

# 取引の高速化と株式取引の実態

——東京証券取引所の注文板差分データを用いた実証分析——

福 田 徹

## 要 旨

テクノロジーの進展によって株式取引の実態が大きく変化している。その1つの例が高速かつ高頻度で株式の売買を行う高頻度取引業者である。高頻度取引は従来の株式取引の戦略と異なったものとされ、専門家だけでなく多くの人々の興味を引いている。

我が国および欧米において、少数ながら高頻度取引に関する実証研究が行われている。それらにおいては、様々なデータを用いて指標を作成した上で高頻度取引業者を特定化している。つまり、高頻度取引業者の取引戦略を最も把握できるものを見出しているのである。

本稿では、日本取引所グループから提供された注文板差分データを利用して、サーベイした実証研究を参考にしながら最近の株式取引の実態を考察した。実証分析の方向性としては、売買代金の差違がもたらす取引戦略への影響、もう1つは現在が過去と比較してどの程度変化したかということに主眼を置いている。

なお、結論としては、高頻度取引のような取引戦略を持つ発注者は、売買代金の大きい銘柄だけでなくそれ以外の銘柄にまで手を広げている可能性および2015年6月時点における発注者および取引戦略は、2011年1月と比較すると大きく変化している可能性を確認することが出来た。また、最もレコード数の多い仮想サーバの実態を観察すると、明確な取引戦略を採用しているものの多いことが指摘される。

## 目 次

はじめに	1. 注文板差分データの構造
I. 高頻度取引に関するサーベイ	2. 仮想サーバとはなにか
1. 我が国における研究	3. 取引戦略を推察するための指標
2. 欧米における研究	4. 実証分析の方向性
II. 仮想サーバ識別番号を用いた実証分析の考え方	III. 実証分析の方法および結果

## 取引の高速化と株式取引の実態

1. 実証分析の対象期間および銘柄
2. 外れ値の除去
3. 実証分析の方向性
4. 売買代金の差違から見た様々な指標

5. 2015年6月と2011年1月の比較
6. レコード数上位の仮想サーバの傾向  
おわりに

## はじめに

テクノロジーの進展によって株式取引の実態が大きく変化している。証券取引所は注文処理レイテンシと呼ばれる発注データを受信して注文板登録を行った後にその応答を返すまでの時間を短縮するための設備投資に余念が無い。一方、その環境に対応するよう高自動発注機能を持つソフトウェアを搭載したコンピュータを利用して、高速かつ高頻度で株式の売買を行う高頻度取引業者が登場している。高頻度取引は従来の株式取引の戦略と異なったものとされ、専門家だけでなく多くの人々の興味を引いている。

その一方で、データに基づいた客観的な分析は皆無に等しいと言って良い。これは、我が国については言うにおよばず先進各国においても同様である。その理由としては、取引注文とそれを発注した主体とを対応させたデータが公開されていないこと<sup>1)</sup>、取引注文のデータ量が膨大であることなどが挙げられよう。

今回は日本取引所グループの協力のもと、注文板差分データというデータ・ベースの供給を得た。このデータは、個別銘柄の注文板において変化を引き起こす事象が発生する毎に作成されたレコードの集合体である。つまり、注文板の時々刻々と変化する動きおよびその理由を明らかにできるものである。また、発注者の代理

となる仮想サーバ識別番号も付加されており、発注者の取引戦略をある程度推察することも出来る。

以上のデータ・ベースを利用して、東京証券取引所へ発注された注文の内容を仮想サーバ識別番号毎に集計した上でその傾向を眺め、高頻度取引のマイクロ・ベースでの実態を探ることが本稿の目的である。

## I. 高頻度取引に関するサーベイ

### 1. 我が国における研究

我が国の証券および金融市場を対象として、高頻度取引の実態に関する論文はほとんど存在しないといっても過言ではなからう。これは、取引注文とそれを発注した投資家とを対応させたデータが公開されていないこと、エクセルなどの表計算ソフトウェアで処理しきれないほど取引注文のデータ量が膨大であることなどが、障害になっているためであると考えられる。

唯一、この課題を扱っているのは、保坂 [2014] である。保坂 [2014] では、東京証券取引所で株式の取引を行う高頻度取引業者の特定化を行った後、それらの注文のパターンおよび流動性に与える影響等について実証分析を行っている。

保坂 [2014] がどのような観点で高頻度取引業者の特徴付けを行っているかについては、特

定化の方法から見て取れる。仮想サーバの詳細については後述するが、仮想サーバそれぞれに割り振られた識別番号を個別の発注者名と見なし、特徴のある取引パターンを持つものを高頻度取引業者であると特定化している。特徴のある取引パターンとは、注文執行比率<sup>2)</sup>が25%未満であることに加えて注文取消比率<sup>3)</sup>が20%以上というものである。つまり、約定に至らない大量の発注を行うということを特徴とみなしている。

なお、以上の方法を用いて、保坂 [2014] では、東京証券取引所第1部に上場する373銘柄において高頻度取引業者が占める割合を推定している。これによると、2012年9月、2013年1月、2013年5月が、注文金額ベースでそれぞれ27.3%、44.3%、51.6%、売買代金ベースでそれぞれ17.1%、24.8%、25.9%となったとした。

## 2. 欧米における研究

欧米における高頻度取引業者の特定化に関しては、アメリカについて Brogaard et al. [2014] 等の実証分析に利用されるナスダックが提供したデータ・ベース、カナダについて IIROC [2012]、ヨーロッパ各国について ESMA [2014]、オーストラリアについて ASIC [2013] が挙げられるが、その数は決して多いとは言えない。

ナスダックが研究者向けに提供したデータ・ベースであるが、ナスダック自身で特定化した高頻度取引業者26社の情報が付加された上で作成されている。特定化するための基準であるが、Brogaard et al. [2014] によると、ナスダックが保有する発注者の定性的な情報および発注者の取引パターンを用いたとしている。具

体的に考慮された取引パターンについては、保有ポジションを引け後に持ち越さない割合、指値注文等の有効時間、注文執行比率を挙げている。

以上の特定化を経て、ナスダックは2008年と2009年の無作為に抽出した120銘柄を対象として、約定毎の情報に高頻度取引業者の関与を表す項目を加えたデータ・ベースを作成した。その項目においては、流動性を消費する側が高頻度取引業者であるか否か、供給する側がそれであるか否かの合計4通りのいずれかを示す符号で埋められている。

さて、Brogaard et al. [2014] では売買代金ベースで約定における高頻度取引業者の占有率を計算している。これによると、大型株<sup>4)</sup>の42%および小型株<sup>5)</sup>の18%の約定に高頻度取引業者が関わっているとしている。また、流動性を消費する側として大型株の42%および小型株の25%、供給する側として大型株の42%および小型株の11%を占めていたとしている。

トロント証券取引所および複数の ECN で構成されるカナダの株式市場を扱っている IIROC [2012] では、全ての注文に入力されている利用者識別番号を利用して高頻度取引業者の特定化を行っている。なお、利用者識別番号によって、登録マーケット・メーカー等の公認トレーダー、投資家の注文を受注した証券会社、ダイレクト・マーケット・アクセスを利用する主体であれば発注者を判別することが可能である。

具体的な特定化の方法は以下の通りである。まず、利用者識別番号ベースの発注者の注文数を約定数で回帰する。そして、回帰線から推計される約定数と実際のそれとの差違を対数化<sup>6)</sup>したものを算出し、その値が対数化した差違の

標準偏差の1.25倍以上<sup>7)</sup>の発注者を高頻度取引業者として特定化している。なお、該当したのは全体の11.3%であったとしている。

約定数における特定化された高頻度取引業者の割合であるが、2011年8月、9月、10月がそれぞれ42.87%、42.72%、39.53%であったとしている。

欧州に関する実証研究である ESMA [2014] であるが、ESMA (欧州市場監督局) が対象となる証券取引所および ECN で構成される株式市場に対して名称等の発注者に関する情報の提出を求め、それを吟味した上で高頻度取引業者であるかを特定化している。具体的には、提出された情報に基づいて発注者のウェブ・サイトや新聞の記事等を参考にしてその属性を決定している。

ESMA [2014] では2013年5月について、上記の方法で特定化した高頻度取引業者の割合を市場毎に集計している。注文数ベースで集計したのに関しては、対象とした12の株式市場全体の58%、ロンドン証券取引所の44%、ドイツ証券取引所の33%、ユーロネクスト・パリの50%、バツ・ヨーロッパの76%を占めているとした。一方、売買代金ベースでは、全体の24%、ロンドン証券取引所の21%、ドイツ証券取引所の21%、ユーロネクスト・パリの21%、BATS Europe の40%となったとしている。

オーストラリア証券取引所や ECN とダークプールを含む代替的取引システムを対象とするオーストラリアの株式市場については、ASIC [2013] が特定化に関する議論を行っている。発注者の特定化については、ブローカー参照番号と口座を用いることでそれぞれ認識出来ているとしている。

具体的な高頻度取引業者の特定化について

は、注文執行比率、1日の売買代金比率<sup>8)</sup>、1日の売買代金、40マイクロ秒以内に指値注文を変更した件数、ポジション加重の平均保有時間、全注文数に対する最良気配値注文数と成行注文数の割合の6種類の指標を用いている。そして、それら指標に関して異常値を除いた後にそれぞれ四分位を作成し、高頻度取引業者の特徴と考えられる傾向にあるものから高い点数を与え、それらの合計値の大きい上位15%の発注者をその日の高頻度取引業者であるとするものである。

S&P/ASX200指数採用銘柄を対象として2012年の5月から7月までの期間において、特定化された高頻度取引業者の割合は、売買代金の27%、約定数の32%、注文数の46%になったとしている。

## II. 仮想サーバ識別番号を用いた実証分析の考え方

### 1. 注文板差分データの構造

今回、実証研究に利用されるデータ・ベースは日本取引所グループから提供された注文板差分データである。このデータ・ベースは、個別銘柄の注文板において変化を引き起こす事象が発生する毎に作成されたレコードの集合体である。基本的にある時点の注文板の状態とそれが更新された直後の状態の差が1レコード分となっている。従って、立会日の最初から注文板差分データのレコードをルールに従って時点Tのものまで集計すれば、時点Tにおける注文板を再現できる。

1レコードに含まれるのは、32種類の情報である。それらの中で今回の実証研究において主

に利用した板更新回数、時刻、レコード種別、執行条件区分、注文識別番号に関して以下で簡単に説明する。また、仮想サーバ識別番号については、あらためて節を立て詳述するつもりである。

板更新回数については、立会日の最初から数えた場合の注文板が更新された回数である。つまり、該当レコードが注文板の何回目の更新に関与していたかを示すものである。ただし、複数のレコードに同一の板更新回数が記録されることがある。詳細は後述するが、約定や変更注文などの場合である。

時刻は、該当レコードの発生を伴う注文板の更新がなされた時間である。ミリ秒単位まで記録されている。

レコード種別は、そのレコードが発生している理由を示すものである。言い換えれば、注文板が更新された理由である。具体的なものとしては、新規注文、約定、変更注文、取消注文、注文失効、取消新規処理などがある。約定については、流動性を消費するものと供給するもので少なくとも2レコード発生する。また、変更注文は取消新規処理を伴うため、2レコード発生する。つまり、変更注文のレコードで変更した株価の位置に注文数量を加え、取消新規処理で変更以前の株価の位置にある注文数量を消去するのである。注文失効は、主に執行条件区分がIOC条件<sup>9)</sup>であった場合に発生する。IOC条件では、約定されなかった場合にその注文が即座に取り消されるからである。

執行条件区分は、発注者が指定する執行条件を表す。具体的には、指定なし、寄付条件、引け条件、不成条件<sup>10)</sup>、IOC条件である。

注文識別番号とは、新規注文に対して個別に割り当てられるコードである。このコードは、

その新規注文が関わる変更注文や約定のレコードにおいても同一のものが利用される。つまり、注文識別番号を利用すれば、その新規注文がどのように処理されたかについての追跡が可能となる。

## 2. 仮想サーバとはなにか

注文板差分データのレコードに含まれる情報である仮想サーバ識別番号は、当論文において発注者の代理として用いるため、重要な情報である。なお、保坂 [2014] においても前述の通り、その目的で利用している。

仮想サーバとは、取引参加者<sup>11)</sup>が日本取引所グループの売買システムとデータの送受信を行うため、取引参加者システムに実装する必要のある論理的なデバイスのことである。そして、仮想サーバは接続の単位となり、1つの仮想サーバは売買システムとの間に1本のTCPコネクションを確立することが可能となる。つまり、取引参加者は最低でも1つの仮想サーバを割り当てられていることになる。なお、仮想サーバ識別番号とは、それぞれに割り当てられたコードのことである。

実際は、今回の実証研究の対象となった100銘柄の注文板差分データにおいて、仮想サーバ識別番号は2011年1月分で2,940種類、2015年6月分で4,562種類存在していた。一方、取引参加者数は2011年3月末で102社、2015年3月末で94社である。つまり、1つの取引参加者に平均で30から40前後の仮想サーバが割り当てられている計算になる。従って、取引参加者が大量の発注を行う高頻度取引業者1社に対して1つの仮想サーバを独占利用させている可能性が指摘できるかもしれない。

図表1 流動性供給注文、需要注文の判定ルール

注文板差分データ	
67 新規	ZZZ
80 変更	YYY
99 新規	XXX
100 約定	XXX
100 約定	YYY
100 約定	ZZZ

同一の板更新回数

XXX, YYY, ZZZを注文識別番号とする。  
この場合、最も新しい発注時間を持つXXXが流動性需要注文となり、それ以外のYYY, ZZZが流動性供給注文と判定される。

〔出所〕 筆者作成

### 3. 取引戦略を推察するための指標

取引戦略を推察するための単位については、発注者毎に行うことが望ましい。しかしながら、注文板差分データにおいて発注者の情報は付加されていない。従って、上述の通りに仮想サーバ識別番号をその代理として利用する。

続いて、注文板差分データのいずれの情報を利用して取引戦略の推察を行うのかということを考える。これを判断する上での参考にするために、我が国および欧米における高頻度取引に関する実証研究の方法をサーベイした。また、今回の実証研究に利用する注文板差分データの内容を吟味した。結論としては、実証研究の方法のサーベイで挙げられていた様々な指標のほとんど全てが作成可能であることが判明した。それに加えて、新たな指標も加えることが出来ると思われる。

当論文で用いる具体的な指標であるが、サーベイした実証研究で利用されていた注文執行比率<sup>12)</sup>を基本として据える。そして、高頻度取引業者の取引戦略を確認するために、変更・取消注文比率<sup>13)</sup>、IOC注文比率<sup>14)</sup>、流動性供給注

文比率<sup>15)</sup>、流動性需要注文比率<sup>16)</sup>、10ミリ秒以内での変更・取消注文比率<sup>17)</sup>、100ミリ秒以内での変更・取消注文比率、10ミリ秒以内での流動性需要注文比率<sup>18)</sup>、100ミリ秒以内での流動性需要注文比率なども眺める。つまり、一般的な発注者とは大きく異なる取引戦略を採用しているか、不可能な程素早い反応を示せるのかと言う点を重視するのである。

なお、流動性供給注文、需要注文の判定は以下のルールで行っている（図表1）。板更新回数が同一の約定注文に対して、それぞれの注文識別番号をたどって発注時間を遡って探し出す。そして、その中で最も新しい発注時間を持つレコードが流動性の需要注文、それ以外を供給注文としている。言い換えれば、約定に関わった注文の中で最も遅く発注されたもののみが、流動性の需要注文としているのである。従って、流動性供給注文数は流動性需要注文数以上となる。

また、変更・取消注文比率および流動性需要注文比率で利用される時間の計測の考え方も基本的に同じである。変更注文や約定が起こった場合、変更注文では同一の注文識別番号の最新

レコードを、約定では流動性を供給した注文の中で最新の発注時間を持つレコードを遡って探し出し、時間差を測るのである。

### Ⅲ. 実証分析の方法および結果

#### 1. 実証分析の対象期間および銘柄

実証分析に利用するデータ・ベースは前述した注文板差分データであるが、その中から期間、銘柄を定めて対象を絞り込んでいる。これはデータ全体が膨大な量になっており、現状のコンピュータの能力では大変な処理時間が必要となるからである。

さて、実証分析の対象となった期間であるが、2015年6月1日から30日までの立会日数である22日間である。その期間を選んだ理由は、提供されたものの中で最も新しい1月分であったためである。この期間のデータを用いて高頻度取引業者の特定化を行う。加えて、2011年1月4日から31日までの立会日数である19日間も比較対象として採用している。この期間は、データ・ベースに入力されているものの中で最も古い1月分である。時系列的な変化の度合いを探るために、2015年の6月分の結果と比べるために利用する。

続いて対象となる銘柄であるが、100銘柄<sup>19)</sup>となっている。これら100銘柄は、2011年1月4日から2015年6月30日までに東京証券取引所第1部に継続して上場していた1,597銘柄を対象としており、2011年1月分と2015年6月分の1日平均売買代金を層の分割を行う基準として実施した層化抽出法を用いて選び出している。つまり、流動性の大きさに偏りが無いように対象銘柄を選択しているのである。

#### 2. 外れ値の除去

全レコード数は、2015年6月分で1日および1銘柄当たり平均値で0.021から416.943件の間に広がっている。本稿の目的は、高頻度取引業者の実態を探ることであるため、極端に発注件数が少ない仮想サーバは外れ値として取り除いた。なお、外れ値に該当するものは、対数化した発注件数の平均値から2標準偏差分差し引いた-1.686より小さい発注件数をもつものとしている。これによって、全仮想サーバ数4,562件から146件が取り除かれ、以下での分析対象となるのは、4,416件となる。

また、比較対象とする2011年1月のものに関しても同様の方法で外れ値を求め、それらを取り除いている。これにより、全仮想サーバ数2,940件から143件が取り除かれ、2,797件が対象となる。

#### 3. 実証分析の方向性

次の2点の方向性に従って、データの集計を行う。その1つは売買代金の差違がもたらす取引戦略への影響、もう1つは現在が過去と比較してどの程度変化したかということである。

前者については、2015年6月のデータに関して実証分析の対象である100銘柄を売買代金順に4グループに分割して行う。取引が活発な銘柄に対する高頻度取引の動向に対して注目が集まっているが、そうで無い銘柄の実態も探ろうというものである。このような実証研究は大変少なく、興味深い結果が期待される。

後者については、2015年6月と2011年1月のデータを比較することで行う。この観点からの実証研究も見当たらないように思われる。変化して当然という認識からその対象になりづらい

のかもしれない。本稿では確認の意味を込めて、4年5ヶ月間の変化の度合いを探りたい。

#### 4. 売買代金の差違から見た様々な指標

様々な指標を作成する上で利用するデータの基本統計量は、以下の通りである（図表2、3）。当然ではあるが、全ての項目の平均値、中央値、標準偏差のいずれもが売買代金の少ないグループへ移行するに従って小さい値になることがわかる。また、第1分位のグループがそれ以外を圧倒するほど大きいものとなっている。全体との差の検定では、第1分位のグループのみが全体と比較して有意に大きく、それ以外は有意に小さいという結果になっている。これは、売買代金の大きい銘柄への注文や約定がより偏在していることを意味している。

続いて、平均値と中央値の違いに注目する。これに関しては、全ての基本統計量、全てのグループにおいて平均値が中央値を大幅に上回っている。これは、少数の仮想サーバからの発注数が膨大であるために、平均値が引っ張られていることを示唆している。

平均値と標準偏差の大きさについて眺める。ここでは、標準偏差を平均値で除した変動係数を考える。これは、標準偏差を平均値によって基準化したものである。これによると、多くの基礎となるデータに大きい差違は無かった。つまり、標準偏差の大小は、平均値の差によってもたらされているのである。ただし、IOC注文比率については、売買代金の少ないグループへ移行するに従って、大きい値となる傾向を示している。これは、売買代金の少ないグループでは、IOC注文を発注する仮想サーバがより限られていることを意味している。この傾向が明確化するのが、10ミリ秒以内および1秒以内

での変更・取消件数、10ミリ秒以内および1秒以内での流動性需要・供給間における時間差の件数である。つまり、より素早く対応できる能力を持つ発注者が背後に存在する仮想サーバに集中しているのである。

取引戦略を推察するための様々な指標へ移る（図表4、5）。こちらは基本となるデータの場合とは異なり、売買代金の少ないグループへ移行するに従って小さい値になるという関係は必ず認められるという訳でない。第1分位のグループが高水準となって突出しているのは、変更・取消注文比率と1秒以内での変更・取消件数および流動性需要注文比率である。筆者自身の仮説であるが、変更・取消注文比率に関しては取引の回数が多く度々株価が変動する高売買代金銘柄においては、マーケット・メーカー的な取引を行う発注者が指値を変更する必要性が増加していることを反映しているように思われる。

指定時間内での変更・取消注文比率および流動性需要注文比率であるが、興味深い結果となっている。いずれも10ミリ秒以内のものについて第4分位のグループの値のみが有意に小さいのに対し、100ミリ秒以内のものについて第1分位のグループの値のみが有意に大きいのである。この結果が示唆するところは解釈するのは難しい。敢えて仮説を立てるのなら、高速で取引できる発注者にも能力の差が存在しているということである。つまり、比較劣位にある発注者において、流動性の高い銘柄での取引戦略の行使は可能であっても、低いそれでは困難になっているということである。

IOC注文比率についても、類似した傾向が見られる。第4分位のグループの値のみが有意に小さいのである。IOC注文が利用される場

図表2 仮想サーバの各種基本統計量<sup>1)</sup>(1)

	2015年6月					2011年1月
	全体	第1分位 <sup>2)</sup>	第2分位 <sup>2)</sup>	第3分位 <sup>2)</sup>	第4分位 <sup>2)</sup>	全体
仮想サーバ数 (件)	4,416	4,405	4,168	3,729	3,033	2,797
対象レコード数 (件)						
平均値	5.268	16.153	3.490	1.319	0.803	2.588
2015/6 全体と差の検定 <sup>3)</sup>		14.671**	-6.327**	-16.698**	-19.325**	-11.302**
中央値	1.514	3.760	0.825	0.289	0.169	1.531
標準偏差	15.026	46.901	10.770	4.238	2.610	3.772
レコード種別 (件)						
新規注文数						
平均値	2.000	5.920	1.466	0.566	0.341	0.916
2015/6 全体と差の検定 <sup>3)</sup>		11.747**	-4.027**	-13.001**	-15.466**	-10.019**
中央値	0.426	1.291	0.313	0.118	0.062	0.365
標準偏差	6.976	21.021	5.240	2.064	1.219	1.388
約定数						
平均値	0.643	1.973	0.432	0.161	0.091	0.511
2015/6 全体と差の検定 <sup>3)</sup>		22.715**	-9.948**	-26.526**	-31.004**	-5.945**
中央値	0.199	0.575	0.136	0.047	0.031	0.262
標準偏差	1.164	3.706	0.781	0.302	0.174	0.734
変更注文数						
平均値	0.661	2.208	0.307	0.110	0.084	0.394
2015/6 全体と差の検定 <sup>3)</sup>		9.736**	-8.309**	-13.500**	-14.058**	-5.875**
中央値	0.003	0.005	0.000	0.000	0.002	0.131
標準偏差	2.687	10.201	0.851	0.338	0.390	1.085
取消注文数						
平均値	1.006	3.010	0.727	0.273	0.151	0.345
2015/6 全体と差の検定 <sup>3)</sup>		12.834**	-4.764**	-15.043**	-18.381**	-14.056**
中央値	0.099	0.233	0.071	0.016	0.013	0.109
標準偏差	2.983	9.927	2.416	1.157	0.668	0.741
執行条件数 (件)						
指定なし数						
平均値	4.427	13.703	2.824	1.079	0.676	2.464
2015/6 全体と差の検定 <sup>3)</sup>		19.063**	-9.809**	-23.567**	-27.022**	-12.924**
中央値	0.923	2.555	0.398	0.175	0.109	1.391
標準偏差	8.958	31.031	5.967	2.744	1.828	3.706
IOC 注文数						
平均値	0.706	2.132	0.525	0.168	0.087	0.017
2015/6 全体と差の検定 <sup>3)</sup>		2.534*	-0.787	-2.837**	-3.339**	-3.777**
中央値	0.023	0.064	0.007	0.000	0.000	0.000
標準偏差	12.116	35.337	8.961	3.218	1.879	0.158

(注) 1) 1仮想サーバ当りの1銘柄、1日分に関するもの。

2) 売買代金の大きさによって分割したもの。

3) ウェルチのt検定を用いた。\*\*が両側1%、\*が両側5%で有意に異なる。

〔出所〕 筆者作成

図表3 仮想サーバの各種基本統計量<sup>1)</sup>(2)

	2015年6月					2011年1月
	全体	第1分位 <sup>2)</sup>	第2分位 <sup>2)</sup>	第3分位 <sup>2)</sup>	第4分位 <sup>2)</sup>	全体
流動性の供給/需要 (件)						
供給回数						
平均値	0.438	1.356	0.283	0.105	0.061	0.357
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		20.934**	-9.990**	-24.888**	-28.638**	-4.873**
中央値	0.108	0.271	0.058	0.025	0.018	0.163
標準偏差	0.859	2.782	0.547	0.208	0.126	0.546
需要回数						
平均値	0.206	0.617	0.149	0.056	0.030	0.154
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		19.396**	-6.694**	-21.529**	-26.428**	-6.418**
中央値	0.060	0.182	0.031	0.013	0.007	0.074
標準偏差	0.435	1.338	0.355	0.146	0.066	0.256
指定時間内の変更・取消 (件)						
10ミリ秒以内						
平均値	0.059	0.180	0.041	0.015	0.008	0.004
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		9.380**	-3.766**	-10.796**	-13.009**	-14.607**
中央値	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
標準偏差	0.247	0.820	0.209	0.097	0.068	0.020
100ミリ秒以内						
平均値	0.215	0.742	0.087	0.032	0.015	0.031
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		10.967**	-9.620**	-14.566**	-16.152**	-14.961**
中央値	0.005	0.015	0.002	0.000	0.000	0.002
標準偏差	0.811	3.086	0.343	0.177	0.107	0.082
流動性需要・供給間の指定時間差 (件)						
10ミリ秒以内						
平均値	0.034	0.100	0.026	0.009	0.004	0.010
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		12.793**	-3.318**	-13.199**	-16.812**	-12.160**
中央値	0.005	0.016	0.002	0.000	0.000	0.002
標準偏差	0.113	0.325	0.106	0.046	0.024	0.045
100ミリ秒以内						
平均値	0.062	0.198	0.037	0.012	0.005	0.030
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		15.517**	-7.233**	-17.640**	-21.069**	-9.964**
中央値	0.017	0.053	0.005	0.002	0.000	0.006
標準偏差	0.175	0.555	0.134	0.055	0.026	0.096

(注) 1) 1仮想サーバ当りの1銘柄, 1日分に関するもの。

2) 売買代金の大きさによって分割したもの。

3) ウェルチのt検定を用いた。\*\*が両側1%, \*が両側5%で有意に異なる。

[出所] 筆者作成

図表4 仮想サーバに関する様々な指標<sup>1)</sup>(1)

	2015年6月					2011年1月
	全体	第1分位 <sup>2)</sup>	第2分位 <sup>2)</sup>	第3分位 <sup>2)</sup>	第4分位 <sup>2)</sup>	全体
注文執行比率 (%)						
平均値	20.385	21.534	20.018	20.791	21.090	24.586
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		4.637**	-1.411	1.412	2.052*	13.765**
中央値	19.921	21.877	18.544	19.157	18.405	24.910
標準偏差	11.549	11.735	12.438	14.032	16.326	13.270
変更・取消注文比率 (%)						
平均値	286.034	295.058	68.413	49.477	58.099	116.057
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		0.165	-5.685**	-6.188**	-5.961**	-4.424**
中央値	52.082	52.675	53.623	28.124	44.444	64.420
標準偏差	2539.147	2607.325	147.483	59.363	72.770	210.803
IOC注文比率 (%)						
平均値	18.025	18.708	19.002	17.476	9.206	0.854
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		1.046	1.406	-0.774	-13.527**	-36.096**
中央値	0.598	0.535	0.549	0.000	0.000	0.000
標準偏差	30.556	30.745	33.655	32.947	25.453	6.447
流動性供給注文比率 (%)						
平均値	64.002	64.336	63.063	60.899	63.530	65.577
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		0.512	-1.407	-4.353**	-0.631	2.618**
中央値	76.149	77.071	72.227	68.000	69.565	69.349
標準偏差	30.250	31.008	31.371	32.720	31.498	20.791
流動性需要注文比率 (%)						
平均値	35.998	35.664	36.937	39.101	36.470	34.423
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		-0.512	1.407	4.353**	0.631	-2.618**
中央値	23.909	22.929	27.773	32.000	30.435	30.651
標準偏差	30.250	31.008	31.371	32.720	31.498	20.791

(注) 1) 分母が0となるものに関しては、標本から除外している。

2) 売買代金の大きさによって分割したもの。

3) ウェルチのt検定を用いた。\*\*が両側1%、\*が両側5%で有意に異なる。

〔出所〕筆者作成

合としては、裁定取引の実行や間接的なマーケット・メイクの実施の可能性が挙げられよう。前者、特に株価指数先物やETFを対象とした裁定取引の場合には、主に時価総額の大きい銘柄が対象となる。売買代金と時価総額にある程度の相関性が存在することを勘案すれば、売買代金の大きいグループのIOC注文比率が高まることは納得性がある。後者については、筆者自身の仮説である。つまり、希望する買値、売値があるものの注文板上へ指値注文をせ

ずに監視のみを実施し、その株価での指値注文があれば即座に発注するというものである。気配値スプレッドが大きい売買代金の小さい銘柄であれば、可能となる戦略なのかもしれない。また、この仮説は、10ミリ秒以内の変更・取消注文比率および流動性需要注文比率について第4分位のグループの値のみが有意に小さかったことにより具体的な説明となるかもしれない。

以上から、新たな取引戦略を持つ発注者は、売買代金の大きい銘柄だけで無くそれ以外の銘

図表5 仮想サーバに関する様々な指標<sup>1)</sup>(2)

	2015年6月					2011年1月
	全体	第1分位 <sup>2)</sup>	第2分位 <sup>2)</sup>	第3分位 <sup>2)</sup>	第4分位 <sup>2)</sup>	全体
10ミリ秒以内での 変更・取消注文比率 (%)						
平均値	4.365	4.311	4.112	4.952	2.191	0.647
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		-0.292	-1.115	1.820	-9.839**	-27.061**
中央値	0.829	0.669	0.000	0.000	0.000	0.000
標準偏差	8.123	8.357	11.023	15.617	8.462	2.615
100ミリ秒以内での 変更・取消注文比率 (%)						
平均値	14.126	14.836	11.177	9.856	4.193	4.387
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		1.674	-6.623**	-8.630**	-27.129**	-27.749**
中央値	8.108	8.227	2.797	0.000	0.000	0.753
標準偏差	18.508	19.428	19.811	21.095	10.397	10.251
10ミリ秒以内での 流動性需要注文比率 (%)						
平均値	7.723	7.703	7.947	7.499	5.989	1.784
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		-0.081	0.828	-0.690	-4.748**	-31.121**
中央値	2.500	2.570	1.120	0.000	0.000	0.637
標準偏差	11.666	11.842	13.239	16.285	17.014	3.943
100ミリ秒以内での 流動性需要注文比率 (%)						
平均値	13.236	13.878	11.030	10.105	7.866	6.276
2015/6全体と差の検定 <sup>3)</sup>		1.743	-6.181**	-7.761**	-12.306**	-21.937**
中央値	7.174	7.326	3.846	1.149	0.000	2.939
標準偏差	16.920	17.645	16.103	18.678	18.827	9.995

(注) 1) 分母が0となるものに関しては、標本から除外している。

2) 売買代金の大きさによって分割したもの。

3) ウェルチのt検定を用いた。\*\*が両側1%、\*が両側5%で有意に異なる。

[出所] 筆者作成

柄にまで手を広げている可能性が指摘される。

## 5. 2015年6月と2011年1月の比較

まず、両期間のデータの基本統計量を眺める(図表2, 3)。これによると、全ての項目の平均値、標準偏差において、2015年6月のものが大きいことがわかる。ただし、中央値については、その関係が必ずしも認められない。これは、発注件数が膨大な少数の仮想サーバが登場した結果を反映していると考えられよう。ま

た、2015年6月までの平均値に関する増加の度合いであるが、まちまちである。約定数の増加率は低い。一方、特定時間内の変更・取消件数および流動性需要・供給間における特定時間差の件数に関する平均値は大幅に増加している。IOC注文数も同様である。ただし、これは東京証券取引所がIOC注文のサービスを2011年1月24日から開始したことに理由を求められる。

いずれの項目においても平均値と中央値の差

は拡大、変動係数は増大している。これは、それら項目について膨大な件数を記録するように行動する少数の仮想サーバが新たに存在し始めたからであると推察される。

取引戦略の変化を認識するために様々な指標へと移る(図表4, 5)。こちら、2015年6月分の平均値、大きい項目が多い。唯一注文執行比率のみ、2011年1月分が明らかに大きいだけである。2015年6月分の変更・取消注文比率は急増している。これは、マーケット・メーク的な戦略を用いる発注者が増加したためであるのかもしれない。指定時間内での変更・取消注文比率および流動性需要注文比率の平均値の増加も目を引く。特に、10ミリ秒以内でのそれは著しい。東京証券取引所のシステムの改良と発注者のそれへの対応によるものであろう。

以上から、2015年6月時点における発注者および取引戦略は、2011年1月と比較すると大きく変化している可能性があると言える。

## 6. レコード数上位の仮想サーバの傾向

もう少し明確な発注者のイメージを掴むために、仮想サーバの個別データに踏み込む(図表6)。2015年6月の第1分位と第4分位のレコード数で上位10位までに入っている仮想サーバの指標を眺めると様々なことがわかる。なお、第1分位では上位10位までで全レコード数の10.294%、第4分位で13.896%を占めている。

第1分位においては、上位4件と下位5件、最下位1件で大きく取引戦略が異なることがわかる。上位4件は、いずれもIOC注文のみで発注を行い、10ミリ秒以内の流動性需要注文比率が40%台前半となっており大変高速である。下位5件は、流動性供給比率が高い一方、変

更・取消注文比率が低い。また、第1分位全体と比較して10ミリ秒以内の変更・取消注文比率が低く、100ミリ秒以内のそれは高い。これらが、マーケット・メーク戦略を採用しているかについて今1つ釈然としない。最下位の1件はイメージ通りのそれである。変更・取消注文比率および流動性供給比率が高いことがその裏づけである。

第4分位においては、表面的に上位4件と下位6件に分類出来るように思われるが、同一の取引戦略を異なった注文方法で行っている可能性も否定できない。上位4件は、高速であるという特長を利用したなんらかの取引戦略であろう。下位6件についても上位4件以上に高速であり、流動性供給比率が低い。これは、IOC注文を利用せずに指値注文と取消注文の組み合わせで対応しているためかもしれない。なお、流動性が最も低い第4分位で流動性を消費する仮想サーバが上位を占めたことは興味深い。あらためて、間接的なマーケット・メークの可能性を考えたいところである。

## おわりに

以上から、頻繁に取引を行う発注者の特徴の一端がつかめたように思われる。ただし、それを示す指標は様々であり未だ絞り切れていないのが現状である。今後はそれら指標の相関性等を考慮した上で高頻度取引業者を割り出すための特別な指標を作成するつもりである。さらには、それを利用して高頻度取引業者の特定化を行った後に、彼らが株式市場に対して与える影響を推察したい。

ただし、今回の実証研究についても課題が多く残っているのも確かである。最初に挙げられ

図表6 各分位レコード数上位10位までの仮想サーバの様々な比率

## 第1分位

全体での順位	注文執行比率 (%)	変更・取消注文比率 (%)	IOC注文比率 (%)	流動性供給注文比率 (%)	変更・取消注文比率 (%)		流動性需要注文比率 (%)	
					10ミリ秒以内	100ミリ秒以内	10ミリ秒以内	100ミリ秒以内
1	1.125	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	42.690	59.798
2	1.190	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	43.267	59.306
3	1.151	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	43.421	59.936
4	1.141	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	42.804	60.050
5	2.528	95.363	0.002	93.845	4.308	23.473	0.831	3.038
6	2.513	95.514	0.000	93.375	4.400	23.523	0.725	3.256
7	2.485	95.635	0.001	93.390	4.249	23.536	0.800	3.183
8	2.565	95.571	0.002	93.997	4.334	23.293	0.697	2.661
9	2.479	96.553	0.001	93.456	4.280	23.251	0.902	3.182
10	1.238	3127.874	0.000	88.395	7.615	24.025	2.540	8.466

## 第4分位

全体での順位	注文執行比率 (%)	変更・取消注文比率 (%)	IOC注文比率 (%)	流動性供給注文比率 (%)	変更・取消注文比率 (%)		流動性需要注文比率 (%)	
					10ミリ秒以内	100ミリ秒以内	10ミリ秒以内	100ミリ秒以内
2	2.248	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	54.230	57.402
1	2.135	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	50.558	53.270
3	2.055	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	56.176	58.037
4	2.112	0.000	100.000	0.000	N/A	N/A	53.846	58.242
18	0.735	97.202	1.201	26.667	9.205	15.682	55.556	56.667
22	0.715	97.299	1.273	28.736	8.094	14.572	48.276	49.425
20	0.708	97.299	1.267	18.605	8.900	15.730	51.163	53.488
21	0.716	97.101	1.375	12.644	8.838	14.994	59.770	62.069
23	0.713	97.392	1.367	15.116	8.525	15.186	55.814	60.465
19	0.740	97.025	1.305	21.348	8.739	15.281	55.056	55.056

〔出所〕 筆者作成

るのは、様々な指標を件数ベースだけでなく金額ベースで作成することである。特に、流動性供給注文比率においては重要である。また、指標の計算式自体にも再考すべき点があるだろう。例えば、IOC注文比率であるが、新規注文の内訳としてのIOC注文の割合を計算すべきである。

## 注

- 1) 発注者の取引注文を取り扱う証券会社には守秘義務がある。
- 2) 注文件数に対する約定件数の割合。

- 3) 注文件数に対する注文取消件数の割合。
- 4) 時価総額で上位40銘柄。
- 5) 時価総額で下位40銘柄。
- 6) 記述は無いが、差違の絶対値を対数化し、あらためて当初の符号を付けていると思われる。
- 7) 1.25となる詳細な理由の記述は無い。
- 8) 1からその日の保有ポジションの持越し額/売買代金を差し引いたもの。
- 9) 「Immediate or Cancel Order」の略。指定した株価かそれよりも有利な株価で、即時に一部あるいは全部を約定させ、成立しなかった注文数量を失効させる条件付注文。
- 10) 立会時間中において指値注文となっているものの、引け時点で約定していなければ引け条件付き成行注文となるもの。
- 11) 東京証券取引所または大阪取引所での有価証券の売買または市場デリバティブ取引を直接行うことができる、金

融商品取引業者（証券会社）、取引所取引許可業者および登録金融機関（銀行等）のこと。取引参加者となるためには、取引資格の取得の申請を行い、承認を受ける必要がある。

- 12) 全レコード件数に対する約定注文数の割合。
- 13) 新規注文件数に対する変更注文件数+取消注文件数の割合。
- 14) 総レコード数に対するIOC注文数の割合。
- 15) 約定注文数に対する流動性供給注文数の割合。
- 16) 約定注文数に対する流動性需要注文数の割合。
- 17) 同一の注文識別番号を持つレコードで前回の新規または変更注文に対して今回の変更または取消注文の発注が10マイクロ秒以内だったものに対する変更注文数+取消注文数の割合。
- 18) 流動性を需要する注文の約定とそれに対当した注文との時間差が10ミリ秒以内だったものに対する約定注文数の割合。
- 19) 具体的な銘柄であるが、2011年1月と2015年6月を対象とした1日平均売買代金順にトヨタ、第一生命、富士重、日東電、住友友化、シャープ、電通、日電硝、関西電、マキタ、豊田織、アイフル、洋ゴム、荏原、東急、昭和シェル、ニッパツ、ボルテージ、HIS、フジクラ、ユニチカ、USS、カプコン、KYB、青山商、豊田合、コスモ石油、アダストリア、堀場製、リンテック、東応化、兼松、相鉄HD、TASAKI、GMO-PG、メガチップス、ドトル日レス、吉野家HD、OBARAG、島精機、津田駒、奥村組、ツカモト、アサヒHD、伊藤ハ、ティーガイア、アークス、ニッコンHD、琉球銀、ホクト、リズム、トランスコス、エスエムエス、ルック、セーレン、文化シヤタ、千代田インテ、岩崎電、コーセル、東エレデバ、沖縄銀、あすか葉、藤森工業、若築建、東京エネシス、岩崎通、日東工器、TOA、中山鋼、ホソミクロン、日精線、古河池、四国銀、ミルボン、西華産、ミヨシ、大和小田急建設、LINK&M、リケンテクノ、日産東HD、長野銀、ネクシーズ、三菱総研、理計器、フェイス、東リ、トナミHD、朝日ネット、ソフバンテック、新家工、アドヴァン、モロゾフ、ソフトブレン、小松

精、小野測器、白洋舎、高千穂交易、TYK、ジャパンフズ、東天紅となっている。

## 参 考 文 献

- 保坂豪 [2014],「東京証券取引所における High-Frequency Trading の分析」『証券アナリストジャーナル』, 公益社団法人日本証券アナリスト協会, 6月。
- Australian Securities & Investments Commission [2013], "Report 331: Dark liquidity and high-frequency trading", March.
- Brogaard, Jonathan, Terrence Hendershott, Ryan Riordan [2014], "High-Frequency Trading and Price Discovery", *The Review of Financial Studies*, Vol.27, pp.2267-2306.
- European Securities and Markets Authority Commission [2014], "High-frequency trading activity in EU equity markets", *Economic Report*, March.
- Investment Industry Regulatory Organization of Canada [2012], "The HOT Study-Phases I and II of IIROC's Study of High Frequency Trading Activity on Canadian Equity Marketplaces Trading Review", December.