

指値注文の執行確率

2000年6月7日

2000年4月6日

2000年3月27日

1999年11月24日

宇野淳*・大村敬一**・谷川寧彦***

本稿の内容に関するコメントを頂戴できれば幸いです。(juno@optimark.co.jp)

* 日本オプティマーク・システムズ兼日経 QUICK 情報

** 早稲田大学商学部

*** 大阪大学大学院経済学研究科

要旨

東京証券取引所の売買メカニズムは、指値注文ブックにプールされた注文に対して成行注文がマッチングされる純粋なオーダーリブ市場である。東証での価格形成を明らかにするうえで、指値注文のフローとブック、指値注文と成行注文のそれぞれの間にあるダイナミックな関係を理解することは極めて重要である。合理的なトレーダーは、指値注文と成行注文のいずれによって発注するかを決める際に、指値注文の執行確率を考慮して行動するものと考えられる。したがって、執行確率がどのような要因によって決定されるかは、市場参加者にとってきわめて重要な関心事項であるに違いない。本研究では、まず、東証のティックデータから一定のルールに従って成行注文と指値注文の注文フローデータを作成し、指値注文の執行確率を推計した。さらに、執行確率の決定要因について実証分析を行った。

実証分析の結果から、指値注文の執行確率は、注文と同サイドのブックの残高が厚いほど執行の不確実性が高まるが、反対サイドのブックが厚いと執行確率が上昇することが確認された。これは、市場参加者が指値注文の執行確率を勘案しながら執行戦略を決定していることを示唆する。また、スプレッドが執行確率に与える効果は呼び値の株価水準に対するベースの大きさによって異なり、ベースが大きい株価帯ではスプレッドが拡大すると執行確率が大幅に低下するという関係がある。わが国の証券取引所では、株価水準により異なる呼び値を定めており、これがブック残高やスプレッドの形成に影響し、執行確率の決定要因を複雑化させている。

目 次

1 はじめに	3 指値注文の執行確率
1.1 問題意識	3.1 執行確率の計算
1.2 先行研究	3.2 執行確率の時間帯パターン
2 指値注文フロー	3.3 トレンド等の調整
2.1 東証の売買システム	4 執行確率の決定要因
2.2 注文フローデータセットの構築	4.1 スプレッド
2.3 注文フローの出来高別特性	4.2 株価水準
2.4 注文フローのイントラデーパターン	4.3 プロビットモデルの推定
	5 まとめと課題

第1節 はじめに

1.1 問題意識

わが国の株式市場の売買システムは、純粋なオーダードリブン市場であり、マーケットメーカーが気配を提示して参加者からの注文を誘導するのではなく、新しい買い(売り)注文が出され、それが待機する売り(買い)指値注文とマッチングしたときに約定が成立する。東京証券取引所(以下、「東証」という)では、マーケットメーカーによる気配の提示の代わりに、最良価格をもつ指値注文によってビッド・アスク(これを最良気配と呼ぶ)が形成される。従来のマーケットマイクロストラクチャー研究では、マーケットメーカーの存在を前提としてトレーダーの売買行動と価格形成に焦点を当てたものが中心であったが、東証のような純粋なオーダードリブン市場での価格形成メカニズムを理解するには、ブックを構成する指値注文のストックを所与として、新たに出される指値注文や成行注文との間にあるダイナミックな関係を解明することが極めて重要である。

オーダードリブン市場で新たに注文を出す者にとって、市場の流動性は参加者からすでに出された指値注文のみであり、マーケットメーカーが裁量によって流動性を追加することは期待できない¹。そこで、オーダードリブン市場での価格形成に注目する研究では、これまで、指値注文者をマーケットメーカーに代わる流動性供給者として単純に置き換えるだけでクォートドリブン市場との違いを理解しようという姿勢が見られた。しかし、実際の市場では、同一のトレーダーでもブックにある指値注文の状況や新たに出される注文フローに関する期待によって、成行注文と指値注文による発注を戦略的に使い分けている。市場には、何らかの理由によって、あらかじめ成行注文を使うのか、あるいは指値注文を使うのかを決めて参加する者もあるが、一般には、ブックの状況や注文フローの期待に基づいて最適な発注方法を選択したいと考えているに違いない。オーダードリブン市場での価格形成メカニズムを解明するためには、市場参加者の合理的な発注行動を考慮する必要がある。

指値注文が執行される可能性、すなわち、執行確率は、成行注文と指値注文を戦略的に使い分けるトレーダーにとって極めて重要である。指値注文が未執行となるのは、残された取引時間内に市場に流入した成行注文量が、時間的に優先する指値注文量に比べて不十分なため執行の順番が回ってこないときである。つまり、これはブックにあるストック(「デプス」という)と成行注文フローの相対的な関係に依存する。また、最良気配が変化し、自分の指値注文の価格優先度が低下してしまうこともある。これはスプレッドが広いときや株価が自分の指値とは反対方向に動き出したときに生じる。また、反対サイドの指値と同じ価格の指値注文をぶつけるような指値戦略によっても生じる。こうした指値価格の陳腐化は、執行確率を低下させる要因となる。いずれの場合も、トレーダーがその日のうちに売買を完了することを目標にしているとすれば、悪化した条件で成行注文に変更して執

¹ 特別なケースとして、売り買い注文の不均衡が激しいときなどには、東証では特別気配を出し、追加の流動性供給を求められることができる。

行することになるので、執行確率を正確に推計することは取引コストを直接左右することとなるであろう。このように、オーダードリブン市場では、指値注文の執行確率は、トレーダーの注文選択行動を説明する重要な変数であると同時に、オーダードリブン市場での流動性供給に大きな影響を与える要因といえる。

1.2 先行研究

指値注文に関する理論的な研究は、最近まで、スペシャリストやマーケットメーカーと指値注文の関係を扱ったものが多かった²。これは米国の市場制度が抱えている問題を反映したものといえる³。本稿の関心に最も近い理論的研究としては Parlour[1998]がある。これは、トレーダーの発注行動に関するダイナミズムを明示的に考慮した理論的な研究であり、トレーダーの指値注文と成行注文の合理的選択に関する研究である⁴。Parlour[1998]は、情報の非対称性がない状況を想定し、トレーダーが成行注文と指値注文の選択を決定する際に、ブックのデプスを考慮して最適な発注戦略を採るという理論モデルを提示し、これが注文フローのパターン形成と結びついていることを明らかにした。

また、指値注文の執行確率そのものに注目した実証的研究についてもまだ蓄積が少ない。東証と同様の指値注文市場であるパリ証券取引所を分析した Biais/Hillion/Spatt[1995]やニューヨーク証券取引所（以下、「NYSE」という）への発注データを分析した Harris/Hasbrouck[1996]が代表的な研究で、ほかに指値注文が執行されるまでの所要時間の計測を行った Lo/MacKinlay/Zhang [1997] 等が知られている程度である。

Biais/Hillion/Spatt[1995]は、パリ証券取引所のデータからトレーダーの行動がブックの状態や直前の発注・約定に影響される傾向をもつことを明らかにした。これは、市場参加者が入ってくる注文を常時モニターしながら、相互に敏感に反応し合うダイナミズムが存在することを意味している。

Harris/Hasbrouck[1996]は、NYSE のスーパーDOT 経由で実際に発注されたデータを使った実証研究である。彼らは、指値注文の執行確率に影響を与える要因として、指値注文の株数、価格の選択、スプレッドの大きさを挙げ、各要因別に執行確率を計測し、最良気配で出した指値注文の執行確率が最も高くなることを報告している。しかし、この研究では、指値注文を出したときのブックのデプスと執行確率の違いについては調査しておらず、Super-DOT 経由の発注しか対象にしていない。

本研究は、指値注文の執行確率を計測したという点で Harris/Hasbrouck[1996]と共通点

² Berkman[1995]、Seppi [1997]、Harris [1998]、Kavajecz[1999]等がある。

³ たとえば、NASDAQ のマーケットメーカーの気配揭示行動に関する談合に対して、SEC は一般投資家からの指値注文とマーケットメーカーの気配を競争的關係に置くような市場改革を実施した。

⁴ 成行注文と指値注文の選択を扱った理論研究には、Chakavarty and Holden [1995]、Biais, Foucault, and Salanie[1998]、Handa, Schwartz, and Tiwari[1998] などがある。指値注文の板を公開して構成した「市場」の安定性を研究した理論研究に、Glosten [1994]がある。宇野・大村[1999]を参照されたい。

をもっているが、純粋な指値注文市場である東証のティックデータから市場参加者の発注行動を再現し、最良気配に関わるすべての注文フローとブックや市場制度との相互依存関係に焦点をあてた点に特徴がある。東証でのマッチングではマーケットメーカーなどの介在がないため、約定記録から発注行動を高い精度で再現できる。トレーダーの発注行動と注文フローの間にあるダイナミックな関係を明らかにするうえで、東証の売買システムはもっとも理想に近い実証データを取得できる条件を備えているといえよう。

以下、第2節では、まず、成行注文と指値注文が執行される条件を東証の売買ルールを前提に整理した上で、注文フローデータの作成方法を議論し、イントラデーパターンを見る。第3節は執行確率の推計方法とその特徴について述べる。さらに、第4節では、執行確率の決定要因をプロビットモデルによって検証する。最後に、まとめと今後の課題を述べる。

第2節 指値注文フロー

欧米の市場を対象とした執行確率に関する過去の研究には、特定の機関投資家の発注データを使ったもの⁵と、マーケットデータを使った研究がある。後者には、仮想の指値注文が当日中に執行されたかどうかをシミュレーションで計算したのものもある⁶が、本稿のアプローチは、実際に市場参加者が出した指値注文や成行注文のデータを売買記録から一定のルールによって売買注文フローデータセットを構築し、市場参加者の発注行動を分析しているところに特徴がある。本節では、成行注文と指値注文が執行される条件を東証の売買ルールを前提に整理した上で、データの作成方法を説明し、作成されたデータから注文フローの特徴を概観する。

2.1 東証の売買システム

東証の売買システムは、取引の開始時と終了時における「板寄せ」と呼ばれるバッチ型コールオークションと、その間におけるザラバと呼ばれる連続オークションによって、売り買い注文のマッチングが行なわれる。本稿の関心は、連続オークション取引下において指値注文が執行される確率を推計し、その決定要因を明らかにすることにある。

東証では、ブック上に待機している直近の指値注文をベースに新たに入ってくる指値注文と成行注文との間で、価格優先、時間優先の原則に従って競争的にマッチングされる。個別の注文ごとに競争的にマッチングされるため、気配と約定の記録(ティックデータ)から一定のルールで注文フローデータを再構成することによって市場参加者の発注行動を再現することが可能である。ディーラーシステムでは気配に現れない指値注文をマーケットメーカーやスペシャリストが預かるため、一部の注文がインプリシットのままになることが

⁵ 例えば、Edwards and Wagner[1999]など。

⁶ 例えば、Bertsimas and Lo[1998]など。

あるが、東証の純粹オークションシステムではそのような複雑さはほとんど存在しないため、高い精度で発注行動を再現することができる。

成行注文は、ブックに指値注文が待機している限り直ちに執行が可能であり、最良気配で執行される。また、反対サイドの最良気配と同じ価格で指値注文を入れることもできる。この場合は、価格条件が一致する反対注文があるため即時執行される。本稿では、このような指値注文を成行注文と区別せずに成行注文のなかに含めて扱うことにする⁷。成行注文が最良気配で執行可能な最大数量はブックの残高である。気配がないということは、ブックに待機している指値注文が皆無なため成行注文を入れても約定が成立しない状況であることを意味する。

一方、指値注文は、本稿では、その価格条件で直ちに執行されず、ブックに待機して反対サイドの成行注文で執行されるのを待機する注文を指す。売りまたは買いサイドの最良の条件のものを最良気配と呼び、その価格は売り気配または買い気配として市場参加者に伝達される。その際、当該価格帯で待機している指値注文の数量も一緒に公表される。最良気配は、価格優先順位がもっとも高い指値注文であるので、以後に入ってくる反対サイドの成行注文によって優先的に執行される。また、価格条件が同じ指値注文は、市場に出された時刻が早いものから優先的に執行される。現実の市場では、最良気配より劣る価格条件の指値注文もしばしば出される。こうした指値もブックに記帳されるが、最良気配以外の指値の待機量の情報は、会員証券会社のみ公開されている。こうした制約から、本研究では、最良気配となる指値注文のみを対象に執行確率を計測する。

2.2 注文フローデータセットの構築

東証のティックデータから指値注文と成行注文のフローデータを作成する。東証のマッチングシステムは、寄り付きに適用される板寄せ方式とその後の連続取引で適用されるザラバ方式がある。本研究は、注文フロー、ブック、約定の間にあるダイナミックな関係に中心的な関心を置いているため、すべての注文をプールしてオープニング価格を決定する板寄せの約定は分析対象から除外した。

東証のザラバでの約定は、ブックに待機する指値注文と新しく流入する成行注文との間で成立する⁸。したがって、約定価格を直前の気配価格と照合すれば、成行注文の売り買いを識別することが可能である。本稿では、以下の方法で指値注文と成行注文のデータを作成した。

任意の t 時点の約定価格を P_t 、約定株数を V_t 、アスクを Ask_t 、ビットを Bid_t で示すものとする。 $P_t = Ask_{t-1}$ であれば、その約定は買い成行注文で、注文株数が V_t であったと判

⁷ 指値注文をこのように定義する意義は、執行の即時性よりも価格向上を重視する執行戦略を指値注文とし、直ちに執行可能な価格で出される指値注文と区別することである。即時性を重視する戦略としての特徴は成行注文と類似しているため、このような指値注文は、しばしば市場性のある指値注文 (marketable limit order) と呼ばれる。

⁸ 即時執行が可能な指値注文を出すことも可能である。2.1 節参照。

定する。一方、 $P_t = Bid_{t-1}$ であれば、売り成行注文であったと判定する。この方法による問題点は、もともとの成行注文の数量が V_t よりも大きかったかどうかについては判定できないことである。東証のマッチングルールによれば、アスクサイドのブックにある数量より大きい買い成行注文が市場に入ったとき、まず、最良気配であるアスクサイドのブック全体がマッチングされ、残りはアスクより劣る次善の価格で執行される。したがって、約定データ上は、アスクサイドのブックをすべて消化するような約定が記録され、次の価格での約定が連続する。しかし、記録上は、2人の投資家がほぼ同時にアスクと丁度同量の成行注文を各々が出したときに生じる約定と区別がつかない。本稿の目的は、指値注文の執行確率を推計し発注行動を分析することにあるので、この制約が計測結果に与える影響は少ないが、成行注文件数は本来の発注件数よりも過大にカウントされる可能性がある。

指値注文データについては、気配、約定株数およびブックのデータの時系列変化から新しい指値注文の流入とキャンセルのデータを作成する。まず、売り(買い)指値注文フローは、 t 期と $t-1$ 期の気配価格 $Ask_t = Ask_{t-1}$ (または、 $Bid_t = Bid_{t-1}$)が成立していれば、次式から計算することができる。

$$ALmt_t^a = AskV_t^a - AskV_{t-1}^a + AMkt_{t-1} \quad (1)$$

$$BLmt_t^b = BidV_t^b - BidV_{t-1}^b + BMkt_{t-1} \quad (2)$$

ただし、 $ALmt_t^a$ 、 $AskV_t^a$ はそれぞれ $Ask_t = a$ のときの売り指値注文フロー、アスクサイドのブック残高を、 $AMkt_t$ は t 期における買い成行注文を表す。同様に、 $BLmt_t^b$ 、 $BidV_t^b$ はそれぞれ $Bid_t = b$ のときの買い指値注文フロー、ビッドサイドのブック残高、 $BMkt_t$ は t 期における売り成行注文を表す。(1)式は t 期と $t-1$ 期の間に生じたアスクサイドのブック残高の変化のうち、直前の約定によらない部分を売り指値注文フローとして計算している。指値の追加があればプラスの株数となり、キャンセルがあればマイナスの値をとる。(2)式は買い指値注文について計算している。

$Ask_t > Ask_{t-1}$ (または、 $Bid_t < Bid_{t-1}$)のときは、ブック残高の変化の内訳が不明のため指値注文フローは0とする。このケースは Ask_{t-1} (Bid_{t-1})にあった指値注文が買い(売り)成行注文ですべて執行されたときに生じる。この結果、次善の価格にあった指値注文が最良気配として新しく登場するが、通常、この残高はその前から待機していた注文であり、その時点で追加指値注文があったかどうかはわからない。本稿では、参加者の発注タイミングを重視しているので、指値注文フローのイベントには加えないことにした。

一方、 $Ask_t < Ask_{t-1}$ (または、 $Bid_t > Bid_{t-1}$)は、 $t-1$ 期の最良気配より優先する売り(買い)指値が市場に流入したことを意味するので、指値注文フローのイベントに加える。このケースではブックの残高すべてがその時点に入った指値注文と見なせる⁹。

⁹ 実際にこの注文が単一の注文であったのか、複数の注文かは判断できないが、執行確率を推計する目的からはその区別は重要ではない。

$$ALmt_i^a = AskV_i^a \quad (3)$$

$$BLmt_i^b = BidV_i^b \quad (4)$$

2.3 注文フローの出来高別特性

本稿では、日経 QUICK 情報のティックデータから東証 1 部上場から 50 銘柄を選択して計測を行っている。銘柄の選択基準は、まず、98 年 12 月の売買代金を基準に全体を 5 グループに分け、各グループから上位 10 銘柄を選択した。表 1 は作成された出来高規模別注文フローデータの基本統計量をまとめたものである。出来高の多いものから出来高グループ 1、出来高グループ 2、...出来高グループ 5 と呼ぶことにする。

表 1 から、注文形態の選択とブックのデプスとの間に一定の関係が見られる。売り指値注文を出したときのアスクサイドの平均デプスは、売り成行注文を出したときのアスクサイドの平均デプスと比べて相対的に薄い。同様に、買い指値注文を出したときのビッドサイドの平均デプスは、買い成行注文を出したときのビッドサイドの平均デプスに比べて相対的に薄い。このような関係は売り注文については出来高グループ 5 以外で、買い注文についてはすべての出来高グループで成立している。これより、同一サイドブックにあるデプスが相対的に薄いときには指値注文のほうを、相対的に厚いときには成行注文のほうを選好される傾向が見られる。これは、トレーダーが同一サイドのデプスが薄く(執行待ちが少なく)注文を入れたときの執行確率が高まるときには指値注文を選択し、同一サイドのデプスが厚く(執行待ちが多く)執行確率が低いときには成行注文を選択する可能性を示唆する。

2.4 注文フローのイントラデーパターン

表 2 は、成行注文、指値注文とブックのイントラデーパターンについて 1 日の取引時間を 15 分刻みに区切って見たものである。第一に、取引開始早々では指値注文のほうが多いが、取引終了にかけて成行注文のほうが多い。残り時間が少なくなり未執行に終わる可能性が高まるに従って、成行注文にシフトする傾向があるためではないかと思われる。第二に、ブックのデプスを見ると、前場、後場の開始直後においてアスクサイドとビッドサイドで開きが出るという特徴が見られる。第三に、発注件数の日中パターンは、出来高やボラティリティと同様の U 字型を示している。成行注文ではこのような特徴は出来高の大きいグループで顕著であるが、他のグループでも寄り付き後 30 分と引け際 30 分に取引が活発化する様子がうかがえる。成行注文の件数は、2 時 45 分からの 15 分間か 1 日のなかで最も高くなる。指値の発注件数のパターンも U 字型ではあるが、引け際にかけての増加は成行注文ほどではない。

第3節 指値注文の執行確率

3.1 執行確率の計算

2.2 節で説明したルールにより作成された指値注文が当日中に執行される確率を執行確率として測定する。執行されたかどうかの判定は、 t 期に指値注文フローがあったとき、これを加えた指値残高と、その株価で指値注文を執行できる $t+1$ 期以降 T 期（引け）までの成行注文の合計を比較し、累積成行注文量が指値残高と等しいか超えていれば執行されたものと見なす。すなわち、 t 期の売り指値注文残高を $ABook_t$ 、買い指値注文残高を $BBook_t$ 、買い成行注文を $AMkt_t$ 、売り成行注文合計を $BMkt_t$ とすると、 t 期の指値注文が取引終了時間 T 期まで執行される条件は、売り指値に対しては、

$$ABook_t \leq \sum_{s=t+1}^T AMkt_s \quad (5)$$

買い指値に対しては

$$BBook_t \leq \sum_{s=t+1}^T BMkt_s \quad (6)$$

と表される。なお、

$$ABook_t = ABook_{t-1} + ALmt_t \quad (7)$$

$$BBook_t = BBook_{t-1} + BLmt_t \quad (8)$$

である。

指値注文の執行をこのように定義することは、市場に新たに入った指値注文の最後の1株が執行されたことをもって執行されたと見なすことを意味する。未執行とする指値注文のなかには部分的に執行されたものが含まれるが¹⁰、ここでは完全に執行される場合のみを執行として扱う。

もうひとつの前提は、ここでの計測では、市場に出された指値注文が引けまでキャンセルされずにさらされることを前提にしていることである。実際の市場では指値注文はキャンセルできるので、指値価格が現在の取引価格から乖離した場合、投資家は先に出した指値をキャンセルし、新たな価格で指値注文を出し直すことができる。したがって、観測値のなかには投資家が指値注文戦略を修正して出し直した指値注文も含まれているものと予想される。しかし、発注理由についてはわからないため、すべての指値注文は独立に出されたものと見なしている。本稿の目的は、実際に市場に出された指値注文の執行確率を推計することにあるので、戦略の修正を余儀なくされたようなケースが含まれていることは、執行確率に影響する要因を推定するうえでむしろ好都合である。

執行されたかどうかの測定は、銘柄ごとに、(1)式から(4)式を使って作成されたすべての指値注文について、(5)式または(6)式により、執行されたか未執行に終わったかを判定し、その日発注された指値注文に対して執行された注文数の割合を執行確率とした。これを出来高グループごとに期間中で集計し、執行確率の平均値を計算した。表3(A)から、出来

¹⁰ 「部分執行 (partial fill)」、または「うち出来」とも呼ばれる。

高が少なくなるほど指値注文の執行確率が低下する傾向が見られる。

3.2 執行確率の時間帯パターン

執行確率に影響する要因のひとつとして指値注文を出した取引時間帯が考えられる。時間帯別の執行確率には、2つの要因が相互に作用する。まず、執行確率は、引けまでの取引可能時間(以下、「取引可能時間」という)に依存する。残されている時間が長いほど、待機する指値注文の執行に必要とする成行注文量が市場に入る可能性が高いので、執行確率は上昇するであろう。一方、取引可能時間はトレーダーの発注行動にも影響する。取引可能時間が十分にあるうちは、スプレッド分の執行コストを節約できる指値注文を選択する可能性が高いが、終了までの時間がなくなってくると、当日中に執行を完了することを優先して成行注文のほうを選好すると考えられる。これは、約定できなかったときのペナルティが、指値で約定することにより期待されるスプレッド分のコスト節約を上回ると期待されるからといえよう。注文の執行を翌日廻しにすることになった場合、オーバーナイトの価格変動リスクにさらされることになるので、しばしば、未執行リスクはスプレッドよりも大きくなる可能性があると思われる。指値注文件数が前場の開始時点における方が多いのは、こうした理由によるともいえる。後場の引け際には、翌日の株価の見通しとの相対的な比較から成行注文を選択する可能性が高まるので、これは取引可能時間が少なくなっただけからのブック上の指値注文の執行確率を上昇させる効果がある。この2要因のどちらが強いかは、実証的な検証課題である。

図1は、出来高グループ1について、指値注文を15分刻みで集計した上で計算された執行確率を示している。執行確率は、売り買いともオープニングから9時30分にかけてやや上昇し、その後は80%前後で推移する。前場の引け(以下「前引け」という)が近づくと少し低下傾向が見られる¹¹。後場開始後には、再び前場と変わらない高水準の執行確率に戻るが、2時30分以降では注文フローが活発化するにもかかわらず執行確率は著しく低下する。2時30分から2時45分では60%台、2時45分以降は40%台である。これは、指値注文の平均的な執行確率を期待できる限界は、取引可能時間が30分までであることを示唆している。

3.3 トレンド等の調整

我々の関心は、指値注文の執行がブックの状態やスプレッドの大きさによってどの程度影響されるかを見ることにある。表3の結果は、表2で見たとおり、期間中の注文フローは売り成行注文が多かったことが影響していると思われる。相場が上昇あるいは下降いずれかの単調局面にある場合には、価格水準が次々と更新されていくので、先に出した指値

¹¹ 前場に執行されなかった指値注文が、後場寄り付きで執行された可能性があるが、本稿では寄り付きの約定は考慮していないため、このことが前引けに近いところで出された指値注文の執行確率に影響している可能性がある。

価格の陳腐化が速まる。そこで、観測データから当日の取引時間中の価格変動が一定率以上の日のデータを除外することにより、このバイアスを調整して執行確率を計測する。具体的には、始値から終値の価格変化率が1%以内の日のみ観測対象とした。1%は、投資家が売り買い往復に支払う平均的な取引コスト(スプレッドと手数料)から妥当な範囲であると考えられる。

また、取引可能時間が30分以下になると、急速に執行確率が低下するという前節(図1参照)の結果も考慮して、2時30分以降に出された指値注文も除いたうえで、執行確率を再計算した(表3(B)参照)。これによって、執行確率は売り買いとも上昇している。価格変動がある場合に、指値価格が陳腐化する影響は売り買い両方に影響していたことがわかる。価格変動が安定していた日のデータのみによる推計では、出来高グループ1銘柄の執行確率は売り82.0%、買い84.3%と、売りの執行確率が向上して買いとほぼ同水準になった。ただし、他の出来高グループでは引き続き、買いの執行確率が高い傾向が残っている。以下の分析では、トレンドと取引時間効果について調整済みのサンプルデータを使用する。

第4節 執行確率の決定要因

本節では、指値注文の執行確率が出来高グループや時間帯により異なるという前節の観測結果を受けて、執行確率に影響を与える要因について明らかにする。

執行確率に関係する第1の要因は、すでに見たようにブックのデプスであり、さらに、ブックの消化という面から、成行注文のフローが第2の要因となるであろう。しかし、こうした主要な要因以外に、スプレッド、株価水準なども重要な影響を与えている可能性がある。本節では、まず、スプレッドと株価水準が執行確率に与える効果を見たいので、これらの要因を説明変数とする執行確率に関するプロビットモデルを推定し、仮説検定を行う。

4.1 スプレッドの影響

指値注文の執行確率はスプレッドの大きさから影響を受けるであろう。スプレッドが開いているということは、現在の最良気配よりも価格優先順位の高い指値注文が入る余地があることを意味するので、スプレッドが大きければ大きいほど、既存の指値注文の優先順位が侵される可能性が高くなる。

ある銘柄を買う意思をもったトレーダーを想定してみよう。スプレッドが1ティックの市場では、トレーダーは執行条件として、まず、最良気配となっているアスクとビッドのどちらかを選択するかを検討するであろう。スプレッドが2ティックの市場では、トレーダーは最良気配となっているアスク、ビッド以外に第3の選択肢として、スプレッド内の価格に指値注文を入れることもできる。これにより、現在のビッド価格で指値注文を入れて、執行の順番が来るのを待つのではなく、価格的に優先する順位を獲得できる。待ち行列の先頭にも立てるので、当然、執行の可能性も高くなるであろう。成行注文によりアスクで執行するのに比べると、1ティック分執行コストを節約できるという効果もある。こ

のように2ティックの спреッドがあるときには、最良気配に一致する指値注文を入れることは、時間優先における順番待ち以外に、その価格が最良気配でなくなるという割り込みのリスクにさらされていることになる。さらに、spreッドが3ティック以上あると、このリスクはさらに大きくなる。なぜなら、次に来るトレーダーはspreッド内の価格を選択できるので、期待している執行コストで約定可能な機会を容易に見つけられる可能性が高いからである。最良気配を更新するような指値を出すインセンティブが2ティックのときより高まるので、先行して最良気配に出した指値注文は、より大きな割り込みリスクにさらされているといえよう。したがって、spreッドが広い状態に出された指値注文ほど、執行確率が低下することが予想される。

表4はspreッド別に見た執行確率である。これによると、spreッドが広がると執行確率が低下するという関係はかならずしも見られない。この原因としては、指値注文が価格の切りがよい5円や10円刻みのところに集まりやすいなど、指値ブック上のデプスが均一でない影響が反映している可能性がある。また、投資家や証券会社は呼び値単位で見たspreッドではなく、株価に対するベースポイントでspreッドの大きさを判断していることが考えられる。この点については4.2節で検討する。

こうした制度に関係した要因以外に、証券会社の自己部門が顧客注文を自己注文とのクロスで執行する手法と関連しているかもしれない。たとえば、機関投資家からの売り注文を自己部門で受けた証券会社が取引所で執行する際に、希望の価格にすでに注文が入っている場合にはこの先行注文を自己勘定で執行し、その後に顧客の注文を指値で入れ、自己部門の成行注文で応じるというプロセスを経る。このような執行方法が実施されれば、ある程度spreッドが広がったときにむしろ新規指値注文が執行される確率が高くなる可能性がある。しかし、これが真の要因であるかどうかを直接検証する方法はない。

4.2 株価水準の影響

執行確率は株価水準にも影響されると考えられる。これには、呼び値(ティック)のベースが株価が高くなるにしたがって小さくなることと、呼び値単位が株価帯により変更されることの2通りの可能性がある¹²。ここで、呼び値のベースを次のように定義しておく。

$$\text{呼び値のベース} = \text{呼び値単位} / \text{株価}$$

呼び値のベースは、株価水準によって大きく異なる。たとえば、株価が1000円の銘柄では1ティックのspreッドは10ベースポイント(以下「BP」という)を意味するが、1500円の銘柄では約6BPである。これが2000円になると、呼び値が5円刻みになるため、25BPに上昇し、3000円では33BPに値する。こうした1ティックの株価に対するベースの違いは、ブックのデプスにも関連している。また、指値を1ティック動かしたときに、執行

¹² 呼び値単位は、株価が2000円までは1円刻み、2000円以上3000円未満は5円刻み、3000円以上3万円未満は10円、3万円以上10万円未満は50円、10万円以上100万円未満は100円、100万円以上1000万円未満は1000円と定められている。

コストがどれだけ変化するかも違ってくるため、トレーダーの執行行動に影響を与えるものと予想される。

呼び値のベースが高い価格帯では、出来高が同程度であればスプレッドは小さくなり、ブックが厚くなる。一方、呼び値のベースが小さい株価帯では、呼び値単位の板は薄くなるが、スプレッドは2ティック以上に広がりやすい傾向がある。

表5は、呼び値のベースが株価の上昇と共に変化することを考慮して、500円未満(株価帯1)、500~1000円(株価帯2)、1000円~1500円(株価帯3)、1500~2000円(株価帯4)、2000~3000円(株価帯5)、3000~30000円(株価帯6)、100万~1000万円(株価帯7)の7つの株価帯に区切って執行確率を示している。株価帯別の執行確率を見ると、出来高グループ1銘柄の売り指値で、1000円台前半(株価帯3)で執行率83.1%、株価3000円以上の株価帯6で同84.4%と高いが、呼び値のベースが小さい1500~2000円の株価帯4では執行率が74.4%ともっとも低くなっている。買い指値でも同様の結果である。ただ、他の出来高グループでは、株価水準と執行確率の間にあまりはっきりした関係は見出せなかった。これは、同じ株価水準であってもスプレッドは絶えず変化しているためであり、両方の関係を同時に考慮した分析が必要と思われる。

4.3 プロビットモデルの推定

これまで、個別に検討してきた執行確率に影響する要因を説明変数としてプロビットモデルを推定し、執行確率との関係に関する以下の仮説を検証する。

仮説

- (1) 売り(買い)指値注文の執行確率は、アスク(ビッド)のブックが厚いと低下する。
- (2) アスク(ビッド)のブックが厚いと、買い(売り)指値注文の執行確率が上昇する。
- (3) スプレッドが広いと最良気配の指値の執行確率は低下する。
- (4) 取引可能時間が長いほど、指値注文の執行確率は高くなる。

仮説(1)と(2)は Parlour[1998]が示唆した関係である。仮説(2)は参加者が成行注文と指値注文を選択的に使い分ける行動を採ることを前提にしている。アスク(ビッド)のブックが厚いと、売り手(買い手)は指値を選択しても未執行に終わる可能性が高いと判断して、成行注文を選択する傾向が高まるので、反対サイドの指値注文の執行確率が高まる。執行確率は同じサイドのブックからだけではなく、反対サイドからも影響を受ける。

一般に、スプレッドが広ければ価格優先順位の高い指値注文が後から割り込む余地が大きくなるので、執行確率は低下する。また、取引可能時間が長くなると、将来市場に流入する成行注文が増加すると期待されるので、取引時間が長いほど執行確率は上昇する。

また、市場参加者の行動は株価帯によって影響を受けるであろう。市場参加者は、たとえば指値によって20BP(0.2%)の価格ゲインが期待されなければ、即時性のほうを優先して成行注文を入れるものとする。これは指値か成行かを決める分岐点としてベース単

位で判断していることを意味する。ここで、指値が将来執行される確率は、本来の株価という意味で、ビッドとアスクの仲値から離れた値に指値をすればするほど下がっていくと仮定すれば、2000円などの1ティックのベースが高い株価帯では、呼び値単位では最小ティックに指値を入れる。これは、より大きな価格ゲインを得ようとして、2ティックも離すと、その価格ゲイン以上に執行確率の低下が大きく、期待価格ゲインがかえって下がるためである。一方、低い株価帯では、呼び値単位では数単位離れたティックに指値を入れても執行確率の低下が小さいので、所与の期待価格ゲイン20BPを得るためには数ティック外れたところに指値を入れなければならない。このような行動が市場参加者にとって合理的であると考えられる。

このような参加者の行動の違いは、プロビットモデルの推定で、説明変数に対する反応係数が、株価帯によって異なって現れることが期待される。そこで、次の仮説を追加する。

- (5) 呼び値のベースが高い株価帯では、ブックが厚いため、ブックの水準から執行確率が受ける反応係数が他の株価帯よりも大きい。
- (6) 呼び値のベースが高い株価帯では、スプレッドが1ティック広がると執行確率が大幅に低下する（反応係数は負で、絶対値は大きい）。一方、呼び値のベースが小さい株価帯では、スプレッドが1ティック拡大しても、執行確率が低下する程度は小さい（反応係数は負だが、絶対値が小さい）。

上記の仮説を検証するために、次式のプロビットモデルを株価帯ごとに推定する。

$$AExecFlag_t = a_0 + a_1 ABook_t + a_2 BBook_t + a_3 ALmt_t + a_4 Tspread + a_5 TTC_t + \varepsilon_A \quad \dots(9)$$

$$BExecFlag_t = b_0 + b_1 ABook_t + b_2 BBook_t + b_3 BLmt_t + b_4 Tspread + b_5 TTC_t + \varepsilon_B \quad \dots(10)$$

被説明変数：

AExecFlag：売り指値が当日中に執行された場合は1、執行されなかった場合は0をとる。

BExecFlag：買い指値が当日中に執行された場合は1、執行されなかった場合は0をとる。

説明変数：

ABook：指値注文追加時におけるアスクサイドの板の数量、各15分間の平均値に対する比で表示。

BBook：指値注文追加時におけるビッドサイドの板の数量、各15分間の平均値に対する比で表示。

ALmt：追加された売り指値注文の追加後のブックに占める割合。

BLmt：追加された買い指値注文の追加後のブックに占める割合。

Tspread：追加された時点のスプレッドの大きさ。単位はティック(呼び値)数。

TTC：クローズまでの取引可能時間で、20 - *t* で計算。9時～9時15分の *t* を1とし、以下15分ごとの刻みで、10時45分～11時が *t* = 8、12時30分～12時45分は *t* = 11、2時45分～3時が *t* = 20。

符号条件は、仮説(1)から a_1 、 b_2 、 a_3 、 $b_3 < 0$ 、仮説(2)から a_2 、 $b_1 > 0$ 、仮説(3)か

ら a_4 、 $b_4 < 0$ 、仮説(4)から a_5 、 $b_5 > 0$ となる。さらに、仮説(5)から呼び値ベースが高い株価帯では、 a_2 、 b_1 は他の株価帯に比べて大きくなる。同様に、仮説(6)から呼び値ベースが大きい株価帯では b_4 の係数が他に比べて大きくなる。なお、スプレッド変数について、ベース単位でなく、呼び値単位の変数を使うのは、最良気配の内側に取引可能な価格があるかないかの区別が、執行確率の変動に重大な影響を与えるからである。

また、東証の呼び値制度との関係で株価帯によりブック残高やスプレッドが不連続になる影響を考慮するため、観測値を 4.2 節と同様に 7 つの株価帯に分けて推定する。7 つの株価帯すべてに観測値があるのは、出来高グループ 1 の銘柄のみであるため、本節の推定は出来高グループ 1 を使って行う。最初の 3 つの株価帯は、呼び値が 1 円刻みで共通なので、1 ティックの株価に対する率は株価の上昇に伴って低下する。呼び値は 2000 円から 5 円刻み、3000 円からは 10 円刻み、100 万円からは 1000 円に変更されるため、呼び値のベースは不連続に変化する。

プロビットモデルの推定結果は表 6 のとおりである。

仮説(1)に関しては、すべての株価帯で a_1 、 $b_2 < 0$ となっており、係数の有意水準も高い。ブックが厚いときは執行率が低下するという仮説と整合的な関係を示唆している。一方、指値注文の相対サイズに関して、 a_3 、 $b_3 < 0$ という関係が見られるのは、1500~2000 円の株価帯に限られている。その他の株価帯では、仮説とは反対にプラスの係数が得られた株価帯が多い。すなわち、指値の相対サイズが大きいほど、執行確率が高いという関係が示唆されている。これは、ブックに対して指値注文のサイズが大きくなるのは、指値注文のサイズによるのではなく、ブックが一時的に薄くなったことが主因と考えられる。この場合は執行確率が高まる要因となる。

仮説(2)の反対サイドのブックのデプスも執行確率に影響するという関係については a_2 、 $b_1 > 0$ が成立しているのは、売り、買いとも 500 円未満、2000 円台、3000 円台で整合的な結果が得られたほか、買い指値では 100 万円台でも仮説(2)と整合的である。プラスで有意な係数が推定された株価帯は、呼び値のベースが高い株価帯で、これに対してベースが低い 1500~2000 円の株価帯ではマイナスの有意な係数が推定された。これらは仮説(5)と整合的な結果である。

次に、スプレッドについては概ねマイナスの係数が推定された。これは、スプレッドが広いときは執行率が低下するという仮説(3)を支持する結果である。仮説(4)についても、全般にプラスの係数が得られ、取引可能な時間が長いほど執行確率が高いという結果が得られている。

表 7 は、株価帯による効果について明示的な形で検証を行っている。すなわち、すべてのデータをプールし、株価帯による反応が異なると期待される変数についてダミー変数を入れて推定を行った。(9)、(10)式の説明変数のうち、呼び値と株価帯の影響を受けている変数は、両サイドのブック、指値の相対サイズ、スプレッドの 4 変数である。ダミー変数は銘柄がその株価帯に属するときは 1 の値をもち、そうでないときは 0 をセットする。株価帯のうち、1000~1500 円の観測値がまとまっているので、これを基準にした。それぞれ

の変数が株価帯により異なる反応係数を持っているとすれば、各変数ごとのダミー変数に有意な係数が推定される。推定式は次のとおりである。

$$AExecFlag_t = a_0 + \left[a_1 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 c_k * Pdm y_k \right] * ABook_t + \left[a_2 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 e_k * Pdm y_k \right] * BBook_t \\ + \left[a_3 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 f_k * Pdm y_k \right] * ALmt_t + \left[a_4 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 g_k * Pdm y_k \right] * Tspread + a_5 * TTC_t + \varepsilon_t \\ \dots (11)$$

$$BExecFlag_t = b_0 + \left[b_1 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 c_k * Pdm y_k \right] * ABook_t + \left[b_2 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 e_k * Pdm y_k \right] * BBook_t \\ + \left[b_3 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 f_k * Pdm y_k \right] * ALmt_t + \left[b_4 + \sum_{k=1, k \neq 3}^7 g_k * Pdm y_k \right] * Tspread + b_5 * TTC_t + \varepsilon_t \\ \dots (12)$$

ただし、

$$\sum_{k=1, k \neq 3}^7 c_k Pdm y_k = c_1 Pdm y_1 + c_2 Pdm y_2 + c_4 Pdm y_4 + c_5 Pdm y_5 + c_6 Pdm y_6 + c_7 Pdm y_7,$$

である。 $\sum_{k=1, k \neq 3}^7 e_k * Pdm y_k$ なども同様である。価格ダミー変数 $Pdm y_k$ については、以下のよう
に定義する。

株価が 500 円未満のとき	$Pdm y_1 = 1$ 、それ以外のときは 0、
株価が 500 ~ 1000 円のとき	$Pdm y_2 = 1$ 、それ以外のときは 0、
株価が 1000 ~ 1500 円のとき	$Pdm y_3$ は常に 0、
株価が 1500 ~ 2000 円のとき	$Pdm y_4 = 1$ 、それ以外のときは 0、
株価が 2000 ~ 3000 円のとき	$Pdm y_5 = 1$ 、それ以外のときは 0、
株価が 3000 ~ 3 万円のとき	$Pdm y_6 = 1$ 、それ以外のときは 0、
株価が 100 万 ~ 1000 万円のとき	$Pdm y_7 = 1$ 、それ以外のときは 0。

推定された結果は表 7 である。ブック、指値注文サイズ、スプレッド、取引可能時間の各説明変数と執行確率の基本的な関係は個別に推定した表 6 の結果と変わらないので、株価帯による反応係数の違いについて見ていく。

まず、仮説(5)については、同サイドのブックに対する負の反応係数（各ブック変数の係数 + 株価帯ダミー変数の係数）が有意に大きいのは、売り指値では株価帯 5（2000円台）と株価帯 7（100万円台）で、買い指値では株価帯 1（500円未満）と株価帯 5 である。2000円台がブックからネガティブな影響を受けやすいという結果である。

反対サイドのブックの影響では、売りでは株価帯 5 と株価帯 6（3000円～3万円）、買いでは同じく株価帯 3（1000円～1500円）、株価帯 5、株価帯 7 は、執行確率が向上するよう

な影響を受ける反応度が高い。ここでも、株価帯5はブックからの影響を受けやすい価格帯といえるであろう。これは仮説(5)と整合的な結果である。

仮説(6)に関しては、スプレッドの拡大が執行確率の低下に結びつく程度は、売りでは株価帯1、株価帯5、株価帯6が有意で大きい。このうち、株価帯5は買いでも同様の影響を強く受けており、仮説(6)に整合的な結果になっている。ベースコストが低い株価帯4(1500~2000円)では、売りの反応係数はマイナスで小さいが、買いではスプレッドからのマイナスの影響が増大するという非対称な反応が見られる。非対称な反応は、株価帯1と株価帯2ではもっと激しく、買い注文はスプレッドの広がると執行確率が向上するという結果になっている。こうした売りと買いの反応係数の非対称が、株価の上昇時と下落時の投資家行動に起因しているのか、単に、証券会社の注文執行方法のパターンを反映したもののなのかの考察は将来の課題としたい。

第5節 まとめと課題

本稿では、東証のティックデータから再現した市場に発注された成行注文と指値注文のフローデータから、指値注文の執行確率を推計し、注文フローとブックの間にあるダイナミックな関係を実証的に分析した。プロビット分析の結果では、市場の最良気配に追加された指値注文がその日のうちに執行される確率は、同じサイドのブックが大きいほど低下するが、反対サイドのブックが大きいと、執行確率が上昇するという関係を示唆している。また、スプレッドの拡大は執行確率の低下要因となる。

ただ、スプレッドと指値注文の執行確率の関係は、東証の呼び値制度の影響を強く受けており、呼び値の刻み幅が拡大された直後の株価帯では、スプレッドが2ティック以上に広がると未執行リスクが著しく拡大する。一方、その直前の株価帯ではスプレッドの影響は緩やかである。この結果は、市場で観測されるスプレッドが、1000円台では広がる傾向が強く、2000円台では2ティックのスプレッドはまれにしか生じないという現象と整合的である。

わが国の証券取引所は、株価水準により異なる呼び値を定めているが、これはブックの残高やスプレッドの形成に影響し、指値注文の決定要因を複雑化させていることがわかる。

参考文献

- 宇野淳・大村敬一[1999]「マーケットマイクロストラクチャーの実証研究 第7回『指値注文戦略』」、『証券アナリストジャーナル』 1999年3月号、92-119頁.
- Berkman H.[1996] “Large Option Trades, Market Makers, and Limit Orders,” *Review of Financial Studies* **9**(3), pp.977-1002.
- Bertsimas, D. and A. Lo [1998], “Optimal Control of Execution Costs,” *Journal of Financial Markets* **1**, pp.1-50.
- Biais, B., T. Foucault, and F. Salanie [1998], “Floors, Dealer Markets and Limit Order Markets,” *Journal of Financial Markets* **1**, pp.253-284.
- Biais B., P. Hillion, and C. Spatt [1995] “An Empirical Analysis of the Limit Order Book and the Order Flow in the Paris Bourse,” *Journal of Finance* **50**, pp.1655-1689.
- Chakravarty, S. and C. Holden [1995], “An Integrated Model of Market and Limit Orders,” *Journal of Financial Intermediation* **4**, pp.213-241.
- Edwards, M. and W. Wagner [1999], “Capturing the Research Advantage,” *Journal of Portfolio Management* **25**(3), pp.18-24.
- Glosten L.,[1994] “Is the Open Electronic Limit Order Book Inevitable?” *Journal of Finance* **49**, pp.1127-1161.
- Handa P., R.A. Schwartz, and A. Tiwari [1998] “The Ecology of an Order-Driven Market,” *Journal of Portfolio Management* **24**(2), pp.47-55.
- Harris, L. [1998] “Optimal Dynamic Order Submission strategies In Some Stylized Trading Problems,” *Financial Markets, Institutions, and Instruments* **7**(2), pp.1-75.
- Harris L., and J. Hasbrouck [1996] “Market vs. Limit Orders: The SuperDOT Evidence on Order Submission Strategy,” *Journal of Financial and Quantitative Analysis* **31**(2), pp.213-231.
- Kavajecz K. [1999] “A Specialist’s Quoted Depth and the Limit Order Book,” *Journal of Finance* **54**(2), pp.747-771.
- Lo A.W., A.C. MacKinlay, and J. Zhang [1997] “Econometric Models of Limit-Order Executions,” *NBER Working Paper Series* #6257.
- Parlour C.[1998] “Price Dynamics in Limit Order Markets,” *Review of Financial Studies* **11**(4), pp. 789-816.
- Seppi, D. [1997] “Liquidity Provision with Limit Orders and a Strategic Specialist,” *Review of Financial Studies* **10**(1), pp.103-150.

図1 指値注文のイントラデーパターンと執行確率

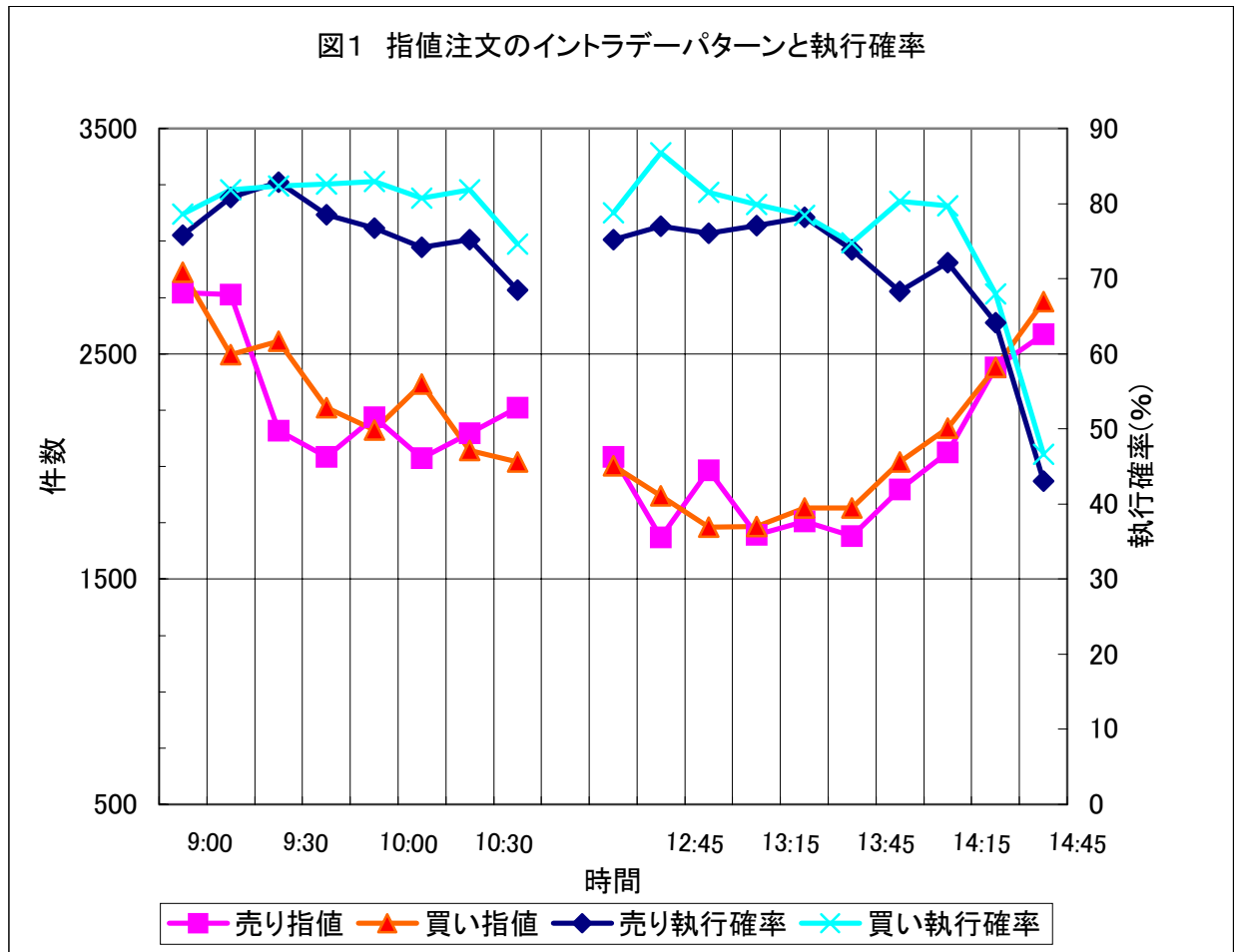


表1 注文フローの基本統計量

単位：単位株

注文種別	平均株数	デプス[アスク]	デプス[ビッド]	観測値数
出来高グループ1				
売り指値	8.89(22.3)	51.87(142.1)	66.20(203.0)	41,415
買い指値	8.29(20.6)	56.54(147.9)	47.17(153.3)	42,711
売り成行	7.08(15.2)	77.15(194.9)	63.53(190.6)	44,183
買い成行	6.85(15.9)	46.84(125.7)	61.60(191.0)	39,384
出来高グループ2				
売り指値	5.06(10.0)	14.01(25.8)	19.13(36.8)	11,562
買い指値	5.94(10.6)	15.63(29.9)	16.92(33.5)	10,303
売り成行	3.96(8.2)	15.23(30.3)	18.89(38.3)	11,791
買い成行	4.69(8.5)	14.17(24.0)	21.05(39.0)	7,780
出来高グループ3				
売り指値	3.72(7.3)	9.89(17.7)	13.96(24.4)	4,923
買い指値	5.01(9.8)	8.84(14.4)	11.98(21.9)	4,465
売り成行	3.42(6.0)	13.07(22.5)	22.95(36.2)	4,370
買い成行	3.85(6.6)	12.32(22.1)	16.25(27.7)	2,615
出来高グループ4				
売り指値	3.74(6.6)	9.22(15.0)	13.05(24.9)	4,005
買い指値	5.07(9.7)	10.41(19.4)	10.26(15.3)	3,536
売り成行	4.03(8.6)	12.54(19.5)	15.79(27.4)	3,331
買い成行	4.26(7.1)	14.18(22.1)	16.21(27.5)	2,495
出来高グループ5				
売り指値	2.88(4.9)	5.42(10.3)	8.22(16.6)	2,064
買い指値	4.21(9.2)	4.92(6.5)	6.56(12.8)	1,739
売り成行	2.46(3.3)	4.75(5.6)	7.84(15.4)	1,334
買い成行	3.00(5.8)	6.92(15.6)	5.74(8.8)	979

(注) ()内の数値は標準偏差を示す。

表2 オーダーフローのイントラデーパターン

[出来高1グループ]

時間帯	注文件数(件数)				デプス(単位株)		注文サイズ(単位株)				スプレッド (呼び値)
	成行		指値		アスク ブック	ビッド ブック	成行		指値		
	売り	買い	売り	買い			売り	買い	売り	買い	
	44,183	39,384	41,924	43,273	58.0	58.8	7.1	6.9	8.6	8.0	1.4
9:00	2,738	2,644	3,129	3,220	29.5	71.9	7.6	7.3	8.7	8.8	1.8
9:15	2,958	2,670	3,103	2,874	41.2	70.8	9.6	6.6	9.8	7.8	1.5
9:30	2,288	2,463	2,444	2,839	42.4	43.8	7.2	7.9	7.6	9.1	1.4
9:45	2,160	2,205	2,227	2,470	44.0	38.2	6.8	6.9	8.1	7.4	1.3
10:00	2,517	2,333	2,428	2,389	53.2	48.1	6.3	5.1	8.2	6.6	1.3
10:15	2,435	2,338	2,234	2,613	52.7	48.9	6.2	7.2	8.2	7.6	1.3
10:30	2,438	2,037	2,337	2,277	50.4	46.9	6.5	6.6	7.7	7.2	1.3
10:45	2,932	2,366	2,526	2,292	37.1	40.6	7.0	6.1	8.2	8.0	1.4
12:30	2,117	1,598	2,130	2,121	79.6	50.6	8.7	8.7	9.7	9.2	1.3
12:45	1,915	1,579	1,770	2,003	94.0	55.7	6.2	6.9	7.3	7.7	1.3
13:00	2,077	1,715	2,108	1,888	67.9	69.3	7.5	7.4	9.5	7.6	1.3
13:15	1,882	1,585	1,821	1,875	85.3	65.3	6.7	5.8	8.0	7.1	1.3
13:30	1,993	1,663	1,874	1,953	91.8	53.8	6.4	6.9	7.9	7.8	1.2
13:45	1,877	1,810	1,815	1,950	81.6	61.2	6.2	6.6	7.3	7.4	1.2
14:00	2,232	2,020	2,041	2,206	69.6	65.4	6.3	5.7	8.1	6.7	1.2
14:15	2,455	2,118	2,231	2,359	64.0	78.8	6.4	5.7	7.7	7.1	1.3
14:30	3,266	2,611	2,703	2,737	53.8	67.0	7.2	7.5	9.3	7.9	1.3
14:45	3,903	3,629	3,003	3,207	53.9	71.8	7.5	7.9	11.1	10.8	1.5

表 3 (A) 指値注文の執行確率

出来高 グループ	観測値	売り指値 執行確率	標準偏差	買い指値 執行確率	標準偏差
1	210	76.14	11.02	81.24	10.70
2	210	56.78	18.76	64.32	18.60
3	208	42.40	25.73	47.16	24.66
4	209	37.91	24.43	43.45	25.47
5	196	24.65	26.63	27.24	26.23

(注) 対象：1998年12月、東証出来高により銘柄を5分位に分け、各グループの上位10銘柄を対象に推計した。執行確率は銘柄、日ごとに推計し、この平均値と標準偏差を計算した。

表 3 (B) 指値注文の執行確率

出来高 グループ	観測値	売り指値 執行確率	標準偏差	買い指値 執行確率	標準偏差
1	91	82.03	11.25	84.25	10.01
2	99	62.11	19.52	69.76	19.41
3	79	45.10	27.48	51.86	26.55
4	90	42.58	28.32	54.01	27.40
5	83	21.40	26.61	27.27	32.07

(注)表3(A)から、日中の価格変化率が1%を超える日と、2時30分以降に出された指値注文を対象外とした。執行確率は日ごとに推計し、その平均値と標準偏差を計算した。

表4 スプレッド別執行確率

スプレッド	観測値数	売り指値 執行確率	標準偏差	買い指値 執行確率	標準偏差
出来高グループ1					
1	91	81.9%	12.8%	84.7%	11.0%
2	91	77.6%	21.6%	81.6%	19.7%
3	68	79.9%	27.7%	80.2%	27.9%
4	48	77.8%	32.7%	81.4%	22.6%
5	36	81.6%	32.8%	74.8%	32.8%
出来高グループ2					
1	96	70.6%	26.0%	76.5%	20.1%
2	97	61.9%	30.7%	70.9%	30.1%
3	91	53.7%	39.6%	66.8%	34.3%
4	73	52.8%	39.4%	72.2%	34.5%
5	61	47.6%	40.6%	63.5%	38.3%
出来高グループ3					
1	63	60.4%	34.1%	50.1%	37.3%
2	56	46.3%	37.2%	67.0%	33.8%
3	53	41.0%	39.1%	58.0%	43.0%
4	55	42.1%	43.3%	61.8%	40.0%
5	43	32.9%	42.1%	56.6%	43.4%
出来高グループ4					
1	75	52.2%	35.8%	60.1%	35.1%
2	72	42.6%	37.6%	53.2%	41.5%
3	58	57.9%	42.8%	66.2%	41.4%
4	48	22.7%	39.1%	51.1%	45.1%
5	39	47.3%	50.0%	63.6%	41.2%
出来高グループ5					
1	35	45.1%	43.1%	48.3%	41.6%
2	36	35.5%	41.8%	46.0%	46.9%
3	33	30.8%	41.0%	52.4%	42.4%
4	32	27.4%	35.6%	50.8%	44.0%
5	34	23.1%	39.7%	51.7%	42.6%

(注)表3(A)から、日中の価格変化率が1%を超える日と、2時30分以降に出された指値注文を対象外とした。

表 5 株価水準別執行確率

	株価水準	呼び値の ベース	観測 値数	売り指値		買い指値	
				執行確率	標準偏差	執行確率	標準偏差
出来高グループ 1	500 円以下	0.40%	7	84.50%	12.10%	85.00%	4.70%
	500-1000 円	0.20%	1	93.40%		86.80%	
	1000-1500 円	0.10%	20	83.10%	8.60%	82.00%	10.10%
	1500-2000 円	0.07%	9	74.40%	14.20%	77.50%	12.20%
	2000-3000 円	0.25%	19	79.80%	16.00%	82.30%	13.00%
	3000-30000 円	0.33%	24	84.40%	11.10%	89.60%	9.50%
	100 万円超	0.10%	14	84.00%	10.30%	83.40%	8.90%
出来高グループ 2	500 円以下	0.40%	41	59.90%	21.60%	75.10%	15.50%
	500-1000 円	0.20%	29	66.00%	17.00%	72.90%	17.80%
	1000-1500 円	0.10%	12	52.40%	18.40%	38.40%	23.40%
	1500-2000 円	0.07%	2	21.90%	30.90%	71.40%	
	2000-3000 円	0.25%	6	73.60%	16.00%	66.40%	8.20%
	3000-30000 円	0.33%	11	66.40%	18.10%	72.70%	17.10%
	100 万円超	0.10%					
出来高グループ 3	500 円以下	0.40%	31	38.80%	33.20%	49.30%	32.70%
	500-1000 円	0.20%	22	49.30%	26.80%	59.30%	20.50%
	1000-1500 円	0.10%	13	49.20%	28.10%	64.90%	24.90%
	1500-2000 円	0.07%	8	59.20%	35.20%	31.10%	27.30%
	2000-3000 円	0.25%	14	44.80%	23.90%	51.00%	24.40%
	3000-30000 円	0.33%					
	100 万円超	0.10%					
出来高グループ 4	500 円以下	0.40%	65	46.80%	26.30%	58.40%	24.90%
	500-1000 円	0.20%	26	32.00%	31.00%	40.90%	31.10%
	1000-1500 円	0.10%					
	1500-2000 円	0.07%					
	2000-3000 円	0.25%					
	3000-30000 円	0.33%					
	100 万円超	0.10%					
出来高グループ 5	500 円以下	0.40%	53	21.90%	26.50%	28.50%	32.40%
	500-1000 円	0.20%	11	31.60%	33.40%	73.00%	27.50%
	1000-1500 円	0.10%	9	8.50%	13.20%	32.10%	32.10%
	1500-2000 円	0.07%	8	0.00%	0.00%	2.50%	7.10%
	2000-3000 円	0.25%					
	3000-30000 円	0.33%	1	33.30%	-	12.50%	-
	100 万円超	0.10%					

(注)表 3(A)から、日中の価格変化率が 1%を超える日と、2 時 30 分以降に出された指値注文を対象外とした。

表6．プロビットモデルの推定結果（出来高グループ1）

売り指値	500円未 満	500～ 1,000円	1,000～ 1,500	1,500～ 2,000	2,000～ 3,000	3,000～ 30,000	100,000～
切片	2.17 (79.5)	2.792 (13.6)	0.975 (129.4)	1.333 (53.0)	0.846 (35.8)	1.203 (153.0)	1.203 (70.6)
アスクブック	-0.387 (-21.0)	-0.437 (-6.0)	-0.286 (-105.0)	-0.505 (-54.4)	-0.484 (-70.7)	-0.391 (-133.9)	-0.509 (-181.1)
ビッドブック	0.000 (0.0)	-0.195 (-2.2)	-0.064 (-4.8)	0.090 (2.1)	0.229 (13.9)	0.102 (7.5)	0.086 (5.6)
指値注文比率	0.489 (9.6)	-0.447 (0.6)	-0.026 (-0.2)	-0.348 (-6.9)	0.473 (20.3)	0.343 (22.1)	0.032 (0.1)
スプレッド	-0.424 (-9.9)	-0.277 (-8.8)	-0.028 (-1.6)	-0.055 (-5.9)	-0.215 (-6.0)	-0.154 (-8.7)	-0.106 (-0.7)
残り時間	-0.044 (-14.6)	0.033 (0.8)	0.039 (61.4)	0.013 (2.3)	0.021 (11.3)	0.012 (5.9)	0.040 (96.3)
観測値	725	151	3126	941	1951	3875	5311

買い指値	500円未 満	500～ 1,000円	1,000～ 1,500	1,500～ 2,000	2,000～ 3,000	3,000～ 30,000	100,000～
切片	0.806 (8.2)	1.080 (3.4)	1.533 (294.2)	1.305 (59.7)	1.230 (69.3)	1.569 (244.5)	1.181 (129.4)
アスクブック	-0.080 (-0.7)	-0.423 (-3.8)	-0.063 (-4.9)	0.132 (3.8)	0.101 (2.6)	-0.078 (-5.0)	0.182 (22.0)
ビッドブック	-0.646 (-48.0)	-0.553 (-12.1)	-0.335 (-150.9)	-0.458 (-58.1)	-0.447 (-48.9)	-0.422 (-134.5)	-0.382 (-112.4)
指値注文比率	0.329 (3.2)	-0.323 (-0.5)	-0.042 (-0.4)	-0.209 (-2.5)	0.384 (12.7)	0.112 (2.1)	0.361 (17.7)
スプレッド	0.403 (3.6)	0.138 (0.4)	-0.098 (-30.2)	-0.086 (-13.2)	-0.096 (-1.1)	-0.123 (-4.4)	-0.158 (-3.7)
残り時間	0.045 (15.1)	0.119 (12.0)	0.006 (1.4)	0.027 (9.5)	0.006 (0.9)	0.035 (46.6)	0.007 (2.9)
観測値	745	151	3380	1001	2085	4207	5128

(注) 下記(9)式および(10)式による執行確率モデルの係数推定値と t 値。出来高グループ1 (最多出来高) について、株価価格帯ごとに計測した結果。

$$AExecFlag_t = a_0 + a_1 ABook_t + a_2 BBook_t + a_3 ALmt_t + a_4 Tspread + a_5 TTC_t + \varepsilon_A \dots (9)$$

$$BExecFlag_t = b_0 + b_1 ABook_t + b_2 BBook_t + b_3 BLmt_t + b_4 Tspread + b_5 TTC_t + \varepsilon_B \dots (10)$$

被説明変数：

$AExecFlag$ ：売り指値が当日中に執行された場合は1、執行されなかった場合は0をとる。

$BExecFlag$ ：買い指値が当日中に執行された場合は1、執行されなかった場合は0をとる。

説明変数：

$ABook$ ：指値注文追加時におけるアスクサイドの板の数量、各15分間の平均値に対する比で表示。

$BBook$ ：指値注文追加時におけるビッドサイドの板の数量、各15分間の平均値に対する比で表示。

$ALmt$ ：追加された売り指値注文の追加後のブックに占める割合。

$BLmt$ ：追加された買い指値注文の追加後のブックに占める割合。

$Tspread$ ：追加された時点のスプレッドの大きさ。単位はティック(呼び値)数。

TTC ：クローズまでの取引可能時間で、 $20 - t$ で計算。9時～9時15分の t を1とし、以下15分ごとの刻みで、10時45分～11時が $t = 8$ 、12時30分～12時45分は $t = 11$ 、2時45分～3時が $t = 20$ 。

表7 スプレッドの影響：反応係数の株価帯による違い

	売り指値注文			買い指値注文		
	回帰係数	推定誤差	t 値	回帰係数	推定誤差	t 値
切片	1.1575	0.050	540.9	1.4249	0.049	852.2
アスクブック	-0.2794	0.026	116.9	-0.0563	0.028	4.2
株価帯ダミー1	-0.0479	0.078	0.4	-0.0553	0.091	0.4
株価帯ダミー2	0.2196	0.136	2.6	-0.3153	0.182	3.0
株価帯ダミー4	-0.1797	0.057	10.1	0.1837	0.067	7.5
株価帯ダミー5	-0.2533	0.057	20.0	0.1153	0.064	3.3
株価帯ダミー6	-0.1001	0.038	6.9	0.0121	0.043	0.1
株価帯ダミー7	-0.1958	0.044	19.9	0.1940	0.045	18.5
ビッドブック	-0.0717	0.028	6.5	-0.3232	0.025	170.3
株価帯ダミー1	0.1284	0.076	2.8	-0.3218	0.087	13.6
株価帯ダミー2	-0.0392	0.124	0.1	-0.2127	0.122	3.0
株価帯ダミー4	0.1619	0.068	5.7	-0.1258	0.053	5.5
株価帯ダミー5	0.2213	0.062	12.9	-0.1822	0.060	9.3
株価帯ダミー6	0.1657	0.044	14.5	-0.0238	0.040	0.4
株価帯ダミー7	0.1572	0.045	12.4	-0.1010	0.041	6.0
指値注文比率	-0.0464	0.053	0.8	-0.0094	0.056	0.0
株価帯ダミー1	0.5153	0.153	11.3	0.3700	0.182	4.1
株価帯ダミー2	0.8175	0.351	5.4	0.0177	0.285	0.0
株価帯ダミー4	-0.2585	0.103	6.3	-0.1669	0.115	2.1
株価帯ダミー5	0.4452	0.112	15.8	0.2981	0.111	7.2
株価帯ダミー6	0.3640	0.080	20.5	0.2584	0.087	8.9
株価帯ダミー7	0.1550	0.098	2.5	0.3152	0.100	9.9
スプレッド	-0.0122	0.020	0.4	-0.1026	0.016	41.3
株価帯ダミー1	-0.3394	0.101	11.2	0.2712	0.141	3.7
株価帯ダミー2	-0.1822	0.066	7.7	0.4301	0.155	7.7
株価帯ダミー4	-0.0460	0.029	2.6	0.0169	0.027	0.4
株価帯ダミー5	-0.3119	0.074	17.9	-0.0922	0.075	1.5
株価帯ダミー6	-0.1773	0.045	15.5	0.1297	0.050	6.7
株価帯ダミー7	0.0867	0.072	1.5	-0.2519	0.060	17.4
取引可能時間	0.0230	0.002	101.2	0.0132	0.002	33.7

(注) 本文(11)式および(12)式による、執行確率プロビットモデルの推計結果。説明変数のうち、アスクブック、ビッドブック、指値注文比率、ティックスプレッドにかかる反応係数が株価帯によって異なるかどうか、1000～1500円を基準に、係数ダミー(株価帯)を加えることで調べたもの。説明変数の定義は本文または表6の注を参照。株価帯ダミーは、

株価が500円未満のとき 株価帯ダミー1 = 1、それ以外ときは0、
 株価が500～1000円のとき 株価帯ダミー2 = 1、それ以外ときは0、
 株価が1500～2000円のとき 株価帯ダミー4 = 1、それ以外ときは0、
 株価が2000～3000円のとき 株価帯ダミー5 = 1、それ以外ときは0、
 株価が3000～3万円のとき 株価帯ダミー6 = 1、それ以外ときは0、
 株価が100万～1000万円のとき 株価帯ダミー7 = 1、それ以外ときは0、

という値をとるダミー変数。網掛け部分が、基準である1000～1500円の係数を示す。