

# 高速取引（HFT）のスピード競争の現状とその影響\*

大山 篤之 福山 義隆 角七 凌太

2022年10月25日

## 概 要

2021年9月15日から9月22日（5営業日分）の4桁の銘柄コードを持つ約4000銘柄の東京証券取引所データを用いて、2020年英国FCAのホームページに掲載された論文「Quantifying-HFT-Races」(Budish et al. (2021))をベースに、わが国の金融商品取引法に基づき高速取引行為を行う者として登録された者（登録HFT業者）のスピード競争環境の把握を試みた。主な結果として、①日本においても英国同様に、同一銘柄・同一価格で注文し2主体以上の市場参加者が取引スピードを競う「レース」が行われており、東証取引全体の売買高（約定ベース）の約22.8%を占め、全テイク注文件数に占めるレース数は約31%であった。また、②小規模な登録HFT業者群はメイク注文のみを中心に取引を行うメイク型に、大手HFT群はメイク注文とテイク注文を組み合わせたバランス型に、そして、スピードに特化したHFT群はテイク型（狙撃型）に分類され、特に、③劣後した注文を素早くテイクする狙撃型の登録HFT業者が7社確認され、うち3社については板を観察しても把握できない注文の試行（すなわち、IOC注文の失効）を大量に行い、板情報では把握できない注文の存在が示唆された。更に、戦略/主体別に観察するとスピード競争に対する対極的な見解が導かれた。戦略の観点からは、④ETFにおいて、主に先物等のアービトラージ戦略に起因する規模の大きいレースが活発に行われており（レース全体の売買代金の11～34%近くに及ぶ）、商品/市場間の価格連動性の促進に寄与している可能性が示唆された。主体の観点からは、⑤一部のマーケットメイク型プレイヤーがレースにおいて恒常的に敗者（取消の試みが失敗）となる状況が見られた。結果的に、狙撃型やバランス型に属しテイク注文を行うプレイヤーにより、マーケットメイクを行う流動性供給者が撤退や戦略変更を余儀なくされるとすれば、レースにおける過度なスピード競争が市場全体にとって有意義なのかという疑問が生じえる。

**キーワード：高速取引、HFT、テイク注文、メイク注文、スピード競争、IOC注文、流動性供給、Ghost (Phantom) Liquidity**

---

\* 著者はすべて金融庁・証券取引等監視委員会事務局市場分析審査課（執筆時）に所属する。本稿の執筆に当たっては、吉野直行金融庁研究センター長や証券取引等監視委員会事務局林高樹参与（慶應義塾大学大学院経営管理研究科教授）のほか、湯山智教客員研究員（ジョージタウン大学）をはじめとする多くの金融庁スタッフに有益なご意見を頂いた。そして、本稿で実装したプログラムに関して金融庁総合政策局リスク分析総括課マクロ分析室奥出慎太郎室長補佐にご助言を頂いた。ここに記して感謝したい。なお、本稿に示されている意見は、筆者たち個人に属し、金融庁・証券取引等監視委員会の公式見解を示すものではない。また、ありうべき誤りはすべて筆者たち個人に属する。

# 1. はじめに

情報化技術の発展とともに、取引所のシステムも高度化され、昨今、アルゴリズム取引は世界の取引市場を席巻している (WFE (2013))。特に、高速取引<sup>1</sup> (以下「HFT」(High Frequency Trading) という。)の発注・取消の高速化及び高頻度化は他の投資家を技術面で凌駕しており、東京証券取引所の注文全体に占める登録 HFT 業者<sup>2</sup>の約定代金の割合は 40%を越え、注文件数割合<sup>3</sup>に至っては 70%を超えている(大山他(2021)、大山・津田 (2022) )。こうした HFT 業者の台頭によるスピード競争<sup>4</sup> (Budish et al. (2015)、Hirschey (2021))の激化は、取引環境にかかる市場関係者の不公平感の高まりを助長しかねない。また、HFT 業者間のスピード競争が不毛で害があるとみなされれば、取引速度を遅らせるスピードバンプの導入<sup>5</sup>、バッチオークション<sup>6</sup>市場の開設 (Pagano (1996)、Budish et al. (2014))等の様々な施策が講じられ、HFT を取り巻く環境が一変する可能性を秘めている。HFT 業者は、市場のメインプレーヤーとしてその社会的な存在意義<sup>7</sup>を日々自らの取引を通じて証明しつづけてはならないであろう。HFT 業者による取引のもたらす影響や機能に関する先行研究をみると、流動性の供給機能<sup>8</sup>や、価格発見機能、市場変動を制御する機能を果たしているのか等、既に、様々な角度から研究されており、多くの市場関係者が分析結果を注視している。主な研究分野として、売買約定方式や、単位株制度、呼値の刻みの大きさや制限値幅など、市場の仕組み(メカニズム)が価格形成のプ

---

<sup>1</sup> HST (高速取引 : High Speed Trading) や HFT (高頻度取引 : High Frequency Trading) と呼ばれるが、本稿では基本「HFT」に統一する。高頻度取引とは、短期間の売買を高速で繰り返す金融市場取引ないしは投資戦略のことを指す。

<sup>2</sup> 2018年4月に施行された、金融商品取引法(以下「金商法」という。)により、高速取引行為に係る登録制度が導入された。当該登録を受けた者を「登録 HFT 業者」、登録を受けた者による高速取引行為を「登録 HFT」とし、全般を指す「HFT 業者」及び「HFT」と区分する。)。なお、本稿では、高速取引行為を行う金融商品取引業者も「登録 HFT 業者」に含め集計した。

<sup>3</sup> 注文件数とは、新規注文件数と変更注文件数と取消注文件数の合算値。

<sup>4</sup> 取引所との物理的距離や通信環境の整備等で生じる発注の遅延が、取引の成否を決める争い。

<sup>5</sup> スピードバンプという取引速度規制についての実証研究をみると、スピードバンプ規制導入がスプレッドの軽減につながるとする論文 (Hu (2019)) と、そうでないとする論文 (Chen et al. (2017))、さらに対称のスピードバンプは効果がないが、非対称のスピードバンプは効果があるとする論文 (Khapko and Zoican (2020)) が混在し、学術界で統一見解が得られていない。

<sup>6</sup> バッチオークションとは、ペリオディックオークションとも呼ばれ、100 ミリ秒〜5分というランダムな間隔で日中継続的に板寄せを行うような仕組みである (大塚 (2016))。

<sup>7</sup> HFT 業者が果たすべき社会的役割に関しては、統一的な研究成果が得られているわけではない。この点、「金融市場インフラのための原則 (FMI 原則)」(国際決済銀行支払決済・システム委員会 (CPSS、現 CPMI) 2012年4月。ただし、取引所に必ずしも適用されるものではない。)において、取引の高速化・高頻度化に対応するための注文処理の電子化・自動化が可能となる取引環境整備が提言されている。様々な見解があるものの、HFT 業者の存在が取引所の高度化など、取引所のシステム投資や情報革新を事実上懲罰することで公共財である社会的インフラの高度化を促し、HFT がこうした環境整備の恩恵を受けているとすれば、HFT には市場価格のゆがみ解消や流動性供給などによる貢献が期待されるという考え方もあるだろう。

<sup>8</sup> 流動性 (liquidity) とは、市場において、より早く、より多くの注文枚数を、より小さな価格への影響で取引可能か否かを表す市場特性である (林・佐藤 (2016b))。Kyle (1985) は、市場の流動性の特性を表す要素として、(i) 最良気配スプレッド (= 最良売気配値 - 最良買気配値)、(ii) 板の厚み (価格を所与の量だけ動かすのに必要な注文量)、(iii) レジリエンス (市場がランダムで無情報のショックから回復するまでのスピード) の 3 つを挙げた。実証分析において、流動性は上記スプレッドやデプスの他に、出来高 (約定枚数)、売買回転率、Kyle (1985) の  $\lambda$ 、Amihud (2002) の ILLI0 (Illiquidity Indicator)、Deuskar and Johnson (2011) の ILOBS (inverse limit order book slope) などによる計測が行われている。

ロセスに与える影響(O'Hara(2015))を分析するマーケット・マイクロストラクチャ<sup>9</sup>がある。特に、Kyle(1985)は、市場参加者間の情報の非対称性が証券の価格形成プロセスに与える影響を紐解き、HFT 業者とそれ以外の市場参加者の情報の非対称性<sup>10</sup>に関する分析において先駆的な論文となっている。

分析対象を HFT に絞れば、大山他(2021)や Hasbrouck and Saar(2013)などといった多くの論文が、HFT は最良気配スプレッド (以下「BBO スプレッド」(Best bid-offer spread) という。)のタイトニングに寄与することで価格発見機能の向上に貢献すると主張している。Brogaard(2010)や Manahov and Hudson(2014)等も、HFT の価格発見機能について同様に評価する一方、反対する見解も根強い (Benos and Sagade(2016))。更に、HFT が市場変動に与える影響についても、市場変動を縮小させるとする分析 (Myers and Gerig(2015)、Hagströmer and Nordén (2013)) とは対照的に、市場変動を拡大させるとする分析 (Virgilio(2016)、Caivano(2015)) もある。昨今の研究で注視すべきは、HFT 業者の流動性供給がみせかけにすぎない(Ghost liquidity もしくは、Phantom liquidity と呼ばれる)といった主張であろう (AFM (2016)、Degryse et al. (2021), Ersan et al. (2021) )。大山・津田 (2020) も、BBO スプレッドでなく板の厚みの観点でみれば、HFT は最良執行価格付近に薄く流動性を供給するにすぎない点を指摘している。本稿においても、登録 HFT の高頻度なメイク注文による板への貢献が観察されたものの、テイク注文による売買代金がメイク注文による売買代金の 2 倍近くに達することがわかり、約定ベースでみると登録 HFT 業者は板から流動性を需要する方が多いことが示唆された<sup>11</sup>。一方で、2018 年 7 月 2 日に東証は ETF 市場におけるマーケットメイク制度<sup>12</sup>を導入し、2022 年 7 月現在、気配提示義務を履行するマーケットメイカーは 12 社中 9 社が登録 HFT 業者である。マーケットメイク制度は、幅広い投資家が売買しやすい市場環境を整備することが目的であり、義務を履行することでインセンティブ (報酬) を受け取れるものの、登録 HFT 業者が制度に参入することで、板に流動性を供給する役割を果たしているものと思われる。いずれにせよ、HFT を取り巻く競争環境は税制度や各取引所の売買制度<sup>13</sup> (呼値の刻みの大小、銘柄毎の流通規模、取引している投資家の属性、取引システム等)、そして相場状況や時勢等で異なる。そして何より、分析結果は分析の切り口に影響を受けるため、HFT の功罪に対する統一した見解は現状得られていないといえよう。

---

<sup>9</sup> マーケット・マイクロストラクチャ研究のベースとなる市場取引のメカニズムについては、例えば、林・佐藤 (2016b) を参照されたい。また、マーケット・マイクロストラクチャに関する実証研究については、林・佐藤 (2016a) の他、Hasbrouck (2007) を参照されたい。

<sup>10</sup> HFT 業者が有する高速性や高頻度性は情報の量や質に直接結びつかないため、市場参加者間の情報の非対称性要因になるとは限らない。

<sup>11</sup> ただし、大山他(2021)は、「4.5. 急騰・急落銘柄群に対する売り下がり (買い上がり) 寄与率分析」で、全登録 HFT 業者及び市場全体を俯瞰した場合、市場変動増幅に直結する登録 HFT の顕著な取引行動が見られなかったとしている。

<sup>12</sup> 詳細は次の東証のホームページを参照。 (<https://www.jpx.co.jp/equities/products/etfs/market-making/index.html> : 最終閲覧日 2022 年 10 月 13 日)

<sup>13</sup> Menkveld (2013) では、HFT の Chi-X での貢献を説明し、PTS と HFT の相性の良さを指摘している。

こうした先行研究の状況も踏まえた HFT 取引の分析を行うに際し、本稿の視点は次のとおりである。まず、闇雲に登録 HFT 業者による注文 1 つ 1 つを集計したところで、(登録 HFT 業者の市場シェアやプレゼンスを把握できたとしても) 高頻度に繰り返される新規注文と取消注文のどの注文がどのような戦略に基づく注文なのか特定するには高い壁がある。また、数多く存在する HFT の取引戦略をすべて理解しきれていないなかで、理解している取引戦略を足がかりに登録 HFT を分析しても、HFT 全体を俯瞰したことにはならない。しかし、複数の登録 HFT 業者が数ミリ・数マイクロ秒単位の世界で競い合い、日々スピード競争を展開しているのであれば、スピード競争に敗れた取引の痕跡が残っているはずである。そこで、本稿分析では、「IOC 注文<sup>14</sup>の試行」や「取消注文の試行」に失敗した敗者(スピード競争の痕跡)の発注時点を起点に、時点を遡り、当該「IOC 注文の試行」や「取消注文の試行」の発注に先んじて、注文を発注することで約定(もしくは取消)を成立させ、「IOC 注文の試行」や「取消注文の試行」の対象となった注文をいち早く射止めた(もしくは回避した)勝者を探索することで、スピード競争を 1 つ 1 つ余すことなく特定し、その全貌を明らかにできると考えた。また、探索範囲を 10 ミリ秒(1/100 秒)という短い間隔に設定したため、分析対象主体も自ずと登録 HFT 業者を中心とした高速取引主体に限定されることになる。まさに、この網羅的に捕捉されたスピード競争は登録 HFT 業者間の戦いの痕跡であり、そこには、なぜ、いつ、どのように競争が生じ、誰が、どのような戦略を展開したのか、といった様々な情報が凝縮していると考えられる。

具体的な分析として、まず、2021 年 9 月 15 日から 9 月 22 日(5 営業日分)の 4 桁の銘柄コード<sup>15</sup>を持つ約 4000 銘柄(以下「現物」という。)の東証の板再現明細データ<sup>16</sup>に加え、注文や取消の試みに関する失効情報(「IOC 注文の試行」や「取消注文の試行」の失敗)が含まれる現物のメッセージデータ<sup>17</sup>を東証より新たに入手した。そのうえで、2020 年に英国金融行為規制機構(以下「英 FCA」という)のホームページに掲載された「Quantifying the High Frequency Trading “ArmRace”」(Budish et al. (2021))をベースに、上述したスピード競争(以下、厳密には、後述するスピード競争の定義を満たしたものを「レース」といい、おおまかには同一銘柄・同一価格で注文し 2 主体以上の市場参加者が取引スピードを競うことを意味する)を集計した。なお、公表に際しては個社情報に触れることなく、登録 HFT 業者のスピード競争の実態をとりまとめる必要があるため、分析対象期間中に注文を行った 36 社の登録 HFT 業者を、

---

<sup>14</sup> IOC 注文とは「Immediate or Cancel order」の略であり、指定した値段かそれよりも有利な値段で、即時に一部あるいは全数量を約定させ、約定しなかった注文数量を直ちに失効させる条件付き注文。

<sup>15</sup> 4 桁の銘柄コードで表示される銘柄以外の上場金融商品(優先株など)は除かれる。

<sup>16</sup> 複数の項目からなる東証の最も粒度の細かい取引データを指す。

<sup>17</sup> メッセージデータには、板更新とは関係ない、取引や取消の試みに関する情報(失効情報)が含まれているため、スピード競争の勝者と敗者の両方を観察することが可能となる。

注文形態から3つのグループ（メイク型、バランス型、狙撃型）に分類し、それぞれの特徴を明らかにすることを試みた。

本稿分析の主な結論は次の通りである。まず、①日本においても、Budish et al. (2021) が示したような、同一銘柄・同一価格で注文し2主体以上の市場参加者が取引スピードを競う「レース」が行われており、このレースの売買高は東証取引全体の売買高（約定ベース）の約22.8%を占め、全メイク注文件数に占めるレース数は約31%であった。また、②小規模な登録HFT業者はメイク注文のみを中心に取引を行うメイク型に、大手<sup>18</sup>登録HFT業者はメイク注文とメイク注文を組み合わせたバランス型に、そして、スピードに特化した登録HFT業者は狙撃型に分類され、特に、③劣化した注文を素早くメイクする狙撃型の登録HFT業者が7社確認され、うち3社については板を観察しても把握できない注文の試行（すなわち、IOC注文の失効）を大量に行い、板情報では把握できない取引の存在が示唆された。更に、戦略/主体別に観察するとレースに対する対極的な見解が導かれた。戦略の観点からは、④ETFにおいて、主に先物等のアービトラージ戦略に起因する規模の大きいレースが活発に行われており（レース全体の売買代金の11~34%近くに及ぶ）、商品/市場間の価格連動性の促進に寄与している可能性が示唆された。<sup>19</sup>。ただ、高速化するミリ秒（1/1000秒）やマイクロ秒（1/1000000秒）の価格連動で恩恵を受ける主体は限定的と思われるが、技術発展は想像しえなかった別の形で将来、個人投資家を含めたその他投資家にも間接的また直接的な恩恵をもたらすこともありうる。主体の観点からは、⑤一部のマーケットメイク型プレーヤーがレースにおいて恒常的に敗者（取消の試みが失敗）となる状況が見られた。結果的に、狙撃型やバランス型に属しメイク注文を行うプレーヤーにより、マーケットメイクを行う流動性供給者が撤退や戦略変更を余儀なくされるとすれば、レースにおける過度なスピード競争が市場全体にとって有意義なのかという疑問が生じえる<sup>20</sup>。また、HFT以外の⑥その他投資家<sup>21</sup>が意図せずレースに参加している可能性が示唆されたものの、本稿のレースの定義上、その他投資家は特定の競争環境の勝者としてのみ計上され、HFT以外の投資家がスピード競争の結果として損失を被っていることを示唆するものではなかった。なお、本稿は、スピード競争を網羅的に捕捉することを目的としており、HFT以外のその他投資家の損失の有無やその程度を計測するものではないが、今後、その他投資家の投資行動が予測され、登録HFT業者のレース発生原因となれば、詳細な分析を行う必要があるだろう。

---

<sup>18</sup> 特定の業者を指すのではなく、あくまでも東証の注文件数及び売買代金に占めるシェア率が上位に入る登録HFT業者を指す。

<sup>19</sup> Budish and Cramton, Shim(2015)によると、E-mini S&P 500 future(ES)とSPDR S&P 500 ETF(SPY)の裁定出現間隔は、2011年には10ミリ秒以内まで短縮化していることを指摘している。また、裁定機会の89%がESの価格変動から始まった（先物主導説）としている。

<sup>20</sup> 商品/市場間の価格連動性に関する分析・整理（現状、HFT業者はどの程度関与しているか、本来はどこまで期待するのか、など）、そして連動性をどの次元まで求めるか、有識者含めた業界内の目線はあるか等。

<sup>21</sup> その他投資家とは、4.3.2節にて解説するが、高速性を有さない取引を行う個人投資家を含めたその他投資家を指す。

本稿の構成は次のとおりである。まず、第2章において高速取引行為の定義や、仮想サーバ、データについて解説し、また、同データ内の「打刻」（時刻を記録）するタイミングを基に、注文発注時刻間の時間差について分析した結果に伴う留意点を示す。第3章において、登録HFT業者を「メイク型」と「バランス型」、「狙撃型」の3つに分類した上で、第4章において、東証におけるスピード競争の実態分析を行った結果を示し、最後の第5章において、まとめと今後の課題を示す。

## 2. 定義・データ等

### 2.1. 高速取引行為の定義

本節では、金融商品取引法（以下「金商法」という。）の「高速取引行為」の定義について解説<sup>22</sup>した後、登録 HFT 業者数の推移を紹介する。

金商法では、以下全ての要件に該当する有価証券の売買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<sup>23</sup>。

- (1) 有価証券の売買や市場デリバティブ取引に係る判断が電子情報処理組織により自動的に行われること。
- (2) 上記(1)の電子情報処理組織が設置されている施設が、取引所等<sup>24</sup>の売買システム（マッチングエンジン）と同じまたは、隣接・近接する場所に所在すること。
- (3) 上記(2)の売買システムへの発注等が、他の発注等と競合することを防ぐ仕組みが講じられていること。

上記(1)は、株式等のいわゆるアルゴリズム取引（コンピュータシステムが自動的に投資判断と発注を行う取引）を行っている場合に該当する。上記(2)は、典型的には、投資アルゴリズムを組み込んだシステムが取引所等のコロケーションエリア<sup>25</sup>に設置されている場合に該当する。上記(3)は、典型的には、仮想サーバ（東証の場合）を専用で使用している場合に該当する。ただし、2017年12月27日のパブリックコメント<sup>26</sup>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。

なお、経過措置対象業者の登録が全て完了した2019年10月以降、登録 HFT 業者（濃い青棒）の推移は、概ね横ばいで、50社超の登録 HFT 業者が日本の取引市場に参入している(図 2.1.1)。

---

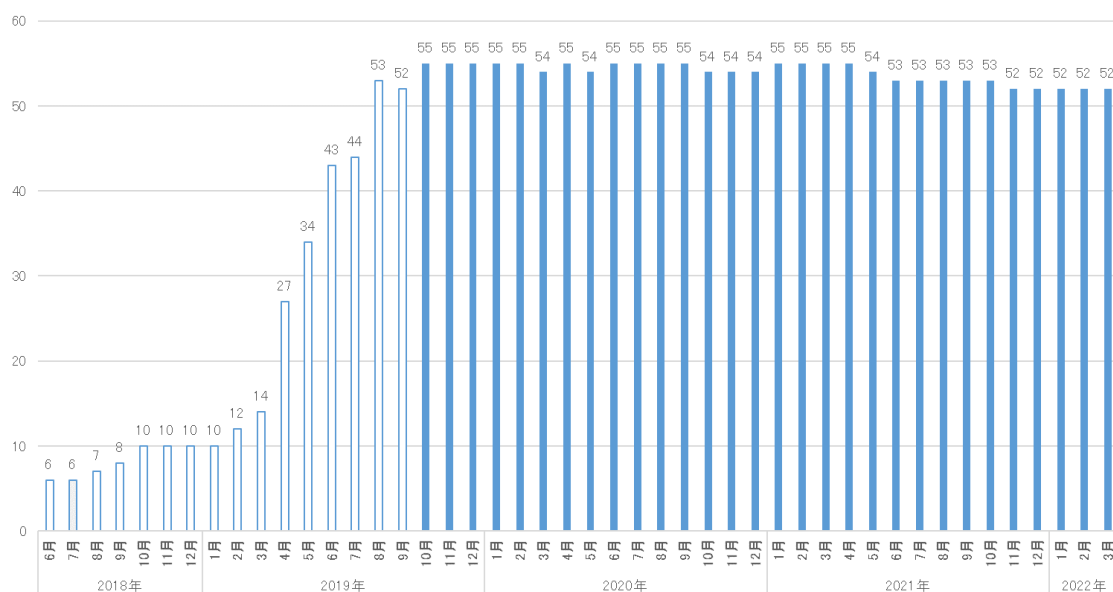
<sup>22</sup> 背景や詳細については、齋藤・田原（2018）を参照。

<sup>23</sup> 金融商品取引法第2条第41項、金融商品取引法施行令第1条の22、金融商品取引法第二条に規定する定義に関する内閣府令第26条、平成29(2017)年金融庁告示第50号、高速取引行為者向けの監督指針Ⅲ-3-1-2「高速取引行為となる情報の伝達方法に関する留意点」。

<sup>24</sup> 東証、OSE（Osaka Exchange Inc）、名古屋証券取引所、福岡証券取引所、札幌証券取引所、PTS（ジャパンネクストとCboe、大阪デジタルエクスチェンジ）が対象であり、東京金融取引所や債券PTSは対象外。

<sup>25</sup> コロケーションサービスとは、東証の売買システムなどがあるプライマリサイト内のコロケーションエリアに、売買サーバ等を設置するスペースやネットワーク等を提供するサービスのこと。このサービスを利用することで、東証の売買システム及び相場情報配信システムとの距離が最小化され、気配情報の取得及び注文の送信時間をそれぞれ片道数マイクロ秒程度にまで短縮できる。なお、このサービスは、一部の参加者による、売買システム周辺の土地の買い占めといった事態を防ぐ、あくまでも公平を期すためのものとされる。

<sup>26</sup> 金融庁「平成29年金融商品取引法改正に係る政令・内閣府令案等に対するパブリックコメントの結果等について」（平成29(2017)年12月）(<https://www.fsa.go.jp/news/29/syouken/20171227.html>：最終閲覧日2022年10月13日)



(出所) 金融庁ホームページ公表資料より筆者作成

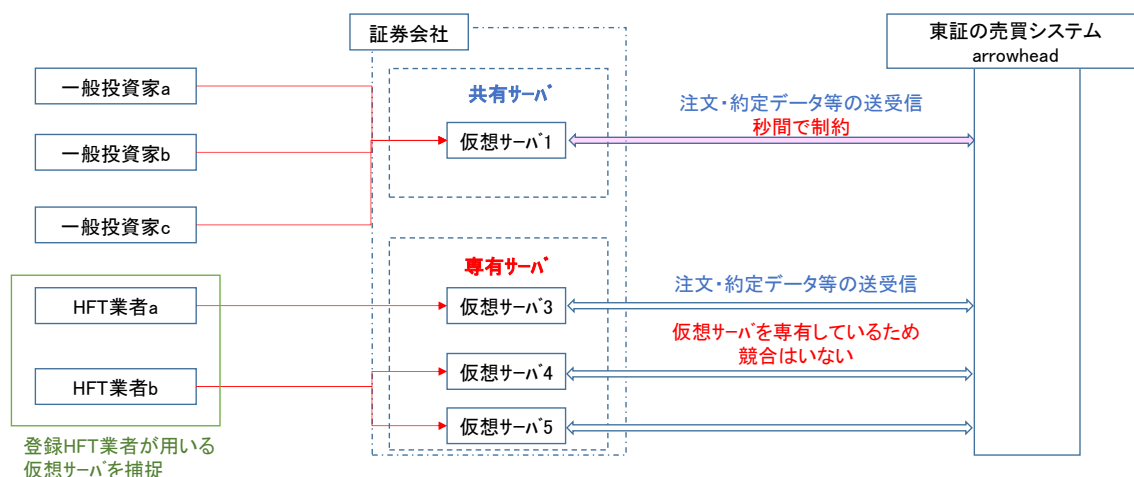
図 2.1.1 登録 HFT 業者数の推移

## 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とデータの送受信を行うために、各投資家のシステムに実装する論理的なデバイスであり、接続単位として各証券会社に付与される ID のようなものである (図 2.2.1)。ひとつの仮想サーバは売買システムとの間に一本の TCP コネクションを確立する。投資家に専有されている仮想サーバに限ると (図 2.2.1 の「専有 (仮想) サーバ」)、仮想サーバ毎に取引注文を集計すれば、投資家の取引行動 (図 2.2.1 であれば「HFT 業者 a」と「HFT 業者 b」) を直接観察することができる。また、仮想サーバは 1 秒間に発注できる注文件数の上限値がタイプ<sup>27</sup>により定められており、他の投資家との競合を避け、相場の過熱局面でも確実に注文を執行するためには、投資家は東証に証券会社を通じて追加費用を払い、用途に合わせた仮想サーバを専有する必要がある。

<sup>27</sup> 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、最も大きなタイプの仮想サーバでは秒間最大 200 件の注文を発注できる。





(出所) 筆者作成

図 2.2.1 専有（仮想）サーバと共有（仮想）サーバ

## 2.3. データ

本稿の分析は、東証より新たに入手した、2021年9月15日から9月22日（5営業日分）の現物のメッセージデータを東証の板再現明細データを補完する形で用いている。メッセージデータには板更新に反映されなかった、取引や取消の試みに関する情報（失効情報）が含まれている。この情報からスピード競争の敗者を特定し、板再現明細データから勝者を探索することでスピード競争のレースを全抽出することが可能となる。なお、板再現明細データ及びメッセージデータに記載された注文時刻はマッチングエンジン<sup>28</sup>直前で打刻された時刻のため、勝者と敗者の時間差には取引所内のプロセスに要する処理時間が含まれ、純粹にレースの勝者と敗者を決するスピードを特定できない（次節で詳細説明）。また、データ制約上、分析対象日数が5営業日と限定的であり、月初や月末、なぎや変動相場といった様々な市場環境を網羅できていない点に留意する必要がある。

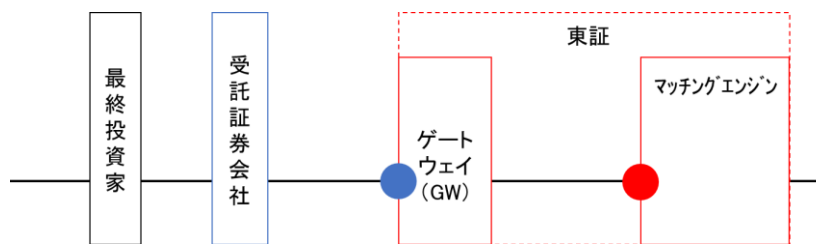
## 2.4. 打刻のタイミングによる注文間の時間間隔分布の差異に伴う留意点

本来、取引所が受け取った注文情報（新規・変更・取消注文）は、取引所内で幾つかのプロセスに従い処理されるため、各注文には複数の時刻が打刻される。Budish et al. (2021) では、取引所に注文情報が到達した時点（図表 2.4.1：青丸、以下「取引所 GW」という）で打刻される取引データをベースにレースを計測している一方、本稿では、データ制約上、東証マッチングエンジンに到達する直前に（図表 2.4.1：赤丸、以下「マッチングポイント」とする）打刻された取引データ（板再現データ、メッセージデータ）でレースを計測せざるを得ない。そのため、時間差に関するレースの分析結果は大きく異なる。なぜなら、取引所内で処理される各プ

<sup>28</sup> 東証の arrowhead におけるトレーディングサーバを指す。

(<https://www.jpx.co.jp/systems/equities-trading/01.html> : 最終閲覧日 2022年10月13日)

プロセス、具体的には取引所 GW に到達した後にマッチングエンジンで処理されるまでの間には、注文が込み合った場合（注文が同時に 2 件以上）に待ち行列が発生するからである。たとえ 2 つの注文がほぼ同時に取引所 GW で打刻されたとしても、マッチングポイントで打刻される時刻には約 450 マイクロ秒の時間差<sup>29</sup>が発生することがわかった。そもそも注文処理に一定の時間を要することは不可避であり、更なる高速化が望まれるものの、何より取引所 GW に到達した時点の注文の順序が取引所内のシステムにより逆転しないよう整備<sup>30</sup>する方が優先されるべき点かもしれない。



(出所) 筆者作成

図表 2.4.1：打刻される時点

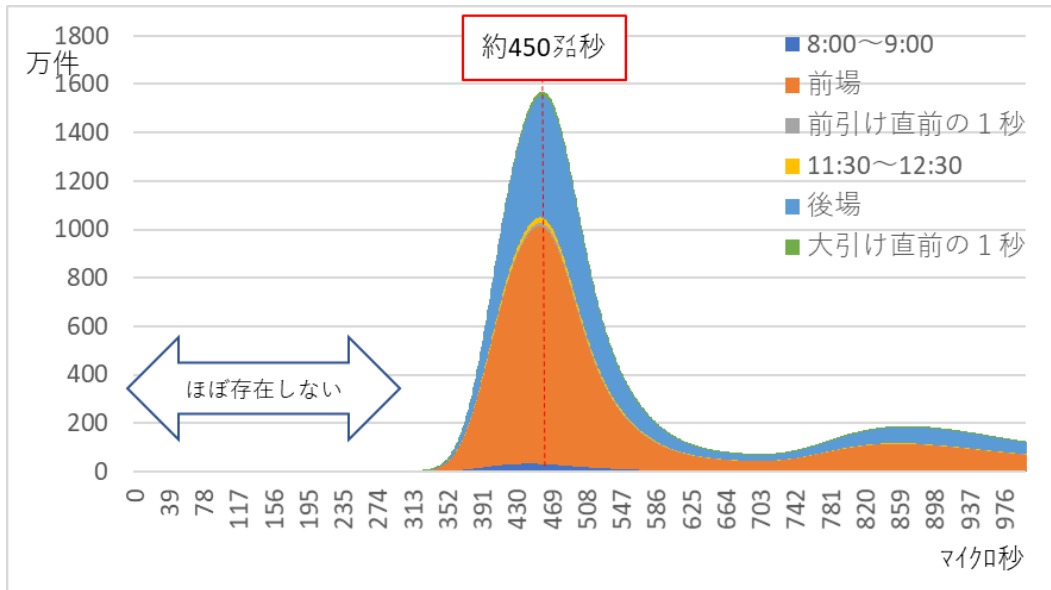
実際、2021 年 6 月から 9 月の 4 か月分の現物の板再現明細データを用いて、銘柄毎に、全ての注文（新規・変更・取消注文）を発注順に並べ、マッチングポイントで打刻された時刻をベースにして、注文間隔を計測すると図表 2.4.2 のような度数表が描ける<sup>31</sup>。約 450 マイクロ秒が最頻値であり、前場と後場の注文がその大半を占める。特徴的な形状が約 875 マイクロ秒にも見られるが、注文種別や大量約定を伴う処理など、さまざまな因子により発生したものと推測される。

なお、取引所 GW に到着した時刻が記載されたデータを特別に保存の上、1 営業日分（2022 年 4 月 22 日）東証に提供してもらい、上記同様に銘柄毎に全ての注文（新規・変更・取消注文）を発注順に並べ、取引所 GW に打刻された時刻で注文間隔を計測すると、図表 2.4.3 のようになった。取引所内の処理に要するノイズを含まない純粋な注文状況であり、数マイクロ秒の単位で注文が飛び交っている様子がみてとれる。

<sup>29</sup> 1 つの注文を追跡し、取引所 GW で打刻される時刻とマッチングポイントで打刻される時刻の時間差が約 450 マイクロ秒の差であることを示すものではない。また、スピード競争の観点からは取引所 GW にどちらが先に到達したかが重要で、この約 450 マイクロ秒の差は狙撃行為において優位になるものでもない。

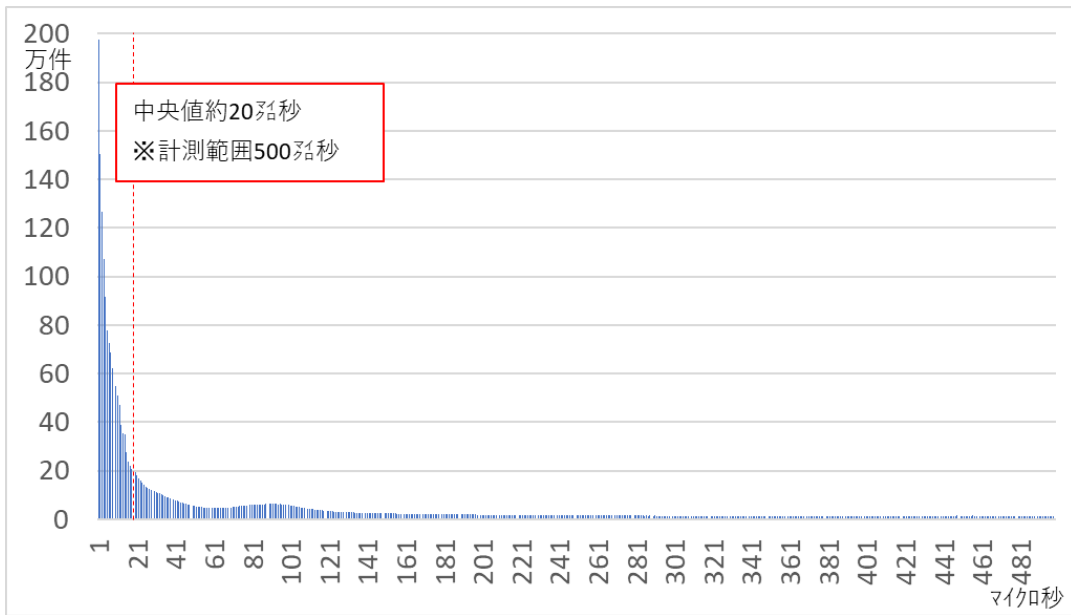
<sup>30</sup> Budish (2021) ではロンドン証券取引所のゲートウェイに到達した後にマッチングエンジンで処理されるまでの処理過程で、レース全体の 4%程度、この逆転現象が発生していることを指摘している。本分析では、データ制約上、当該検証を行えないため、逆転現象が起こっていないことを前提に分析を行った。

<sup>31</sup> 約 300 マイクロ秒以下の頻度もゼロではなかったものの、単にシステムの処理上発生しうるものであった。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 2.4.2 : 発注時間帯、銘柄別、注文間の時間差 (新規・変更・取消注文に関して、マッチングポイントで打刻される時間 (図表 2.4.1 の赤丸) 間隔を計測)



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

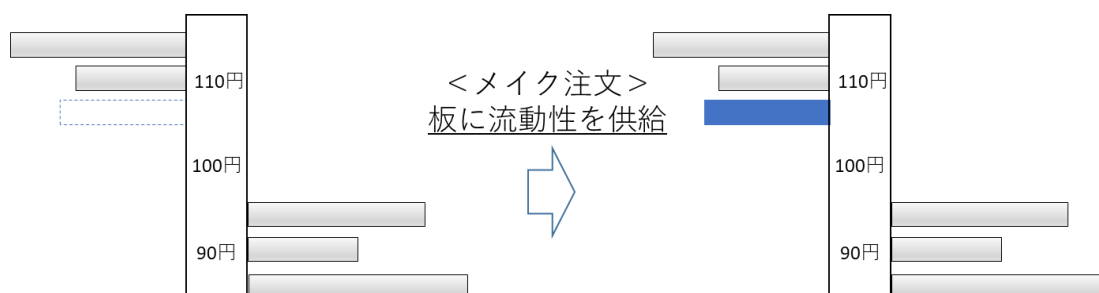
図表 2.4.3 : 発注時間帯別、銘柄別、注文間の時間差 (新規・変更・取消注文に関して、取引所 GW で打刻される時間 (図表 2.4.1 の青丸) 間隔を計測)

### 3. 登録 HFT 業者の取引戦略カテゴリー別の取引状況

#### 3.1. 登録 HFT 業者の戦略別テイク/メイク注文件数及び売買代金

本稿を通して、登録 HFT 業者の取引の特徴や取引戦略に即した分析を行うため、本節では、2章で言及した5営業日分の現物の板再現明細データを用いて、売買別、テイク/メイク注文別に、注文件数及び売買代金を集計し対比することで、分析対象期間中に注文を行った36社の登録 HFT 業者を「メイク型」と「バランス型」、「狙撃型」の3つのグループに分類する(図表 3.1.2)。加えて、後述する4章のスピード競争の分析を見据え、本節で分類された登録 HFT 業者群の特徴をできる限り明らかにした。なお、本稿では別に記載がある場合を除き、「注文」には新規注文、取消注文、変更注文を含む。

まず、即約定するテイク注文<sup>32</sup>と即約定せず注文が一旦板に提示されるメイク注文<sup>33</sup>の2つに新規注文を類別する(図表 3.1.1)。メイク注文は板に流動性を供給する注文種別である一方、テイク注文は板から流動性を需要する注文種別といえる。そのため、テイク注文件数よりメイク注文件数が多く、テイク注文による売買代金よりメイク注文による売買代金が多い登録 HFT 業者を「メイク型(流動性供給型)」(以下、「メイク型」という)に分類し、反対に、テイク注文の方が件数及び売買代金ともに多い登録 HFT 業者を「テイク型(狙撃型)」(以下、「狙撃型」<sup>34</sup>という)に分類した。「メイク型」と「狙撃型」に分類されない残りの登録 HFT 業者は、一様に、テイク注文件数よりメイク注文件数が多く、メイク注文による売買代金よりテイク注文による売買代金が多かったため、「バランス型」に分類した。なお、本章では、テイク注文件数に4章のスピード競争の敗者条件の1つである「IOCの失効」件数(テイク注文の試行の失敗)も含めている<sup>35</sup>。

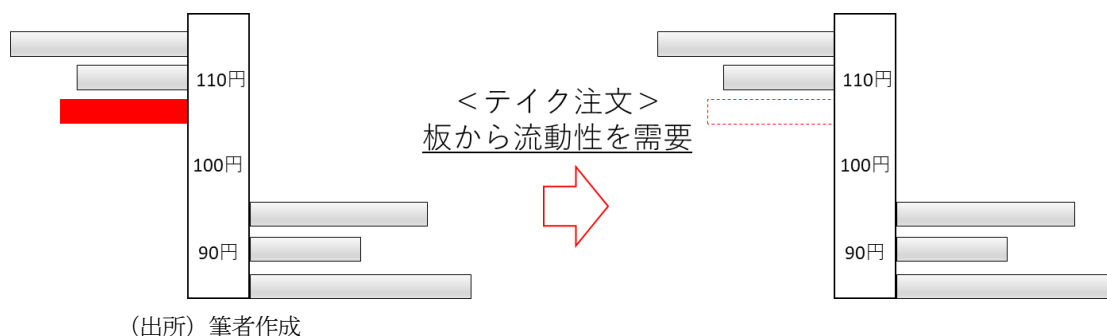


<sup>32</sup> 部分的に即約定した指値注文、IOC条件付き注文、成行注文(IOC条件付きを含む)が候補となる。

<sup>33</sup> 部分的にも即約定しなかった指値注文が候補となる。

<sup>34</sup> メイク型と対を成すことからテイク型としてもよいが、板に残った注文を狙い定めて獲得するという取引スタイルにも見えるため、Budish(2021)に倣い、狙撃型と呼称することとする。

<sup>35</sup> メイク注文件数=立会内時間中即座に約定しなかった新規注文件数とし、本節では、テイク注文件数=立会内時間中に即座に約定した新規注文件数+IOC注文の失効件数、2章以外では、テイク注文件数=立会内時間中に即座に約定した新規注文件数とする。



図表 3.1.1 メイク注文（上図）とテイク注文（下図）（イメージ）

テイク注文をほぼ行わず、メイク注文で約定する「メイク型」には、流動性供給の代表格であるマーケットメイク戦略を主に行う登録 HFT 業者が想定される。分析対象期間中に取引を行った登録 HFT 業者 36 社中 14 社がこれに該当し、うち 8 社が売りと買いの注文件数及び売買代金に大きな偏り<sup>36</sup>がなかった。次に、メイク注文件数を多く行うものの、主にテイク注文で約定する「バランス型」には 15 社が該当し、マーケットメイク戦略とディレクショナル戦略、もしくはアービトラージ戦略等を組み合わせた複合型の登録 HFT 業者の分類が想定される。最後に、メイク注文をほぼ行わず、テイク注文で約定する「狙撃型」には 7 社が該当し、ディレクショナル戦略やアービトラージ戦略を主に行うスピード特化型の登録 HFT 業者の分類が想定される。なお、メイク型のうち 6 社、バランス型のうち 6 社、狙撃型のうち 3 社は、売買代金の売り買いが均衡していない。この原因としては、これらの登録 HFT 業者の戦略として、翌日以降にポジションを持ち越している可能性もある<sup>37</sup>が、他の市場やデリバティブ等の裁定取引や、高速取引でない取引（登録 HFT の注文で捕捉できない取引）がある可能性が高い。「均衡」していない登録 HFT 業者の取引については、その取引戦略の一部しか本稿では把握できていない可能性がある以上、上記 3 つのグループにそのまま分類できない。そこで、各グループの中に「その他」としてそれぞれ別枠（カテゴリー）を設けて分類した。なお、今後、売買件数や売買代金以外の切り口を加えることで、HFT の取引戦略への理解が進み、「その他」に分類したカテゴリーの明確化や細分化がなされる可能性も考えられる。

<sup>36</sup> 分析対象期間 5 日間を集計し、売り買いの注文件数比率及び売買代金比率が 80%以上 120%以内の場合は、「売りと買いの比率」の項目で「均衡」と記した。

<sup>37</sup> 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）特徴がある。そのため、5 日間にわたってポジションに偏りがあれば、通常、捕捉していない注文（非高速取引による注文等）の存在が想定される。

	カテゴリー	注文件数			売買代金			登録HFT業者数	備考
		テイク	メイク	売と買の比率	テイク	メイク	売と買の比率		
メイク型	①	×	○	均衡	×	○	均衡	8	メイク注文で約定する『メイク型』
	その他			②			-	-	
バランス型	③	▲	○	均衡	○	▲	均衡	9	メイク注文が多いが、主にテイク注文で約定する『バランス型』
	その他			④			-	-	
狙撃型	⑤	○	×	均衡	○	×	均衡	4	テイク注文で約定する『テイク型』
	その他			⑥			-	-	

(出所) 筆者作成

図表 3.1.2 登録 HFT 業者を 3 つのグループに分類 (○ : 多い、▲ : 少ない、× : ほぼ無)

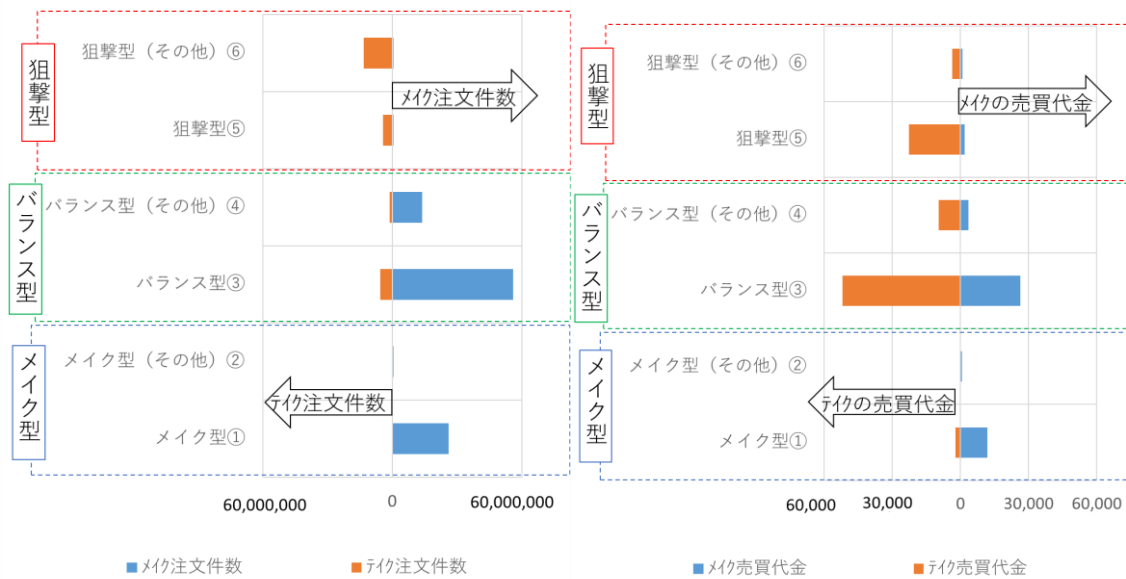
「メイク型」と「バランス型」、「狙撃型」そして、①～⑥の小区分(カテゴリー)、それぞれに分類された登録 HFT 業者のメイク/テイク注文件数及び、メイク/テイク注文による売買代金は図表 3.1.3 の通りである。まず、登録 HFT の注文全体を俯瞰すると、注文件数ベースではメイク注文が多く、売買代金ベースではテイク注文が多い<sup>38</sup>特徴が見て取れる。板に流動性を供給するもの実際には約定しない(板情報として提示されるが約定しない)、見せかけの流動性供給(Ghost liquidity)といわれる一端はここにあるのかもしれない。

次に、カテゴリーごとに細かく見ていくと、想定通り、「メイク型」(カテゴリー①とカテゴリー②)と「狙撃型」(カテゴリー⑤とカテゴリー⑥)には、メイク注文とテイク注文をそれぞれ専門に行う登録 HFT 業者が分類された。「バランス型」(カテゴリー③とカテゴリー④)には、「メイク型」に属する 14 社の登録 HFT 業者数とほぼ変わらない 15 社が属するが、特にカテゴリー③は、注文件数と売買代金双方で他のカテゴリーを大きく上回っていることから、大手 HFT 業者が分類されていることが読み取れる。また、「狙撃型」のカテゴリー⑥は、同分類のカテゴリー⑤に比べ、テイク注文件数は多く(図表 3.1.3 の左図⑤と⑥のオレンジ棒の対比)、テイク注文による売買代金が小さい(図表 3.1.3 の右図⑤と⑥のオレンジ棒の対比)。通常、テイク注文は即約定に結び付く新規注文を指すが、上述した通り、IOC 注文の失効件数(テイクを試みた件数)をテイク注文件数に加えているため、狙撃の成功率が低ければ低いほど注文件数は増加し、相対的に売買代金(約定代金)が減少することになる。カテゴリー⑥の IOC 注文の失効件数は全 IOC 注文の失効件数の約 65%に達すること(図表 3.1.4)から低い狙撃成功率が原因であると考えられる。ただし、カテゴリー⑥は売りと買いの比率が「均衡」していない登録 HFT 業者が分類されていることから、現行の高速取引規制では捕捉出来ない取引が潜在的に存在する確率は「均衡」しているカテゴリー群より高い。その潜在的な取引を加えれば売買代金は上昇するかもしれない。

また、IOC 注文の失効は板に反映されることなく処理される。図表 3.1.4 は板を観察しても把握できない注文の試行(ここでは IOC 注文の失効を指す)がカテゴリー⑥の 3 社で大量に行

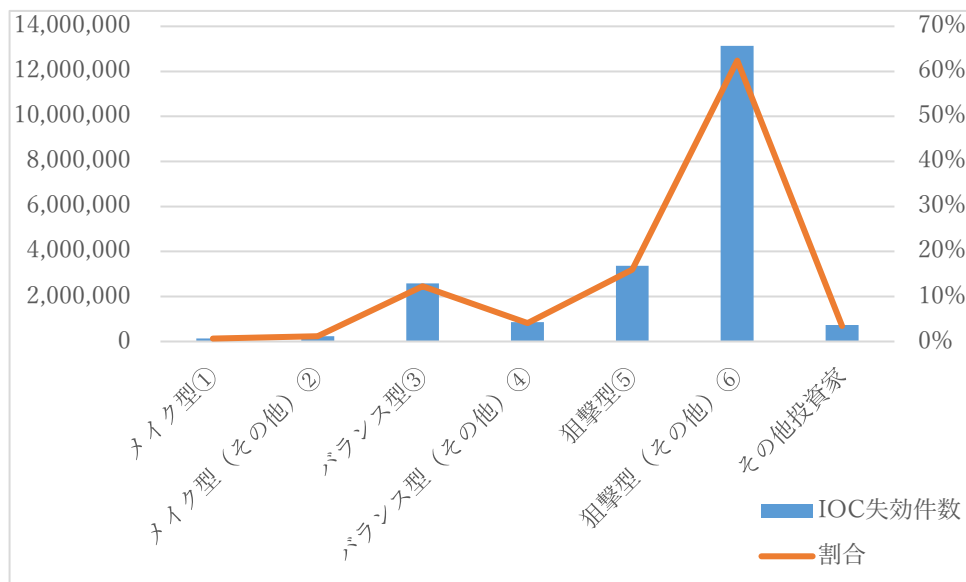
<sup>38</sup> 取引主体を登録 HFT に限定しなければ、全主体のテイク注文による全売買代金とメイク注文による全売買代金は一致する。

われていることを示唆しており、今後、カテゴリー⑥の取引を詳しく把握することで、IOC 注文の失効が多い理由が明らかになるかもしれない。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 3.1.3 各カテゴリー (①～⑥) のメイク/テイク注文状況  
(左：注文件数、右：売買代金 (億円))



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 3.1.4 戦略別、IOC 注文の失効件数と割合

### 3.2. 3つの分類 (6つのカテゴリー) 毎に、申告ベースの戦略を比較

2017(平成 29)年の金商法改正等により、登録 HFT が用いる専有仮想サーバと高速取引の戦略を把握することが可能となったため、(1)マーケットメイク戦略(一般的意味でのマーケットメイク戦略と申告ベースのマーケットメイク戦略を明確に分けるため、以下、申告ベースの戦略を「MM 戦略」という)、(2)アービトラージ戦略(以下「AR 戦略」という)、(3)ディレクショナル戦略(以下「DR 戦略」という)、(4)その他の戦略(以下「Other 戦略」という)に4分類して、登録 HFT 業者の動向を把握できる。なお、それぞれの戦略の概要は金融商品取引業者等向けの総合的な監督指針に示されている<sup>39</sup>。

具体的には、東証の業務規程により登録 HFT すべてに戦略フラグが付与されるため、上記4つの戦略を前提にすれば、登録 HFT 全体の傾向や、各登録 HFT 業者の大まかな特徴を把握することができる。ただ、正確に各登録 HFT 業者の取引実態を把握するためには、まず、登録 HFT の1つ1つの取引戦略が上記4つの戦略で識別できること、更に1つ1つの戦略が高速取引行為による取引で完結<sup>40</sup>している必要がある。しかし、1つのアルゴリズム取引が上記4つを含めた複数の取引戦略や高速取引行為でない取引から構成されている可能性もある。また、各戦略に対する各社の定義が違えば、上記4つの戦略フラグに基づく分析結果は誤解を与えるものになることには留意が必要である。例えば、MM 戦略一つとっても、「売りと買いの両注文を市場に出し、他の投資家の取引相手となることで、両価格のスプレッド分の利益を得る戦略」とあるが、常時<sup>41</sup>売り買いに指値注文を行っている場合のみ MM 戦略とみなし、一時的に指値注文を控え、売りと買いどちらかの注文しか市場に出さなかった場合は、MM 戦略とはみなさず、DR 戦略や Other 戦略であるといった見解をしている可能性もある。こうした点を踏まえずに、申告された戦略フラグを分析の主軸に据えることは、実際の取引状況との乖離が生じる可能性があるため、本稿では、第4章で行う分析の参考情報として活用することにとどめるものとする。

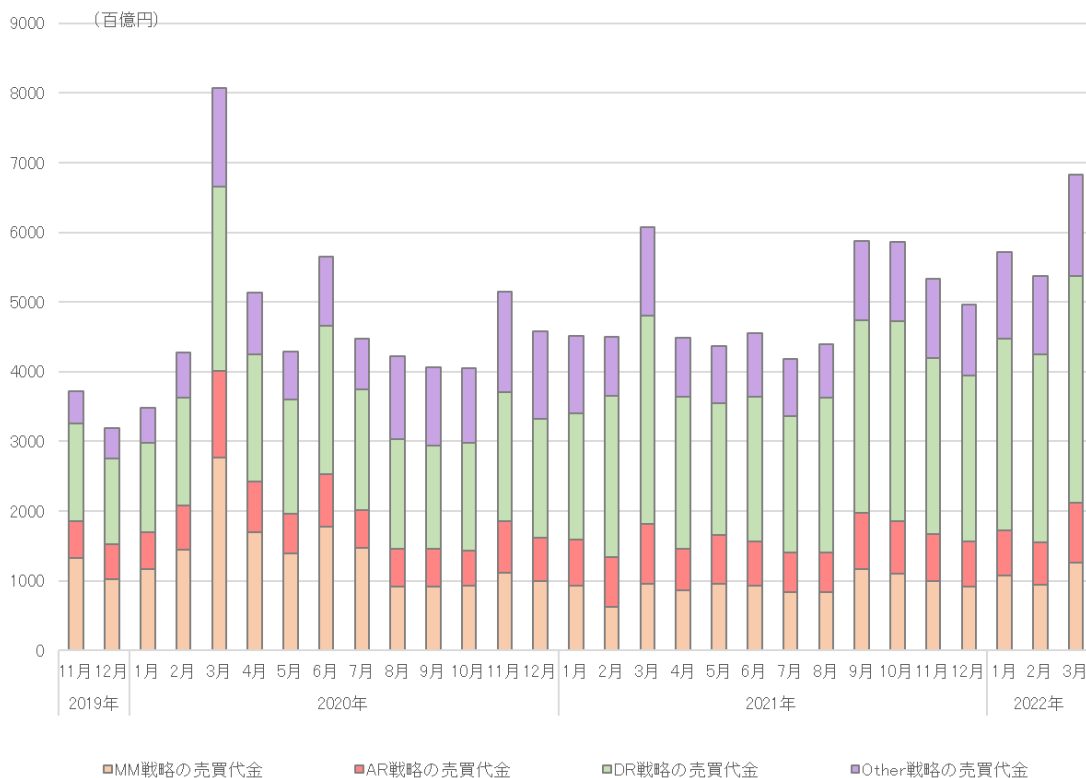
---

<sup>39</sup> 金融商品取引業者等向けの総合的な監督指針(別紙)高速取引行為者の監督指針Ⅲ-3-1-1(2)①に次の通り記載されている。MM 戦略とは、売りと買いの両注文を市場に出し、他の投資家の取引相手となることで、両価格のスプレッド分の利益を得る戦略をいう。AR 戦略とは、価格変動に相関がある複数の銘柄の価格差や、同一商品の市場間での価格差などに着目し、裁定取引を行うことで利益を得る戦略をいう。DR 戦略とは、近い将来の価格の変動を予測して利益を得る戦略をいう。Other 戦略とは、MM 戦略、AR 戦略または DR 戦略のいずれにも該当しない戦略をいう。

<sup>40</sup> 複数の投資家が共有する仮想サーバも存在している(図 2.2.1の「共有(仮想)サーバ」)。登録 HFT 業者が(非 HFT 取引については)共有仮想サーバを通じて取引している可能性も否定できず、専有仮想サーバのみを分析することで、登録 HFT 業者の取引をすべて捕捉できるわけではない。

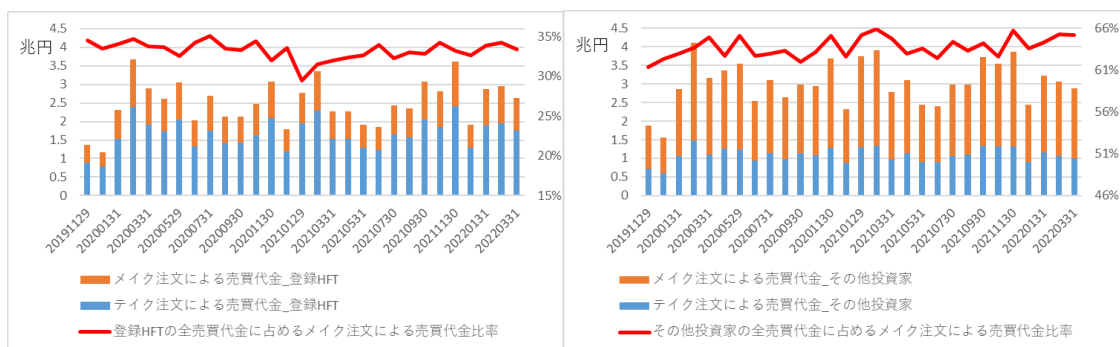
<sup>41</sup> マーケットメイク制度では、気配提示時間に言及しており、立会内(計測対象時間)のうち80%以上の時間帯に気配提示を行う必要がある。





(出所) 金融庁ホームページ公表資料より筆者作成

図表 3.2.1 戦略別売買代金推移



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 3.2.2 メイク/テイク別、売買代金 (左: 登録HFT、右: それ以外の投資家) 推移  
(※月末の売買代金を集計)

近年、図表 3.2.1 より、登録 HFT 業者の主戦略として考えられてきた MM 戦略は割合的には減少傾向にあり、DR 戦略や Other 戦略が台頭してきているように見える。しかし、図表 3.2.2 (左図) のメイク/テイク別売買代金の観点<sup>42</sup>からは、登録 HFT の全売買代金に占めるメイク注文による売買代金比率が約 33%で過去 2 年間比較的安定して推移しており、大きな変化は見られない。このことから、MM 戦略による流動性供給が減少しているというより、むしろ申告する戦略の見直しや、戦略の高度化と共に純粋なマーケットメイク戦略は減少し、ディレクショナル戦略やアービトラージ戦略そしてその他の戦略を組み合わせた複合型戦略が増加してきていると推測される。前節の分類において、メイク型に分類された 14 社の規模は小さく、バランス型には大手 HFT 業者が名を連ねていることから、競争環境のなかで HFT の戦略自体がシンプルなものからより高度で複雑なものへと日々進化しているのかもしれない。

次に、前節の 3 分類 (カテゴリー①～⑥の 6 つ) に属する各登録 HFT 業者がどのような戦略フラグを付して取引を行ったのか、メイク/テイク別に注文件数と売買代金を集計した (図表 3.2.3 と図表 3.2.4)。図表 3.1.3 に戦略フラグ項目を付与すると図表 3.2.5 のようになる。

「メイク型」はメイク注文が多いが、想定していた MM 戦略ではなく DR 戦略によるメイク注文が多いことがわかる (図表 3.2.3 及び、図表 3.2.4)。先ほど例に挙げた各戦略に対する各社の定義の違いも原因として考えられるが、純粋に相場の勢いを先読みした指値注文を行っていると予想される。その場合、DR 戦略とはいえ、あくまでもメイク注文であるため板への流動性供給の貢献度は高く、加えてこの「メイク型」に属する登録 HFT 業者の目論見通り、相場が傾けば、彼らによって供給された流動性が価格変動を抑制 (当該 HFT 業者の指値注文が板の厚みとして価格変動を抑制、下値支えや上値抑え効果) する役割を果たすことになる。

「バランス型」については、注文件数で見ると圧倒的に MM 戦略によるメイク注文件数が多いが、売買代金で見ると DR 戦略によるテイク注文の売買代金が多い (MM 戦略によるメイク注文の売買代金の 2 倍超)。マーケットメイク戦略として高頻度に新規注文と取消注文を繰り返しつつ、ディレクショナル戦略としてテイク注文を行い約定している様子が窺える。もちろん、メイク注文による売買代金も決して小さくないため、最良気配付近への指値注文が想定され、BBO スプレッドの縮小への貢献も示唆される。ただし、DR 戦略によるテイク注文の売買代金が大きいため、どのような考え方に基づく発注なのか、相場の変動を拡大するような注文でないか注視する必要がある。

「狙撃型」は、テイク注文が中心であり、DR 戦略及び AR 戦略によるテイク注文の売買代金が多い。カテゴリー①、カテゴリー③と⑤、そしてカテゴリー⑥の 3 つの DR 戦略には、テイク/メイク注文別に、注文件数と売買代金に特徴的な差異がある。カテゴリー①はメイク型のディレクショナル、カテゴリー③と⑤はスナイパー型の狙撃 (注文件数対比で売買代金が高い)、そして、カテゴリー⑥は乱射型の狙撃 (注文件数対比で売買代金が高い) である様子が集

<sup>42</sup> 前場引けや大引けにおける売買代金 (分析対象期間 2019 年 11 月～2021 年 9 月で、1 日の全売買代金に占める大引けの売買代金割合は平均して 10%を超える) は、本稿のメイク/テイク別売買代金に含まれない。

計結果から推察されるが、カテゴリー③⑤⑥については、4.5.1 節での中率や狙撃方法についてもう少し詳しく分析する。

また、カテゴリー④であればテイクの売買代金全体（約 9,553 億円：2451 億円+5098 億円+1991 億円+13 億円）の約 26%にあたる 2451 億円が、カテゴリー⑥であればテイクの売買代金全体（3,682 億円：1939 億円+261 億円+1482 億円）の約 53%にあたる 1939 億円が、それぞれテイク注文により約定しているにもかかわらず MM 戦略として発注されている。各社の戦略を金商法や監督指針等が定義した 4 つの戦略に当てはめる困難さも想像に難くないが、実際に約定に結び付く注文種別がメイク注文かテイク注文かを考慮せずに戦略フラグを集計し、MM 戦略や DR 戦略の多寡から HFT の流動性供給状況を判断する危うさを示す結果ともいえるだろう<sup>43</sup>。

---

<sup>43</sup> そもそも取引戦略が不明瞭な Other 戦略の存在もある。監督指針上、Other 戦略は、MM 戦略、AR 戦略または DR 戦略のいずれにも該当しない戦略を指しており、登録 HFT を統一的に分析するためには、メイク・テイク注文など戦略を区分する切り口は不可欠と考えられる。

		メイク注文件数(万件)				テイク注文件数(万件)				登録HFT業者数
		MM戦略	AR戦略	DR戦略	その他	MM戦略	AR戦略	DR戦略	その他	
メイク型	①	279	333	1,486	518	1	3	11	15	8
	その他 ②	47	0	7	10	0	0	25	0	6
バランス型	③	3,562	5	438	1,594	38	20	333	154	9
	その他 ④	1,198	31	137	24	25	84	18	0	6
狙撃型	⑤	42	0	9	0	1	288	145	0	4
	その他 ⑥	61	3	0	0	493	5	837	0	3

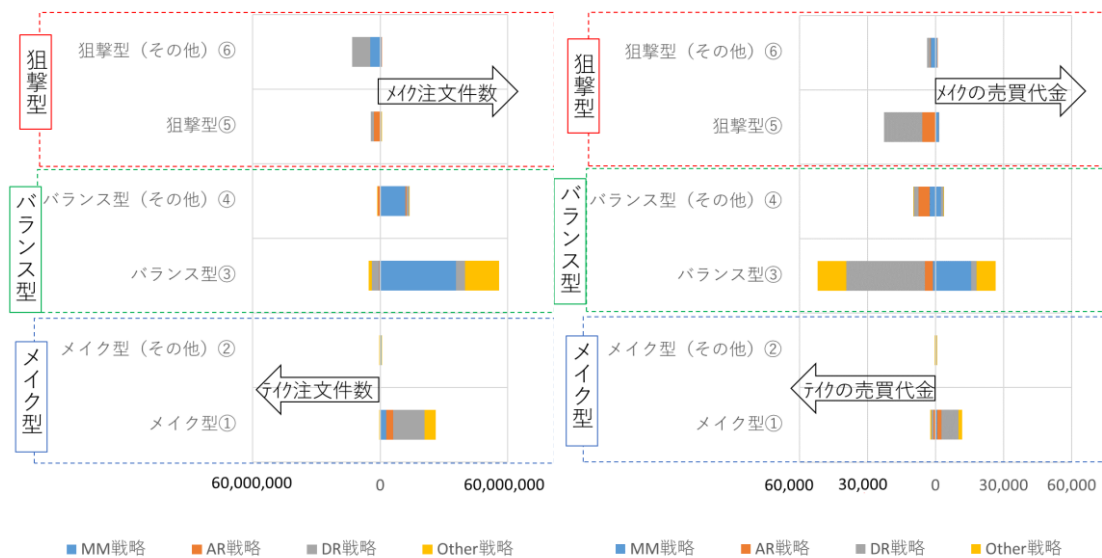
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 3.2.3 メイク/テイク別、各カテゴリー (①~⑥) の注文件数

		メイク注文による売買代金(億円)				テイク注文による売買代金(億円)				登録HFT業者数
		MM戦略	AR戦略	DR戦略	その他	MM戦略	AR戦略	DR戦略	その他	
メイク型	①	804	1,806	7,461	1,640	131	633	1,049	541	8
	その他 ②	378	5	156	45	8	70	151	32	6
バランス型	③	15,687	69	2,289	8,392	1,200	3,537	34,579	12,574	9
	その他 ④	2,411	34	1,063	44	2,451	5,098	1,991	13	6
狙撃型	⑤	1,370	0	369	0	131	5,674	16,970	0	4
	その他 ⑥	824	53	0	0	1,939	261	1,482	0	3

(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 3.2.4 メイク/テイク別、各カテゴリー (①~⑥) の売買代金



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 3.2.5 メイク/テイク注文別、戦略別、注文件数 (左図) と売買代金(億円) (右図)

### 3.3. HFT 業者の取引戦略に関する考察

HFT 業者の主な戦略と考えられているマーケットメイク戦略は、自社の価格モデル等で算出する適正価格と市場価格の乖離を収益源とする。すなわち、HFT 業者のマーケットメイク戦略の巧拙は、いかに公正価格<sup>44</sup>に近い適正な価格を算出できるかという公正価格の発見能力で決まる。公正価格を正確には算出できない以上、適正価格を中心に BBO スプレッド分の幅を持たせた提示価格がその銘柄の売値と買値となり、マーケットメイク戦略を行う主体の収益源となるためである。この戦略では、ひとたび市場価格に大きな値崩れが発生すれば高値買い、大きな価格上昇が発生すれば安値売りとなってしまう可能性があり、リスクと隣り合わせの戦略といえる。更に言及すれば、価格変動のインパクトが一時的インパクトに留まるのか、過渡的なインパクトなのか、恒久的インパクト(Alfonsi, et al. (2012))なのかの見極めも重要となる。一時的インパクトや過渡的なインパクト(例：大口の成行注文等)であれば、一時的に BBO スプレッドを大きく超えた価格変動となっても、市場価格のレジリエンス<sup>45</sup>効果によりその後の揺り戻しが期待できる。しかし、企業の本質的価値に関する情報漏洩などに起因した永続的な価格変化による恒久的インパクトであった場合、瞬時に適正価格を根本から見直し、公正価格を再度探りあてなければならぬ。どの程度の時間軸の取引戦略を立てるか、それに適した公正価格を適正価格として精度高く算出できるか、そして戦略上リスクとなるインパクトを回避できるかが、マーケットメイク戦略の成否を決める重要な要素となる。マーケットメイク戦略を行う主体はこうしたリスクと隣り合わせの環境の下、どの主体よりも安い価格での売値(同時に、高い価格での買値)を提示すべく価格競争を行っており、自ずと価格発見機能が向上し強化されることが期待される。当然、誰よりも公正価格に近い価格を誰よりも早く算出できれば、マーケットメイク戦略に限らずディレクショナル戦略やその他さまざまな戦略が展開できることになるだろう。その結果として、競争を勝ち抜いた大手 HFT 業者の多くがバランス型に分類されるようになったのかもしれない<sup>46</sup>。

ディレクショナル戦略についても、一般にディレクショナル戦略といった場合、一定方向の価格モメンタムに従う売買を思い浮かべがちだが、取引戦略の時間軸が比較的長い適正価格に基づくディレクショナル戦略も存在する。公正価格に近い適正価格を算出できていれば、テイク注文といえども、公正価格への調整(回帰)という市場価格のレジリエンス機能を自らが果たすことになる。すなわち、図表3.2.2のテイク注文による売買代金比率が67%(=100%-33%)

---

<sup>44</sup> Nasdaq は流動性を包含する概念として「マーケット・クオリティ(market quality)」をあげ、「リテール投資家に対して公正な価格(公正価格)を提供する(もの・こと)」としている。HFT が価格発見能力を発揮し、マーケット・クオリティに貢献しているか注視する点であるが、本節でいう公正価格とは、絶対的に真実性を追求した先に得られる価格と定義する。(https://www.nasdaq.com/articles/assessing-market-quality-2015-12-22 :最終閲覧日 2022 年 10 月 13 日)

<sup>45</sup> レジリエンス(resiliency)は市場がショックから回復する回復力を表し、レジリエンスの高い市場では、市場価格が注文量の影響を受けにくい。

<sup>46</sup> Budish et al. (2021) では、レース参加者をバランス型と狙撃型の2つに類型化し、メイク型が存在しない。

に達することや図表 3.2.1 の DR 戦略が増加してきていることをもって、HFT 業者が市場変動を助長する存在かどうかは判断できない。

アービトラージ戦略については、ETF と先物などデリバティブを裁定対象とする戦略が主に考えられ、商品/市場間の価格連動に寄与している。ただし、この種のスピード競争は、マーケットメイカーと同じ銘柄で競合した場合、公正価格に基づいた取引を目指すマーケットメイカーの損失拡大因子（例えば過渡的なインパクト程度の影響力を持つ因子）に繋がる可能性もある（Budish et al. (2015)）。次章のスピード競争の実態等の分析を継続的に行いつつ、過度なスピード競争には長短を見極めた議論が必要なかもしれない。

最後に、取引データの解析を進めると、マーケットメイク戦略に限らず、登録 HFT 業者の多種多様な戦略が垣間見えた。1 つの取引戦略の良し悪しをもって、登録 HFT 業者全体の功罪を問うこともまた早計といえよう。

## 4. スピード競争の実態把握

### 4.1. レースとは何か

Budish et al. (2015) 及び、Budish et al.(2021)に倣い、下記4つの条件を同時に満たすスピード競争を、「レース」として定義する。

- ① 同じ銘柄・同じ価格で取引する2主体以上の市場参加者が存在する。
- ② 1主体以上のテイク注文（IOC注文に限定）の失効もしくは、取消注文の失効（以下、「失敗」という）が存在する。
- ③ ②の取引を敗者としたときに、敗者の対になる勝者が存在する。
- ④ 上記すべての注文が「ほぼ同時」に発生する（本稿では10ミ秒以内）

Budish et al. (2021) では、同一企業内に複数の取引戦略チームの存在を想定し、ユーザーID<sup>47</sup>単位のレースを想定したが、本稿では必要に応じて仮想サーバID単位以外にも企業単位でもレースを集計した。当然、仮想サーバID単位より企業単位の方がレース数は少なくなる。対象となる注文を素早く狙撃する発注スタイルは、スナイパーのように1発で狙撃する方法に限らない。仮に複数のIOC注文を同時に発注したとしても、必ず僅差で東証に到達するタイミングに遅速が発生し、最も早く到達した1つの注文が約定することとなる。この僅差を気にするHFT業者は、板に残った割高（もしくは割安）な指値注文を、特定の仮想サーバから複数回、もしくは複数の仮想サーバから複数回、狙撃する発注スタイルをとる可能性がある。ただし、仮想サーバ単位であっても企業単位であっても、勝者として別の主体が存在すれば、特定の注文を同時に複数回発注する（例えば、100円で1単位のIOC条件付き売り注文を複数回、同時に発注する）主体は、1つのレースに敗者として複数回計上<sup>48</sup>される。この事態を避けるため、企業単位でレースを定義する場合、同一企業が有する複数の仮想サーバを介した複数の注文の中で最速な注文のみを集計する（それ以外の失効した注文を取り除く）ことで、1つのレースに同じ主体が敗者として複数回計上される事態を回避した。

定義③は定義②の注文の失効情報を起点に勝者の存在を探索し、発見できれば定義③及び定義④を満たすことになる。4.4節では、探索時間を1ミ秒以内、10ミ秒以内、100ミ秒以内、500ミ秒以内の4つのパターンで設定したが、10ミ秒以内、100ミ秒以内、500ミ秒以内の3つのパターンにおいては、登録HFT業者の顔ぶれに大きな差異は見られなかった。このため、定義④の「ほぼ同時」という解釈を10ミ秒以内としている。

---

<sup>47</sup> 概念的に、東証が接続単位として各証券会社に付与するID（仮想サーバ）と同類のものと考えられるが、Budish et al. (2021) のユーザーIDに関する詳細を把握していない。

<sup>48</sup> 取消注文の失効（次節以降の「競争環境④」）についてはこの限りではなく、「取り消す対象の注文」と「取消の試行の注文」の「注文ID」が同じであるため、1つ以上の仮想サーバを介した複数回の取消は全て同じ「注文ID」を有し、敗者として複数回計上されることはない。取消対象の注文を複数で約定すれば複数の勝者がいることになるが、その場合、それぞれ別のレースとして計上される。

## 4.2. レースの概要と分析結果 (Budish et al. (2021) との対比)

レースの概要 (図表 4.3.2 の競争環境①～④) や、詳細な分析結果については次節以降で解説する。まずは、レースの全体感を把握するためデータの概要や分析結果を Budish et al. (2021) と対比した (図表 4.2.1)。Budish et al. (2021) は分析対象銘柄を FT350 指数構成銘柄 (350 銘柄) に限定している一方、本分析は現物 (約 4100 銘柄) を対象にしているため分析期間が 5 営業日と少ないものの、分析データ数 (営業日×銘柄数) は Budish et al. (2021) の約 1 万 5 千シンボル<sup>49</sup>数に対して 1.5 倍近い 2 万 600 シンボル数にのぼる (加えて本稿では市場区分ごとにレースの発生状況も確認)。

対比した結果をみると、全売買代金に占めるレースによる売買代金は、Budish et al. (2021) が 21.4% であるのに対して、本稿の結果は 22.8% と大差がなかった。また、1 日あたりの平均レース数<sup>50</sup>も、Budish et al. (2021) が 71493 レースに対して、本稿は 893631 レースと 10 倍超だが、そもそも分析対象銘柄が (350 銘柄に対して) 10 倍超の約 4100 銘柄であるため、割合的には平均レース数に大きな開きはない。全テイク注文件数<sup>51</sup>に占めるレース数は約 31% (競争環境①と③の重複を除く 5 日間のレース数 3,553,770/テイク注文件数 11,524,573 件) であり、高い頻度でレースが行われていることがわかる。1.4 節でも言及した通り、図表 4.2.1 の番号 1 の「時間計測地点」が異なり、レースの探索範囲 (定義④) が統一できないため必ずしも同じ条件とはいえないが、1 レースあたりの参加者数含め、総じて分析結果に大きな差異は見られず、ロンドン市場においても東証においても、同程度のレースが展開されていることがわかった。なお、吉川 (2020) が指摘しているように、Budish et al. (2021) ではレースの収益を不労所得として計算しているが (図表 4.2.1 の番号 14)、高速取引行為を評価する適格な指標とも適格な算定方法とも判断できず、本稿では計算していない。

---

<sup>49</sup> シンボル数は、1 営業日×1 銘柄を 1 シンボルとして計算している。

<sup>50</sup> レース数の集計は勝者回数を足しあげればよいが、競争環境①と競争環境③では勝者に重複が発生し得るため、重複が無いように再集計する必要がある。

<sup>51</sup> 競争環境④を除き、潜在的にレースに発展する総件数は注文が即座に約定するテイク注文件数である。



番号	分析項目	Quantifying-HFT-Races	本稿の分析結果の総計				
			競争環境④	競争環境⑤	競争環境⑥		
1	時間計測地点	GateWay	マッチングエンジン				
2	対象銘柄	FT350指数(約340銘柄)	東証上場銘柄(約4100銘柄)				
3	市場区分分析	流動性の高い銘柄のみ	東証1部、2部、マザーズ、ジャスダック、ETF、REIT				
4	データの概要	メッセージデータ	板再現明細データとメッセージデータとの組み合わせ		板再現明細データ		
5	レースの概要	勝者：IOC・指値	勝者：(重複を除く)競争環境④⑤⑥	勝者：テイク注文の約定	勝者：取消の成功	勝者：IOC成功	
		敗者：キャンセル失敗	敗者：(重複を除く)競争環境④⑤⑥	敗者：取消の失敗	敗者：IOC失効	敗者：IOC失効	
6	レース参加者単位	ユーザーID	サーバーID			個社	
7	分析期間	2015年8月17日～ 2015年10月16日	2021年9月15日～ 2021年9月22日				
		43営業日	5営業日				
8	分析データ数 (営業日×銘柄数)	約15,000シンボル数	約20,600シンボル数				
9	レース計測時間 範囲	500 <sup>1/4</sup> 秒	10 <sup>1/4</sup> 秒	1 <sup>1/4</sup> 秒 10 <sup>1/4</sup> 秒 100 <sup>1/4</sup> 秒 500 <sup>1/4</sup> 秒	10 <sup>1/4</sup> 秒		
10	レース数 (1日当たり平均)	71,493レース	893,631レース (競争環境④+競争環境⑥:重複を除く)+競争環境⑤	304,920レース 勝者の件数	182,876レース 勝者の件数	474,832レース 勝者の件数	387,253レース 勝者の件数
11	レースあたりの参加者数	3.64 (1 <sup>1/4</sup> 秒)	/	2.53 (10 <sup>1/4</sup> 秒)	3.04 (10 <sup>1/4</sup> 秒)	4.27 (10 <sup>1/4</sup> 秒)	2.72 (10 <sup>1/4</sup> 秒)
12	レース時間差 (中央値)	78 <sup>1/4</sup> 秒 Gateway地点での500 <sup>1/4</sup> 秒間での計測		2,960 <sup>1/4</sup> 秒	4,820 <sup>1/4</sup> 秒	3,500 <sup>1/4</sup> 秒	3,010 <sup>1/4</sup> 秒
13	売買代金比率 (平均)	21.4%	22.8% (分析①+分析③:重複を除く)+分析②	11.4% 勝者の売買代金	2.8% 勝者の売買代金	12.1% 勝者の売買代金	10.1% 勝者の売買代金
14	レースの利益 (平均)	381GBP (1ポンド160円とすると約6万円)	※競争環境④の項目10～13は10 <sup>1/4</sup> 秒の結果を記載				

(出所) 筆者作成

図表 4.2.1：データの概要や分析結果を英 FCA のペーパー (Budish et al.(2021)) と対比

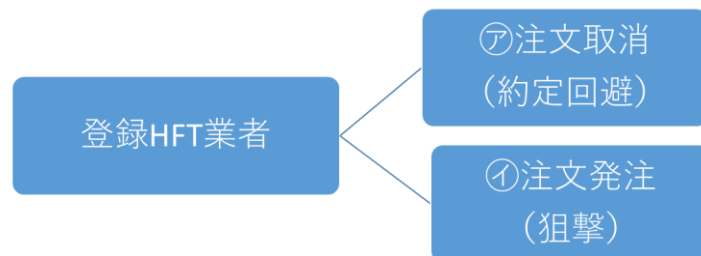
### 4.3. 想定される競争環境とその他投資家の立ち位置

本節では、注文(取消注文とIOC注文)の失効情報に基づくレースの競争環境を考察するとともに、登録HFT業者以外に意図せずレースに参加するその他投資家の存在について言及する。

#### 4.3.1. 想定される競争環境

取引スピードが速い投資家のみが実行可能な注文(図表4.3.1)としては、次の2つ、㉞マーケットメイクタイプが行う素早い注文取消(約定回避)と、㉟マーケットテイクタイプが行う素早い注文発注(狙撃)がある。前者㉞については、相場環境の変化に気付かず自身が発注した指値注文を素早く取り消せなければ適正価格から劣化した分が損失となる。これは板に流動性を供給するリスクの増大を意味し、マーケットメイクタイプにとっては死活問題といえよう。後者㉟については、劣化した残株を素早く狙撃することで、(他の市場/商品との)裁定戦略で

あれば乖離幅分の利益が得られる。㊦とは異なり、狙撃したい価格（安値買いや高値売り）で約定できなくとも（狙撃的を外しても）、IOC 注文が失効するのみで劣後した価格（高値買いや安値売り）で約定してしまうわけではない。



(出所) 筆者作成

図表 4.3.1 企図しレースに参加する主体（登録 HFT 業者）の取引行動

		敗者条件	勝者条件	レースの有無	本稿で分析	備考
競争環境	㊦	図表4.3.1㊦の失敗	図表4.3.1㊧の成功	○	○	レース参加を企図しない取引主体も紛れ込む可能性はある
	IOC注文に限定		-		高速取引行為者のスピード競争に限定	
	㊧	図表4.3.1㊦の成功	×	×	発注した注文を取消せるのは同一主体のみ	
	㊦	図表4.3.1㊧の失敗	図表4.3.1㊧の成功	○	-	レース参加を企図しない取引主体も紛れ込む可能性はある
IOC注文に限定	○		高速取引行為者のスピード競争に限定			
	㊦	図表4.3.1㊦の成功	○	○	レース参加を企図しない取引主体も紛れ込む可能性はほぼない	
		↑ 起点情報	↑ 探索情報			

(出所) 筆者作成

図表 4.3.2 各競争環境と勝者/敗者条件

㊦と㊧より、想定されるすべてのレースの競争環境は次の4つ（㊦、㊧、㊨、㊩）に集約される（図表 4.3.2）。まず、図表 4.3.1 の「㊦の取引行動の失敗」＝「注文取消（約定回避）の失敗」の敗者情報を起点にした競争環境は、次の㊦と㊧が考えられる。㊦としては㊧の注文発注（狙撃）が成功（約定）するレース、㊧としては㊦の注文取消が成功するレースである。しかし、㊧に関しては、場合分けとして考える上では存在する競争環境であるが、注文を取り消す主体はその注文を発注した主体に限られ、勝者と敗者が同一主体になるため、レースの定義①（2主体以上の存在）をそもそも満たさない。次に、「㊧の取引行動の失敗」＝「注文発注（狙撃）の失敗」の敗者情報を起点にした競争環境は、次の㊨と㊩が考えられる。㊨としては㊧の注文発注（狙撃）が成功（約定）するレース、㊩としては㊦の注文取消が成功するレースである。

図表 4.3.2 の「本稿で分析」項目のとおり、本稿 4.4.1 節では、競争環境㊦の勝利条件を「注文発注（テイク注文全般）の約定」にすることで、登録 HFT 業者以外のその他投資家がどの程度レースに参加しているか検証する一方、4.5 節では、競争環境㊨の勝利条件を「注文発注（テ

イク注文全般)の約定」から「IOC注文の約定」に限定することで、純粹に登録HFT業者間のスピード競争の実態把握を試みることにする<sup>52</sup>。また、4.4.2節では、流動性供給で重要な役割を担うマーケットメイクタイプの競争力を分析する観点から、メイク型に属する登録HFT業者が板から素早く注文を取り消しているか、取消の失敗(競争環境A)に加えて取消の成功(競争環境D)も考察し、比較検証する。

#### 4.3.2. スピード競争における登録HFT業者以外のその他投資家の立ち位置

さて、高速性を有さない取引を行う個人投資家を含めた、登録HFT業者以外のその他投資家(以降、「その他投資家」)がレースに参加する可能性についてもう少し考察してみたい。通常、レースで想定される参加者は登録HFT業者(図表4.3.3の「※0」)であり、高頻度に更新される板情報に加え、何らかの情報を感知した上で、特定の戦略に基づき目的をもって取引を行っているため、ニッチで独占的な取引環境を除けば、競争相手の存在故に、勝者にも敗者にもなり得る。一方、その他投資家の発注はレースの勝者になりえても(図表4.3.3の「※1」)敗者になり得ず(図表4.3.3の「※2」)、また、その他投資家の取消はレースの勝者にも(図表4.3.3の「※3」)敗者にもなりえない(図表4.3.3の「※4」)。つまり、スピード競争のレースの定義上、その他投資家が意図せずレースに参加してしまう状況は図表4.3.3のように競争環境AもしくはC<sup>53</sup>の勝者になる場合(図表4.3.3の「※1」)に限られる。

		勝者			
		注文発注の成功		注文取消の成功	
		登録HFT業者	その他投資家	登録HFT業者	その他投資家
敗者	注文発注の失敗	登録HFT業者	競争環境C	競争環境D	
	注文取消の失敗	その他投資家	競争環境A	競争環境B	

		勝者			
		注文発注の成功		注文取消の成功	
		登録HFT業者	その他投資家	登録HFT業者	その他投資家
敗者	注文発注の失敗	登録HFT業者	○ ※0	● ※1	○ ※0
	注文取消の失敗	その他投資家	× ※2	× ※2	× ※2
敗者	注文発注の失敗	登録HFT業者	○ ※0	● ※1	×
	注文取消の失敗	その他投資家	× ※4	× ※4	×

(出所) 筆者作成

図表 4.3.3 主体別(登録HFT業者とその他投資家)に、勝者と敗者の可能性

まず、登録HFT業者以外のその他投資家の発注が勝者にしかなりえない(図表4.3.3の「※1」と「※2」)理由から考察する。その他投資家の発注は、知らぬ間にスピード競争のターゲッ

<sup>52</sup> テイク注文を構成する注文形態は、IOC注文以外にも立会内取引の成行や指値注文等が想定されるが、基本、登録HFT業者はテイク時に成行をあまり行わない(IOC発注傾向が強い)ため、IOC注文に限定した。

<sup>53</sup> なお、本稿では競争環境Cの勝者条件をIOC注文に限定するため、競争環境Cにおいてその他投資家が勝者条件を意図せず満たす可能性は低い。

ト<sup>54</sup>になってしまうことで、成行や指値注文により勝者条件である「テイク注文全般の約定」を意図せず満たすことがある。スピード競争のターゲットになるということは、その他投資家とは別に、先回りに成功もしくは失敗する登録 HFT 業者が存在することを意味する。先回りに間に合わず失敗した登録 HFT 業者がいれば（敗者の存在）、その他投資家の成行や指値注文はそのまま約定し（意図せず勝者となる）、レースの定義条件は満たされる（図表 4.3.3 の「※1」）。一方、先回りされたとしても（勝者の存在）、成行であれば劣後した価格で約定することとなり、指値注文であれば失効せず板に残るため（注文が失効しないため、敗者になりえない）、IOC 条件が付与されていない限り、レースの定義条件は満たされない（図表 4.3.3 の「※2」）。そもそも IOC 注文は、高頻度に更新される板を正確に把握し具体的な株数や株価を指定した上で、最良気配近辺に的確に発注できる技術を備えている場合において特に有用となるものである。そのため、通常、その他投資家が敗者条件（IOC 注文の失効）を満たすことはあまり考えられず、現に、図表 3.1.4 のとおり、登録 HFT 業者を除くと IOC 注文の失効件数は少ない。もちろん、その他投資家が IOC 注文を行うこともある（図表 4.3.4 から全体の IOC 注文件数 10%程度が登録 HFT 以外の投資家による IOC 注文）。その場合に想像される注文形態は、安値売り（もしくは高値買い）注文に、売り下がり（もしくは買い上がり）の下限（もしくは上限）を持たせるために IOC 条件を付与<sup>55</sup>するものであるが、この場合、基本的に約定するため IOC 注文の失効は限定的なものになる。

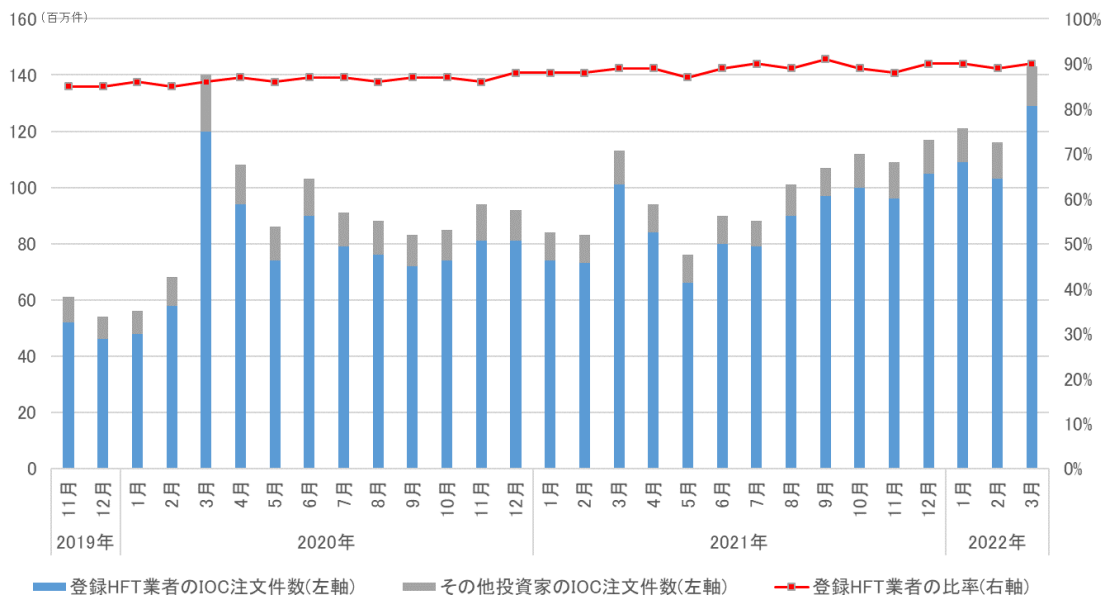
次に、登録 HFT 業者以外のその他投資家の注文の取消が、勝者条件である「取消の成功」も敗者条件である「取消の失効」もどちらも満たすことはない（図表 4.3.3 の「※3」と「※4」）理由を考察する。上述した注文の発注であれば、成行や安値売り指値注文（もしくは高値買い指値注文）によるテイク注文で、板状況を把握せずとも、任意の時点で最良気配板の先頭から順に約定させることができる。しかし、注文の取消に関しては、取り消す対象となる（板に乗っているが未約定の）注文があること、すなわち、既にメイク注文していることが前提である。加えて、レースの定義③と④から、取消前の 10 ミリ秒（1/100 秒）という短い時間に、そのメイク注文を狙撃対象にする登録 HFT 業者の存在（及びこれに比肩する存在）が必要不可欠となる。当然、狙撃対象となるためには最良気配近辺に的確にメイク注文を行っていないなくてはならず、最良気配付近にメイク注文を残した中で、相場状況等に応じて的確に注文取消を行える主体は、高頻度に更新される板情報を正確に把握することのできる投資家であり、登録 HFT 業者を含めた一部の機関投資家に限定されるだろう。また、その他投資家が最良気配から離れた板にメイク注文を行っていた場合、容易に勝者条件の「取消の成功」は満たされるが（勝者の存在）、狙撃対象にならない以上（敗者の不在）、レースの定義から外れてしまうし、この場合、

---

<sup>54</sup> その他の投資家の発注情報を察知し繰り広げられるレースも 0 とは言い切れない。たとえば投資家が SOR を活用すれば PTS やダークプール等の回送に必ず微小な時間差が発生するし、VWAP や TWAP 等、また大口注文をスライスして発注する注文形態も何らかの規則性を探索されてしまう可能性がある。

<sup>55</sup> IOC 条件付きの成行注文もある。気配の更新値幅を超え一時的に取引が停止した時点等で、失効するが、その確率も決して高くない。

取消は必ず成功してしまうためそもそも敗者条件である「取消の失効」を満たさない（敗者になりえない<sup>56)</sup>。



(出所) 金融庁ホームページ公表資料より筆者作成

図表 4.3.4 IOC 注文件数の推移と登録 HFT の割合

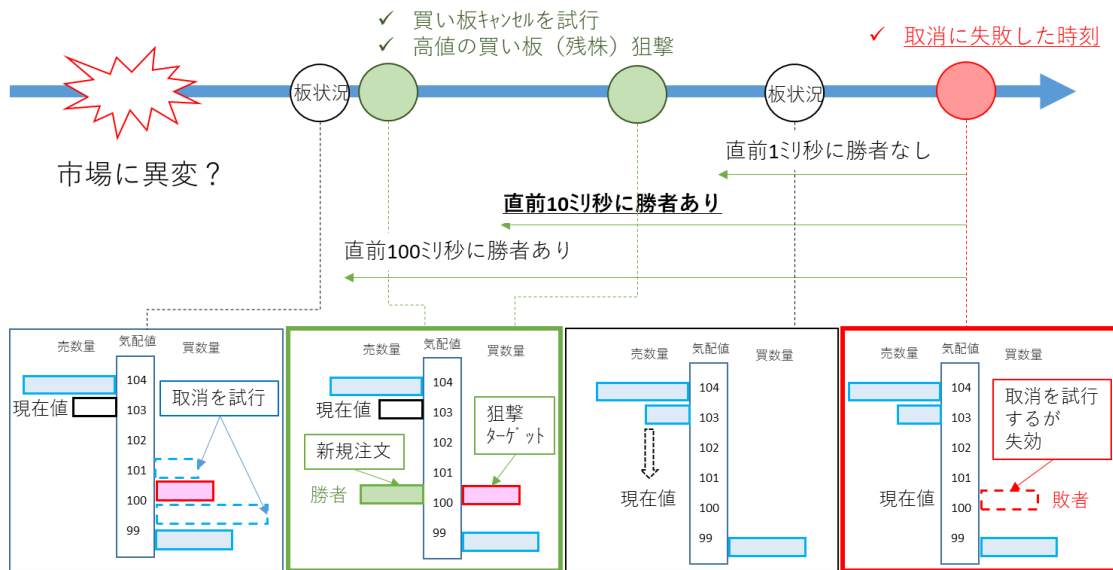
#### 4.4. 競争環境①と②：注文の取消と狙撃のレース

本節では、競争環境①と②について、主に2つの観点から考察する。4.4.1節で、勝者条件を「テイク注文全般の約定」にした競争環境①の分析を通じて、登録 HFT 業者以外のその他投資家がどの程度レースに意図せず参加しているかを検証する。4.4.2節で、取消の失敗が敗者条件である競争環境①と、取消の成功が勝者条件である競争環境②の分析を通じて、劣後した指値注文を板から素早く取り消しているかを検証し、メイク型やバランス型における板への流動性供給の持続可能性について考察する。

まず、競争環境①の取消に失敗した時刻を起点にし、取り消そうとした注文が狙撃（約定）された時刻を、1 ミリ秒、10 ミリ秒、100 ミリ秒、500 ミリ秒のそれぞれで探索する。たとえば図表 4.4.1 に示したケースであれば、取消に失敗した時刻から1 ミリ秒遡っても狙撃者を見つけることができないが、10 ミリ秒以上遡れば取り消そうとした注文が狙撃された瞬間を見つけることができる。

<sup>56)</sup> ただし、「その他投資家が晒していた売りのメイク注文が、当初は BBO から離れていたものの、最良気配に近づいてきた（株価が上がってきた）ので、更なる株価上昇を予想し、一旦取り消しを試行する」場合など、注文取消の処理に偶々、第三者（登録 HFT 業者）からの買い注文が対当し、取消に失敗するというケース（登録 HFT 業者が勝者、その他投資家が敗者となる）もあるかもしれないが、極めて限定的だろう。

る。この作業を取消に失敗した注文すべてに対して行うことで、余すことなくレースを抽出する。



(出所) 筆者作成

図表 4.4.1 競争環境①のテイク注文 vs 取消注文のレース概要

分析対象期間の5日間で、探索時間が1ミ秒の場合、勝者と敗者の組合せ数は163444件、10ミ秒、100ミ秒、500ミ秒と拡大することで、1952253件、2250617件、2259021件と増加するものの、増加幅は逡減(図表 4.4.2<sup>57</sup>及び図表 4.4.3)し、10ミ秒以上に大きな差異<sup>58</sup>はない。また、図表 4.4.2 から、1ミ秒から3ミ秒にかけて頂点を迎える大きな山と、約500マイクロ秒間隔で小刻みに繰り返される山が観察できる。2.4節で言及した通り、東証に注文が同時に到着した場合であっても、東証内の処理の工程で注文間隔に約450マイクロ秒の時間差が発生する。1つのレースに勝者と敗者の2者しかいない場合でも、注文間隔は最速で480マイクロ秒以上開き、1つのレースに勝者と敗者、それに撃ち損じた狙撃者の3者が存在する<sup>59</sup>場合、480マイクロ秒+480マイクロ秒の約1000マイクロ秒の間隔が勝者と敗者間で開く。つまり、図表 4.4.2 の小刻みな山の出現はレースの参加者数を反映する形で形成されたものと考察できる<sup>60</sup>。

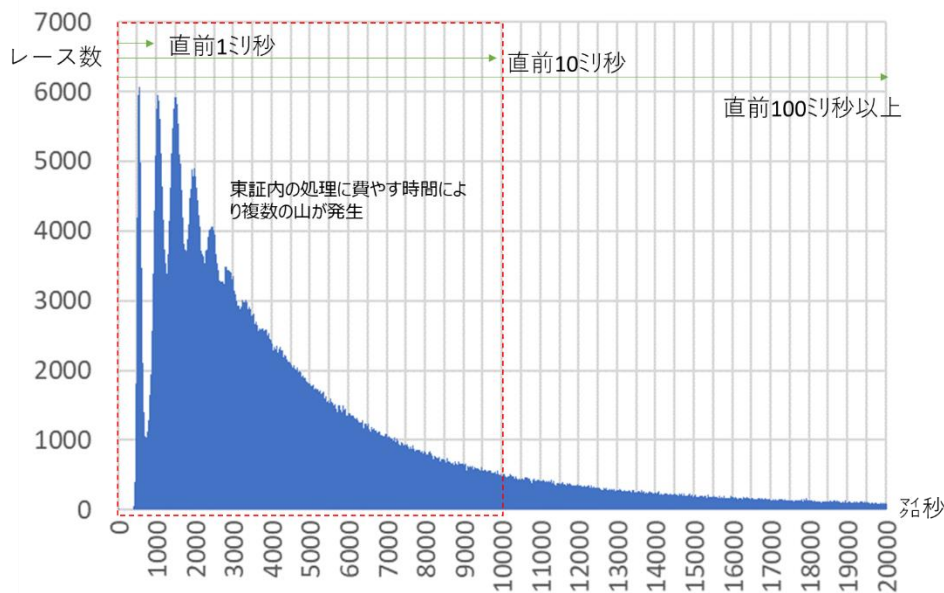
<sup>57</sup> 図表 4.4.2 では、適切な探索時間(1ミ秒、10ミ秒、100ミ秒、500ミ秒の内から1つ選択)を絞り込むため、1つ以上の仮想サーバを介した複数回の取消があった場合、あえて最遅の取消を採用し、勝者と敗者の時間差を集計した。登録 HFT 業者が複数回にわたり注文を試行する可能性がある限り、試行した注文すべてを捕捉する探索時間を設定する必要があるためである。これにより、図表 4.4.2 の分布は、妥当な(マッチングポイントにおける)探索時間を考察するに適した形状となった。なお、最遅でなく、最速の取消を採用し、時間差を集計すると、小刻みに繰り返す最初の山が極端に高い形状になる。

<sup>58</sup> 確認のため、4つの探索時間で捕捉したレースすべてについて、以降行う分析をすべて行っている。レース数ばかりか勝者敗者の特徴等にも、大きな差異は見られなかった。

<sup>59</sup> 山の発生要因は、撃ち損じた狙撃者の存在ばかりでなく、特定の注文を複数回にわたり取り消そうとしたことによる影響も反映される。

<sup>60</sup> 故に、2.4節で言及した通り、本稿で算出した勝者と敗者の時間差には、東証内の処理時間が含まれるため、勝敗を左右する時間差ではない。また、この東証の処理速度により、敗者(競争環境)が増加するわけでもない点に留意してほしい。

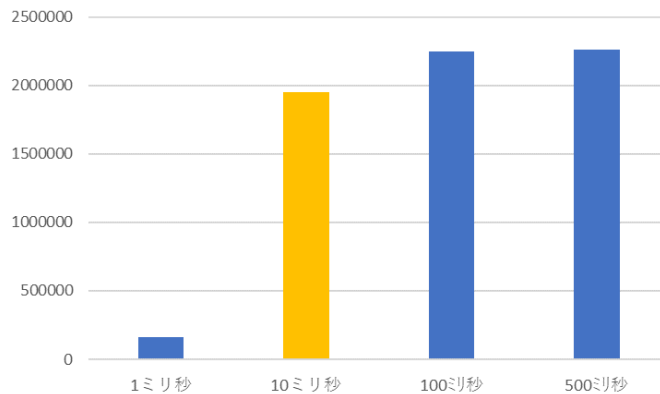
ここで、レース数と、勝者と敗者の組合せ数の違いについて言及しておく。レース数は勝者数と同義で、1つのレースに1人の勝者と1人以上の敗者を想定し集計している。勝者と敗者の組合せ数は各レースの敗者数と同義で、1つの組合せに1人の勝者と1人の敗者を想定し集計している。たとえば1つのレースに1人の勝者と3人の敗者が存在する場合<sup>61</sup>、レース数は1件、組合せ数は3件となる一方、1つのレースに3人の勝者と1人の敗者が存在する場合、レース数は3件、(各レースに1人の敗者がいるため) 組合せ数も3件となる。基本、1レースに複数の勝者(後者)より、1レースに複数の敗者(前者)のケースの方が多く、勝者と敗者の組合せ数がレース数より多い。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.4.2 競争環境④の勝者と敗者の組合せ数(勝者と敗者の時間差で度数表を作成)

<sup>61</sup> 「IOC 注文の試行」や「取消注文の試行」に失敗した敗者の発注時点を起点に、時点を遡り、当該「IOC 注文の試行」や「取消注文の試行」の発注に先んじて、注文を発注することで約定(もしくは取消)を成立させ、「IOC 注文の試行」や「取消注文の試行」の対象となった注文をいち早く射止めた(もしくは約定回避した)勝者を探索する。本事例の場合は当該勝者に対し敗者が3人いる状況を想定しており、別の表現をすると、3人の敗者をそれぞれ起点に3度探索を行った結果、同じ勝者が特定された状況といえる。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.4.3 競争環境<sup>④</sup>の探索時間別、勝者と敗者の組合せ数

#### 4.4.1. スピード競争に意図せず参加するその他投資家割合

3.1 節の 3 つの分類（6 つのカテゴリー）及びその他投資家別に、勝者と敗者の状況（図表 4.4.4）を考察する。まず、全体の傾向として、レースの取消失敗回数の方が狙撃成功回数より多くなっている。これは、レースの定義上、取消失敗には必ず対になる勝者が存在しなくてはならないが、先に述べた通り、1 つのレースに複数の敗者が存在するケースが多いため生じている。反対に、金額ベースだと、レースの取消失敗金額の方が狙撃成功金額より小さくなっている。狙撃成功金額を構成するテイク注文の中には大口の成行注文等が混ざり、その注文に対当した一部の取消失敗でレースが成立するためと考えられる。

さて、図表 4.4.4 のレース回数ベース（左図）では、勝者の約 44%が登録 HFT 業者以外のその他投資家であった。この中には、意図せずレースに参加するその他投資家の存在以外にも、登録 HFT ほどではないが十分に発注・取消の速度が速い機関投資家の存在等<sup>62</sup>が予想される。すなわち、競争環境<sup>④</sup>（取消失敗）には、少なくとも、相場状況の変化等を察知して登録 HFT 業者間で繰り広げられたレースと、その他投資家の発注を察知し登録 HFT 業者が回避を試行したレースの 2 パターン以上が含まれていることが分かる。それ以外の要因も含め更なる分析が必要であるが、ここでは、その他投資家がスピード競争に意図せず参加している点について補足したい。たとえば同一銘柄に対して同一価格で、ダークプール、PTS 含めた複数の市場の板に流動性を供給（注文を提示）している登録 HFT 業者がいた場合、そのうちの 1 つが約定すれば、それに伴う価格変動や市場間の価格連動により、各市場に提示した注文を一旦取り消す必要<sup>63</sup>が生じる。しかし、高度な SOR(Smart Order Routing)<sup>64</sup>により、複数の市場の最良気配が同時に約定してしまえば、流動性を供給していた登録 HFT 業者の取消注文は空振ること

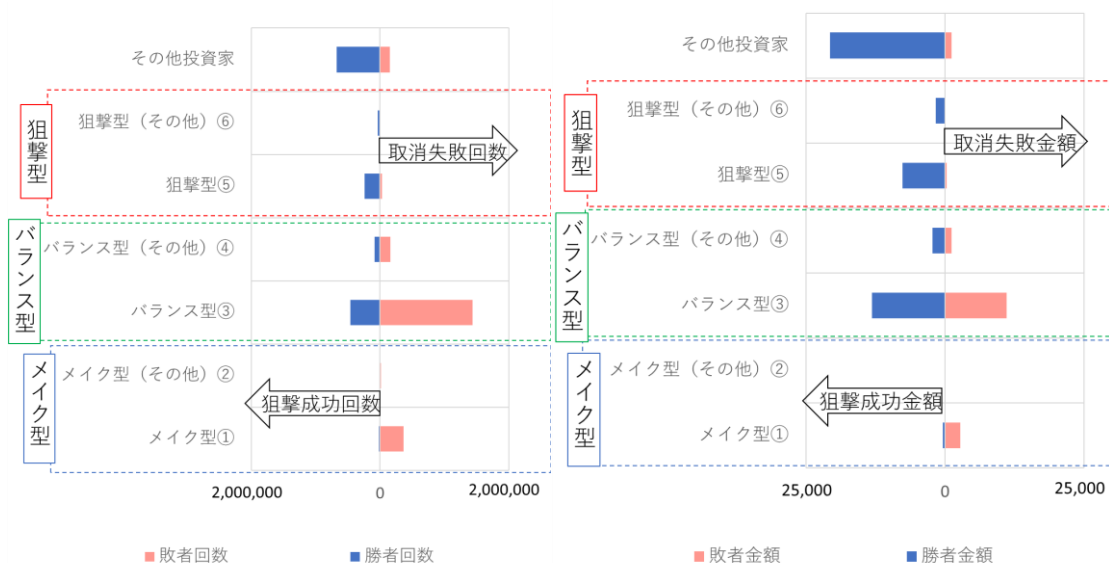
<sup>62</sup> 証券会社等の機関投資家の存在、特に HFT と同程度のテクノロジーを持っている電子取引など。

<sup>63</sup> HFT 業者が複数の市場に提示した板を一旦すべて取り消す、こうした取引行動自体を、Ghost liquidity と呼ぶ文献 (Degryse, Winne and Gresse(2021)) もある。

<sup>64</sup> 市場間の最良気配を執行するシステムを指す。



になる。こういった発注回送システム上の原因も含め、その他投資家が意図せず勝者になったものと推測される<sup>65</sup>。なお、このような場合の HFT 業者による先回りの成否は SOR の仕組みや精度にも依拠することになるが、たとえ HFT 業者が、その他投資家の注文を先回り、取消に成功したとしても、その他投資家の注文はいずれかの市場で部分的に最良執行価格で約定しており、全ての注文が取り消されることは特殊な事情を除いて考えにくい。ただし、そもそも SOR の回送が必ずいずれかの市場に早く到達するといった仕組みになっていないか、また到着する時間が回送された各市場間で大きく異なっていないか（先回りされるに十分な時間差が発生していないか）等は、最良執行義務の観点から確認すべき視点<sup>66</sup>と言えよう。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.4.4 競争環境①における、6つのカテゴリー毎の、勝者と敗者の回数（左図）と金額（右図、単位：億円）

#### 4.4.2. 市場に流動性を供給するリスクの回避度合

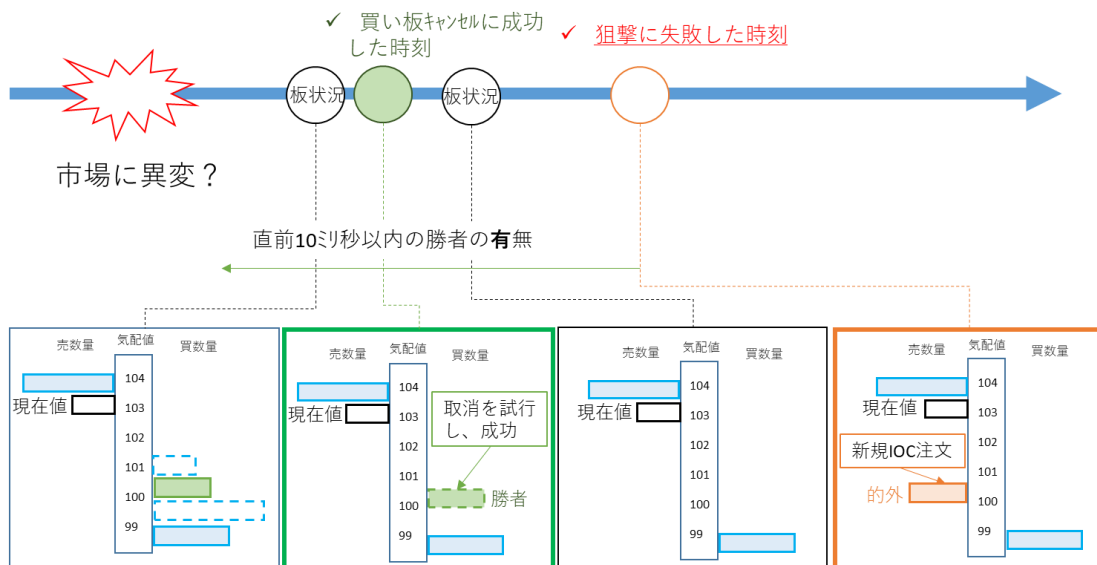
市場に流動性を供給するリスクの回避度合の観点から図表 4.4.4 を再確認すると、狙撃型以外、バランス型もメイク型も取消に失敗する回数が多いが、金額ベース（図表 4.4.4 の右図）では、バランス型の③と④は取消失敗による金額以上に狙撃成功による金額が大きいことがわかる。全ての取消注文を思い通り成功させることができなくとも、劣後する指値注文を的確に狙

<sup>65</sup> 注文を東証やPTS等へ同時に発注した場合、物理的に近い取引所に先に到着してしまう。東証やPTS等との物理的な距離に応じて発注タイミングを調整することで、注文が同時に各取引所に到着するように制御する高度な仕組みも存在する。

<sup>66</sup> 本分析結果は、勝者の割合であって、前節で言及した通り、その他投資家が本稿の定義上、レースの敗者にはほぼなりえない。ただ、本文に記載しているとおり、その他投資家がSORを用いることでレース環境が生じることも考えられる（ただし、東証への回送がIOC注文の場合）。その他投資家が敗者となるケースが増えるようであれば、個人投資家の全ての注文（敗者として定義）を起点に、適切な探索時間を設定して、価格の劣後や、損失状況を把握することも可能である。

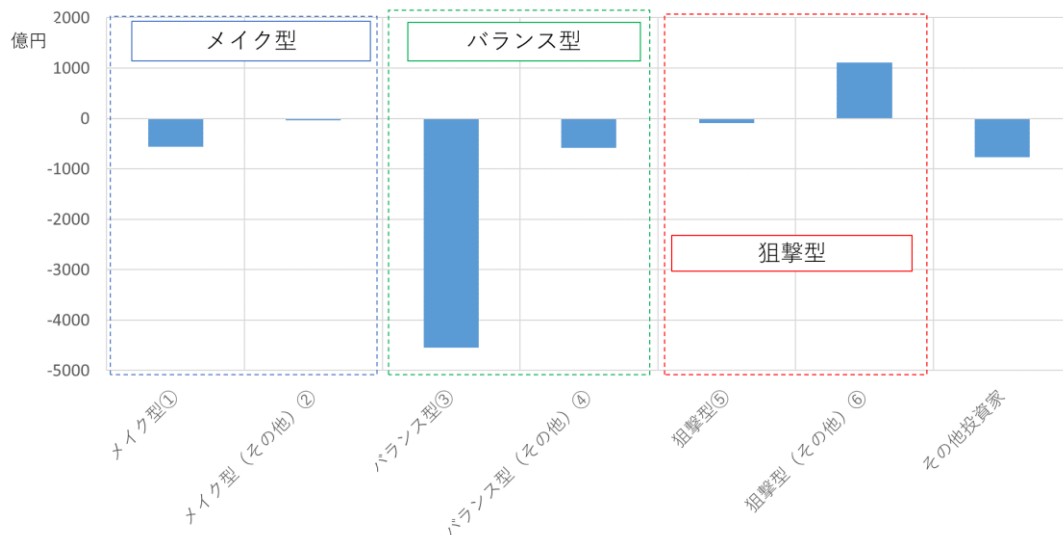
撃することで、取消失敗による損失分を補っている可能性が示唆される。一方、メイク型は一切狙撃を行わないため、この損失の埋め合わせは期待できない。

次に、メイク型やバランス型の登録 HFT 業者が劣後した指値注文を板から素早く取り消しているか、取消失敗が敗者条件である競争環境④と、取消成功が勝者条件である競争環境⑤を比較して検証する。競争環境⑤は、図表 4.4.5 のように、狙撃に失敗した情報を起点に、最大 10 ミリ秒前まで遡り、取消に成功した勝者を探索する。



(出所) 筆者作成

図表 4.4.5 競争環境⑤の IOC 注文 vs 取消注文のレース概要



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.4.6 競争環境⑤の取消成功金額 - 競争環境④の取消失敗金額

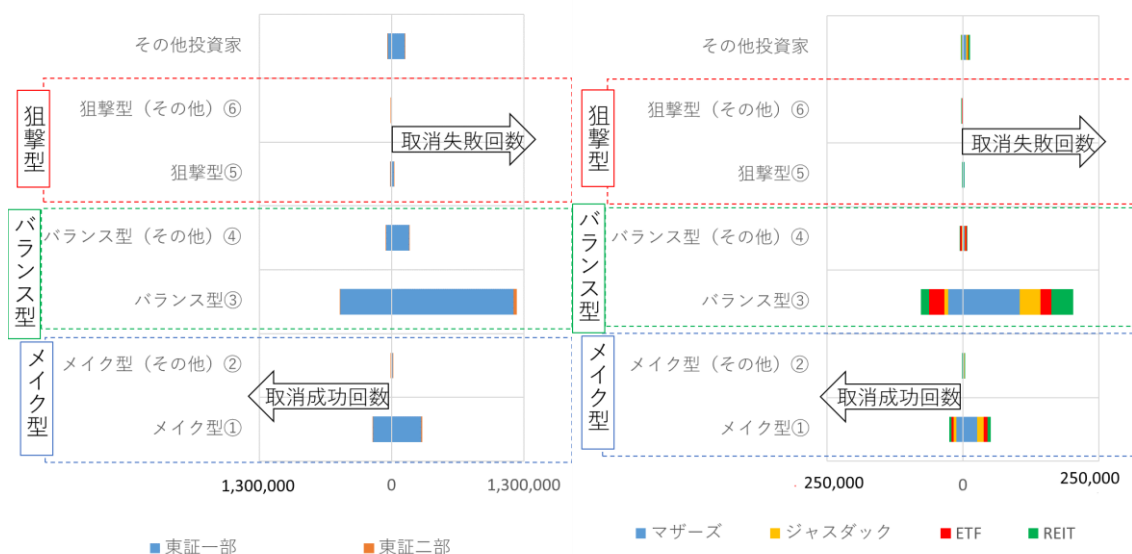
6つのカテゴリーごとに、取消に成功した金額から取消に失敗した金額を差し引いたネットの金額を計算すると、狙撃型のカテゴリー⑥以外、取消に失敗した金額の方が多いことが分かる(図表 4.4.6)。バランス型③は特に、取消に失敗するケースが多いが、上述したとおり、狙撃に成功することで、ある程度損失補充<sup>67</sup>を行っているとは推測された。一方、メイク型については、図表 4.4.6 のネット金額分を、最良気配スプレッドの利益で損失を取り戻しているかが重要になってくる。しかし、少なくとも現状は、思い通りに注文を取り消しできていないケースの方が多く、レースに限れば、BBO スプレッド乖離による損失を取り戻せていないとみるべきかもしれない。こうした状況は、メイク型登録 HFT 業者の収益競争が激化しつつあることを示唆しているが、マーケットメイク戦略はレースに限らず行われるため、メイク型登録 HFT 業者の収益状況を把握するためには更なる検証が必要である。

次に、図表 4.4.7 と図表 4.4.8 では各カテゴリーに属する登録 HFT 業者が市場区分ごとに取消の巧拙に差があるかを考察した。その結果、登録 HFT 業者全般については、ETF を除き、各市場で、おおむね失敗していることが金額ベースでわかる。また、狙撃型のカテゴリー⑥は、メイク注文を行う登録 HFT 業者であるため、図表 4.4.7 の取消成功/失敗回数で見ると、他のカテゴリーと比較して、圧倒的にレース数は少ないが、図表 4.4.8 のレース金額で見ると、ETF にて、レースに参加し、規模が大きいレースの注文取消に高い確率<sup>68</sup>で成功していることが窺える。取消に成功するタイミングに顕著な特徴がないか、マーケットメイク制度の気配提示義務を履行するマーケットメイカーの動向を含め、ETF の種類・商品属性ごとに、登録 HFT 業者の取引態様等を踏まえた考察が求められる。

---

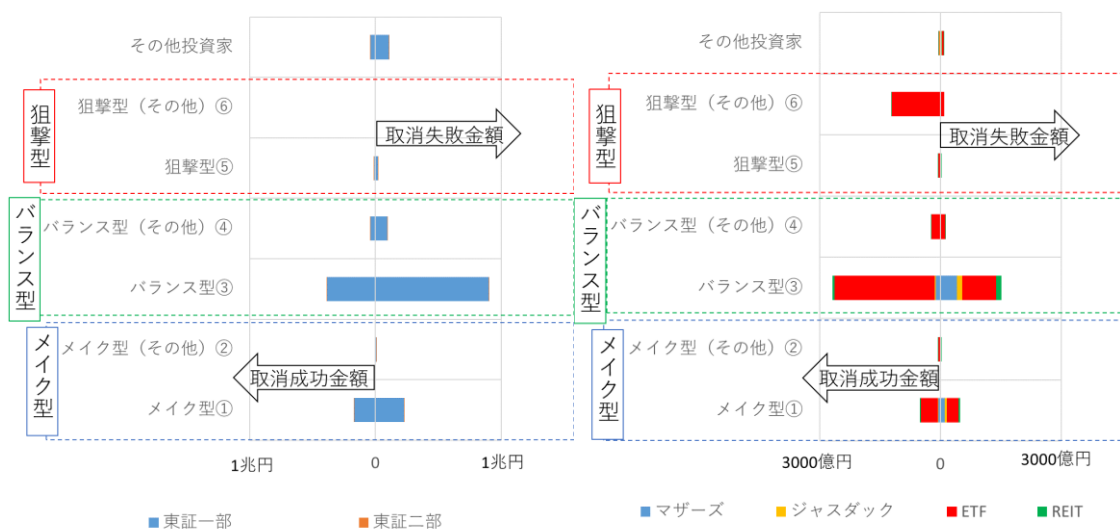
<sup>67</sup>損失をどの時点で計測するかによって、損失自体のボリュームが変わってくるが、ここでいう損失補充とは、取消失敗によって生じた損失(暫定値)を狙撃成功によって最終的には部分的にカバーできている可能性を論じている。

<sup>68</sup>前提条件として、本節では、レースの発生条件を満たした取消成功と取消失敗について論じている。取消成功と取消失敗のどちらも BBO 近辺の注文について考察しているため、少なくとも最良気配から離れた板の取消で高い取消成功率が実現されているといったことは考えにくい。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.4.7 競争環境⑩の取消成功と競争環境の取消失敗⑨に関する、市場区分別、6つのカテゴリ毎のレース回数 (左: 東証1部と2部、右: それ以外)



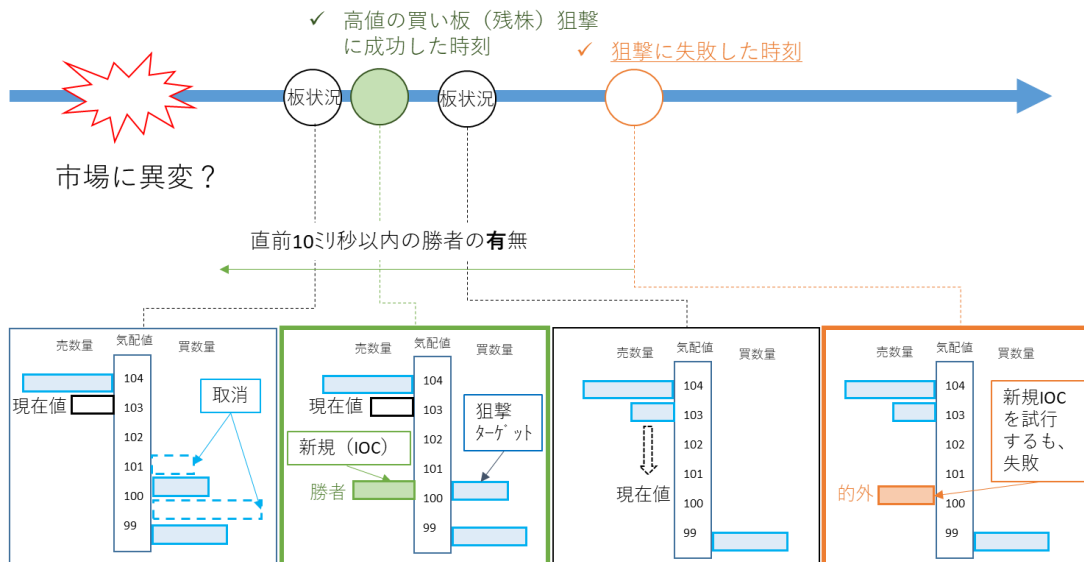
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.4.8 競争環境⑩の取消成功と競争環境の取消失敗⑨に関する、市場区分別、6つのカテゴリ毎のレース金額 (左: 東証1部と2部、右: それ以外)

#### 4.5. 競争環境⑩に関する考察: テイク注文 vs テイク注文

本節では、狙撃者間のレースである競争環境⑩を考察対象とする。加えて、4.3.1節で設定したとおり、狙撃の勝利条件を「テイク注文の約定」ではなく「IOC 注文の約定」に限定することで、意図せずレースに参加する其他投資家の存在を最小限にとどめ、登録 HFT 業者間の

純粋なスピード競争の実態把握を試みることにする。これまで同様、図表 4.5.1 のように、狙撃に失敗した時刻を起点にし、狙撃しようとした注文が先取りされた時刻を、最大 10 ミリ秒前まで遡り探索する。



(出所) 筆者作成

図表 4.5.1 競争環境④のテイク注文 vs 取消注文のレース概要

4.1 節で言及した通り、対象となる注文を素早く狙撃する発注スタイルは、スナイパーのように 1 発で狙撃する方法に限らない。特に、スピードに特化した本節のレースでは、少しでもレイテンシーを短縮すべく、複数の仮想サーバから特定の注文を複数回狙撃する発注スタイルも想定されるため、レース主体として仮想サーバ単位以外に、企業単位<sup>69</sup>でも分析した。これにより、複数の仮想サーバを保有する企業が、ある仮想サーバで勝者条件を満たし、別の仮想サーバで敗者条件を満たすといった、1つの企業内でレースの定義を満たすことはなくなる。加えて、同一企業が有する複数の仮想サーバを介した複数の注文の内でも最速な注文のみを集計する仕様に変更したため、1つのレースに同じ企業が敗者として複数回計上されることもない。

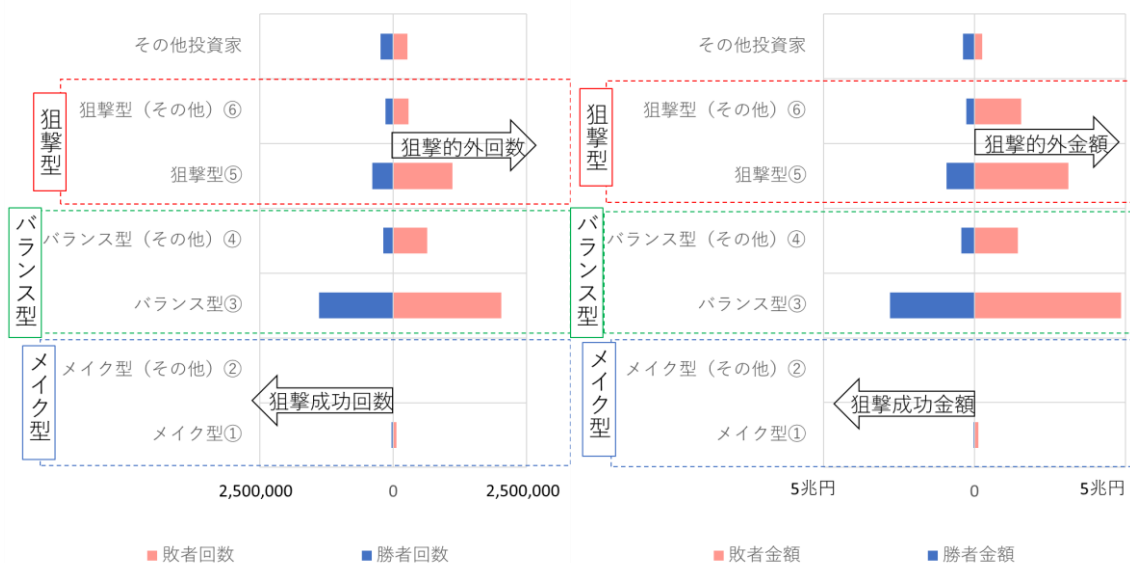
レースの主体を仮想サーバ単位とすると、分析対象期間の 5 日間の勝者と敗者の組合せ数は約 480 万件である一方、レースの主体を企業単位とすると、分析対象期間の 5 日間の勝者と敗者の組合せ数は約 240 万件と半減 (約 52%減) した<sup>70</sup>。

<sup>69</sup> 企業単位とは、各登録 HFT 業者及びその他投資家の単位であり、登録 HFT 業者以外はその他投資家で一括りにまとめている。このため、その他投資家間でレースの定義を満たすことはない (なぜならば、レースの定義である 2 つ以上の主体の存在を満たさないため)。

<sup>70</sup> なお、別の競争環境④、⑤についても簡単に考察してみたい。競争環境④については、自身の注文の狙撃に失敗しかつ自身の注文の取消に成功するという状況であり、競争環境⑤については、自身の注文の狙撃に成功しかつ自身の注文の取消に失敗するという状況である。競争環境④については、対当売買に該当する取引行動であり、基本的には行わないことが前提である。なお、2021 年 7 月から東証ではじまった STP 機能により対当売買は任意で無効化できるようになった。競争環境⑤については、対当売買が結果的に回避された場合であり、一つの企業内に複数の取引戦略チームが存在する場合が想定される。企業単位でレースを定義することで、レース数が 7%程度、勝者と敗者の組合せ数が 24%程度それぞれ減少した。

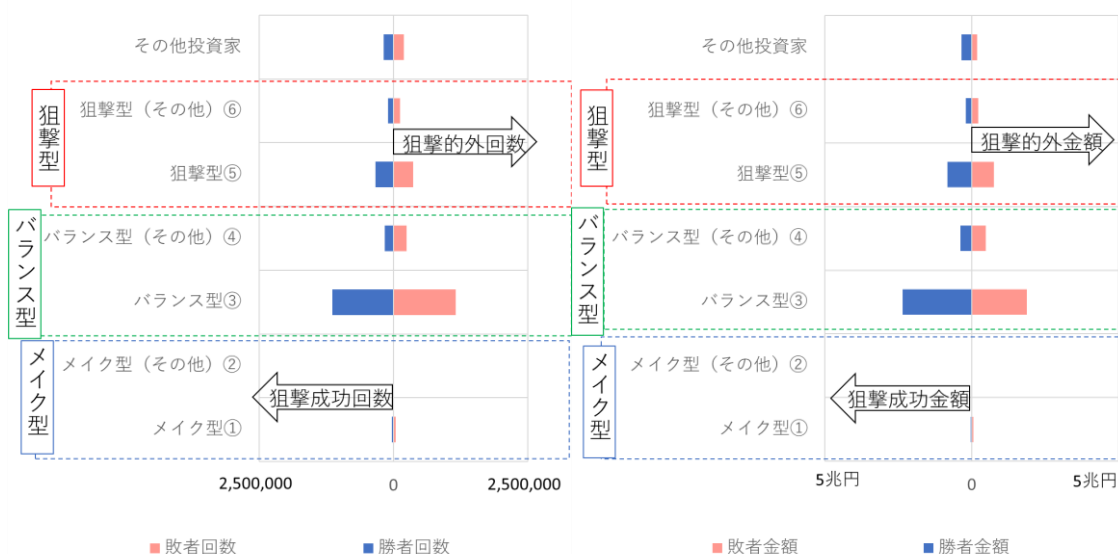
#### 4.5.1. 分類別の注文スタイルと狙撃率

次に、仮想サーバ単位及び企業単位の双方で、3つの分類（6つのカテゴリーを含む）及びその他投資家別に、勝者と敗者状況を考察する。企業単位でレースを捕捉することで、レース数は18%、上述したとおり、勝者と敗者の組合せ数に至っては約52%減少した。この結果、①～⑥の特定類型で極端に狙撃成功率が高いというような顕著な傾向は見られない(図表 4.5.3)。これまでの分析過程で、分類ごとに様々な注文スタイルが垣間見えたため、潜在的なレース数であるテイク注文と、レースの狙撃成功回数、そして的中率を取りまとめることで、各分類の注文スタイルを整理してみたい。



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.5.2 競争環境© (仮想サーバ単位) における、6つのカテゴリー毎の、勝者と敗者の回数(左図)と金額(右図)



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.5.3 競争環境◎ (企業単位) における、  
6つのカテゴリー毎の、勝者と敗者の回数 (左図) と金額 (右図)

対象	全注文		競争環境◎			
計算方法	テイク注文件数/(テイク注文件数+IOC注文失効件数)		レースの勝者回数/(レースの勝者回数+敗者回数)			
レースの主体			仮想サーバ単位		企業単位	
項目	的中率	テイク注文件数(万)	的中率	狙撃成功回数(万)	的中率	狙撃成功回数(万)
バランス型③	55%	316	41%	139	50%	113
バランス型(その他)④	38%	53	22%	18	40%	16
狙撃型⑤	24%	109	26%	39	47%	33
狙撃型(その他)⑥	2%	22	34%	14	44%	10
計算結果	約定に結び付いたテイク注文割合		レースでの狙撃(的中)率			
備考			○仮想サーバ単位でレース定義を満たすことが求められる。 ●特定の注文が1つの仮想サーバから複数回発注された場合、敗者として複数回計上される。		○企業単位でレース定義を満たすことが求められる。 ●特定の注文が1つの企業から複数回発注された場合、最速な注文以外除外される。	

(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.5.4 分類別、的中率と狙撃成功回数

3章で言及した通り、競争環境◎の潜在的なレース回数であるテイク注文件数(図表 4.5.4の対象が「全注文」)は狙撃型よりバランス型が多く、また、狙撃型(その他)⑥はIOC注文の失効件数が多いため、その的中率は極端に低い(約2%)。

競争環境◎において仮想サーバ単位でレースを定義すると、テイク注文件数(約500万:316万+53万+109万+22万)のうち、約42%の約210万件(139万+18万+39万+14万)がレースに発展している。各類型の巧拙をみると、バランス型の的中率はテイク注文成功率に比べて

概ね低下し（55%から 41%）、狙撃型⑤の的中率はテイク注文成功率に比べて微増（24%から 26%）する中、狙撃型（その他）⑥の的中率はテイク注文成功率に比べて顕著に上昇した（2%から 34%）。登録 HFT 業者間の純粋なレースを捕捉する競争環境©においては、当然、テイク注文戦略に特化した狙撃型の登録 HFT 業者が参加するレースが多くなる。このため、バランス型の登録 HFT 業者の的中率は低下する一方、スピードに特化した狙撃型の登録 HFT 業者の的中率に大きな差異はないと推察される。狙撃型（その他）⑥の的中率の顕著な上昇は、レースに発展しない環境下で、IOC 注文が繰り返し発注され、その多くが失効していたことに起因する。繰り返し発注される IOC 注文は戦略を構成する一部分と考えられるが、レースに発展してない以上、他の登録 HFT 業者が探知していない情報に基づく取引行動と推察される。

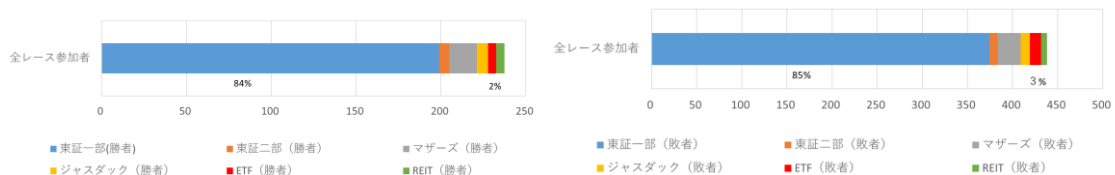
最後に、企業単位でレースを定義すると、仮想サーバ単位に比べてバランス型の登録 HFT 業者と狙撃型の登録 HFT 業者の全カテゴリでの的中率が上昇していることがわかる。多くの登録 HFT 業者は仮想サーバを複数保有しているため、仮想サーバ単位ではなく企業単位でレースを定義することで、勝者と敗者が実は同一企業に属するという事態と、複数回発注された特定の注文が敗者として複数回計上される事態を回避できる。的中率の上昇の背景には、企業内に複数の取引戦略チームが存在し、実は企業内で熾烈な競争が行われているか、もしくは、保有する仮想サーバから特定の注文を複数回発注するスタイルにより、見かけ上、的中率が低く見えていたためかもしれない。原因はともかく（前者であれ後者であれ）、真なる的中率に近いと考えられる企業単位の的中率を総括すれば、バランス型③と狙撃型⑤の登録 HFT 業者の的中率はともに、50%と 47%と高く、目下、肉薄した競争状況にあるといえるだろう。狙撃型の登録 HFT 業者の的中率が圧倒的に上昇していくようであれば、メイク型やバランス型の登録 HFT 業者のマーケットメイク戦略のリスクが上昇し、流動性供給の縮小につながる可能性がある。また、登録 HFT 業者の多くが狙撃型に特化していく可能性もあり、追加分析を行いつつ、注視する必要があるだろう。

#### 4.5.2. ETF 銘柄における特異性

仮想サーバ単位でのレースを前提に、市場区分ごとのレース状況を観察すると、まず、レース数とレース金額ともに東証 1 部でのレースが多くを占めることがわかる（図表 4.5.5 と図表 4.5.6 の左図）。一方、特に ETF においてレースの件数と金額で特徴的な差異が見られた。ETF のレース数は、ジャスダックや REIT と大差ないにもかかわらず、ETF のレース金額は、狙撃成功金額で全体の約 11%、狙撃失敗金額で全体の約 34%にも達する。一つ一つのレースの規模が大きく、他の市場区分の 5 倍超になる試算である。図表 4.5.7 と図表 4.5.8 から、グループごとにみるとカテゴリ③、⑤、⑥の、狙撃型の登録 HFT 業者及びバランス型の登録 HFT 業者間のレースが多い。追加で、ETF と連動する各先物の取引状況を確認したところ、ETF 市場でスピード競争に参加している登録 HFT 業者の多くが名を連ね、ETF の取引と連動した裁定取引を行っていた。これまで、HFT 業者は大口注文を控える傾向があると考えられていたが、



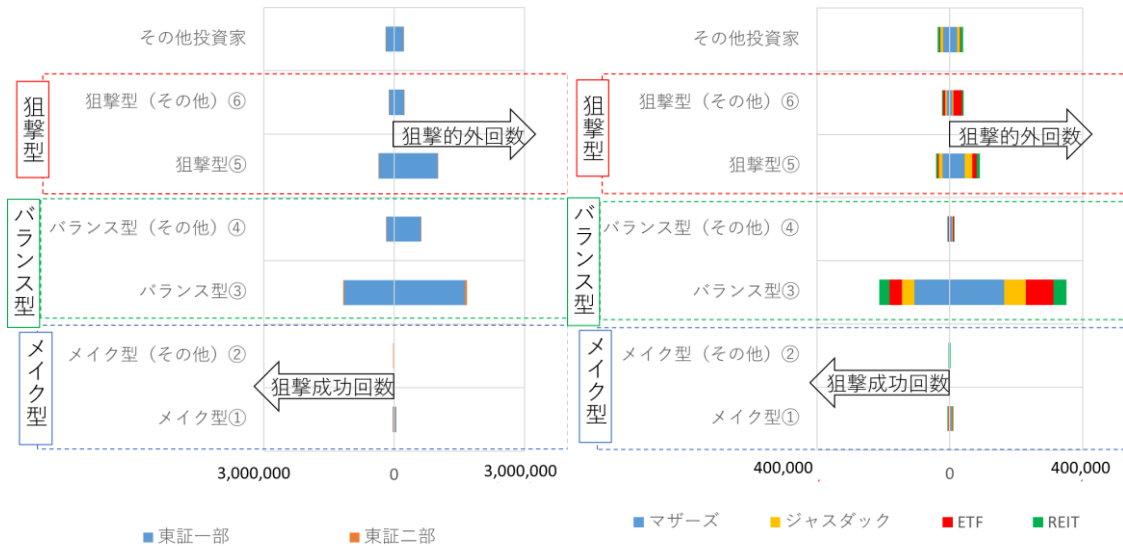
ETF と先物のアービトラージ戦略であればほぼ完全な連動が期待できる。たとえ ETF で大口の売りが約定しても、先物で同規模の買いを約定すれば、リスク量は限定的となる。このため、ETF 銘柄と他の銘柄で特異な差が生じたものと推察され、マーケットメイク戦略よりも、こうしたアービトラージ戦略による取引が支配的となる可能性が窺えた。なお、スピード競争が激しくなることで商品/市場間の価格連動が高速化するかといった検証は、分析対象期間を延ばし十分なデータを確保しなくてはならないため、本稿では行えていない。



図表 4.5.5 競争環境© (仮想サーバ単位) のレース回数の市場区分 (左: 勝者、右: 敗者)

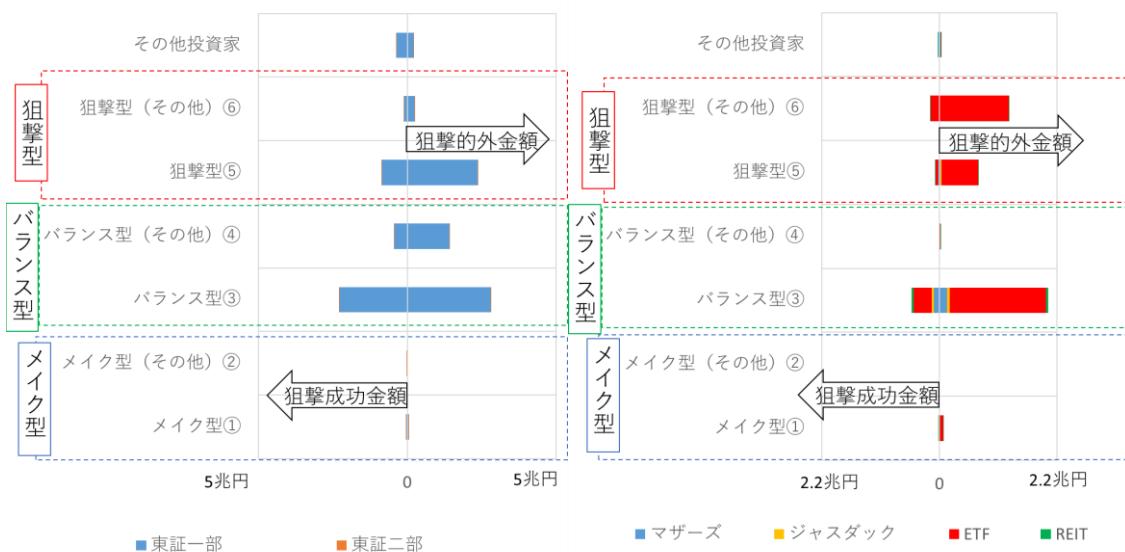


図表 4.5.6 競争環境© (仮想サーバ単位) レース金額の市場区分 (左: 勝者、右: 敗者)



(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.5.7 競争環境© (仮想サーバ単位) における、市場区分別、6つのカテゴリ毎の、レース回数 (左: 東証1と2部、右: それ以外)



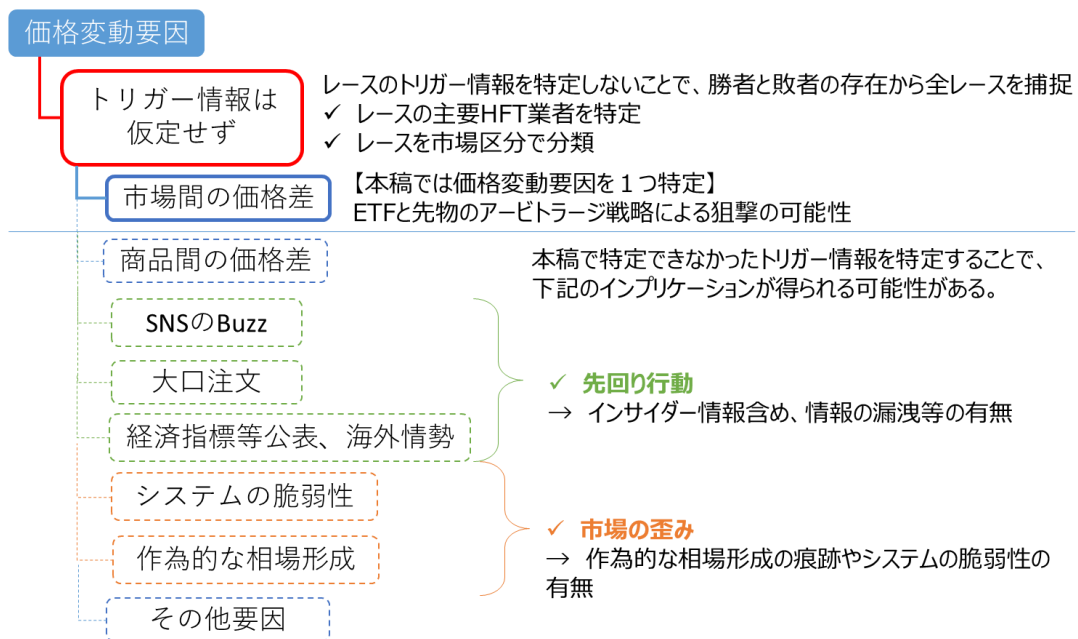
(出所) 東京証券取引所データより筆者作成

図表 4.5.8 競争環境© (仮想サーバ単位) における、市場区分別、6つのカテゴリー毎の、レース金額 (左: 東証1部と2部、右: それ以外)

#### 4.6. レース結果に対する考察と今後の課題

本分析は、4.1節のレースの定義からわかるように、レースのトリガー (市場の異変、自然災害、世界情勢、市場/商品間の価格差、SNSのbuzz、大口の成行注文等) を特定しないことで、レースを網羅的に捕捉することを可能とした。そのため、今後、更に深度ある分析を行うためには、どのような根拠でレースが発生したか、捕捉したレースに対する二次的な分析が有効である。適宜、登録HFT業者や取引所に対するヒアリングに加え、現物以外の取引データの解析等といった追加分析が有効となろう。例えば、ETFと先物のアービトラージ戦略については本節で簡単には触れたが、レースの中には、本稿で特定していない (図表 4.6.1)、システムの脆弱性や市場の歪みを起因として発生したレースや、作為的にレースを発生させるような取引戦略が存在しているかもしれない。特定の登録HFT業者が勝者になり続けているレースはないか、特定のHFT業者しか反応できない (または特定のHFT業者しか反応していない) レースはないか等、捕捉したレースを様々な角度から考察を重ねることで得られるインプレーションは多く、そこにこそ本分析手法の有用性があるといえるだろう。更に、スピード競争の敗者 (取消やIOC注文の試行の失敗) を起点にするのではなく、例えば特定の取引 (大口取引や、成行注文等) を直接起点にすることで、登録HFTの先回り有無などは本アプローチの枠組みの中で分析できる。スピード競争に限らず、HFTに関連した問題意識に従い様々なレースを抽出することで、網羅的に捕捉したレースの外縁部分まで解き明かす可能性を秘めており、用途の多いアプローチといえるだろう。

今後の課題としては、データ制約上、分析対象日数が5営業日と限定的となってしまった点であり、当該5営業日の特殊性を反映した結果になってしまっている可能性を完全には否定できない。本稿では、現物全て（約4000銘柄）を分析対象とすることで一定のデータ量を確保したが、月初や月末、年初や年末、なぎや変動相場等といった市場環境毎の分析を行っていない。当然、そうした局面毎に、レースの勝敗は変わり、勝率が下がる局面で登録HFT業者が取引を手控える可能性もある。流動性の低下が相場の急変動のトリガーとなる可能性も踏まえ、今後は分析対象日数をできるだけ増やし、特殊な局面における登録HFT業者の動向や戦略の考察も含め、分析を深めていく必要がある。



(出所) 筆者作成

図表 4.6.1 トリガー情報となる事象及びインプリケーション

## 5. まとめと残された課題

本稿のスピード競争の実態把握で見えてきたことは、その他投資家による注文が登録 HFT 業者のターゲットになり意図せずレースの勝者になっていることや、「メイク型」の登録 HFT 業者は恒常的（または電子取引の技術的な要因で）に取消失敗によるリスクが顕在化しつつある一方、「バランス型」の登録 HFT 業者は取消失敗を上回る狙撃成功で利益を出せる可能性があること、そして、「バランス型」や「狙撃型」の登録 HFT 業者の IOC 注文は様々な態様（一回に限らず乱射型で発注する形態の狙撃や、複数の仮想サーバからの狙撃など）であること、また、「バランス型」の登録 HFT 業者の的中率は「狙撃型」の登録 HFT 業者の的中率に肉薄しているといった点、更には、ETF に関しては他の銘柄とは異なる特徴（傾向）があることである。

レースのトリガー（市場の異変、自然災害、世界情勢、市場/商品間の価格差、SNS の buzz、大口の成行注文等）を特定することなく敗者と勝者の存在でレースを定義する Budish et al. (2021) の手法は、スピード競争を網羅的に捕捉するという意味で極めて強力である。Budish et al. (2021) の手法に加え、レースを引き起こしたトリガー情報を特定できれば、登録 HFT 業者間のスピード競争に対して更に深度ある分析が可能となるだろう。

いずれにせよ、HFT の是非や功罪を考えるうえで重要になることは、どのような理由でスピード競争が引き起こされているのか、すなわちレース発生の根本原因（トリガー情報や取引のきっかけとなった事象）を特定し議論の俎上に載せることであり、副次的に市場の歪みや脆弱性を発見し、取るべき対策や必要な法令等整備の枠組みなどに関する様々なインプリケーションが得られる可能性がある。HFT 業者の正確な実態把握には、こうしたインプリケーションを一つ一つ消化し、現物に限らずデリバティブやコモディディ等そして、PTS やダークプール等を含めた広範なデータ収集と深い考察を重ねることが肝要だろう。

そして何より、本稿の分析の基礎となった英 FCA のペーパー (Budish et al. (2021)) 以外にも、その他当局も HFT やアルゴリズムに関する積極的な情報発信を行っている（米 FINRA (2015)、蘭 AFM(2016)、英 FCA (2018)、豪 ASIC(2018)、米 SEC (2020)、香 HKMA (2020)）。本邦取引所でも、英国取引所 (Budish et al. (2021)) と同様のレースが行われていることが看取できた点は興味深い。グローバルに展開する HFT 業者の取引行動を正確に理解するためには、各国でレース態様・構造や、レースの発生要因、それがもたらす経済的効果の分析を行う必要がある。「HFT の功罪」を各国で共有し、相互に検証を重ねることで本質的に重要な知見が得られるかもしれない。本分野における国際協調、特に取引所等との情報連携や各国証券監督当局との密接な関係構築が今後ますます重要となると考えられる。

## 参考文献

- 大墳剛士 (2016) 「諸外国における市場構造と HFT を巡る規制動向」 金融庁金融研究センター  
ディスカッションペーパー
- 大山篤之・奥出慎太郎・鈴木賢太・福山義隆 (2021) 「高速取引行為の特性分析」  
金融庁金融研究センター ディスカッションペーパー (Staff Report)  
[https://www.fsa.go.jp/frtc/report/honbun/2021/20210707\\_SR\\_HFT\\_Article.pdf](https://www.fsa.go.jp/frtc/report/honbun/2021/20210707_SR_HFT_Article.pdf) :最終閲覧  
日 2022 年 10 月 13 日
- 大山篤之・津田博史 (2020) 「アルゴリズム化基準による高頻度取引 (HFT) の特性分  
析」 金融庁金融研究センター ディスカッションペーパー  
<https://www.fsa.go.jp/frtc/seika/discussion/2020/DP2020-2.pdf> : 最終閲覧日 2022 年 10 月  
13 日
- 大山篤之・津田博史 (2022) 「アルゴリズム化基準による高頻度取引 (HFT) の特性分析」  
ジャーナル・ジャーナル, 20, 55-69.
- 齋藤馨・田原泰雅 (2018) 「逐条解説 2017 年金融商品取引法改正」 商事法務
- 林 高樹・佐藤彰洋 (2016a) 「金融市場の高頻度データ分析」, 朝倉書店
- 林 高樹・佐藤彰洋 (2016b) 「市場取引のメカニズム」 「金融市場の高頻度データ分析」  
(ウェブサポートページ), 朝倉書店.
- 吉川真裕 (2020) 「英国HFTの実情」 公益財団法人 日本証券経済研究所
- AFM. (2016). "The Netherlands Authority for the Financial Markets. A Case Analysis  
of Critiques on High-Frequency Trading".
- Amihud, Y. (2002). "ILLIQUIDITY AND STOCK RETURNS: Cross-Section and Time-Series  
Effects". *Journal of financial markets*, 5(1), 31-56.
- Alfonsi, A., Schied, A. and Slynko, A. (2012). "Order Book Resilience, Price  
Manipulation, and the Positive Portfolio Problem", *SIAM Journal on Financial  
Mathematics*, 3(1), pp. 511-533.
- ASIC (2018). "REP 597 High-frequency trading in Australian equities and the Australian-  
US dollar cross rate".  
[https://asic.gov.au/regulatory-resources/find-a-document/reports/rep-597-high-  
frequency-trading-in-australian-equities-and-the-australian-us-dollar-cross-  
rate/](https://asic.gov.au/regulatory-resources/find-a-document/reports/rep-597-high-frequency-trading-in-australian-equities-and-the-australian-us-dollar-cross-rate/) : 最終閲覧日 2022 年 10 月 13 日.
- Benos, E., Sagade, S. (2016). "Price discovery and the cross-section of high-frequency  
trading". *Journal of Financial Markets*. 30, 54-77.
- Brogaard, J. (2010) "High Frequency Trading and Its Impact on Market Quality".  
Northwestern University.
- Budish, E., Aquilina, M., O'Neill, P. (2021). "Quantifying the High-Frequency  
Trading "Arms Race". *The Quarterly Journal of Economics*, 137(1), 493-564.

- Budish, E., Cramton, P., Shim, J. (2014). "Implementation Details for Frequent Batch Auctions: Slowing Down Markets to the Blink of an Eye". *American Economic Review*, 104(5), 418-24.
- Budish, E., Cramton, P., Shim, J. (2015). "The High-Frequency Trading Arms Race: Frequent Batch Auctions as a Market Design Response". *The Quarterly Journal of Economics*, 130(4), 1547-1621.  
<https://doi.org/10.1093/qje/qjv027> : 最終閲覧日 2022 年 10 月 13 日
- Caivano, V. (2015). "The impact of high-frequency trading on volatility.evidence from the Italian market". Working Paper. CONSOB No. 80, March 2015
- Chen, H., Foley, S., Goldstein, M. A., Ruf, T. (2017). "The value of a millisecond: Harnessing information in fast, fragmented markets". *Fragmented Markets*, November 18, 2017.
- Deuskar, P., Johnson, T. C. (2011). "Market liquidity and flow-driven risk". *The Review of Financial Studies*, 24(3), 721-753.
- Degryse, H., Winne, R., Gresse, C., Payne, R. (2021). "Cross-Venue Liquidity Provision: High Frequency Trading and Ghost Liquidity". 2021
- ERSAN, O., DALGIÇ, N., EKİNCİ, C. E., BODUR, M. (2021). "High-Frequency Trading and its Impact on Market Liquidity". A review of literature. *Alanya Akademik Bakış*, 5(1), 345-368.
- FCA (2018). "Algorithmic Trading Compliance in Wholesale Markets".  
<https://www.fca.org.uk/publications/multi-firm-reviews/algorithmic-trading-compliance-wholesale-markets> : 最終閲覧日 2022 年 10 月 13 日
- 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> : 最終閲覧日 2022年10月13日
- Hagströmer, B., Nordén, L. (2013). "The diversity of high frequency traders". *Journal of Financial Markets*. 16(4), 741-770.
- Hasbrouck, J., Saar, G. "Low-latency trading". *Journal of Financial Markets*, 16(4), 646-679.
- Hu, Edwin. (2019). "Intentional access delays, market quality, and price discovery: Evidence from IEX becoming an exchange".
- Khapko, M., Zoican, M. (2021). "Do speed bumps curb low-latency investment? Evidence from a laboratory market". *Journal of Financial Markets*, 55, 100601.
- Kyle, Albert S. (1985). "Continuous auctions and insider trading". *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1315-1335.

- Manahov, V., Hudson, R. (2014). "The implications of high frequency trading on market efficiency and price discovery".
- Menkveld, A. (2013). "High frequency trading and the new-market makers". *Journal of Financial Markets*, 16(4), 712-740.
- Myers, B., Gerig, A. (2015). "Simulating the synchronizing behavior of high-frequency trading in multiple markets".
- Hasbrouck, J. (2007). "Empirical market microstructure: The institutions, economics, and econometrics of securities trading". In *Financial econometrics and empirical market microstructure* (pp. 207-213). Springer, Cham.
- Hirschey, N. (2021). "Do High-Frequency Traders Anticipate Buying and Selling Pressure?". *Management Science*, 67(6), 3321-3345.
- O' Hara, M. (2015). "High frequency market microstructure", *Journal of Financial Economics*, 116(2), 257-270.
- Pagano, M., Röell, A. (1996). "Transparency and Liquidity: A Comparison of Auction and Dealer Markets with Informed Trading". *The Journal of Finance*, 51(2), 579-611.
- SEC (2020), "Staff Report on Algorithmic Trading in U.S. Capital Markets". August 5, 2020. [https://www.sec.gov/files/Algo\\_Trading\\_Report\\_2020.pdf](https://www.sec.gov/files/Algo_Trading_Report_2020.pdf) : 最終閲覧日 2022年10月13日
- Virgilio, G. (2016). "The impact of high-frequency trading on market volatility". *The Journal of Trading*. 11(2), 55-63 .
- WFE. (2013). "The World Federation of Exchanges reports on High Frequency Trading (HFT)". <https://www.world-exchanges.org/news/articles/world-federation-of-exchanges-reports-on-high-frequency-trading-hft> : 最終閲覧日 2022年10月13日