができる⁴⁰。

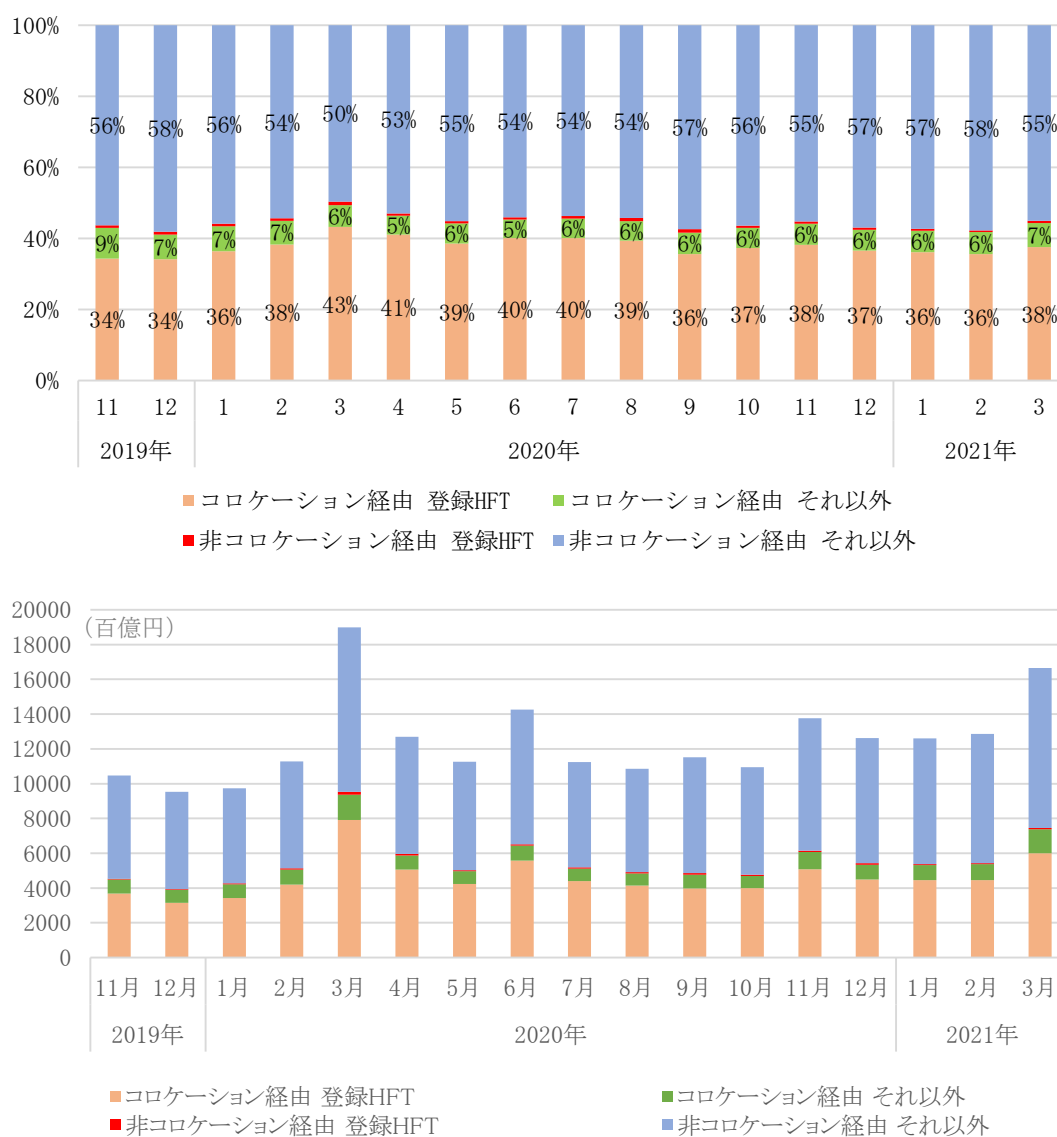
³⁹ 次節以降の分析において、登録 HFT 業者による取引がコロケーション経由か否かについて言及しない。その理由は、登録 HFT のほばすべての取引がコロケーション経由であることによる。

⁴⁰ なお、通常、スピードを求めない非コロケーション経由の取引において、他の投資家の発注と競合しないように、追加費用をかけて仮想サーバを専有するとは考えにくい。図 3-1 及び図 3-2 における「コロケーション経由 登録 HFT」以外は、共有サーバからの発注と推測される。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-1 コロケーション経由別かつ登録 HFT 別、注文件数割合（上図）と注文件数（下図）の推移



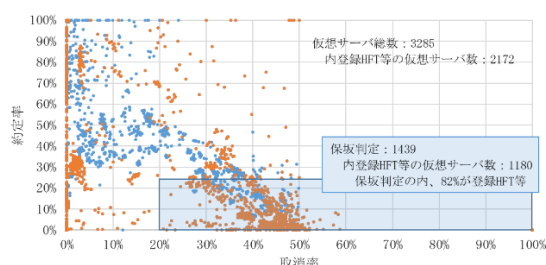
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-2 コロケーション経由別かつ登録 HFT 別、売買代金割合（上図）と売買代金（下図）の推移

3.2 高頻度性から見た登録 HFT の実態

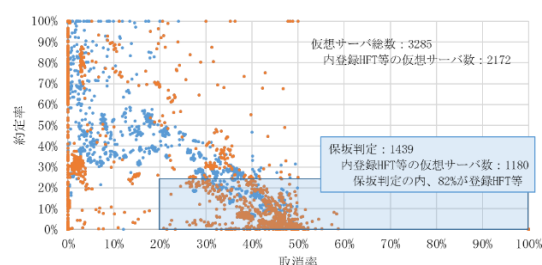
本節では、2.3 節で、重要な特徴量であった注文種別のうち、注文種別割合 (③)、特に高頻度性を示唆する取消率と約定率の観点から、登録 HFT の実態を考察してみたい。保坂 (2014) は取消率 20%以上かつ約定率 25%未満の仮想サーバ (からの取引) を高頻度取引と定義した。仮想サーバを一新した 2019 年 11 月 5 日と、分析対象期間の最終日 2021 年 3 月 31 日、さらに、最も注文数が多かった (少なかった) 2020 年 3 月 17 日 (2019 年 12 月 25 日) の 4 営業日について、各仮想サーバからの取引に占める取消率と約定率の散布図を示したものである。各グラフにおいて、青囲みの中に入っている点が保坂基準に該当する仮想サーバとなる。全仮想サーバ (青色点) に対して、登録 HFT 業者が専有する仮想サーバのみ、オレンジ色に塗り潰してみると、それらは保坂基準内に多く分布していることがわかる。

(仮想サーバを一新した営業日)



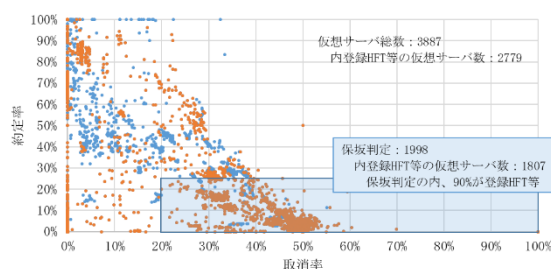
左図：2021 年 3 月 31 日仮想サーバの散布図

(最も注文件数が少ない営業日)



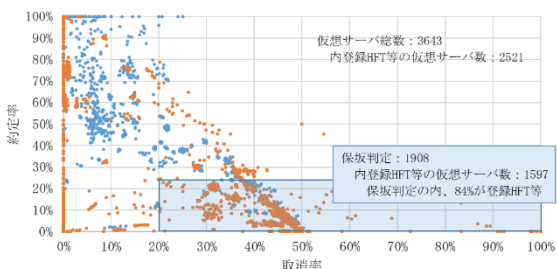
右図：2020 年 3 月 17 日仮想サーバの散布図

(分析対象期間の最終営業日)



左図：2019 年 11 月 5 日仮想サーバの散布図

(最も注文件数が多い営業日)



右図：2019 年 12 月 25 日仮想サーバの散布図

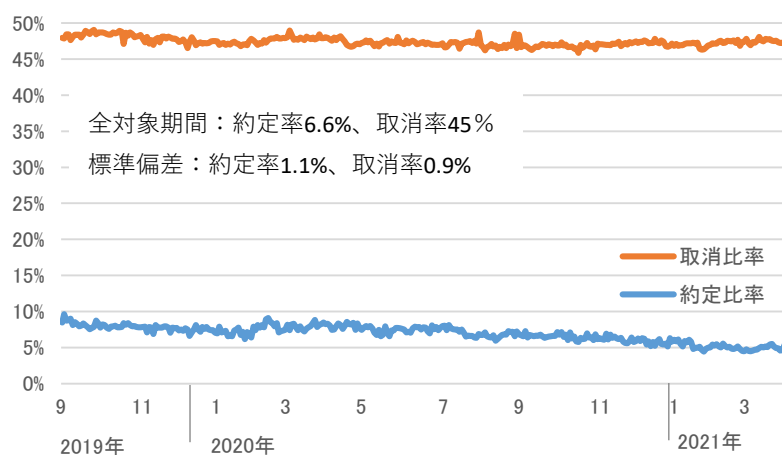
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-3 保坂基準の仮想サーバの分布

保坂 (2014) の高頻度取引の定義は、改正金商法とは異なる以上、本分析結果は保坂基準の精度を検証することにはならない。それでも、保坂 (2014) が高頻度取引と判定した 85~90% 近くが登録 HFT 業者の専有する仮想サーバであり、多くの登録 HFT 業者が専有仮想サーバを経由して高頻度取引を行っていることがわかる。一方で、取消率 0% 近辺にも登録 HFT 業者の仮想サーバ群がみられる。原因としては、これらの仮想サーバは主に IOC 注文を多用している

ものと考えられる。IOC 注文では、その性質上、板にのることはなく、必然的に取消率がゼロ近辺となる。このため、保坂基準に IOC 注文要素を加味すれば、より多くの登録 HFT 業者の仮想サーバを捕捉できるといえる。なお、IOC 注文は 2012 年 1 月 24 日に導入された条件付き注文であり、保坂（2014）が分析に用いたデータ期間である 2012 年と 2013 年においては、あまり存在しなかった注文形態であると推認される。また、板情報を用いた分析を行う場合は、IOC 注文の失効情報を捕捉できない可能性がある。

登録 HFT の約定率及び、取消率の実際の推移は、図 3-4 のとおりであり、約定率を、約定件数 /（新規注文件数 + 変更注文件数 + 取消注文件数）、取消率を、（取消件数 + 失効件数） /（新規注文件数 + 変更注文件数 + 取消注文件数）と、IOC 注文の失効を考慮すべく少しアレンジ⁴¹して、図示した。この図から、多くの登録 HFT 業者は、取消率が約 45%と高く、約定率が 10%未満と低く推移していることから、注文の取引を構成するメッセージのやりとりの頻度が高いことがわかる。すなわち、高頻度取引を行っている様子が窺える。



（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-4 登録 HFT の約定率及び取消率の推移

3.3. 高頻度性とアルゴリズム化度合からの注文種別の考察

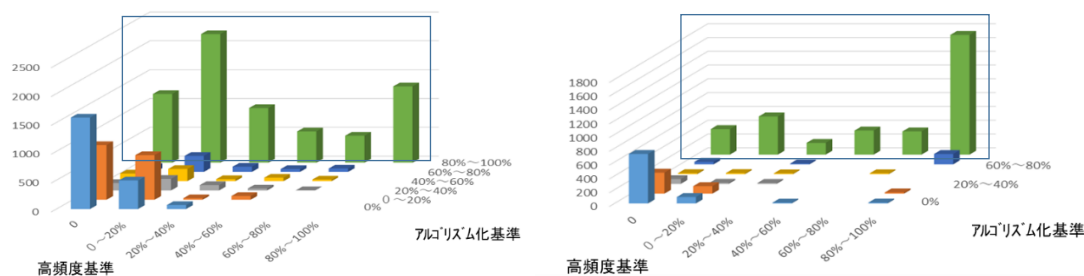
本節では、2.3 節で、重要な特徴量であった注文種別のうち、成行注文情報（②）と高頻度性（③）の双方の観点から、大山・津田（2020）に倣い、登録 HFT の実態を考察してみたい。大山・津田（2020）では、仮想サーバ毎に、約 1400 営業日の内、高頻度基準及びアルゴリズム化基準を満たす営業日をカウントしその割合を用いて、HFT 判定を行っている。本稿においても、仮想サーバが一新された 2019 年 11 月 5 日から 2021 年 3 月 31 日までの 342 営業日のデータに

⁴¹ 注文 ID ごとに、取り消されたか、その一部でも約定したかを鑑みて、約定率と取消率を算出する方法も当然あるだろう。本稿は、基本的に保坂（2014）に従った上で、IOC 注文の失効件数を加味した計算方法を採用した。

更新して、同様の分析を行ったところ、全体の傾向として、高頻度で取引を行う仮想サーバ（高頻度基準 80%~100%かつアルゴリズム化基準 80%~100%）の数が相対的に増加していることがわかる⁴²（図 3-5 の枠線部分）。図 3-5 の右図に関して、登録 HFT とそれ以外の仮想サーバの分布を別々に作成すると、図 3-6 のようになる（図 3-6 の左図が登録 HFT、右図がそれ以外）。大山・津田（2020）が指摘しているとおり、基本的に登録 HFT 業者の仮想サーバはアルゴリズム化基準 20%以上⁴³として HFT 判定（HFT 判定：黄色棒+赤棒、非 HFT 判定：灰色棒）される。しかし、細かく確認すると、以下が見て取れる。

- 登録 HFT 業者の仮想サーバ群は（図 3-6 左図）一部、低頻度・低アルゴリズム化基準な仮想サーバ群（高頻度基準 20%未満、アルゴリズム化基準 20%未満の灰色棒グラフ）が存在。
- 登録 HFT 業者の仮想サーバではないサーバ群についても（図 3-6 右図）、一部、高頻度・高アルゴリズム化基準（高頻度基準 60%以上、アルゴリズム化基準 40%以上の赤色棒グラフ）に属する仮想サーバ群が存在。

後者については、その多くの仮想サーバがコロケーションを経由していることから、これが 3.1 節で言及した（他の投資家と競合する）コロケーション内の共有（仮想）サーバだと考えられる。



左図：データ期間 2010 年 1 月～2015 年 9 月 右図：データ期間 2019 年 11 月～2021 年 3 月⁴⁴

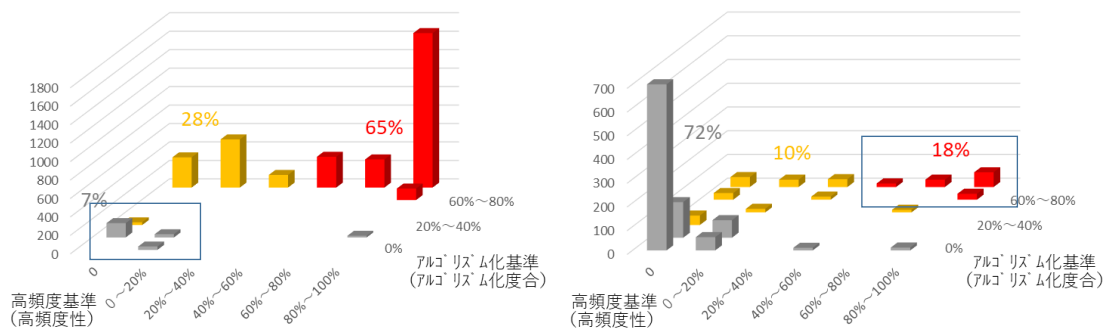
（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-5 大山・津田基準の仮想サーバ数の分布

⁴² 図 3-5 の左図の仮想サーバ数が図 3-5 の右図より多い理由としては、2010 年から 2015 年の 6 年間の内に何度か仮想サーバ ID が再付番された可能性が考えられる。ただし、当該期間において日々稼働する仮想サーバ数は 3000~4000 程度と大差ない。なお、「高頻度基準」については、3.2 節の約定率と取消率を用いて算出したため、大山・津田（2020）と若干の差異が発生している可能性がある。

⁴³ アルゴリズム化基準に基づいて計算される「アルゴリズム化割合」を表す指標が 20%以上を指す。

⁴⁴ 図 3-5 の右図及び図 3-6 の仮想サーバ数 10 個未満の棒グラフは白抜きにしている。



左図：登録 HFT 業者の仮想サーバ数（73%）分布 右図：それ以外の仮想サーバ数（27%）分布
（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-6 大山・津田基準の仮想サーバ数の分布（登録 HFT とそれ以外で区分）

次に、登録 HFT の実態を把握するため、図 3-6 の仮想サーバから発注される注文件数と売買代金を図 3-8 と図 3-15 に示した。図 3-9、図 3-14 の推移を合算することで、登録 HFT の全ての注文に占める注文件数割合と売買代金割合は、それぞれ、約 69%と 39%と推計される。一方、大山・津田（2020）の HFT 判定による HFT 割合は、それぞれ 81%（図 3-8 双方の黄色と赤色の棒グラフ）と 48%（図 3-15 双方の黄色と赤色の棒グラフ）と高く推計されている。大山・津田（2020）の HFT 判定はアルゴリズム取引全般（アルゴリズム化基準 20%以上のものすべて）を捕捉するため、実際の登録 HFT を包含することが想定される。例えば、証券会社が機関投資家から受託した注文を VWAP（出来高加重平均）等のアルゴリズムで執行している取引かもしれない、また、極端に注文件数が多く、高頻度取引を繰り返す仮想サーバであっても、今後本格的に HFT への参入を検討（コロケーションエリアへの移行や共有サーバから専有サーバへの切替等）している業者の取引であるかもしれない、さらに、登録 HFT が高速性をあまり求めない取引かもしれない、これらも図 3-8 と図 3-15 の右図のアルゴリズム化基準 20%以上に含まれている。

登録 HFT の高頻度かつ高アルゴリズム化基準の仮想サーバ群（図 3-8 と図 3-15 の赤い棒）に関しては、売買代金（もしくは約定件数）に比して、注文件数が極端に多いことがわかる。個別銘柄レベルでの注文件数、約定件数まで掘り下げて、342 営業日×約 4000 銘柄の約 137 万銘柄を調査したところ、ほぼ約定がない（100 件未満）銘柄で、1 万件以上の注文がなされている銘柄が 8754 銘柄⁴⁵存在することがわかった（図 3-7）。また、対象期間における登録 HFT が占める変更注文件数割合（図 3-11）をみると、約 30%から 60%超まで上昇してきている。その主要因（上昇の 90%超）が特定の十数銘柄⁴⁶に対する登録 HFT の注文でほぼ説明でき

⁴⁵ 例えば、図 3-7 の注文件数 10 万件以上かつ約定件数 10 件未満（ピンク色箇所）の 1 事例は、HFT の注文件数割合が 99.98%であり、6 件の約定すべてが、登録 HFT 業者以外の投資家によるものである。なお、月次（2020 年 1～3 月）で登録 HFT が対当する相手の割合を調べたところ、売買代金比率同様の概ね 3 割超が登録 HFT、7 割弱がそれ以外の投資家であることがわかった。ただし、登録 HFT の注文件数割合が高まった銘柄にしても、対当相手は偏ることがないかという問題意識に対しては、銘柄毎、短間隔で、より詳細に分析を行う必要があるだろう。

⁴⁶ ほぼすべての変更注文が株価及び株数に全く影響を与えない発注であった。

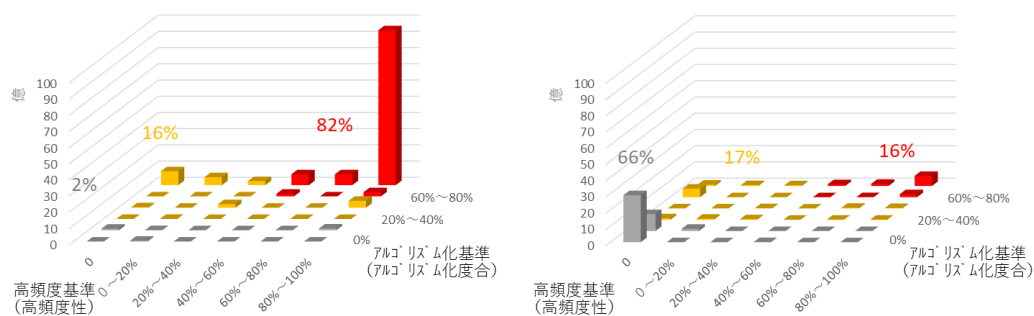
てしまう。現行法上、誘引目的をもって相場を変動させるべき取引行為⁴⁷を行う場合、相場操縦行為に該当するとされているが、高頻度取引として注文を繰り返すことから直ちに誘引目的が認定されるとはいえないだろう。しかし、本当に誘引目的が認められないか、相場の不正操縦につながっていないか、市場が取引戦略の実験場となり無意味な取引を繰り返すような状況に陥っていないか、追加的な分析を行う必要があるのかもしれない。

		注文総件数		
		1～5万件未満	5～10万件未満	10万件以上
約定総数	50～100件未満	2042	70	27
	10～50件未満	3790	128	20
	0～10件未満	2474	20	3

(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-7 約定件数が少なく、注文件数が多かった 8754 銘柄

IOC 注文件数と成行注文についても簡単に言及しておく。IOC 注文の件数については、図 3-17 のとおり、アルゴリズム化基準が高い仮想サーバによる注文が多く、登録 HFT の注文が IOC 注文の 80%～90%を占めていることが確認できる(図 3-18)。IOC 注文は、BBO スプレッド近辺に発注された注文を即時に検知した場合において、最速でテイクする(テイク注文⁴⁸)際にも適した注文形態であり、板の更新スピードが加速度的に上昇するなか、高度な高速性を有する登録 HFT に利用が偏っているのかもしれない⁴⁹。成行注文件数については、図 3-20 の登録 HFT の注文割合が 1%前後を推移している。大山・津田(2020)の指摘どおり、一般的に、HFT 業者は常に板情報を観察しており、適宜、必要な株数を売買したい価格帯で発注していると考えられる。登録 HFT は予想外の高値(または安値)で約定しかねない成行注文を敬遠していると考えの方が自然であろう。



左図：登録 HFT の注文件数 (69%) の分布

右図：それ以外の注文件数 (31%) の分布

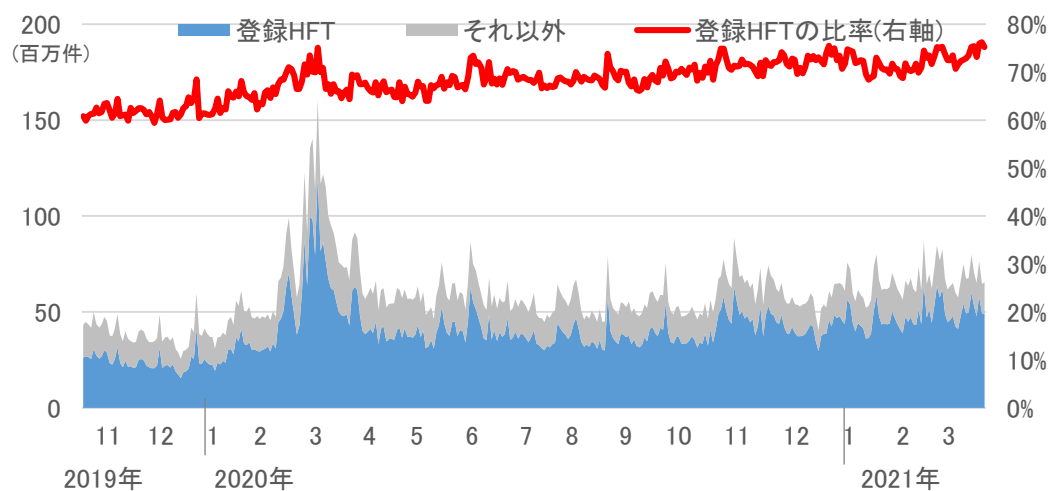
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-8 大山・津田基準の注文件数の分布

⁴⁷ 金商法第 159 条第 1 項において、「取引が繁盛に行われていると他人に誤解させる目的その他のこれらの取引の状況に関し他人に誤解を生じさせる目的をもって変動操作等の取引を行うこと」を相場操縦行為等の禁止項目としている。

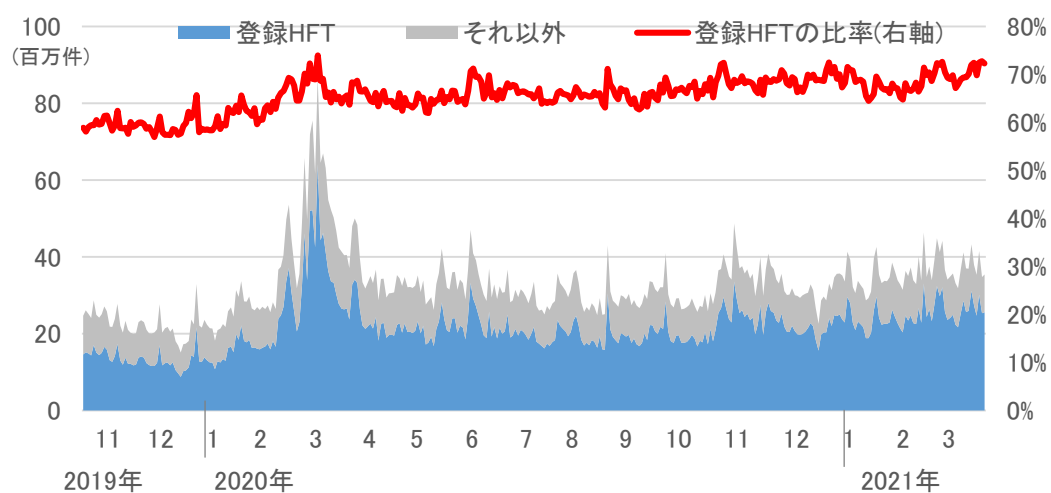
⁴⁸ テイク注文とは、新規注文のうち、板に対して即時約定するタイプの指値注文と成行注文。

⁴⁹ 元より、指値注文以外に成行注文でも IOC の条件付き注文は可能であり、幅広い投資家の利便性を高める目的で提供されている注文形態であるといえる。



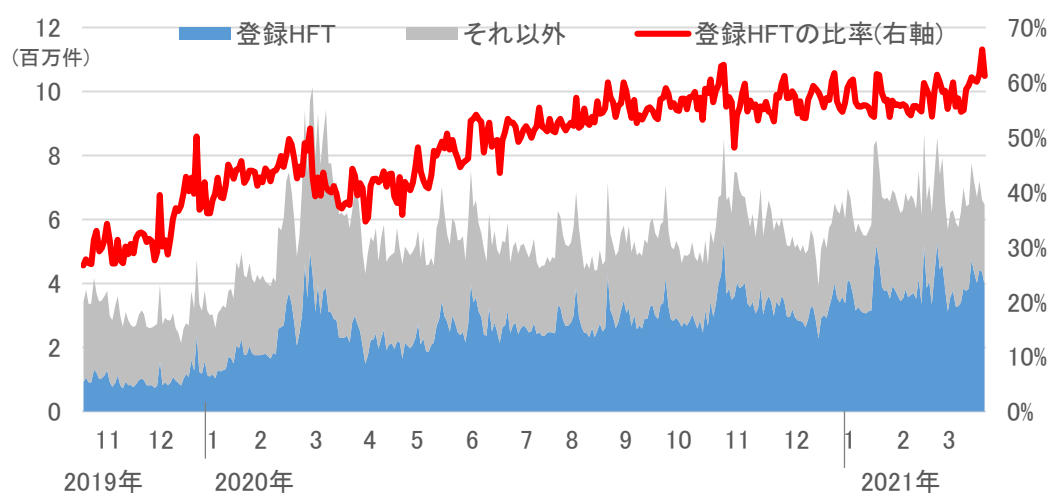
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-9 登録 HFT とそれ以外の注文件数の推移



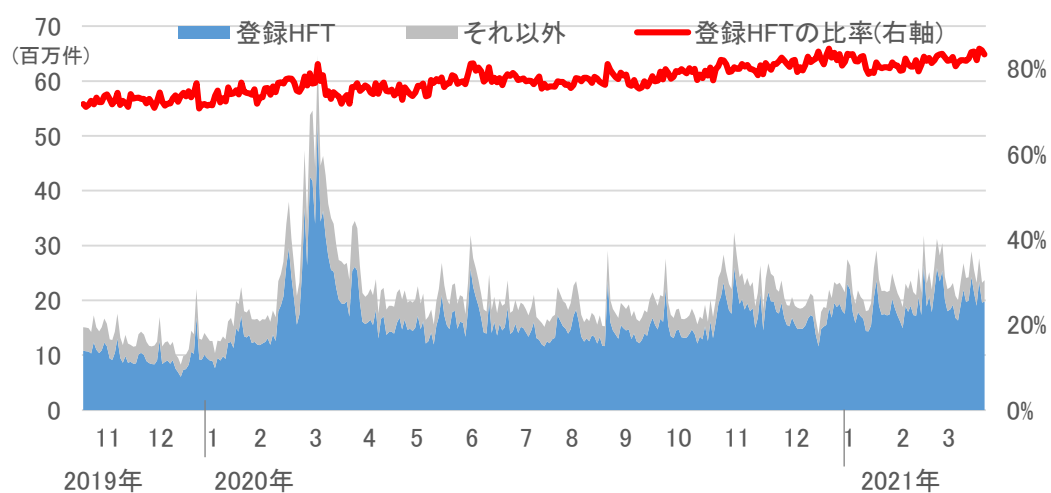
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-10 登録 HFT とそれ以外の新規注文件数の推移



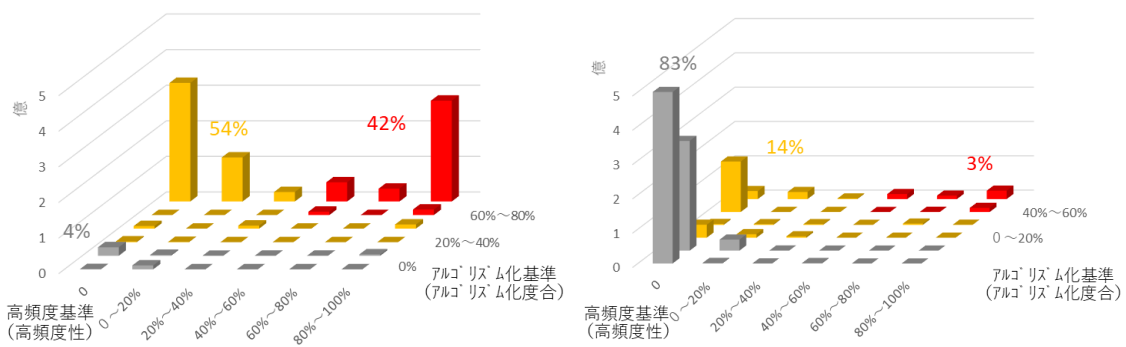
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-11 登録 HFT とそれ以外の変更注文件数の推移



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 3-12 登録 HFT とそれ以外の取消注文（失効件数を含まない）件数の推移

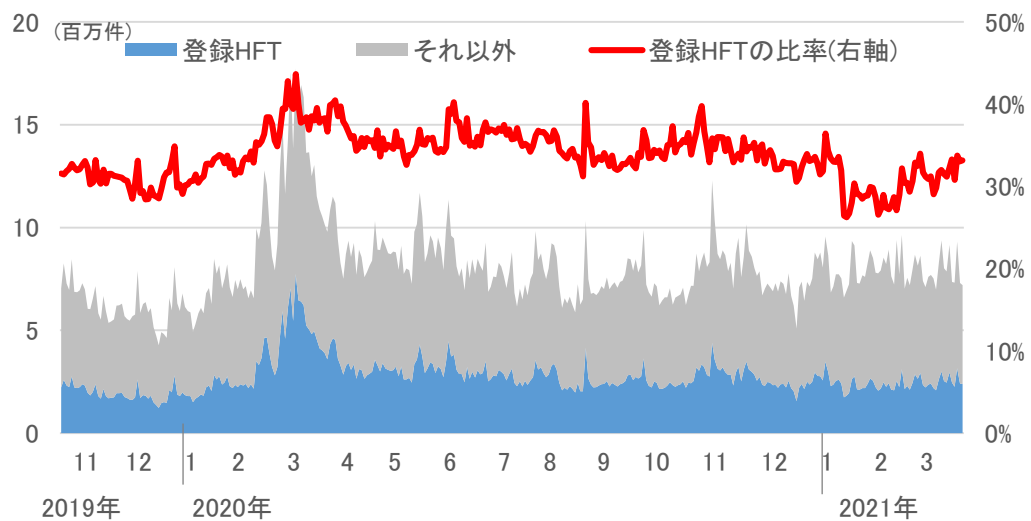


左図：登録 HFT の約定件数（35%）の分布

右図：それ以外の約定件数（65%）の分布

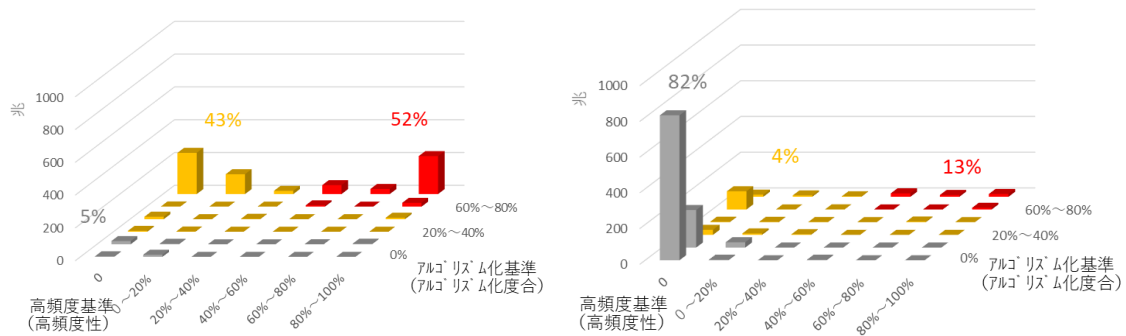
（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-13 大山・津田基準の約定件数の分布



（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-14 登録 HFT とそれ以外の約定件数の推移

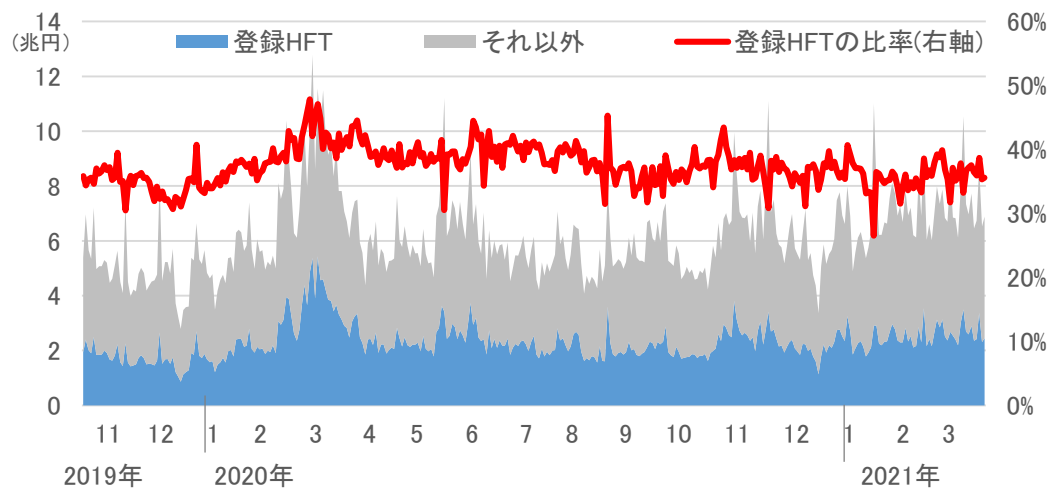


左図：登録 HFT の売買代金（39%）の分布

右図：それ以外の売買代金（61%）の分布

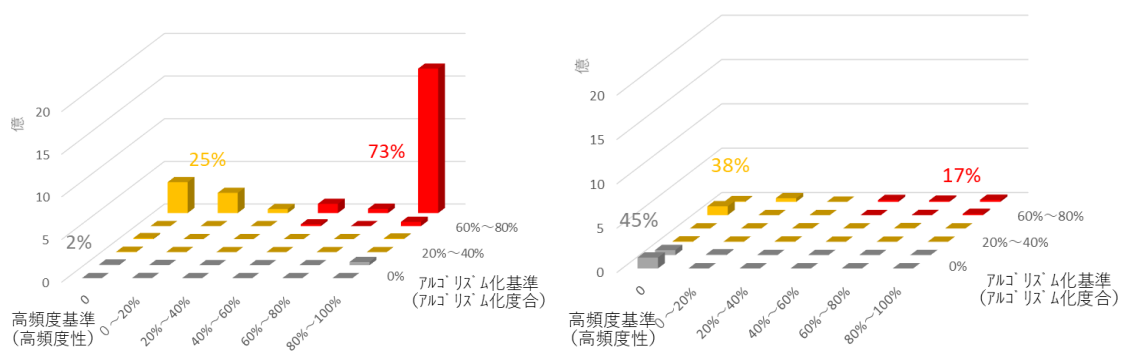
（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-15 大山・津田基準の売買代金の分布



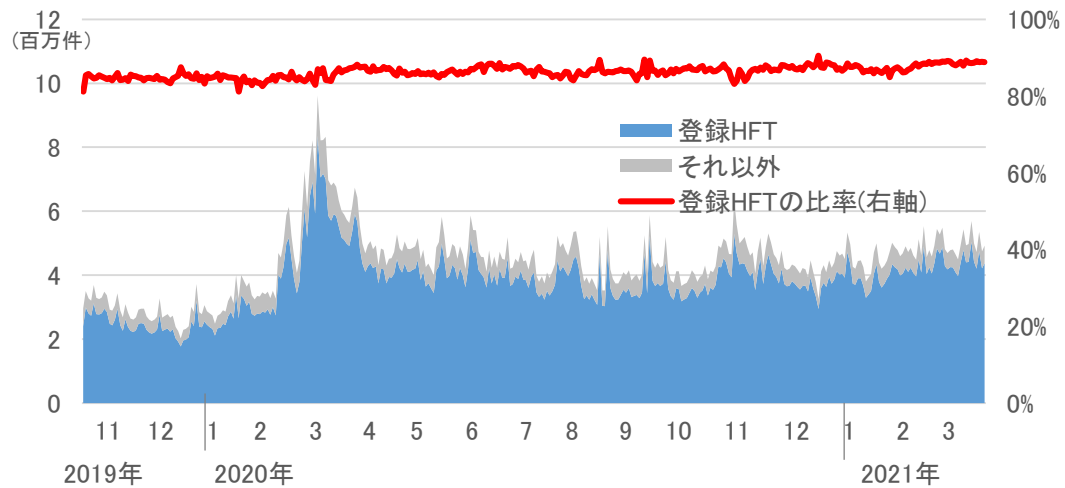
（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-16 登録 HFT とそれ以外の売買代金の推移



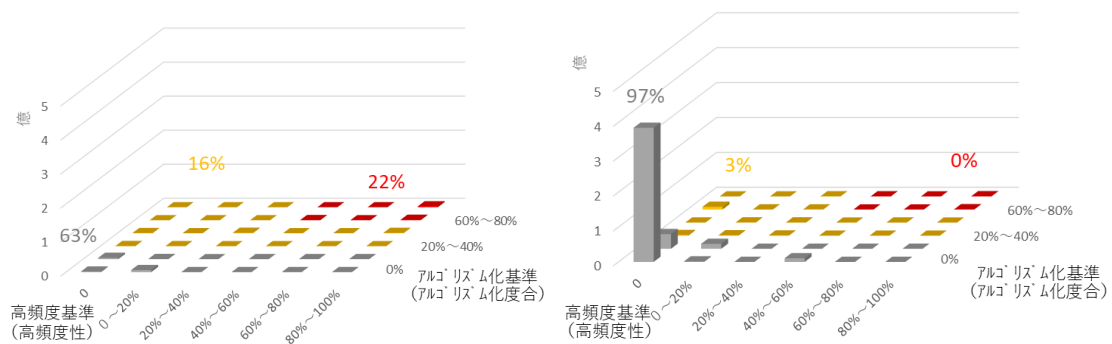
左図：登録HFTのIOC注文件数（86％）の分布 右図：それ以外のIOC注文件数（14％）の分布
 （出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-17 大山・津田基準のIOC注文件数の分布



（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-18 登録HFTとそれ以外のIOC注文件数の推移

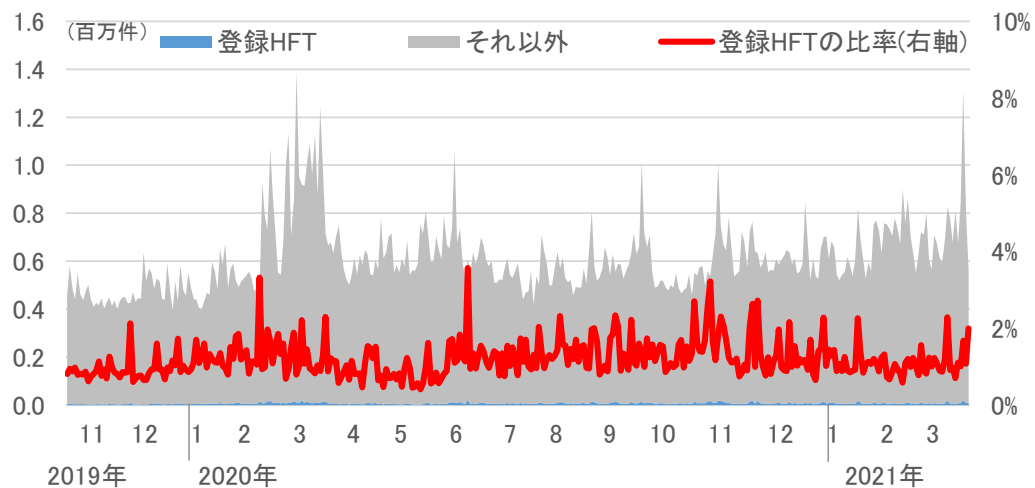


左：登録HFTの成行件数（4%）の分布

右図：それ以外の成行件数（96%）の分布

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-19 大山・津田基準の成行件数⁵⁰の分布



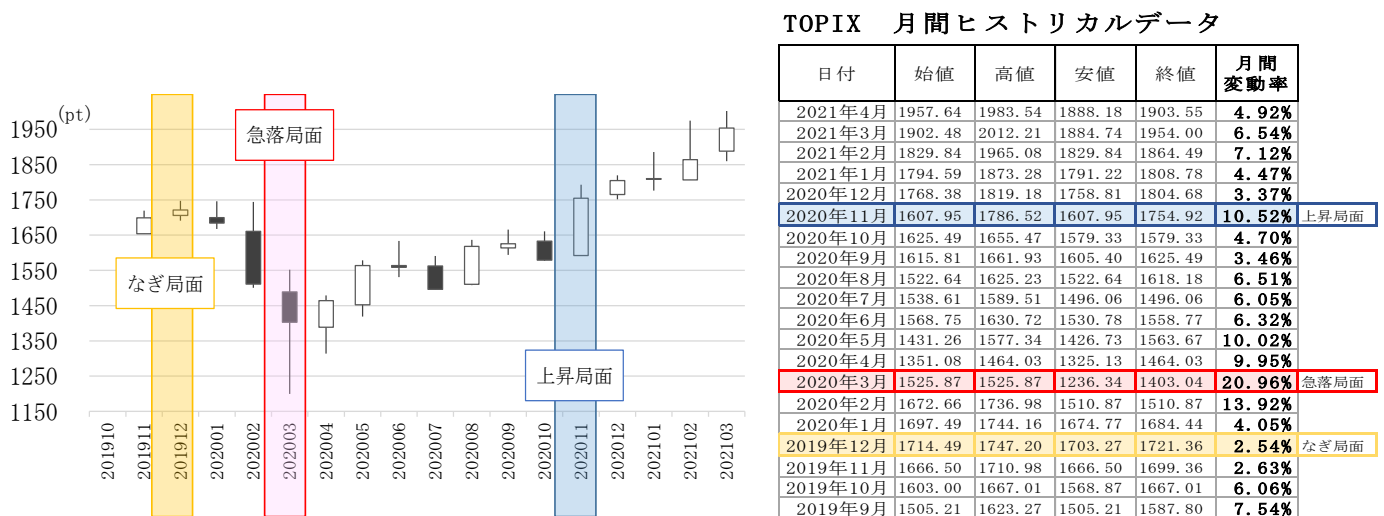
（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 3-20 登録HFTとそれ以外の成行注文件数の推移

⁵⁰ 図 3-19 の成行件数には、新規/変更/取消注文の他、約定/失効/取消新規等といったシステム処理上の項目も含まれる一方、図 3-20 の成行注文件数は、新規/変更/取消注文件数の合算である。

4. 相場の各局面及び急落（急騰）銘柄における登録HFTの動向

前章では、登録HFTの形態を分析期間2019年11月～2021年3月について俯瞰した。本章では、HFTが変動相場で取引を手控え、市場の変動を助長させている等の指摘もあるため、東証におけるなげ局面、上昇局面、急落（変動）局面及び、急落（急騰）時の850銘柄を抽出し、登録HFTの取引状況（注文件数や売買代金、及び売り下がり（買い上がり）値幅等）を日次で分析してみたい。TOPIX（月足チャート）から、月間での変動状況（月間変動率⁵¹）に応じて、なげ局面を2019年12月、急落（変動）局面を2020年3月、上昇局面を2020年11月に選定した（図4-1）。その上で、価格変動を積極的に高めた主体を特定⁵²するため、「売り下がり値幅」と「買い上がり値幅」を各局面で算出した。「売り下がり値幅」とは、各主体が売り付けをして株価を引き下げた際の値幅の累計⁵³であり、「買い上がり値幅」とは、各主体が買い付けをして株価を引き上げた際の値幅の累計である。また、売り下がり（買い上がり）寄与率とは、全体の売り下がり（買い上がり）値幅に占める当該主体の売り下がり（買い上がり）値幅の割合である。例えば、価格変動が図4-2で、ある主体Aが売り付けた結果、ピンク色に株価を2回下げたとすると、主体Aの売り下がり値幅は、（10円-9円）+（11円-8円）=4円となる。また、売り下がり寄与率は、（（10円-9円）+（11円-8円））÷（（10円-9円）+（11円-8円）+（10円-9円））=80%となる。



（出所）株式会社 QUICK データから筆者作成

図 4-1 TOPIX 月足チャート

⁵¹ TOPIX を月間ベース（終値）で変動率を算出：（月中高値－月中安値）÷（（月中高値＋月中安値）÷2）。

⁵² 相場変動にどの程度影響を与えたかを図る指標としては、期間の長短を問わず、売り下がり寄与率と買い上がり寄与率及び、売買代金や売買高の関与率が適しているとされる。

⁵³ 売り注文による株価下落幅の合算であり、ここでの売り注文の対象は売りのテイク注文に限定される。

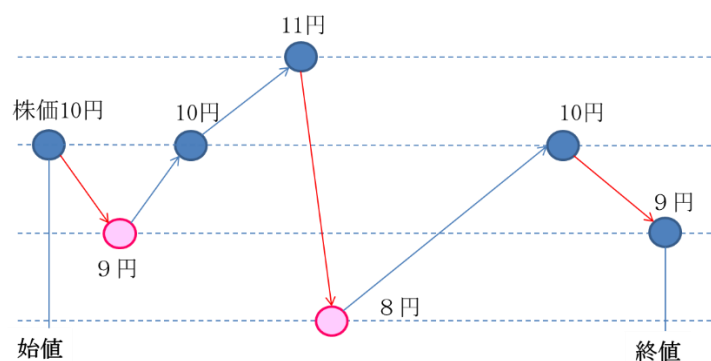
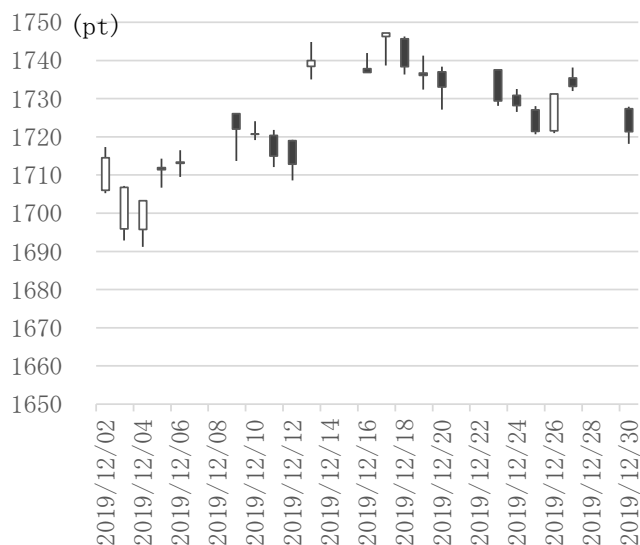


図 4-2 寄与率のイメージ（主体 A の売付で下がった価格：ピンク色）

4.1. なぎ局面における登録 HFT の動向

なぎ局面の 2019 年 12 月の相場状況は、TOPIX が前月末比 1.29% 上昇、月間の変動率は分析対象期間中最も小さい 2.54% であった。月前半は、米中通商協議の進展等を背景とした米国株の上昇などを受けて上昇したが、月後半は、年末の休暇を控えて値動きも鈍くなったとの見方がされており、月全体としては安定した相場環境であった（図 4-3）。



2019年12月の月間ヒストリカルデータ（終値ベース）

銘柄	始値	高値	安値	終値	月間 変動率
TOPIX	1714.49	1747.20	1703.27	1721.36	2.54%
日経平均	23529.50	24066.12	23135.23	23656.62	3.94%
日経平均VI	13.85	16.45	12.98	14.80	
ダウ平均	27783.04	28645.26	27502.81	28538.44	4.06%

（出所）株式会社 QUICK データから筆者作成

図 4-3 TOPIX 日足チャート

なぎ局面における登録 HFT の売買代金及び注文件数が全体に占める割合はそれぞれ 33%と 60%であり、全期間と比較（売買代金割合：38%、注文件数割合：67%）すると、相対的に小さいことが表 4-1 よりわかる。表 4-2 は、TOPIX 採用銘柄の規模別（大型株、中型株、小型株）・戦略別に、なぎ局面の 21 営業日中の売り下がり値幅と寄与率を、登録 HFT とそれ以外で区別し

て算出したものである。登録 HFT の売り下がり寄与率 27%～36%は、なぎ局面における登録 HFT の売買代金割合 33%と大差ないため、登録 HFT による取引は、大きく相場全体を動かすような取引とはいえないことがわかる。また、TOPIX の規模において、特に変動が大きかった 10 銘柄中、売り下がり寄与率が最も高い銘柄に注目しても（表 4-3）、登録 HFT の売り下がり寄与率は最大でも 53%程度であった。

	売買代金割合		注文件数割合		取消件数割合	
	登録HFT	それ以外	登録HFT	それ以外	登録HFT	それ以外
なぎ局面（2019年12月）	33%	67%	60%	40%	73%	27%
全期間（2019年11月～2021年3月）	38%	62%	67%	33%	78%	22%

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

表 4-1 なぎ局面における登録 HFT の取引状況

年月	規模	値幅(万円)						寄与率					
		それ以外	登録HFT (①～④ の合算)	①MM戦 略	②AR戦 略	③DR戦 略	④その 他戦略	それ以外	登録HFT (①～④ の合算)	①MM戦 略	②AR戦 略	③DR戦 略	④その 他戦略
2019年12月	大型	-151	-85	-23	-12	-36	-13	64%	36%	10%	5%	15%	6%
	中型	-228	-85	-31	-10	-36	-8	73%	27%	10%	3%	12%	2%
	小型	-361	-148	-52	-13	-80	-4	71%	29%	10%	3%	16%	1%

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

表 4-2 TOPIX の大型・中型・小型に対する登録 HFT の売り下がり値幅とその寄与率⁵⁴

局面	規模	年月日	銘柄(略)	売下がり(値幅の単位は円)											
				それ以外		登録HFT (①～④の合算)									
				値幅	寄与率	値幅	寄与率	①MM戦略	②AR戦略	③DR戦略	④その他戦略	値幅	寄与率	値幅	寄与率
なぎ	大型	2019/12/18	LA	-1281	47%	-1445	53%	-561	21%	-107	4%	-723	27%	-54	2%
		2019/12/09	LB	-1102	53%	-980	47%	-219	11%	-58	3%	-637	31%	-66	3%
		2019/12/18	LC	-2262	54%	-1910	46%	-559	13%	-140	3%	-1105	26%	-106	3%
	中型	2019/12/05	MA	-902	62%	-542	38%	-248	17%	-28	2%	-226	16%	-40	3%
		2019/12/18	MB	-886	68%	-421	32%	-182	14%	-4	0%	-204	16%	-31	2%
	小型	2019/12/03	MC	-247	68%	-115	32%	-35	10%	-18	5%	-62	17%	0	0%
		2019/12/05	SA	-930	80%	-229	20%	-81	7%	-3	0%	-145	13%	0	0%
		2019/12/12	SB	-3428	83%	-722	17%	-369	9%	-2	0%	-350	8%	-1	0%
		2019/12/13	SC	-3064	85%	-523	15%	-305	9%	-18	1%	-195	5%	-5	0%

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

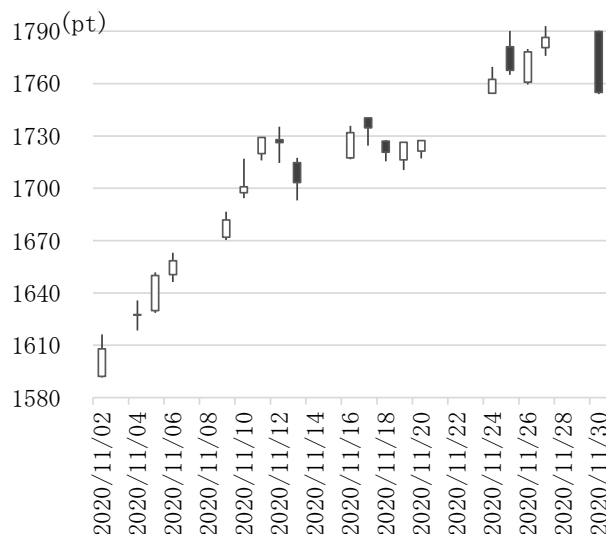
表 4-3 TOPIX の大型・中型・小型に対する登録 HFT の売り下がり寄与率が高い 3 銘柄

4.2. 上昇局面における登録 HFT の動向

上昇局面の 2020 年 11 月の相場状況は、TOPIX が前月末比 11. 11%の上昇、月間の変動率 10. 52%、月間の上昇幅は分析対象期間中最も大きい 175 ポイントであった。米大統領選を終えたことや、新型コロナウイルスのワクチン開発報道を受けて米国株が上昇する中で、国内企業の業績改善期待などが相場の後押しとなったとの見方がされており、月全体としては大幅上昇と

⁵⁴ 表 4-2、表 4-3 にて、MM 戦略、AR 戦略、DR 戦略、その他戦略は、それぞれマーケットメイク戦略、アービトラージ戦略、ディレクショナル戦略、その他の戦略を指す。「1. はじめに」脚注 6～8 を参照。

なった（図 4-4）。



2020年11月の月間ヒストリカルデータ（終値ベース）

銘柄	始値	高値	安値	終値	月間 変動率
TOPIX	1607.95	1786.52	1607.95	1754.92	10.52%
日経平均	23295.48	26644.71	23295.48	26433.62	13.41%
日経平均VI	28.19	28.19	21.26	22.38	
ダウ平均	26925.05	30046.24	26925.05	29638.64	10.95%

（出所）株式会社 QUICK データから筆者作成

図 4-4 TOPIX 日足チャート

上昇局面における登録 HFT の売買代金割合及び注文件数割合は 37%と 70%であり、全期間（売買代金割合 38%と注文件数割合 67%）と比較すると、大差ないことが表 4-4 よりわかる。表 4-5 は、TOPIX 採用銘柄の規模別（大型株、中型株、小型株）・戦略別に、上昇局面の 19 営業日中の買い上がり値幅と寄与率を、登録 HFT とそれ以外で区別して算出したものである。登録 HFT の買い上がり寄与率 40%～45%は、上昇局面における登録 HFT の売買代金割合 37%とあまり変わらないため、登録 HFT による取引は、大きく相場全体を動かすような取引とはいえないことがわかる。また、TOPIX の規模において、特に変動が大きかった 10 銘柄中、買い上がり寄与率が最も高い銘柄に注目しても（表 4-6）、登録 HFT による取引の寄与率は、最大でも 55%程度であった。

	売買代金割合		注文件数割合		取消件数割合	
	登録HFT	それ以外	登録HFT	それ以外	登録HFT	それ以外
上昇局面（2020年11月）	37%	63%	70%	30%	80%	20%
全期間（2019年11月～2021年3月）	38%	62%	67%	33%	78%	22%

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

表 4-4 上昇局面における登録 HFT の取引状況

		値幅(万円)						寄与率					
年月	規模	それ以外	登録HFT (①～④ の合算)	①MM戦 略	②AR戦 略	③DR戦 略	④その 他戦略	それ以外	登録HFT (①～④ の合算)	①MM戦 略	②AR戦 略	③DR戦 略	④その 他戦略
2020年11月	大型	277	226	33	33	62	98	55%	45%	7%	7%	12%	20%
	中型	327	222	29	19	77	97	60%	40%	5%	3%	14%	18%
	小型	488	357	19	25	208	105	58%	42%	2%	3%	25%	12%

(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

表 4-5 TOPIX の大型・中型・小型に対する登録 HFT の買い上がり値幅とその寄与率

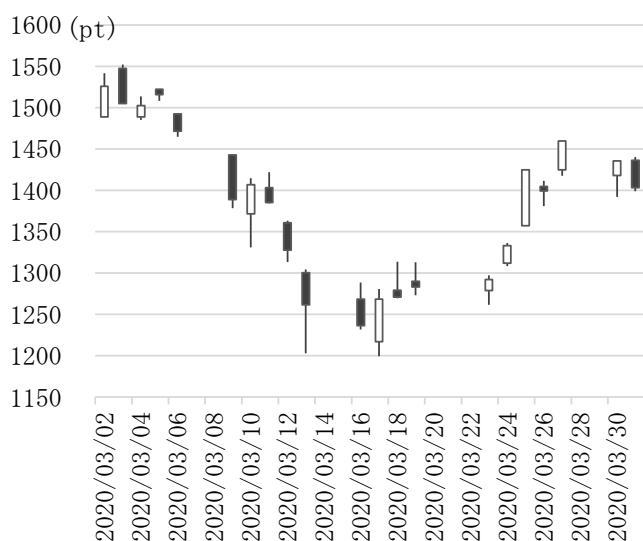
		買い上がり (値幅の単位は円)													
		それ以外		登録HFT (①～④の合算)				①MM戦略		②AR戦略		③DR戦略		④その他戦略	
局面	規模	年月日	銘柄 (略)	値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率
上昇	大型	2020/11/09	LA	2224	45%	2727	55%	549	11%	655	13%	581	12%	942	19%
		2020/11/02	LB	6133	58%	4485	42%	364	3%	290	3%	1856	17%	1975	19%
		2020/11/06	LC	1347	63%	780.5	37%	74	3%	57.5	3%	252	12%	397	19%
	中型	2020/11/10	MA	1338	49%	1374	51%	227	8%	82	3%	528	19%	537	20%
		2020/11/10	MB	3254	68%	1522	32%	149	3%	61	1%	368	8%	944	20%
		2020/11/11	MC	1231	61%	790	39%	64	3%	26	1%	399	20%	301	15%
	小型	2020/11/11	SA	5718	79%	1537	21%	106	1%	72	1%	818	11%	541	7%
		2020/11/27	SB	3065	86%	481	14%	4	0%	7	0%	132	4%	338	10%
		2020/11/09	SC	222	92%	20	8%	7	3%	1	0%	12	5%	0	0%

(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

表 4-6 TOPIX の大型・中型・小型に対する登録 HFT の買い上がり寄与率が高い3銘柄

4.3. 急落(変動)局面における登録 HFT の動向

2020年3月の相場状況は、TOPIXが前月末比7.13%下落、月間の変動率は分析対象期間中最も大きい20.96%となった。新型コロナウイルスの感染が拡大し、世界的な株価急落となったが、各国による金融緩和や経済対策が打ち出されたことで、月後半は株価が持ち直したとの見方がされている。なお、TOPIXは、9日に前日比5.61%の大幅下落、25日には前日比6.87%の大幅上昇となるなど、月全体としては急変動する相場環境であった(図4-5)。



2020年3月の月間ヒストリカルデータ（終値ベース）

銘柄	始値	高値	安値	終値	月間変動率
TOPIX	1525.87	1525.87	1236.34	1403.04	20.96%
日経平均	21344.08	21344.08	16552.83	18917.01	25.29%
日経平均VI	39.30	60.67	28.07	49.94	
ダウ平均	26703.32	27090.86	18591.93	21917.16	37.20%

（出所）株式会社 QUICK データから筆者作成

図 4-5 TOPIX 日足チャート

	売買代金割合		注文件数割合		取消件数割合	
	登録HFT	それ以外	登録HFT	それ以外	登録HFT	それ以外
急落局面（2020年3月）	43%	57%	67%	32%	77%	23%
全期間（2019年11月～2021年3月）	38%	62%	67%	33%	78%	22%

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

表 4-7 急落及び急変動局面における登録 HFT の取引状況

年月	規模	値幅(万円)							寄与率						
		それ以外	登録HFT (①～④ の合算)	①MM戦 略	②AR戦 略	③DR戦 略	④その 他戦略	それ以外	登録HFT (①～④ の合算)	①MM戦 略	②AR戦 略	③DR戦 略	④その 他戦略		
2020年3月	大型	-597	-606	-216	-109	-189	-91	50%	50%	18%	9%	16%	8%		
	中型	-599	-600	-198	-64	-294	-44	50%	50%	17%	5%	25%	4%		
	小型	-785	-634	-176	-65	-380	-12	55%	45%	12%	5%	27%	1%		

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

表 4-8 TOPIX の大型・中型・小型に対する登録 HFT の売り下がり値幅とその寄与率

売下がり（値幅の単位は円）															
それ以外				登録HFT（①～④の合算）											
局面	規模	年月日	銘柄（略）	値幅		寄与率		①MM戦略		②AR戦略		③DR戦略		④その他戦略	
				値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率	値幅	寄与率
急落	大型	2020/03/13	LA	-4103	39%	-6497	61%	-2767	26%	-992	9%	-2221	21%	-517	5%
		2020/03/19	LB	-1370	40%	-2050	60%	-824.5	24%	-277	8%	-736.5	22%	-212	6%
		2020/03/13	LC	-3968	42%	-5492	58%	-2541	27%	-1020	11%	-1467	16%	-465	5%
	中型	2020/03/19	MA	-162	12%	-1164	88%	-287	22%	-242	18%	-162	12%	-473	36%
		2020/03/23	MB	-1449	39%	-2291	61%	-1166	31%	-326	9%	-436	12%	-363	10%
		2020/03/19	MC	-2114	49%	-2192	51%	-1107	26%	-86	2%	-912	21%	-87	2%
	小型	2020/03/19	SA	-377	43%	-507	57%	-167	19%	-2	0%	-338	38%	0	0%
		2020/03/19	SB	-976	51%	-946	49%	-66	3%	-4	0%	-876	46%	0	0%
		2020/03/19	SC	-1568	56%	-1209	44%	-534	19%	-4	0%	-671	24%	0	0%

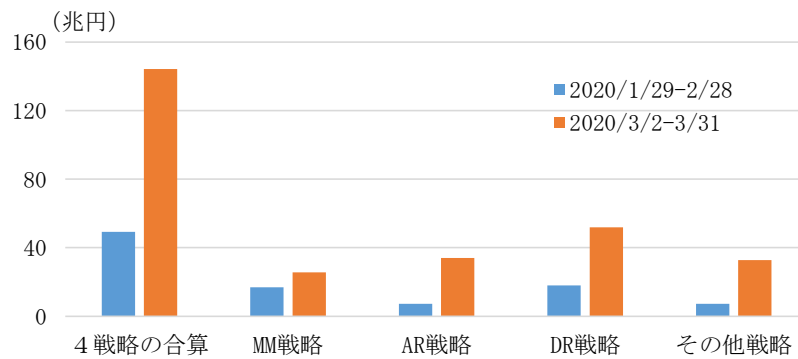
（出所）東京証券取引所データより筆者作成

表 4-9 TOPIX の大型・中型・小型に対する登録 HFT の売り下がり寄与率が高い 3 銘柄

急落（変動）局面における登録 HFT の売買代金割合及び注文件数割合はそれぞれ 43%と 67%であり、なぎ局面及び上昇局面も含む全期間（売買代金割合：38%と注文件数割合：67%）と比較しても、売買代金割合については相対的に大きいことが表 4-7 よりわかる。他方、登録 HFT の売り下がり寄与率 45%～50%は、急落（変動）局面における登録 HFT の売買代金割合 43%と大差ないため、登録 HFT による取引は、大きく相場全体を動かすような取引とは言い難いことがわかる。ただし、登録 HFT の戦略別売買代金について、急落（変動）局面はその前月と比較して（図 4-6）、アービトラージ戦略とディレクショナル戦略の取引増加が顕著であることがわかる。アービトラージ戦略の取引増加については、変動相場で、現物・先物等の価格差が乖離する機会が増加したためと考えられる。一方、ディレクショナル戦略の取引については、相場変動に寄与している可能性⁵⁵も否定できない。また、TOPIX の規模において、特に変動が大きかった 10 銘柄中、売り下がり寄与率が最も高い銘柄（中型株 MA、2020 年 3 月 19 日）にかかる登録 HFT の売り下がり寄与率は（表 4-9）、最大 88%に達する。こうした点に鑑みれば、ディレクショナル戦略や極端に売り下がり寄与率が高い銘柄については、引き続き多角的・多面的な分析・検証を行っていくことが考えられる。なお、図 4-7 から、急落（変動）局面においても、新規注文カバー率、約定カバー率⁵⁶がともに平時と変わらずそれぞれ約 99%、約 95%であることから、急落（変動）局面で登録 HFT 業者の取り扱い銘柄に変化が生じることはなく、幅広い銘柄を対象に注文を行っていたことが窺える。

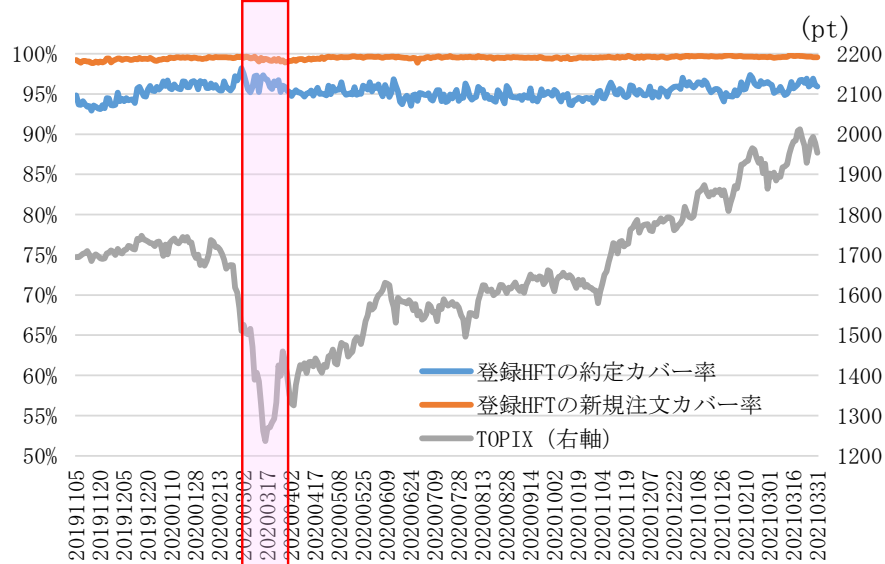
⁵⁵ その他、瞬間の中心回帰要素が高まったこと等が考えられる。

⁵⁶ 新規注文カバー率とは、現物のうち、1 日のうち一度でも登録 HFT 業者による売りまたは買いの注文があった銘柄の割合を算出したもの（注文があった銘柄数 ÷ 現物の銘柄数）。約定カバー率とは、対象銘柄のうち、1 日のうち一度でも登録 HFT 業者による売りまたは買いの約定があった銘柄の割合を算出したもの（約定があった銘柄数 ÷ 現物の銘柄数）。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 4-6 登録 HFT の戦略別、売買代金



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 4-7 登録 HFT のカバー率（約定、新規注文）と TOPIX の推移

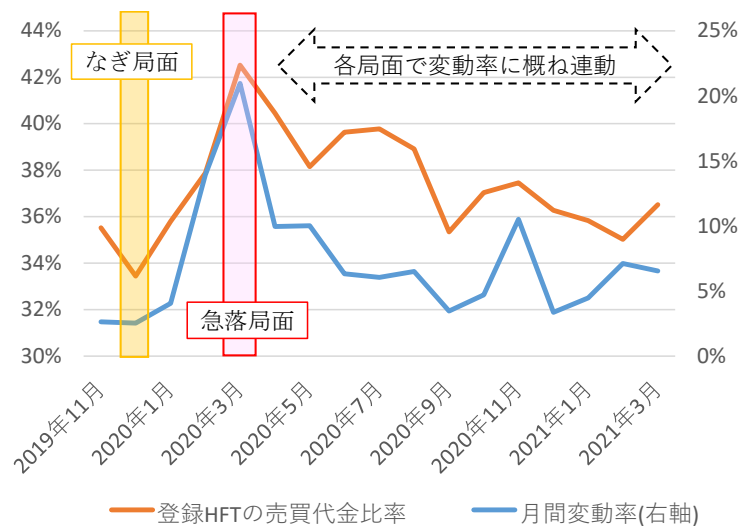
4.4. 相場変動に連動する登録 HFT

本節では、日次注文件数割合と市場変動の相関関係や板再現による追加分析を通じて、登録 HFT が相場変動局面で取引を手控えることなく流動性を供給したかどうか考察してみたい。

上記 4.1 と 4.3 の分析を通じて、登録 HFT の売買代金は、なぎ局面（節 4.1）でやや減少する一方、急落（変動）局面⁵⁷（節 4.3）でやや増加する傾向があることが分かった。この 2 局面以外の期間を俯瞰しても、図 4-8 のとおり、月間での登録 HFT の売買代金割合（対全体）と変動状況（月間変動率）が連動して推移し、高い相関（0.73）があることがわかる。また、2019 年 11 月 1 日～2021 年 3 月 31 日までの登録 HFT の日次注文件数割合（対全体）も、市場の予想

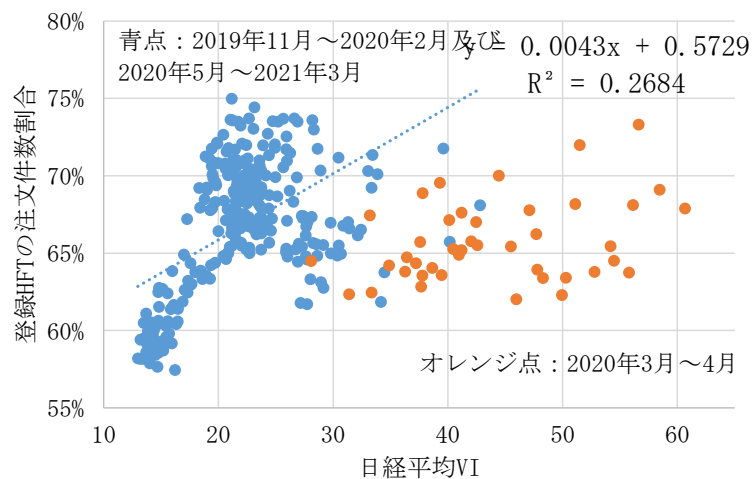
⁵⁷ 節 4.3 は急落と急変動双方の要素を含んだ相場であり、一般的に、株価変動には時系列相関が存在し、大きな急落後しばらく変動相場が継続する傾向がある（高岡・大山（2011））ことが指摘されている。

変動率（日経平均ボラティリティー・インデックス⁵⁸。以下「日経平均 VI」という。）と正の相関があり、2020 年 3 月～4 月を除いた 300 営業日のサンプルにかかる相関係数は 0.51（図 4-9 の青点、t 値 10.5、P 値 0.001%以下）であった。日経平均 VI が高まると登録 HFT の注文件数割合も相対的に高まることから、（登録 HFT が変動相場で取引を手控えることなく）取引所の板に流動性を供給しているように思えるが、他方、日経平均 VI が極端に上昇した 2020 年 3 月～4 月の相関係数は逆に 0.34 に低下する（図 4-9 のオレンジ点）。



（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 4-8 登録 HFT の注文代金割合と月間変動率の推移



（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 4-9 登録 HFT の注文件数割合と日経平均 VI の相関

⁵⁸ 日経平均ボラティリティー・インデックスとは、投資家が日経平均株価の将来の変動をどのように想定しているかを表した指数。OSE に上場している日経平均先物および日経平均オプションの価格をもとに算出。

そこで、登録 HFT が市場に与える流動性の状況をさらに調べるため、相場変動率が高まった（2020 年 3 月を含めた）2020 年 1 月～3 月の相場局面で、登録 HFT が BBO スプレッド縮小に直接的に寄与していたかについて、板再現による追加分析を行った（図 4-10、図 4-11、図 4-12）。分析手法は次のとおりである。

まず、3 月の日中変動率の高い 6 銘柄（大型株、中型株、小型株それぞれ 2 銘柄を抽出）に対して、日次の BBO スプレッドに関する統計値（平均、標準偏差、90/99%タイル点）を算出する。図 4-9 の「LA」銘柄を例にあげると、平時（2020 年 1 月～2 月）の日次板更新回数⁵⁹が 10 万回程度であるのに対して、3 月の日次板更新回数は 20 万回程度となっている。分析期間の全てについて板再現を行うことで、対象期間における板更新回数分の BBO スプレッドが算出できるため、その統計値（平均、標準偏差、90/99%タイル点）の日次推移を各図の左図に図示した。次に、登録 HFT により更新された板情報のみを板から取り除き、再度、日次の BBO スプレッドに関する統計値の推移を各図の右に図示した。4 章のこれまでの分析から、大局的に見れば相場環境に因らず、（売買代金に占める割合の大きさから）登録 HFT は一定の流動性を市場に供給していると推察されるが、相場変動局面で登録 HFT の取引が一時的にテイク注文に偏り流動性を低下させた可能性を否定できなかった。しかし、各図から示される通り、登録 HFT により更新された板情報が板から消えると、BBO スプレッドが一様に広がることから、登録 HFT が BBO 近辺の板に継続して流動性を提供（メイク注文⁶⁰）しており、スプレッド面で登録 HFT による流動性寄与が示唆される⁶¹。特に、3 月の急落（変動）局面（ピンク囲み）での、登録 HFT のスプレッド面での貢献は大型株で高く、中型株、小型株となるにつれて低くなる。これは、一般的に中型株や小型株は大型株に比べて流動性が低い。基本的に翌日までポジションや市場リスクを持ち越さない HFT にとって、一旦抱えたポジションの解消が困難となるような銘柄に対して、平時と変わらない流動性を供給し続けることは難しいのかもしれない。このように、相場急落時にも登録 HFT 業者が取引を続ける背景としては、HFT 業者等の利益の源泉が、①BBO スプレッドの拡大、②板更新回数等であることが一因と推測される。①の BBO スプレッドが乖離すれば、HFT 業者の主な戦略であるマーケットメイク戦略で、BBO スプレッド分の利益が拡大しうる。また、②の板更新回数が増えれば増えるほど収益機会も増加することになる。したがって、市場変動に連動する BBO スプレッドの拡大は HFT 業者に収益をもたらすことが考えられる。この点、逆に、HFT 業者の健全な競争が促される等により、BBO スプレッドの縮小、ひいては株価変動の抑制に機能することを示唆しているのかもしれない。ただし、本節では、スプレッド面での流動性供給に関する考察に焦点を当てており、本段落の考察も一つの仮説を示すにとどまる

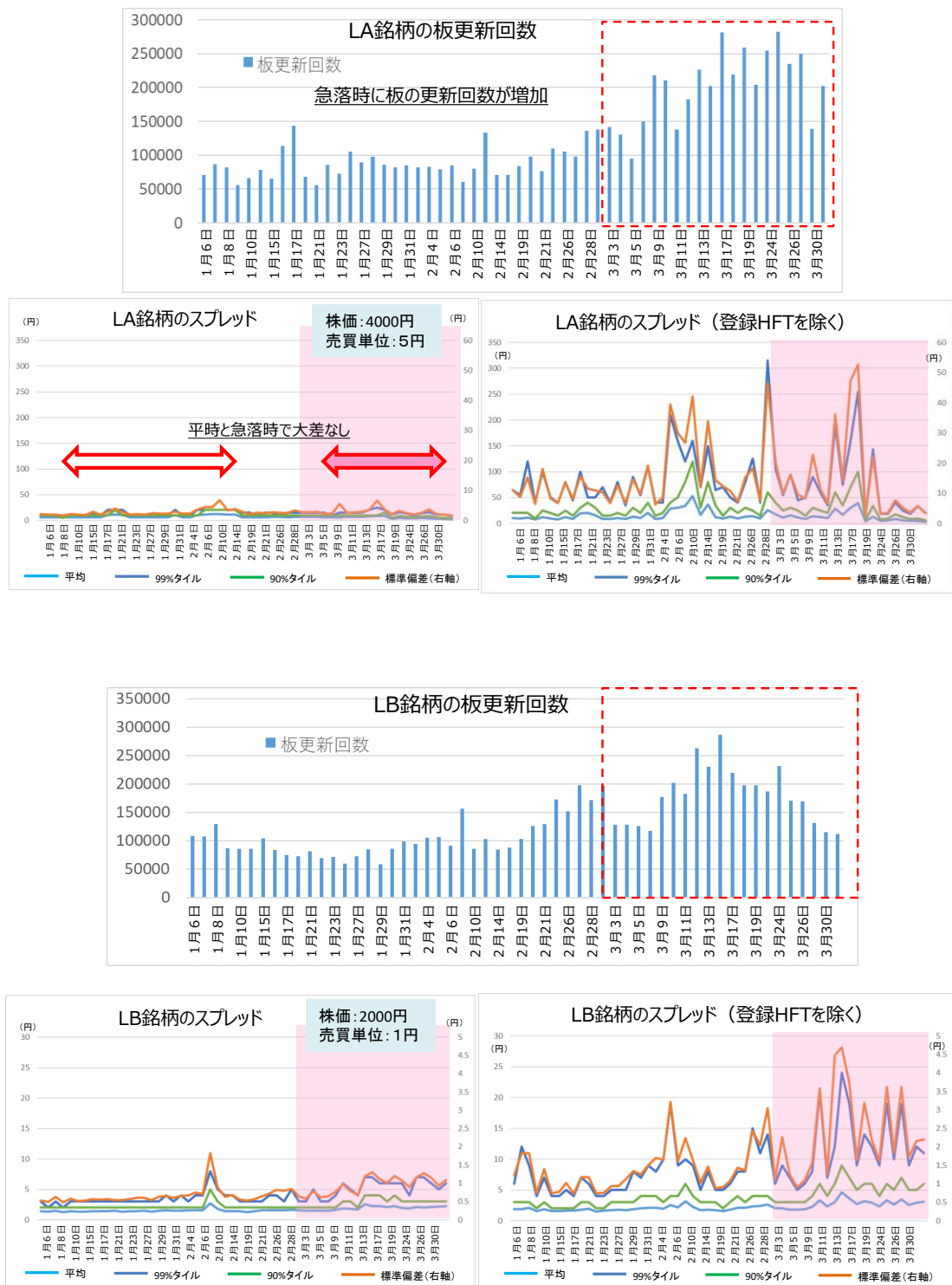
⁵⁹ 板更新回数とは、注文が入るたび、時系列に沿って 1 ずつカウント・アップされ、同時に発生した板の変化（約定による複数値段の数量変化など）については、同じ板更新回数が設定される。

⁶⁰ メイク注文とは、新規注文のうち、板に対して即時約定しないタイプの指値注文。なお、テイク注文については、脚注 48 を参照。

⁶¹ 本分析は、真に登録 HFT がいない場合の BBO スプレッドを算出しているわけではなく、あくまでも登録 HFT の注文のみ取り除いた単純な分析に過ぎない。このため、適切な理論モデルを構築した上で、HFT がいない相場環境を再現した場合、情報の非対称性の解消等を通じて、逆の結果、すなわち、BBO スプレッドが縮小する可能性も否定できない。なお、理論モデルとしては Kyle(1985)や Hayashi and Nishide(2019)がある。

ものである。HFT 業者間の健全な競争環境が整っているか、すなわち、情報の非対称性による逆選択効果（Glosten and Milgrom（1985）等）や、取引所の板の厚み⁶²に対しても貢献しているかといった観点では、考察を行っていない。今後は、こうした点も含め、より多角的な考察も行っていく必要があるだろう。

⁶² HFT のスプレッドやデプスへの特徴的な関与に関しては、大山・津田(2020)を参照してほしい。なお、登録 HFT の情報を用いた追加分析を大型株・中型株・小型株に対して行ったが、大山・津田（2020）と異なる結論は得られておらず、登録 HFT は BBO 近辺に注文を行うも、板の厚みに対する貢献は決して高くない。

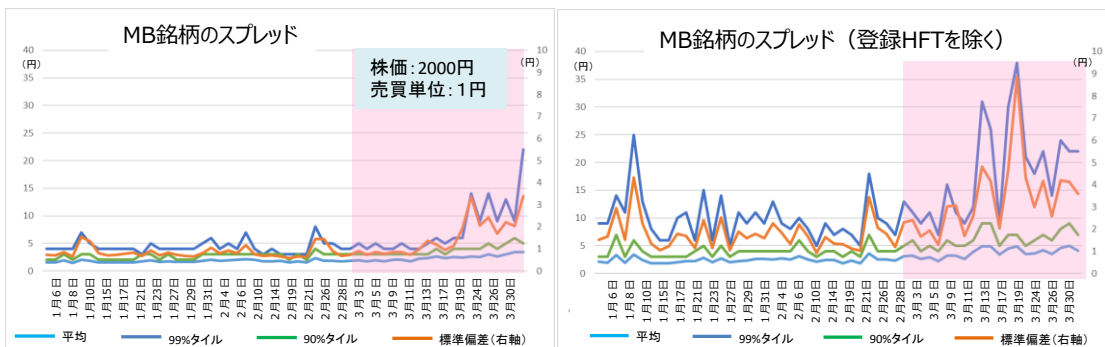
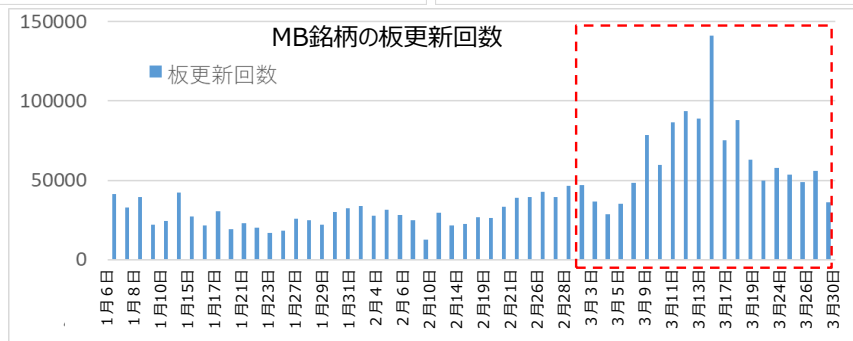
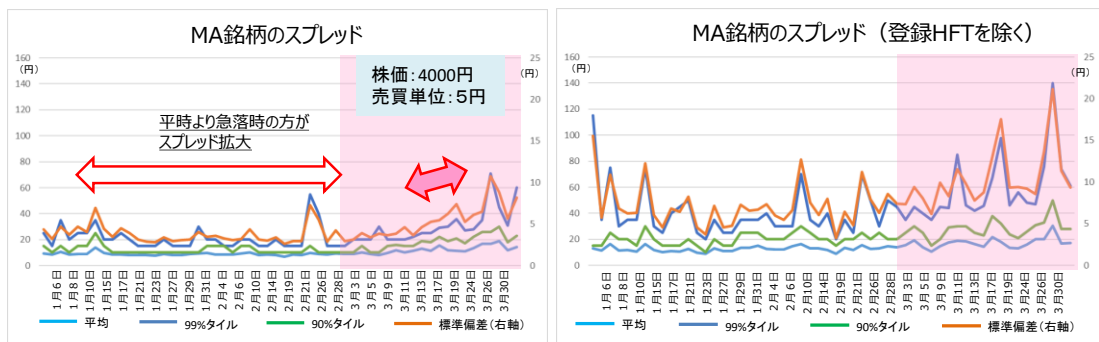
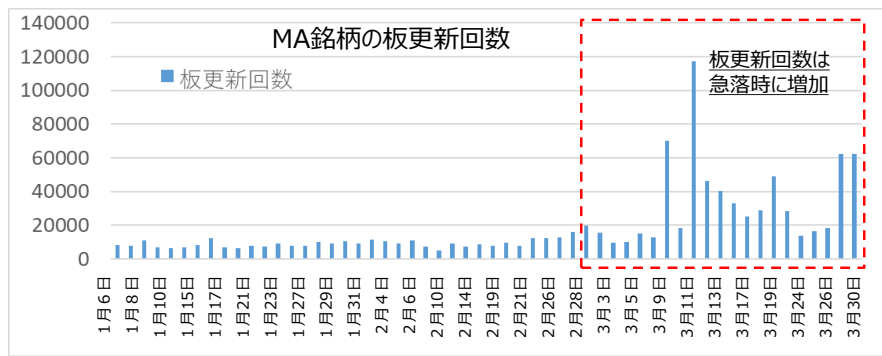


(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 4-10 大型株の2銘柄

日次のBB0 スプレッドに関する統計値 (平均、標準偏差、90/99%タイル点)

左図: 全ての取引、右図: 登録HFTを除く取引

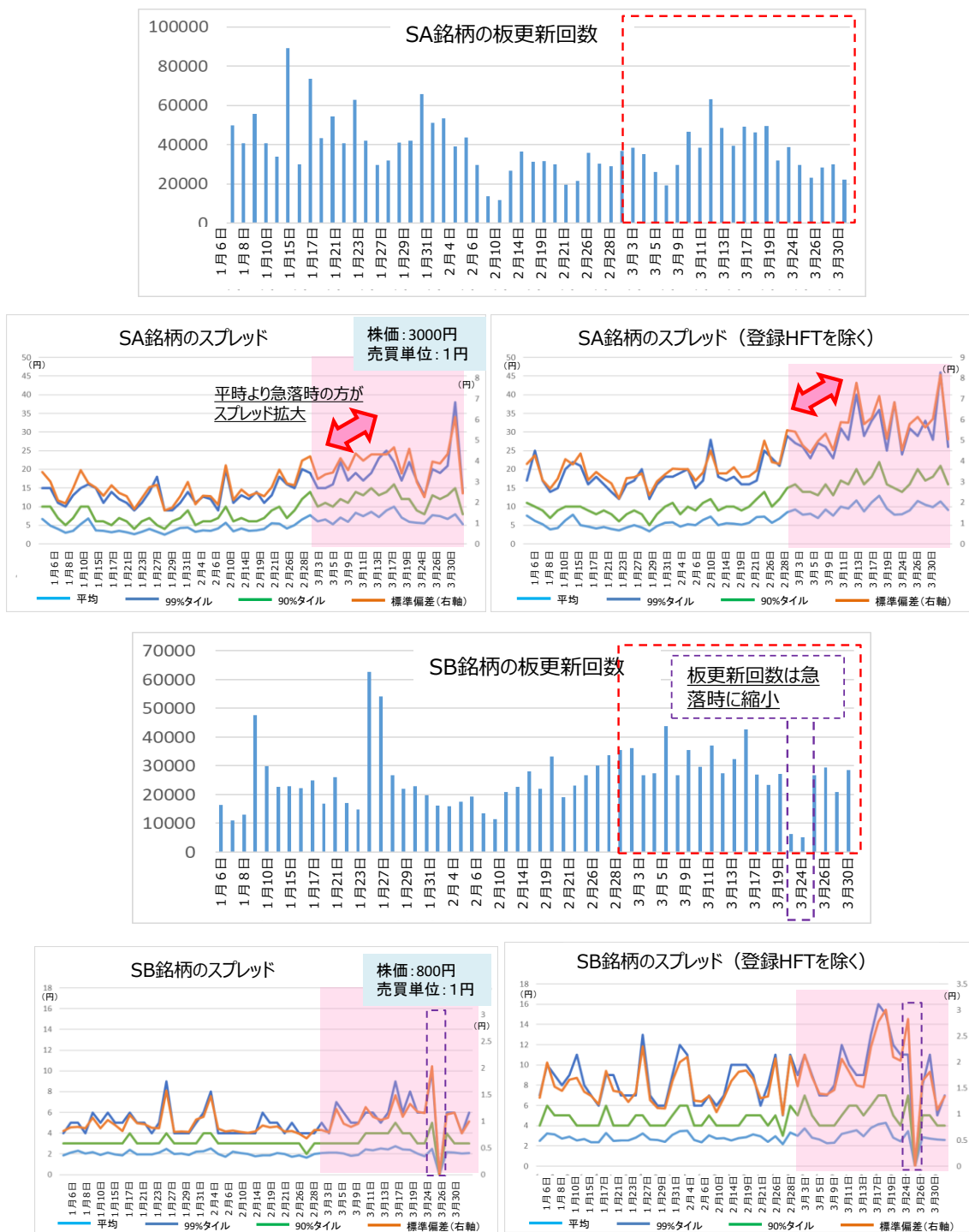


(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 4-11 中型株の2銘柄

日次のBB0 スプレッドに関する統計値 (平均、標準偏差、90/99%タイル点)

左図: 全ての取引、右図: 登録HFTを除く取引



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図 4-12 小型株の2銘柄

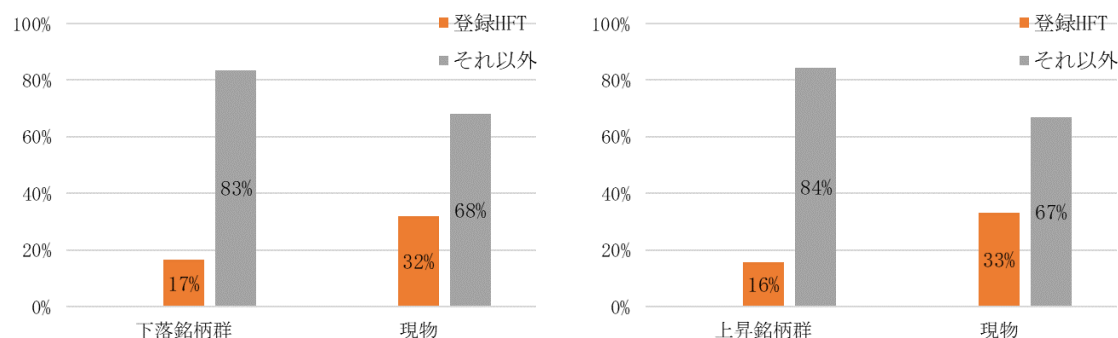
日次のBB0 スプレッドに関する統計値 (平均、標準偏差、90/99%タイル点)

左図: 全ての取引、右図: 登録 HFT を除く取引

4.5. 急騰・急落銘柄群に対する売り下がり（買い上がり）寄与率分析

4.1 節における、登録 HFT の注文件数割合（対全体）と市場の変動率（日経平均 VI）の正の相関は、因果関係について言及していないため、市場変動局面で登録 HFT の取引が拡大したのか、登録 HFT の取引拡大が市場変動を増幅させたのか分析してみたい。そこで、分析対象期間を通して、日次上昇率が高い銘柄と日次下落率が高い銘柄を TOPIX 構成銘柄からそれぞれ 850 銘柄抽出し、登録 HFT による売り下がり（買い上がり）寄与率を計算することで、登録 HFT が急落（急騰）した銘柄を積極的に売り崩す（買い上げる）取引行動がみられるか分析する。

具体的な銘柄抽出については次のとおりである。2019 年 11 月から 2021 年 3 月の分析対象期間の日中価格変動率（個別銘柄変動率⁶³）10%以上の TOPIX 構成銘柄を日次ですべて抽出⁶⁴した後、前日比下落した銘柄グループ（ア）と前日比上昇した銘柄グループ（イ）に分類する。それらを各月で取りまとめると、（ア）と（イ）の銘柄数は相場に応じて異なり、2019 年 12 月のなぎ局面では（ア）の銘柄数は最小の 53 個であった。そこで、各月の銘柄数を一定にするため、各月の（ア）と（イ）の銘柄数をそれぞれ 50 個に限定し、ランダムサンプリングを月毎に行った。例えば、2019 年 12 月の（ア）であれば、53 個の中から、ランダムサンプリングで 50 個を選ぶことになる。それゆえ、分析対象期間 2019 年 11 月から 2021 年 3 月までの 17 か月分を取りまとめると、（ア）と（イ）の銘柄総数はそれぞれ 850 個（50 銘柄を 17 か月分）となる。



左図：売り下がり寄与率

右図：買い上がり寄与率

（出所）東京証券取引所データより筆者作成

図 4-13 下落・上昇銘柄群（各 850 銘柄）と現物（約 137 万銘柄）に対する登録 HFT とそれ以外の寄与率

図 4-13 より、現物すべて（343 営業日×約 4000 銘柄の約 137 万銘柄を対象）に対する、登録 HFT による売り下がりもしくは買い上がり寄与率 32～33%は、それ以外の投資家の寄与率 67～68%より小さく、特に TOPIX の上昇・下落銘柄群に対しては、16%～17%とその傾向が顕著になることが分かった。また、TOPIX の上昇・下落銘柄群に対する登録 HFT による売買代金の関

⁶³ 個別銘柄の日中の変動率を算出。（日中高値-日中安値）÷（（日中高値+日中安値）÷2）。

⁶⁴ サンプルとして、異なる営業日の同一銘柄が集計される可能性もある。

与率が約 25%⁶⁵であるため、上記、上昇・下落銘柄群に対する登録 HFT による売り下がりもしくは買い上がり 寄与率 16%~17%に対して大きい。この結果は、登録 HFT の取引が必ずしも市場変動の増幅に直結⁶⁶しているとはいえず、むしろ、登録 HFT がそれ以外の投資家の相場を変動させる注文に対当する（吸収する）役割を果たしていることを示唆している。

5. まとめと今後の課題

本稿では、登録HFTの把握、取引実態の分析、相場の各局面における取引状況について概観した。登録HFTは全注文に占める注文件数（約7割）や売買代金（約4割）に高い割合を示しており、登録HFT業者は現在の取引市場において中核をなす投資家といっても過言ではないだろう。一方、相場の各局面における登録HFTの取引状況について分析した結果に特異な差異が見られず、変動局面（特に2020年3月の新型コロナウイルス感染拡大などを受けた急落（変動）局面に）でも、スプレッド面（BBOスプレッドの縮小）で流動性を供給していることが示唆された。

ただし、本稿での分析⁶⁷は、あくまでも登録HFTの総体としての動きであり、各登録HFT業者の動きが同質であるとは限らない。他方、アルゴリズムに働きかけるような相場操縦事案に対する勧告事例⁶⁸や、アルゴリズムを用いた相場操縦事案に対する勧告事例はそれぞれ2例⁶⁹ほどあるものの、HFT業者やHFT行為に対する課徴金勧告事例は見当たらない。しかし、仮にHFT業者が高頻度かつ高速性を悪用して相場を不正操縦しているとすると、膨大な注文数の一つ一つの注文がどの程度価格に影響を与えたかや、相場操縦を企図したアルゴリズムの執行なのか、誤作動ではないのか等、過去の取引記録のトレースを通じて、解明することができる可能性がある。加えて、HFTの存在を理由として、一般投資家が本邦市場から遠ざかるような懸念が生じる場合は、投資家間の不公平性及びそれを是正する手立て（Speed Bump⁷⁰等）についても分

⁶⁵ 本節で行った「騰落率」によるサンプリング以外にも、市場の変動を切り取る様々なサンプリングも試行する必要があるだろう。

⁶⁶ 本節の結論は、価格が大きく変動した銘柄に対する登録 HFT の売り下げ（買い上げ）寄与率が相対的に小さい、もしくは、登録 HFT の売り下げ（買い上げ）寄与率が相対的に小さい銘柄では価格が大きく変動した、のどちらかを示唆している。前者が想定されるが、たとえどちらであっても、「登録 HFT の取引拡大が市場変動を増幅させた」という本節はじめに言及した因果関係を肯定する結果でないと推測される。

⁶⁷ なお、登録 HFT の膨大な発注が価格に与える影響度分析など、様々な統計・計量分析が考えられるが、それらは今後の課題としたい。

⁶⁸ アルゴリズム注文を誘引した事例であることが公表されているものとしては、①金融商品取引法における課徴金事例集（平成23(2011)年6月）事例18の個人投資家、②金融商品取引法における課徴金事例集～不正取引編～（平成29(2017)年8月）の事例22の第一種金融商品取引業者によるものがある。

⁶⁹ アルゴリズムを用いた事例であることが公表されているものとしては、①金融商品取引法における課徴金事例集～不正取引編～（平成27(2015)年8月）の事例16の会社役員（海外居住の個人）、②同事例集の事例17の香港法に基づき設立されたリミテッドカンパニーによるものがある。

⁷⁰ Speed Bump といった取引速度に対する規制についての実証検証は、Speed Bump 導入がスプレッドの軽減につながるとする論文（Hu(2019)）と、そうでないとする論文（Chen et al.(2019)）、さらに対称の Speed Bump は効果がないが、非対称の Speed Bump は効果があるとする論文（Khapko and Zoican(2020)）が混在し、学術界で統一見解が得られていない。

析が必要かもしれない。例えば、先行研究ではBBOスプレッドが情報の非対称性から生じる逆選択の結果とするGlosten and Milgrom (1985)をはじめ、HFTの速度が上がると情報の非対称性と逆選択コストが高くなり、BBOスプレッド拡大につながるとするBiais et al. (2015)といった指摘が存在する。これら先行研究はHFTにより市場の流動性が低下する懸念を示唆しているが、「情報の質」と「情報の速さ」といった概念の整理等 (Huang and Yueshen (2018)) を含めさらなる考察が必要となる⁷¹。

また、本稿は東証の現物に限定し、登録 HFT が市場変動を助長していないか等を調査したが、流動性が高く現物との価格連動性も高い(株価指数)先物の売買動向が市場変動に影響している可能性(先物主導説)もあり、今後現物と先物一体で登録 HFT の動向を考察することも必要であろう。加えて、PTS 二市場 (ジャパンネクスト及び Chi-x)、ダークプール (以下「DP」(Dark Pool) という。)、海外等の各取引所のスプレッドやマーケットメイクに着目した取引戦略を構築している HFT 業者もいると考える方が自然であろう。これまで不透明だった DP に関しても、2020 年 9 月 1 日に内閣府令及び監督指針の改正が施行され、2021 年 9 月 1 日から取引情報の記録・保管が求められる。最良執行方針等⁷²の見直しも視野に入れつつ、市場間を跨ぐ戦略についても適切な監視体制が整えられることだろう。例えば、林 (2017) は、全般的に東証における取引が PTS の二市場よりも約 4 ミリ秒程先行して約定する傾向があることを指摘している。このことから、各市場が僅少な時間差を伴いながら連動し、また市場間での呼値の刻みの差異 (米国⁷³と欧州には見られない事象) がある限り、市場間アービトラージ戦略⁷⁴の機会はなくなることはないだろう。一方で、悪質なゲーミング⁷⁵、先回り等といった取引行動が行われている可能性も米国では指摘されている。いずれにせよ、平成 29 (2017) 年 5 月 16 日の参議院財政金融委員会の附帯決議⁷⁶において、「個人投資家等の保護に欠けることのないよう、国際的な連携も図りつつ今後の規制の在り方を適宜検討すること」と決議されているように、市場の公正性及び個人投資家等の保護の観点が重要である。

金商法改正により HFT 業者の登録制が導入されて 3 年が経ち、証券会社や取引所 (自主規制法人)、そして有識者といった市場関係者と緊密に連携し、議論を深めるための材料は整いつつある。各取引所を跨いだ情報を収集できる当局としての立場を生かし、適切な情報発信を行いつつ、HFT に対する疑念や憶測による相場変動の回避 (市場の透明性の向上)、相場の不正操縦を試みる投資家へのけん制 (監視のシグナリングによる抑制効果)、さらには市場構造の高度化 (HFT が取引機会を判断する際に考慮する市場間の何かしらの歪みや市場の構造的な問題の発

⁷¹ 本稿では、投資家の公平性の観点では実証分析を行っていない。検証方法としては、実際の bid-ask spread のデータを用いて、逆選択の効果が市場取引に与える影響度を計測する方法がある (Easley et al. (1996)、Easley et al. (2011)、Anderson and Bondarenko(2014)、Aoyagi (2019))。

⁷² 金商法 40 条の 2 第 1 項に規定。

⁷³ Pachare and Rainer(2018)を参照。

⁷⁴ 具体的には、クオートマッチング等様々なアービトラージ戦略が考えられる。

⁷⁵ 詳しくは、杉原 (2011) を参照。

⁷⁶ 第 193 回国会 金融商品取引法の一部を改正する法律案に対する附帯決議 参議院財政金融委員会 (平成 29(2017)年 5 月 16 日) (https://www.sangiin.go.jp/japanese/gianjoho/ketsugi/193/futai_ind.html : 最終閲覧日 2021 年 5 月 31 日)

見)に向けたさらなる分析の蓄積に取り組むこととしたい。

参考文献

- 太田亘(2016)「取引システム高速化とティックサイズの制約」『現代ファイナンス』38, pp. 27-59
- 大墳剛士 (2016)「諸外国における市場構造と HFT を巡る規制動向」金融庁金融研究センター ディスカッションペーパー
- 大山篤之・津田博史 (2020)「アルゴリズム化基準による高頻度取引 (HFT) の特性分析」金融庁金融研究センター ディスカッションペーパー
- 神作裕之・小野傑・湯山智教 (2018)『金融と IT の政策学—東京大学で学ぶ FinTech・社会・未来』金融財政事情研究会
- 近藤真史 (2021)「米国証券市場における市場間競争を巡る諸課題」JPX ワーキング・ペーパー
- 齋藤馨・田原泰雅 (2018)『逐条解説 2017 年金融商品取引法改正』商事法務
- 杉原慶彦 (2011)「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』30. 2, pp. 29-88
- 高岡和佳子・大山篤之 (2011)「金融危機を経てリスク管理に求められるもの: リスク計量の発展と限界」『ニッセイ基礎研 report』173, pp. 28-35
- 田代雄介・川口宗紀 (2017)「東京証券取引所における高速な注文反応の分析」『統計数理』65. 1, pp. 87-111.
- 永田真一・乾孝治 (2014)「取引高速化が市場効率性に与えた影響に関する実証分析」『日本ファイナンス学会』第 22 回大会発表論文
- 中山興・藤井崇史 (2013)「株式市場における高速・高頻度取引の影響」『日銀レビュー』2013-J-2
- 林高樹 (2017)「高頻度注文板データの統計解析: 異市場・同一株式価格間の先行遅行関係」JPX ワーキング・ペーパー
- 船津浩司 (2016)「ドイツにおける高頻度取引・アルゴリズム取引規制の展開」金融庁金融研究センター ディスカッションペーパー
- 保坂豪 (2014)「東京証券取引所における High-Frequency Trading の分析」JPX ワーキング・ペーパー
- 星野真広・山本浩平・水田孝信・八木勲 (2020)「高頻度取引は金融危機時に市場に悪影響を与えるのか? ~人工市場による一考察~」『人工知能学会研究会資料』第 25 回研究会
- 湯原心一 (2017)「高頻度取引の一考察」, *成蹊法学=The journal of law, political science and humanities*, 86, pp. 194-166
- Andersen, Torben G, and Oleg Bondarenko (2014), "VPIN and the flash crash.", *Journal of Financial Markets*, 17, pp. 1-46

- Andersen, Torben G, and Oleg Bondarenko (2014), "Reflecting on the VPIN dispute.", *Journal of Financial Markets*, 17, pp.53-64
- Aoyagi, Jun (2019), "Speed Choice by High-Frequency Traders with Speed Bumps."
- Biais, Bruno, Thierry Foucault, and Sophie Moinas (2015), "Equilibrium fast trading.", *Journal of Financial economics*, 116.2, pp.292-313
- Brogaard, Jonathan, Terrence Hendershott, and Ryan Riordan (2014), "High-frequency trading and price discovery.", *The Review of Financial Studies*, 27.8, pp.2267-2306
- CFTC, SEC, and US SEC. (2010), "Findings regarding the market events of may 6, 2010." *Report of the Staffs of the CFTC and SEC to the Joint Advisory Committee on Emerging Regulatory Issues* 104.
- Chen, Haoming, et al. (2017), "The value of a millisecond: Harnessing information in fast, fragmented markets.", *Fragmented Markets*, November 18, 2017.
- Chordia, Roll, Subrahmanyamb (2011) , "Recent trends in trading activity and market quality" , *Journal of Financial Economics*, 101 .2 , pp.243-263
- Easley, David, et al. (1996), "Liquidity, information, and infrequently traded stocks.", *The Journal of Finance*, 51.4, pp.1405-1436
- Easley, David, Marcos M. López de Prado, and Maureen O'Hara. (2012), "Flow toxicity and liquidity in a high-frequency world.", *The Review of Financial Studies*, 25.5, pp.1457-1493
- Ferber (2012) , "Draft Report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on markets in financial instruments repealing Directive 2001/39/EC of the European Parliament and of the Council (recast) " , *Europeane Parliamentp*.
- Glosten, Lawrence R., and Paul R. Milgrom (1985), "Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders.", *Journal of financial economics*, 14.1, pp.71-100
- Goshima, Keiichi, Reiko Tobe, and Jun Uno. (2019), "Trader Classification by Cluster Analysis: Interaction between HFTs and Other Traders."
- Guyon, Isabelle, and André Elisseeff. (2003), "An introduction to variable and feature selection.", *Journal of machine learning research*, 3.Mar, pp.1157-1182
- Hayashi, Takaki, and Katsumasa Nishide. (2019), "Strategic Liquidity Provision in High Frequency Trading.", *Available at SSRN 2853277*.
- Hu, Edwin. (2019), "Intentional access delays, market quality, and price discovery: Evidence from IEX becoming an exchange.", *Market Quality, and Price Discovery: Evidence from IEX Becoming an Exchange*, March 15, 2019.

- Huang, Shiyang, and Bart Zhou Yueshen. (2020), "Speed acquisition.", *Management Science*.
- Khapko, Mariana, and Marius Zoican. (2020), "Do speed bumps curb low-latency investment? Evidence from a laboratory market.", *Journal of Financial Markets*, 100601.
- Kirilenko, Andrei, et al. (2017), "The flash crash: High - frequency trading in an electronic market.", *The Journal of Finance*, 72.3, pp.967-998
- Kubota, Keiichi, and Hitoshi Takehara. (2015) , "Price Discovery Process Before and After the Introduction of the "arrowhead" Trading System at the Tokyo Stock Exchange.", *Reform and Price Discovery at the Tokyo Stock Exchange: From 1990 to 2012*, Palgrave Pivot, New York, pp.88-107
- Kyle, Albert S. (1985), "Continuous auctions and insider trading.", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp.1315-1335.
- O' Hara, Maureen. (2015), "High frequency market microstructure.", *Journal of Financial Economics*, 116.2, pp.257-270
- Pachare, Salil, and Ilia Rainer. (2018), "Does the Tick Size Affect Stock Prices? Evidence from the Tick Size Pilot Announcement of the Test Groups and the Control Group." Working Paper.
- Raschka, Sebastian, and Vahid Mirjalili. (2017), "Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python.", *Scikit-Learn, and TensorFlow. Second edition ed.*
- Saito, Taiga, et al. (2018), "Trading and Ordering Patterns of Market Participants in High Frequency Trading Environment: Empirical Study in the Japanese Stock Market.", *Asia-Pacific Financial Markets*, 25.3, pp.179-220
- SEC (2020) , "Staff Report on Algorithmic Trading in U.S. Capital Markets.", August 5, 2020, (https://www.sec.gov/files/Algo_Trading_Report_2020.pdf)