



FSA Institute

Discussion Paper Series

アルゴリズム化基準による 高頻度取引(HFT)の特性分析

大山 篤之 津田 博史

**DP 2020-2
2020 年 10 月**

金融庁金融研究センター
Financial Research Center (FSA Institute)
Financial Services Agency
Government of Japan

金融庁金融研究センターが刊行している論文等はホームページからダウンロードできます。

<http://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>

本ディスカッションペーパーの内容や意見は、全て執筆者の個人的見解であり、金融庁あるいは金融研究センターの公式見解を示すものではありません。

アルゴリズム化基準による高頻度取引（HFT）の特性分析

大山 篤之* 津田 博史**

概 要

本稿では、HFT の実態を把握すべく、金融商品取引法の高速取引の定義に準じた新たな HFT 判定基準（「取引自動化」と「仮想サーバの専有」を基準とした『アルゴリズム化基準』）を提案し、（A）全数調査（東証の 2010 年 1 月から 2015 年 9 月までの全板再現データ（『33 項目』×『全銘柄』×『全板再現注文』×『全 1405 営業日』）を処理）及び（B）個別銘柄（トヨタ株）分析（東証の 2010 年 1 月から 2015 年 9 月までの板再現データ（『33 項目』×『トヨタ株』×『板再現注文』×『69 営業日（月末）』）を処理）から下記の結論をそれぞれ得た。

（A）全数調査の結果からは、①新たに定めた HFT 判定基準によって、典型的な HFT（高頻度かつ高速の注文を行う社）の取引グループを確認し、②特に、2014 から 2015 年の観察期間では、仮想サーバの約 65%、注文総数の約 70%、売買代金の約 45%が HFT によって占められていること、更に、③HFT はザラで注文を行い、幅広い銘柄で取引する一方、信用取引を行わないこと、④HFT は取消注文を選好し、一般投資家は変更注文を選好する傾向があること、⑤IOC 注文を行うのは、HFT の中でも特にアルゴリズム化度合が高いグループに限定され、⑥HFT の中でも特にアルゴリズム化度合及び高頻度性の双方が高いグループで、空売り注文を駆使し、相場環境に因らずマーケットメイク（メイク注文が多くテイク注文が少ない）を行っていること、がそれぞれ判明した。（B）個別銘柄（トヨタ株）分析からは、①HFT 行為者は、相場動向に左右されず株式市場に流動性を供給している一方、②板の BBO（最良気配値）付近に、薄く注文する傾向があり、更に、呼値の刻みが小さくなる価格帯では、その傾向が顕著になること、③特に、2014 から 2015 年の観察期間では、約 30% の BBO（最良気配値）を HFT のみで構成していることから、仮に HFT が株式市場で取引を行わなかった場合には、約 30%の板で BBO スプレッドがワイド化する可能性があること、そして、④売り下がり/買い上がり分析結果から、全局面において、HFT が積極的に株式相場を下落させる取引行動は観測されず、むしろ、一般投資家の取引行動が価格に与える影響の方が大きいことが分かった。

キーワード：高速取引、高頻度取引、仮想サーバ、アルゴリズム取引、HST、HFT、手動注文、成行注文、メイク注文、テイク注文、IOC 注文、流動性、板、最良気配値、板の厚み、呼値の刻み

* 金融庁金融研究センター研究官

** 同志社大学理工学部教授

本稿の執筆に当たっては、一橋大学西出勝正教授や慶應義塾大学林高樹教授に有益な御意見をいただいた。
なお、本稿は、筆者両名の個人的な見解であり、金融庁及び金融研究センターの公式見解ではない。

1. はじめに

我が国では、2010 年 1 月の東京証券取引所（以降、東証）の arrowhead 導入以降、注文処理時間が大幅に短縮された。また、取引所の売買システムに近接した場所に取引参加者の仮想サーバを設置するコケーションサービス¹⁾が提供され、取引に係る通信遅延（レイテンシー）が大幅に短縮化されたことにより、日本でも高速取引²⁾業者の市場参入の門戸が開かれた。

こうした状況の中、コケーションエリアからの取引に、日本株や上場デリバティブ商品に係る取引の発注や変更、取消等をアルゴリズムにより高速かつ自動的に行う典型的な高速取引が増加しているとされる（中山、藤井（2013））。しかし、高速で膨大な注文を行う性質上、あまり実態把握は進んでいない。高速取引業者については、アカデミックの視点から、①市場に流動性を供給しているとの指摘（Hendershoot and Riordan (2011)、Brogaard, Hendershott, and Riordan (2013)）や、②流動性が厚くなることでスプレッド³⁾が縮まり一般投資家にもその恩恵が及んでいる（保坂（2014）や Hasbrouck (2012)）といった実証研究⁴⁾がある一方、③レイテンシー・ арбитраージ⁵⁾といった取引の先回り行動（Aquilina, Budish and O'Neill (2020)）や、④相場情報取得スピードに関する投資家間の公平性（志馬祥紀 (2019)）、⑤長期的な企業価値に基づく価格形成、⑥システムの脆弱性（吉川真裕 (2015)）、といった観点を懸念する根強い声もまた存在する。

こうした情報技術の進展を踏まえ、各国で HFT を視野に入れたリスク管理の高度化に対する取組が進んでいる（香 HKMA (2020) ⁶⁾、英 FCA (2018) ⁷⁾、米 FINRA (2015) ⁸⁾）。我が国でも、2017 年 5 月、金融商品取引法（以下、「金商法」）が改正し、高速取引を行う者の登録を義務付

¹⁾ コ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ットフォーム内のコ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。留意すべき点としては、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。

²⁾ 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取引手法のことを指す。

³⁾ スプレッドとは、ビッド・オファー・スプレッドの内側の価格で執行できないことに伴うコストを指す。

⁴⁾ Gomber, Arndt, Lutat and Uhle (2011) では、既存のアカデミックな研究の大部分は、HFT が市場の質に負の影響を与えていないと実証的に結論づけている、としている。

⁵⁾ 辰巳（2016）によれば、レイテンシー・ арбитраージとは、市場参加者などの認知・決定・行動の時間差から生じる価格差や需給量変化を狙った取引のことを指す。

⁶⁾ 香 HKMA が、アルゴリズム取引に係るウェブサイト検査を 7 つの金融機関を対象に実施。「ガバナンスと監督」「開発・テスト・承認」「リスク監視・統制」「書面化」の 4 分野で確認された sound practice を共有。

⁷⁾ 英 FCA が、アルゴリズム取引関連の業者横断的レビューを実施。重要 5 分野（アルゴリズム取引の定義づけ、開発とテスト、リスク統制、ガバナンスと監督、マーケットコンダクト）を特定し、各分野における good practice と poor practice を共有。poor practice として、自社で用いられているアルゴリズムの把握の深度が不十分、開発・テストのプロセスの書面化が不十分、経営陣・リスク管理部門・コンプライアンス部門の技術的な理解度が不足、アルゴリズム取引にまつわる相場操縦（例：momentum ignition, quote stuffing, reference price gaming）や複数の取引戦略が組み合わさった場合の効果を検討できていない等。

⁸⁾ 米 FINRA によるアルゴリズム取引の監督や統制に関する実務ガイドライン。アルゴリズム戦略を用いる会員企業やその他市場参加者向けに、「全般的なリスク評価と対応」「ソフトウェア/コードの開発と実行」「ソフトウェアのテストとシステムのバリデーション」「取引システム」「コンプライアンス」の 5 分野における効果的な取組を紹介。

け、通信管理体制や注文管理態勢整備、リスク管理体制の整備を求めるとともに、当局に対する報告義務などの枠組みが整備された（2018 年 4 月施行済）。更に、監督指針において、高速取引行為者の監督目的を、『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』と定めている。こうしたことを念頭に、HFT 業者が市場機能に欠かせない役割を担う存在なのか、不公正取引行為に当たるような一般投資家に害をなす取引に関与していないか、データ解析（データサイエンス）を通じて、監督当局及び取引所は目を常に光らせておく必要がある。一方で、HFT 業者は、看過されてきた市場価格の歪みを是正する機能や、市場間の価格差をリスク化した上で調整している可能性もあり、HFT の存在意義を安易に否定することは社会的厚生を損なう可能性があることもまた肝に銘じておく必要がある。

本稿で使用した分析用データは、2010 年～2015 年（6 年分：1405 営業日）の最も粒度の細かい板再現データである。しかし、HFT 業者の登録（仮想サーバ⁹⁾申請（マッピング）義務化¹⁰⁾）前のデータであるため、HFT を特定できない。そこで、Ferber(2012)に基づき、注文約定率 25%未満かつ注文取消率 20%以上の仮想サーバを HFT と定義した保坂（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を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)、クラスター分析により HFT の特徴を示唆した Goshima, Tobe and Uno（2019）といった先行研究に倣い、HFT の新たな判定基準として『アルゴリズム化規準』（取引自動化及び仮想サーバの専有に着目したもの）を提案したのち、分析を行う。尚、本稿で提案する HFT 判定の新基準（アルゴリズム化基準）は、金商法の HST 定義にあくまで準じる形で定めた。

これまでの先行研究では、板再現データがあまりに膨大であったため、調査対象全体（板再現データ）を母集団として、母集団の部分集合を標本と定義して、標本から母集団を推計する統計学的手法を用いた分析が行われてきた。具体的には、分析対象期間や銘柄及び仮想サーバをサンプリングし、統計的観点から HFT 分析が行われていた。一方、本稿では、東証の 2010 年 1 月から 2015 年 9 月までの全板再現データ（『33 項目』×『全銘柄』×『全板再現注文』×『全 1405 営業日』）を余すことなく処理する全数調査（調査対象全体）を行うことで、この期間の HFT の実態把握に留まらず、先行研究の根拠となる HFT の取引行動にも踏み込み分析を進める。

具体的な全数調査の結果からは、①新たに定めた HFT 判定基準によって、典型的な HFT（高頻度かつ高速）の取引グループを確認し、②特に、2014 から 2015 年の観察期間では、仮想サーバ

⁹⁾ 2017 年 12 月 20 日の大阪取引所のパブリック・コメント「【OSE】高速取引行為を行う者の登録制等の導入に係る対応について」に明記されている。

¹⁰⁾ 東証の売買システム（arrowhead）においては、1 つの仮想サーバが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ことができる。つまり、「仮想サーバ」とは、取引参加者が売買システムと接続して注文・約定データ等の送受信を行うため、取引参加者のシステムに実装する理論的なデバイスをいう。

の約 65%、注文総数の約 70%、売買代金の約 45%が HFT によって占められていること、更に、③HFT はザラバで注文を行い、幅広い銘柄を取引する一方で、信用取引を扱っていないこと、④HFT は取消注文を選好し、一般投資家は変更注文を選好する傾向があること、⑤IOC 注文¹¹⁾を行うのは、HFT の中でも特にアルゴリズム化度合が高いグループに限定され、⑥HFT の中でも特にアルゴリズム化度合及び高頻度性の双方が高いグループで、空売り注文を駆使し、相場環境に因らずマーケットメイク（メイク注文¹²⁾が多くテイク注文¹³⁾が少ない）を行っていることがわかった。また、具体的な個別株（トヨタ株）分析（2010～2015 年の月末データ（69 営業日×1 日平均 30 万回の板更新）を使用）からは、①HFT 行為者は、相場変動に左右されず株式市場に流動性を供給しているものの、②板の BBO（最良気配値）付近に、薄く注文する傾向があり、更に、呼値の刻みが小さくなる価格帯では、その傾向が顕著になること、③特に、2014 から 2015 年の観察期間では、約 30% の BBO（最良気配値）を HFT のみで構成していることから、仮に HFT が株式市場で取引を行わなかった場合には、約 30%の板で BBO スプレッドがワイドニングする可能性があること（ただし、②で示した通り HFT は薄く注文をしているためにワイドニング幅は 1 ティック程度に収まるであろう）、そして、④売り下がり/買い上がり分析から、全局面において、HFT が積極的に株式相場を崩す取引行動は観測されず、むしろ、一般投資家の取引行動が価格に与える影響の方が大きいことが分かった。個別株分析については、トヨタ以外の数銘柄（東電や極洋等）でも行い、上記①～④の結果と大きな差異がなかったものの、すべての銘柄及びすべての営業日で行ったわけではないため、本結論を一般化することはできない。

HFT 業者の取引戦略は日々進化していると考えるのが自然であり、例え HFT 業者が市場の歪みを見つけたとしても、競合する他の HFT 業者とのスピード競争に晒されているために価格は収斂し、長期にわたり益を出し続けることは難しいだろう。本稿は、2015 年 9 月以前に対する HFT 取引動向の実態把握に努めたが、得られた分析結果は 2015 年 9 月以降¹⁴⁾に対するものではなく、2016 年以降から直近に至るまでの更なる追跡調査は不可欠である。特に、高速取引行為者の登録が義務付けられた 2018 年 4 月以降のデータには、登録 HFT 業者の情報と仮想サーバの情報が結びついている。しかし、HFT 分析の母集団を登録 HFT 業者に限定せず、先行研究や、本稿の HFT 判定を活用しながら HFT に対する深度ある分析を行えば、アルゴリズム取引行動の分析高度化（未登録の HFT 業者や、高頻度・高速取引を伴わないアルゴリズム取引業者等の把握）を可能とし、これまで不透明だったグループの取引行動を更に明らかにすることができるかもしれない。これらに加えて、次のステージとして、レテンシー・ヒートマップやファントム・クォート（phantom quote）、

¹¹⁾ IOC（Immediate or Cancel）注文とは、発注時点において即時執行できる分だけ約定させ、残数量が生じた場合には、当該残数量の全てを即時に取り消す執行条件を指す。

¹²⁾ 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。

¹³⁾ 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。

¹⁴⁾ 田代・川口（2017）では、2015 年 9 月の売買システムリニューアル前後で、短間隔で発注される注文が成行注文のようなインパットの大きな注文後に連続しやすい傾向が高まったとしており、2015 年 9 月以降、HFT の取引行動に変化が生じている可能性を示唆している。

ステール・QUOTE (stale quote) ¹⁵⁾等といった HFT 特有の取引に踏み込んだ分析も重要になってくるはずである。

表 1 高速取引に関する規制等を巡る主な動き

2010 年 1 月	東証が新売買システム arrowhead を稼働 東証がコロケーションサービスの提供を開始
2011 年 2 月	大阪証券取引所 (以降、大証) が新デリバティブ取引システム J-Gate を稼働
2013 年 1 月	JPX グループ の発足
5 月	JPX が JPX コロケーションサービス (all) の提供を開始
7 月	大証の現物市場を東証に統合
2014 年 3 月	東証のデリバティブ市場を (以降、大取) に統合
2015 年 9 月	東証が売買システム arrowhead をリニューアル
2016 年 7 月	大取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
2018 年 4 月	改正金商法が施行
7 月	東証が ETF のマーケットメイク制度を開始
10 月	東証でシステム障害発生
2019 年 11 月	東証が売買システム arrowhead をリニューアル

¹⁵⁾ 詳細は、大墳 (2016) を参照。

2. 高速取引（高速取引行為）もしくは高頻度取引について

2. 1 高速取引（高速取引行為）の定義

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¹⁶⁾。

- (1) 有価証券の売買や市場デリバティブ取引を行うことについての判断が電子情報処理組織で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¹⁷⁾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ケーションエリア（取引所等のマッチングエンジンのあるデータセンタと同一又は隣接・近接場所）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）、TAP¹⁸⁾（大取の場合）又はセッション（PTS の場合）を専用で使用している場合に該当する。ただし、2017 年 12 月 27 日のパブコメにて、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。

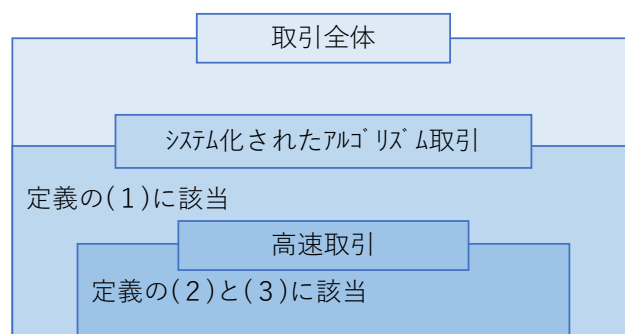


図1 HSTの定義(1)～(3)により捕捉される高速取引

¹⁶⁾ 金商法第2条41項、金商法施行令第1条の22、金商法第2条に規定する定義に関する内閣府令第26条、平成29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」。金商法上では、「高速取引（HST）」としており、高頻度性を要件としていないが（2017年12月27日のパブコメ47番）、「高速取引（HST）」より「高頻度取引（HFT）」の方が一般向けになじみがあるため、本稿では、本節以外、「高頻度取引（HFT）」に基本、統一する。

¹⁷⁾ 東証、大取、名証、福証、札証、PTS（ジャパンネクストとチャイェックスジャパン）が対象であり、TFXや債券PTSは対象外。

¹⁸⁾ 大取の売買システム（J-Gate）においては、取引参加者が注文・約定データ等の送受信を行う際、中継機能である「TAP」を使用している。TAPには、「共有TAP」と取引参加者が排他的に利用できる「専用TAP」の2種類が存在し、取引参加者はユーザーIDごとにどちらかのTAPに接続するか選択する。

2. 2 仮想サーバ

「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につなぐ接続単位であり、取引参加者の ID のようなものである（図 2）。投資家に専有されている仮想サーバに限ると（図 2 の「専有サーバ」）、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 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。ただし、複数の投資家が共有する仮想サーバも存在し（図 2 の「共有サーバ」）、すべての投資家毎に仮想サーバが割り当てられているわけではなく、どの仮想サーバが専有サーバ若しくは共有サーバか、識別できるフラグがついているわけではない¹⁹⁾。一方で、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²⁰⁾により定められている。他の投資家との競争を避け、相場が過熱する局面でも確実に注文を行うためには、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。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ものと考えられることから、2.1 節の HST 定義に（3）が記載されることになったと推察する。

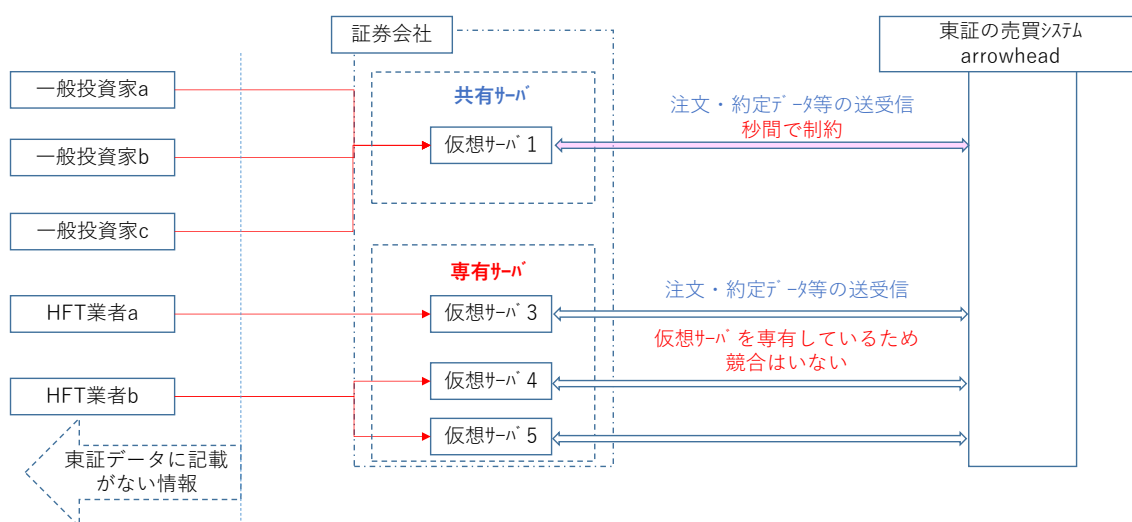


図 2 専有（仮想）サーバと共有（仮想）サーバ

2. 3 使用する分析データ

本稿では、株式会社日本取引所グループ（JPX）より利用許諾を得た上で提供された、株式売買データ（板再現データ）を分析に使用する。板再現データとは、東証市場における銘柄ごとの板の変遷を完全に再現できるデータベースのことを指す。提供された板再現データは、注文情報が 33 項目あり、詳細な注文情報（「銘柄コード」、「発注時刻」、「発注価格」、「注文数量」、「注文条件」等）、約定情報、取消情報等と多岐にわたる。しかし、残念ながら、コクセーションエリアからの注文かどうかといった情報の提供は見送られた。分析対象期間は、データ欠損があった 2011 年 10 月 3 日を除

¹⁹⁾ ブローカーディーラーである証券会社は認識しているが、本稿では、東証の売買システムに送受信される情報から推測する必要がある。

²⁰⁾ 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 件の注文を発注することができる。

き、提供された全板再現データである 2010 年 1 月 4 日から 2015 年 9 月 18 日の 1404 営業日である。分析対象期間中稼働した全仮想サーバ（図 3（左））を分析対象とし、5 桁の証券コードである優先株（数銘柄）を除いた、4 桁の証券コードすべて（図 3（右））を分析対象銘柄とした。図 3 の通り、日々で稼働している仮想サーバは、この 6 年間で約 2500 個から約 4500 個に増加し、3.6 節で後述するが、それぞれの仮想サーバの残存年数は 2 年程度で、存在する全仮想サーバは 12171 個であった。日々取引される銘柄数は、図 3（右）のとおり、東証と大証が市場統合した 2013 年 7 月 16 日を境に、約 2500 から 3500 銘柄超増加し、重複を除く銘柄数は 4114 銘柄である。

尚、既に述べた通り、本稿で使用するデータは、2017 年金商法改正前（2018 年 4 月以前）のものであり、使用データに投資家の属性情報（HFT か否か）が含まれていない。そのため、2.1 節の HST 定義に基づき、仮想サーバ毎に HFT か否かを判別した上で（3.5 節）、HFT の実態把握が必要となる点に留意してほしい。

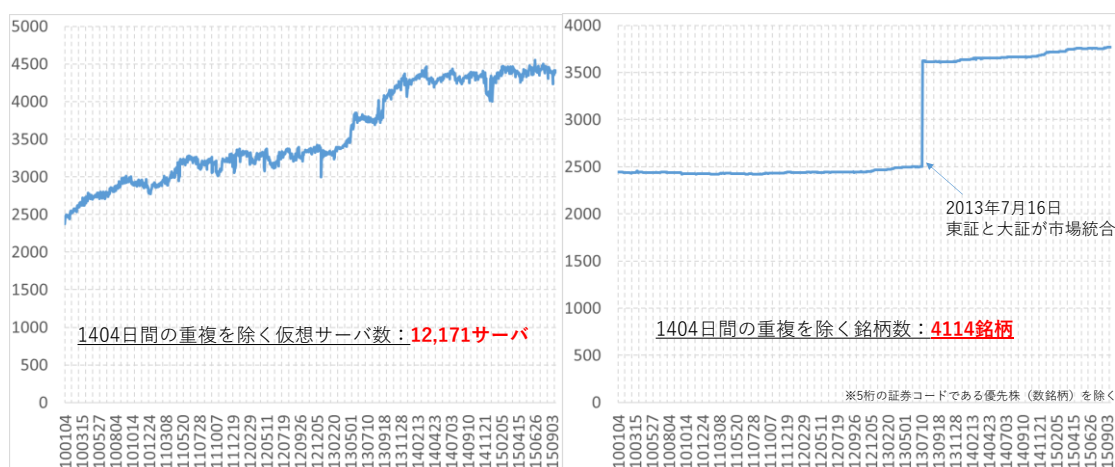


図 3 日次の、稼働仮想サーバ数（左）と銘柄数（右）

2. 4 2010 年～2015 年の市況感

まず初めに、2010 年 1 月 4 日～2015 年 9 月 18 日の板再現データから、売買代金及び売買高を仮想サーバ毎に集計し、その推移を俯瞰する²¹⁾。2012 年 12 月以降、アベノミクスにより売買代金が上昇し、1 日平均売買代金は 2019 年と同程度の 3 兆円程度となっている。市場参加者の取引戦略は本稿の分析期間と直近 2019 年で変化している可能性がある一方、市場規模は本稿の 2013 年以降の分析期間と直近 2019 年で差異があまりみられない。

²¹⁾ 計算結果の精度を確認するため、「仮想サーバ毎に合算した売買高及び売買代金」と「銘柄毎に合算した売買高及び売買代金」が一致するか、また、売り買いの合算が銘柄毎に 0 となるかといった検証も行っている。

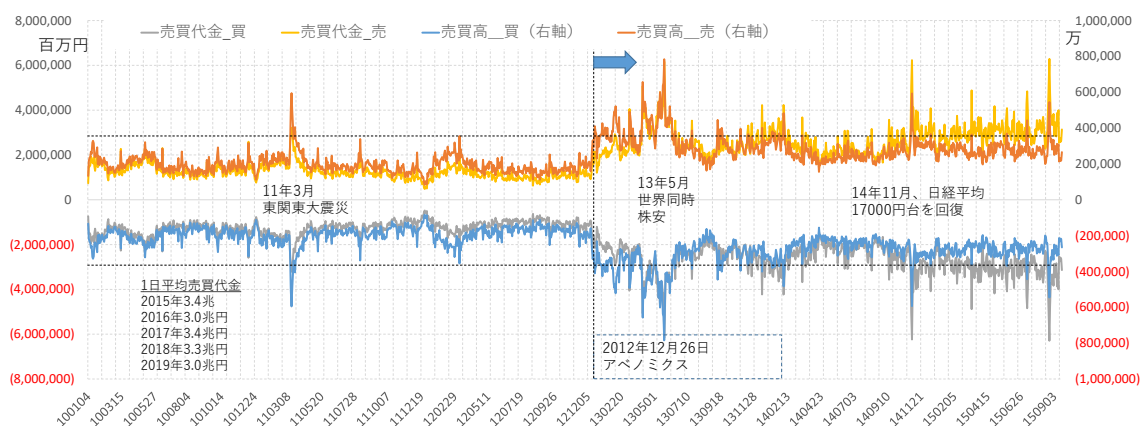


図4 日次の、売買代金と売場高

注) 図4の左下の数値である2015年以降の一日平均の売買代金は東証HPからの抜粋

取引件数については(図5)、2010年には、新規注文、約定件数、取消件数(≒変更件数)の順で、多かったが、2013年以降、取消件数が約定件数を逆転している。2010年1月4日対比で、2015年9月18日の売買代金及び約定件数はそれぞれ4倍に増加、新規注文件数は8倍、取消注文は13倍まで急増した。2013年以降の株価回復基調で、市場が活況となり注文件数が全体的に上昇していたとはいえ、新規および取消注文件数の飛び抜けた急増の背景に、HFT業者の台頭が示唆される。その他の各種注文件数の推移については、図6を参照してほしい。一点だけ言及すると、2011年3月15日、福島原発事故が深刻化するなか、手動及び成行注文件数が大きく膨らんでおり、あまり目にしないこうした注文情報から紐解かれる投資家行動は興味深い。

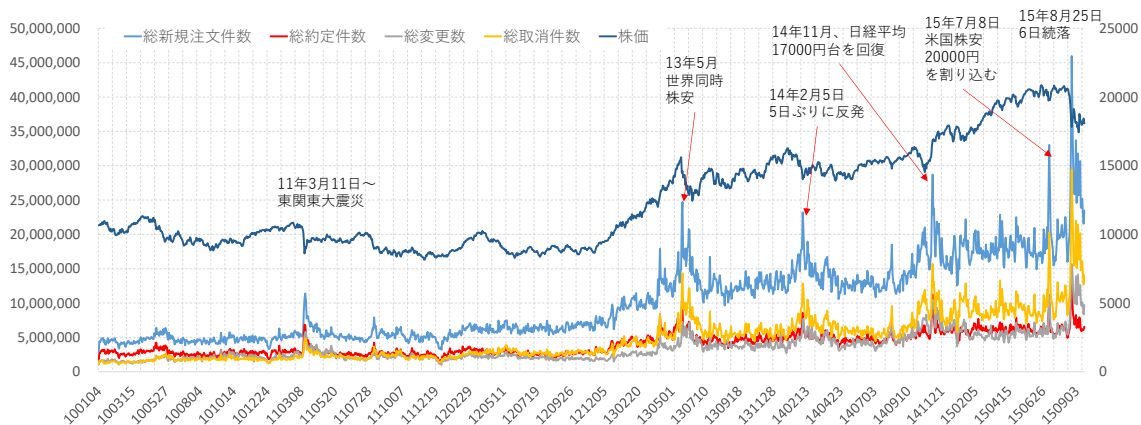


図5 注文件数(新規・変更・取消)、約定件数、日経平均株価(日次)

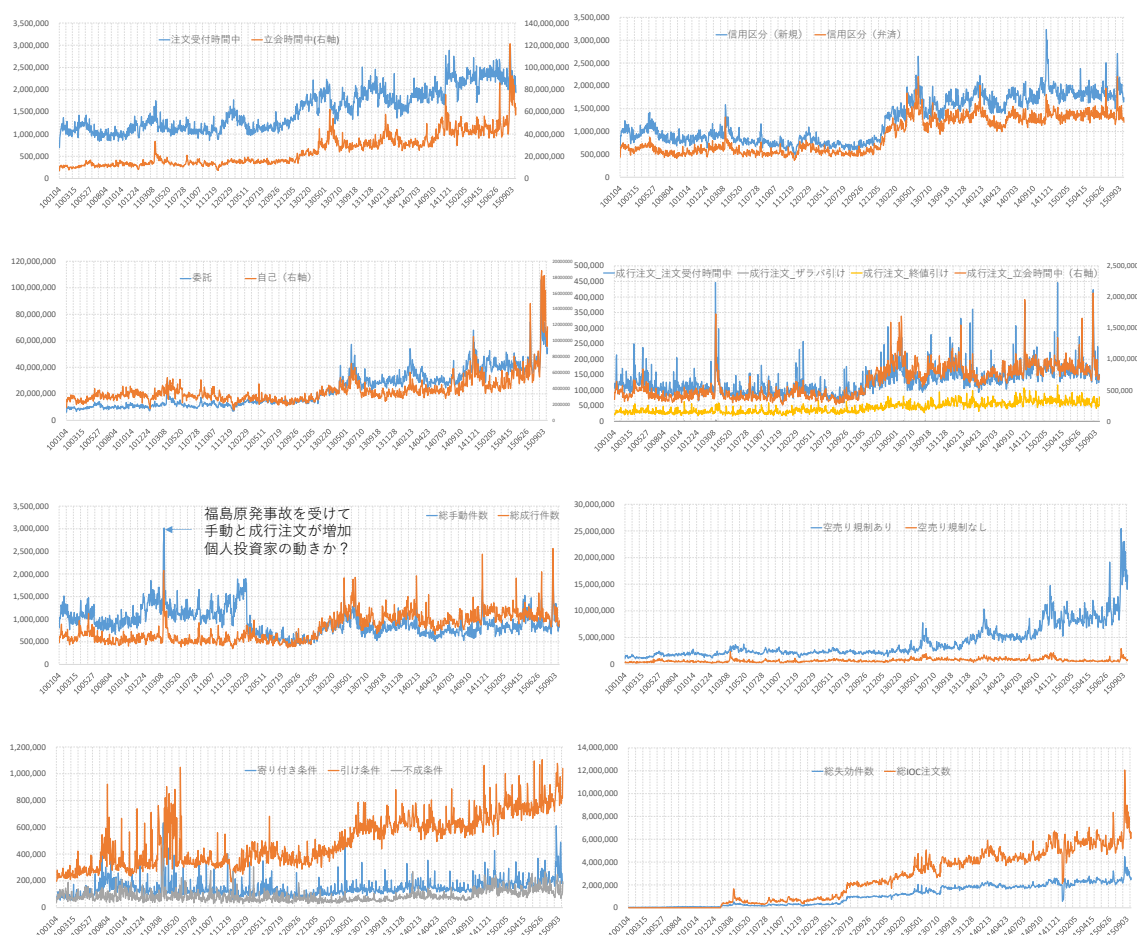


図6 各種注文件数（日次）

2. 5 仮想サーバの取引情報（注文様式と取引銘柄）とクラスター分析

本節では、仮想サーバの注文様式を把握するために、仮想サーバ毎に、注文件数（その比率）や、売買単位、売買高、取引スピードといった指標を 63 項目（表 2）、1404 営業日ごとに計算した。次に、仮想サーバを営業日ごとに名寄せするため、22 項目（表 2 の黒丸）を用いて、仮想サーバに対するクラスター分析²²⁾を行い、250 個²³⁾のクラスターに分類した。

2015 年 9 月 18 日の結果をサンプルとして、表 3²⁴⁾（縦軸：仮想サーバ、横軸：各指標）に挙げる。この 250 個のクラスター順にまとめると、変更注文を行わず下 3 桁まで取消件数が同じクラスター（7 つ

²²⁾ ウォード法による階層クラスター分析。尚、Goshima, Tobe and Uno（2019）では、在庫比率・注文取消率と注文頻度・取引銘柄数の 4 つの項目を用い、HFT を 10 個のクラスターに分類し、その取引行動を分析している。

²³⁾ 実際には、クラスター数を 100～300 個の範囲で、それぞれ試した。250 個のクラスターに定めた理由は、仮想サーバを専有している HFT 業者は基本的に日中のポジションをニュートラルにする（日計り商い）と想定し、HFT 業者毎にうまくゲルピングできれば、売買高が小さくなるといった考えに基づくものである。具体的には、2015 年 9 月のデータに対し、HFT 判定されたクラスター毎に売買高を合算し、すべて足し上げた値が最も小さくなる個数（250 程度）を採用したが、決して精緻な分析に基づくものではない。

²⁴⁾ 実際の集計表には、縦に 4399 個の仮想サーバ、横に 100 個程度の指標が並んでいる。表 3 はその一部である。

の仮想サーバの取消件数は 154800～154999 件に収まる) など、綺麗に名寄せされている(表 3 の青囲み部分)。クラスター類型は様々であり、典型的な HFT の取引とみられる高速・高頻度の注文と取消を繰り返す仮想サーバから構成されているクラスターや、証券会社自身が取引を行う自己区分の注文と顧客の注文である委託区分の注文が混在するクラスター(共有サーバと推察される) など、色々なタイプのクラスターが散見された。いずれにせよ、様々な投資家が、その用途に合わせて、複数の仮想サーバを利用し、取引を行っていることがわかる。

続いて、取引銘柄の注文件数を、1404 営業日集計した。サンプルとして 2015 年 9 月 18 日の集計表を、表 4²⁵⁾(縦軸：仮想サーバ、横軸：銘柄)に挙げる。先ほどの 250 個のクラスターで仮想サーバをまとめると、クラスター毎に取引銘柄や取引件数に強い類似性がみられ、綺麗に名寄せされている(例えば、表 4 の青囲み部分等)。大型銘柄のみを取引対象にするクラスターや、大型銘柄の中でも日々 10 銘柄程度に限定し取引するクラスター、また、日々幅広い銘柄を取引対象にするクラスターなど、多岐にわたる。

本アプローチによる分析は、表 4 の注文件数以外にも、各銘柄に対する関与率²⁶⁾や約定率、取消率などいくつかの重要指標に対しても行っており、クラスター毎に、様々な取引様式を持ち、様々な銘柄を対象に、特徴的な取引を行っていることがわかった。一方で、各指標を介して多種多様な取引戦略が垣間見える本アプローチは、取引参加者の手口情報を意図しない形で明らかにしてしまう可能性がある。仮想サーバに関する追加的情報(投資家の属性情報(HFT か否か))が付与される 2018 年 4 月以降のデータで分析を行う機会があれば、改めて検証してみたい。具体的には、HFT 業者と仮想サーバを紐づけた上で、HFT 業者が、どのようなクラスターを形成し、どのような銘柄を取引し、取引銘柄に対する関与率はどのくらいなのか、どのような市場局面で積極的または消極的な取引を行うのか等々、実態について多角的に、深度ある分析を行うことが可能であろう。

²⁵⁾ 実際の集計表には、縦に 4399 個の仮想サーバ、横に 3769 個の銘柄が並んでいる。表 4 はその一部である。

²⁶⁾ 関与率とは、売買高に占める仮想サーバ(背後に、投資家)の買付(売付)株数の割合を示すもの。銘柄 A の仮想サーバ B の関与率が 30%の場合、(銘柄 A に対する仮想サーバ B の売買高) / (銘柄 A の全売買高) = 30%という計算になる。これにより、1 日の株価上昇(下落)に対する仮想サーバの買付(売付)の影響度合いを示す目安となる。

表 2 仮想サーバ毎に集計した指標

大分類	小分類	件数	割合	クラスターに 用いた項 目	大分類	小分類	件数	割合	クラスターに 用いた項 目
注文情報①	注文総数	○		●	条件付注文	寄付条件	○	○	
	新規注文	○	○	●		引け条件	○	○	
	約定	○	○	●		不成条件	○	○	
	変更注文	○	○	●		IOC	○	○	
	取消注文	○	○	●	空売り	価格規制あり空売	○	○	
	注文失効	○	○	●		価格規制なし空売	○	○	
	取消新規	○	○		約定までの速さ	1時間以内に約定	○	○	●
	引け処理	○	○			1時間～10分	○	○	
注文情報②	注文受付時間外	○	○			10分～1分	○	○	
	注文受付時間中	○	○	●		1分～1秒	○	○	●
	立会時間中	○	○			1秒～0.5秒	○	○	
	売買停止中☒注文受付不可	○	○			0.5秒～0.005秒	○	○	●
	売買停止中☒注文受付可	○	○			0.005秒～	○	○	●
	売買停止再開後注文受付時間中	○	○		取消までの速さ	1分以内に取消	○	○	●
	ザラバ引け (終値不成立)	○	○			1分～1秒	○	○	●
	終値引け成立	○	○	●		1秒～0.5秒	○	○	
対当情報	買い対当☒特別気配表示値幅内	○	○			0.5秒～0.1秒	○	○	●
	買い対当☒特別気配表示値幅外	○	○			0.1秒～0.01秒	○	○	
	売り対当☒特別気配表示値幅内	○	○			0.01秒～0.005秒	○	○	
	売り対当☒特別気配表示値幅外	○	○			0.005秒～	○	○	●
自動発注区分	自動入力	○	○		大分類	小分類	金額	割合	
	手動入力	○	○	●	売買代金	買	○		
信用区分	現金	○	○			売	○		
	信用新規	○	○	●	売買高	買	○		
	信用弁済	○	○	●		売	○		
自己委託区分	委託	○	○		クラスター分析 (クラスターは100個から300 個)	300個に分類	所属するクラス ター番号		
	(自己)証券会社	○	○	●		250個に分類			
成行注文	注文受付時間中	○	○			100個に分類			
	立会時間中	○	○		所属するクラスター情報	クラスターの売買代金差額 (売-買)	○		
	ザラバ引け	○	○			クラスターの売買高 (売-買)	○		
	終値引け	○	○						
	成行注文総数	○	○	●					
売買単位	売買単位1の回数	○	○						
	売買単位10の回数	○	○						
	売買単位100の回数	○	○	●					
	売買単位1000の回数	○	○						
	売買単位の種類数	○	○						

表 3 仮想サーバ毎の取引スタイル (サンプル: 2015 年 9 月 18 日)

取引分析		振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手帳										振替手									
------	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

表 4 仮想サーバ毎の取引銘柄（サンプル：2015 年 9 月 18 日）

銘柄コード		1301	1305	1306	1308	1309	1310	1312	1313	1314	1316	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486	1487	1488	1489	1490	1491	1492	1493	1494	1495	1496	1497	1498	1499	1500	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539	1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561	1562	1563	1564	1565	1566	1567	1568	1569	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577	1578	1579	1580	1581	1582	1583	1584	1585	1586	1587	1588	1589	1590	1591	1592	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599	1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624	1625	1626	1627	1628	1629	1630	1631	1632	1633	1634	1635	1636	1637	1638	1639	1640	1641	1642	1643	1644	1645	1646	1647	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656	1657	1658	1659	1660	1661	1662	1663	1664	1665	1666	1667	1668	1669	1670	1671	1672	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679	1680	1681	1682	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698	1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708	1709	1710	1711	1712	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719	1720	1721	1722	1723	1724	1725	1726	1727	1728	1729	1730	1731	1732	1733	1734	1735	1736	1737	1738	1739	1740	1741	1742	1743	1744	1745	1746	1747	1748	1749	1750	1751	1752	1753	1754	1755	1756	1757	1758	1759	1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766	1767	1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775	1776	1777	1778	1779	1780	1781	1782	1783	1784	1785	1786	1787	1788	1789	1790	1791	1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807	1808	1809	1810	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819	1820	1821	1822	1823	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839	1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479	2480	2481	2482	2483	2484	2485	2486	2487	2488	2489	2490	2491	2492	2493	2494	2495	2496	2497	2498	2499	2500	2501	2502	2503	2504	2505	2506	2507	2508	2509	2510	2511	2512	2513	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580	2581	2582	2583	2584	2585	2586	2587	2588	2589	2590	2591	2592	2593	2594	2595	2596	2597	2598	2599	2600	2601	2602	2603	2604	2605	2606	2607	2608	2609	2610	2611	2612	2613	2614	2615	2616	2617	2618	2619	2620	2621	2622	2623	2624	2625	2626	2627	2628	2629	2630	2631	2632	2633	2634	2635	2636	2637	2638	2639	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	2647	2648	2649	2650	2651	2652	2653	2654	2655	2656	2657	2658	2659	2660	2661	2662	2663</
-------	--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------

3. 全期間・全銘柄を対象にした分析

3. 1 HFT 判定基準として、新たな『アルゴリズム化基準』の提案

2.1 節の通り、①システム化もしくはアルゴリズム取引形態、②コケーション経由の取引、③競合を防ぐ仮想サーバ等の専有、の3つを満たす取引行為者を HFT 業者と定義されている。この定義を念頭に置き、本稿で提案する HFT 判定基準を考察してみたい（図7）。

まず、①であるが、システム化もしくはアルゴリズム取引形態である場合²⁷⁾、手動注文と成行注文を行わない可能性が極めて高い²⁸⁾。手動注文とは、電話注文もしくは、字義通り手で端末を操作する発注が考えられるが、かかる形態でアルゴリズム取引を執行することは、かなり特殊な状況に限られるのではないだろうか（例：プログラムやシステムのメンテナンス/テスト中など）。また、成行注文に関していえば、①の形態をとりかつ特に本稿で捕捉したい HFT 業者は、その名の通り、高頻度かつ高速で取引を行う業者である。当然、こうした HFT 業者は、高頻度かつ高速に更新される板情報をタイムリーに把握する必要があり、板の先頭に立つべく熾烈な争い²⁹⁾を行っている。こうした観点からすると、成行注文による取引執行を選択しないのではないだろうか。なぜなら、成行注文は、想定外の注文が入った場合、不本意な価格で約定するリスクを含んでおり、完全に板を把握している投資家は企図した価格帯で指値（IOC 注文を含む）注文し、必要な株数を確実に確保していく方が合理的であるからである。②については、東証から提供されたデータに当該情報が含まれていなかったため、判定は不可能である³⁰⁾。③については、手動注文と成行注文を行わない仮想サーバに限定すれば、自ずと満たすことになる。なぜならば、共有サーバは非 HFT が手動注文もしくは成行注文を行うため、一定数の手動注文及び成行注文が（東証の売買システムに仮想サーバを介して回送される）注文情報に紛れ込むはずだからである（図8）。

以上から、本稿では、取引の自動化（システム化されたアルゴリズム取引）及び仮想サーバの専有を『アルゴリズム化基準』として提案し、手動注文と成行注文を基本的に行わない専有仮想サーバを HFT とみなすことにする。上記の通り、定義①～③の内、②に関する情報がなく、3つの条件全てを用いた HFT 判定はできない。そのため、「アルゴリズム化基準」によって HFT 判定された取引には、コケーションを経由しないアルゴリズム取引の一部が混入し、幾分 HFT 比率を過大評価する可能性がある点に留意が必要である³¹⁾。そこで、追加的に、保坂（2014）の HFT 判定基準である「注

²⁷⁾ アルゴリズム取引には、VWAP（volume-weighted average price）や IS（implementation shortfall）といった流動性をテイクする大口取引向けもあるが、本稿では、高頻度取引行為に関するアルゴリズム取引を指す。

²⁸⁾ Goshima, Tobe and Uno（2019）においては、成行注文と HFT の取引行動に、執行リスク管理の度合いといった、一定の関係性を見出している。

²⁹⁾ 厚みのある最良気配の板の先頭に立つことができれば、他の投資家より、最も早く優位な価格で約定できる。また、約定した瞬間、状況変化による価格変動の予兆を捉えれば、同価格で反対売買を行い、リスクを取らず、ポジションを解消できる。

³⁰⁾ 中山、藤井（2013）は、東証より提供されたデータに基づき、②のコケーション経由の注文を HFT と定義し、「コケーションエリアからの注文には、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、クワツ取引などの一部が含まれている可能性がある」としている。

³¹⁾ 尚、4.1 節にて、中山、藤井（2013）及び東証の公表資料に記載されているコケーション（2.1 節の3つの HFT

文執行比率 25%未満かつ注文取消比率³²⁾20%以上」に、若干のアレンジを加え、『高頻度基準』として、典型的な HFT 業者を別途捕捉することにする。

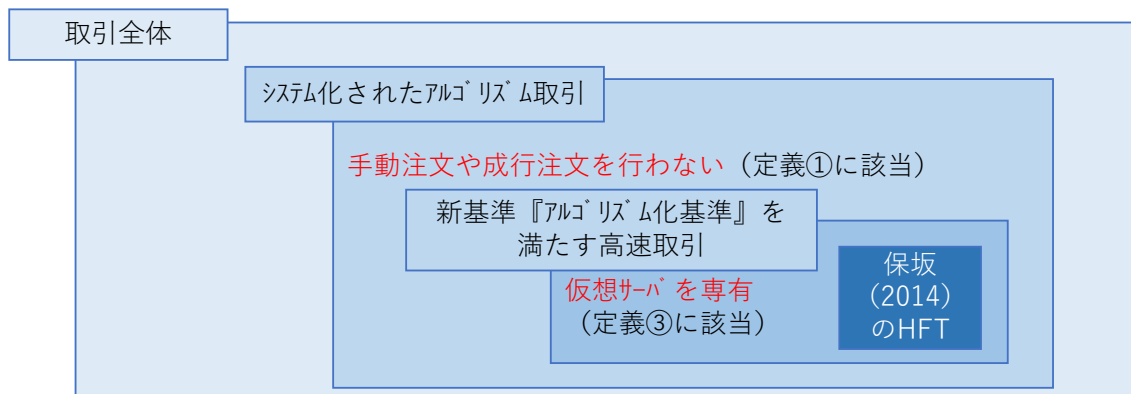


図7 HFT 判定

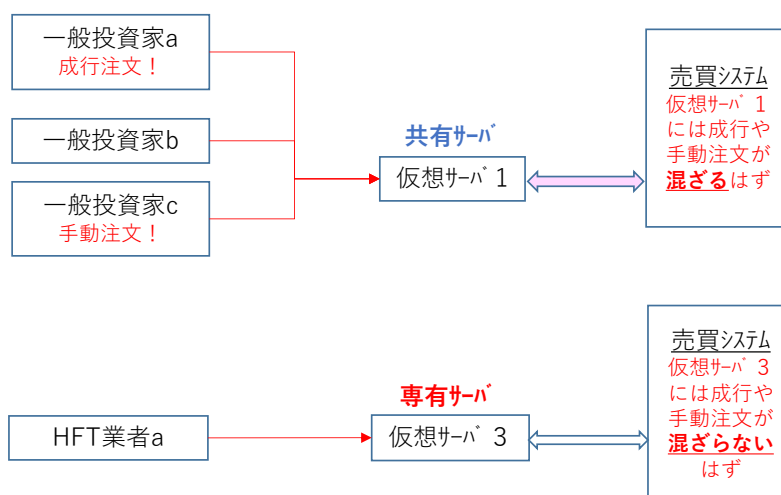


図8 定義③の考え方

3. 2 保坂（2014）の検証と、新たな「高頻度基準」の提案

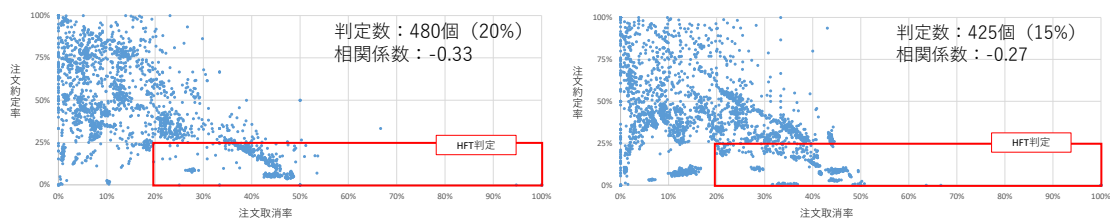
欧州議会経済・金融委員会に提出された Ferber(2012)で、HFT の定義として採用された6つの条件³³⁾のうち、2つ（約定率 25%未満かつ取消率 20%以上）を掲げた保坂（2014）の基準は、注文約定率が低く/注文取消率が高いという判定条件の性質から『高頻度性』を表す指標といえる。通常、約定率が低ければ取消率が高く、約定率が高ければ取消率が低くなるはずであり、強い負の相関関係にある条件項目と考えられる。しかし、約定率と取消率に対して、9つの判

定義の1つ）比率と、本稿の HFT 判定（2.1 節の3つの HST 定義の2つを基準とした『アルゴリズム化基準』）結果を比較検証し、後者が前者を包含するものの、あまり相違ないことを確認している。

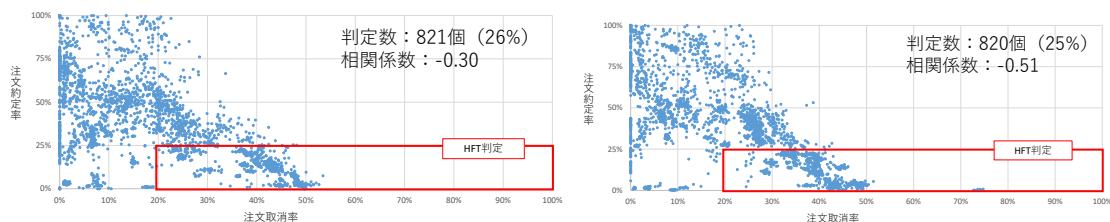
³²⁾ 保坂（2014）の注文取消率は取消注文件数/（新規注文件数+変更注文件数+取消注文件数）。

³³⁾ 1）コロケーションを利用している、2）日々取引代金がポートフォリオの50%以上、3）注文約定率が25%未満、4）注文取消率が20%以上、5）ポジションのうちの半分以上がその日のうちにオフセットされる、6）50%以上の取引または注文についてレポートを受領している、の6つの条件の内、4つ以上の条件を満たすものが HFT と定義している。

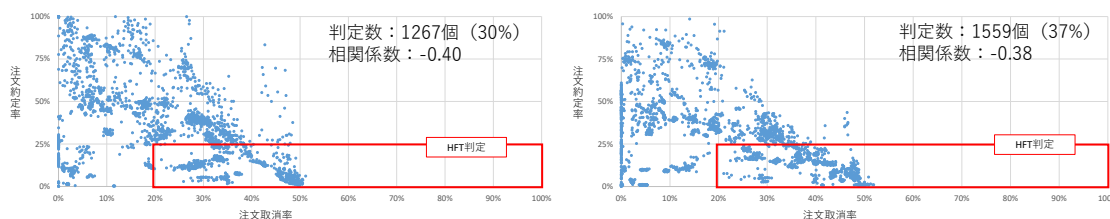
フル日の散布図（参考図 1～5）を観察すると、約定率と取消率の相関係数は $-0.5 \sim -0.2$ 程度で、強い負の相関関係があまりみられない。尚、赤囲み部分が、保坂（2014）で HFT 判定（約定率 25%未満かつ取消率 20%以上）された仮想サーバである。



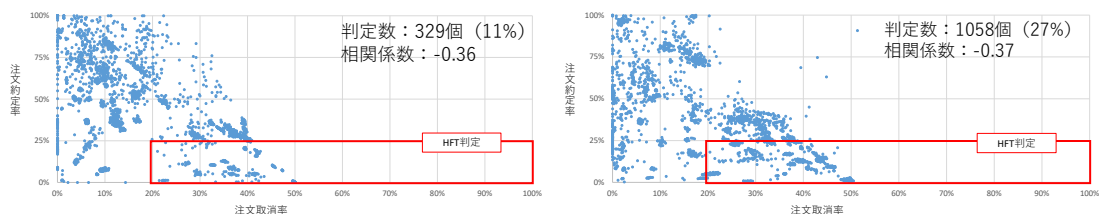
参考図 1 仮想サーバの分布（左：2010 年 1 月 4 日、右：2010 年 12 月 30 日）



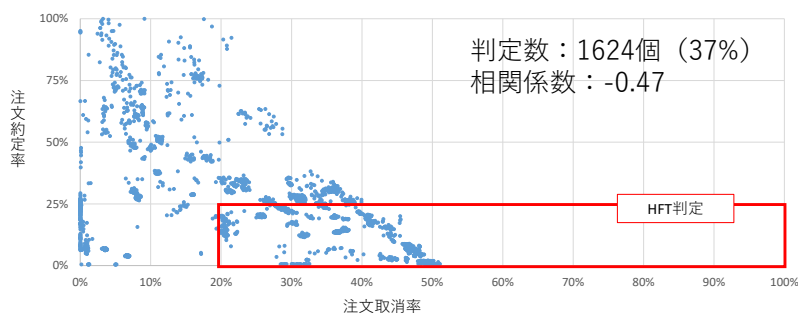
参考図 2 仮想サーバの分布（左：2011 年 12 月 30 日、右：2012 年 12 月 28 日）



参考図 3 仮想サーバの分布（左：2013 年 12 月 30 日、右：2014 年 12 月 30 日）



参考図 4 仮想サーバの分布 変動局面（左：2011 年 3 月 15 日、右：2013 年 5 月 24 日）



参考図 5 仮想サーバの分布 変動局面（2015 年 8 月 25 日）

その原因を明らかにするため、保坂（2014）の基準を少し考察してみたい。約定率とは、約定件数 / (新規注文件数 + 変更注文件数 + 取消注文件数) であり、取消率とは、取消注文件数 / (新規注文件数 + 変更注文件数 + 取消注文件数) を指す。約定率と取消率に注文処理スピード差があるかわからないが、少なくとも注文内容の（一部または全部の）取消という意味で、取消注文と変更注文はかなり同義の注文形態といえる。しかし、保坂（2014）の場合、計算式上（約定率と取消率いずれの分母にも変更注文件数が入っている）、変更注文を多用する仮想サーバは、約定率が低くなる一方、取消率が高くなる（逆に低くなる）ため、取消率と約定率の負の相関関係が緩まってしまうのだろう。更に、すべての新規注文を IOC 注文³⁴⁾で行い、そのほとんどが約定せずに失効する仮想サーバもまた、保坂基準においては、約定率が低くなる一方、取消率が 0 % となり、HFT 判定されない。もちろん、こうした約定率と取消率の相関関係の緩みがあるからこそ、基準として約定率と取消率の双方を用いる意味がある。しかし、本稿では、どのような仮想サーバが HFT 判定されたのかある程度理解しておく必要がある。そこで、取消率の分子を（取消注文件数 + 変更注文件数）と修正し、変更注文件数を取消率に含めることも一つの手立てではあるが、3.4 節で変更注文を多用する仮想サーバを別途捕捉する仕組みを用意するため、変更注文の多寡による HFT 判定をここでは行わないこととする。つまり、約定率及び取消率の分母を注文件数でなく新規注文件数とし、約定率は約定件数 / 新規注文件数、取消率は（取消注文件数 + 失効件数） / 新規注文件数とした。これにより、変更注文を多用する仮想サーバは、約定率が高く取消率が低くなり、『高頻度性』の基準においては HFT 判定されない。尚、失効件数とは、IOC 注文で残数量が生じた場合自動的にキャンセルされる処理の件数であり、取消注文と同じ扱いとしている。

以降本稿では、保坂（2014）をこのようにアレンジした HFT 判定基準を、『高頻度基準』と呼称し、取消率と約定率に言及する際は、分母に新規注文件数を用いて計算している点に留意してほしい。表 5 のとおり、『高頻度基準』は保坂（2014）基準より多少 HFT 判定数が減少するものの、約定率と取消率の負の相関関係は強まっていることが分かる。

³⁴⁾ IOC (Immediate or Cancel) 注文とは、発注時点において即時執行できる分だけ約定させ、残数量が生じた場合には、当該残数量の全てを即時に取り消す執行条件を指す。

表5 保坂（2014）と、保坂（2014）をアレンジした「高頻度基準」

	HFT判定					相関係数	
	保坂（2014）		高頻度基準		差異	保坂（2014）	高頻度基準
	①HFT数	HFT割合	②HFT数	HFT割合	①－②		
20100104	480	20%	290	12%	190	-0.33	-0.77
20101230	425	15%	301	11%	124	-0.27	-0.70
20110315	329	11%	491	15%	-162	-0.36	-0.70
20111230	821	26%	617	20%	204	-0.30	-0.65
20121228	820	25%	502	15%	318	-0.51	-0.77
20130524	1058	27%	775	20%	283	-0.37	-0.86
20131230	1267	30%	934	22%	333	-0.40	-0.82
20141230	1559	37%	1033	24%	526	-0.38	-0.81
20150825	1624	37%	1327	30%	297	-0.47	-0.94

さて、新たに定めた取消率と約定率（「高頻度基準」）で、9つのサンプル日の散布図を観察してみよう。図9～11の仮想サバの分布から、期間を問わず同じ傾向があり、約定率と取消率の間に負の相関構造がみてとれる。また、約定率25%未満かつ取消率20%未満に分布している仮想サバが少ないことから、高頻度基準では、「取消率20%以上の条件」より「約定率25%未満の条件」に制約を受け、HFT判定されている。事実、表6のように、高頻度基準の2つの条件のうち、「約定率25%未満の条件」だけでHFT判定しても、HFT比率は1%程度しか変わらない。ただし、いずれのサンプル日においても、約定率25%以上の境界線付近に分布する仮想サバは少ないため、局面毎にHFT判定数が多少増減することは避けられない。

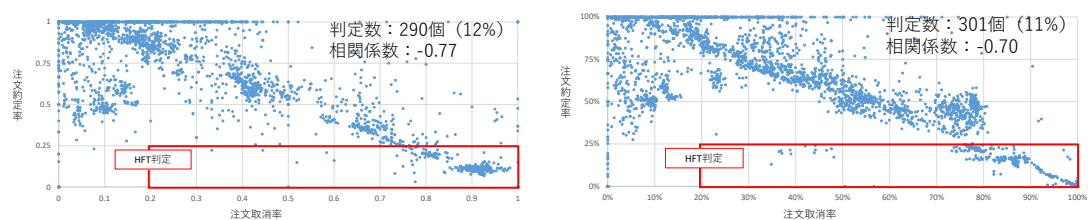


図9 仮想サバの分布（左：2010 年 1 月 4 日、右：2010 年 12 月 30 日）

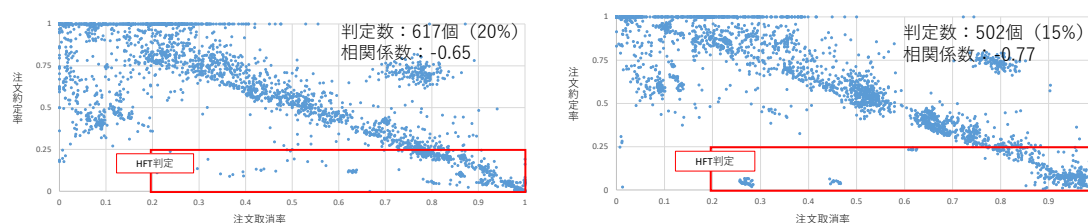


図10 仮想サバの分布（左：2011 年 12 月 30 日、右：2012 年 12 月 30 日）

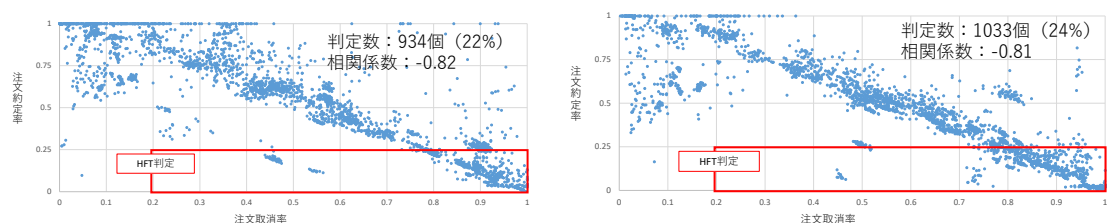


図 11 仮想サーハの分布 (左 : 2013 年 12 月 30 日、右 : 2014 年 12 月 30 日)

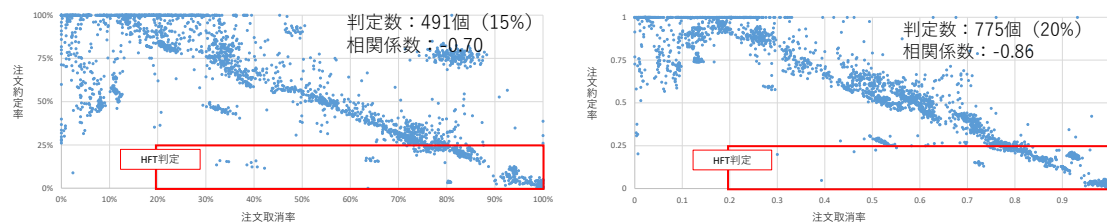


図 12 仮想サーハの分布 変動局面 (左 : 2011 年 3 月 15 日、右 : 2013 年 5 月 24 日)

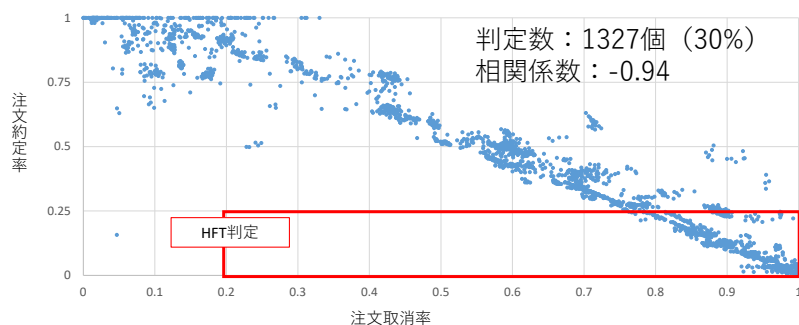


図 13 仮想サーハの分布 変動局面 (2015 年 8 月 25 日)

表 6 「高頻度基準」と「約定率 25%未満の条件」との比較

	HFT判定					
	高頻度基準 (約定率25%未満かつ 取消率20%以上)		約定率25%未満		差異	
	①HFT数	HFT割合	②HFT数	HFT割合	①-②	(①-②) 割合
20100104	290	12%	308	13%	-18	-0.8%
20101230	301	11%	339	12%	-38	-1.3%
20110315	491	15%	534	17%	-43	-1.3%
20111230	617	20%	690	22%	-73	-2.3%
20121228	502	15%	541	17%	-39	-1.2%
20130524	775	20%	792	21%	-17	-0.4%
20131230	934	22%	950	23%	-16	-0.4%
20141230	1033	24%	1066	25%	-33	-0.8%
20150825	1327	30%	1335	30%	-8	-0.2%

次に、仮想サーバの取消率³⁵⁾分布を日次（2010 年 1 月）で図示すると図 14（横軸：取消率、奥行：期間、縦軸：仮想サーバ数）となり、更に、月毎（2010 年 1 月～2015 年 9 月）に合算すると図 15 となる。2010 年には、取消率 0%～3%（左端）が最頻値であったが、2012 年以降、取消率 90%以上（右端）が最頻値となった。また、期間を問わず、取消率 0%～3%の仮想サーバが日々 250 個程度（月合算で 5000 個）あることがわかる。前者（取消率の増加）は、取消注文を繰返す HFT 業者の台頭を、後者は、従来の投資家の取引行動に変化がないことを示唆しているのかもしれない。

一方、仮想サーバの約定率³⁶⁾分布を日次で図示すると図 16（横軸：約定率、奥行：期間、縦軸：仮想サーバ数）となり、月毎に合算すると図 17 となる。基本的に、時系列で大きな変化はないが、約定率 90%以上（右端）の仮想サーバ数が若干減少しているようにも見える。また、約定率を約定件数/新規注文件数で計算している以上、1 つの注文に対して複数回約定（部分約定）することがあるため、100%を超える仮想サーバも多い。

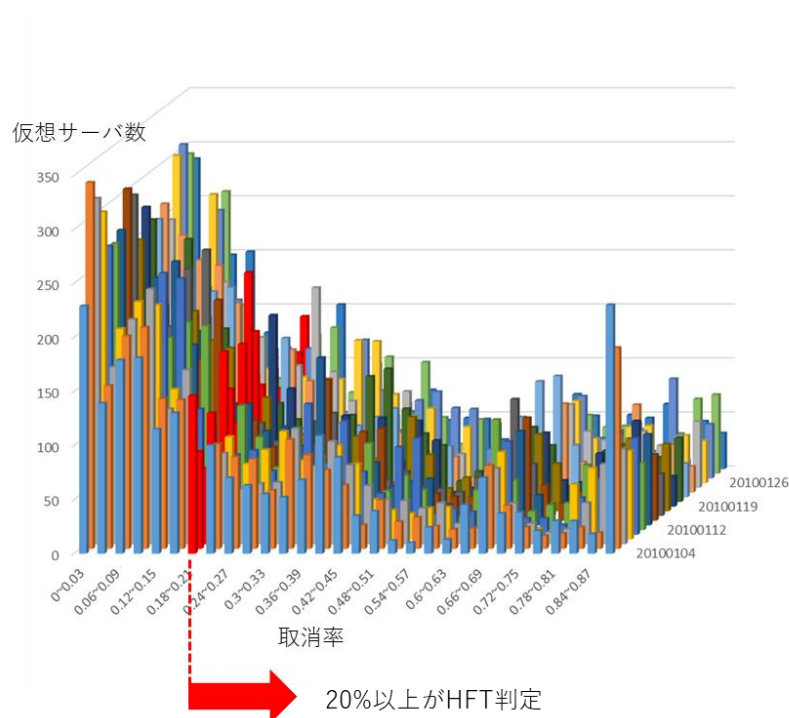


図 14 2010 年 1 月の仮想サーバの取消率分布

³⁵⁾ 取消率とは、(取消注文件数+失効件数)/新規注文件数を指す。

³⁶⁾ 約定率とは、約定件数/新規注文件数を指す。

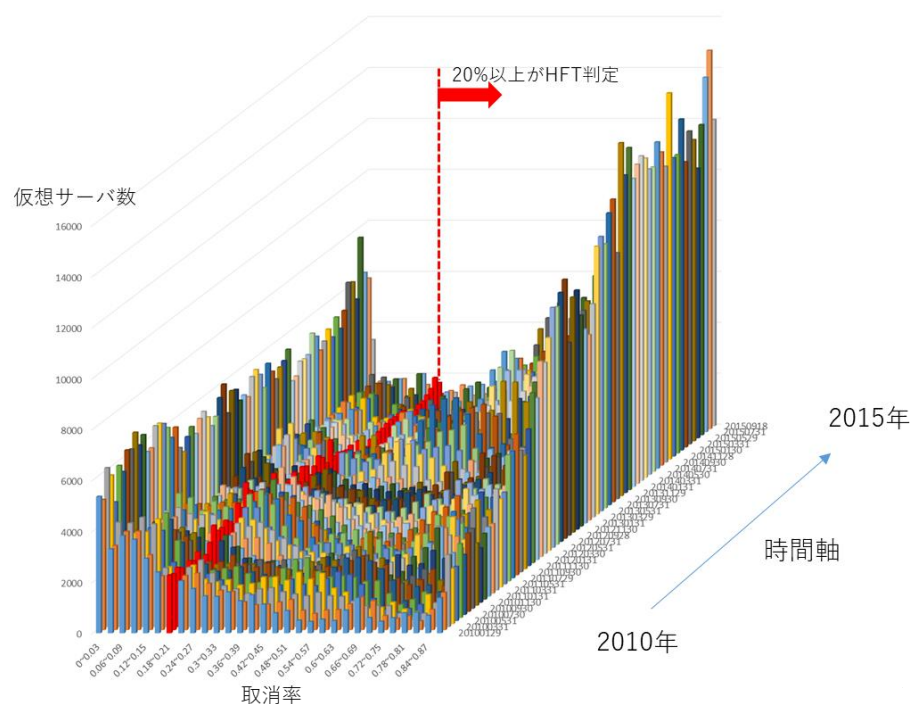


図 15 2010 年 1 月～2015 年 9 月の仮想サーバの取消率分布

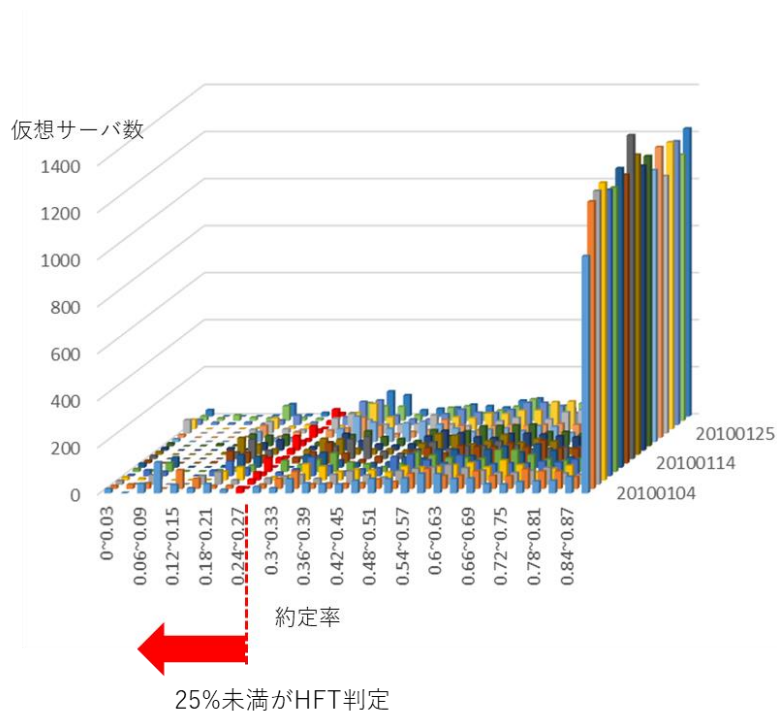


図 16 2010 年 1 月の仮想サーバの約定率分布

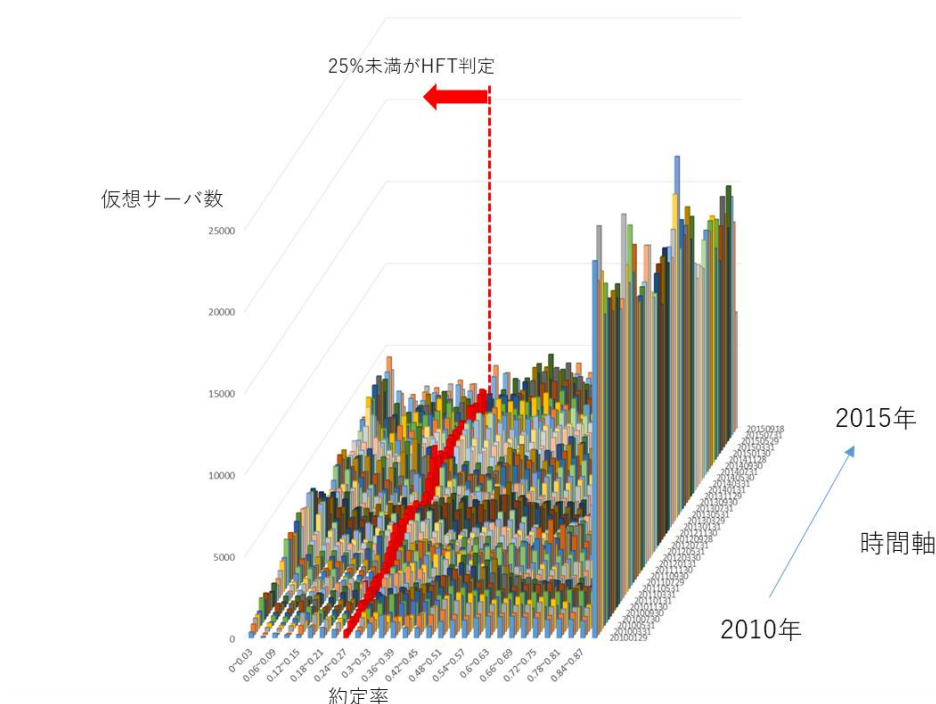


図 17 2010 年 1 月～2015 年 9 月の仮想サーバの約定率分布

3. 3 『アルゴリズム化基準』の検証

3.1 節にて、HFT 判定の新基準として、『アルゴリズム化基準』を提案した際、HFT 業者は基本的に手動注文や成行注文を行わないことを想定した。しかし、何らかの理由で（プログラムやシステムのメンテナンスなど）手動注文を行う HFT 業者や、取引戦略として一部の発注に成行注文による執行を含める HFT 業者が存在する可能性はゼロではない。そのため、成行注文や手動注文を一切行わない仮想サーバのみを HFT と判定すると、そうした HFT 業者を一部取りこぼしてしまう可能性がある。そこで、本稿以降では、3.1 節の基準を「成行注文割合³⁷⁾ 1%未満かつ手動注文割合³⁸⁾ 0.1%未満」³⁹⁾と一部緩和した『アルゴリズム化基準』を新基準として再提案する。

まず、3.2 節同様、新基準『アルゴリズム化基準』による HFT 判定結果（散布図）を 9 つのサンプル日で観察してみよう。各図の左下隅の赤囲み部分が、『アルゴリズム化基準』で HFT 判定（成行注文割合 1%と手動注文割合 0.1%）された仮想サーバである。散布図からは読み取りづらいが、こ

³⁷⁾ 成行注文割合とは、成行注文件数/注文の処理回数。尚、成行注文件数には、成行の新規注文の他に、約定といったシステム処理上の項目も含まれる。そのため、大口の成行注文を行うと、対当した複数の投資家との約定処理が繰返されるため、この指標の割合は大きくなる傾向がある。

³⁸⁾ 手動注文割合とは、手動注文件数/注文の処理回数。尚、手動注文件数には、手動の新規注文の他に、約定といったシステム処理上の項目も含まれる。そのため、手動で大口注文を行うと、対当した複数の投資家との約定処理が繰返されるため、この指標の割合は大きくなる傾向がある。

³⁹⁾ 「成行注文割合 0%かつ手動注文割合 0%」及び、「成行注文割合 0.1%未満かつ手動注文割合 0.1%未満」の 2 パターンでも検証したが、「成行注文割合 1%未満かつ手動注文割合 0.1%未満」の判定基準は図 27 のアルゴリズム化割合 100%（右図の右端）の仮想サーバ数を顕著に（1000 個程度）増加させたため、これを採用した。

の赤囲み部分に 40～70%近い仮想サーバが属している。そして、図 18 から 20 に渡り、仮想サーバの HFT 判定割合が 41%から 66%に年々上昇しており、図 21, 22 の相場変動局面においても、判定数に大きな差異は発生していないことが分かる。

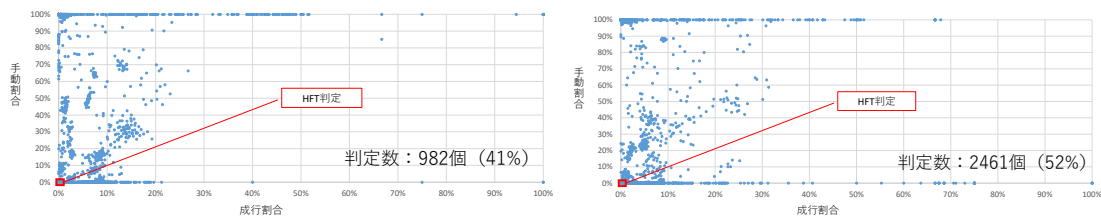


図 18 仮想サーバの分布（左：2010 年 1 月 4 日、右：2010 年 12 月 30 日）

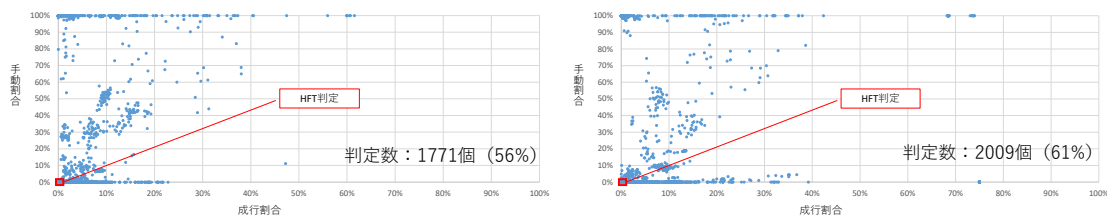


図 19 仮想サーバの分布（左：2011 年 12 月 30 日、右：2012 年 12 月 30 日）

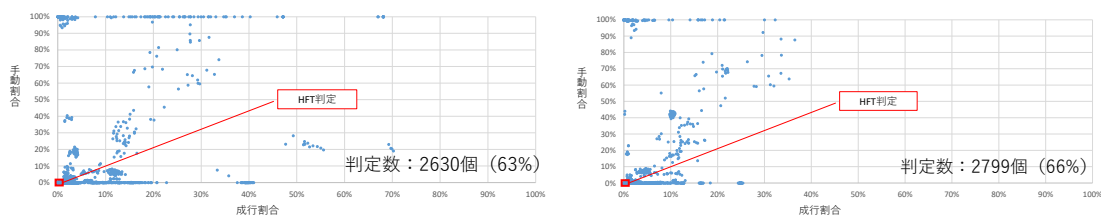


図 20 仮想サーバの分布（左：2013 年 12 月 30 日、右：2014 年 12 月 30 日）

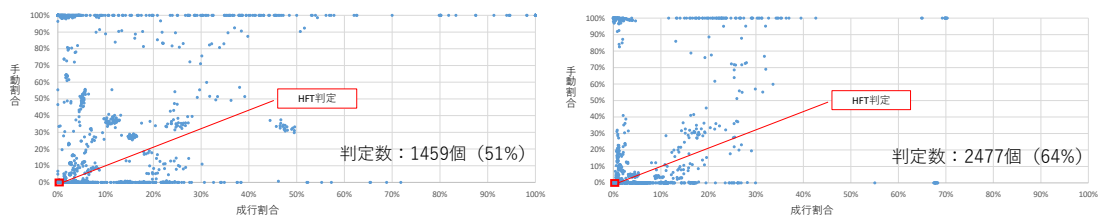


図 21 仮想サーバの分布 変動局面（左：2011 年 3 月 15 日、右：2013 年 5 月 24 日）

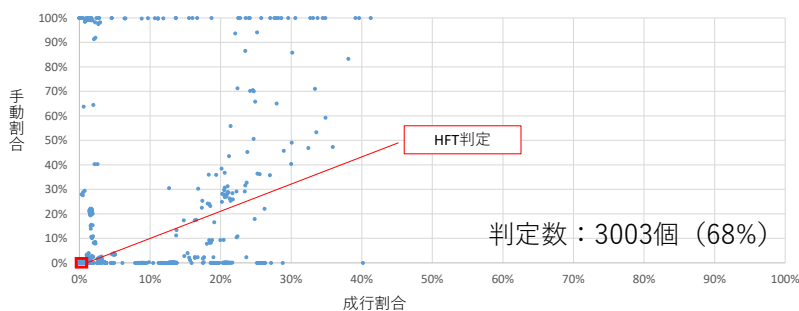


図 22 仮想サーバの分布 変動局面（2015 年 8 月 25 日）

次に、3.2 節同様、仮想サーバの手動注文の割合（手動割合）と成行注文の割合（成行割合）の分布を日次で図示すると図 23（横軸：手動割合、奥行：期間、縦軸：仮想サーバ数）及び図 25（横軸：成行割合、奥行：期間、縦軸：仮想サーバ数）となり、更に、月毎に合算すると図 24 及び図 26 となる。

図 24、26 において、手動割合 0～0.1%（左端）及び成行割合 0～0.2%（左端）の仮想サーバ数が急増しており、その相関係数が 0.986 と極めて高いことから、手動注文と成行注文が混在せず、取引が自動化された専有サーバが顕著に増加していることがわかる。一方、全期間を通して、手動割合 75%以上（右端）及び成行割合 5%以上の仮想サーバ数に大きな変動がないことから、手動注文や成行注文の取引が混在している共有サーバは増減していないことがわかる。2.4 節の注文件数で言及したが、2013 年以降、時期を同じくして、新規および取消注文件数、そして、取引が自動化された専有仮想サーバ数が急増しているため、HFT 業者の台頭が改めて示唆される。尚、手動割合 0%～3%の仮想サーバが日々1000～3000 個程度（月合算で 20000 個超～80000 個弱）あり、成行割合 0%～3%の仮想サーバが日々500～2500 個程度（月合算で 10000 個超～60000 個弱）あることも読み取れる。

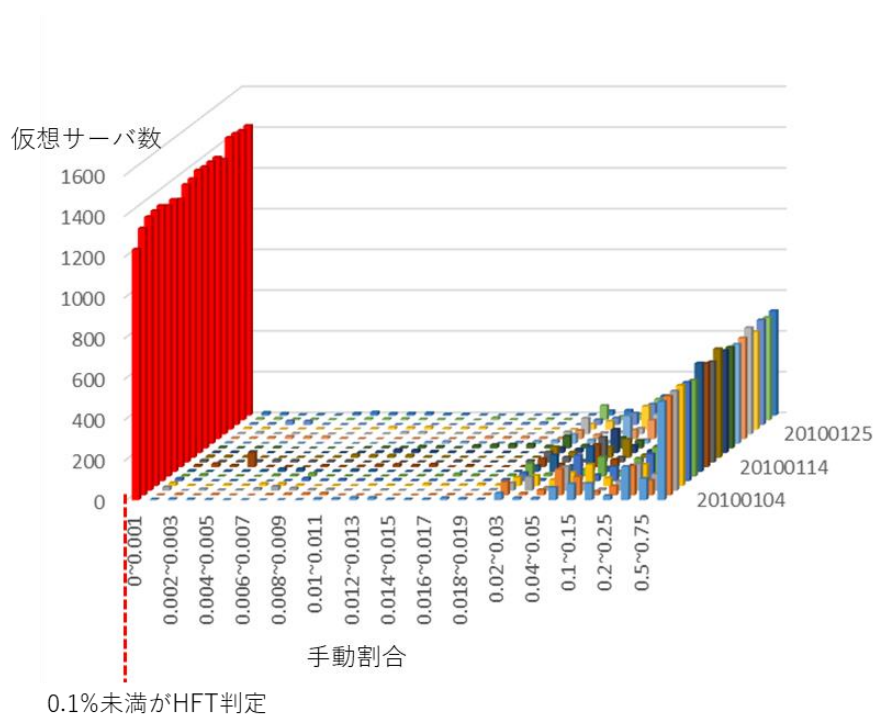


図 23 2010 年 1 月の仮想サーバの手動割合分布

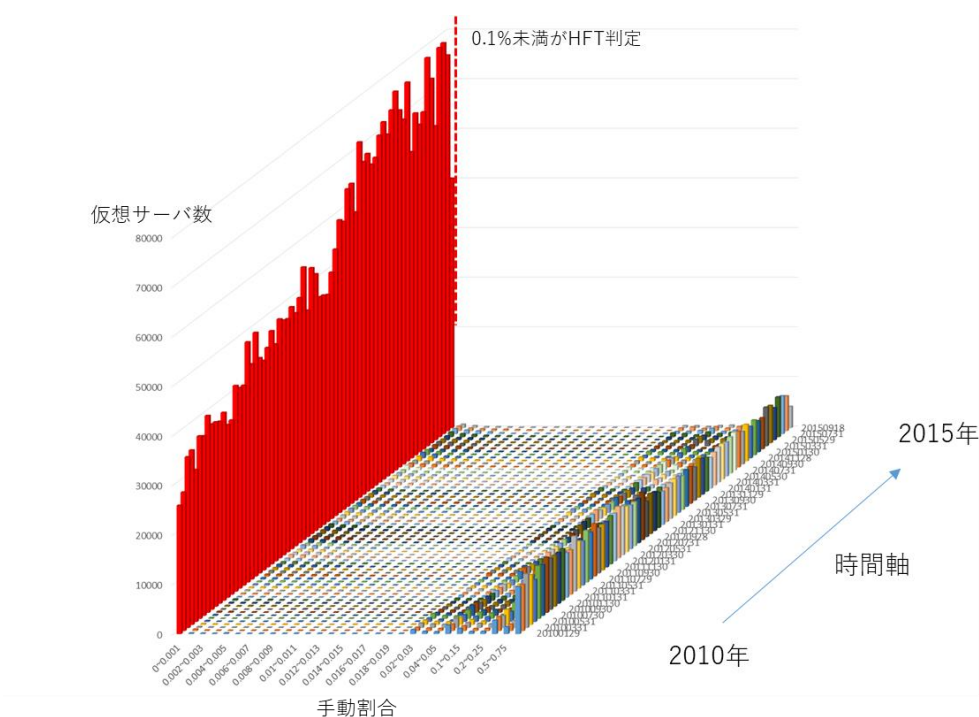


図 24 2010 年 1 月～2015 年 9 月の仮想サーバの手動割合分布

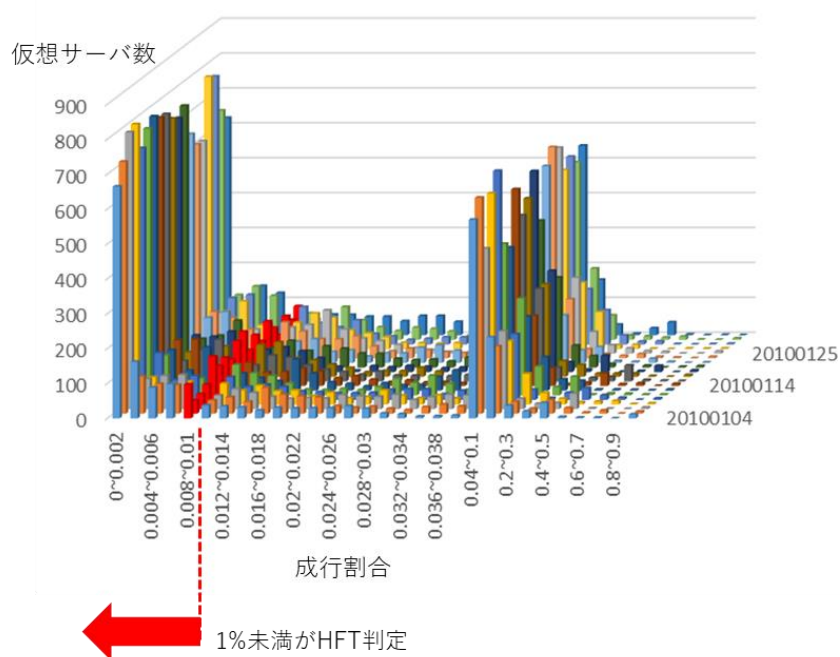


図 25 2010 年 1 月の仮想サーバの成行割合分布

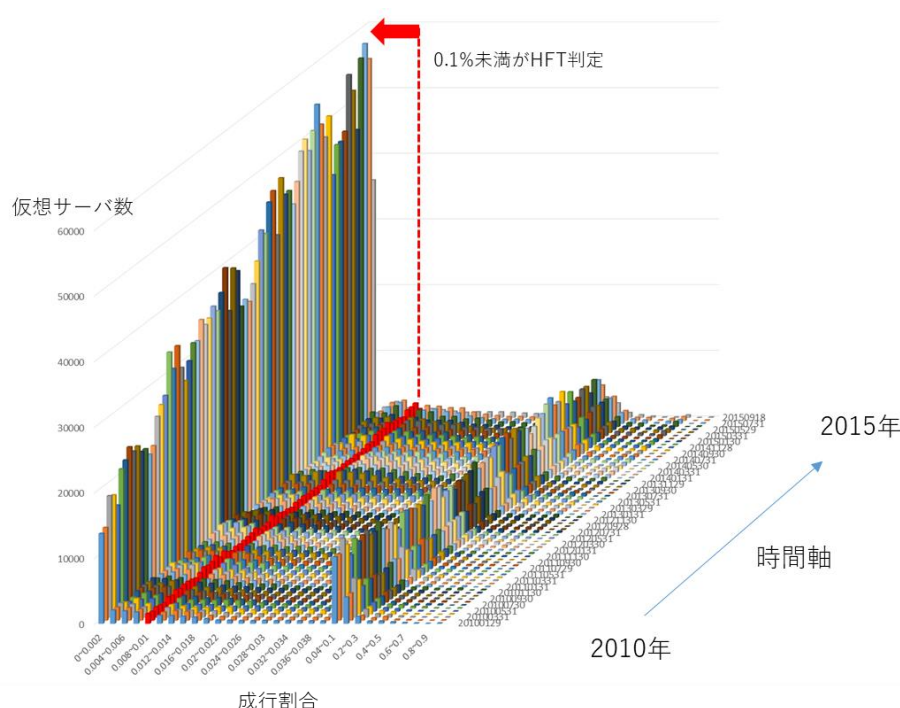


図 26 2010 年 1 月～2015 年 9 月の仮想サーバの成行割合分布

3. 4 HFT 判定の対象と、『高頻度基準』と『アルゴリズム化基準』の考察

保坂 (2014) 等の先行研究では、特定の期間を分析対象としているため、仮想サーバに対して、日次で (分析対象日ごとに) HFT 判定していた。一方、本稿では、全期間を分析対象としているため、仮想サーバに対して、全期間を通した HFT 判定ができる。これにより、例えば、10 営業日稼働した同一仮想サーバに対して、8 営業日は HFT 判定、2 営業日は非 HFT 判定といった事態を避けることができる。2010 年 1 月～2015 年 9 月の全 1404 営業日で、一度でも稼働した仮想サーバの総数は、重複を除き、12171 個であった。尚、3.6 節で後述するが、仮想サーバの平均残存年数が約 2 年 (1.88 年) であることから、日々稼働している仮想サーバが 4000 個程度であるため、6 年間で凡そ 12000 個となり、整合的である。

次に、12171 個の仮想サーバが、新基準である『アルゴリズム化基準』(成行注文割合 1%未満かつ手動注文割合 0.1%未満) と『高頻度基準』(3.2 節) をそれぞれ何% (基準を満たす日数/稼働日数) 満たすか、度数表を作成し (図 27) 確認する。『高頻度基準』と『アルゴリズム化基準』ともに双方分布しており、特に『アルゴリズム化基準』では 40%を底辺に典型的な双方分布となっている。また、アルゴリズム化割合が最も高い『アルゴリズム化基準』の右端の棒グラフの高さが 6000 個近くに達しており、12171 個の仮想サーバの半数が、全ての稼働日でこの基準を満たしていることは、HFT 業者が専有する仮想サーバの多さを物語っているともいえる。しかし、HFT 判定の基準 (閾値として) を何%に定めるかといった問題を考える際、双方分布の底辺であるといった理由だけでは、HFT として判断する根拠に乏しい。そこで、次節で、『高頻度基準』と『アルゴリズム化基準』

『アルゴリズム化基準』の同時分布を作成して、考察してみたい。

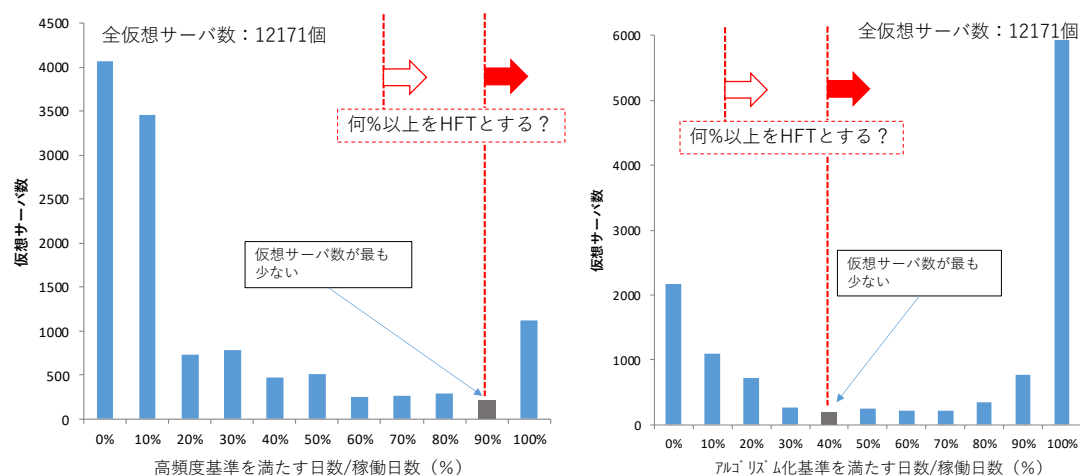


図 27 『高頻度基準』（高頻度性）（左図）と『アルゴリズム化基準』（アルゴリズム化度合）（右図）の仮想サーバの分布

3. 5 高頻度性、高速性及びアルゴリズム化度合を踏まえた新たな HFT 判定基準の提案

本節では、12171 個の仮想サーバが、新基準である『高頻度基準』と『アルゴリズム化基準』を同時に何%（基準を満たす日数/稼働日数）満たすか、同時分布を作成し、考察する。図 28、29 より、高頻度性が高い（稼働日数の内、高頻度基準を 80%以上満たす）仮想サーバは、アルゴリズム化度合も高い（稼働日数の内、アルゴリズム化基準を 80%以上満たす）こと（図 29 のピンク囲み⁴⁰⁾）がわかる。また、高頻度性が低い（稼働日数の内、高頻度基準を 20%未満しか満たさない）仮想サーバの中に、アルゴリズム化度合が高い（稼働日数の内、アルゴリズム化基準を 80%以上満たす）仮想サーバと、アルゴリズム化度合が低い（稼働日数の内、アルゴリズム化基準を 20%未満しか満たさない）仮想サーバが存在している（図 29 の青囲み）が、前者⁴¹⁾には、3.2 節で言及した変更注文を多用する仮想サーバが属することに留意が必要である。なぜなら、高頻度基準は約定率（約定件数/新規注文件数）の条件に強く依存するため（表 6）、取消注文を繰返す投資家は約定率が低くなり高頻度性が高まるが、変更注文を繰返す投資家は約定率が低下しないため高頻度性が高まらない。取消注文により注文を繰返す投資家⁴²⁾の新規注文件数は増える一方、変更注文により注

⁴⁰⁾ 高頻度性が 60%以上かつ、アルゴリズム化度合が 0%の仮想サーバが 4 つ存在する。この 4 つのサーバは全て手動注文にもかかわらず、高速性（注文を取消すスピードが 0.005 秒以下の件数）が 15 万件以上であったため、手動では実行不可と判断、注文情報を申告する業者の手違いと推察し、本稿の図 28 では削除した。ただし、分析上は、例外を許さず、基準通り一般投資家として分析しているが、本稿の結論に大きな影響を与えることはなかった。

⁴¹⁾ ここでの前者とは、高頻度性が低くアルゴリズム化度合が高い仮想サーバのことを指す。

⁴²⁾ 取消注文と新規注文を繰返す投資家を指す。

文を繰り返す投資家⁴³⁾の新規注文件数は増えない結果として、低い高頻度性かつ高いアルゴリズム化度合の仮想サーバが存在することになる。即ち、この図 29 の上の青囲みのなかに、すべてではないが、3.2 節で保坂（2014）基準をアレンジした際言及した、変更注文を多用する仮想サーバが含まれているはずである。この点については、4 章にて再度その正否を確認する。

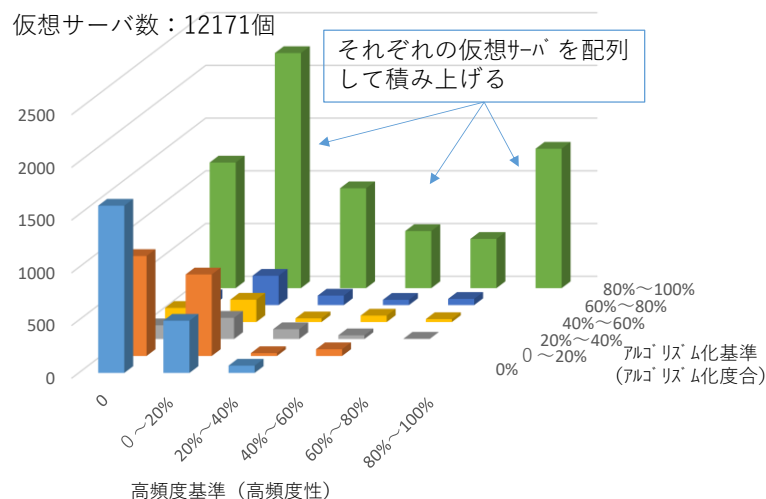


図 28 高頻度基準（高頻度性）とアルゴリズム化基準（アルゴリズム化度合）の仮想サーバの分布

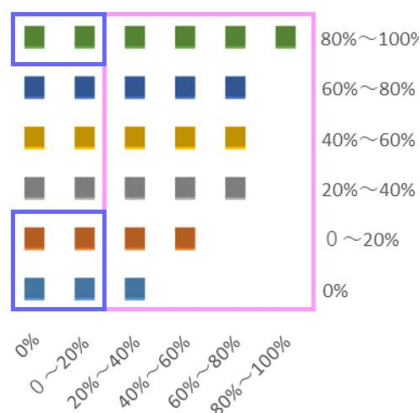


図 29 高頻度基準（高頻度性）とアルゴリズム化基準（アルゴリズム化度合）の仮想サーバの分布（図 28 を上から見たもの）

次に、図 28 のように配列された仮想サーバに対して、新規注文を取消すまでの時間が 5 ミリ秒以下の注文件数を集計すると、図 30 となる。新規注文を取消すまでの時間が 5 ミリ秒以下の注文件数を『高速性』を表す指標として図にすると、高頻度でかつ高いアルゴリズム化度合を持つ仮想サーバは『高速性』も兼ね備えていることがわかる（図 31 のピンク囲み部分の割合は全体の約 86%にも達する）。「高頻度基準」の基準の一つである高い取消率と、『高速性』を定める取消注文件

⁴³⁾ 変更注文を繰り返す投資家を指す。

数との間に、一定の相関関係があることは確かであり、これは当然の結果のようにもみえる。しかし、図 31 のピンク囲み部分の取消注文件数割合は全体の 55%程度に留まるため、必ずしもピンク囲み部分のみが『高速性』を備えうるわけではない。また、Hasbrouck and Saar (2013)では、指値と取消注文を短期間のうちに繰返す現象を『strategic runs』と呼び、高頻度取引の多さの代替指標として分析を行っており、こうした点からも、このピンク囲み部分に属する仮想サーバは典型的な HFT といえる。

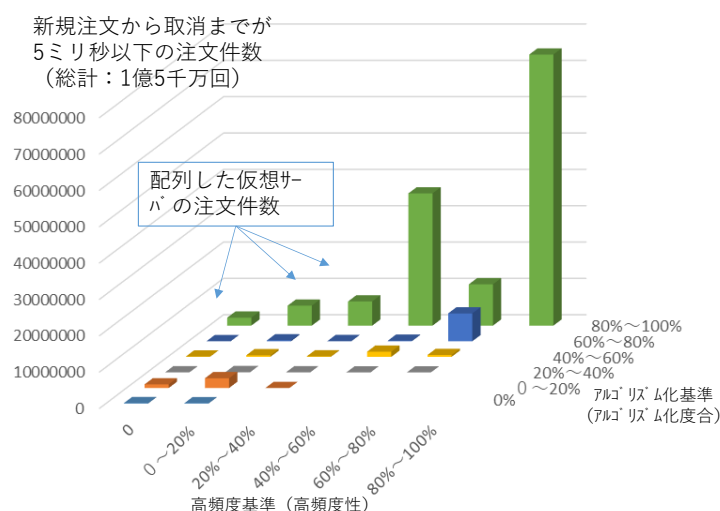


図 30 高頻度基準 (高頻度性) とアルゴリズム化基準 (アルゴリズム化度合) の仮想サーバの高速性

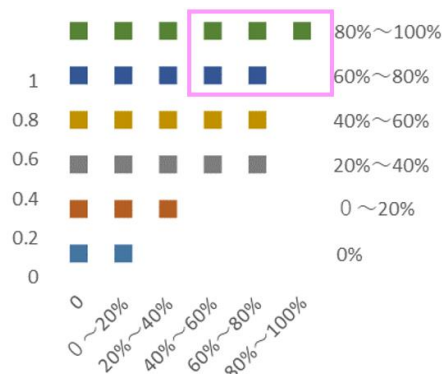


図 31 高頻度基準 (高頻度性) とアルゴリズム化基準 (アルゴリズム化度合) の仮想サーバの高速性 (図 30 を上から見たもの)

本稿では、高頻度基準 (高頻度性) とアルゴリズム化基準 (アルゴリズム化度合) に加えて、高速性も踏まえて (図 28、図 30)、HFT 基準を図 32 のように定める。すなわち、(a) 図 30 の赤囲み部分 (2439 個の仮想サーバ) を「高頻度」かつ「高速」で、「アルゴリズム化」されている典型的な HFT として『HFT1』と呼称、(b) 図 30 の黄色囲み部分 (5752 個の仮想サーバ) を典型的な HFT 以外のアルゴリズム取引業者を含む HFT として『HFT2』と呼称、(c) 図 30 の灰色囲み部分 (3980

個の仮想サーバ)をそれ以外として『一般投資家⁴⁴⁾』と呼称する。

『HFT1』には(a)稼働日数の内、高頻度基準を40%以上の日において満たし、アルゴリズム化基準を60%以上の日において満たす仮想サーバが、『HFT2』には(b)稼働日数の内、アルゴリズム化基準を20%以上の日において満たすものの、『HFT1』には該当しない仮想サーバが、『一般投資家』には(c)稼働日数の内、アルゴリズム化基準を20%未満の日においてしか満たさない仮想サーバが、それぞれ属し、12171個の仮想サーバのうち、2439個(20%)が『HFT1』に、5752個(47%)が『HFT2』に、3980個(33%)が『一般投資家』に分類された。また、『HFT1』と『HFT2』をHFTとすれば、全仮想サーバの67%がHFTに分類される。

このHFT判定(『HFT1』、『HFT2』、『一般投資家』)に従い、主体別に日々稼働する仮想サーバ数の推移を時系列に図33のように図示する。図33から、仮想サーバを共有する一般投資家の仮想サーバ数は期間を問わず、1500個弱で一定であり、『HFT1』及び『HFT2』の仮想サーバの割合が2010年当初の45%程度から2015年9月には65%超まで増加してきたことがわかる。また、全期間を通じたHFT判定であるため、高頻度基準(注文約定率25%未満かつ注文取消率20%以上)で日々HFT判定する場合(図34)と比較すると、判定される仮想サーバ数が日次で増減せず安定した推移を示している⁴⁵⁾。具体的には、図33(左)と図34(左)の縦軸の上限を仮想サーバ4000個で統一しているため、HFT判定された仮想サーバの推移(オレンジ)の変動幅を視覚的に比較することができる。

一方、全期間を通じたHFT判定を行っているため、HFT判定した専有仮想サーバは必ずしも特定のHFT業者が使用しているわけではなく、一定期間は別の投資家が利用している可能性を否定できない。つまり、取引行動が極端に異なる期間が一定程度発生しているかもしれない。そこで、参考図6と参考図7で、HFT判定された仮想サーバ毎(主体毎:『HFT1』、『HFT2』、『一般投資家』)に、成行注文割合及び手動注文割合を図示し、専有仮想サーバを異なる投資家が利用していないか、取引行動が極端に異なる期間が頻発していないか、検証してみたい。結果は明白であり、分析期間中ではほぼ例外なく、『HFT1』に判定された仮想サーバは成行及び手動注文の割合が低く、『一般投資家』に判定された仮想サーバは成行及び手動注文の割合が高いことが判明した。こうしたことから、HFT判定した専有仮想サーバが異なる投資家により利用されている可能性は低いと推測される。

⁴⁴⁾ ここでいう『一般投資家』とは、システム化されたアルゴリズム取引業者以外を指す。

⁴⁵⁾ 図34におけるHFTの仮想サーバの日次増減率の標準偏差が14%である一方、図33におけるその標準偏差は2%。

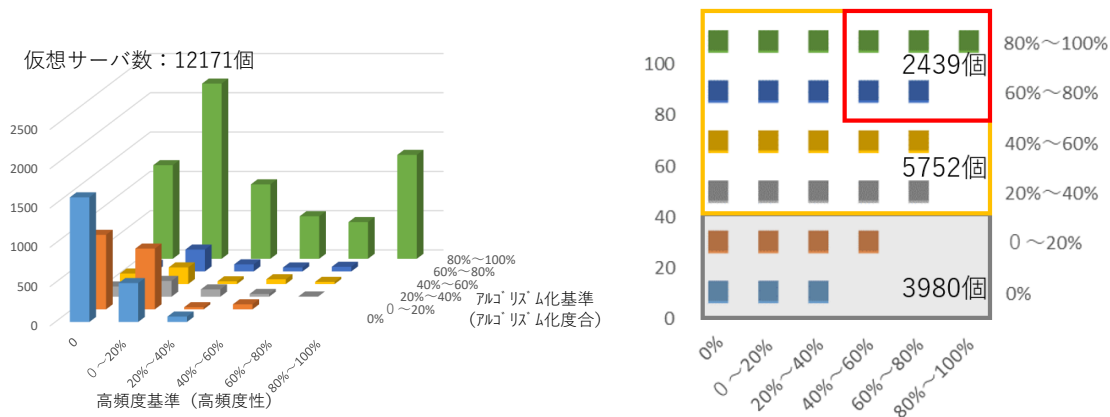


図 32 図 28 の再掲（左図）と HFT 判定（右図：赤囲み『HFT1』、黄色囲み『HFT2』）

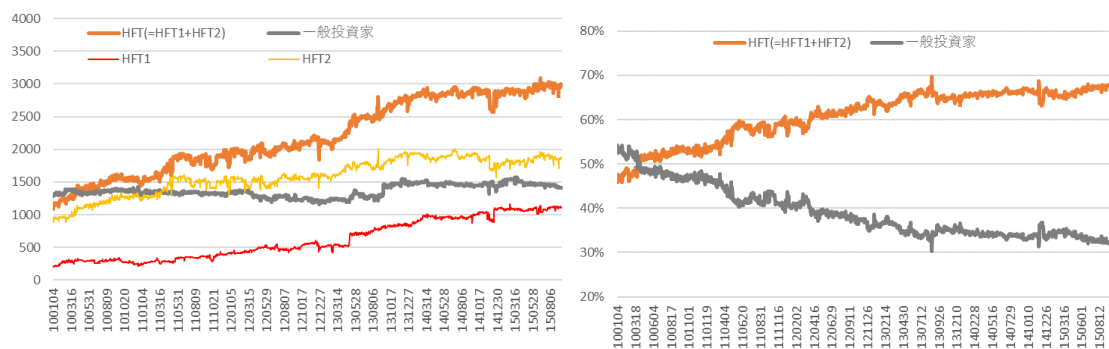


図 33 稼働する仮想サーバ数（左）と仮想サーバ数割合（右）

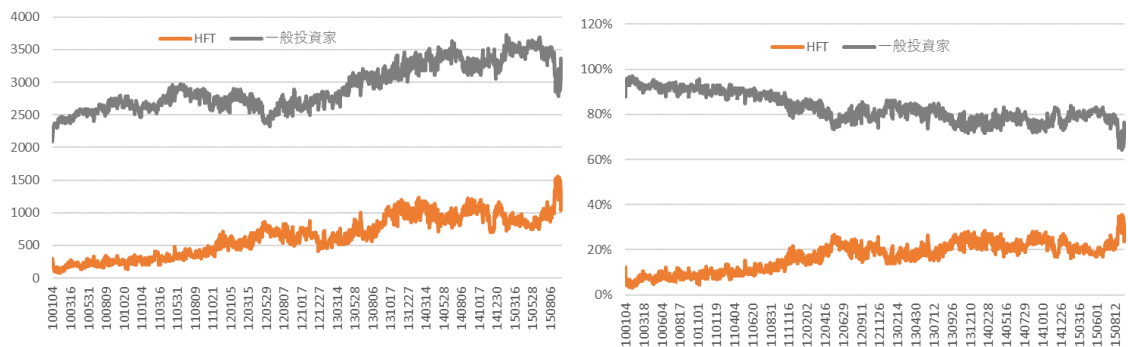
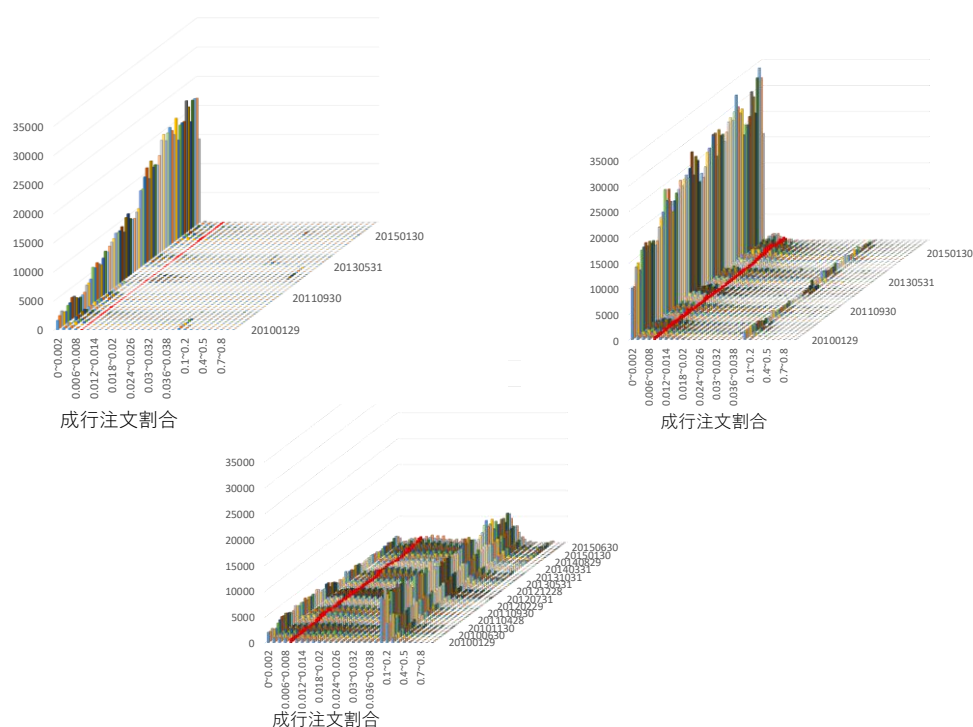
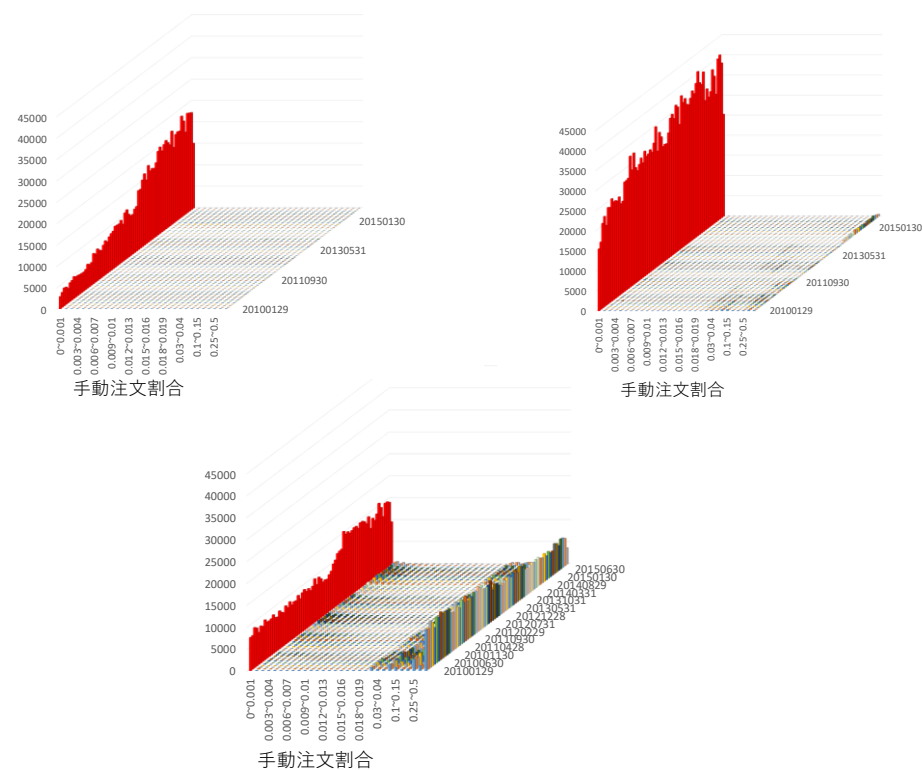


図 34 高頻度基準（高頻度性）による仮想サーバ数（左）と仮想サーバ数割合（右）



参考図6 2010年1月～2015年9月の仮想サーバの成行注文割合分布
(左上：HFT1の仮想サーバ、右上：HFT2の仮想サーバ、下：一般投資家の仮想サーバ)



参考図7 2010年1月～2015年9月の仮想サーバの手動注文割合分布
(左上：HFT1の仮想サーバ、右上：HFT2の仮想サーバ、下：一般投資家の仮想サーバ)

3. 6 仮想サーバの主体別残存年数（HFT1、HFT2、一般投資家）

2.5 節では、取引スタイルで仮想サーバを名寄せしたが、本節では、仮想サーバの稼働状況から仮想サーバを名寄せし、仮想サーバの残存年数や仮想サーバの利用状況を主体（『HFT1』、『HFT2』、『一般投資家』）毎に把握する。

仮想サーバの稼働日数に関する分布は図 35～38 のようになる。全仮想サーバの平均残存年数は 1.88 年、主体別（年数）の平均残存年数はそれぞれ、HFT1（1.54 年）、HFT2（1.76 年）、一般投資家（2.25 年）となり、高頻度かつ高速に取引を行う『HFT1』が最も短く、『一般投資家』が最も長い残存年数であることが分かった。システム上の接続や設定トラブルといったリスクを避ける意味でも、証券会社は一般投資家の使用が想定される共有サーバを比較的長い間利用すると考えられるため、直観的な結果といえるのではないだろうか。

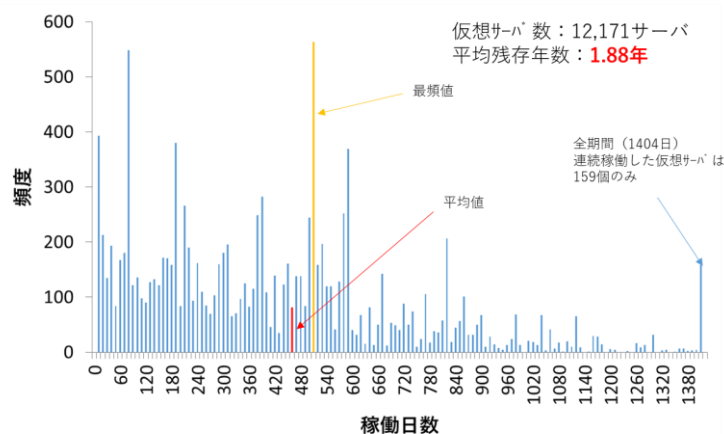


図 35 全仮想サーバの稼働日数の分布

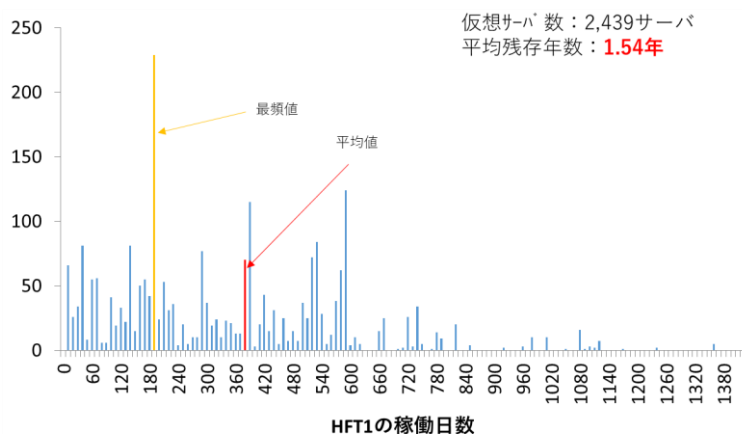


図 36 HFT1 の仮想サーバの稼働日数の分布

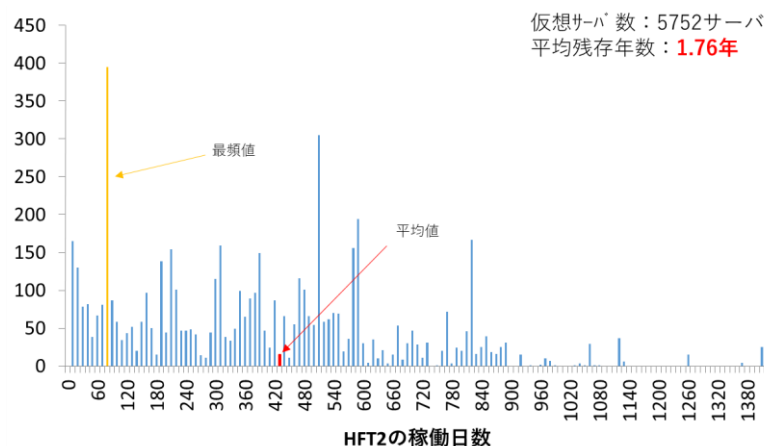


図 37 HFT2 の仮想サーバの稼働日数の分布

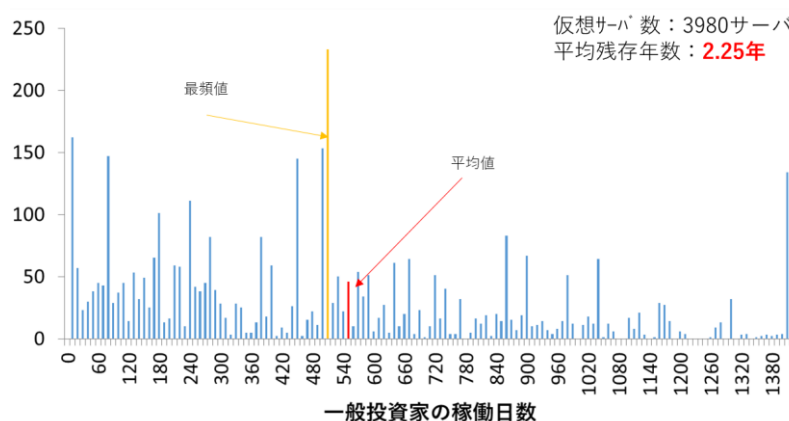


図 38 一般投資家の仮想サーバの稼働日数の分布

次に、全 12171 個の仮想サーバそれぞれに対して、①作成日、②解約日、③稼働日数の 3 つ⁴⁶⁾の情報を取引データから読み取る。この①～③の 3 つの異なる組合せ総数は、2785 個しか存在せず、2785 個の中、2 つ以上の仮想サーバで構成される組合せ（仮想サーバ群）は 1247 個であった。興味深い点は、全仮想サーバ（12171 個）の内、この 1247 個に属する仮想サーバ数は 10633 個であり、87%（10633 個/12171 個）を占めることである。仮想サーバ群を構成する仮想サーバの平均個数をみると、1 つの仮想サーバ群（組合せ）は 9 個程度の仮想サーバ（ $9 \approx 10633/1247$ ）で構成されており、図 39 の通り、最大では 1 つの仮想サーバ群（組合せ）に 260 個の仮想サーバが属していた。

⁴⁶⁾ 作成日とは、仮想サーバが初めて使われた日であり、解約日とは、仮想サーバが登場しなくなる前営業日であり、稼働日数とは、一度でも注文が発注された日数である。

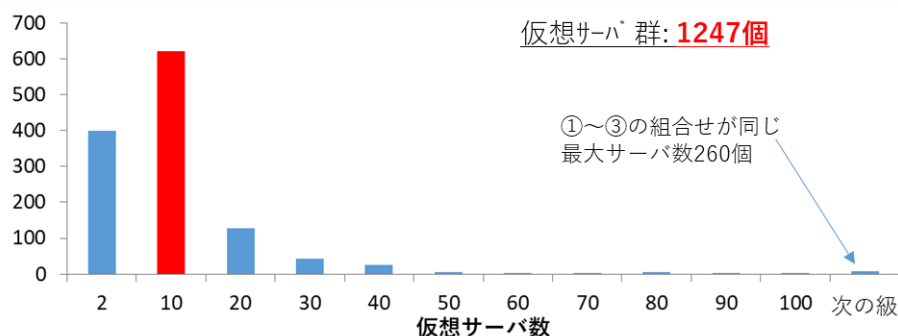


図 39 1247 個の仮想サーバ群（組合せ）に属する仮想サーバ数の分布

2.5 節で行った日次のクラスター分析（250 個に分類）の結果を、1247 個の仮想サーバ群（組合せ）それぞれでまとめ、その一致率を分析すると、図 40 のようになり、仮想サーバ群を構成する仮想サーバがすべて同じクラスターである日数割合（クラスターの一致率）が極めて高いことがわかる。クラスターの一致率は、仮想サーバ群を構成する仮想サーバ数が増えるほど劇的に低下することになる。具体例を挙げて説明したい。ある仮想サーバ群が 10 個の仮想サーバで構成され、10 営業日稼働したとしよう。10 営業日すべてで、9 個の仮想サーバが同じクラスターであったが、1 個だけ別のクラスターであれば、一致率は 0 日間/10 日間で 0 % となる。しかし、図 40 の通り、一致率は極めて高いため、仮想サーバ群を構成する各仮想サーバは、同一のクラスターであり、同一の HFT 業者又は証券会社により利用されている可能性が高いと考えられる。すなわち、こうしたことから、HFT 業者を含め、仮想サーバを専有する投資家が市場に参入する際、仮想サーバを同時に複数作成し、証券会社を変えるもしくは市場から撤退する際、まとめて解約する構図が、垣間見える。

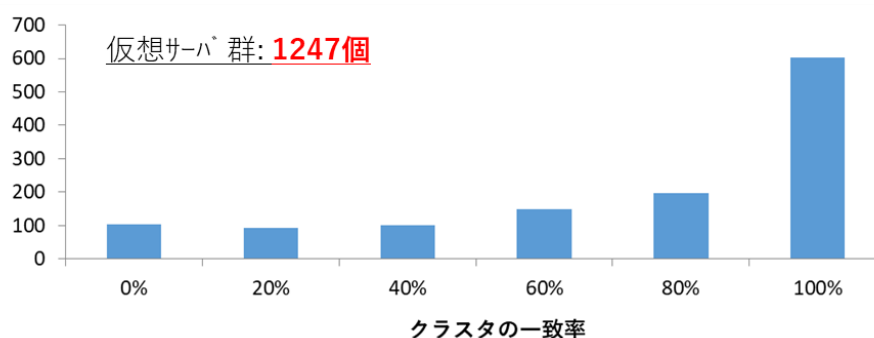


図 40 群を構成する仮想サーバがすべて同じクラスターである日数割合

次に、仮想サーバの作成日が古く、仮想サーバ群の稼働日数の長い順に、全 1247 個の仮想サーバ群（組合せ）を並び替え、図 41～45 のように可視化してみた。図 41 の最も高い位置にある横

線⁴⁷⁾（青色）は、2010 年 1 月 4 日時点（データ分析期間の始期）には既に存在し、2015 年 9 月 18 日（データ分析期間の終期）まで休むことなく稼働した仮想サーバ群を示している。尚、図の右隅の HFT 判定⁴⁸⁾で一般投資家の列に点（青色）があることから、一般投資家すなわち、共有サーバ群であることを示している。

2010 年 1 月から 2015 年 9 月まで解約されなかった仮想サーバ群は 36 個（仮想サーバ数：318 個）しか存在しないことからわかる通り、仮想サーバの大半はデータ分析期間中に解約され、又は新たに作成されている。また、図 42～44 から、2013 年 5 月～7 月を境に、解約され、新規に作成された仮想サーバ群が比較的多いことが見てとれる。同時期には、東証と大証が市場統合（2013 年 7 月 16 日）しているが、2013 年 5 月に、東証のホームページ上で、「コネクショサービスから対象システムへの本番接続が解禁された」と記載されている。上記に関する詳細を把握していないが、いずれにせよ、多くの市場参加者の仮想サーバがこの時期に一新されたことがデータから読み取れる。

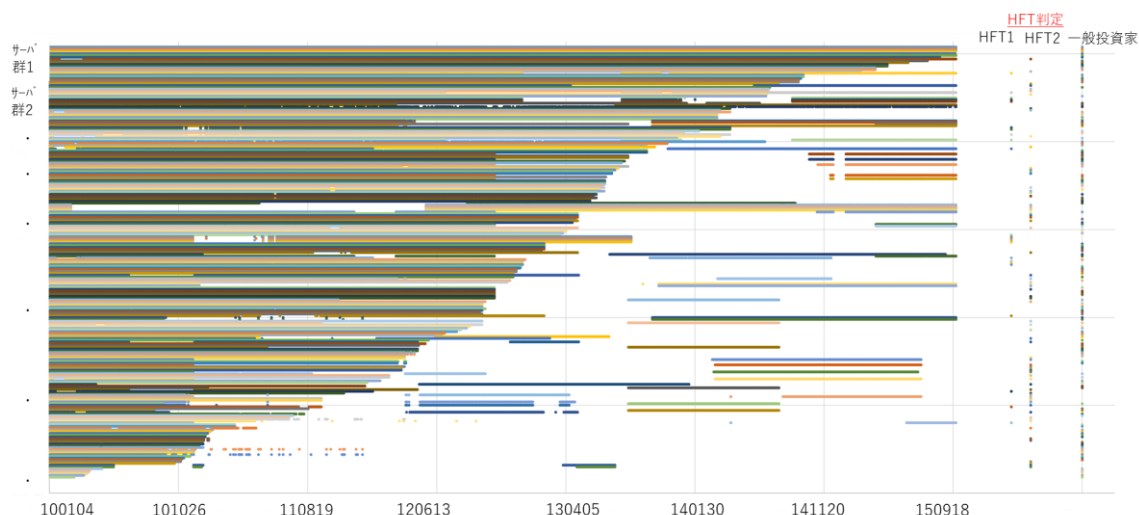


図 41 仮想サーバの稼働状況と HFT 判定 ～その 1

⁴⁷⁾ 仮に、横線が途切れた個所があれば、それは稼働していない期間を指す。

⁴⁸⁾ 群を構成する仮想サーバの大半を占める HFT 判定結果を採用したが、例えば、「HFT1」と「一般投資家」に判定された仮想サーバが混ざる仮想サーバ群は数個しか存在せず、綺麗に名寄せされていた。

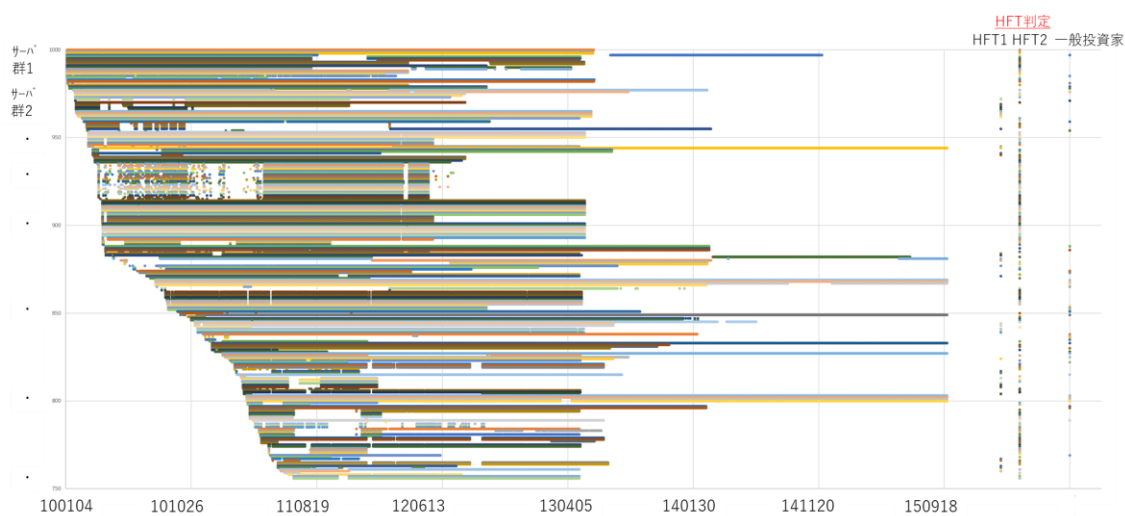


図 42 仮想サーバの稼働状況と HFT 判定 ～その 2

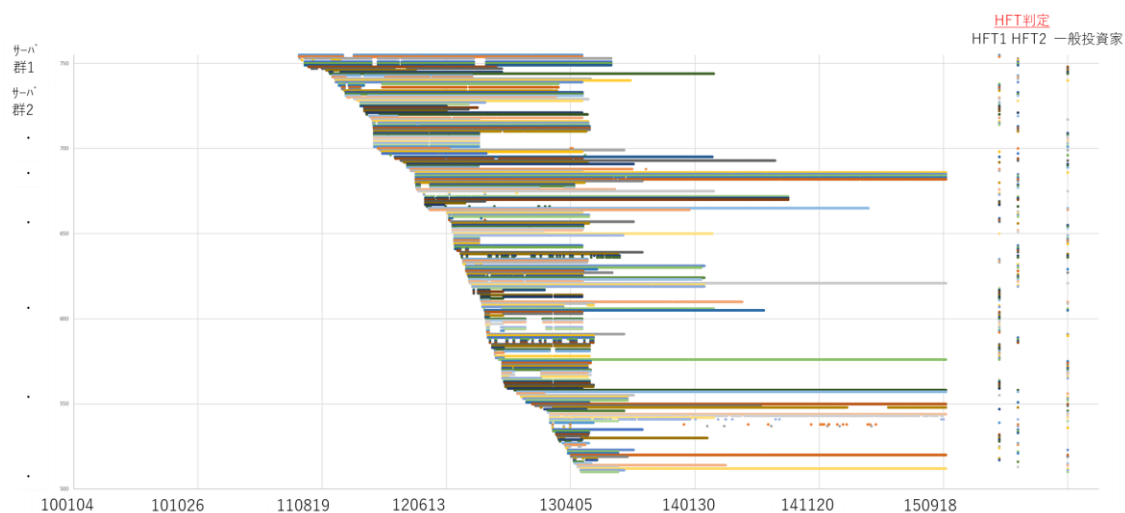


図 43 仮想サーバの稼働状況と HFT 判定 ～その 3

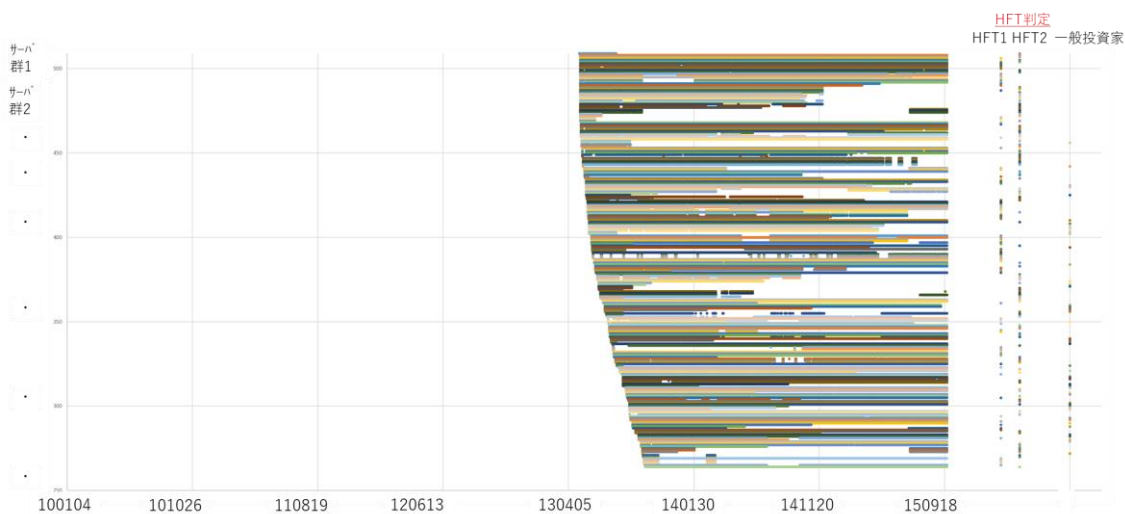


図 44 仮想サーバの稼働状況と HFT 判定 ～その 4

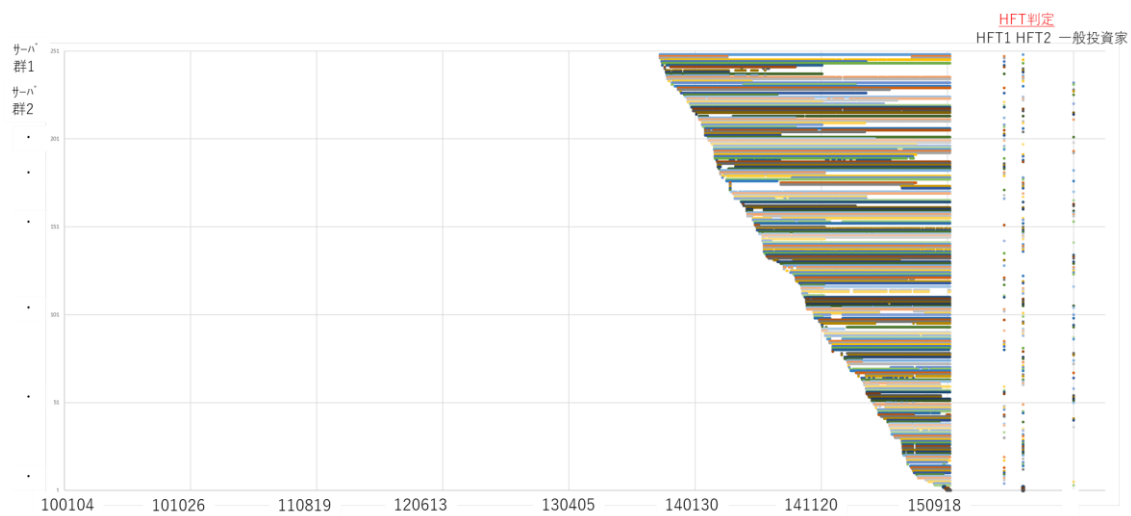


図 45 仮想サーバの稼働状況と HFT 判定 ～その 5

4. 全期間・全銘柄を対象にした分析結果

4. 1 HFT の市場プレゼンス（注文件数と売買代金）

高頻度基準とアルゴリズム化基準により分類された仮想サーバに対して、注文件数（新規・変更・取消）及び売買代金を、全 1404 営業日分集計し、時系列推移と併せて、図示する。

まず、注文件数について考察してみたい（図 46、47）。新規注文と変更注文、そして、取消注文を合算した全注文件数は約 256 億件である。時系列推移をみると、HFT1 の注文件数が急増しており、2015 年 9 月には全注文件数の 70%超が HFT1 と HFT2 による注文であることが分かる。コケーションエリアからの注文を HFT とみなし分析を行った中山、藤井（2013）では、HFT の注文件数が 2010 年中に凡そ 0%から 30%弱まで急増し、2011 年に約 35%、2012 年 10 月には 53%に達する図が掲載されていた。また、2018 年の東証の公表資料「JPX の最近の取組み」のなかにも、2018 年までのコケーション比率の推移が提示されており、2015 年 9 月前後の注文件数の約 75%がコケーション経由の注文であった。図 47（下）の HFT 比率（HFT1+HFT2）は、2010 年当初は 40%程度と既に一定のシェアを有していたところ、2012 年 10 月に 60%前後に上昇し、2015 年 9 月には 80%に達していることを示している。

当該分析結果から次の 2 点が考察される。1 つ目は、システム化されたアルゴリズム取引業者は 2010 年当初より市場に既に参加しており、2013 年までの 3 年間で順次コケーションエリアへ移っていったこと。2 つ目は、2012 年 10 月前後において、中山、藤井（2013）によれば、総注文件数の 53%がコケーションエリアから発注されている一方、本稿の図 47（下）を見ると、HFT1 と HFT2 の注文が 60%に達していることから、コケーションエリア外のアルゴリズム取引がこの時点で 7%程度（2012 年：7%≒60%-53%）含まれていたが、その差分は徐々に（2015 年：5%≒80%-75%）縮まってきていること。2010 年 1 月の東証 arrowhead の導入により注文処理時間が大幅に短縮されたことは事実であるが、それ以前から証券会社や投資家における取引の自動化は既に開始されており、遅くとも 2010 年当初からアルゴリズム取引は行われていたと考える方が自然である。また、HFT の定義（図 1）を振り返れば、システム化されたアルゴリズム取引はコケーションエリアからの発注を包含していると考えの方が普通であろう。すなわち、上記 2 つはいずれとも、違和感のない考察といえるのではないかと。

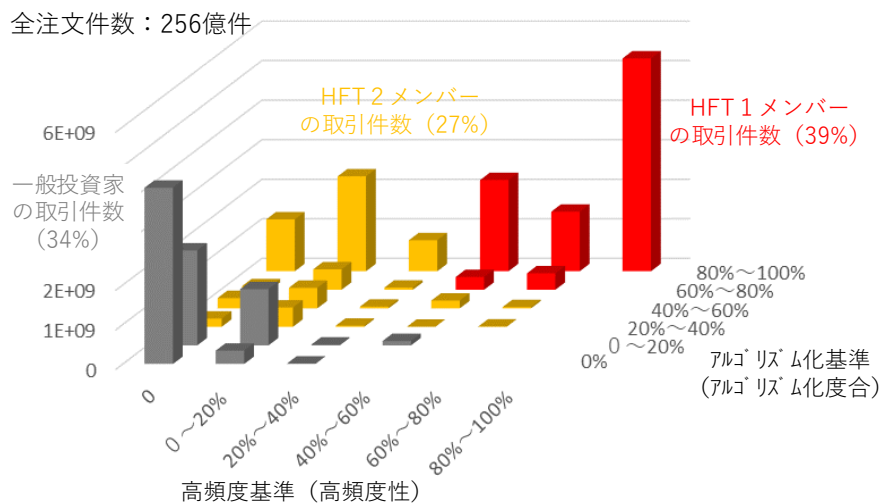


図 46 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの注文件数

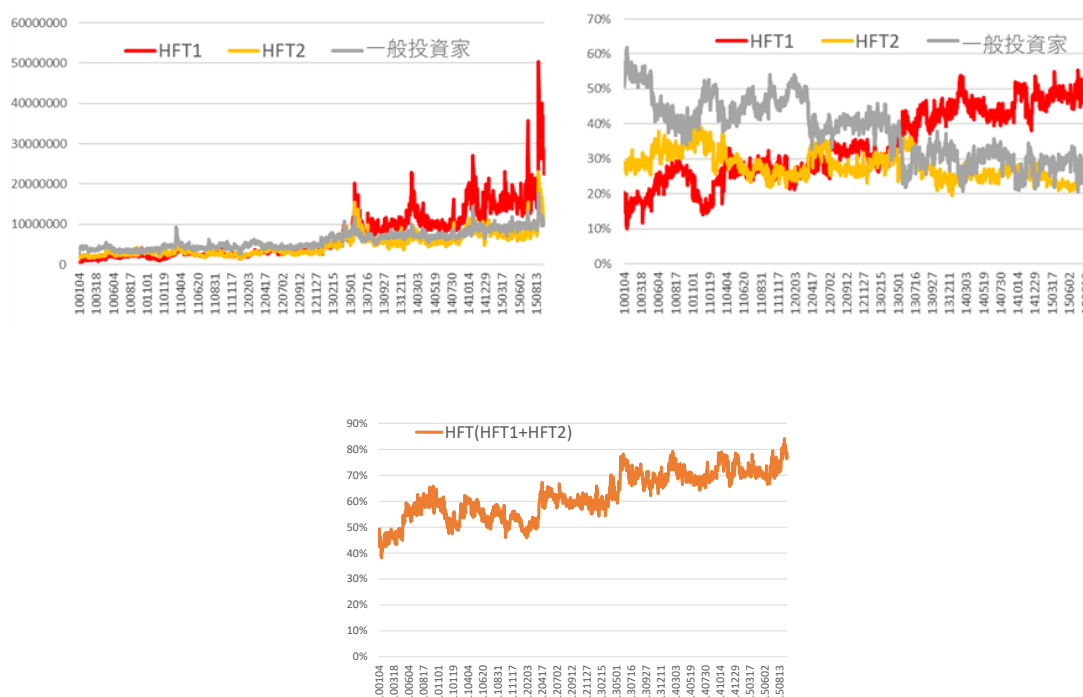


図 47 稼働する仮想サーバの注文件数 (左) と注文件数割合 (右、下)

次に、売買代金について考察してみたい (図 48、49)。全売買代金は約 5484 兆円程度、総注文件数と比べると、一般投資家の比率 (58%) が高い印象を受ける。しかし、一般投資家の売買代金比率は年々減少、反対に HFT の売買代金比率が増加しており、2015 年 9 月には HFT1 のみで約 20%、HFT1 と HFT2 を合算すると 50%前後に達していることから、システム化されたアルゴリズム取引業者による売買代金比率が高まっていることがわかる。この結果は東証の分析と整合的であり、上述の「JPX の最近の取組み」(2018 年、東証) では、2018 年までのコレーション比率の

推移（2010 年が 10%、2015 年が 50%前後）が示されており、2010 年が 10%、2015 年が 50%前後であることから、注文件数同様の考察ができる。更に言及すれば、上述東証資料における「2015 年のコケーション比率」と本稿の比率（図 49（下））はほぼ同じ 50%であり、本稿の「HFT 判定基準（アルゴリズム化基準）」と「コケーション経由かどうかの基準」はかなり近い HFT 判定基準である可能性を示唆している。

図 49 の左図から、一般投資家と比して、HFT1 の売買代金の推移は、総体として相場環境に大きく依存した増減をみせず、比較的安定している様子が窺える。これが意味するところは議論の分かれるところであるが、流動性供給者としての役割を果たしていると分析することも可能であり、特に日本においては 2013 年以降、HFT のプレゼンスが高まってきたこともわかる。

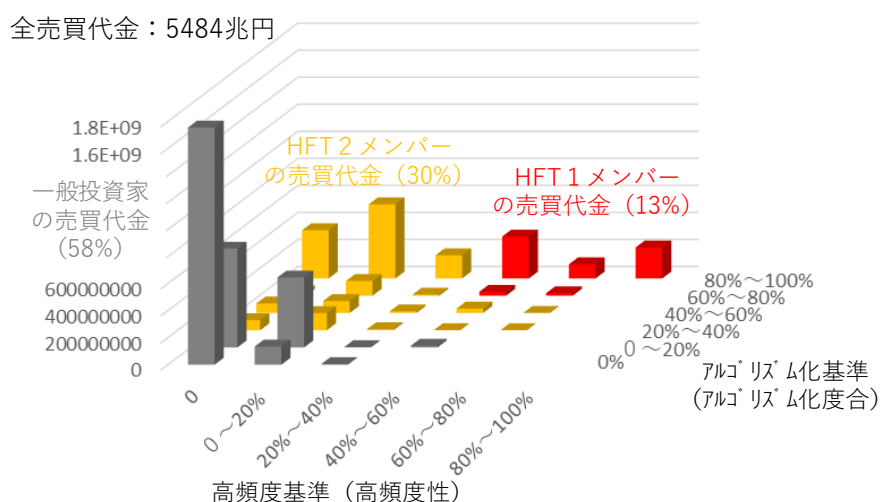


図 48 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの売買代金

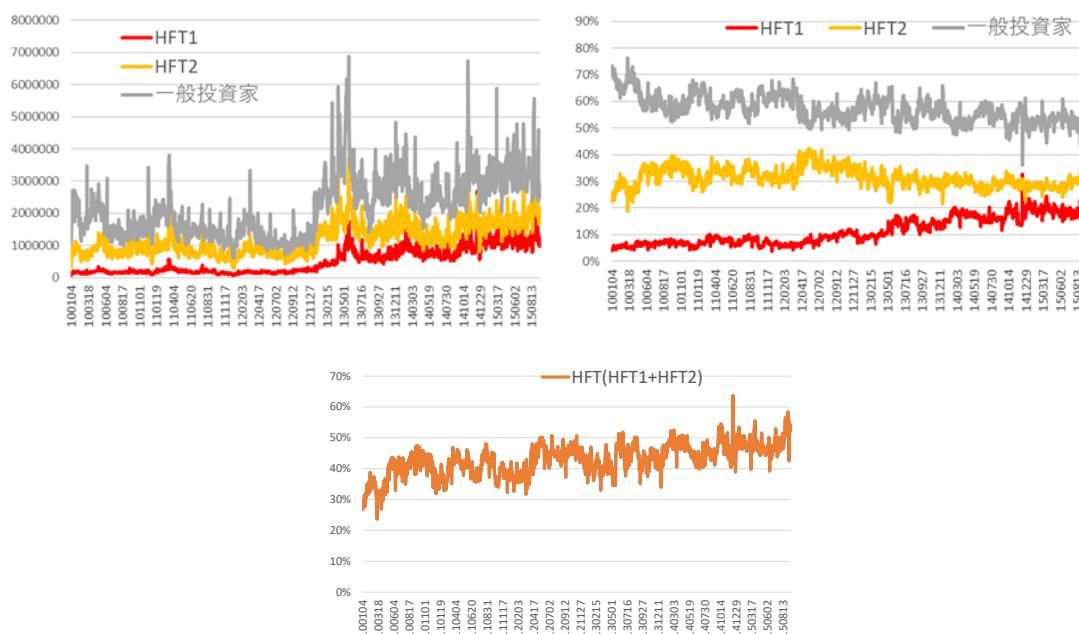


図 49 稼働する仮想サーバの売買代金（左）と売買代金割合（右、下）

4. 2 HFT の取引スタイル① (受付時間中注文と信用取引、空売り注文)

高頻度基準とアルゴリズム化基準により分類された仮想サーバに対して、受付時間中の注文及び信用取引、空売り注文を、全 1404 営業日分集計し、時系列推移と併せて図示する。

まず、受付時間中の注文について考察してみたい (図 50、51)。受付時間中の全注文件数⁴⁹⁾は約 22 億件、そのうち HFT1 と HFT2 による注文が占める割合は、それぞれ 7%、10%で、図 51 の推移からかなり低位で推移している。すなわち、先行研究 (保坂 (2014) 等) と同じく、HFT 業者 (アルゴリズム取引業者を含む) はサーバでの取引を主に行うといえる。

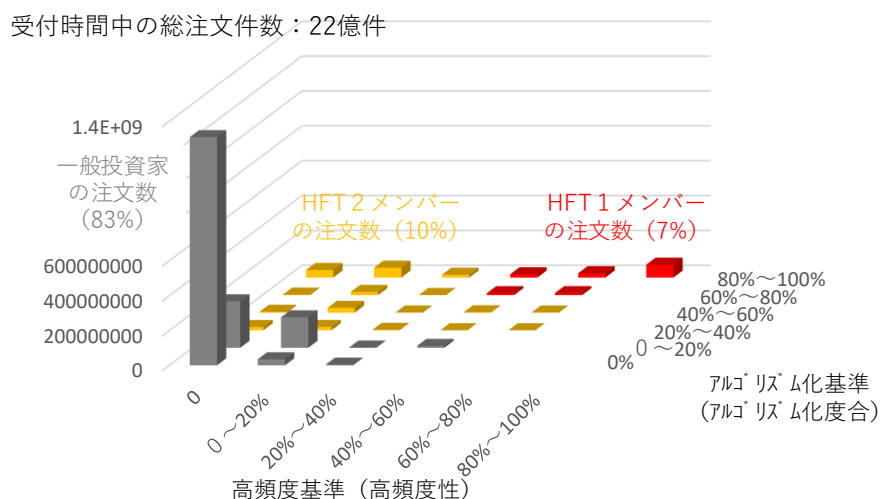


図 50 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの受付時間中の総注文件数

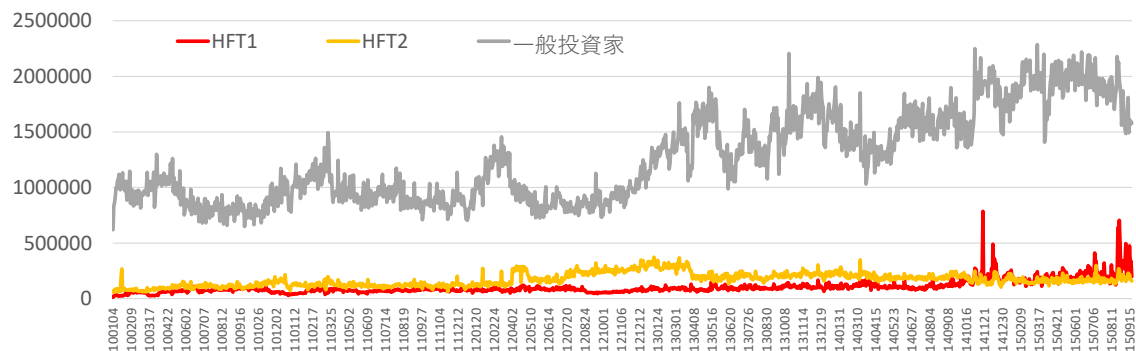


図 51 稼働する仮想サーバの受付時間中の総注文件数

次に、信用取引について考察してみたい (図 52、53)。信用取引総注文件数⁵⁰⁾は約 37 億件、その多くが一般投資家によるもので、HFT1 と HFT2 とともに信用取引注文をほぼ行っていないことが分かる。

⁴⁹⁾ この注文には、新規/変更/取消注文のほかに、失効や取消新規等といったシステム処理上の項目も含まれる。

⁵⁰⁾ 東証業務規程 14 条 1 項 3 号～6 号の規定に基づき発注時に明示が求められるもの。

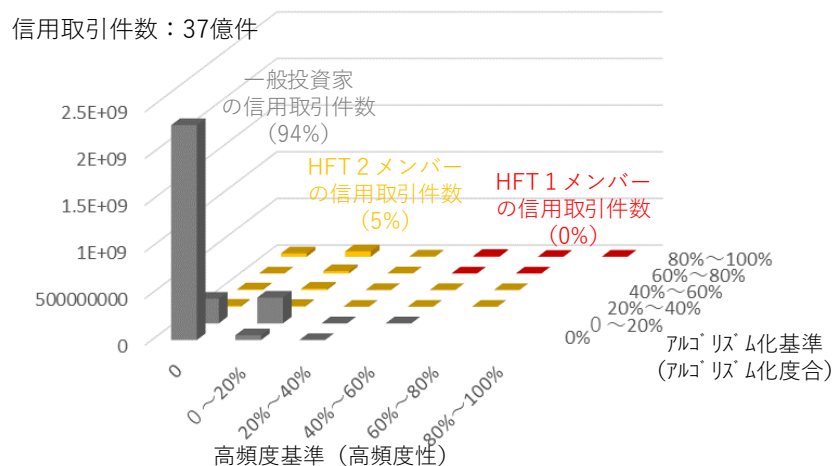


図 52 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの信用取引件数



図 53 稼働する仮想サーバの信用取引件数

最後に、空売り注文について考察してみたい (図 54、55)。空売り総注文件数⁵¹⁾は約 67 億件、その大半が HFT1 の中でも高頻度性及びアルゴリズム化割合が最も高いグループ による空売り注文で占められており、HFT1 による空売り注文が積極的に行われていることがわかる。また、一般投資家の空売りは、全期間で、ほぼ横ばいに推移している。

⁵¹⁾ この注文には、新規注文、変更注文、取消注文のほかに、約定や失効、取消新規等といったシステム処理上の項目も含まれる。

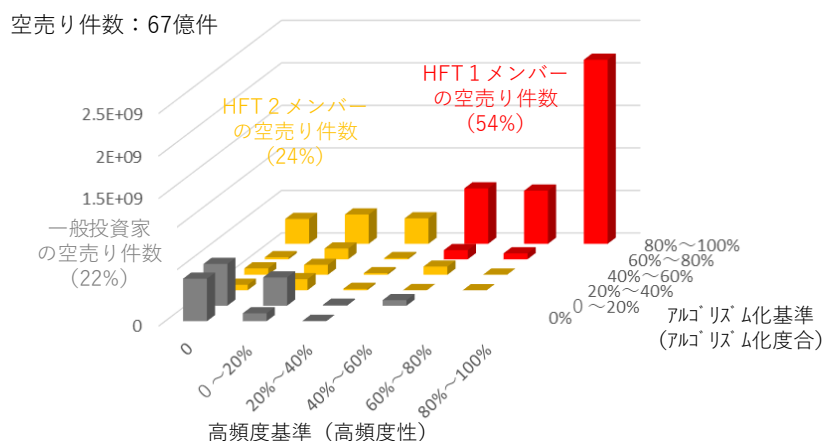


図 54 高頻度性とアルゴリズム化度合に依り配列された仮想サーバの空売り件数

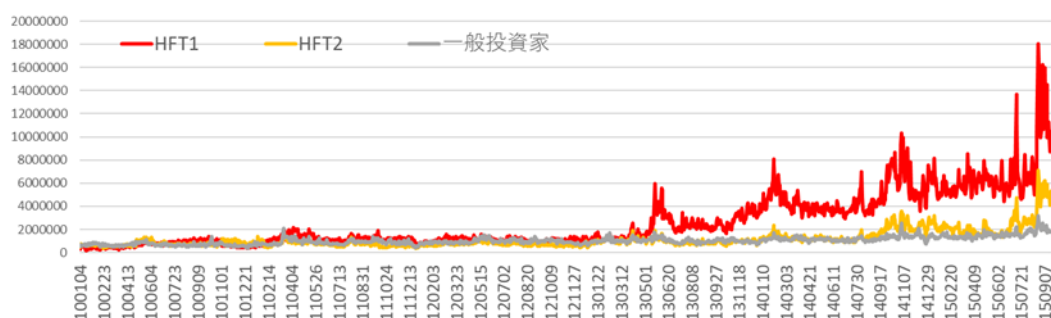


図 55 稼働する仮想サーバの空売り件数

4. 3 HFT の取引スタイル② (IOC 注文、メイク注文とテイク注文)

高頻度基準とアルゴリズム化基準により分類された仮想サーバに対して、IOC 注文、メイク注文とテイク注文を、全 1404 営業日分集計し、時系列推移と併せて、図示する。

まず、IOC 注文について考察してみたい (図 56、57)。IOC の総注文件数⁵²⁾は約 36 億件、HFT1 と HFT2 の占める割合が約 95% となっており非常に高い。特に HFT1 (アルゴリズム化度合が高い非常にシステム化されたアルゴリズム取引) は 80% 以上の割合を占めている。IOC 注文は高頻度取引主体が多用する形態と一般的にいられている。しかし、HFT1 に属し IOC 注文を大量に行うたった 4 つの仮想サーバが、2014 年 12 月 9 日、10 日、11 日の 3 日間稼働しなかったことで、IOC 注文が 400 万件から 100 万件台まで減少する様子が図 57 から見てとれる。IOC 注文件数に関する 4 つの仮想サーバの高いシェアを考慮すると、少なくとも 2015 年 9 月までは、図 57 の HFT1 の軌跡から想像されるほど、IOC 注文が HFT1 全体で行われていたとは言い難い。ただし、アルゴリズム戦略 (Iceberg など) による子注文など隠れた注文の存在を確認する目的で、少額の IOC 注文を高頻度で様々な価格帯に出し、失効 (取消注文など) を繰り返す市場参加者がいるとされてお

⁵²⁾ この注文には、新規注文のほかに、約定や失効といったシステム処理上の項目も含まれる。

り、悪質なものは「ゲーミング」や「フィッシング」と呼ばれる。ダークプールのような注文形態が認められていない東証の注文形式ではあまり考えられないが、いずれせよ、IOC 注文形式で大量に発注し、失効を繰り返す HFT 業者を注視する必要があるかもしれない。

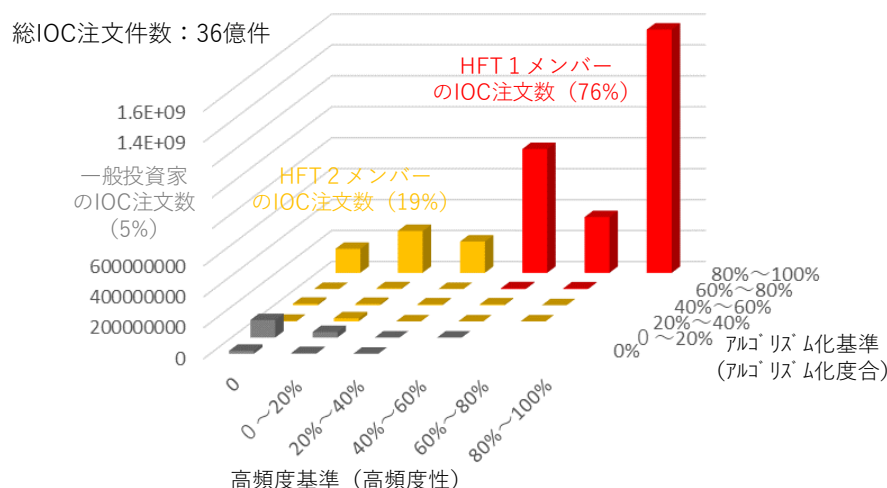


図 56 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの IOC 注文件数

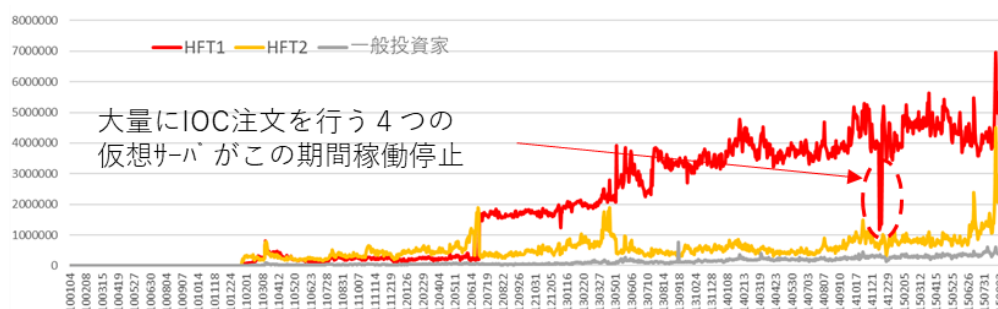


図 57 稼働する仮想サーバの IOC 注文件数

次に、メイク注文とテイク注文について考察してみたい (図 58～59)。メイク注文総数は約 95 億件であり、2014 年 7 月以降は HFT1 の占める割合が急増し約 60%に達している一方、テイク注文総数は約 15 億件であり、HFT1 の占める割合は 20%程度に留まる。HFT1 は売買代金の推移も安定しており (図 49)、かつ、テイク注文に比してメイク注文が多いことから、空売り注文を駆使し (図 54)、少なくとも板に流動性を供給していることは間違いなさそうである。ただし、板に晒した直後に取消注文を行う場合も多く、HFT1 の約定したメイク注文件数に限定するとテイク注文件数との差異があまりない⁵³⁾。また、HFT1 の IOC 注文が多いこと (図 56) から、HFT1 がテイク注文す

⁵³⁾ 板に晒されている指値 (メイク注文) は HFT1 による大量の取り消しを伴うため、約定したメイク注文件数は次のように推計できる；HFT1 のメイク注文件数が 57 億件 (= 95 億件×41% (HFT1)) であるので、HFT1 の約定率を 5%、10%、20%と仮定すると、約定したメイク注文件数は、1.95 億件 (約定率 5%)、3.90 億件 (約定率 10%)、7.79 億件 (約定率 20%) となる。一方、HFT1 のテイク注文件数は次のように推計できる；2.7 億件 (= 15 億件×18% (HFT1))。その差異は、1.95～7.79 億件と 2.7 億件の差となる。

る際は注文情報を板に晒すことなく『テイクする試み』⁵⁴⁾を繰返している点は押さえておく必要がある。いずれにせよ、テイク注文総数の 82%を占める HFT2 もしくは一般投資家の方が潜在的な相場変動を増幅する可能性が高いと考えられるのではないだろうか。

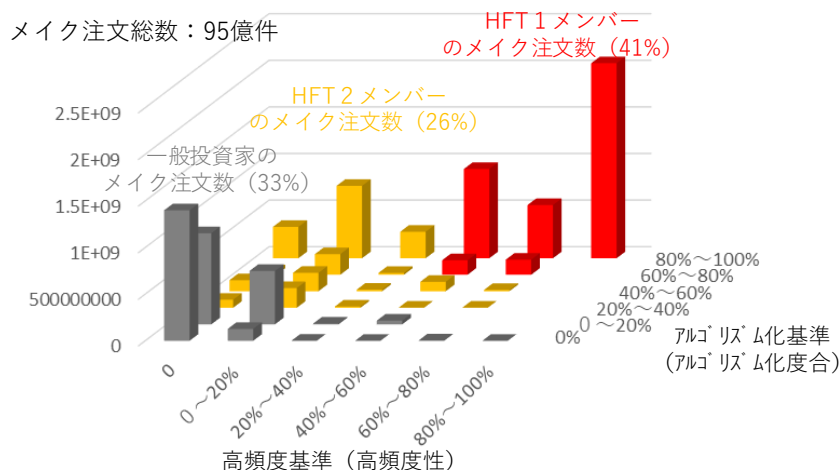


図 58 高頻度性とアルゴリズム化度合に従い配列された仮想サーバのメイク注文件数

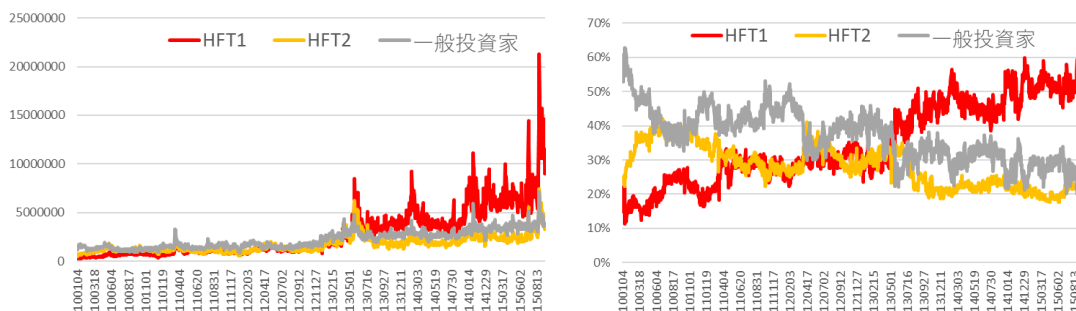


図 59 稼働する仮想サーバのメイク注文件数 (左) とメイク注文件数割合 (右)

テイク注文総数：15億件

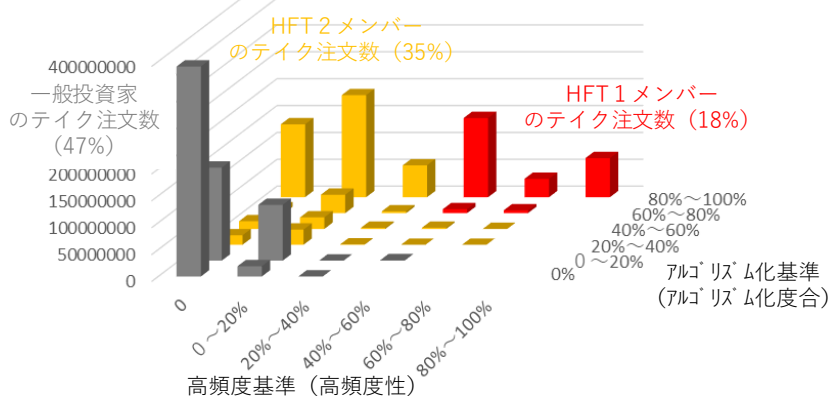


図 60 高頻度性とアルゴリズム化度合に従い配列された仮想サーバのテイク注文件数

⁵⁴⁾ テイクする試み (すなわち IOC 注文で失効した注文) もテイク注文にカウントした検証も行っており、その場合、テイク注文総数の 52%が HFT1 となることから、大量の IOC 注文が板に表示されることなく失効している。

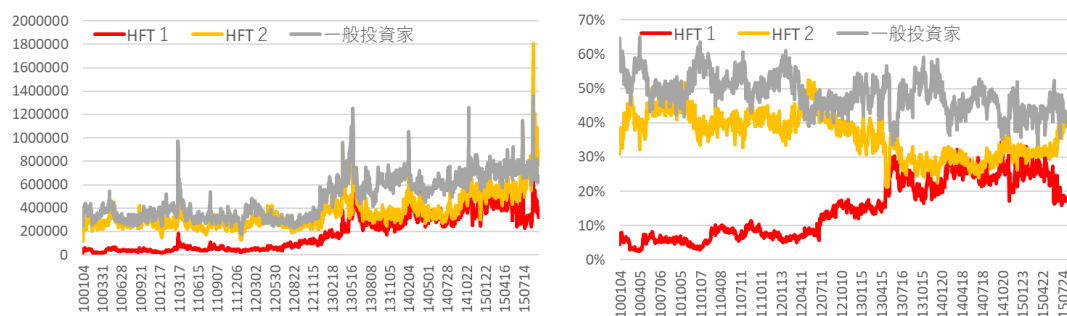


図 61 稼働する仮想サーバのティック注文件数（左）とティック注文件数割合（右）

4. 4 HFT の取引スタイル③（変更注文、約定注文、取消注文）

高頻度基準とアルゴリズム化基準により分類された仮想サーバに対して、変更注文及び約定注文、取消注文を、全 1404 営業日分集計し、時系列推移と併せて、図示する。

まず、変更注文について考察してみたい（図 62、63）。全変更注文件数は約 48 億件、約定率の低さが高頻度基準の HFT 判定基準項目であるため、変更注文は高頻度性が低い範囲（例えば 20%未満）に集まる傾向がある。3.5 節にて言及したとおり、図 29 の上の青囲みのなかに、3.2 節で保坂（2014）基準をアレンジした際無視した、変更注文を多用する仮想サーバが含まれていることがわかる。一方で、新規注文と取消注文を繰り返す HFT1 においても、変更注文を行う仮想サーバが一定数存在することがわかった。

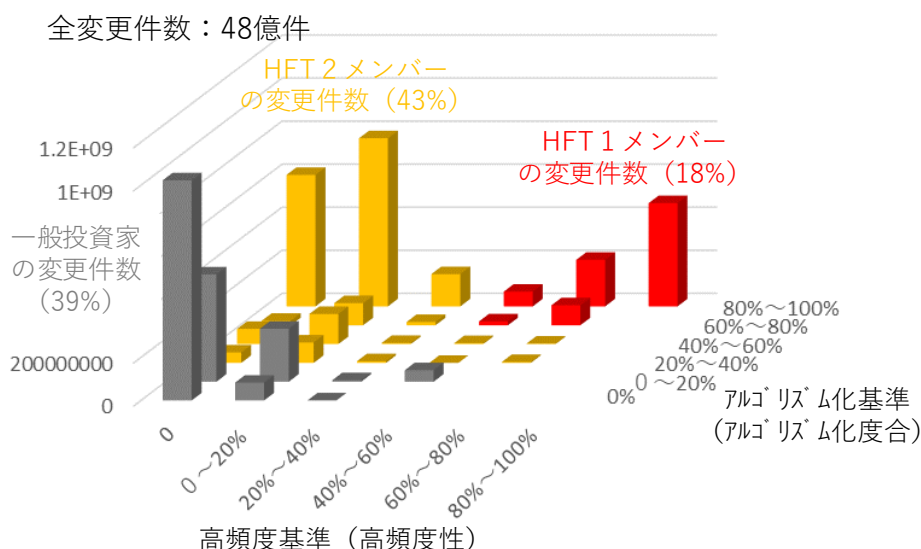


図 62 高頻度性とアルゴリズム化度合に従い配列された仮想サーバの変更件数

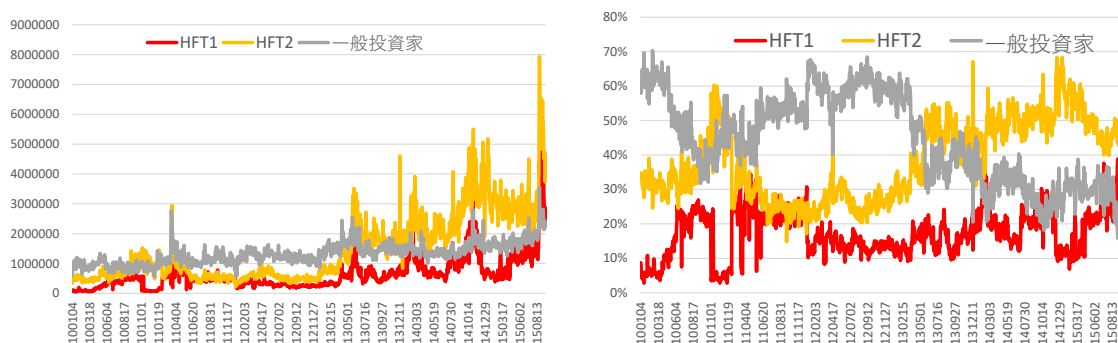


図 63 稼働する仮想サーバの変更件数 (左) と変更件数割合 (右)

次に、取消注文について考察してみたい (図 64、65)。全取消注文件数は約 67 億件、取消率の高さが高頻度基準の HFT 判定基準項目であるため、取消注文は高頻度性が高い範囲に集まる傾向がある。3.5 節でも言及したとおり、HFT1 の取消件数は全体の 55% 程度にとどまり、HFT2 及び一般投資家においても取消注文が行われている。尚、全体的な傾向として、図 62 と図 64 を比較すると、HFT (HFT1+HFT2) は変更注文 (61%) より取消注文 (80%) を選好し、一般投資家は取消注文 (21%) より変更注文 (39%) を選好することがわかる。また、図 65 より、HFT1 の注文件数が増加してきた 2013 年から取消注文が顕著に増加している傾向がみとれる。

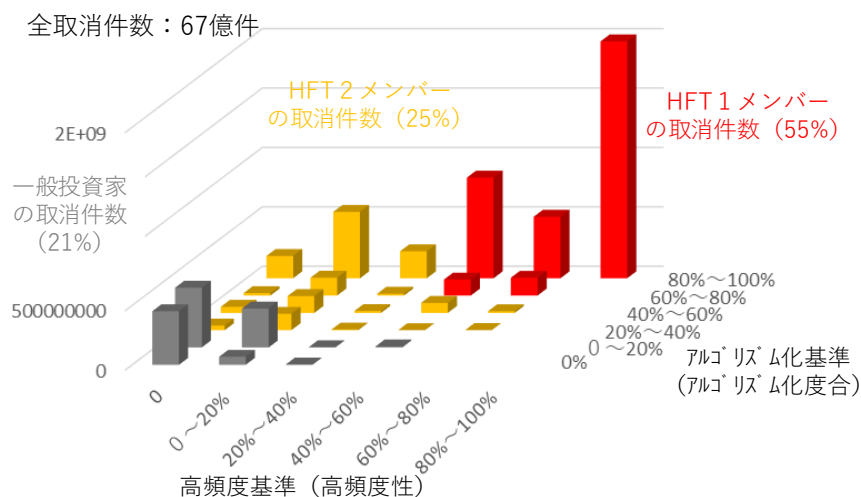


図 64 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの取消件数

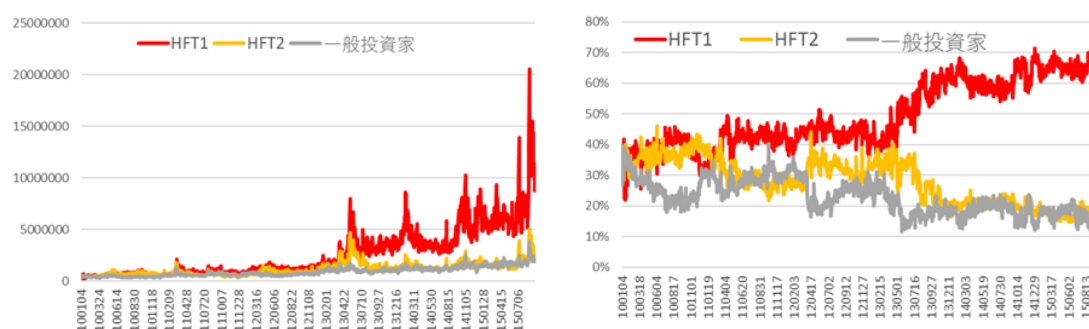


図 65 稼働する仮想サーバの取消件数 (左) と取消件数割合 (右)

最後に、約定件数について考察してみたい (図 66、67)。全約定件数は約 57 億件、約定率の低さが高頻度基準の HFT 判定基準項目であるため、約定件数は高頻度性が低い範囲に集まる傾向がある。図 29 の上の青線囲みに属する仮想サーバの約定件数が少ないことから、その一部を構成する変更注文を系統的に多用している仮想サーバもまた、約定件数が少なく、(取消注文ではなく) 変更注文を繰り返す高頻度性を有している可能性が示唆される。尚、本分析は、東証の分析結果と整合的であり、上述の「JPX の最近の取組み」(2018 年、東証) に 2018 年までの約定件数にかかるコケーション比率の推移が示されているが、本分析と同様に、2010 年が 10~30%、2015 年が 40~50%前後である。

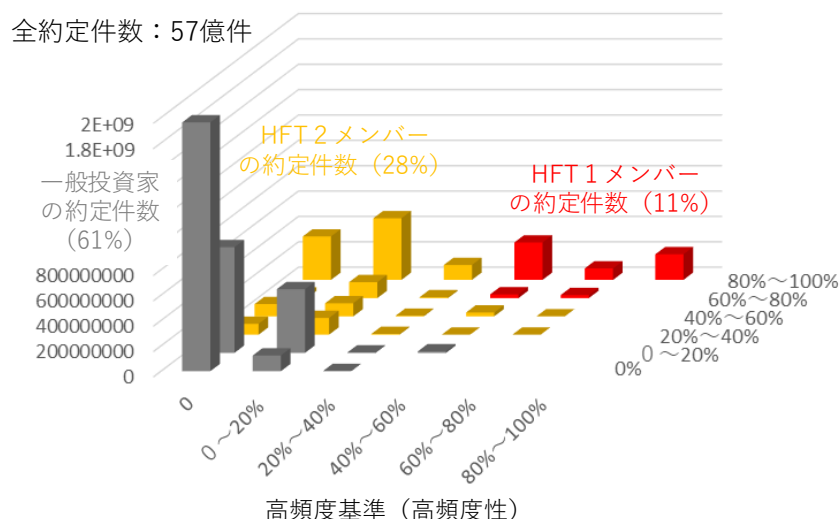


図 66 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの約定件数

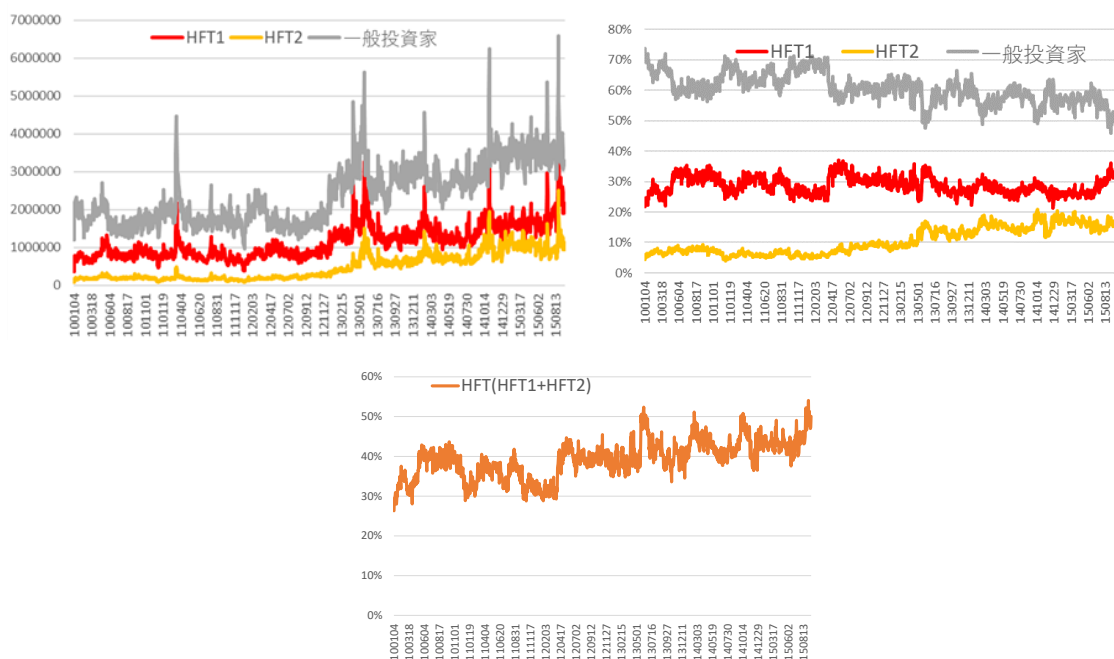


図 67 稼働する仮想サーバの約定件数（左）と約定件数割合（右、下）

4. 5 HFT の取引スタイル④（寄付条件数、不成条件数、引け条件数）

高頻度基準とアルゴリズム化基準により分類された仮想サーバに対して、寄付条件数、不成条件数、引け条件数を、全 1404 営業日分集計し、時系列推移と併せて、図示する。

寄付条件数について考察すると（図 68、69）、寄付条件付き総注文件数⁵⁵⁾は約 2 億件となり、基本的に一般投資家による発注が多い傾向がある。特に、高頻度基準が 40%～60%、アルゴリズム化基準が 0～20%に属する 63 個の仮想サーバ（図 68 中の白色で囲みした灰色の棒グラフ）からの発注が比較的多い点が特徴的である。また、4.4 節までの各種推移とは異なり、2.4 節の図 6 の各条件付き注文件数の日々の総件数の振れ幅が大きい原因は、上記の通り一般投資家の寄付注文が多いという取引行動が一因であることがみてとれる。ただし、一般投資家には、手動注文や成行注文を行わない全投資家が含まれる点に注意してほしい。そして、本稿は HFT に関する研究を主たる目的としているため、これに対するこれ以上の考察は行わない。

⁵⁵⁾ この注文には、新規注文のほかに、約定や失効といったシステム処理上の項目も含まれる。

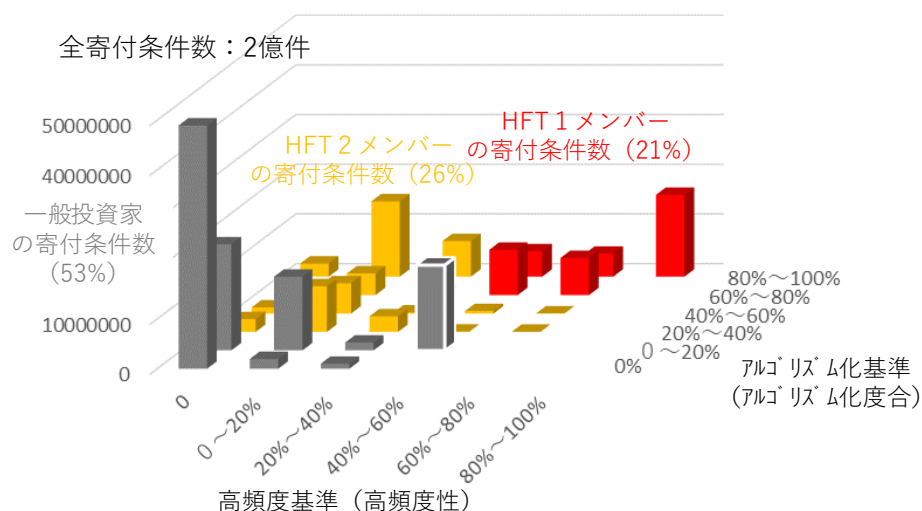


図 68 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの寄付条件数

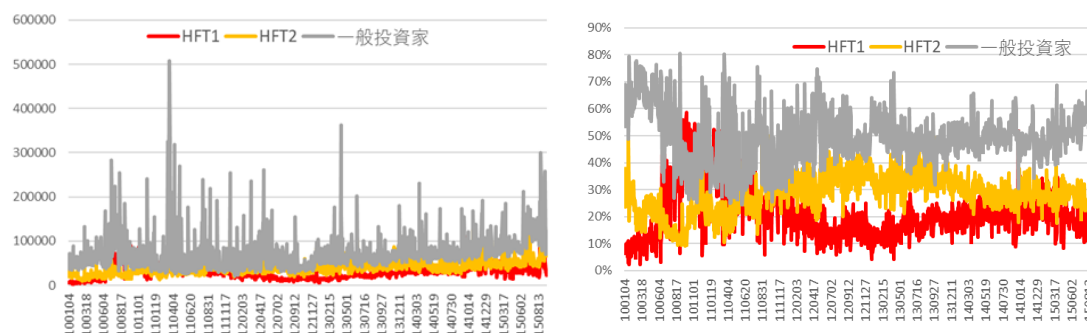


図 69 稼働する仮想サーバの寄付条件数 (左) と寄付条件数割合 (右、下)

次に、不成条件数について考察してみたい (図 70、71)。不成条件付き総注文件数⁵⁶⁾は約 1.2 億件、一般投資家による発注が多い一方で、2012 年頃から一般投資家の比率が徐々に下がってきている。尚、不成条件については 2012 年前後で趨勢が異なることから、2.4 節の図 6 の各条件付き注文件数の日々の総件数の振れ幅が多い原因について、2012 年以前については一般投資家の注文行動、2014 年以降については HFT2 の注文行動がそれぞれ一因となっている様子がみえてとれる。

⁵⁶⁾ この注文には、新規注文のほかに、約定や失効といったシステム処理上の項目も含まれる。

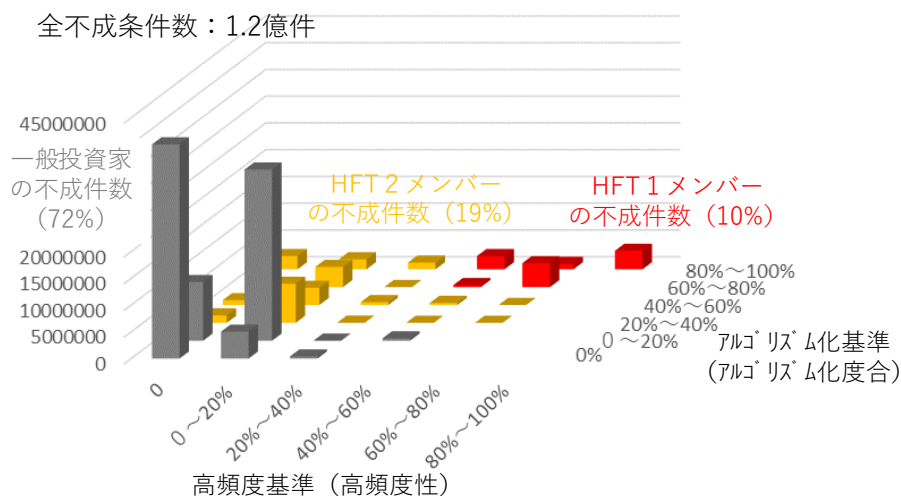


図 70 高頻度性とアルゴリズム化割合に従い配列された仮想サーバの不成条件数

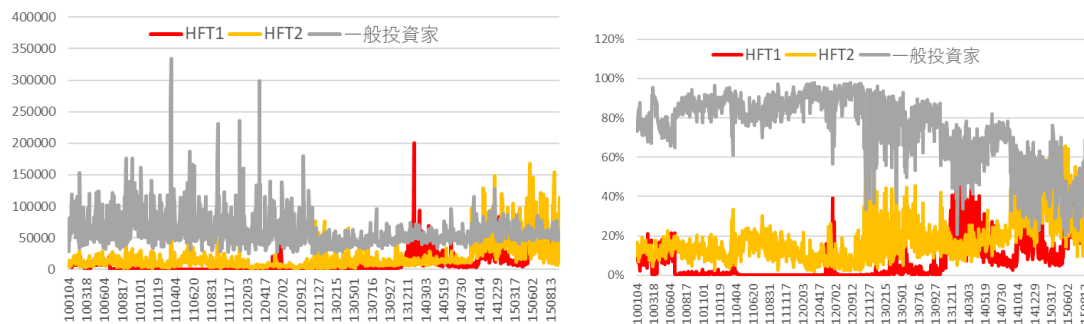


図 71 稼働する仮想サーバの不成条件数 (左) と不成条件数割合 (右)

次に、引け条件数について考察してみたい (図 72、73)。引け条件付き総注文件数⁵⁷⁾は約 7 億件であり、基本的に一般投資家からの発注が過半を占める。ここでも、高頻度基準が 40%~60%、アルゴリズム化割合が 0~20% の 63 個の仮想サーバ (図 72 中の白色で囲みしたグレー部分の棒グラフ) からの引け注文が比較的多いことや、HFT の比率は漸増傾向にあり、期間によっては HFT2 の比率が一般投資家を上回っていることがわかる。

⁵⁷⁾ この注文には、新規注文のほかにも、約定や失効といったシステム処理上の項目も含まれる。

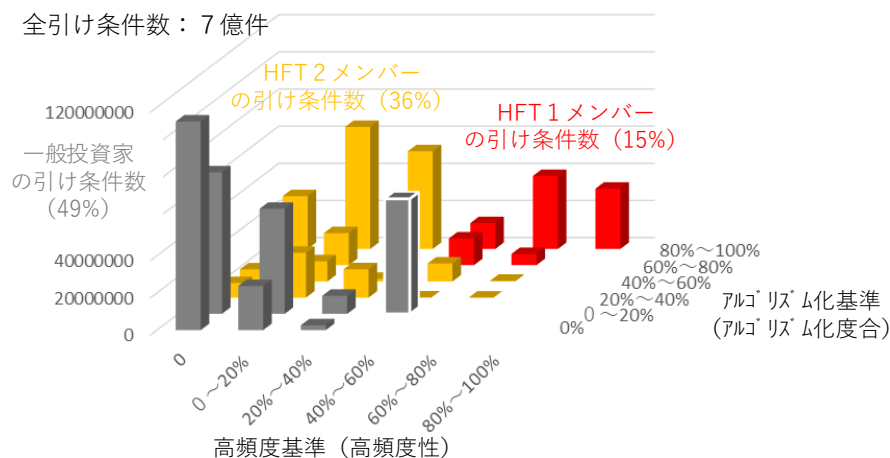


図 72 高頻度性とアルゴリズム化度合に従い配列された仮想サーバの引け条件数

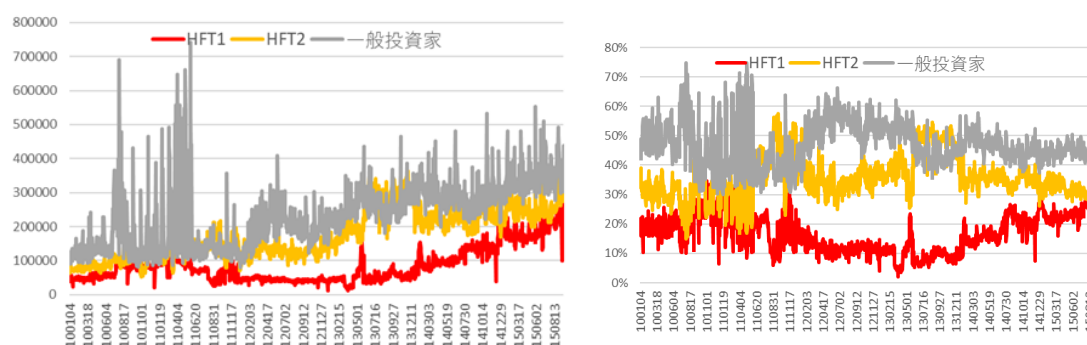


図 73 稼働する仮想サーバの引け条件数 (左) と引け条件数割合 (右)

4. 6 HFT の取引スタイル⑤ (取引銘柄数)

銘柄の規模 (平均売買代金) 別に、各主体がどの程度幅広い銘柄に対して取引注文を行っているか (銘柄カバー率) 調べる。本稿では、全 4114 銘柄を 1 日の平均売買代金で区分し、平均売買代金が 1 億円未満の群を小型株群、1～30 億円未満の群を中型株群、30 億円以上の群を大型株群とする。各群の構成は、大型株群が計 176 銘柄 (176/4114 で 4%)、中型株群が計 1363 銘柄 (1363/4114 で 33%)、小型株群が計 2575 銘柄 (2575/4114 で 63%) となった (図 74)。図 75～図 77 より、HFT1 と HFT2 とともに、大型株群及び中型株群のカバー率が概ね高水準 (90%以上) であり、売買代金の大きい銘柄を選好する傾向があるといえる。他方、小型株群では時期によりカバー率が低水準となる時期もみられるが、概ね 50%以上のカバー率で推移している。こうしたことからすると HFT1 及び HFT2 は相場環境に関らず幅広く株式市場に流動性を供給しているといえるだろう。

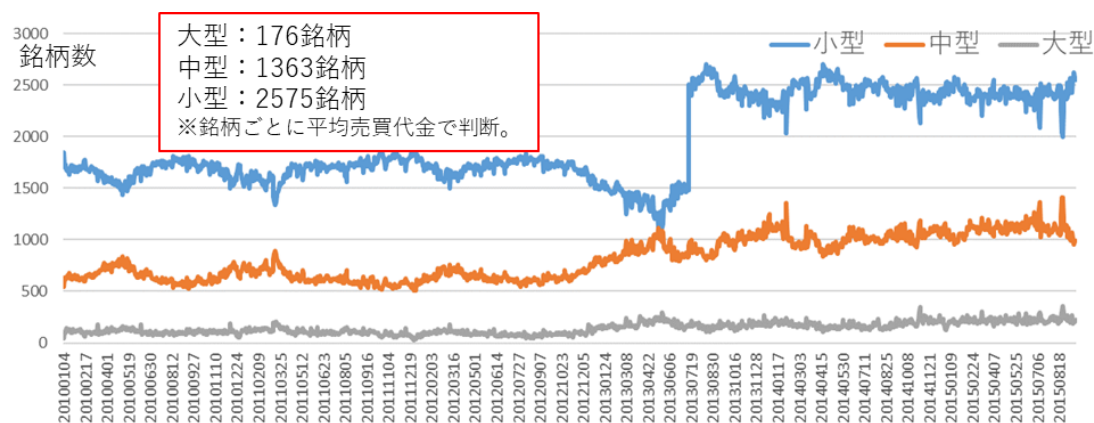


図 74 売買代金規模による銘柄の分類

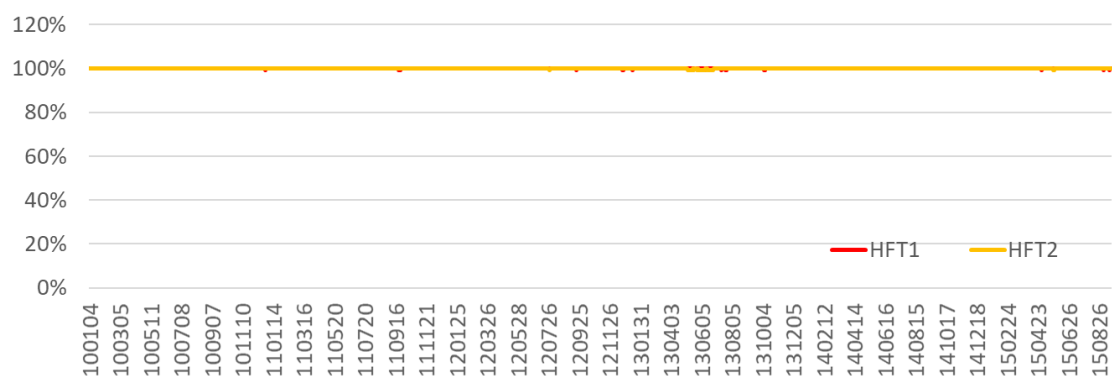


図 75 HFT1 と HFT2 の大型銘柄比率

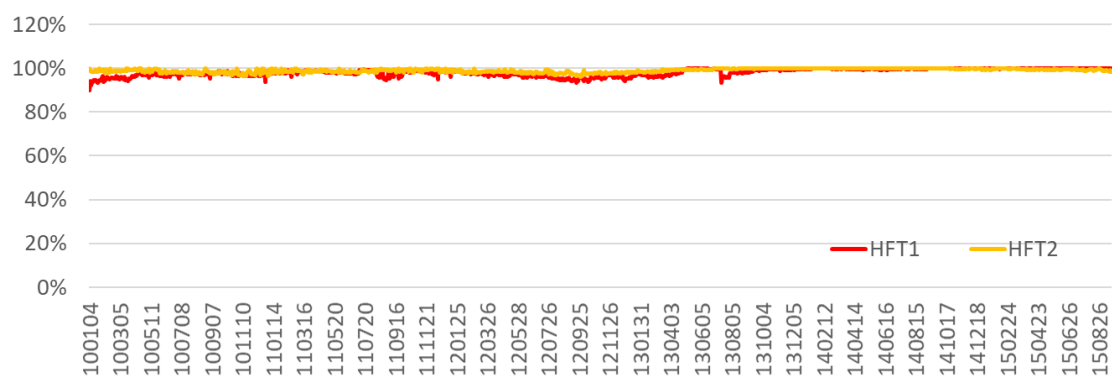


図 76 HFT1 と HFT2 の中型銘柄比率

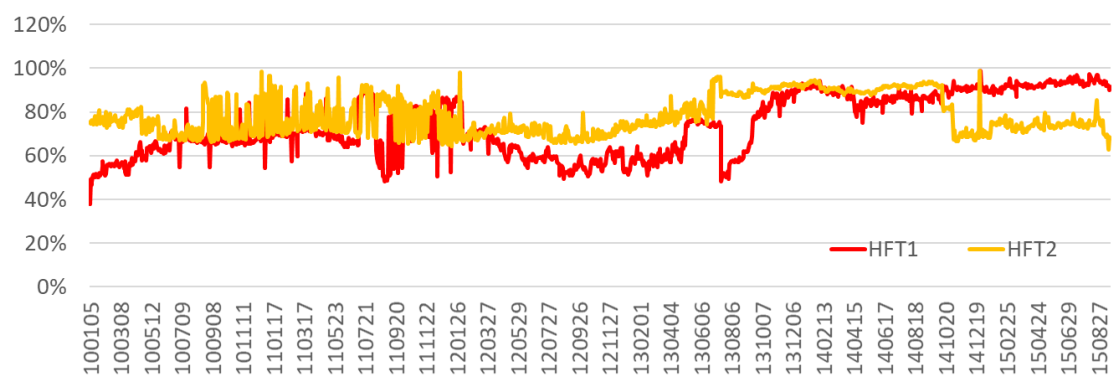


図 77 HFT1 と HFT2 の小型銘柄比率

5. 板（気配値）の再現を通じた個別株分析（トヨタ株）

2010 年 1 月～2015 年 9 月 18 日における各月末日（69 営業日）のトヨタ株の板再現データを用いて、3 章で行った HFT 判定の下、HFT1 と HFT2 及び一般投資家の取引実態を考察してみたい。尚、トヨタ株を検証対象にした理由は、いうまでもなく、日本の上場株式を代表する大型株であり、図 78 のとおり、各主体の注文件数が 4.1 節の図 46（全銘柄に対する仮想サーバの全注文件数）と大差ないことから、株式市場全体の傾向と同様の取引傾向を示唆する銘柄であると位置付けられたためである。当然ながら、様々な銘柄の取引動向を分析することで様々な HFT の戦略分析に寄与すると考えられるが、2.5 節同様、取引参加者の手口情報を意図しない形で明らかにしてしまう可能性があるため、それらは省略する。

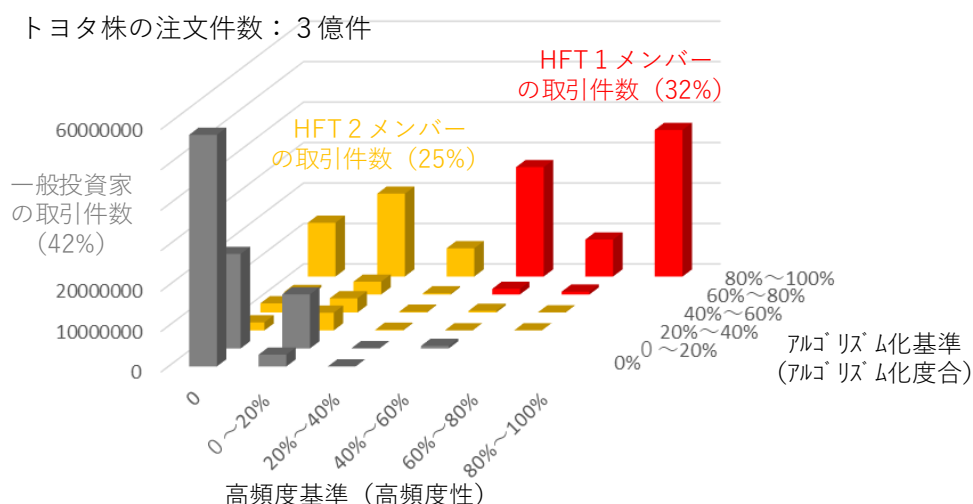
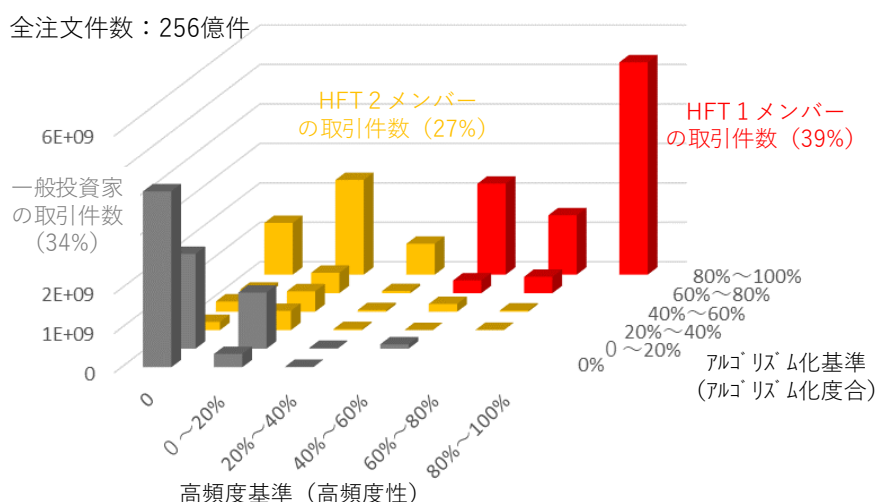


図 78 高頻度性とアルゴリズム化度合に従い配列された仮想サーバのトヨタ株における注文件数



(再掲) 図 46 の (高頻度性とアルゴリズム化度合に従い配列された仮想サーバの注文件数)

5 章では、板（気配値）の再現を行い、各主体の発注状況を最良気配（BBO）の状況や板の厚みから分析する。そこで、トヨタの株価の推移及び呼値の刻みをここで図示しておきたい（図 79）。東証ルール変更によって呼値の刻みが 1 円に縮小した 2014 年 1 月 14 日以前、トヨタの株価の刻みは、3000 円以下が 1 円、3000 円～5000 円が 5 円、5000 円以上が 10 円であった。即ち、呼び値は 1 円であった期間は、2010 年 9 月前後、2011 年 7 月から 2012 年 1 月、そして、2014 年 1 月以降が、1 円刻みの期間である（図 79 のピンク色の範囲）。

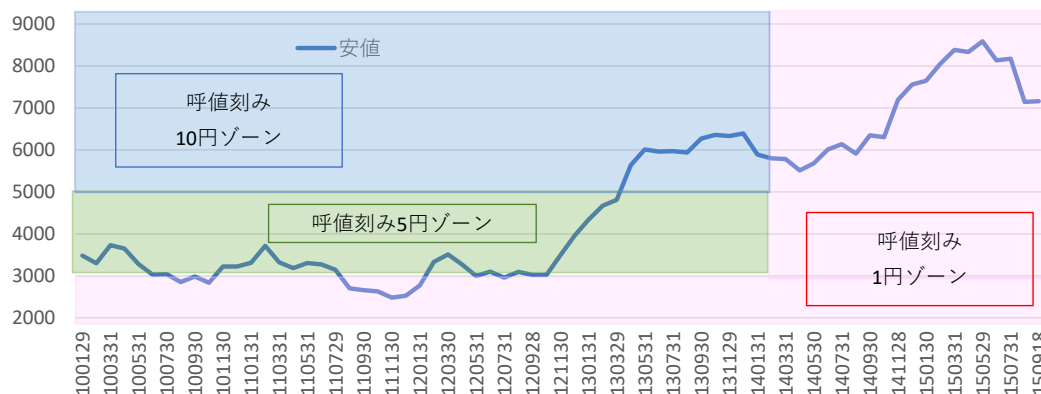


図 79 トヨタの株価と呼値の刻み（2010 年～2015 年）

5. 1 トヨタ株の主体別注文状況

トヨタ株の売買代金及び取引件数の推移を俯瞰すると、図 80 の通り、売買代金は増加しており、2013 年以前の呼値の刻みが不連続に 1 円になる期間（ピンク囲み）で際立った特徴は見られない。図 81 の各主体別（HFT1 か、HFT2 か、一般投資家か）売買代金の割合をみると、HFT1 の比率が多少増加してきているが、刻み値が変わる価格帯で大きな変化はみられない。

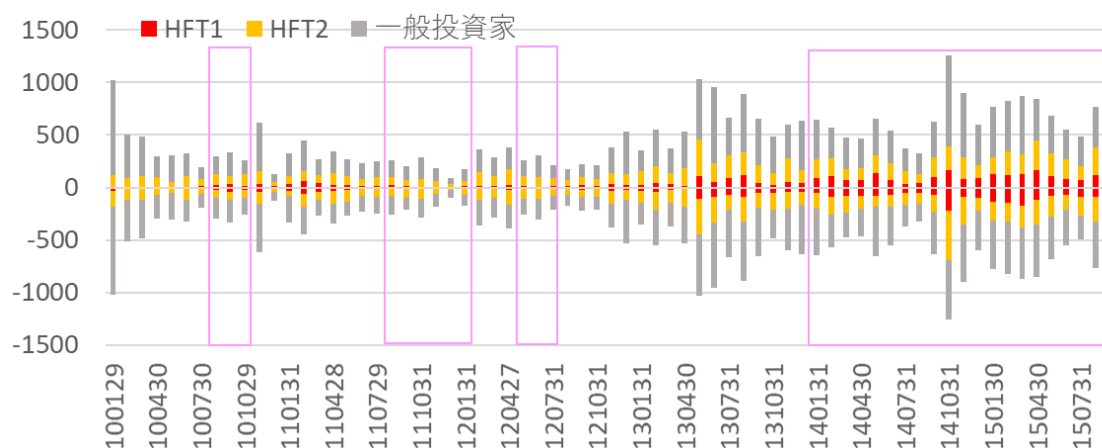


図 80 売買代金（プラス：売り、マイナス：買い）

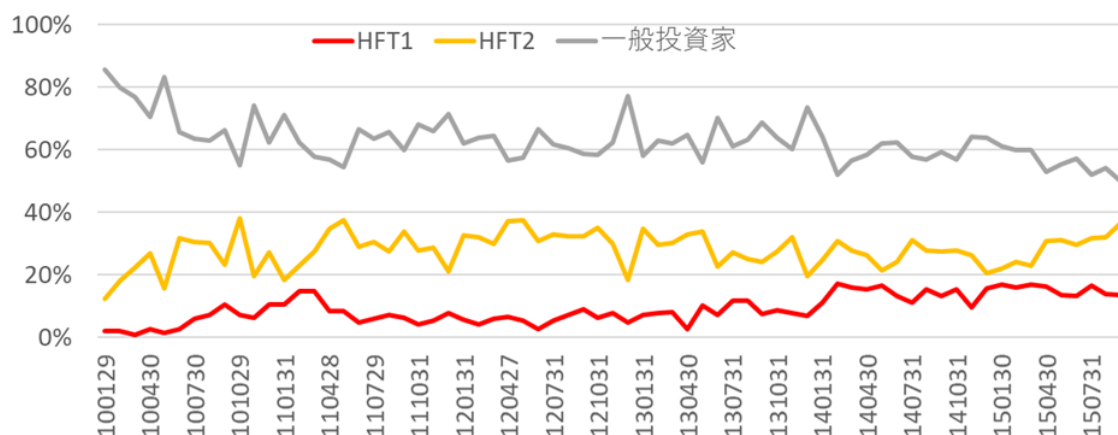


図 81 各主体別売買代金比率

次に、トヨタ株の注文件数についても、主体別動向を図示する（図 82 と図 83）。売買代金と同様、注文件数は増加傾向にあり、特に、図 83 からわかる通り HFT1 の比率が顕著に増加している。ただし、4.1 節で指摘したように、HFT1 の売買代金割合の増加幅は限定的であるといえる。注文件数を細分化し、新規注文件数と変更注文件数及び取消注文件数の動向は図 84, 85, 86 の通り、約定件数の動向は図 87 の通りである。各件数から読み取れる各主体の動きは、4.4 節同様といえる。図 88 の IOC 注文の推移も 4.3 節同様に、HFT1 を中心に増加し、一般投資家による IOC 注文はほぼ見られないことがわかる。また、図 89, 90 から売買高の推移および、関与率⁵⁸⁾に大きな変化は見られない。

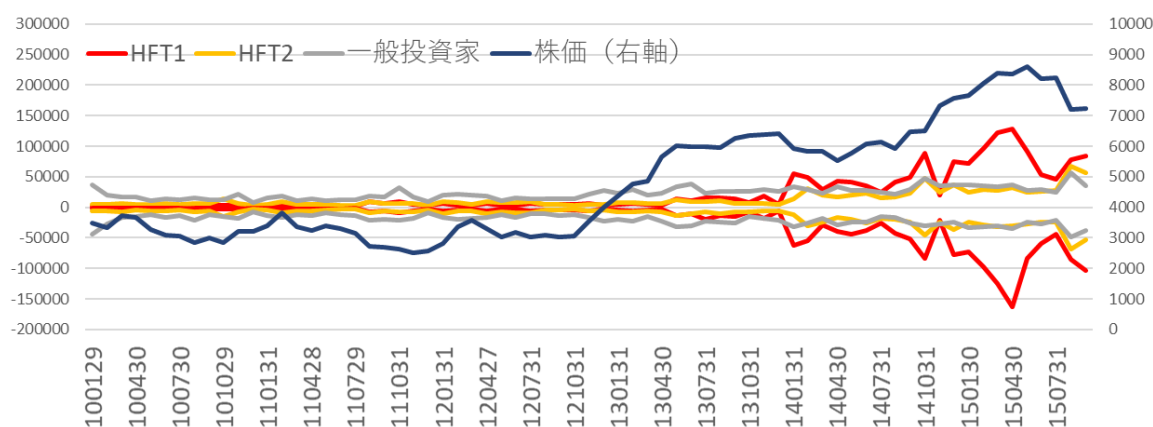


図 82 注文件数（プラス：買い、マイナス：売り）と株価

⁵⁸⁾ 関与率は、売買高に占める仮想サーバ（背後に、投資家）の買付（売付）株数の割合を示すもの。銘柄 A の仮想サーバ B の関与率が 30% の場合、（銘柄 A に対する仮想サーバ B の売買高） / （銘柄 A の全売買高） = 30% という計算になる。これにより、1 日の株価上昇（下落）に対する仮想サーバの買付（売付）の影響度合いを示す目安となる。

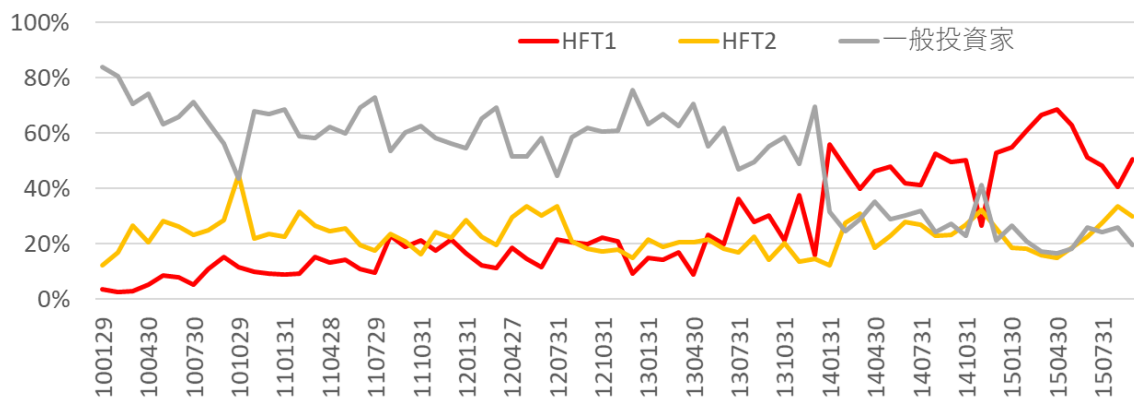


図 83 注文件数比率

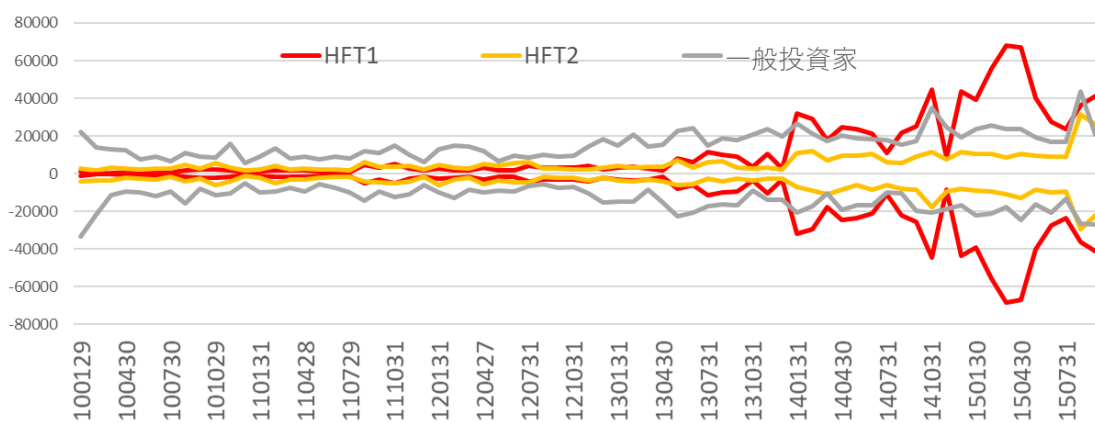


図 84 新規注文件数（プラス：買い、マイナス：売り）

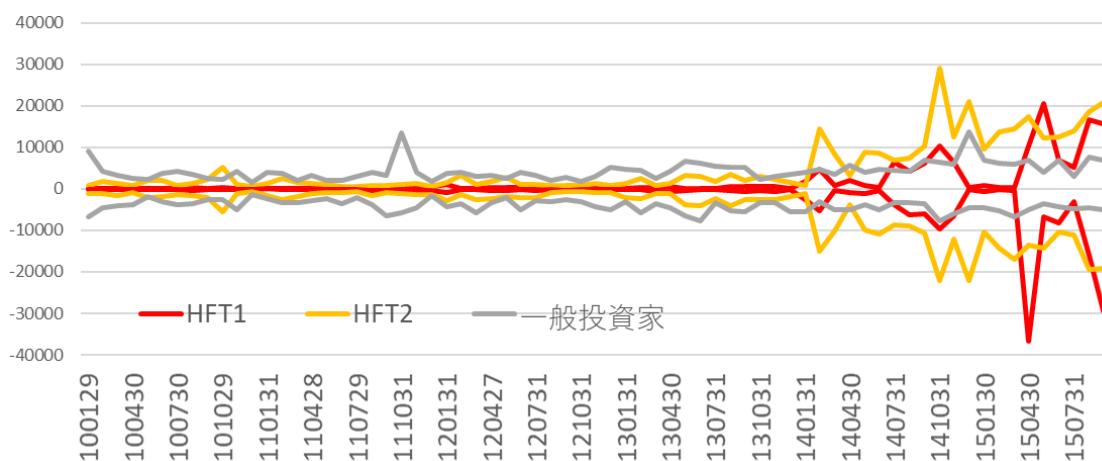


図 85 変更注文件数（プラス：買い、マイナス：売り）

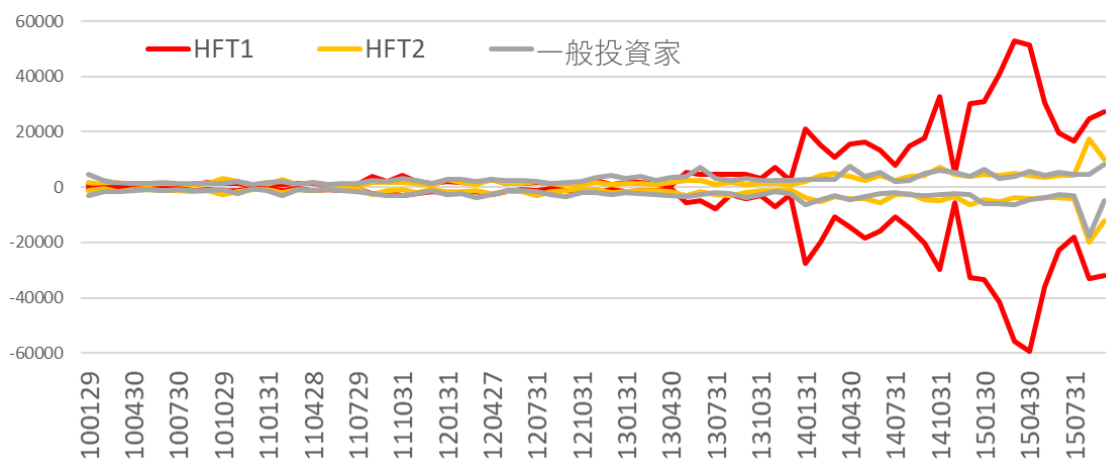


図 86 取消注文件数 (プラス：買い、マイナス：売り)

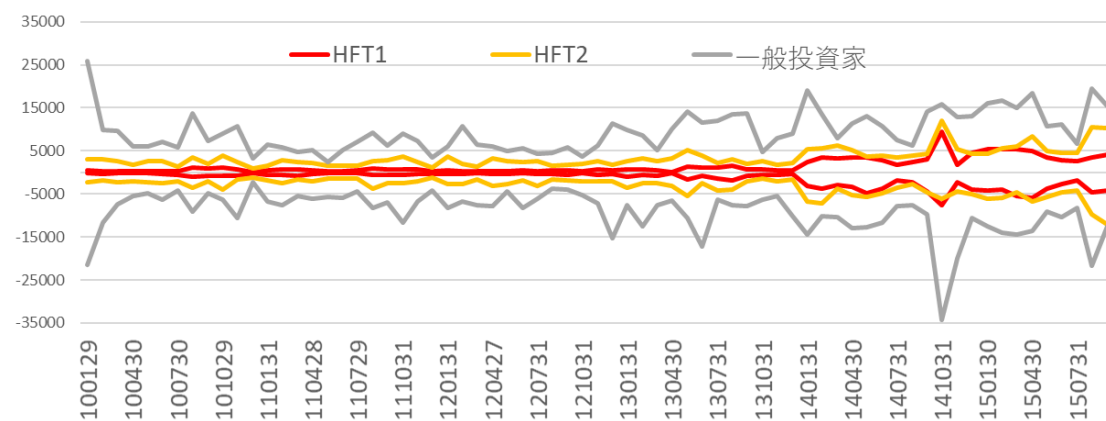


図 87 約定件数 (プラス：買い、マイナス：売り)

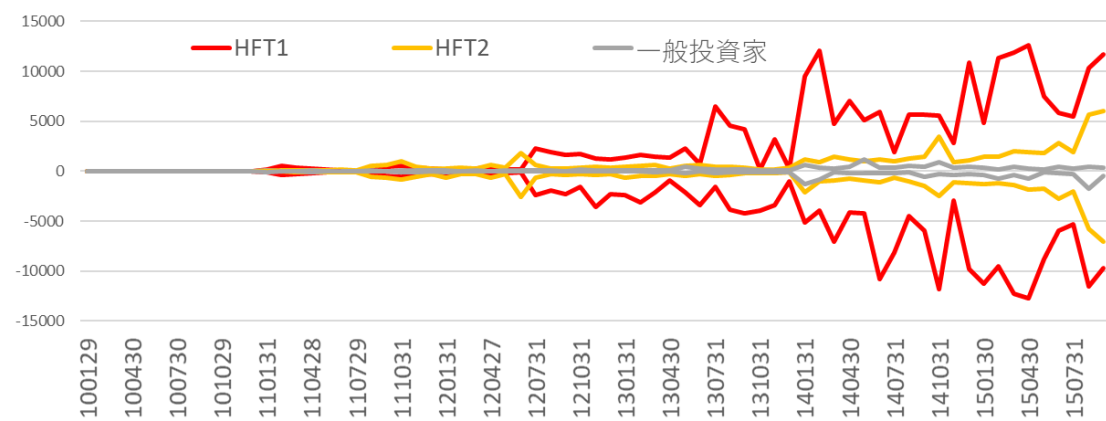


図 88 IOC 注文件数 (プラス：買い、マイナス：売り)

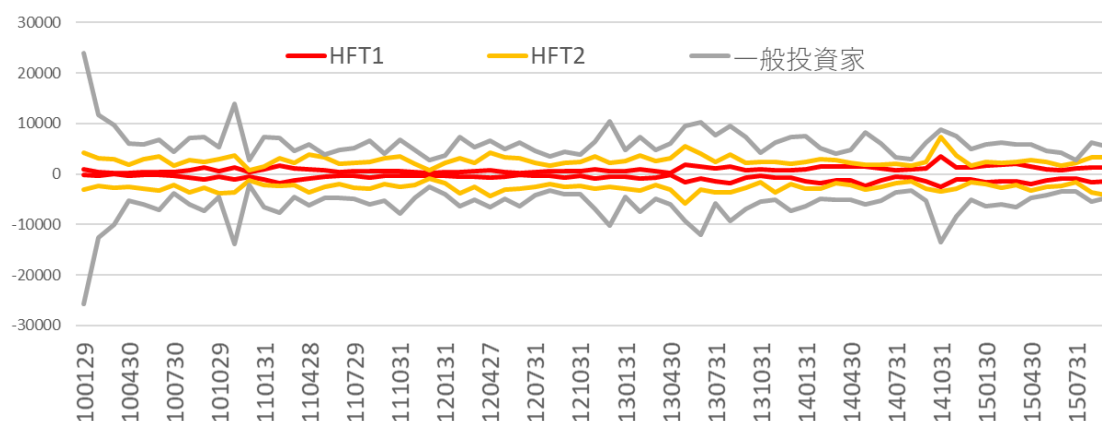


図 89 売買高 (プラス：買い、マイナス：売り)

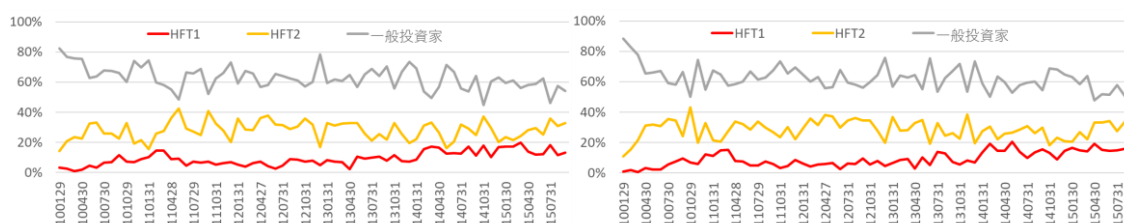


図 90 関与率 (左：買い、右：売り)

5. 2 トヨタの株価変動に与えた主体別影響度分析

本節では、トヨタ株の価格変動を積極的に高めた主体を特定するため、売り下がり（上がり）と買い上がり（下がり）値幅に着目する。株価は1日のうちに何度も値上がり（下がり）を繰り返す。本稿では「売り下がり（上がり）値幅」とは、各主体が売り付けをして株価を引き下げた（引き上げた）際の値幅の累計⁵⁹⁾とし、買い上がり（下がり）値幅とは、各主体が買付けをして株価を引き上げた（引き下げた）際の値幅の累計とする。例えば、価格変動が図 91 で、ある主体が売付けた結果、ピンク色に株価を2回下げたとすると、この主体の売り下がり値幅は、 $(10 \text{ 円} - 9 \text{ 円}) + (11 \text{ 円} - 8 \text{ 円}) = 4 \text{ 円}$ となる。

⁵⁹⁾ 売り注文による株価下落幅の合算であり、ここでいう売り注文の対象は板をとる（テイク）売注文に限定される。

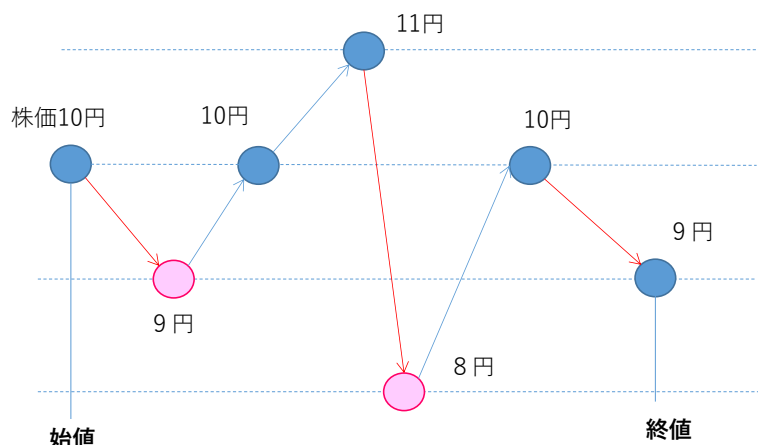


図 91 価格変動のイメージ (主体 A の売付で下がった価格：ピンク色)

図 92 から、主に、売り下がり/買い上がりが生じる売買を行っていた主体は、一般投資家であることがわかる。特に、13 年 4 月から 14 年 1 月の期間（呼値の刻みが 10 円になった局面（青点線囲み））で株価を大きく変動させている。一方、売り上がり/買い下がりに関しては、各主体で大差はないが、売り上がり/買い下がりには、直前に最良気配値内への指値注文が行われて発生しうるもので、図 92 と図 93 の縦軸を比較すると、売り下がり/買い上がりによる値動きの方が大きいことが分かる。

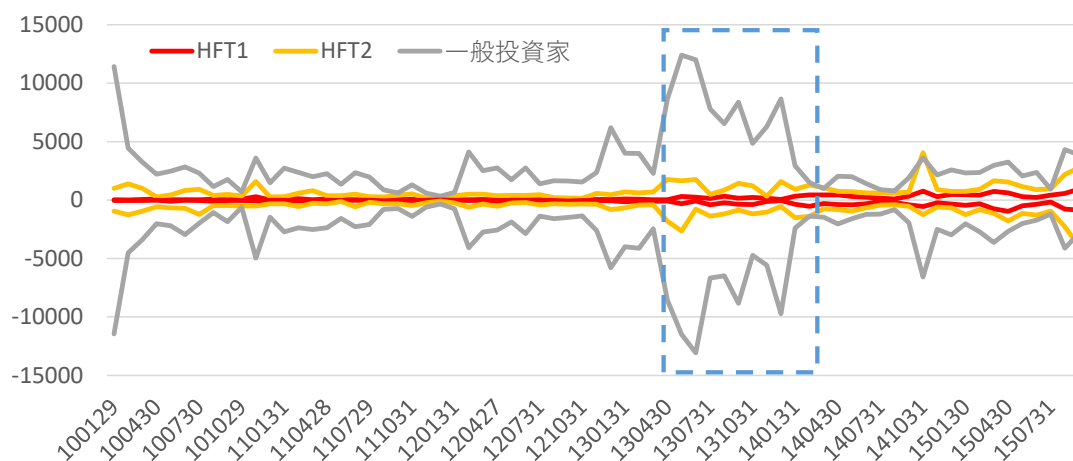


図 92 売り下がり値幅（マイナス）と買い上がり値幅（プラス）

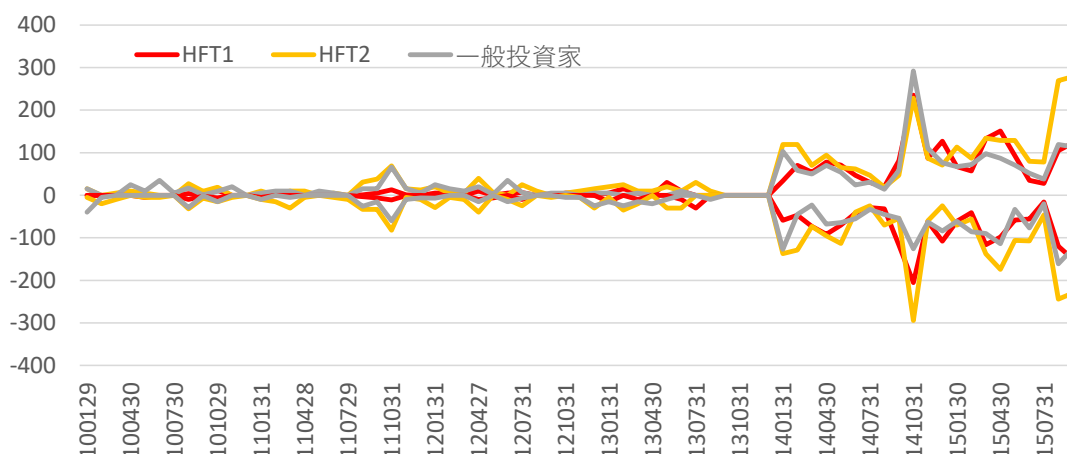


図 93 売り上がり値幅（プラス）と買い下がり値幅（マイナス）

5. 3 板（気配値）の再現に基づく、主体別注文発注状況

5.3 節では、2010 年 1 月～2015 年 9 月 18 日の月末日（69 営業日）におけるトヨタ株の日中の板（気配値）を再現し、板の厚み及び最良気配値から各主体の注文発注状況を分析する。詳細な分析内容は後述するとして、まず、図 94 にて、本節で得られた結論を図解しておきたい。概括すると、板の厚みを供給している大宗は一般投資家であり、HFT は最良気配値付近に発注する傾向がある。HFT の売買代金に占める比率は約 4 割（図 81）に達していたが、板の厚みへの貢献は低く、HFT の板占有率は全体の 10%にも満たない（図 101）。つまり、HFT は最良気配値付近に注文を行うことで（図 103）、約定する確率を高め、売買代金比率（約 40%）を押し上げているといえる。

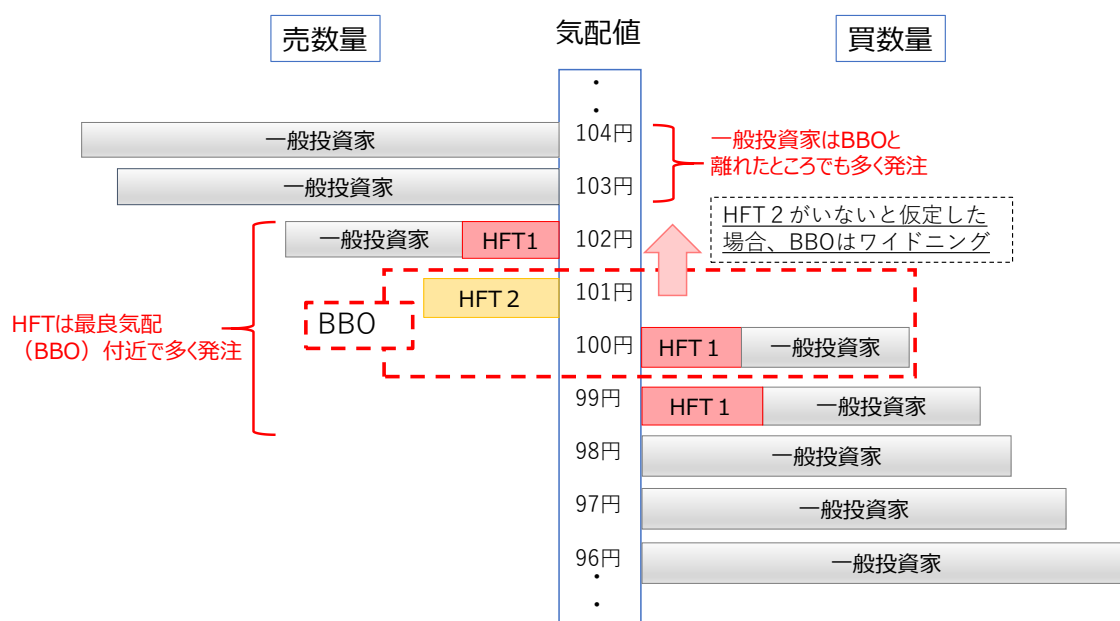


図 94 本節の結論のイメージ図

5. 3. 1 板の厚みへの主体別貢献度

まず、2010 年 3 月 31 日と 2013 年 3 月 29 日、2015 年 8 月 31 日の板を再現し、主体別に、板の厚みの推移を 1 本値⁶⁰⁾ (赤塗)、2～3 本値 (黄色塗)、4～8 本値 (青塗)、9 本値以上 (灰色塗) に分けて、図示する (図 95～図 97)。プラスは売り板情報、マイナスは買い板情報とする。

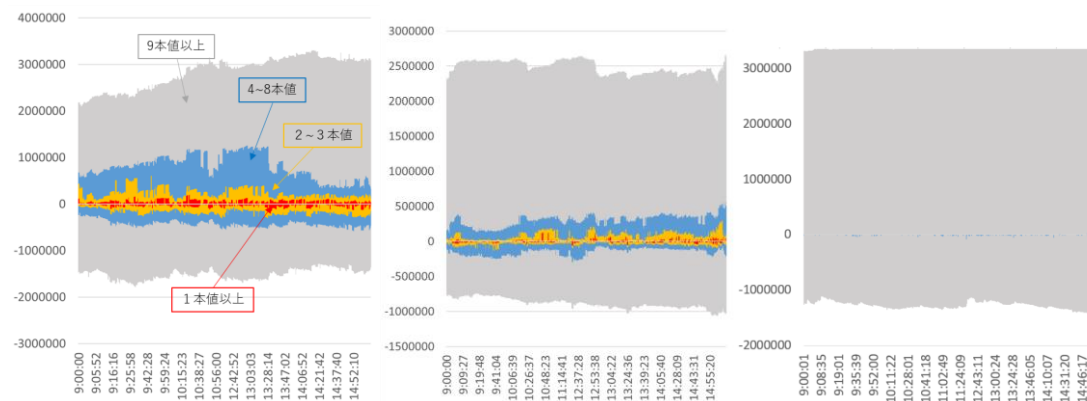


図 95 一般投資家の注文発注状況 (右: 20100331、中央: 20130329、左: 20150831)

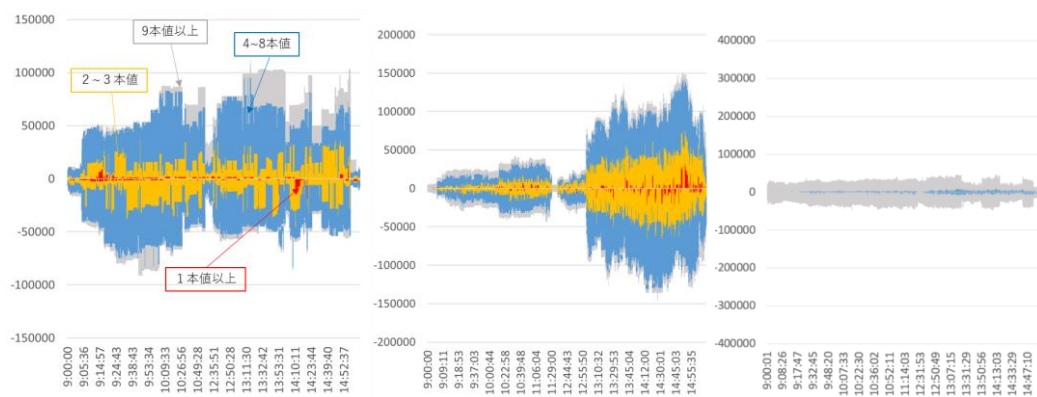


図 96 HFT1 の注文発注状況 (右: 20100331、中央: 20130329、左: 20150831)

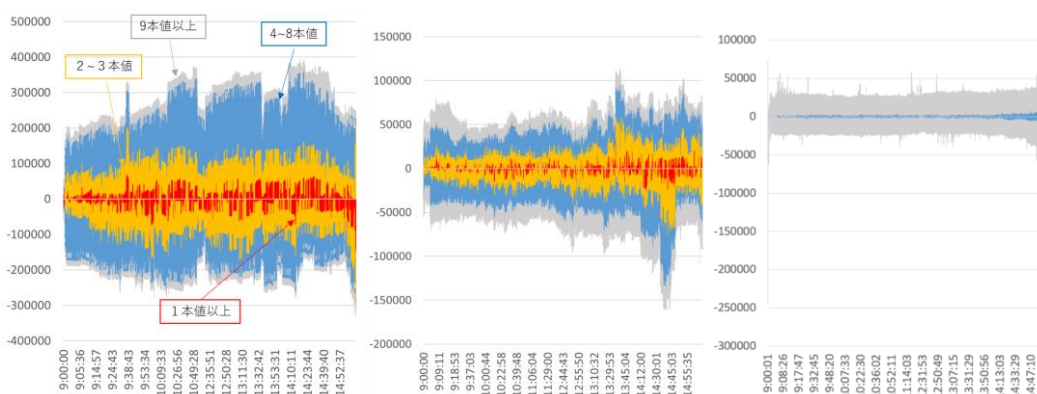


図 97 HFT2 の注文発注状況 (右: 20100331、中央: 20130329、左: 20150831)

⁶⁰⁾ 全板の一本目の板 (気配値) であり、売り/買いの板の最良気配値を指す。

一般投資家の注文は板の 9 本値以上（最良気配値から離れた板への注文）が多く、HFT1 と HFT2 の注文は 8 本値以内（最良気配に近い板）が多いことは一目瞭然である。そして何よりも、一般投資家の発注量（図 95 の縦軸）は HFT1 及び HFT2 の発注量（図 96 と図 97 の縦軸）を圧倒している。また、図 96 の 2010 年 3 月 31 日と 2013 年 3 月 29 日に関しては、HFT 1 は前場・後場の引けに向けてポジションを手仕舞っている様子もみられる。尚、2010 年 3 月 31 日と 2013 年 3 月 29 日の呼値の刻みが 5 円である一方、2015 年 8 月 31 日は呼値の刻みは 1 円であるため、前者の 1 本値は 5 円、後者の 1 本値は 1 円を意味することとなり、板の本数という分析では、2015 年 8 月 31 日の分析結果は他の分析結果と比較できない。次に、日次で、板の 1 本値、2 ～ 3 本値、4 ～ 8 本値、9 本値以上の発注量の平均をとり、2010 年 1 月～2015 年 9 月 18 日の各月末日（69 営業日）の注文状況を、主体毎に図示する（図 98～図 100）。図 95～図 97 と同様、HFT は板の 8 本値以内（最良気配値に近い板）への注文発注が多い傾向がある。特筆すべきは、呼値の刻みが 1 円に細くなる局面（ピンク囲み）で、特に HFT2 の発注量が減少する（ピンクの点線囲み）傾向である。この傾向は 2014 年 1 月、刻みが 1 円へと移行した後は、HFT1 でも見られている（ピンクの点線囲み）。これらの分析から、HFT 業者（アルゴリズム取引戦略を含む）は、呼値の刻みが小さくなる局面では板全体の発注量を減らす可能性を示唆している。こうした局面で大きな成行注文が執行されると、大きな価格変動を引き起こす潜在的なリスクを伴うとも考えられる。

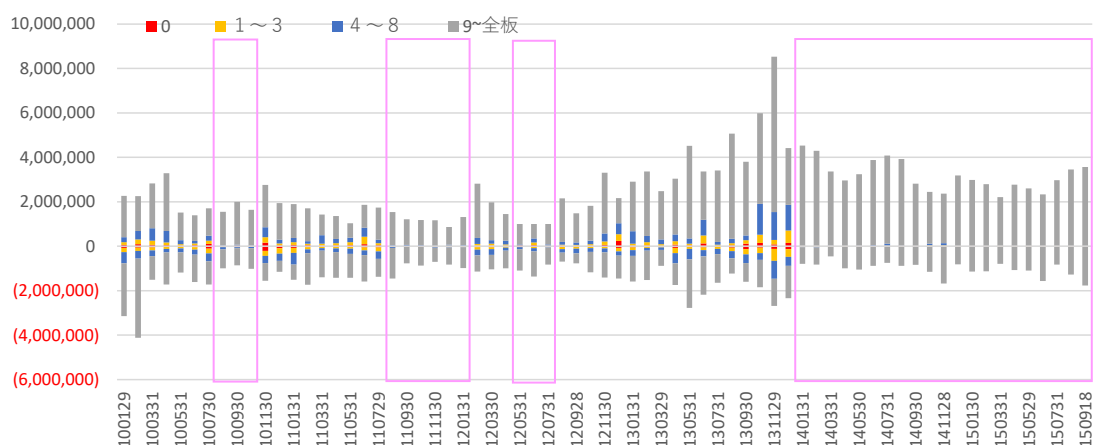


図 98 一般投資家の注文発注状況（各対象板の 1 日平均の推移）

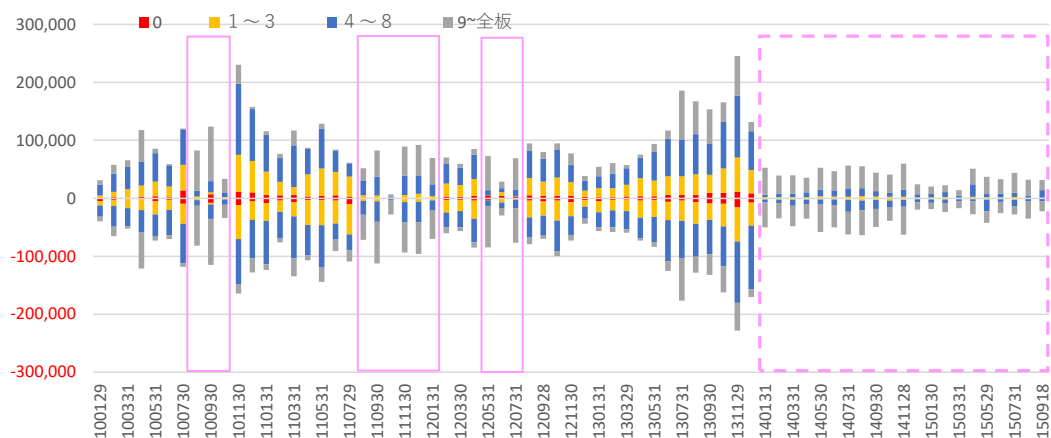


図 99 HFT1 の注文発注状況 (各対象板の 1 日平均の推移)

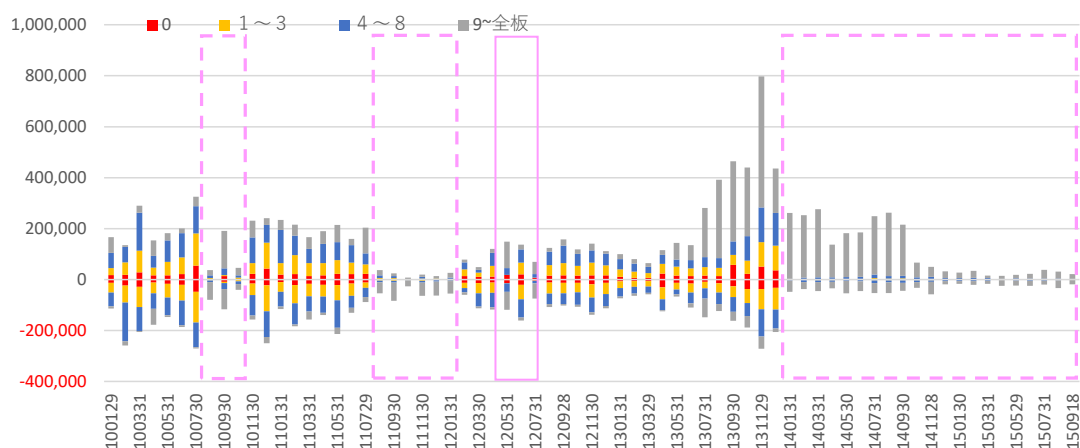


図 100 HFT2 の注文発注状況 (各対象板の 1 日平均の推移)

更に、板占有率⁶¹⁾の観点からも、各主体の発注状況を再考してみたい。図 101 のとおり、板に積みあがった注文の大宗 (2015 年以降は 90%以上) は一般投資家によるもので、最良気配値から 9 本値以上の離れた板で行われている (図 102)。HFT (HFT1 及び HFT2) は最良気配値付近に多く発注し (図 103 参照、多い日は 70%の板占有率を超える)、9 本値以上の離れた板にはほぼ発注していない (図 102)。すなわち、板全体への厚みという意味で HFT の貢献度は低い、最良気配値付近 (8 本値以内) への流動性は、相場環境や呼値の刻み単位にかかわらず、提供されている。結果として、売買代金に占める HFT 比率 (約 40%) は期間を問わず一定であった (図 81) と解釈できる。

⁶¹⁾ 板占有率とは、各主体の買い (売り) 注文発注株数/全体の買い (売り) 注文発注株数、である。

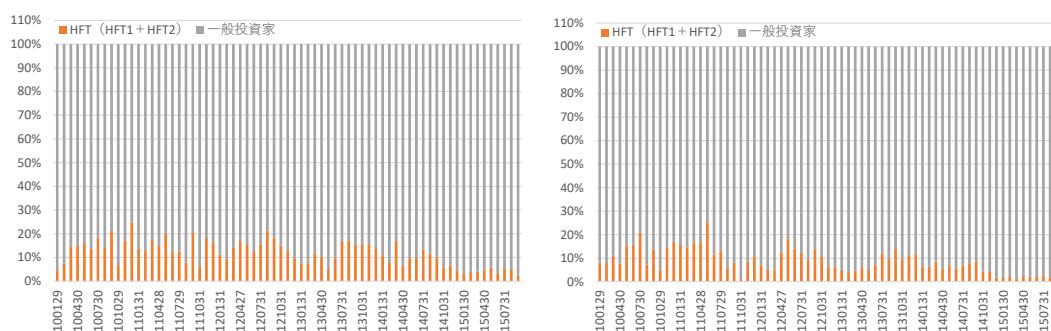


図 101 すべての板を対象にした板占有率 (左：買、右：売)

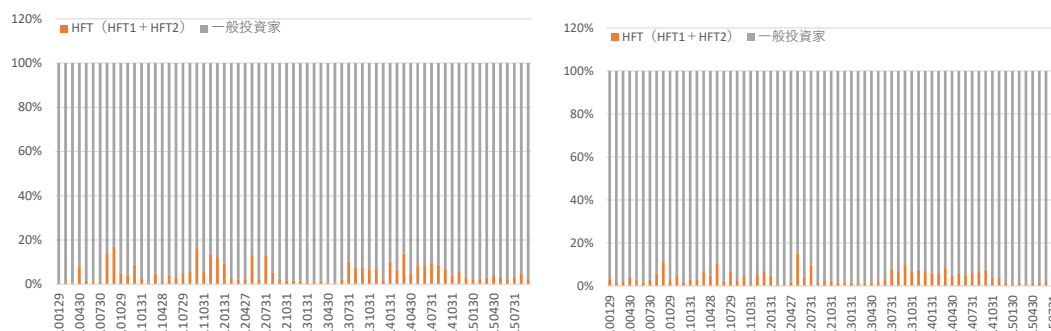


図 102 9 本値以上離れた板を対象にした板占有率 (左：買、右：売)

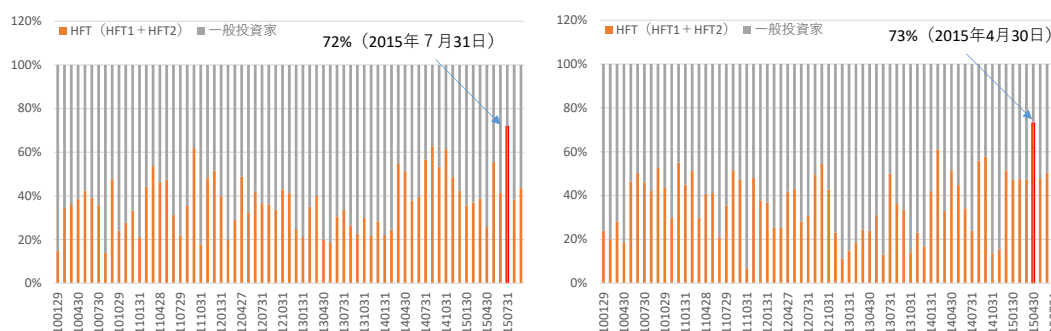
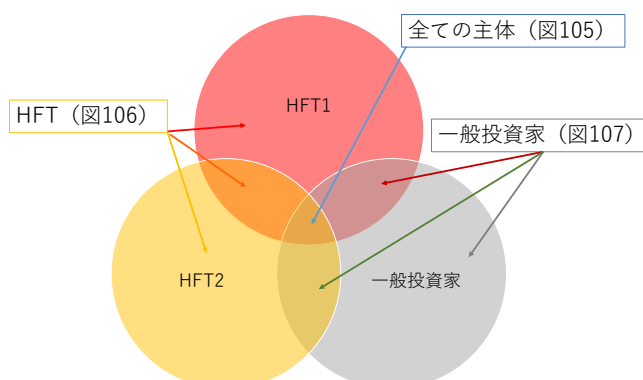


図 103 8 本値以内離れた板を対象にした板占有率 (左：買、右：売)

5. 3. 2 最良気配値 (BBO) を構成する主体別割合

本節では、2010 年 1 月～2015 年 9 月 18 日における各月末日 (69 営業日) のトヨタ株の板 (気配値) を再現し、板の 1 本値である最良気配値 (BBO) を構成する主体を集計する。まず例を挙げると、図 94 であれば、HFT2 のみで売りの BBO を、HFT1 と一般投資家で買いの BBO を、それぞれ構成している。図 104 の通り、板は、多い日であれば 50 万回以上更新され、例えば 50 万回すべての最良気配値に、全ての主体が発注している (全ての主体で最良気配値を構成している) と仮定すると、図 105 の該当日で売りと買いの最良気配値がそれぞれ 100% となる。当然ながら現実にはそのようなことはなく、板更新回数之内、一定数の最良気配値は HFT1 のみで構成され、また、一定数の最良気配値は HFT1 と一般投資家で構成されているケースなど考え

られる。そこで、各主体が最良気配値をどの程度構成しているかを明らかにするため、図 105 にて全主体が最良気配値を構成していた回数割合を、図 106 にて HFT が最良気配値を構成していた回数割合を、図 107 にて一般投資家が最良気配値を構成していた回数割合を、それぞれ図示した。右に示すベン図の通り、例えば、図 106 であれば、HFT1 のみのケース、HFT2 のみのケース、HFT1 と HFT2 で構成しているケースがそれぞれ存在する。



結果、呼値の刻みが 1 円の局面以外（ピンク囲み以外）は、100%に近い値を示す日が多く、全ての主体で BBO を構成していた日が多い（図 105）ことがわかった。呼値が 1 円刻みとなった 2014 年以降の局面では、HFT（HFT1 のみ、HFT2 のみ、又は HFT1 と HFT2 の双方）が BBO を構成する割合は 30%超まで増加している（図 106 参照）。つまり、HFT が市場から撤退した場合、最良気配値（BBO）のスペクトルは 30%程度ワイドニングする可能性があることが示唆される⁶²⁾。ただし、一般投資家が BBO を構成する比率も高いため（図 107）、ワイドニングする幅は 1 ティック程度に収まる可能性が高い。

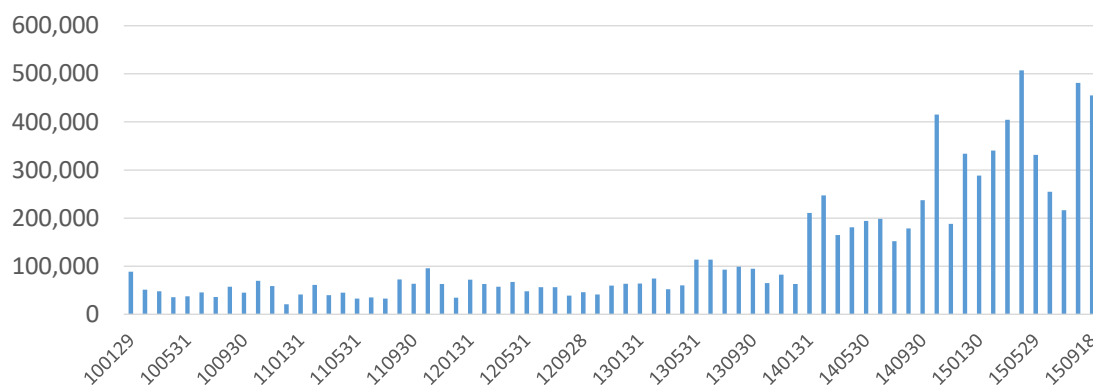


図 104 板更新回数

⁶²⁾ ただし、テイクする HFT の存在を考慮しない推計である。

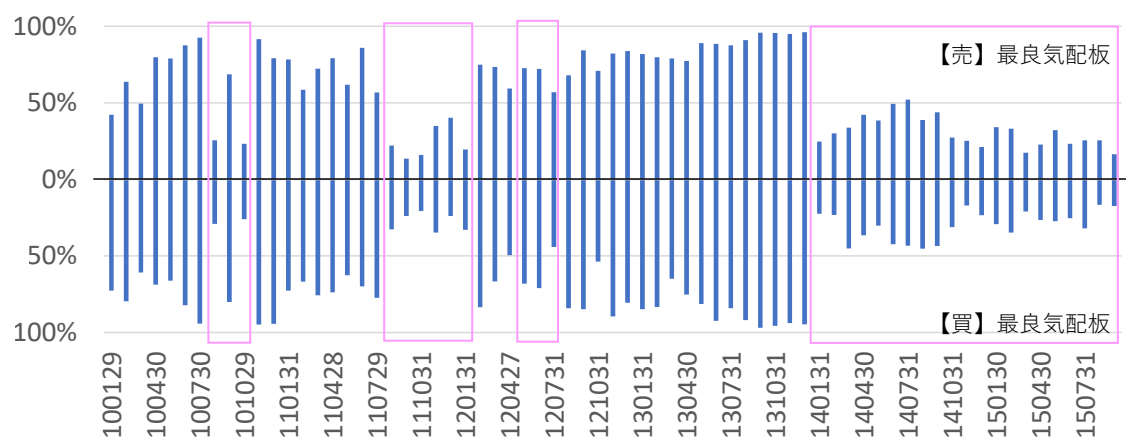


図 105 全主体で最良気配を構成 (図上側：売最良気配板、図下側：買最良気配板)

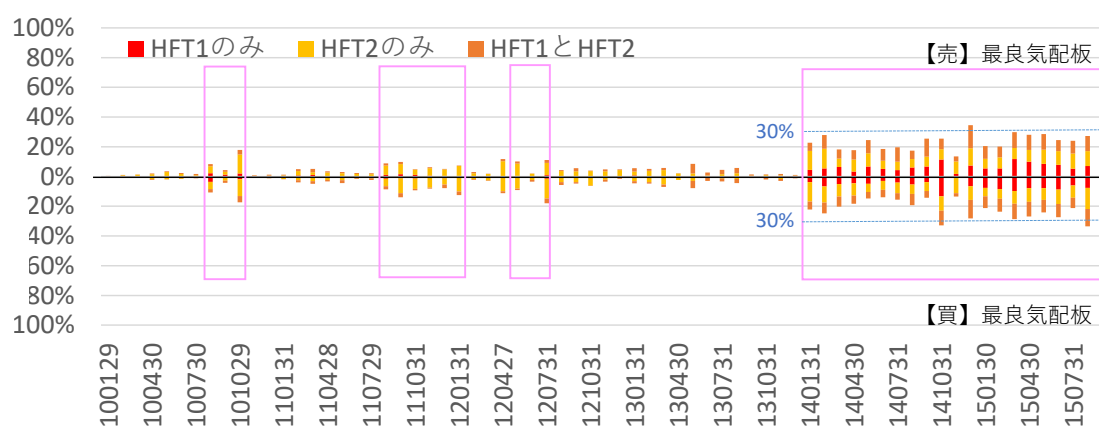


図 106 HFT で最良気配を構成

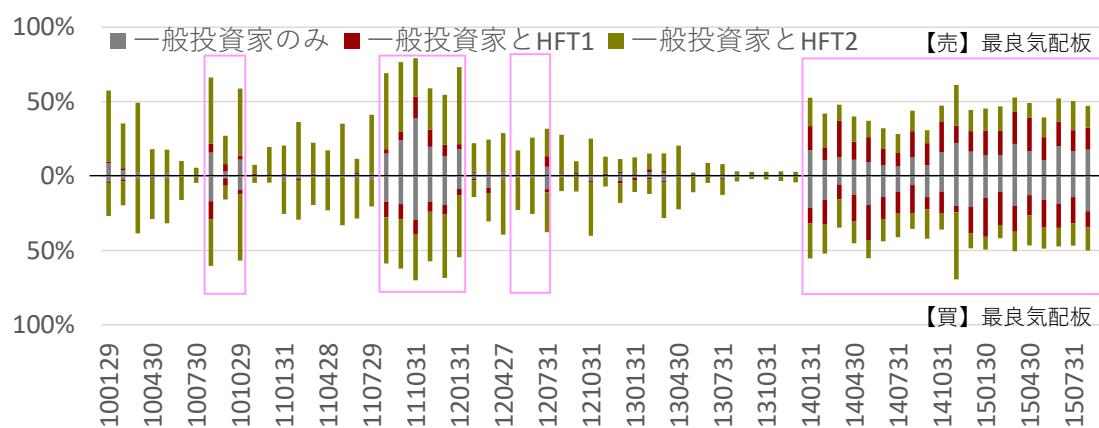


図 107 一般投資家で最良気配を構成

5. 4 主体別、新規注文及び約定状況

次に 2010 年 3 月 31 日、2012 年 3 月 30 日、2013 年 3 月 29 日、2015 年 8 月 31 日を例に挙げ、HFT1 と HFT2 の新規注文、発注量、売買高の詳細を可視化する。主体別の新規注文の散布図（縦軸が注文価格、横軸が注文時間）が図 108～図 111 である。5.3 節で言及した通り、最良気配値付近（株価±100 以内）に、HFT1 と HFT2 の注文は集中していることが分かる。例外的には、2015 年 8 月 31 日のデータからみられるように、最良気配値から一定程度乖離した板に発注を行う HFT、ザラ場ではなく受付時間中に発注を行う HFT も存在するが、全体の傾向に影響を与える規模ではない。

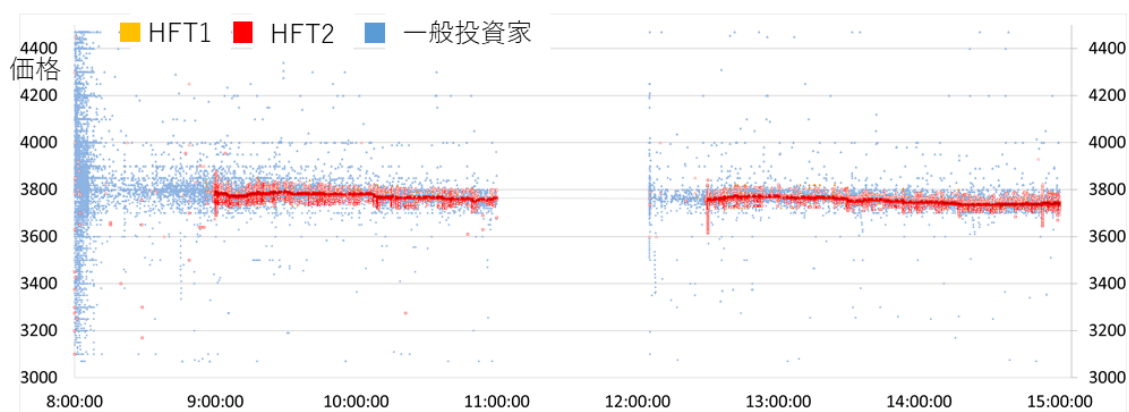


図 108 2010 年 3 月 31 日の主体別の新規注文の散布図（縦軸：価格、横軸：時間）

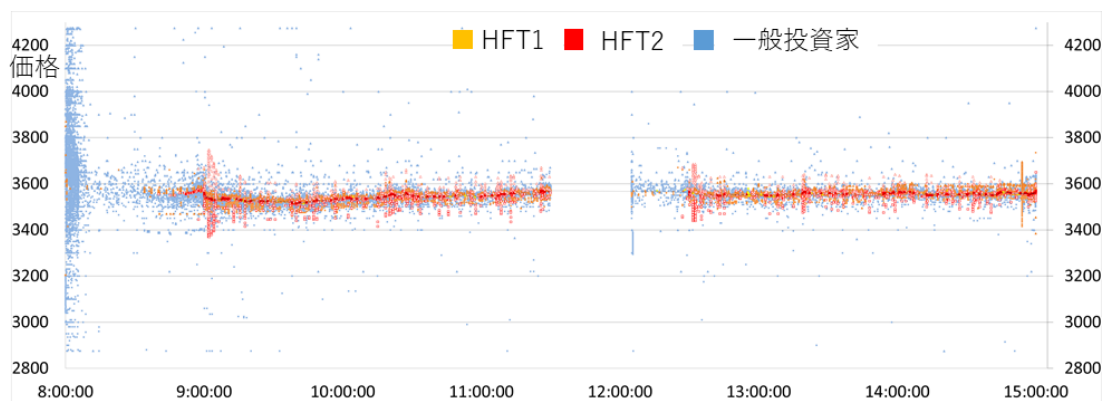


図 109 2012 年 3 月 30 日の主体別の新規注文の散布図（縦軸：価格、横軸：時間）

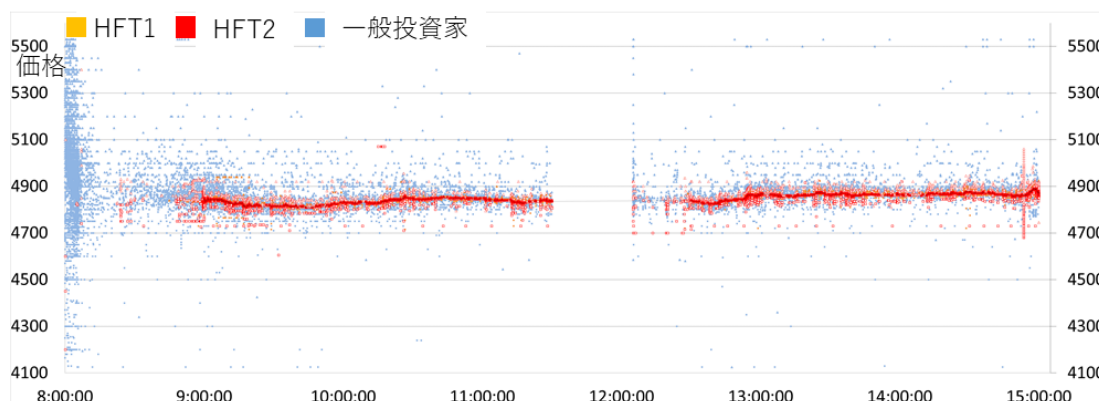


図 110 2013 年 3 月 29 日の主体別の新規注文の散布図（縦軸：価格、横軸：時間）

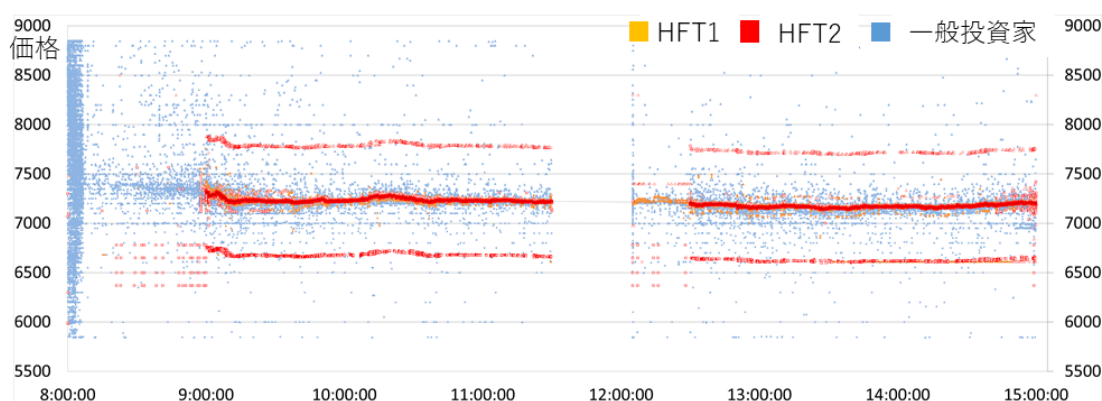


図 111 2015 年 8 月 31 日の主体別の新規注文の散布図（縦軸：価格、横軸：時間）

次に、最良気配値の価格帯に焦点を当て、最良気配値付近の発注状況を詳細に把握するため図 108～図 111 の縦軸を拡大し、HFT1 の新規注文と新規注文数量を図 112～図 115 に、HFT2 の新規注文と新規注文数量を図 116～図 119 に図示する。更に、約定状況と売買高も同様に分析するため、HFT1 の約定状況と売買数量を図 120～図 123 に、HFT2 の約定状況と売買数量を図 124～図 127 に図示する。

これらの図が示す通り、HFT1 及び HFT2 の新規注文及び約定状況は、いずれも最良気配値を中心として、連続的かつ密に発注・約定していること、そして、この傾向は年を追うごとに強まっていることがわかる。本稿で取り上げなかった価格変動が比較的大きい日や急落した時点において同様の分析を行ったところ、上記と同様の取引動向が観察された（少なくとも検証したサンプルにおいて、HFT が注文を手控えるような取引動向は観察されなかった）。

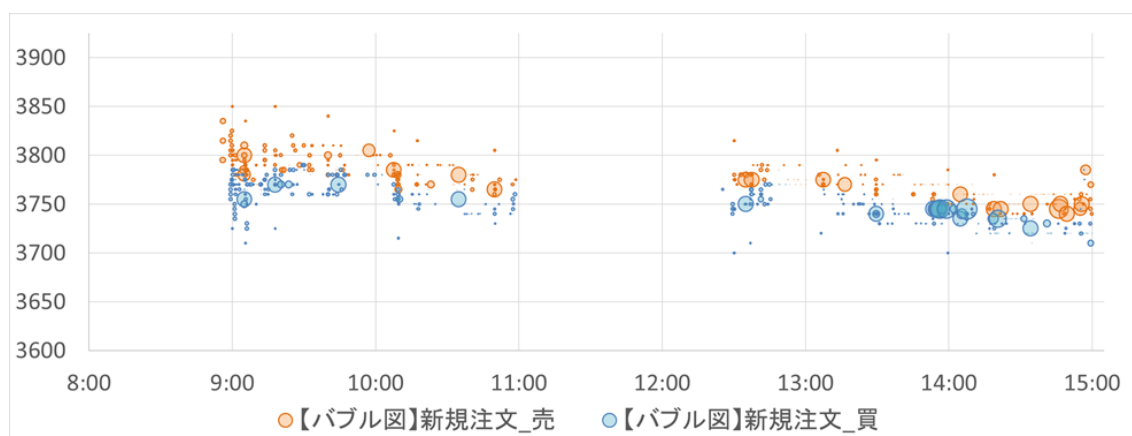


図 112 2010 年 3 月 31 日の HFT1 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

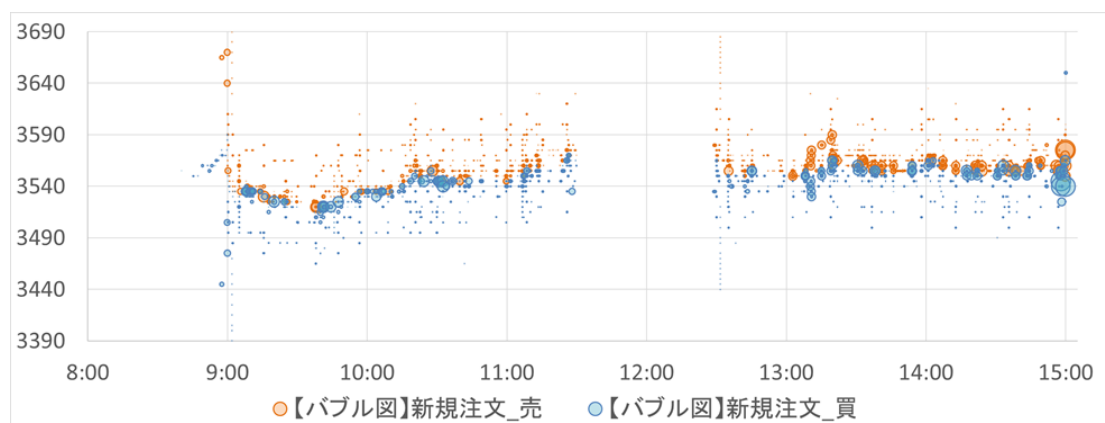


図 113 2012 年 3 月 30 日の HFT1 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

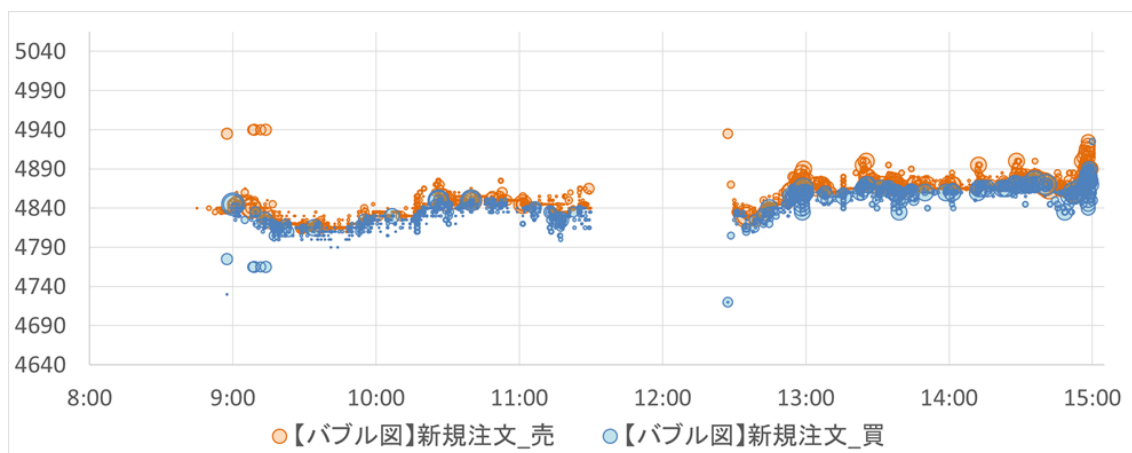


図 114 2013 年 3 月 29 日の HFT1 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

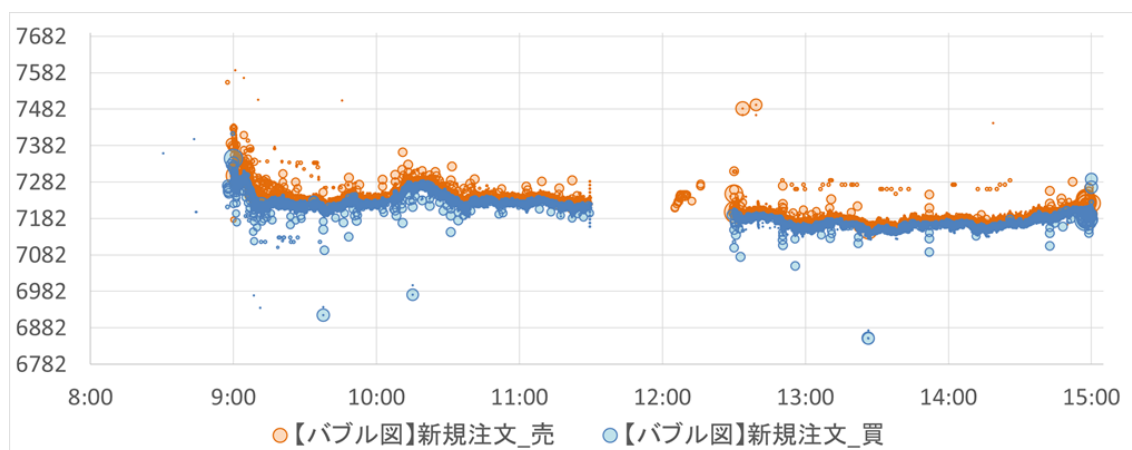


図 115 2015 年 8 月 31 日の HFT1 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

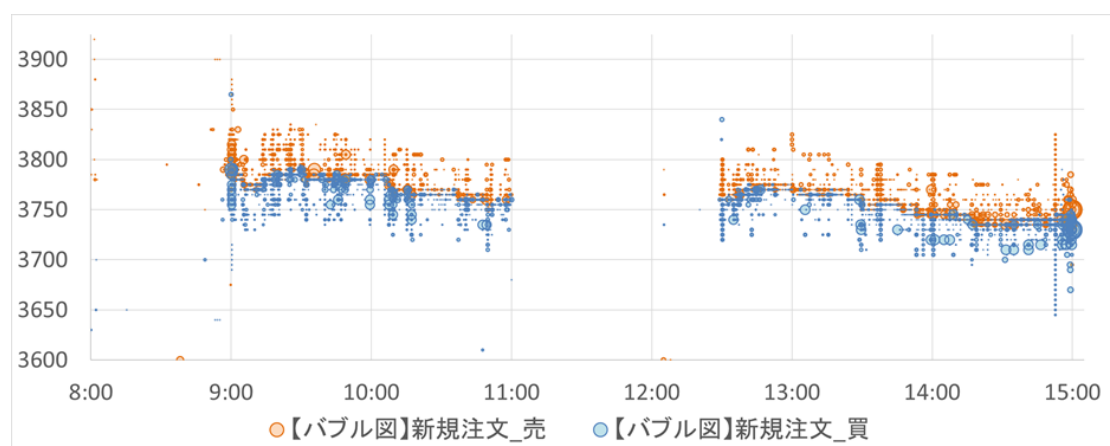


図 116 2010 年 3 月 31 日の HFT2 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

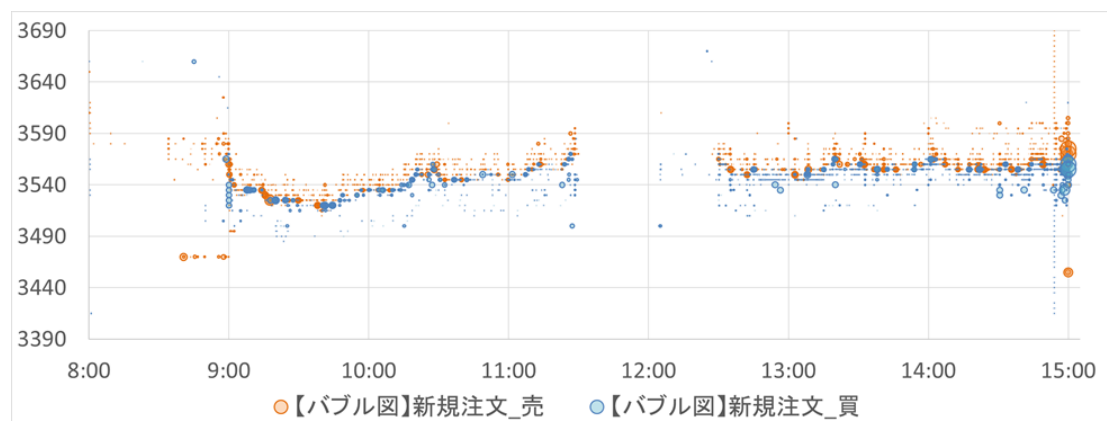


図 117 2012 年 3 月 30 日の HFT2 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

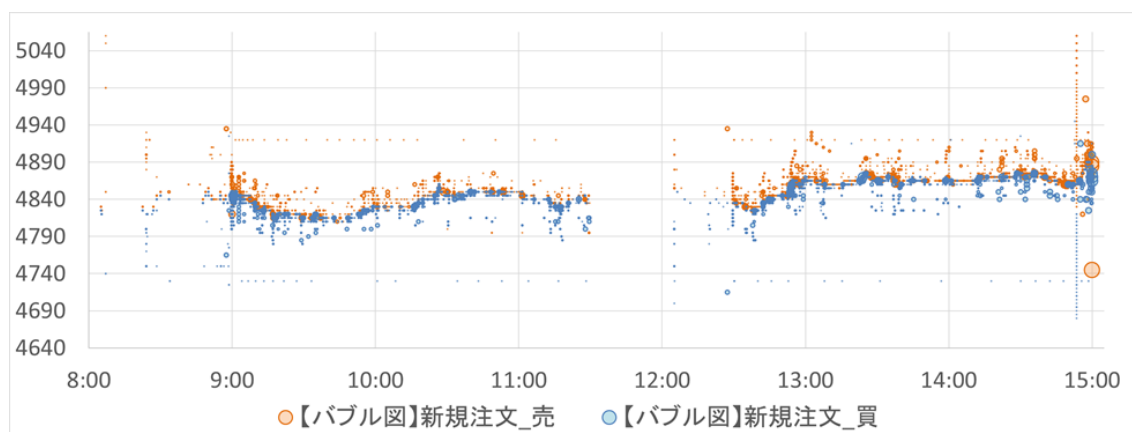


図 118 2013 年 3 月 29 日の HFT2 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

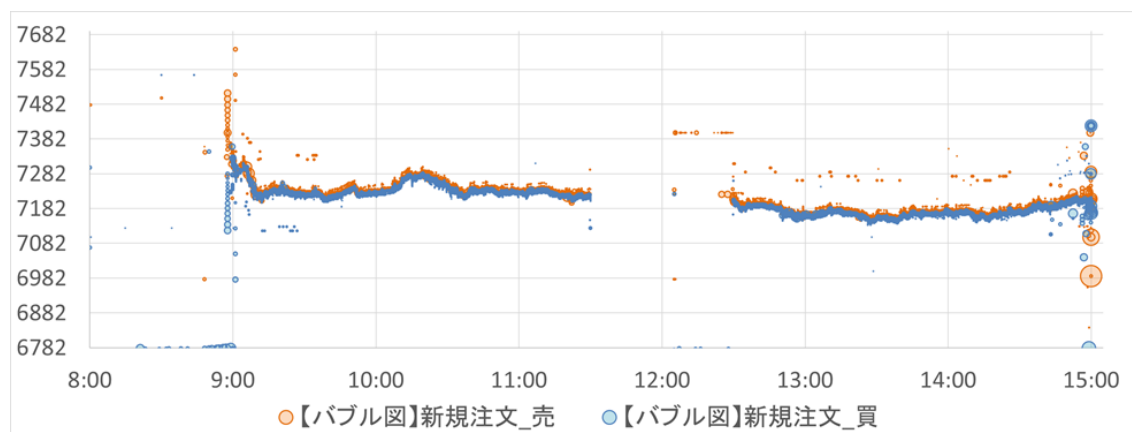


図 119 2015 年 8 月 31 日の HFT2 の新規注文のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：株数)

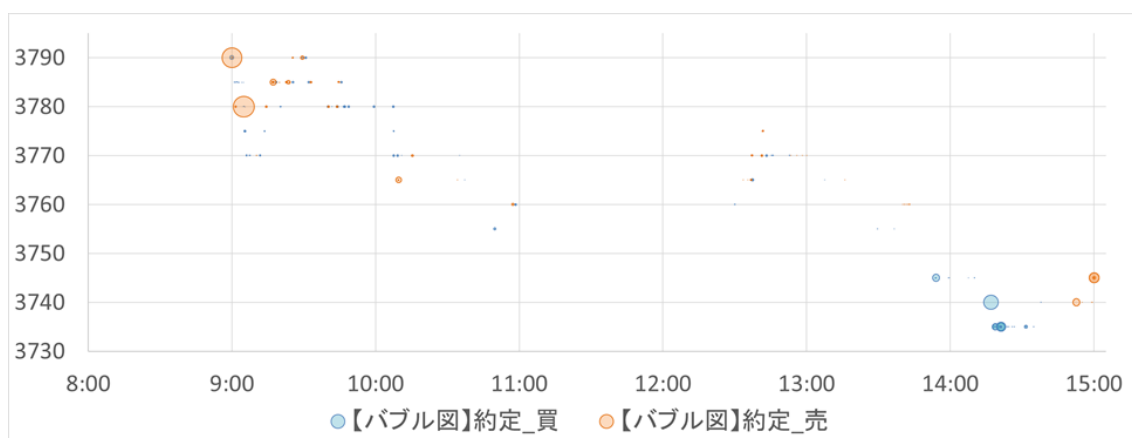


図 120 2010 年 3 月 31 日の HFT1 の約定状況のバブル図 (縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高)

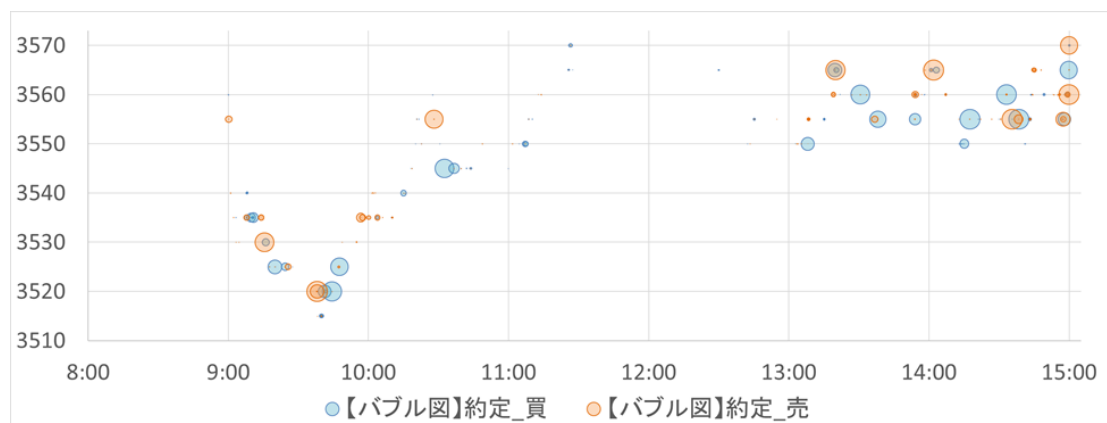


図 121 2012 年 3 月 30 日の HFT1 の約定状況のバブル図（縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高）

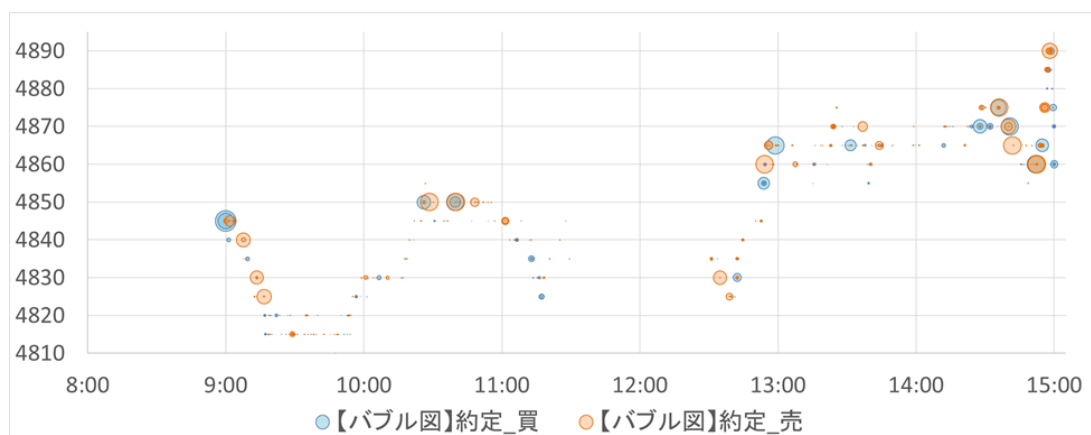


図 122 2013 年 3 月 29 日の HFT1 の約定状況のバブル図（縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高）

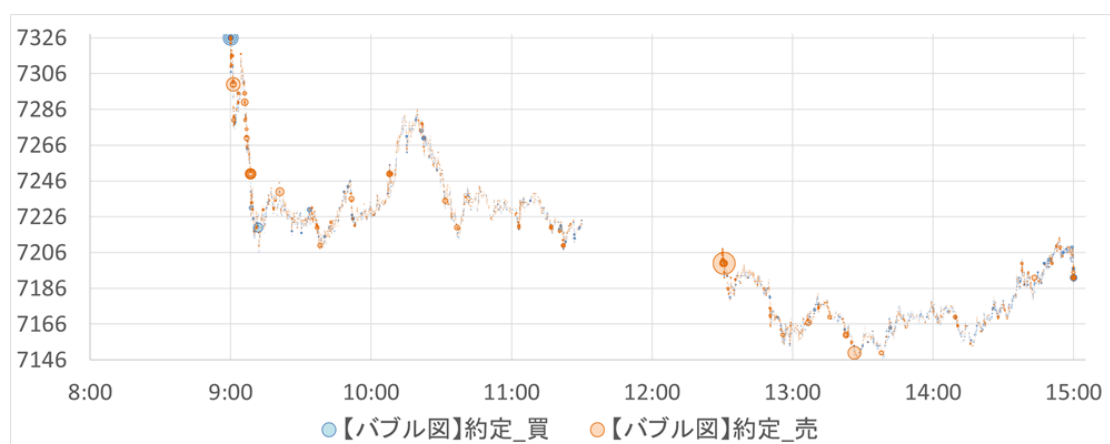


図 123 2015 年 8 月 31 日の HFT1 の約定状況のバブル図（縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高）

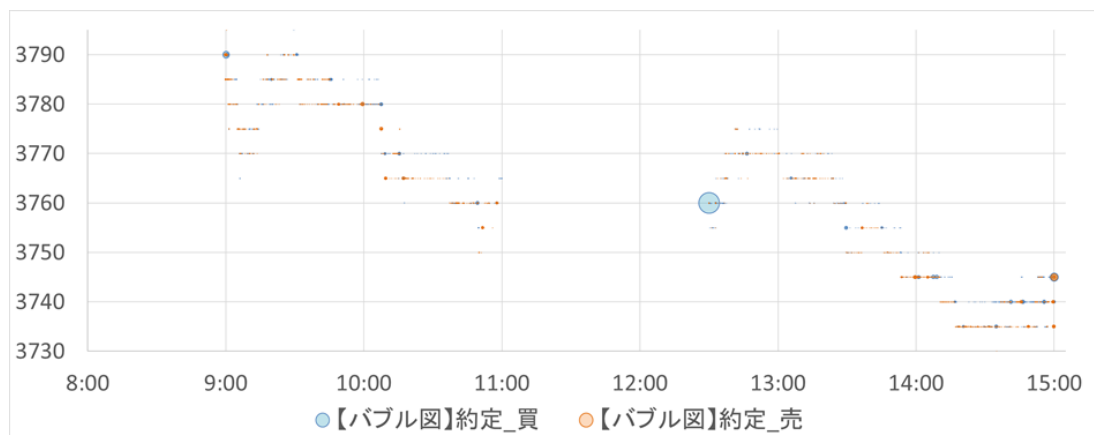


図 124 2010 年 3 月 31 日の HFT2 の約定状況のバブル図（縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高）

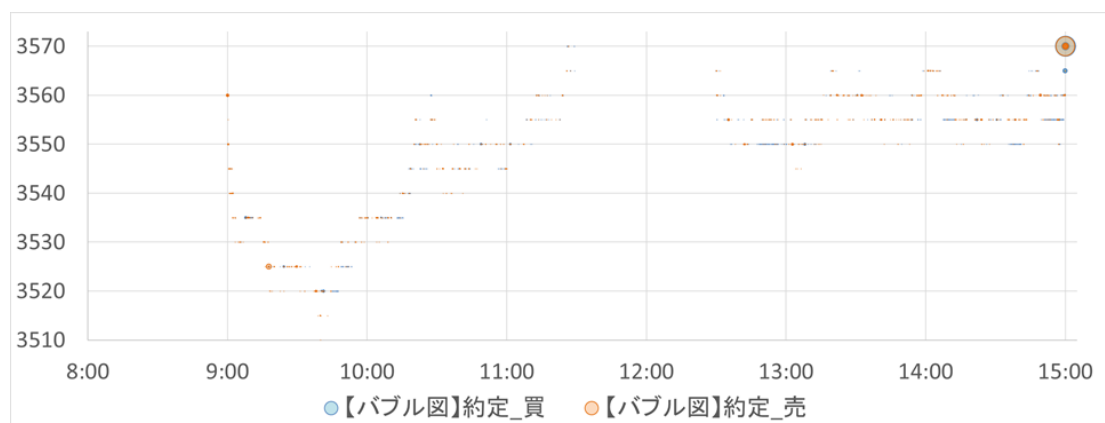


図 125 2012 年 3 月 30 日の HFT2 の約定状況のバブル図（縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高）

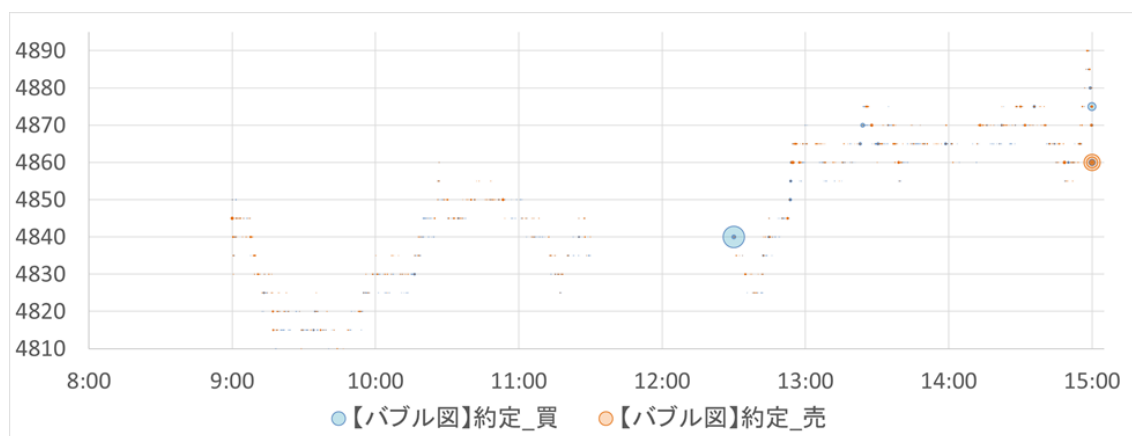


図 126 2013 年 3 月 29 日の HFT2 の約定状況のバブル図（縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高）



図 127 2015 年 8 月 31 日の HFT2 の約定状況のバブル図（縦軸：価格、横軸：時間、バブルの大きさ：売買高）

6. まとめ

昨今、東証及び大証においては注文件数及び売買高等に占める HFT の割合が上昇するなど、日本市場における HFT 業者のプレゼンスは高まっており、HFT の動向調査は今後も欠かせない分析テーマといえる。本稿で扱わなかった HFT 分析で今後重要な課題は、より具体的な取引手口に関する分析である。例としては、レイテンシー・ арбитраージ といった時間差から生じる価格差を狙った行為の有無等である。更にいえば、レイテンシー・ арбитраージ にとどまらず、より悪質なゲーミング もしくはフィッシング と呼ばれている取引行為を行う HFT 業者がいるかもしれない。HFT 業者が事前に何らかの手段や方法で一般投資家の取引情報（注文価格、注文区分、注文規模等）を入手した上で、先回り行為を行うことができれば、大口注文の成行注文など価格に影響を与える注文が発注された際、一方的に有利な取引を行うことができる。具体的には、大口注文の発注情報を得たと同時に、高速性を活用した先回りにより安値（高値）買い（売り）し、当該大口注文の発注が板に到達する直前に高値（安値）売り（買い）注文を仕込む方法等である。海外と異なり本邦株式市場は東証の一局集中であるため、難しいかもしれないが不可能ではない。東証データを用いた検証方法は複数の手法が考えられる。例えば、大口注文直前の最良気配値付近の取引行動を主体別に分析する方法で、①大口注文の直前（概ね 0.5 秒程度以内か）にテイク注文（特に、狙い定めた IOC 注文）により先立って約定した主体別株数の集計（つまり、テイク注文がなければ当該大口注文で約定できた株数）、また、②大口注文の直前（概ね 0.5 秒程度以内か）に取り消した主体別株数の集計（つまり、取り消されなければ当該大口注文で約定できた株数）や、③大口注文が板に到達する直前（概ね 0.005 秒程度以内か）に新規注文した主体別株数（仕込み玉）の集計などが考えられる。その上で、実際に先回りの疑いがある行為が観測された場合、先回りされなかったシナリオ上の想定売買代金を取引ごとに計算することで、一般投資家がどの程度損失を被ったかを明らかにすることができるかもしれない。他方、東証のデータ分析では不十分である。HFT 業者が東証に限らず、PTS やダークプール といった複数の市場を跨いで取引情報を収集している可能性は否定できず、正確に推計するためには、各市場等のデータを突合する作業が求められる。

一方で、複数の市場がある限り、レイテンシーをなくすことは極めて難しいと考える方が自然かもしれない。重要な点はレイテンシー・ арбитраージ 自体ではなく、その取引実態を正確に把握することであろう。本当に悪質な先回り行為が日本で行われているかわからない中で、HFT 業者への風当たりを強くすることもまた、重要な流動性供給者という取引参加者を一方的に日本市場から排除することになり、株式市場の健全な発展という観点から好ましい議論と言えないのではないだろうか。むしろ、一般投資家に不公平な市場となるリスクを低減する市場構造や制度上の問題点を検証すべきであろう。例えば、受託証券会社や市場開設者が、一般投資家が意図せざる不利益を被るようなシステム構造を放置すること（例えば問題のある SOR⁶³⁾の制度設計など）は論外である。

⁶³⁾ SOR とはスマートオーダールーティング のことで、市場間の最良気配を執行するシステムを指す。

更に、一見、先回りと思われる取引行為も単なる市場間アービトラージであったりポジションの解消を企図した取引かみれず、上記①、②が多いというだけで、悪質な先回り行為と断定することはできない。いずれにせよ、データは蓄積され、取引履歴が残る以上、今後、いかようにも検証可能である点は強調しておきたい。

最後に、本稿は、2015 年 9 月以前に対する HFT 取引動向の実態把握に努めたが、得られた分析結果は 2015 年 9 月以降に対するものではない。2016 年以降から直近に至るまでの更なる追跡調査は必要不可欠である。特に、高速取引行為者の登録が義務付けられた 2018 年 4 月以降のデータを用いれば、登録 HFT 業者を板再現データ（仮想サーバ）と紐づけ、より詳細に実態を把握することができるだろう。

参考文献

- 大埴（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，Discussion paper.
- 志馬（2019），“米国における取引所情報の配信をめぐる議論”，証研レポート，1714 号.
- 杉原（2010），“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”，日本銀行金融研究所，Discussion paper.
- 田代、川口（2017），“東京証券取引所における高速な注文反応の分析”，統計数理大，65 巻第 1 号，pp. 87－111.
- 辰巳（2016），“レバレッジアービトラージとレイラリグなどの発注行動”，学習院大学経済論集，第 53 巻 3 号.
- 中山、藤井（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
- 福田（2016），“取引の高速化と株式取引の実態”，証券経済研究，第 94 号
- 保坂（2014），“東京証券取引所における High-Frequency Trading の分析”，証券アナリスト協会
- Brogaard, J., Hendershott, T., and Riordan R., (2014) “High Frequency Trading and Price Discovery” the Review of Financial Studies, Volume 27, Issue 8, 2267-2306
- Ferber, M., (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)” EUROPEAN PARLIAMENT.
- Goshima, K., Tobe, R., and Uno, J., (2019) “Trader Classification by Cluster Analysis: Interaction between HFTs and Other Traders”Waseda University Institute for Business and Finance, Working Paper Series.
- Gomber, P., Arndt, B., Lutat, M., Uhle, T., (2011) “High-Frequency Trading” Goethe University Frankfurt
- Hasbrouck, J. and Saar, G. (2013). Low-latency trading, Journal of Financial Markets , 16, 646–679.
- Hendershoot, T., Jones, C.M., and Menkveld, J.A., (2011), “Does Algorithmic Trading Improve

Liquidity?”, The Journal of Finance, 1-33.

Saito,T., Adachi,T., Nakatsuma,T., Takahashi,A., Tsuda,H., Yoshino,N., (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), 179-220.

Aquilina, M., Budish,E., and O’Neill,P., (2020) “Quantifying the High-Frequency Trading 'Arms Race': A new methodology and estimates” FCA Occasional Paper No.50.

香 HKMA (2020) “Sound risk management practices for algorithmic trading”.

<https://www.hkma.gov.hk/media/eng/doc/key-information/guidelines-and-circular/2020/20200306e1a1.pdf>

英 FCA (2018) “Algorithmic Trading Compliance in Wholesale Markets” .

<https://www.fca.org.uk/publications/multi-firm-reviews/algorithmic-trading-compliance-wholesale-markets>

米 FINRA (2015) ”Regulatory Notice 15-09: Equity Trading Initiatives: Supervision and Control Practices for Algorithmic Trading Strategies”. <https://www.finra.org/rules-guidance/notices/15-09>



金融庁金融研究センター

〒100-8967 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-1
中央合同庁舎 7 号館 金融庁 15 階

TEL: 03-3506-6000 (内線 3552)

FAX: 03-3506-6716

URL: <http://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>