

マーケット・マイクロストラクチャーと証券市場の効率性

—日本の株式市場を対象とした流動性・価格発見力の分析—

同志社大学博士（商学）学位論文

同志社大学大学院 商学研究科商学専攻 博士後期課程

松本宗谷

目次

1 章	はじめに	p.1
1.1	本論文の目的	p.1
1.2	本論文の構成と全体像	p.1
2 章	証券市場における効率性とマイクロストラクチャーの基本モデル	p.5
2.1	証券市場の役割と市場ルール・価格決定方式の形態	p.5
2.1.1	証券市場の役割—流動性と価格発見—	
2.1.2	証券市場の形態と価格決定方式の分類	
2.2	ザラ場市場方式と合理的期待均衡モデルにおける証券市場の効率性	p.9
2.2.1	モデルの設定	
2.2.2	各トレーダーの需要計画および証券市場の需給清算	
2.2.3	非情報トレーダーによるシグナル抽出と証券価格の決定	
2.2.4	証券市場の効率性—流動性と価格発見—	
2.2.5	証券市場の価格発見力と情報獲得インセンティブ	
2.2.6	合理的期待均衡モデルの帰結	
2.3	ディーラー方式と逐次トレードモデルにおける証券市場の効率性のダイナミクス	p.23
2.3.1	モデルの設定	
2.3.1	逐次トレードモデルにおける証券価格の決定	
2.3.1	逐次トレードモデルにおける証券市場の効率性—流動性と価格発見—	
2.3.4	逐次トレードモデルの帰結	
2.4	バッチマーケット方式と戦略的トレードモデルにおける証券市場の効率性	p.34
2.4.1	モデルの設定	
2.4.2	情報トレーダーの需要関数とマーケットメーカーの価格推定	
2.4.3	戦略的トレードモデルにおける証券市場の効率性—流動性と価格発見—	
2.4.4	戦略的トレードモデルの帰結	
2.5	証券市場の効率性を計る実証研究	p.42
2.5.1	流動性の計測	
2.5.1.1	ビッド・アスク・スプレッドの計測	
2.5.1.2	プライス・インパクトの計測	

2.5.1.3	その他の流動性指標の計測	
2.5.2	価格発見の計測	
2.5.2.1	価格分散比によるランダムウォーク性の計測	
2.5.2.2	逐次取引モデルをベースとした価格発見力の指標	
2.6	終わりに	p.50
補論 A		p.51
補論 B		p.53
3 章	日本株式市場における情報の非対称性と市場流動性	p.55
3.1	はじめに	p.55
3.2	情報の非対称性を巡る先行研究について	p.57
3.2.1	Easley et al. (1996)による PIN モデル	
3.2.1	PIN モデルと VPIN モデル	
3.3	TOPIX Core30 における VPIN と市場流動性	p.62
3.3.1	データセレクション	
3.3.2	VPIN の推定方法とパネル分析の方法	
3.3.3	推定結果と解釈	
3.4	終わりに	p.68
4 章	IPO 市場におけるアンダープライシングと市場流動性プレミアム	p.71
4.1	はじめに	p.71
4.2	ベンチマークモデル	p.74
4.2.1	ベンチマークモデルの設定	
4.2.2	各投資家の最大化問題と需要申告	
4.2.3	株式の売り出しに対する総需要と公開価格の決定	
4.2.4	ベンチマークモデルにおける比較静学	
4.3	拡張モデルと市場流動性	p.79
4.3.1	モデルの変更と各投資家の需要申告	
4.3.2	初値および公開価格の決定と流動性プレミアム	
4.4	終わりに	p.86
補論 C		p.88
補論 D		p.89
補論 E		p.91

5章 新規上場市場における過小値付け問題と市場流動性	p.93
5.1 はじめに	p.93
5.2 理論モデル分析	p.96
5.2.1 モデルの設定	
5.2.2 モデルの均衡および仮説の導出	
5.3 公開価格の過小値付けと市場流動性の関係性に関する実証分析	p.102
5.3.1 データサンプリング	
5.3.2 推定方法および仮説の設定	
5.3.3 基本統計量	
5.3.4 推定結果および考察	
5.4 終わりに	p.109
6章 日本株式市場のフラグメンテーションと東証へのインパクト分析	p.111
6.1 はじめに	p.111
6.2 先行研究レビューと本章との関係性	p.112
6.3 パネルデータを用いた実証分析	p.115
6.3.1 データソースとサンプリング	
6.3.2 フラグメンテーション変数と流動性変数	
6.3.3 記述統計量	
6.3.4 パネル分析と結果	
6.3.5 最適フラグメンテーション比率の推定	
6.4 終わりに	p.121
7章 終わりに	p.123
図表一覧	p.125
参考文献一覧	p.155

1 章 はじめに

1.1 本論文の目的

本論文の目的は、マーケット・マイクロストラクチャーの理論・実証分析を用いて証券市場の効率性を明らかにすることである。

現在、日本の証券市場は大きな変化に直面している。国民の資産形成を向上する目的から「貯蓄から投資へ」を促す NISA や IDeCo といった政策が実施され、証券市場には個人投資家がこれまで以上に参加し始めている。一方で、IT 技術の発展からアルゴリズム取引や高頻度取引といった高度化した投資行動も拡大しており、市場参加者が多様化する中で、証券市場の価格形成はいっそう複雑性を高めている。

このような市場環境の下、本論文は証券市場が適切に投資機会を提供し、効率的な資源配分を損ねていないかを評価・分析することに問題意識を持っている。一般的には、証券市場の分析は CAPM に代表される資産価格モデルで分析される。しかし、証券市場が適切な価格発見を提供し、十分な流動性を供給しているかといった証券市場の質の議論について、証券価格や収益率あるいはボラティリティといった既存の伝統的な指標だけでは十分な評価を下すことはできない。このことは、たとえ高い収益率が実現しても結果として価格が証券の価値を伝達することに失敗するバブルや、著しく価格が低下したとしても取引コストが高く取引が全く成立しなかった金融危機時の流動性枯渇問題からも明らかである。

以上の背景の下、本論文は証券市場の効率性を流動性と価格発見力の 2 つの指標で評価し、両指標がどのように決定され、また現実で形成されているのかをマイクロストラクチャーの理論・実証分析を用いることで解明することを目的としている。

1.2 本論文の構成と全体像

はじめに、本論文の構成と全体像について概観する。本論文は、3つの観点から証券市場の効率性を検証している。1つめは、マイクロストラクチャーの観点でありこれには第2章と第3章が該当する。マイクロストラクチャーの観点では、非対称情報下でのトレーダーの投資行動や価格決定方式の違いによって証券市場の効率性がどう定まるかを分析する。2つめは、コーポレートファイナンスの観点であり、第4章と第5章が該当する。この観点では、証券市場の流動性の決定と企業の財務政策との関連性について議論を展開している。3つめは、マーケットデザインの観点であり、第6章が当てはまる。マーケットデザインの観点では、証券市場の市場制度・構造の変化から証券市場の効率性がどのように変化し

たかを明らかにする。図1-1は、以上の章立てと各章のつながりを示したものである。

【図1-1 本論文の構成と全体像】

本論文は、証券市場の効率性の形成について論じるものである。したがって、まず証券市場の経済的な役割や取引ルールの違いを整理することから始める。第2.1節では、証券市場に求められる経済的機能、すなわち流動性と価格発見力がどのような概念であるかを説明する。続いて、証券市場の価格形成メカニズムの違いについて分類する。これは、証券市場といってもさまざまな取引ルールの違いがあり、それぞれの市場構造に合わせて、流動性や価格発見力の形成に差が生まれるからである。マイクロストラクチャー研究では、こうした市場構造の差異に合わせて、分析する理論モデルや実証方法を選択するといった工夫が行われている。

第2.2節以降では、分類した取引ルールの違いに合わせて3つの基本モデルを紹介する。すなわち、ザラ場方式を分析するための合理的期待均衡モデル、ディーラー方式を分析するための逐次トレードモデル、バッチマーケット方式を分析するための戦略的トレードモデルである。それぞれのモデルでは、各市場形態を適切に表現するとともに、流動性や価格発見力がどのように決定されるのかを考察する。合理的期待均衡モデルでは、理論的に流動性をどのように定義づけるかを導入するとともに、流動性が取引コストを表す証券市場の活性化のために重要な要素であることを示す。これは、流動性を分析することの動機付けとなる。また、価格発見力についても同様にモデル上での定義を示した後、価格発見力がなぜ証券市場を評価する上で重要なのかを、効率的市場仮説と関連付けて説明する。逐次トレードモデルでは、合理的期待均衡モデルでは分析できなかった流動性と価格発見力の動学的な性質に焦点を当てる。戦略的トレードモデルでは、トレーダーの戦略的な投資行動が流動性や価格発見力の形成にいかに関与するかを分析している。第2.5節では、理論的に定義された流動性と価格発見力を現実のデータからどのように測定し実証するかについて、これまでの先行研究を整理しながら紹介する。

また、第2章はマイクロストラクチャーの研究手法と、第3章以降の個別論題の内容を結び付ける役割を果たしている。この結び付きは、図1-1に詳しく示されている。具体的には、第3章では第2.3節の逐次トレードモデルおよび第2.5節で提案された逐次トレードモデルとVPINモデルをベースに実証分析を行っている。第4章では、第2.2節および第2.4節で説明した合理的期待均衡モデルと戦略的トレードモデルをIPO市場の価格形成分析に応用して理論分析を展開している。また、第5章では、第2.5節の流動性指標が実証分析に応用されている。第6章では、証券市場のフラグメンテーション現象が証券市場の効率性に与えた影響を評価するにあたり、第2.5節で紹介された流動性指標の計測を

行っている。

以降、第3章から第6章の内容とその概要について説明する。

第3章では、日本の株式市場における大型株式 TOPIX Core30 銘柄を対象に、VPIN 指標を用いて情報の非対称性の大きさを推定するとともに、情報の非対称性と流動性との関連性を検証している。情報の非対称性がどのように流動性の形成に影響を及ぼすかといった研究は、マイクロストラクチャー研究領域でも議論されてきたが長らく理論研究が先行してきた。日本の株式市場を対象とした実証分析においても、情報の非対称性の大きさを計測する研究はほとんど存在していない。しかし、近年になり高頻度データの活用が普及するにつれて、情報の非対称性を実証的に推定しようとする試みが盛んに行われている。Easley et al.(2012)により提唱された PIN モデルの派生指標である VPIN(Volume Synchronized Probability of Informed Trading)もその1つである。第3章では、このVPIN 指標を TOPIX Core30 銘柄について推定することで、証券市場の流動性がどのように形成されているかを分析している。その結果、VPIN が上昇し情報の非対称性が大きくなると、ビッド・アスク・スプレッドやプライス・インパクトといった流動性指標が悪化するという結果が確認されている。一方でVPIN が上昇すると、買い価格側よりも売り価格側で板の厚み・デプスが過敏に反応し、かつ最良気配方向に流動性が集中するという結果が観察されている。この結果は、既存の理論分析では説明されていない現象であり、トレーダーの投資行動が売り価格側と買い価格側で異なっていることを指し示している。以上のことから、現実の証券市場において流動性の形成に情報の非対称性が影響していることが実証されたと考えている。

第4章では、IPO 市場における公開価格のアンダープライシングと流通市場における市場流動性の関係を分析している。この章の目的は、証券市場の流動性と企業の財務政策の関係性を明らかにすることである。はじめに、CARA-Gauss モデルの仮定を用いて IPO 市場を分析するためのベンチマークモデルを構築した。ベンチマークモデルでは、上場に応募する投資家に情報の非対称性が存在するために逆選択のリスクから、公開価格がアンダープライシングしてしまうことを証明している。この結果は、Rock(1986)によって提唱された「勝者の災い」と整合的な結果である。第4章の特色は、CARA-Gauss モデルを用いることで、投資家の需要申告を内生的に導出した点にあり、アドホックに需要関数を仮定することの多い IPO 研究にミクロ的基礎づけを与えていることにある。続いて、ベンチマークモデルに流通市場を挿入することで、流通市場の初値形成が公開価格に影響を与える拡張モデルを考案した。拡張モデルでは、初値の決定をバッチマーケットモデルによって分析している。その結果、流通市場におけるプライス・インパクトの存在が流動性プレミアムとなって、公開価格を低下させる要因になることを証明した。プライス・インパクトに直面する投資家は、積極的に需要申告を行わなくなる。もしも、上場企業が IPO に必要な株式売り出しを達成したければ、公開価格を引き下げて投資家に利益を補償しなければならない。このことが、IPO 市場におけるアンダープライシングの一要因となるというのが本論文の結論である。この結果は、企業が上場条件を決定するときに、流通市場の流動性を改善する財務

戦略をとることで、資金調達を有利にすることができる可能性を示唆している。

第5章では、第4章に引き続き、IPO市場における公開価格と流通市場の流動性の関係を分析している。第5章の目的は、第4章の理論分析で証明された流動性プレミアムの存在を、現実のデータから実証的に明らかにすることである。具体的には、2016年から2017年にかけて実施された日本の新規上場を対象に、その初値収益率を流通市場の流動性指標で回帰分析している。その結果、一部の大型上場を除いたサンプルにおいて、初値収益率と流動性に正の相関が観察され、流動性プレミアムの存在が支持された。この結果について、資金調達額が比較的大きい企業よりも、IPOの規模が小さく流通市場においても流動性が小さくなりがちな企業では、流動性プレミアムが企業の新規資金調達を困難にするという問題が明らかになったと考えている。第4章の理論分析と合わせて、特に小規模な上場企業は主体的に流動性を増加させる財務戦略をとることで、より円滑に資金調達を行うことができる可能性を示唆している。

第6章では、日本株式市場のフラグメンテーションに焦点を当て、その東証の流動性に対する影響を分析した。第6章の目的は、市場構造や取引制度の変化が証券市場の効率性に与える影響を明らかにすることにある。日本の株式市場は、伝統的に東証を中心とした統合型の市場として形成されてきた。しかし金融ビッグバン以降、特に2010年代になって最適執行意識の高まりからPTS市場や証券会社の内部執行市場が、株式取引の10%超を占めるようになってきている。第6章ではこうした市場構造の変化を踏まえ、日経平均225採用銘柄をサンプルに東証の流動性を被説明変数、PTS市場シェアを説明変数としたパネル分析を行っている。その結果、PTS市場のシェアが高まりフラグメンテーションが進むと、東証の流動性が向上する傾向にあることが明らかとなった。また一方で、PTS市場などにおける取引額が東証の取引額を上回る「メインマーケットの反転」現象に着目すると、過剰なフラグメンテーションが東証の流動性を低下させているということも判明した。この結果から、東証の流動性が最も高まる最適なフラグメンテーション比率が存在することが示唆されている。そこで、この最適フラグメンテーション比率についても、パネル分析を行うことで推定している。流動性指標ごとにその比率は異なるが、概ね50%程度のPTSシェアのとき、最も東証の流動性が高まるという推計が得られている。以上の結果より、日本の株式市場においてフラグメンテーション現象は証券市場の効率性を向上させるために寄与していると第6章では結論づけている。

第7章では、本論文で得られた結論について言及し、今後の研究および残された課題について整理する。

2章 証券市場における効率性とマイクロストラクチャーの基本モデル

2.1 証券市場の役割と市場ルール・価格決定方式の形態

2.1.1 証券市場の役割—流動性と価格発見—

本論文の目的は、証券市場の効率性がどのように形成されるかを分析し、現実の証券市場の効率性を実証的に明らかにすることである。そこでまず本節では、証券市場の効率性とは一体何なのか、何によって評価されるべきであるかを証券市場に求められる経済的機能や果たすべき役割から考察する。そして、流動性と価格発見力という2つの概念について説明する。

証券市場は有価証券を取引する市場の総称であり、経済主体間での資金の融通を実現する金融システムの一部である。証券市場は主として直接金融の仕組みを持ち、銀行といった間接金融とは異なる経路で資金の融通を行っている。証券市場における市場参加者や取引の枠組みを整理したものが、図2-1である。

【図2-1 証券市場における取引の枠組みと経済的機能】

図2-1は、証券市場における取引の枠組みとそれによって実現する経済的な結果を示している。証券市場では、証券の売り手となるトレーダーと買い手となるトレーダーが取引を行うため、証券市場に注文を提出する。証券市場は、提出された注文から定められた価格決定ルールに従って証券価格を決定し、売り手と買い手の売買が成立する。この一連の過程によって実現している経済的な結果とは、証券の売り手から買い手へのリスクと証券の移転である。証券価値のリスクを許容できない売り手や、証券の価値が価格に対して低いと判断した売り手は証券を手放す。逆に、証券のリスクを許容しても証券価格が割安だと判断するトレーダーは証券の買い手となる。つまり、証券市場は証券価格を通じたトレーダー間のリスク調節の場であり、リスクの最適な配分を取り持つ機能を果たしている。またその結果として、証券市場は資産形成や運用、他原因によるリスクのヘッジ手段の役割を担うようになっている。

ここで重要となるのが、トレーダーが取引を望むタイミングで取引を妨げられることなく、自由に取引できるということである。もしトレーダーが取引を需要するにも関わらず、取引に多大なコストが生じれば、トレーダーは取引を達成することなく証券の売買機会を失うことになる。このことは、証券市場全体から見れば、証券の適切な配分が行われず最適

なりリスクや資本の移転が成立しないという結果につながる。したがって、証券市場が常に取引機会を提供するということは、証券市場に要求される経済的な役割の1つであると考えられる。マイクロストラクチャーの研究では、この取引の円滑さを「流動性」と表現している¹。

流動性とは、市場参加者にとっての取引の容易さの尺度であり、望んだ取引をどれだけ円滑に実現できるかの尺度と考えられている。言い換えれば、取引を阻むコストの小ささとしても捉えることができる。例えば、証券のファンダメンタルからの乖離であるビッド・アスク・スプレッドや一度によりたくさんの注文を約定させるために必要な市場の厚み、出来高などが流動性の指標となる。本論文でも、この流動性の概念を証券市場の効率性評価に用いるものとする。

流動性と同じく証券市場の重要な機能と考えられている機能に、価格発見力が存在する。価格発見力とは、証券価格がファンダメンタルを正確に反映した価格付けを行う能力と考えられている。価格発見力の高い証券市場では、ファンダメンタルと価格のズレは速やかに修正され、バブルや価格の歪みが持続することは少ない。したがって、トレーダーは適切な価格で取引し、効率的な資源配分を成立させることができる。また、価格発見力が優れた証券市場は、証券価格を観察することで証券の真の価値を正しく推定することができると考えられている。証券市場には、まだ取引には参加していないがこれから取引を行いたいと考える潜在的なトレーダーや上場企業の経営者、政策・規制計画者などさまざまな市場参加者が存在している。価格発見力は、これら市場参加者に向けて証券の価値や経済の環境についての正確な情報を絶えず発信し、それぞれに意思決定の材料を提供する役割を担っていると考えられている。もし、価格発見力の低い証券市場が形成されてしまうと、市場参加者の意思決定に誤りが生じる可能性さえ存在する。よって、本論文では、この価格発見力についても証券市場の重要な役割を捉え効率性の尺度に採用する。

以上、証券市場の経済的な機能と役割から、証券市場の効率性の尺度である流動性と価格発見力を概念的に説明した。これら2つの指標を実際にどのように分析するかについては、第2.2節以降の理論モデルと第2.5節の実証方法で詳しく解説する。

2.1.2 証券市場の形態と価格決定方式の分類

ここでは、証券市場の形態と価格決定方式の違いについて解説する。図2-1の説明で述べたように証券市場は定められた価格決定方式に従って証券価格を決定している。この価

¹ 一般に流動性という言葉は、現金との交換の容易性という意味で使われることもある。しかし本論文では、流動性を証券の取引の容易さを表す市場流動性の意味で使っており、以降も単に流動性と呼称する。

価格決定方式は現実の証券市場でさまざまな形態が存在し、それぞれに個別の特徴を有している。そして、価格決定のルールが異なることから、それぞれの形態では異なった証券価格や流動性、価格発見力の形成が行われている。したがって、証券市場の効率性を詳細に分析するためには、これら形態の違いを明示的に分析することのできる理論モデルや実証の方法が取られる必要がある。そこで本論文では、価格形成ルールの違いを適切に表現することのできるマーケット・マイクロストラクチャーの分析手法を用いることとする。第2.2節以降で、価格決定方式の違いで分類されたモデル分析が行なうため、ここでは証券市場の形態の分類とその特徴について比較する。

証券市場の形態を分類する上で扱う最初の基準は、価格決定の方式がオークション方式とディーラー方式のどちらに従っているかである。オークション方式とは、その名の通りオークションのように、トレーダーが証券市場の指定した価格表の望む価格に望むだけの注文を提出することのできる方式である。この価格表は一般に、指し値板と呼ばれている。オークション方式では、指し値板のうちある価格について売りトレーダーと買いトレーダーの注文が同時に発生しマッチングした場合にその価格で取引を成立させる。トレーダーの注文が別のトレーダーの注文と直接的に取引されて証券価格が決定されるため、この方式を注文駆動型あるいはオーダードリブン方式と呼ぶこともある²。

ディーラー方式とは、証券取引の委託売買や自己売買を事業とする証券ディーラーが提示する売り価格と買い価格で取引を行う方式である。トレーダーが取引を望んだ場合、トレーダーは証券ディーラーに売り価格と買い価格を問い合わせ、両者が合意したときに取引が成立する。ディーリング業務を行う証券会社は現実では複数存在するため、トレーダーはその中から最もよい価格を探索する必要がある。証券ディーラーの提示する価格は呼値とも呼ばれ、呼値が主導して価格が決定されることからディーラー方式を呼値駆動型あるいはクォートドリブン方式と表すこともある。

オークション方式はさらに2つに区分することができる。1つめは、取引時間中であれば指し値板での取引がいつでも自由にできる連続オークション、通称ザラ場方式と取引時間中の定められた時点でのみ注文がマッチングされ取引が成立するバッチオークション方式である。バッチオークション方式では、9時や15時といった定められた時間にトレーダーの注文が一括して集計され、マーケットメーカーと呼ばれる価格決定主体によって価格が清算される。以上の分類と特徴は、表2-1にまとめられている。

【表2-1 市場ルール・価格決定方式の形態の比較】

² より詳細に分類すると指し値板を用いないクロッシングネットワークやバスケット取引などもオーダードリブン方式の1つだが、ここでは論点を絞るため立ち入らない。また、オーダードリブン方式とディーラー方式を同時に存在させる複合形態、ハイブリッド方式についてもここでは議論しない。

表2-1を参考にしながら、それぞれの価格決定方式の違いについて補足し、モデル分析を行う際の基本モデルとの関連を説明する。

まず、オークション方式とディーラー方式では、トレーダーにとって使用することのできる注文の形式が異なっている。指し値注文や成り行き注文が可能なオークション方式に対して、ディーラー方式では成り行き注文すなわち取引量の決定しか行えない。これは、証券ディーラーが提示する価格でしか取引が行われず、トレーダーに価格決定の主体性が存在しないためである。

この点に合わせて、一体誰が価格決定を主導するのかが重要な論点となる。なぜなら、価格の形成を誰が行うかは、同時に流動性や価格発見力の決定は誰に担われているかという問題を意味するからである。オークション方式では、オーダードリブンすなわち各トレーダーに価格決定の主導権が存在する。ディーラー方式では、証券ディーラーのみが価格を決定できる。したがって、流動性や価格発見力の大きさを左右するのはそれぞれ各トレーダーと証券ディーラーである。ザラ場方式やバッチオークション方式では、トレーダーの注文計画がどのように決定されるかを考察することで流動性を分析することができ、証券ディーラー方式では証券ディーラーの価格決定やファンダメンタル予測に焦点を当てるようなモデルを分析することが必要不可欠となっている。

以上の比較を踏まえ、それぞれの価格決定方式を分析するための基本モデルを紹介する。ザラ場方式を分析したモデルの代表として、Grossman and Stiglitz(1980)が存在する。Grossman and Stiglitz(1980)では、合理的な意思決定トレーダーの需要計画を指し値注文として、非合理的なノイズトレーダーの需要を成り行き注文として解釈することであたかも指し値板が形成されているようにモデルを分析することができる。また、流動性や価格発見力の決定はトレーダーの意思決定に依存しており、特に価格発見力がどのように決定されるかを非情報トレーダーの合理的期待によって表すことができる点に特徴がある。バッチオークション方式の分析モデルでは、Kyle(1985)を取り上げる。Kyle(1985)モデルでもGrossman and Stiglitz(1980)モデルと同様にトレーダーの意思決定に多大な関心が払われる。特に Kyle(1985)モデルでは、自身の注文が価格を変動させることを予測して注文を戦略的に調節する戦略的トレーダーを分析する。これによって、戦略的な投資行動がどのように流動性や価格発見に影響を与えるかという問いについての含意を得ることができる。証券ディーラー方式を分析した代表的な研究として、Glosten and Milgrom(1985)が存在する。このモデルでは、証券ディーラーが逐次的に到来するトレーダーの注文からどのように証券の価値を予測するか分析の中心が置かれる。また、証券ディーラーが連続的に流動性や価格発見力の指標を変化させるため、証券市場の効率性の動学的な性質を分析することができるのが特徴である。

以上、ここでは証券市場の形態について比較を行い、それぞれの価格決定方式の分析するモデルの紹介まで行った。それぞれのモデルは以降の節で詳しく分析される。

2.2 ザラ場方式と合理的期待均衡モデルにおける証券市場の効率性

本節では、合理的期待均衡モデルを紹介し、証券市場の効率性がどのように決定されるのかを分析する。またこの分析を通して、証券市場の効率性を研究する意義や動機付けについても言及する。

本節で紹介するのは、CARA-Gauss 型の仮定を用いた合理的期待均衡モデルである³。合理的期待均衡モデルの特徴は、私的情報を持たないトレーダーの合理的な価格予測とシグナル抽出行動を明示化した点にある。このことは、2.2.3 において詳細に分析される。

また、合理的期待均衡モデルはザラ場方式の市場ルールを分析するのに適しているという特徴がある。ザラ場方式とは、定められた取引時間中のどのタイミングでも、トレーダーが注文を発注することができ、指し値板の同じ気配価格で売り注文と買い注文が発注されたとき、注文が約定されるという取引システムである。トレーダーは指し値注文と成り行き注文を選択することができる。合理的期待均衡モデルでは、情報トレーダーと非情報トレーダーの注文は価格に条件付けられた需要関数を提出するため、これを指し値注文と見なすことができる。また、ノイズトレーダーの注文は成り行き注文と解釈できる。一方で、合理的期待均衡モデルは静学的なモデルであるため、本来トレーダーが自由に選択できる取引タイミングをモデル化できないという欠点がある。この点については、ザラ場が開催されている取引時間中の 1 時点をモデル化していると仮定することで、動学的なモデルの複雑性を排除しているという特徴がある。

ザラ場方式は、東証の日中の取引時間やニューヨーク証券取引所、ヨーロッパの証券市場の大部分など電子的に高度化された国の多くで採用されている。したがって、合理的期待均衡モデルでは、現実の多くの証券市場の価格形成メカニズムを分析することが可能となる。

なお本モデルの設定は、Vives(2008)の考案したモデルに依拠している。

2.2.1 モデルの設定

³ CARA-Gauss 型モデルとは、モデル中のトレーダーが CARA 型の効用関数を有しており、全ての確率変数が正規分布に従っていると仮定するモデルの総称である。CARA-Gauss 型モデルの最大の特徴は、トレーダーの効用最大化問題を平均一分散効用の最大化問題に変形することができるという点にある。モデル分析の利便性が高く、拡張も行いやすいため、マイクロストラクチャーの研究領域では広く用いられている仮定の 1 つとなっている。

期間1と期間2から成る2期間モデルを考える。経済には、2つの証券が存在し、それぞれリスク証券と無リスク証券と呼ぶ。リスク証券の価値は、期間1では不確実な確率変数であり、その価値を $\tilde{\theta} = \tilde{v} + \varepsilon$ と表す。リスク証券の価値は2つの部分から構成されており、1つはマクロ経済要因によって決定される \tilde{v} であり、もう1つは、証券個別の要因によって決定される ε である。 \tilde{v} は平均 \bar{v} で分散 σ_v^2 の正規分布 $\tilde{v} \sim N(\bar{v}, \sigma_v^2)$ に、 ε は平均0で分散 σ_ε^2 の正規分布 $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ にそれぞれ従っている。両要因ともに、期間2に価値 v と ε が実現する。無リスク証券は、期間1に1単位の投資を行うと、期間2に確実に $1 + r_f$ 単位の収益を生み出すものである。ただし、ここでは $r_f = 0$ と収益率を基準化する⁴。

この経済では、期間1の終わりに証券市場で取引が行われる。この証券市場には、3タイプのトレーダーが参加する。1つめは、期間1のはじめに証券の価値のうち、マクロ要因 v の実現値を知ることができる情報トレーダーである。2つめは、証券の真の価値を知ることができず、証券価格 p のみを観察することのできる非情報トレーダーである。両トレーダーは、ともに絶対的リスク回避度が α のCARA型効用関数を有していると仮定する。さらに3つめとして、モデル外の外生的な理由により、確率的な注文 $\tilde{X}_n \sim N(0, \sigma_n^2)$ を発生させるノイズトレーダーの存在を仮定する⁵。

続いて、証券価格 p の決定方法について説明する。期間1のはじめに私的シグナルを受け取った情報トレーダーは、効用を最大化するような需要計画 $X_i(p)$ を提出する⁶。非情報トレーダーは証券価格のみを観察し需要計画 $X_u(p)$ を提出する。ノイズトレーダーは、確率的な注文 X_n を行う⁷。以上の注文が市場に発注された後、需給が一致し注文がすべて清算されるように証券価格 p が定まるとする。

また、すべての確率変数は独立であると仮定する。

⁴ したがって、無リスク証券の取引については明示的な分析を行わない。

⁵ モデル外の外生的な理由とは、ライフサイクルにおける投資と消費の調整や、他の証券ペイオフをヘッジする目的でのポートフォリオリバランスなどが考えられる。

⁶ このように証券価格の高低によって注文数を変化させる注文形式は、指し値注文と呼ばれている。本モデルでは、情報トレーダーと非情報トレーダーはともに、指し値注文を行っているとして解釈することができる。また、価格について別の注文数があることから、指し値板を形成していると解釈できる、このことから合理的期待均衡モデルはザラ場の静的な一場面をモデル化していると解釈されている。

⁷ 情報トレーダーや非情報トレーダーと比べて、ノイズトレーダーは証券価格とは無関係に一定数の注文を行う。このように、証券価格に依存せずただちに約定を求める注文形式は、成り行き注文と呼ばれている。現実には即して考えるならば本モデルは成り行き注文がどれだけ到来するかわからない、市場の活況が不確実な市場環境を考えていると解釈できる。

2.2.2 各トレーダーの需要計画および証券市場の需給清算

ここでは、各トレーダーの最適化問題から需要計画を導出し、証券価格の決定について分析する。

はじめに、情報トレーダーの需要計画を導出する。情報トレーダーは、期間1のはじめに証券の真の価値の一部 v を知ることができる。したがって、情報トレーダーの最適化問題は、次の(2.1)式で表される。

$$\max_{X_i} E[(\tilde{\theta} - p)X_i | v] - \frac{1}{2} \alpha \text{Var}[(\tilde{\theta} - p)X_i | v] \quad (2.1)$$

ただし、 $E[\cdot]$ は期待値演算を、 $\text{Var}[\cdot]$ は分散演算を表している。(2.1)式を X_i について微分し、一階の条件を用いることで、情報トレーダーの需要計画は次の(2.2)式となる。

$$X_i = \frac{E[\tilde{\theta} | v] - p}{\alpha \text{Var}[\tilde{\theta} | v]} \quad (2.2)$$

ここで、正規分布の標準的な条件付き期待値、分散の計算を用いると、

$$\begin{aligned} E[\tilde{\theta} | v] &= v \\ \text{Var}[\tilde{\theta} | v] &= \sigma_{\tilde{\theta}}^2 \end{aligned}$$

となる。この結果を(2.2)式に代入した、(2.3)式が情報トレーダーの需要計画である。

$$X_i = \frac{v - p}{\alpha \sigma_{\tilde{\theta}}^2} \quad (2.3)$$

次に、非情報トレーダーの需要計画を求める。非情報トレーダーは期間1に私的シグナルを知ることができないが、証券価格 p を観察することはできる。これは、情報トレーダーの需要計画 $X_i(p)$ とノイズトレーダーの平均的な注文数 $X_n = 0$ を予測することができれば、自身の需要計画と合わせて証券価格がどのように定まるかが予測できるからである。したがって、証券価格 p を観察した非情報トレーダーの最大化問題は次の(2.4)式で表すことができる。

$$\max_{X_u} E[(\tilde{\theta} - p)X_u | p] - \frac{1}{2} \alpha \text{Var}[(\tilde{\theta} - p)X_u | p] \quad (2.4)$$

(2.4)式を X_u について微分し、一階の条件を用いることで、非情報トレーダーの需要計画は次の(2.5)式となる。

$$X_u = \frac{E[\tilde{\theta} | p] - p}{\alpha \text{Var}[\tilde{\theta} | p]} \quad (2.5)$$

以上で求められた各トレーダーの注文をもとに、証券価格を導出する。証券価格は、次の清算条件(2.6)式を満たす。

$$X_i + X_u + X_n = 0 \quad (2.6)$$

この(2.6)式は、(2.3)式と(2.5)式を代入すると、

$$\frac{v - p}{\alpha \sigma_\varepsilon^2} + \frac{E[\tilde{\theta} | p] - p}{\alpha \text{Var}[\tilde{\theta} | p]} + X_n = 0 \quad (2.7)$$

となる。

2.2.3 非情報トレーダーによるシグナル抽出と証券価格の決定

ここでは、(2.7)式を満たす証券価格を明示的に求めるため、非情報トレーダーの行うシグナル抽出を解説する。その後、証券価格 p を明示的に導出する。

(2.7) 式を満たす証券価格を明示的に求めるには、証券価格の決定と非情報トレーダーの需要計画を同時に決定しなければならない。そこで、本モデルでは証券価格に「線形性」の仮定をおくことで解析解を求めることにする。

証券価格が線形であるとは、証券価格が次の (2.8) 式に従うことである。

$$\tilde{p} = a + b \cdot \tilde{v} + c \cdot \tilde{X}_n \quad (2.8)$$

(2.8) 式において、 a 、 b および c は価格決定を特徴づけるパラメーターである。 b は、情報トレーダーの受け取るマクロ経済要因に対する感応度を表し、 c はノイズトレーダーの注文に対する感応度である。 a はそのどちらでもない定数項である。この a 、 b および c は、計算を進めた後、事後的に係数を一致させることで内生的に決定される。

(2.8) 式を仮定することで、非情報トレーダーの需要計画を変形することができるようになる。非情報トレーダーは、証券価格を観察することで、証券価値に関する新しい情報量 z を抽出することができる。

$$\tilde{z} = p - a = b \cdot \tilde{v} + c \cdot \tilde{X}_n \quad (2.9)$$

(2.9)式の操作は、「シグナル抽出」と呼ばれている。非情報トレーダーは、個々の確率変数の実現値を識別することはできなくとも、観察できる部分 ($p - a$) の値から観察できない部分 ($b \cdot \tilde{v} + c \cdot \tilde{X}_n$) の合計値を推定することはできる。これにより、証券価格を観察することと新しい情報量 z を観察することは、情報量の意味で全く同値となる⁸。

(2.9) 式を (2.5) 式に代入することで、非情報トレーダーの需要計画は次の (2.10) 式となる。

$$X_u = \frac{E[\tilde{\theta}|\tilde{z}] - p}{\alpha \text{Var}[\tilde{\theta}|\tilde{z}]} \quad (2.10)$$

正規分布の標準的な条件付き期待値、分散の計算から

⁸ 「情報量の意味で等しい」ことは、それぞれの分布が一致することによって確かめることができる。

$$E[\tilde{\theta}|z] = \bar{v} + \frac{b\sigma_v^2}{b^2\sigma_v^2 + c^2\sigma_n^2} \{b(\tilde{v} - \bar{v}) + c\tilde{X}_n\} \quad (2.11)$$

$$Var[\tilde{\theta}|z] = \sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2 - \frac{b^2\sigma_v^4}{b^2\sigma_v^2 + c^2\sigma_n^2} \quad (2.12)$$

となる。

(2.11)式と (2.12) 式を(2.10)式に代入し、非情報トレーダーの需要関数を求めた後、清算条件(2.7)式に代入して、 p について解くと、証券価格は (2.13) 式となる。ただし、表記の見通しのため、 $\Delta = \frac{b}{c}$ および $Q = \sigma_n^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + \Delta^2\sigma_v^2\sigma_\varepsilon^2$ と定義した。

$$p = \frac{\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2}{Q + \sigma_\varepsilon^2(\Delta^2\sigma_v^2 + \sigma_n^2)} \bar{v} + \frac{Q + \Delta^2\sigma_v^2\sigma_\varepsilon^2}{Q + \sigma_\varepsilon^2(\Delta^2\sigma_v^2 + \sigma_n^2)} \tilde{v} + \frac{\alpha\sigma_\varepsilon^2 Q + \Delta\sigma_v^2\sigma_\varepsilon^2}{Q + \sigma_\varepsilon^2(\Delta^2\sigma_v^2 + \sigma_n^2)} \tilde{X}_n \quad (2.13)$$

$$\Delta = \frac{b}{c} \quad (2.14)$$

$$Q = \sigma_n^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + \Delta^2\sigma_v^2\sigma_\varepsilon^2 \quad (2.15)$$

証券価格は「線形性」の仮定を満たすように定めたことを利用すると、(2.8)式と(2.13)式の係数を比較することで、 a 、 b および c を特定することができる。具体的には、次の(2.16)式、(2.17) 式、(2.18) 式からなる3本の連立方程式の解である。

$$a = \frac{\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2}{Q + \sigma_\varepsilon^2(\Delta^2\sigma_v^2 + \sigma_n^2)} \bar{v} \quad (2.16)$$

$$b = \frac{Q + \Delta^2\sigma_v^2\sigma_\varepsilon^2}{Q + \sigma_\varepsilon^2(\Delta^2\sigma_v^2 + \sigma_n^2)} \quad (2.17)$$

$$c = \frac{\alpha\sigma_\varepsilon^2 Q + \Delta\sigma_v^2\sigma_\varepsilon^2}{Q + \sigma_\varepsilon^2(\Delta^2\sigma_v^2 + \sigma_n^2)} \quad (2.18)$$

以上の結果を命題 2.1 としてまとめる。

・命題 2.1 (合理的期待均衡モデルの証券価格)

証券価格の線形性を仮定すると、合理的期待均衡において、次の証券価格が成り立つ。

$$\tilde{p} = a + b \cdot \tilde{v} + c \cdot \tilde{X}_n \quad (2.19)$$

$$a = \frac{\sigma_\varepsilon^2 \sigma_n^2}{2\sigma_v^2 + a^2 \sigma_\varepsilon^2 \sigma_n^2 (\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)} \bar{v} \quad (2.20)$$

$$b = \frac{2\sigma_v^2 + a^2 \sigma_\varepsilon^2 \sigma_n^2 (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)}{2\sigma_v^2 + a^2 \sigma_\varepsilon^2 \sigma_n^2 (\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)} \quad (2.21)$$

$$c = \frac{2\sigma_v^2 \sigma_\varepsilon^2 + a^2 \sigma_\varepsilon^4 \sigma_n^2 (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)}{2\sigma_v^2 + a^2 \sigma_\varepsilon^2 \sigma_n^2 (\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)} \quad (2.22)$$

命題 2.1 の内容について補足する。合理的期待均衡モデルの証券価格は、価格付けを特徴付ける 3 つのパラメーターによって記述される。それは①証券の平均的なファンダメンタルに対する感応度を表す a と②マクロ要因の私的情報への感応度 b 、そして③ノイズトレードへの感応度 c であった。各パラメーターの比較静学は、次の比較静学表にまとめる。

・命題 2.2 (合理的期待均衡モデルにおける価格付けパラメーターの比較静学)

合理的期待均衡モデルの価格付けパラメーターについて、次の表 2-2 で与えられる比較静学の結果が成立する。

【表 2-2 価格付けパラメーターの比較静学表】

ただし、 $\frac{\partial a}{\partial \sigma_\varepsilon^2}$ については次の(2.23)式が成り立つとき増加関数となり、符号が逆になると減少関数となる。

$$\sigma_v^2 > a^2 \sigma_\varepsilon^4 \sigma_n^2 \quad (2.23)$$

以上の結果は、補論 A にて証明する。これらの結果は、証券市場の効率性を特徴付ける次節で活用される。

2.2.4 証券市場の効率性—流動性と価格発見—

ここでは、合理的期待均衡モデルの証券価格をもとに、証券市場の効率性について分析を行う。2.1 節で言及したように、証券市場には主に 2 つの役割があると考えられている。1 つめが流動性であり、2 つめが価格発見である。

本モデルにおいても、証券市場の効率性を評価するにあたり、流動性 L を (2.24) 式を定義する⁹。

$$L = \frac{1}{\frac{\partial p}{\partial X_n}} = \frac{1}{c} = \frac{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)}{2\sigma_v^2\sigma_\varepsilon^2 + a^2\sigma_\varepsilon^4\sigma_n^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (2.24)$$

(2.24) 式は、ノイズトレードが 1 単位増加した際にどれだけ価格が変化するかというプライス・インパクトの指標となっている。本モデルでは、プライス・インパクトの指標を係数 c の逆数によって直接表現できる。 L が大きいほど流動性の高い市場と評価する。

プライス・インパクトによる流動性の比較静学は、前節の命題 2.2 の比較静学表にて分析済みである。よって、ここでは流動性の決定について命題 2.2 の結果を用いながら言及する。まず、マクロ要因の分散 σ_v^2 や個別要因の分散 σ_ε^2 が増加するほど c は大きくなり、市場流動性が低下する。これは、ファンダメンタルが不確実なほど、1 単位あたりの注文にかかる逆選択コストが高くなるためである。また、絶対的リスク回避度 α が大きく、ノイズトレードの分散 σ_ε^2 が大きくなるほど、市場流動性 L は小さくて済む。トレーダーの要求するプレミアムが減少し、逆選択リスクが低下することがこの原因である。

続いて、2 つめの流動性指標としてビッド・アスク・スプレッド S を定義する。ビッド・アスク・スプレッドはファンダメンタルと証券価格との乖離分であり、トレーダーが負担する取引コストの大きさを表している¹⁰。

⁹ X_n は実際には確率変数であるからこの偏微分表記について注意が必要である。ここでは、「 X_n の確率分布はそのままに、 X_n の実現値が 1 単位増加した際の証券価格 p の変化」を意味するものとしてこの表記を使用するものとする。

¹⁰ ここでのビッド・アスク・スプレッドは、取引が成立する前に予想されるスプレッドで

$$S = E[\tilde{\theta} - \tilde{p}] = \left(1 - \frac{a}{\bar{v}} - b\right) \bar{v} \quad (2.25)$$

ビッド・アスク・スプレッド S が小さいほど低コストで流動性の高い市場であると評価する。(2.25)式で表されるようにビッド・アスク・スプレッドは、価格付けパラメーター a と b で表される。それぞれのパラメーターの比較静学から、ビッド・アスク・スプレッドの変化は複雑なものとなることがわかる。ただし、絶対的リスク回避度の増加については、ビッド・アスク・スプレッドは大きくなり、市場流動性が低下することがわかる。

続いて、証券市場の価格発見力について考察を行う。次の(2.26)式のように定義する。

$$D = \frac{1}{\text{Var}[\tilde{\theta}|p]} = \frac{1}{\text{Var}[\tilde{\theta}|z]} = \frac{\sigma_v^2 + a^2 \sigma_\varepsilon^4 \sigma_n^2}{\sigma_\varepsilon^2 \{\sigma_v^2 + a^2 \sigma_\varepsilon^2 \sigma_n^2 (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\}} \quad (2.26)$$

これは、価格を観察することでどれだけ正確に証券価値を予測できるかに着目した指標である。条件付き分散が小さく D が大きいほど価格発見力の高い市場であると評価できる。合理的期待均衡モデルでは、 D は非情報トレーダーにとっての条件付き分散の逆数と等しくなる。

・命題 2.3 (価格発見力に関する比較静学)

価格発見力 D について、次の表 2-3 で与えられる比較静学の結果が成立する。

【表 2-3 価格発見力の比較静学表】

命題 2.3 の結果は、補論 B で証明する。価格発見力 D は、すべてのパラメーターについて減少する。これはファンダメンタルそのものがより不確実な経済環境においては、証券価格も真の価値を伝達することに失敗するためである。

価格発見に関する重要な研究として、Fama(1980)によって提唱された効率的市場仮説が挙げられる。次の命題 2.4 は、合理的期待均衡モデルではストロングフォームで効率的な市場が形成されないことを示している。

あり、正確には気配スプレッドである。ビッド・アスク・スプレッドの種類については、2.5.1.1 で詳説する。

・命題 2.4 (合理的期待均衡モデルにおける非ストロングフォーム効率性)

合理的期待均衡モデルにおいて、ストロングフォームでの効率性を次の (2.27) 式で表すと、

$$\bar{D} = \frac{1}{\text{Var}[\tilde{\theta}|v]} = \frac{1}{\sigma_{\tilde{\theta}}^2} \quad (2.27)$$

(2.26) 式と (2.27) 式の比較から

$$D < \bar{D} \quad (2.28)$$

が成り立つ。

ストロングフォームの効率性とは、証券価格にすべての私的情報が含まれている状態を指している。もしもそうなれば、価格発見力はこの経済で最も情報優位に立つ情報トレーダーの分散の逆数に一致するはずである。しかし、実際には、合理的期待均衡ではこの条件は満たされない。命題 2.4 の含意は、合理的期待均衡モデルではストロングフォームでの効率性が成立しないということを指摘している。この結果から派生する重要な結果として、次の命題 2.5 はストロングフォームでの効率性の成立要因を示している。

・命題 2.5 (ノイズトレーダーの不参加によるストロングフォーム効率性の成立)

合理的期待均衡モデルにおいて、 $\sigma_n^2 \rightarrow 0$ ならば、

$$\bar{p} = \bar{a} + \bar{b} \cdot v \quad (2.29)$$

$$\bar{a} = 0 \quad (2.30)$$

$$\bar{b} = 1 \quad (2.31)$$

であり、 $\bar{p} = v$ となる¹¹。このとき、

¹¹ $\sigma_n^2 \rightarrow 0$ のとき、 \tilde{X}_n の分布は $\tilde{X}_n \sim N(0, 0)$ へと退化する。これは、実際のところ確実に $X_n = 0$ の実現値が起こることと同じである。

$$D = \bar{D}$$

(2.32)

が成立する。

これは、ノイズトレーダーが市場から完全に退出する環境になれば、ストロングフォームでの効率性が成立することを表している。このとき、いかなる証券価値が実現したとしても、証券価格が完全に正確に証券の本源的な価値に一致し、価格発見力 D は \bar{D} に一致する。

命題 2.5 の結果は、証券価値や価格に無関係に取引するノイズトレーダーがストロングフォームで効率性な市場の形成を阻害していると言い換えることもできる。この結果は、Milgrom and Storky(1982)によって証明された無取引命題と呼ばれている。この結果が示すのは、ノイズトレーダーが存在せず、私的情報と価格の間の差から裁定を行おうとする純粋に投機的なトレーダーのみが存在するとき、価格が私的情報を完全に顕示ようになるため、価格とファンダメンタルが一致する。そうなれば、誰も証券市場で取引を行う動機がなくなり、出来高が完全に消失するというものである。実際、(2.29)式を情報トレーダーの需要関数と非情報トレーダーの需要関数 (2.3) 式と(2.10)式に代入すると、

$$X_i = \frac{v - \bar{p}}{\alpha \sigma_\varepsilon^2} = 0$$

(2.33)

$$X_u = \frac{E[\tilde{\theta}|\bar{p}] - \bar{p}}{\alpha \text{Var}[\tilde{\theta}|\bar{p}]} = \frac{v - \bar{p}}{\alpha \sigma_\varepsilon^2} = 0$$

(2.34)

となり、注文数は0となる。

無取引命題の示すインプリケーションは、現実の証券市場の非効率性を指摘した点にある。現実では、証券市場で活発に取引がなされており、出来高がないことは稀である。ということは、証券価格がファンダメンタルに一致するという完全に情報効率的な価格形成が行われているとは考えにくいし、またノイズトレーダーのようなトレーダーの存在も否定できない。つまり、トレーダーも合理的に情報と価格との裁定を行っているとは言えないのではないかと、いうものである。つまり、証券市場の価格発見力を分析する意義があるということを示し、価格発見力研究の萌芽となったのである。

2.2.5 証券市場の価格発見力と情報獲得インセンティブ

続いて紹介するのは、Grossman and Stiglitz の逆説と呼ばれている命題である。Grossman and Stiglitz(1980)は情報獲得インセンティブに着目し、ストロングフォームでの効率性が成立しないことを指摘している。ここでは、この主張を紹介するためにモデルに修正を加える。

当初のモデルにおいては、情報トレーダーと非情報トレーダーはアドホックに分離されており、情報獲得を行って自発的に情報を入手するかどうかは分析されていなかった。ここでは、情報獲得過程を内生化するために、期間1以前の期間0と情報探索コストをモデルに加える。

情報探索は、期間0に行われる。トレーダーは固定コスト k をかけて、情報探索を「行う」か「行わないか」のどちらかを選択する。情報を探索した場合には、マクロ経済環境に関する正確な情報 v を入手し情報トレーダーになることができる。情報探索を行わなかった場合には、非情報トレーダーになると仮定する。以上の修正の下で、情報トレーダーの2値選択問題は次の(2.35)式で書き表すことができる。ただし、ここで、 U_i は情報トレーダーの効用関数、 U_u は非情報トレーダーの効用関数である。

$$\frac{E[U_i]}{E[U_u]} > 1 \quad (2.35)$$

ならば情報探索を行い情報トレーダーになり、

$$\frac{E[U_i]}{E[U_u]} \leq 1 \quad (2.36)$$

ならば、非情報トレーダーになる。

ここで、

$$E[U_i] = -e^{-\alpha\{E[(\bar{\theta}-p)x_i|v] - \frac{1}{2}\alpha\text{Var}[(\bar{\theta}-p)x_i|v] - k\}} \quad (2.37)$$

$$E[U_u] = -e^{-\alpha\{E[(\bar{\theta}-p)x_u] - \frac{1}{2}\alpha\text{Var}[(\bar{\theta}-p)x_u]\}} \quad (2.38)$$

である。これは第0期で期待できる効用の大きさを比較して、情報トレーダーの期待効用の方が大きければ、情報探索を行うことを意味している。

(2.37) 式と(2.38)式を(2.35)式に代入し、指数関数をくくり出すと、この閾値は情報トレーダーと非情報トレーダーの平均分散効用の比となる。この閾値を整理すると、次の(2.39)式のようになる。

$$\frac{E[U_i]}{E[U_u]} = -e^{\alpha k} \frac{\sqrt{\text{Var}[\tilde{\theta}|v]}}{\sqrt{\text{Var}[\tilde{\theta}|z]}} = -e^{\alpha k} \sqrt{D \cdot \sigma_\varepsilon^2} \quad (2.39)$$

よって、情報探索選択について、次の命題 2.6 が成り立つ。

・ 命題 2.6 (情報トレーダーを選択するための情報獲得コストの閾値)

情報獲得過程を追加した合理的期待均衡モデルにおいて、情報探索コストが次の(2.40) 式で与えられる \bar{k}

$$k < \bar{k} = \frac{1}{\alpha} \log \sqrt{\frac{1}{D \cdot \sigma_\varepsilon^2}} \quad (2.40)$$

より小さければ、期間 0 でトレーダーは情報獲得を行い、情報トレーダーになる。

情報探索コストの閾値 \bar{k} は、(2.40)式で与えられたとおりで、期間 1 の証券市場の価格発見力 D に依存する。そして、 D が大きくなるほど、 \bar{k} は小さくなる。つまり、固定コストに関する制約がより厳しくなり、よほど小さくなければ情報トレーダーになることを選択しない。

極端な例として、命題 2.5 で提示したストロングフォーム効率的な市場を考えてみる。

このとき、 $\sigma_n^2 \rightarrow 0$ で $D = \bar{D} = \frac{1}{\sigma_\varepsilon^2}$ が実現していた。すると、対数関数の項は 0 となり、右辺

は 0 となる。これを満たす正の定数 k は存在しなくなる。これは、誰しも情報トレーダーになり得ないということを示している。しかし、期間 1 から情報トレーダーが退出してしまえば、証券市場は非情報トレーダーだけで占有されることになる。このとき、証券価格に私的情報をもたらして、価格発見力を高めるのは誰になるのか。もしもストロングフォームで効率的な証券市場が成立しているならば、誰も情報探索を行わない。しかし、誰も情報探索を行わないならば、誰が証券市場のストロングフォーム効率性を支えているのか。

この問いと命題が、Grossman and Stiglitz の逆説と呼ばれているものである。この逆説は、ストロングフォームの効率性が本質的に存在しえないことを主張している。合理的期待均衡モデルにおいても、ノイズトレーダーが存在しないなどの特殊な環境を除けば、証券市場のセミストロングフォームで効率的であった。この研究はマイクロストラクチャー研究の初期段階で、価格発見力がどのように決定されるのかを分析し、現実の証券市場の価格発見力に着目することの意義を指摘した重要な研究であると考えられる。

2.2.6 合理的期待均衡モデルの帰結

2.2 節では、合理的期待均衡モデルを通して、証券市場の効率性がどのように決定されるのか分析を行った。合理的期待均衡モデルの基本的な結果は、以下のとおりである。まず、私的情報を知ることできないトレーダーであっても、証券価格からシグナルを抽出することを手掛かりに、需要を形成することができる。その際に重要なのは、非情報トレーダーにとっての条件付き分散、すなわち証券市場の価格発見力である。証券市場の価格発見力が高いほど、非情報トレーダーの需要は正確に注文される。そして、証券価格は、リスク証券のファンダメンタル価値への感応度やノイズトレーダー注文へのプライス・インパクトといったパラメーターで表現することができる。

証券市場の効率性の1つである流動性については、プライス・インパクトとビッド・アスク・スプレッドを考察した。プライス・インパクトやビッド・アスク・スプレッドは、リスク証券のファンダメンタルからどれだけ乖離して取引することになるかを表す、トレーダーにとっての取引コストであった。こうした取引コストは、証券市場の環境が不確実になるほど大きくなり、トレーダーが証券市場に参加するための負担を増加させることになる。

価格発見力については、ファンダメンタルの分散が小さくトレーダーのリスク許容度が大きいときに、価格発見力は向上するという基本的な結果が得られる。さらに、理論的には、特殊な環境を除いて、証券市場はストロングフォーム効率的になり得ないことが証明されている。実際に、現実の世界でもセミストロングフォーム以下の情報効率性が成立していると考えられる。ストロングフォームで効率的ならば、そもそも価格発見力を分析する意義は存在しない。しかし、セミストロングフォーム以下であるからこそ、証券市場の情報伝達力がどのように決定されているか、その評価を下す手法を開発することに意義が生まれる。

最後に合理的期待均衡モデルについて研究した既存研究を紹介する。合理的期待均衡モデルは1980年代から広く分析されてきたが、近年になってより一般的な仮定の下で合理的期待均衡モデルを分析する取り組みが行われている。例えば、Lou et al.(2019)は情報ト

レーダーの私的情報が1つではなく多次元でかつトレーダー毎に異質的であるようなケースを分析している。このモデルは、特殊な条件を与えることで Grossman(1976)や Hellwig(1980)に派生させることができる、より一般的な情報構造を仮定したモデルとなっている。また、Breon-Drish(2015)は合理的期待均衡モデルにおいて、証券価値やノイズトレードが正規分布に従うという仮定を緩和し、その上でユニークな解が存在するための十分条件を導出している。Dávila and Parlatore(2019)は合理的期待均衡モデルにさまざまなコスト関数を導入して、情報獲得インセンティブがどのように変化し、証券市場の価格発見力が変化するかを検証している。

以降の節では、この動機付けをもとにどのように流動性や価格発見が決定されるかについて追究する。2.3節では逐次取引モデルを扱うことで、流動性と価格発見のダイナミクスを考察する。2.4節では、バッチマーケットモデルを解説し、トレーダーの戦略的な投資行動がどのように証券市場の効率性に影響を与えるかを分析する。

2.3 ディーラー方式と逐次トレードモデルにおける

証券市場の効率性のダイナミクス

本節では、マイクロストラクチャーの基本モデルの1つである、逐次トレードモデルを紹介する。逐次トレードモデルでは、売り価格と買い価格を常時提示し続ける証券ディーラーのもとに、トレーダーが順番に到来し注文を行う。このような形態の価格決定方式は、ディーラー方式と呼ばれている。ディーラー方式は現実市場でも広く採用されている取引システムの1つである。例えば、NASDAQ やロンドン株式市場、外国為替市場などが挙げられる。

ディーラー方式の分析を最初に行った研究として、Glosten and Milgrom(1985)が存在する。Glosten and Milgrom(1985)モデルの特徴は、私的情報を有した投資家が逐次的にマーケットメーカーの下に到来し、取引を行うという取引の動学をモデル化した点にある。これは、注文が一斉に発注され、市場で需給が均衡するように価格が決定される合理的期待均衡モデルとは異なったマーケットシステムを仮定しているからである。証券ディーラーは、自分のもとに到来するトレーダーが情報トレーダーか非情報トレーダーか知ることができず、逆選択のリスクに直面している。そこで、売り価格と買い価格で異なった価格提示を行って、逆選択リスクに備えるようになる。これが、ビッド・アスク・スプレッドであり、逐次トレードモデルでは内生的にビッド・アスク・スプレッドの決定と流動性の分析を行うことができる。本モデルでは、このモデルを2期間まで延長し、流動性と価格発見力の動学的な性質を明らかにすることを目的とする。

2.3.1 モデルの設定

$t \in (1, 2)$ で第1期、第2期からなる2期間モデルを考える¹²。この経済には1つの証券が存在し、リスク証券と呼ばれる。このリスク証券の価値を \tilde{v} で表し、第2期末まで価値が不確定でベルヌーイ分布にしたがう確率変数 $\tilde{v} \in (\underline{v}, \bar{v})$ であると仮定する。 $\tilde{v} = \bar{v}$ とは、リスク証券の価値が高く実現した場合であり、その実現確率は $P(\bar{v}) = \frac{1}{2}$ とする。逆に、 $\tilde{v} = \underline{v}$ ならばリスク証券の価値は低く、その実現確率は $P(\underline{v}) = \frac{1}{2}$ とする。

この経済では、それぞれの期間の終わりに証券市場でリスク証券が取引される。そして、この取引には2タイプのトレーダーが参加する。第一に、リスク証券の真の価値を観察することのできる情報トレーダーである。情報トレーダーは第1期のはじめに私的シグナルの実現値 v を観察した後、 $v = \bar{v}$ ならば1単位の買い注文を行い、 $v = \underline{v}$ ならば1単位の売り注文を行う。第二に、リスク証券の真の価値を観察することのできない非情報トレーダーである。非情報トレーダーは、モデル外の外生的な理由からリスク証券の取引を需要し、1単位の買い注文を確率 $\frac{1}{2}$ で、売り注文を確率 $\frac{1}{2}$ で行うと仮定する。情報トレーダーの人口比率を μ 、非情報トレーダーの人口比率を $1 - \mu$ とおく。それぞれの期間では、この人口プールのうち1人が証券ディーラーのもとに到来し取引を行う。第1期と第2期でのトレーダーの到来は独立であると仮定する。

証券市場の価格決定は、ディーラー方式によって行われる。証券市場には無数の証券ディーラーが存在し、競争的に売り価格 A_t と買い価格 B_t を提示している。トレーダーが買い注文を行う場合、ディーラーの売り価格 A_t で取引が成立する。売り注文の場合は、買い価格 B_t である。情報トレーダーと非情報トレーダーは、すべてのディーラーの価格を観察し、最も高い買い価格と最も売り価格を提示するディーラーの下に注文を発注する。ディーラーの価格設定は、次のように定式化される。ディーラーは、リスク証券のファンダメンタルと価格との間で裁定を行う証券ディーラー業者である。よって、次のように利益を最大にするように価格を決定する。

$$\max_{A_t, B_t} E[(\tilde{v} - A_t)|\Omega_t] + E[(B_t - \tilde{v})|\Omega_t] \quad (2.41)$$

(2.41)式のうち、 Ω_t は第 t 期における証券ディーラーの情報集合である。(2.41)式の1項目は、トレーダーの売り注文に対応した時の証券ディーラーの利益であり、2項目はトレ

¹² 本章では2期間で終了するモデルを考えているが、無限期間モデルなどそれ以上の期間に拡張することも可能である。

ーダーが買い注文を行った際の、証券ディーラーの利益である。ただし、ディーラーは無数に存在し、最も良い価格気配を提示できなければ、取引を行うことはできない。したがって、競争市場におけるゼロ利潤条件から、(2.42) 式を満たすように価格を決定する¹³。

$$A_t = E[\tilde{v}|\Omega_t] \quad (2.42)$$

これは結局のところ、ファンダメンタル価値を最良推定するという他にない。売り価格についても、

$$B_t = E[\tilde{v}|\Omega_t] \quad (2.43)$$

である。

証券ディーラーの観察することのできる情報 Ω_t は、次の3つである。1つめは、リスク証券の事前分布、2つめは情報トレーダーと非情報トレーダーの人口比率、3つめは自分のところに到来した注文の売り買いの種別である。この3つの情報をもとに、証券ディーラーは証券価値をベイズ推定すると仮定する。例として、第1期に買い注文を観察した証券ディーラーの情報集合 $\Omega_1 = \{Buy\}$ と表記する¹⁴。

2.3.2 逐次トレードモデルにおける証券価格の決定

前節のモデル設定の下、本節では証券ディーラーの価格付け行動について考察し、証券価格を導出する。はじめに第1期を、その後に第2期を分析する。

第1期において買い注文が到来したならば、証券ディーラーは $\Omega_1 = \{Buy\}$ の情報集合を利用し、売り価格 A_1 を提示する。(3.1)式に $\Omega_1 = \{Buy\}$ を代入すれば、

$$A_1 = E[\tilde{v}|\Omega_1 = \{Buy\}] \quad (2.44)$$

¹³ 証券ディーラーは、売り注文と買い注文に対する利益の合計が0になることになるということも考えられる。しかし、ここでは売り注文と買い注文の対応それぞれで利益が0になるという設定を用いる。

¹⁴ 証券ディーラーの情報集合について、リスク証券の事前分布と各トレーダーの人口比率の表記は省略する。

である。ベイズの公式より、

$$E[\tilde{v}|\Omega_1 = \{Buy\}] = \underline{v} \cdot \frac{P(Buy|\underline{v}) \cdot P(\underline{v})}{P(Buy)} + \bar{v} \cdot \frac{P(Buy|\bar{v}) \cdot P(\bar{v})}{P(Buy)} \quad (2.45)$$

である。ここで、 $P(Buy|\underline{v})$ と $P(Buy|\bar{v})$ は尤度、 $P(\underline{v})$ と $P(\bar{v})$ は事前分布、 $P(Buy)$ は基準化定数と呼ばれている。事前分布は、モデルの仮定より自明であるので、それぞれの尤度と基準化定数について計算すると、

$$P(Buy|\underline{v}) = \frac{1}{2}(1 - \mu) \quad (2.46)$$

$$P(Buy|\bar{v}) = \mu + \frac{1}{2}(1 - \mu) \quad (2.47)$$

$$P(Buy) = \frac{1}{4}(1 - \mu) + \frac{1}{2}\left\{\mu + \frac{1}{2}(1 - \mu)\right\} \quad (2.48)$$

となる。これを、(2.45) 式に代入すると、売り価格が次の (2.49) 式で定まる。

$$A_1 = \frac{1}{2}(1 - \mu)\underline{v} + \frac{1}{2}(1 + \mu)\bar{v} \quad (2.49)$$

トレーダーが売り注文を行った場合には、証券ディーラーは情報集合 $\Omega_2 = \{Sell\}$ を活用して、買い価格 B_1 を提示する。同様の手順から、条件付き期待値は

$$E[\tilde{v}|\Omega_1 = \{Sell\}] = \underline{v} \frac{P(Sell|\underline{v}) \cdot P(\underline{v})}{P(Sell)} + \bar{v} \frac{P(Sell|\bar{v}) \cdot P(\bar{v})}{P(Sell)} \quad (2.50)$$

で、尤度と基準化定数は

$$P(\text{Sell}|\underline{v}) = \mu + \frac{1}{2}(1 - \mu) \quad (2.51)$$

$$P(\text{Sell}|\bar{v}) = \frac{1}{2}(1 - \mu) \quad (2.52)$$

$$P(\text{Sell}) = \frac{1}{2}\left\{\mu + \frac{1}{2}(1 - \mu)\right\} + \frac{1}{4}(1 - \mu) \quad (2.53)$$

となる。(2.51)式と(2.52)式、(2.53)式を(2.50)式に代入することで、買い価格 B_1 が求められる。

以上の結果を命題 2.7 としてまとめる。

・ 命題 2.7 (逐次トレードモデルにおける第 1 期の証券価格)

逐次トレードモデルの仮定のもとで、次の証券価格が成り立つ。

$$A_1 = \frac{1}{2}(1 - \mu)\underline{v} + \frac{1}{2}(1 + \mu)\bar{v} \quad (2.54)$$

$$B_1 = \frac{1}{2}(1 + \mu)\underline{v} + \frac{1}{2}(1 - \mu)\bar{v} \quad (2.55)$$

命題 2.7 によれば、買い価格・売り価格ともに証券の実現値を、到来する注文の確率で加重平均したものとなることを示している。また、買い価格と売り価格は仲値を中心に上下対称に形成されている。このことは仲値 M_1 が、

$$M_1 = \frac{A_1 + B_1}{2} = \frac{1}{2}(\underline{v} + \bar{v}) \quad (2.56)$$

であり、

$$A_1 - M_1 = M_1 - B_1 = -\frac{1}{2}\mu(\bar{v} - \underline{v}) \quad (2.57)$$

となることからわかる。

第1期証券価格について、比較静学を行うと、情報トレーダーの人口比率が多くなる ($\mu \uparrow$) ほど、売り価格 A_1 は大きくなり、買い価格 B_1 は小さくなることがわかる。

第2期の価格決定では、証券ディーラーの情報集合に変化が起こることに注意すれば、導出過程は同じである。例えば、第1期で買い注文を、第2期で売り注文を観察した証券ディーラーの情報集合は、 $\Omega_2 = \{Buy, Sell\}$ となる。よって、第2期の売り価格について、

$$A_{2,SB} = E[\tilde{v} | \Omega_2 = \{Sell, Buy\}] \quad (2.58)$$

$$A_{2,BB} = E[\tilde{v} | \Omega_2 = \{Buy, Buy\}] \quad (2.59)$$

の2種類が存在する。売り価格については、

$$B_{2,BS} = E[\tilde{v} | \Omega_2 = \{Buy, Sell\}] \quad (2.60)$$

$$B_{2,SS} = E[\tilde{v} | \Omega_2 = \{Sell, Sell\}] \quad (2.61)$$

の2つの結果が起こりうる。

(2.58)式 $A_{2,SB}$ について尤度と基準化定数には、

$$P(Sell, Buy | \underline{v}) = P(Sell | \underline{v}) \cdot P(Buy | \underline{v}) \quad (2.62)$$

$$P(Sell, Buy | \bar{v}) = P(Sell | \bar{v}) \cdot P(Buy | \bar{v}) \quad (2.63)$$

$$P(Sell, Buy) = P(Sell) \cdot P(Buy) \quad (2.64)$$

という関係があることに着目する。これは、第1期と第2期のトレーダーの到来が独立だからである。したがって、

$$E[\tilde{v}|\Omega_2 = \{Sell, Buy\}] = \underline{v} \cdot \frac{\{P(Sell|\underline{v}) \cdot P(Buy|\underline{v})\}P(\underline{v})}{P(Sell) \cdot P(Buy)} + \bar{v} \cdot \frac{\{P(Sell|\bar{v}) \cdot P(Buy|\bar{v})\}P(\bar{v})}{P(Sell) \cdot P(Buy)} \quad (2.65)$$

となる。(2.65)式に第1期で導出した尤度と基準化定数を代入することで、第2期の買い価格の1つめである $A_{2,SB}$ が導出される。

$$A_{2,SB} = \frac{1}{2}(1 - \mu)(1 + \mu)(\underline{v} + \bar{v}) \quad (2.66)$$

以上の手続きを他の証券価格についても踏むと、第2期の証券価格について次の命題2.8が成り立つ。

・ 命題 2.8 (逐次トレードモデルにおける第2期の証券価格)

逐次トレードモデルの仮定のもとで、第2期の売り価格 $A_{2,BB}$ と買い価格 $B_{2,SS}$ が成立する。ただし、 $A_{2,SB}$ と $B_{2,BS}$ については同一の価格(2.68)式となる。

$$A_{2,BB} = \frac{1}{2}\{(1 - \mu)^2\underline{v} + (1 + \mu)^2\bar{v}\} \quad (2.67)$$

$$A_{2,SB} = B_{2,BS} = \frac{1}{2}(1 - \mu)(1 + \mu)(\underline{v} + \bar{v}) \quad (2.68)$$

$$B_{2,SS} = \frac{1}{2}\{(1 + \mu)^2\underline{v} + (1 - \mu)^2\bar{v}\} \quad (2.69)$$

命題 2.8 によれば、第2期でも第1期と同様に、買い価格・売り価格が証券の実現値を加重平均したものとして存在することを示している。買い注文と売り注文を順不同に受け取った証券ディーラーの価格は、売り価格と買い注文について同じ価格が成立する。これは、第1期と第2期で非情報トレーダーの到来に相関などが無いため、どちらの種類の注文を先に受け取ったとしても、証券ディーラーのベイズ更新に影響がないためである。

第1期と第2期の証券価格を比較すると、証券価格の大小について次の不等式が成立す

る。

$$B_{2,SS} < B_1 < M_1 < B_{2,BS} = A_{2,SB} < A_1 < A_{2,BB} \quad (2.70)$$

証券ディーラーは、買い注文が2期連続で到来した場合、証券の真の価値がより高いと推定する。したがって、売り価格 $A_{2,BB}$ が最も高い価格になるのは自然である。逆のことが、買い価格についても成立する。

以上のように、逐次的トレードモデルでは、注文の逐次的な到来に対して証券ディーラーが逐次的に価格を更新し続けるという、価格のダイナミクスを特徴付けることができる。この利点を使用して、次節では本節で導出された価格のダイナミクスをもとに、証券市場の流動性と価格発見力のダイナミクスも分析することとする。

2.3.3 逐次トレードモデルにおける証券市場の効率性—流動性と価格発見—

逐次トレードモデルにおける証券市場の効率性について分析する。はじめに、流動性指標であるビッド・アスク・スプレッドのダイナミクスについて考察する。

第1期におけるビッド・アスク・スプレッドは、次の(2.71)式で与えられる。

$$S_1 = \frac{A_1 - B_1}{2} \quad (2.71)$$

買い価格と売り価格を代入すると、

$$S_1 = \frac{1}{2} \mu (\bar{v} - v) \quad (2.72)$$

となる。ビッド・アスク・スプレッドは、証券価値のボラティリティ $(\bar{v} - v)$ が大きくなり、情報トレーダーの人口比率 μ が大きくなるほど拡大し、流動性が低下する。 μ は、特に逆選択リスクの指標として解釈される。これは情報トレーダーが増加するほど、証券ディーラーにとって証券価値が高いにも関わらず証券を売り渡してしまうという逆選択のリス

クが高まるからである。証券ディーラーは、このリスクを事前に織り込んで、ビッド・アスク・スプレッドを広げて提示するのである。

第2期におけるビッド・アスク・スプレッドは、第1期に実現した注文の種類で場合分けして定義する。第1期に買い注文が到来したことを所与とするときの、第2期のビッド・アスク・スプレッドは、

$$S_{2,B} = \frac{A_{2,BB} - B_{2,BS}}{2} \quad (2.73)$$

とし、第1期に売り注文が到来したことを所与とするときのビッド・アスク・スプレッドは、

$$S_{2,S} = \frac{A_{2,SB} - B_{2,SS}}{2} \quad (2.74)$$

と定義する。それぞれ、第2期の買い価格と売り価格を代入すると

$$S_{2,B} = \frac{1}{2} \{ \mu(1 - \mu)\bar{v} - \mu(1 + \mu)\underline{v} \} \quad (2.75)$$

$$S_{2,S} = \frac{1}{2} \{ \mu(1 + \mu)\bar{v} - \mu(1 - \mu)\underline{v} \} \quad (2.76)$$

となる。したがって、第1期と第2期のビッド・アスク・スプレッドについて、次の命題2.9が成立する。

・命題 2.9 (逐次トレードモデルにおけるビッド・アスク・スプレッドの更新)

逐次トレードモデルの仮定のもとで、第1期と第2期のビッド・アスク・スプレッドの大小関係について、

$$S_{2,B} - S_1 = -\frac{1}{2}\mu^2(\underline{v} + \bar{v}) < 0 \quad (2.77)$$

$$S_{2,S} - S_1 = \frac{1}{2}\mu^2(\underline{v} + \bar{v}) > 0 \quad (2.78)$$

となる。

命題 2.9 における(2.77)式の主張は、トレードが繰り返されるほど、証券ディーラーが証券の真の価値を学習し、流動性が改善するということである。市場構造、例えば情報トレーダーの人口比率などが不変であれば、証券市場はより効率的に形成されていく。逆に、(2.78)からはビッド・アスク・スプレッドが拡大していく様子を理解することができる。逐次トレードモデルからは、このような流動性の変動に関する含意を引き出すことができる。

続いて、価格発見力に分析を移す。逐次トレードモデルでは、証券価格のマルチンゲール性に焦点を当てる。マルチンゲールとは、将来の証券価格の予測が現在の証券価格に一致するという性質を指し、数学的には次の(2.22)式が成り立つことと定式化される。

$$E[p_{t+1}|\Omega_t] = p_t \quad (2.79)$$

いま、第 1 期に買い注文を観察し、売り価格 A_1 を提示した証券ディーラーが第 2 期の証券価格を予測するとする。第 2 期の証券価格の予想は、確率 1/2 で売り注文が来た場合に提示する $B_{2,BS}$ と確率 1/2 で買い注文が来た場合に提示する $A_{2,BB}$ の期待値となるので、次の(3.80)式となる。

$$E[p_{t+1}|\Omega_t] = \frac{1}{2}A_{2,BB} + \frac{1}{2}B_{2,BS} \quad (2.80)$$

上式について(2.67)式と(2.68)式を代入すると、命題 2.10 が導かれる。

・命題 2.10 (逐次トレードモデルにおける証券価格のマルチンゲール性)

逐次トレードモデルの仮定のもとで、第 1 期に買い注文を受け取った証券ディーラーの第 2 期の予想価格について、

$$E[p_2|\Omega_1] = A_1 \quad (2.81)$$

が成立する。

命題 2.10 は、将来の価格について現在で最良の予測が行われていることを示している。第 1 期までに入手できる情報では、現在の証券価格と将来の証券価格の間で裁定を行う機会が存在しない。したがって、逐次トレードモデルの証券価格はセミストロングフォームで効率的な市場が形成されていることになる。もし、現実の証券市場でセミストロングフォームな情報効率性が成り立っているとすれば、証券価格にマルチンゲール性が観察されるはずである。これは実証分析の上では、現在の情報から将来の価格に対する傾向的な自己相関が存在しないことを検定することである。この理論的背景を使用した実証分析の手法については、2.5.1 の分散比検定で解説される。

以上のように、逐次トレードモデルからは価格発見力の動学的な性質を記述することができる。

2.3.4 逐次トレードモデルの帰結

本節では、逐次トレードモデルを分析し、証券市場の流動性や価格発見がどのような動学的性質を有しているかを検証した。

逐次トレードモデルでは、逆選択のリスクによって、ビッド・アスク・スプレッドが生じ証券市場の流動性を低下させる。しかし、連続して取引が繰り返される中で、証券ディーラーが証券の真の価値を学習するようになる。このことは、静学的な仮定を置いた合理的期待均衡モデルでは得ることのできなかつた結論であり、流動性がどのように変化するかといったインプリケーションを得ている。

また、価格発見力については、証券価格にマルチンゲール性が成り立つことを証明した。これはある時点で利用できる情報すべてをもっても、将来の証券価格トレンドを予測することができないという価格発見力の動学的性質を表現したものである。マルチンゲール性が成り立つか否かは、現実の証券市場の効率性を解明する上でも広く応用されている。この手法については 2.5 節以降で議論される。

最後に逐次トレードモデルを分析した先行研究について紹介しておく。Easley et al.(1997)ではトレーダーが 1 単位の注文だけでなく、大口注文と小口注文を使い分けるモデルを提案している。この結果、証券ディーラーは大口の買い注文が非情報トレーダーからのみ到来することなどを識別できるので、より差別的に価格を提示できるようになる。また、Weston(2001)では非情報トレーダーが買い注文と売り注文を等確率でなく、異なった確率で行うことを仮定したモデルを提案している。また、情報トレーダーが誤まったシグナルを受け取る可能性もモデル分析している。Easley et al.(1998)では 1 証券を仮定した逐次トレードモデルにコールオプションとプットオプションを追加した 3 証券モデルを分析してい

る。この結果、情報トレーダーがオプション取引を実行する条件が導き出され、株式市場以外の証券市場で取引が起こり、証券が取引される過程などを明らかにしている。その他、逐次トレードモデルは、注文形式などの仮定を変更した拡張モデルが多数提案されており、Stefan(2004)がこれらの内容を詳説している。

2.4 バッチマーケット方式と戦略的トレードモデルにおける証券市場の効率性

本節では、証券市場の効率性がトレーダーの戦略的な行動によってどのように変化するかに焦点を当て分析する。本節の基礎となるのは、Kyle(1985)によって考案されたバッチマーケットモデルである。

最初に、このバッチマーケットモデルについて概説する。バッチマーケットとは、証券市場の取引ルールの一つである。この方式では、トレーダーが一斉に注文を提出し、その注文が一括で清算するような単一の価格が決定される。この価格は、マーケットメーカー（あるいはオークショナー）とも呼ばれる価格決定主体が、各トレーダーから発注された注文を集計し、ファンダメンタルと推定される最も適当な価格を定めることによって決定される。そして、各トレーダーの注文はこの単一の価格で約定し、取引が成立する。バッチマーケット方式と指し値板方式との価格形成の違いは2つある。1つは、指し値板では売り側と買い側のトレーダーの思惑が一致すれば、さまざまな価格で取引が成立するのに対し、バッチマーケットでは単一の価格が決定されるということである。もう1つは、指し値板では各トレーダーが価格の決定主体になり得るのに対し、バッチマーケットではマーケットメーカーが価格を決定する点である。

この方式は、今なお開発途上国の1日1回オークションなどで採用されている。例えば、ミャンマーのヤンゴン証券取引所では、1日4回のバッチオークションが実施されている。また、1日の取引を開始・終了させる際の板寄せでも用いられ、指し値板方式を補助している。よって、東証の板寄せもバッチマーケットモデルの分析対象となる。

この方式を分析した Kyle(1985)モデルは、以上のようなバッチマーケットの形態を適切に表現するモデル設定を考案している。Kyle(1985)のモデルの特徴は、トレーダーの戦略的な投資行動を導入することで、証券市場の価格形成や効率性がどのように変化するかを明示的に分析した点にあると考えられる。トレーダーには、情報トレーダーとノイズトレーダーの2タイプが存在する。情報トレーダーは、証券価値の真の価値を知っており、潜在的に有利に取引することができる。ノイズトレーダーは、証券の価値を知らず適当な注文を行うだけである。一方で、マーケットメーカーは証券の真の価値を知らないため、注文の総数を判断材料に適切な価格決定を行う。ここで、もし、情報トレーダーがあからさ

まに買い注文を増やすと、マーケットメーカーに真の価値が高いことを悟られてしまう可能性がある。そこで、情報トレーダーは意図的に買い注文を調節し、私的情報が顕示しないように戦略的に投資を行う。これによって、証券市場では、価格発見についてはストロングフォームでの効率的市場仮説が成立しなくなり、価格発見の機能が低下してしまうという帰結が得られる。また、市場の厚みといった流動性が証券市場で分析されることになる。以上が、Kyle(1985)モデルの概要である。

2.4.1 モデルの設定

第1期と第2期からなる2期間モデルを考える。この経済には1つの証券が存在し、リスク証券と呼ばれる。リスク証券の価値は、期間1では不確実な確率変数であり、その価値を $\tilde{\theta} = \tilde{v} + \tilde{\varepsilon}$ と表す。リスク証券の価値は2つの部分から構成されており、1つはマクロ経済要因によって決定される \tilde{v} であり、もう1つは、証券個別の要因によって決定される $\tilde{\varepsilon}$ である。 \tilde{v} は平均 \bar{v} で分散 σ_v^2 の正規分布 $\tilde{v} \sim N(\bar{v}, \sigma_v^2)$ に、 $\tilde{\varepsilon}$ は平均0で分散 σ_ε^2 の正規分布 $\tilde{\varepsilon} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ にそれぞれ従っている。この価値 θ は第2期において実現する。

この経済では、第1期の終わりに証券市場が開かれリスク証券がトレードされる。そして、この取引には2タイプのトレーダーが参加する。第一に、リスク証券の真の価値のうち、マクロ要因の実現値 θ を観察することのできる情報トレーダーである。情報トレーダーはリスク中立的な選好を有し、第1期のはじめに私的情報の実現値を観察した後、自らの利益を最大化するように需要関数 X_I を決定する。第二に、モデル外の外生的な理由からリスク証券の取引を需要するノイズトレーダーである。ノイズトレーダーの注文 X_n は、確率変数であり正規分布 $\tilde{X}_n \sim N(0, \sigma_n^2)$ に従っていると仮定する。

証券市場の価格決定は、バッチオークション方式によって行われる。第1期の終わりに各トレーダーが注文を発注すると、私的情報をもたないリスク中立的なマーケットメーカーが総注文数を集計する。ここで、 Y を総注文数とすると、

$$\tilde{Y} = \tilde{X}_I + \tilde{X}_n \tag{2.82}$$

である。

マーケットメーカーは、 X を観察しリスク証券の真の価値を推定する¹⁵。すなわち、次の(2.83)式で与えられる条件付き期待値の計算を実行する。

¹⁵ ただし、個々のトレーダーからどれだけの注文が行われたかを識別することはできないとする。

$$p = E[\tilde{\theta}|\tilde{Y}] \quad (2.83)$$

また、この価格推定は次の(2.84)式のように線形推定であると仮定する。ここで、 μ はマーケットメーカーが予測するファンダメンタルの平均値を表すパラメーターである。 λ は総注文数に対してどれだけ価格を敏感に反応させるかを表す、プライス・インパクトのパラメーターである。

$$\tilde{p} = \mu + \lambda \cdot \tilde{Y} \quad (2.84)$$

μ と λ の値は事後的に係数を比較する方法により、内生的に決定される。以降、モデル内の確率変数はすべて独立に分布していると仮定する。

2.3.2 情報トレーダーの需要関数とマーケットメーカーの価格推定

本節では、以上のモデルの下で情報トレーダーの需要関数を導出し、マーケットメーカーの価格決定について分析する。

情報トレーダーは、証券の真の価値のうちマクロ要因部分 v の実現値を知った上で、次の(2.85)式で表される最大化問題を解く。

$$\max_{X_I} E[(\tilde{\theta} - p)X_I|v] \quad (2.85)$$

ここで、マーケットメーカーの線形推定(2.84)式を所与とすると、最大化問題は次のように変形できる。

$$\max_{X_I} E[\{\tilde{\theta} - \mu - \lambda(X_I + \tilde{X}_n)\}X_I|v] \quad (2.86)$$

(2.86)式を X_I について微分し一階の条件を用いると、情報トレーダーの需要関数は(2.87)式と求まる。

$$X_I = \frac{E[\tilde{\theta}|v] - \mu}{2\lambda} \quad (2.87)$$

ここで、正規分布の条件付き期待値の計算から、

$$E[\tilde{\theta}|v] = v$$

なので、情報トレーダーの需要関数は、(2.88)式となる。

$$X_I = \frac{v - \mu}{2\lambda} \quad (2.88)$$

続いて、マーケットメーカーの価格推定を考察する¹⁶。いま、マーケットメーカーの価格予測は(2.84)式で与えられている。ところで、条件付き期待値の計算から、(2.84)式は(2.89)式でもある。

$$\tilde{p} = E[\tilde{\theta}] + \frac{Cov[\tilde{\theta}, \tilde{Y}]}{V[\tilde{Y}]} \{\tilde{Y} - E[\tilde{Y}]\} \quad (2.89)$$

(2.84)式と(2.89)式を一致させるように係数を比較すると、パラメーター μ と λ について次のように特定することができる。

$$\mu = E[\tilde{\theta}] - \frac{Cov[\tilde{\theta}, \tilde{Y}]}{V[\tilde{Y}]} \cdot E[\tilde{Y}] \quad (2.90)$$

$$\lambda = \frac{Cov[\tilde{\theta}, \tilde{Y}]}{V[\tilde{Y}]} \quad (2.91)$$

¹⁶ 情報トレーダーがマクロ要因 \tilde{v} の実現値 v を知っているのに対し、マーケットメーカーはこれを知らない。よって、マーケットメーカーか見た情報トレーダーの需要関数 $\tilde{X}_I = \frac{\tilde{v} - \mu}{2\lambda}$ も確率変数になることに注意する。

情報トレーダーの需要関数 (2.88) 式を(2.91)式に代入して計算すると、

$$\text{Cov}[\tilde{\theta}, \tilde{Y}] = \frac{1}{2\lambda} \sigma_v^2 \quad (2.92)$$

$$V[\tilde{Y}] = \frac{1}{4\lambda^2} \sigma_v^2 + \sigma_n^2 \quad (2.93)$$

となる。(2.92)式と (2.93) 式を (2.91) 式に再度代入し、 λ について整理すると、

$$\lambda = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_v^2}{\sigma_n^2}} \quad (2.94)$$

と定まる。この結果を (2.88) 式と (2.90) 式に代入すると、 μ と X_I が明示的に導出される。

以上の結果を、命題 2.11 としてまとめておく。

命題 2.11 (戦略的トレードモデルにおける証券価格)

戦略的トレードモデルの仮定の下で、次の情報トレーダーの需要関数と証券価格の組み合わせによる均衡が成立する。

情報トレーダーの需要関数：

$$X_I = \frac{v - \mu}{2\lambda} \quad (2.95)$$

マーケットメーカーの価格推定：

$$\tilde{p} = \mu + \lambda(\tilde{X}_I + \tilde{X}_n) \quad (2.96)$$

$$\mu = \bar{v} \quad (2.97)$$

$$\lambda = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_v^2}{\sigma_n^2}}$$

(2.98)

命題 2.11 について説明する。情報トレーダーの需要関数(2.95)式は、私的情報によるファンダメンタルの予想値と平均的なファンダメンタルの偏差($v - \bar{v}$)が大きくなるほど、より大きくなる。 $\frac{1}{\lambda}$ は、その大きさを増幅させる情報トレーダーによる注文の積極性と解釈することができる。この積極性はプライス・インパクト λ が大きくなるほど小さくなる。なぜなら、 λ が大きいほど1単位の注文がより大きな価格上昇をもたらし、情報トレーダーにとって変動コスト負担を増やすからである。

マーケットメーカーの価格推定(2.96)式は、平均的なファンダメンタルの予測 \bar{v} にプライス・インパクト項を加えた形となる。プライス・インパクト係数 λ (2.98)式は、証券の価値のばらつき σ_v^2 が大きくなるほど大きくなる。これは、ファンダメンタルのバラつきが大きい時、マーケットメーカーはより過敏に価格を上下させることで、正確に証券価値を追従しようとすることを示している。また、ノイズトレーダーからの注文 σ_n^2 が少ないと预期されるときに、 λ は大きくなる。これは、総注文数に占めるノイズトレーダーの割合が小さくなることで、マーケットメーカーが情報トレーダーの注文を識別しやすくなり、より確信をもって価格を変動させるためだと解釈できる。

2.4.3 戦略的トレードモデルにおける証券市場の効率性—流動性と価格発見—

ここでは、戦略的トレードモデルにおける証券市場の効率性について議論する。はじめに、流動性指標 L として次の(2.99)式を考える。

$$L = \frac{1}{\lambda} = 2 \frac{\sqrt{\sigma_n^2}}{\sqrt{\sigma_v^2}}$$

(2.99)

(2.99)式で表されるプライス・インパクトの逆数は、一般的に「市場の厚み」と呼ばれている。これは、1単位の注文が市場に到来した際にどれだけ価格変化が小さくて済むか、言い換えれば市場の潜在的な注文の吸収力を表していると考えられる。Kyleのラムダ

が大きいほど流動性の高い市場と評価する。

市場の厚みは、ノイズトレード σ_n^2 が大きくなるほど大きくなる。これは、市場によりたくさんの方がトレーダーが参入するほど、注文の出来高が大きくなり、市場の厚みが築かれるということを示している。また、ファンダメンタル分散 σ_v^2 が大きくなるほど市場の厚みは小さくなる。これは、証券価値が大きくばらつくにつれて、マーケットメーカーが過敏に価格を変動させるようになるため、高い取引コストがかかる流動性の低い市場になることを意味している。

続いて、価格発見の効率性を評価する指標 D を次の(2.100)式で定義する。

$$D = \frac{1}{\text{Var}[\tilde{v}|\tilde{p}]} = \frac{1}{\frac{1}{2}\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2} \quad (2.100)$$

(2.100)式は、価格だけを観察することでどれだけ正確に証券の分散を予測できるか、という証券価格の情報伝達能力に注目した指標である。 D が大きいほど価格発見力の高い市場と評価する。

価格発見指標 D は、マクロ要因の分散 σ_v^2 と個別要因の分散 σ_ε^2 とも大きくなるほど低下する。これは、証券の価値がボラタイルになるほど、証券価格の情報伝達もより不確実になるという自然な結果を示している。

(2.100)式を評価するために、マクロ要因の実現値を知っている情報トレーダーにとっての条件付き分散を掲載する。

$$\frac{1}{V[\tilde{\theta}|v]} = \frac{1}{\sigma_\varepsilon^2} \quad (2.101)$$

(2.101)式は、この経済における最大の情報優位者である情報トレーダーから見た証券価値の分散である。もしも、証券価格がストロングフォームで効率的であるならば、価格発見力は(2.100)式に一致するはずである。しかし、実際には(2.100)式は、これよりも厳密に小さい。よって、戦略的トレードモデルでは、証券価格はストロングフォームで効率的とはなり得ない。

ここで注目すべきは、(2.100)式と情報トレーダーの注文の積極性との関係である。 $\frac{1}{\lambda}$ が情報トレーダーの注文の積極性のパラメーターと解釈できることを利用すると、(2.100)式を次の(2.102)式のように書き換えることができる。

命題 2.12 (価格発見力と情報トレーダーの積極性の関係)

$$D = \frac{1}{\left(\frac{1}{\lambda}\right)^{-1} \cdot \sigma_n^2 + \sigma_\varepsilon^2}$$

(2.102)

命題 2.12 のとおり、価格発見力 (2.102) 式は、情報トレーダーの注文パラメーター $\frac{1}{\lambda}$ に依存している。そして、情報トレーダーの注文がより積極的になるほど D は増加する。このことから、証券市場の価格発見の優劣は、いかに私的情報をもつトレーダーが積極的に注文を行い、情報を顕示させるかに左右されているということが明らかになる。これは、価格を所与として競争的に注文を行う合理的期待均衡と、自身の注文が価格を変動させることを考慮して注文を行う戦略的トレードモデルの大きな違いである。

命題 2.12 からは、もしも市場設計者が価格発見力を高める市場デザインを求めるならば、ノイズトレーダーを市場に参加させ、プライス・インパクト λ を低下させる施策が必要になるなどの政策的示唆を得ることができる。

2.4.4 戦略的トレードモデルの帰結

本節では、Kyle (1985) によって考案されたバッチマーケットモデルを通して、戦略的な投資行動がいかに証券市場の効率性を左右するかということを分析した。

本節の提示する重要な含意は主に2つである。1つめは、証券市場の流動性がトレーダーの投資行動の積極性に影響を及ぼすということである。本モデルでは、流動性が高くなるほど、トレーダーは積極的に注文を行った。このことは、証券市場の活性化のためには取引コストを低下させる必要があることを意味している。

そして2つめは、価格発見の効率性が情報トレーダーの戦略的な選択や積極性に大きく左右させるということである。価格発見力の書き換えから明らかとなったように、情報トレーダーが意図的に私的情報を隠すようにトレードしてしまえば、価格発見力は低下し、証券市場の効率性が損なわれてしまう。これは、完全競争を仮定する合理的期待均衡モデルでは提示されなかった結果である。なお、価格発見力の指標をトレーダーの戦略的行動を表すパラメーターで記述する方法はあまり提案されておらず、このような記述の仕方をして証券市場への影響を考えたことは著者の貢献だと考えている。

最後に、戦略的トレードモデルを分析した先行研究について整理する。まず、Subrahmanyam(1991)は情報トレーダーのリスク選好をリスク中立からリスク回避に変更

している。この結果、リスク中立的な仮定の下では情報トレーダーの数が増加するにつれて流動性が増加したのに対して、リスク回避的な仮定の下では情報トレーダーが増加するにつれて一定閾値まで流動性が低下するなどの異なった結果を得ている。Holden and Subrahmanyam(1992)では、戦略的トレードモデルを多期間モデルに拡張している。その結果、複数の情報トレーダーが存在するとき、それぞれの情報トレーダーが自身の情報レントを先取りしようとするため競争が起こり、流動性が速やかに向上するという内容を指摘している。Caballe and Krishna(1994)は、Kyle(1985)の1資産モデルを多資産に拡張し、証券価格の相関性をモデル化している。近年では、Lambert et al.(2018)は、情報トレーダー間にシグナルの異質性し、かつそれらがノイズトレーダーの注文と相関を持つような複雑な情報構造の下での均衡の特徴づけを行っている。

本節で扱ったモデルの枠組みは、第4章におけるIPO市場と流動性の関係を分析する際に応用される。これは、IPO株式の初値が形成される市場として、東証の板寄せを想定しているからである。このように、バッチマーケットモデルは分析対象に応じて、市場構造を適切に反映するためにも有用である。

2.5 証券市場の効率性を計る実証研究

本節では、これまでの理論分析とは対照的に証券市場の効率性をどのように現実の取引データから計測するかに取り組んだ研究を解説する。2.5.1では流動性を、2.5.2では価格発見を取り上げる。

本節で用いられた指標の一部は、本節以降の実証研究で幅広く応用される。

2.5.1 流動性の計測

2.5.1.1 ビッド・アスク・スプレッドの計測

本節では、証券市場の流動性を実証的にしようとするための指標を解説する。はじめに紹介する流動性の指標は、ビッド・アスク・スプレッドである。ビッド・アスク・スプレッドは、証券のファンダメンタル価値と取引価格との乖離を表し、トレーダーが負担する取引コストの1つと考えられている。

ビッド・アスク・スプレッドを紹介する前に、取引価格の仲値について言及しておく。

仲値とは、ある時点 t における最良買い気配 A_t と最良売り気配 B_t の中間価格のことである。

$$M_t = \frac{A_t + B_t}{2} \quad (2.103)$$

実証分析では、この仲値を仮想的な均衡価格と仮定することが多い。これは、ある時点でトレーダーや証券ディーラーが最良買い気配を切り上げないということは、少なくともその時点では均衡価格が最良買い気配以下に存在する、という予測に立脚している。売り気配についても同様である。そして、最良気配どうしの間には均衡価格が存在すると仮定している。

$$S_{t,Q} = \frac{A_t - B_t}{2} \quad (2.104)$$

(2.104) 式は、一般に気配スプレッドと呼ばれている。この意味は、証券市場で成立している最良買い気配と最良売り気配の差であり、ただちに成り行き注文を行った場合に、トレーダーが負担するコストである。流動性を消費しようとする、ノイズトレーダーは気配スプレッドに注意を払って注文を行うと考えられている。

これに対し、次のビッド・アスク・スプレッドは実効スプレッドと呼ばれている。

$$S_{t,E} = \frac{P_t - M_t}{2} \quad (2.105)$$

ここで、 P_t はある時点 t で成立した取引価格である。実効スプレッドと気配スプレッドの違いは、気配スプレッドが最良気配間の差を表したのに対し、実効スプレッドは実際にトレーダーが取引した価格 P_t と仲値 M_t との差をとっていることである。実効スプレッドは、取引を確定させた後に、事後的にトレーダーが負担した取引コストの指標となっている。この尺度が必要になる理由は、証券市場では取引が必ず最良気配で発生するとは限らないからである。例えば、最良買い気配以外に指し値注文で売り注文を行うトレーダーも存在する。このようなトレーダーの取引コストの実態を正確に測るため、実効スプレッドは役立てられる。

$$S_{t,R} = S_{t,E} + (M_{t+1} - M_t) \quad (2.106)$$

3つめのビッド・アスク・スプレッドの指標として、実現スプレッドと呼ばれるものが存在する。実現スプレッドは、ある時点 t で生じた実効スプレッドに次の時点 $t+1$ までの仲値の変化を加えたものでもある¹⁷。したがって、このスプレッドはある時点の取引がプライス・インパクトを生じさせ均衡価格を変化させた事実も取引コストとして考慮している。実効スプレッドに注意を払うトレーダーとして、市場で複数回取引を行いたいと考える戦略的なトレーダーが考えられる。例えば、大型注文を複数回に分割して発注しようとする年金基金などの機関投資家やアセットマネージャーがこれに含まれる。これらのトレーダーは、一度目の買い注文で大きなプライス・インパクトを発生させてしまうと、その後の一連の注文で取引コストを負担することになってしまうからである。

各ビッド・アスク・スプレッドは計測するために必要なデータにも違いがある。気配スプレッドは最良気配だけが観察できれば計測できるのに対し、実効スプレッドと実現スプレッドはどの価格で取引が成立したかを含む取引情報データが必要となる。よって、流動性を分析する際に、それぞれのビッド・アスク・スプレッドの持つ多面的な流動性の意味合いを明らかにするには、高頻度データやティックデータが不可欠となる。

本節の実証分析の内容と前節のモデル分析との関連性は次のようになっている。ビッド・アスク・スプレッドは、合理的期待均衡モデルでは(2.25)式として、逐次トレードモデルでは(2.74)式で導出されている。(2.25)式は気配スプレッドを、(2.74)式は気配スプレッドでもあり実効スプレッドを表していると考えられる。

以上、ビッド・アスク・スプレッド各種について説明した。最後に、これらの違いを表2-3にてまとめておく。

【表2-3 各種ビッド・アスク・スプレッドの比較について】

2.5.1.2 プライス・インパクトの計測

続いて取り上げる流動性の指標は、プライス・インパクトである。プライス・インパクトは、1単位の注文がどれだけ価格を変動させるかを定量化する指標である。

¹⁷ この時間間隔 $t+1$ の取り方は、任意に設定することができる。典型的には5分などを設定することが多い。しかし、データの制約からより長い間隔を設定する研究もあれば、プライスインパクトの効果をより正確に識別するために30秒などを設定する研究も存在する。

理論モデルでは、合理的期待均衡において(2.22)式で、戦略的トレードモデルにおいては(2.98)式で分析されている。プライス・インパクトの計量手法として、最も広く利用されているのが、Amihud(2002)で提案されている Amihud 指標(2.107)式である。

$$\lambda_{A,t} = \frac{|High_t - Low_t|}{Volume_t} \quad (2.107)$$

Amihud 指標は、1 日内で形成された高値と安値の差を出来高で除したもので、1 単位の注文あたりの価格変化の大きさを表している。これは、Kyle のラムダの定義を日次データから推定するための代理指標とされている。Amihud 指標が小さいほど、プライス・インパクトが小さい流動性の高い市場と解釈される。

プライス・インパクトのその他の指標として、Glosten and Harris(1988)は、よりプライス・インパクトを正確に識別するために、次の回帰式を推定することで、プライス・インパクト係数 λ_G を推計することを試みている。

$$\Delta P_t = \beta_1 \cdot \Delta Q_t + \beta_2 \cdot \Delta x_t + \beta_3 \cdot Q_t + \lambda_G \cdot x_t + \tilde{u}_t \quad (2.108)$$

ここで、 P_t は t 時点における証券価格を、 Q_t は売りと買いを合計した注文数を、 x_t は売りと買いを区別した注文数を表している。よって、 $\Delta P_t = P_t - P_{t-1}$ は証券価格の1階差分であり、 $\Delta Q_t = Q_t - Q_{t-1}$ は注文合計の1階差分であり、 Δx_t は売りと買いを区別した注文の1階差分を表している。また、 \tilde{u}_t は標準的な正規分布に従う誤差項である。 λ_G は、1単位の注文によって平均的にどれだけ価格が変化するかを識別するパラメーターとして機能する。市場の注文合計で測られる市場の活発度などをコントロールした上で、Kyle のラムダを識別するための推計方法となっている¹⁸。

プライス・インパクトの計量手法は、多くが Amihud 指標のような価格変化量を取引量で基準化したものや Glosten and Harris(1988)タイプの回帰係数を推計するものに分けられ、研究が行われている。

2.5.1.3 その他の流動性指標の計測

¹⁸ このような回帰分析をもとにしたプライス・インパクトの推定手法については、Hasbrouck(2007)が詳しい。

その他の流動性指標として広く利用されているものとして、板の厚みや出来高、浮動株比率、出来高回転率などがある。板の厚みは、指し値板においてある証券価格に待機している指し値注文数である。板の厚みが大きいほど、一度にその証券価格で取引できる注文数は大きくなる。したがって、流動性は高くなる。出来高は、1日で行引された株式の枚数ベースを単元数で基準化したもの、浮動株比率は発行済み株式枚数から大株主の持ち分を引いたもの、出来高回転率は、1日に行引された株式枚数を発行済み株式枚数で基準化したものである。これらの指標は日次データから算出できるので利便性が高い。いずれの指標も大きい値をとるほど、取引が活発に行われている流動性の高い市場であると理解されている。

近年では、高頻度取引やアルゴリズム取引といった高度な注文方法が発達し、トレーダーの要求する流動性の特性も変化してきた。例えば、数秒間の間で注文を繰り返す高頻度トレーダーにとっては、どれだけ高速に注文を発注し約定させることができるか、といった動学的な特徴が流動性として重要視される。このような流動性の多面性を捉えるための試みとして、注文の執行スピードや約定成立までの待機時間、レジリエンスなどを流動性指標として計測する研究も盛んに行われている。

2.5.2 価格発見の計測

2.5.2.1 価格分散比によるランダムウォーク性の計測

価格発見力を計測するにあたり、証券市場の情報効率性を検証する方法が、Lo and MacKinlay (1988)で提唱されている。この手法は、収益率の分散比検定と呼ばれている。

Lo and MacKinlay(1988)は、証券価格が真に情報効率的ならば、過去の情報から証券価格を予測することはできないはずで、証券価格が自己相関をもつことはないという仮説に立脚し、次のような分散比を提案している。これは、逐次トレードモデルで導出されたマルチンゲール性の応用である。

$$V_R = \frac{\text{Var}[r_t + r_{t-1}]}{2 \cdot \text{Var}[r_{t-1}]} \quad (2.109)$$

分散比は、証券市場がセミストロングフォームで効率的ならば、証券の価格は新規に到来するランダムなニュースにしか左右されず、ランダムウォークになることから提案されている。直感的な理解は、次のとおりである。証券価格がランダムウォークに従うなら

ば、証券収益率の分散はブラウン運動 $N(\mu, \sigma^2 t)$ に従うはずである。よって、5分間で成立した収益率の分散と10分間で成立した収益率の分散の比は、ちょうど2倍になるはずである。分散比は、ちょうど1である場合に効率性が高い市場であると評価し、1以上や1以下である場合には、効率性の低い市場だと評価する¹⁹。

2.5.2.2 逐次トレードモデルをベースとした価格発見力の指標

続いて紹介するのは、Easley et al.(1996)で提案されたPINモデルである。Easley et al.(1996)は、逐次トレードモデルをベースとした価格発見力の指標を提案している。

Easley et al.(1996)のアイデアは、次のようなものである。現実の証券市場を逐次トレードモデルで近似すると、情報トレーダーと非情報トレーダーが存在するはずである。情報トレーダーが、証券価値が高い場合には買い注文しか行なわないのに対して、非情報トレーダーは買い注文と売り注文をランダムに行う。すると、現実の取引データにはこの注文のアンバランスさが観察されるはずであり、アンバランスさの大きさから情報トレーダーと非情報トレーダーの注文割合が推定できるはずである。

この方法を解説するために、2.3で紹介した逐次トレードモデルに修正を加える。はじめに、証券の価値に仮定をおく。証券の価値は、 $\tilde{v} \in (\underline{v}, v, \bar{v})$ のいずれかをとる。1日の始まりに、証券の価値に関するニュースが確率 $0 \leq \alpha \leq 1$ で発生し、かつそのニュースが証券価値の低下を伝えるバッドニュースである確率を $0 \leq \delta \leq 1$ とする。このときの、証券の価値は \underline{v} となる。ニュースが発生し、かつグッドニュースで証券の価値が高まる時は、 $\alpha(1 - \delta)$ で \bar{v} が実現する。ニュースが発生しない時には、証券の価値は v であり前日と同じ価値に留まると仮定する。

現実のマーケットには、1日の始まりにニュースの内容を知ることのできる情報トレーダーと、ニュースの内容を知ることのできない非情報トレーダー、証券ディーラーの3種類が存在すると仮定する。証券ディーラーは、競争的に証券価格を提示し続けることで、情報トレーダーと非情報トレーダーの取引需要に応える役割を果たす。

情報トレーダーは μ をパラメーターとするポアソン分布にしたがって証券ディーラーのもとに到来し、証券価値が高い実現値 \bar{v} をとると知っているときには買い注文を、低い実現値 \underline{v} をとるときには売り注文を、前日と同じ実現値 v をとるときには注文をしないとす。非情報トレーダーは、 ε をパラメーターとするポアソン分布にしたがって証券ディーラーのもとに到来し確率 $\frac{1}{2}$ で買い注文を、確率 $\frac{1}{2}$ で売り注文を行う。

¹⁹ 実際には、 $\rho(\cdot, \cdot)$ を相関係数演算として分散比 $V_R = 1 + \rho(r_t, r_{t-1})$ となるので、相関係数の検定を行うことも多い。

以上のようにマーケット構造を逐次トレードモデルで近似すると、取引データからは現実の証券ディーラーのもとに到来した買い注文数と売り注文数を観察することができる。1日に発生した買い注文総数を B とし、売り注文総数を S とする。

以上のモデルの修正の下で、証券ディーラーの下に到来するトレーダーの到来確率はポアソン分布を用いて、(2.101)式で表すことができる。

$$L(\alpha, \delta, \mu, \varepsilon | B, S) = \alpha \delta e^{-(\mu+2\varepsilon)} \frac{(\mu + \varepsilon)^B (\varepsilon)^S}{B! S!} + \alpha (1 - \delta) e^{-(\mu+2\varepsilon)} \frac{(\varepsilon)^B (\mu + \varepsilon)^S}{B! S!} \\ + (1 - \alpha) (1 - \delta) e^{-2\varepsilon} \frac{(\varepsilon)^B (\varepsilon)^S}{B! S!} \quad (2.110)$$

ここで、 $L(\alpha, \delta, \mu, \varepsilon | B, S)$ は買い注文総数 B 、売り注文総数 S を所与とする尤度関数である。(2.110)は3つの項から構成されており、1つめの項はバッドニュースが実現した際に証券ディーラーに到来するトレーダーの分布、2つめの項はグッドニュースが実現した際のトレーダーの到来分布、3つめの項はニュースが起こらなかったときのトレーダーの到来分布である。Easley et al.(1996)は(2.110)式について、(2.111)式で定式化される最尤法を用いて各パラメータの推定を行っている。

$$\max_{\alpha, \delta, \mu, \varepsilon} \prod_{n=1}^N L_n(\alpha, \delta, \mu, \varepsilon | B_n, S_n) \quad (2.111) \\ \text{s. t. } 0 \leq \alpha \leq 1 \\ 0 \leq \delta \leq 1 \\ 0 \leq \mu, 0 \leq \varepsilon$$

ただし、 $n = 1 \dots N$ はサンプル数であり、日次単位で売り注文数 S_n と買い注文数 B_n を集計している。

得られた各パラメータの推定値より、PIN(Probability of Informed Trading)が求められる。

$$PIN = \frac{\alpha \mu}{\alpha \mu + 2\varepsilon} \quad (2.112)$$

PIN は分子と分母から構成されており、それぞれ分母は全トレーダーの到来頻度を、分子は情報トレーダーの到来頻度を表している。PIN が大きいほど、情報の非対称性が大きいと解釈する。なぜなら PIN が 1 のとき、証券ディーラーにとっての取引相手は全員が情報トレーダーとなり確実に逆選択にさらされるからである。

PIN は証券市場に到来する情報トレーダーと非情報トレーダーの人口比と解釈することもできる。この解釈を利用すれば、逐次トレードモデルにおける情報トレーダーの人口比 $\mu = PIN$ という関係が導かれる。したがって、(2.74)式にこれを代入すると、

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot PIN \cdot (\bar{V} - \underline{V}) \quad (2.113)$$

とビッド・アスク・スプレッドを表すことができ、逐次トレードモデルの流動性を直接 PIN と関連付けることができる点に特徴がある。

逐次トレードモデルをベースとしたその他の価格発見力の指標として、Easley et al.(2012)による VPIN モデルも提案されている。PIN モデルでは、サンプルが 1 日単位であったため日中の価格発見力を推定することができないという欠点が存在した。これを克服するために、Easley et al.(2012)は(2.114)式の近似関係から、簡便に PIN を推定する方法を提案している。

$$VPIN = \frac{E[|B_t - S_t|]}{E[B_t + S_t]} \approx \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} \quad (2.114)$$

ここで、 B_t は t 時間間隔のうちに集計した買い注文総数であり、 S_t は売り注文の総数である²⁰。VPIN の分母が一定時間内に発生した全取引量であるのに対し、分子は売りと買い注文の差である。情報トレーダーは買い注文と売り注文を等確率で行うため、その差が情報トレーダーの注文数として抽出できるというのが、Easley et al.(2012)の主張となっている。

以上、2.5.2 では価格発見力の実証指標を紹介した。価格発見力の定量化については、流動性の指標と異なり、分析手法が確立されていないのが現状である。近年では、証券価値に関するニュースが 1 日に複数回発生することを許容した Odder-White and Ready(2008)による OWR 指標や、情報トレーダーが 1 単位以外の注文を選択することを導入した Back et

²⁰ この集計の方法にも、さまざまな集計方法が提案されている。具体的には、どれだけの時間で区切り集計するかを問題にしたり、時間で区切るのではなく一定の取引量で区切る方法が議論されている。この内容は、第 3 章にて説明している。

al.(2017)指標も研究されている。

本論文では、価格発見力の指標として VPIN を第 3 章にて活用しており、流動性と価格発見力の関係性を明らかにするために用いられている。

2.6 終わりに

本章では、証券市場の効率性を議論するにあたり必要となる流動性や価格発見の基本的な概念を整理し、これら 2 つの指標がどのように形成され、どのように測定されるかについて既存の研究を参照しながら包括的な結果を説明した。

はじめに第 2.1 節では、証券市場に求められる経済的な機能から流動性と価格発見力の 2 つの指標を、効率性の指標として用いることを提案し、概念的な説明を行った。続いて、マーケットルールの違いから現実の証券市場を 3 つに分類し、それぞれの特徴について解説した。マーケット形態の違いを分類することの意義は、それぞれの形態で価格決定の主体や仕組みが異なるからである。第 2.2 節以降では、これら異なった 3 つのマーケット形態を適切に表現するモデルを分析することで、流動性や価格発見力の形成の特徴付けを行っている。第 2.2 節では、合理的期待均衡モデルを通してザラ場方式の分析手法を紹介し、モデル内でどのように流動性・価格発見力を定義し扱うかを整理した。第 2.3 節では、逐次トレードモデルを紹介し、ディーラー方式における流動性と価格発見力の動学的性質を明らかにしている。第 2.4 節では、バッチマーケット方式を表現した戦略的トレードモデルを分析することで、いかに証券市場の効率性がトレーダーの戦略的投資行動に依存するかを説明している。

次章以降では、本節で解説された理論モデルの枠組みと実証分析の手法を個別の論点と議論に適用し、流動性と価格発見力について分析を進めていく。

補論 A

補論 A では、命題 2.2 の結果を証明する。価格付けパラメータ a 、 b 、そして c について a 、 σ_ε^2 、 σ_n^2 および σ_v^2 に関する導関数を導出する。

$$\frac{\partial a}{\partial a} = \frac{-2a\sigma_\varepsilon^4\sigma_n^2(2\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_v^2)}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.1})$$

$$\frac{\partial a}{\partial \sigma_\varepsilon^2} = \frac{-2\sigma_n^2(a^2\sigma_\varepsilon^4\sigma_n^2 - \sigma_v^2)}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.2})$$

$$\frac{\partial a}{\partial \sigma_n^2} = \frac{-2\sigma_\varepsilon^2\sigma_v^2}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.3})$$

$$\frac{\partial a}{\partial \sigma_v^2} = \frac{-\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2 + 2)}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.4})$$

$$\frac{\partial b}{\partial a} = \frac{-4a\sigma_\varepsilon^4\sigma_n^2\sigma_v^2}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.5})$$

$$\frac{\partial b}{\partial \sigma_\varepsilon^2} = \frac{-a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2\sigma_v^2(a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2 + 4)}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.6})$$

$$\frac{\partial b}{\partial \sigma_n^2} = \frac{-2a^2\sigma_\varepsilon^4\sigma_v^2}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.7})$$

$$\frac{\partial b}{\partial \sigma_v^2} = \frac{a^2\sigma_\varepsilon^4\sigma_n^2(a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2 + 2)}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} > 0 \quad (\text{A.8})$$

$$\frac{\partial c}{\partial a} = \frac{-4a\sigma_\varepsilon^6\sigma_n^2\sigma_v^2}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.9})$$

$$\frac{\partial c}{\partial \sigma_\varepsilon^2} = \frac{a^2\sigma_\varepsilon^4\sigma_n^4(2\sigma_\varepsilon^4 + 2\sigma_\varepsilon^2\sigma_v^2 + \sigma_v^4) + 2a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2\sigma_v^2(\sigma_\varepsilon^2 + 2\sigma_v^2) + 4\sigma_v^4}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} > 0 \quad (\text{A.10})$$

$$\frac{\partial c}{\partial \sigma_n^2} = \frac{-2a^2\sigma_\varepsilon^6\sigma_v^2}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{A.11})$$

$$\frac{\partial c}{\partial \sigma_v^2} = \frac{a^2\sigma_\varepsilon^6\sigma_n^2(a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2 + 2)}{\{2\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + 2\sigma_\varepsilon^2)\}^2} > 0 \quad (\text{A.12})$$

以上の結果をまとめると、命題 2.2 で示した比較静学が成立する。(証明終わり)

補論 B

補論 B では、命題 2.3 の結果を証明する。価格発見力 D について a 、 σ_ε^2 、 σ_n^2 および σ_v^2 に関する導関数を導出する。

$$\frac{\partial D}{\partial a} = \frac{-2a\sigma_n^2\sigma_v^4}{\{\sigma_\varepsilon^2\{\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\}\}^2} < 0 \quad (\text{B.1})$$

$$\frac{\partial D}{\partial \sigma_\varepsilon^2} = \frac{-\{a^4\sigma_\varepsilon^8\sigma_n^4 + 2a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2\sigma_v^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + \sigma_v^4\}}{\{\sigma_\varepsilon^2\{\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\}\}^2} < 0 \quad (\text{B.2})$$

$$\frac{\partial D}{\partial \sigma_n^2} = \frac{-a^4\sigma_\varepsilon^4\sigma_n^4}{\{\sigma_\varepsilon^2\{\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\}\}^2} < 0 \quad (\text{B.3})$$

$$\frac{\partial D}{\partial \sigma_v^2} = \frac{-a^2\sigma_v^4}{\{\sigma_\varepsilon^2\{\sigma_v^2 + a^2\sigma_\varepsilon^2\sigma_n^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\}\}^2} < 0 \quad (\text{B.4})$$

以上の結果をまとめると、命題 2.3 で示した比較静学が成立する。(証明終わり)

3章 日本株式市場における情報の非対称性と市場流動性²¹

3.1 はじめに

本章は、日本の株式市場を対象に情報の非対称性を推定するとともに、市場流動性とその関連を明らかにするものである。

1970年代に情報の非対称性に関する分析手法が確立して以降、ファイナンス分野においても、情報の非対称性が資産価格や証券市場の質(Market quality)にどのように影響しているかは議論されてきた。

さかのぼれば、証券市場における情報の重要性を指摘した初期の研究に、Fama(1970)がある。Fama(1970)は、効率市場仮説の概念を提唱し、価格が含有する情報の質によって、市場の効率性が区分できることを指摘した。私的情報まで反映した価格形成は、ストロングフォームで効率的であり、情報をもとにした裁定機会がないばかりか、価格が資産のファンダメンタルを完全に伝達するという意味で、情報の非対称性も消失する効率的な市場であると考えられる。

その後、情報の非対称性が市場流動性に及ぼす影響は、マイクロストラクチャーの分野で盛んに分析されてきた。Grossman and Stiglitz(1980)、Glosten and Milgrom(1985)そしてKyle(1985)はその代表である。一般に、情報の非対称性の高い市場では、情報劣位な投資家が逆選択されるリスクを回避するために、投資行動を消極化する。このことが、市場の流動性を低下させる要因になると考えられている。Glosten and Milgrom(1985)は、情報の非対称性が、ビット・アスク・スプレッドの決定要因であることを理論的に示し、Kyle(1985)はプライス・インパクトが、情報の非対称性の拡大によって、増加することを示している。Grossman and Stiglitz(1980)は、完全に情報効率的な市場が存在しえないことを逆説的に考察している。また、バブルの発生やリスクプレミアムの増加などを、非対称情報に起因するとする研究は数多く存在する。

以上のように、情報の非対称性は、証券市場の分析において広く研究されてきた。しかしその多くは理論研究が先行するもので、実証研究において、非対称情報の存在を検証する方法や流動性との関連を論じる研究は、発展が乏しかった。私的情報の有無を数値化する手法が未確立であるとともに、隠匿されがちな私的情報を計測することが困難であるためである。

しかしながら、近年高頻度データが活用されるようになり、投資家の取引行動から情報の非対称性を計測しようとする試みが生まれ始めている。Easley et al.(1996)モデルは、情報

²¹ 本章の内容は、松本(2018)を加筆・修正したものである。

の非対称性を、売買行動から推定した先駆的な研究である。

本章では、Easley et al.(1996)モデルをベースに発展し、Easley et al.(2008)および Easley et al.(2012)で提案された VPIN モデルを用いて、日本の株式市場における情報の非対称性の存在を分析する。さらに、VPIN と市場流動性との関連に着目することで、情報の非対称性が流動性を低下させているかを検証する。具体的には、TOPIX Core30 銘柄を対象に、パネルデータを作成し、VPIN を独立変数とするパネル分析を行った。TOPIX Core30 は、日本の株式市場を代表する時価総額の大きな銘柄で構成されており、取引頻度も多いことに加え、指数商品や ETF への組み入れも多いことから、最適執行の関心が強いと考えられる。

推定結果により、VPIN が上昇するにつれて、ビット・アスク・スプレッドやプライス・インパクトなどの取引コストが、増加しているという結果を得ている。これは、理論研究と統合的な結果であり、実証的な検証を欠いていた、情報の非対称性と市場流動性の関係に裏付けを与えるものとなった。また、一部、デプス（指値板の厚み）において、理論研究が予測できていない投資行動が発見された。板の厚みは、ビットサイドでより敏感に反応し、最良気配に集中する、つまり最良気配から離れた価格では、流動性が失われているというものである。

本章の明らかにした点は、次の通りである。まず、VPIN を短期的な価格変動の予測指標としてではなく、市場に到来する情報量として利用し、流動性との関連性を明らかにしたことである。これは、高頻度データの枠組みで、流動性の変化を説明する研究への貢献であると考えている。また、長らく理論分析が先行してきた情報の非対称性と流動性の関係の実証的な検証となった点である。最後に、既存の研究が解決しきれていない、新しいファクトファインディングを得た点である。

本章の構成は、以下のとおりである。まず、3.2 では情報の非対称性の推定方法に関する先行研究を整理する。3.2.1 では、その中でも中心的なモデルである PIN について取り上げ、3.2.2 では、派生的な研究および VPIN について論じる。3.3 では、ティックデータを用いた VPIN の推定とパネル分析を行う。3.3.1 で、データセレクションについて説明したあと、3.3.2 では、VPIN の推定方法とパネル分析の方法を詳説する。3.3.3 では、推定結果を示し、その結果に解釈と考察を加える。3.4 では、本章の結論と残された課題を述べる。

3.2 情報の非対称性を巡る先行研究について

3.2.1 Easley et al.(1996)による PIN モデル

近年、高頻度データの活用が広まるにつれて、非対称情報の大きさを推定しようとする手法が生み出されている。その手法は大きく2つに区分することができる。1つは、市場で行われる注文や取引の行動に注目した Easley et al.(1996)モデルであり、もう一つは市場で形成される価格の性質や振る舞いに注目した Hasbrouck(1995)モデルである²²。

本章では、Easley et al.(1996)による PIN モデルを扱うため、はじめにこのモデルについて紹介する。Easley et al. (1996) は、トレーダーの取引行動から情報優位なトレーダーの到来率を推定する方法、PIN(Probability of Informed Trading)を提案した。

彼らが仮定したモデルの設定は次のとおりである。マーケットには、情報を有意に入手しトレードする「情報トレーダー」とそうでない「非情報トレーダー」、「マーケットメーカー」の3種類が存在する。情報トレーダーは、パラメーター μ のポアソン分布にしたがって、市場に到来し取引を行い、非情報トレーダーはパラメーター ε のポアソン分布にしたがって、市場に到来し注文を行う。一日の始まりに、資産のファンダメンタルに関する私的ニュースが、 $0 \leq \alpha \leq 1$ の確率で発生し、その私的ニュースがファンダメンタルの低下をもたらす悪いニュースである確率を $0 \leq \delta \leq 1$ とすると、 $\alpha\delta$ の確率でその日のファンダメンタルが上昇すると考えられる。この場合、情報トレーダーはファンダメンタルが上昇することを私的ニュースで知っているので、 μ 回の買い注文を市場で行う。非情報トレーダーは、ファンダメンタルが上昇するかどうかを知ることができないので、 ε 回の買い注文と ε 回の売り注文を市場で執り行う。私的ニュースが発生しない $1 - \alpha$ の場合、情報トレーダーは注文を執り行わない。マーケットメーカーは、マーケットメーカーは競争的に指値注文を行うことで板を形成し、その他のトレーダーの取引需要に応える。

上述のようにマーケットの構造を仮定すると、トレーダーの到来確率に関する尤度関数

²² 2つの区分とは、Easley et al.(1996)タイプと Hasbrouck(1995)タイプである。本章は、前者の方法を用いるので後者についても補足しておく。Hasbrouck(1995)のアイデアは、複数市場で同一の資産が取引されている時に、どの市場に価格発見の優位性が存在するか、言い換えればどの市場に情報が集中しているかを推定することで、情報の非対称性を明らかにするというものである。具体的には、複数市場の価格の時系列データに共相関関係を仮定し、共通した価格変動に対する各市場の寄与度を計算するというものである。これを、Hasbrouck(1995)はIS(Information Share)と呼んでいる。Easley et al.(1996)タイプが高頻度データの中でも、主に注文情報を用いるのに対し、Hasbrouck(1995)タイプは価格情報を活用するという違いがある。

を次のように表すことができる。全トレーダーの到来確率は、ニュースが起きてかつそれが悪いニュースの場合と、ニュースが起きてかつそれが良いニュースの場合、何もニュースが起こらない場合の 3 パターンの確率の和であるから、ポアソン分布を用いて、(3.1)式で表すことができる。

$$\begin{aligned}
 & L(\alpha, \delta, \mu, \varepsilon | B, S) \\
 &= \alpha \delta e^{-(\mu+2\varepsilon)} \frac{(\mu + \varepsilon)^B (\varepsilon)^S}{B! S!} + \alpha(1 - \delta) e^{-(\mu+2\varepsilon)} \frac{(\varepsilon)^B (\mu + \varepsilon)^S}{B! S!} + (1 - \alpha)(1 \\
 & - \delta) e^{-2\varepsilon} \frac{(\varepsilon)^B (\varepsilon)^S}{B! S!}
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Easley et al. (1996)は、1日で発生した買い注文を B としてカウントし、売り注文の回数を S としてカウントすることで、(3.1)式を最尤法で推定することを提案した。ただし、 $n = 1 \dots N$ はサンプル数で標準的には日次単位に区切ったものを利用する。

$$\begin{aligned}
 & \max_{\alpha, \delta, \mu, \varepsilon} \prod_{n=1}^N L_n(\alpha, \delta, \mu, \varepsilon | B_n, S_n) \\
 & \text{s. t. } 0 \leq \alpha \leq 1 \\
 & \quad 0 \leq \delta \leq 1 \\
 & \quad 0 \leq \mu \\
 & \quad 0 \leq \varepsilon
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Easley et al. (1996)は、(3.2)式によって推定されたパラメータを用いることで、情報の非対称性を(3.3)式として定義した。

$$PIN = \frac{\alpha \mu}{\alpha \mu + 2\varepsilon} \tag{3.3}$$

(3.3)式において分子は、情報トレーダーの到来率を、分母は全トレーダーの到来率を表している。したがって、直観的にPINは、全トレーダーの取引に占める情報トレーダーの割合であると解釈できる。情報トレーダーの到来が多い、すなわち私的ニュースの発生する割合が高く、情報トレーダーがより活発に市場に参加しているマーケットでは、PINは高くなり、非情報トレーダーが市場全体のうち相対的に多い市場ではPINは小さく推定さ

れることになる。PIN が 1 のとき、マーケットメーカーにとっての取引相手は全員が情報トレーダーであり、確実に逆選択にさらされる。

さらに、Easley et al. (1996)のモデルでは、同一の仮定を保持したまま、ビッドアスクスプレッドと PIN の関係性を導出することができる。

$$Spread = PIN \cdot (\bar{V} - \underline{V}) \quad (3.4)$$

(3.4)式内の \bar{V} は、モデルの仮定における良い私的ニュースが発生した場合の資産の価値であり、 \underline{V} は悪い私的ニュースが発生した場合の資産の価値である。したがって、PIN が上昇する局面において、ビッドアスクスプレッドも拡大し、低流動性の要因になるという仮説が提示される。

PIN は 1990 年代に発案されて以来、高頻度データの活用とともに広く普及してきた。そして、PIN を題材とした研究としては、PIN と資産価格との関係を明らかにした Easley et al.(2002)や Easley and O'Hara(2004)が挙げられる。また、PIN の派生形を探求したものとして、Duarte and Young(2009)などが存在する²³。

加えて、日本の株式市場を対象とした研究では、竹原(2011)や Kubota and Takehara(2015)がある。Kubota and Takehara(2015)は、1996 年から 2007 年における長期ティックデータを利用し、一連の東証市場改革が PIN にいかなる効果をもたらしたかを検証している。分析の結果、推定期間中に PIN が 20%前後で低下的に推移していることが報告されている。また、ポートフォリオフォーメーション法によって逆選択プレミアムの存在を検証しており、PIN は株価収益率に統計的に有意に働きかけていることを指摘している。

3.2.2 PIN モデルと VPIN モデル

Easley et al. (1996)による PIN モデルは、情報の非対称性を推定する方法を提示した先駆的な方法である。一方で、使用するサンプルが標準的には 1 日単位であるため、日中の非対称情報を推定するのに、不向きであるというデメリットが存在する。Easley et al.(2008)は、日中でのリアルタイムの非対称情報を計測するために、次の関係を利用することを提案している。

²³ Stefan(2004)は、PIN モデルを含む逐次トレードモデルの包括的なサーベイを与えている。

$$\frac{E[|S - B|]}{E[S + B]} \sim \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} = PIN \quad (3.5)$$

(3.5)式は、全体の売買注文数（総オーダー数）に対する、売り注文と買い注文の偏り（オーダー・インバランス）で PIN が近似できることを意味している²⁴。この関係の直観的な意味付けは、次のように説明できる。もしも、市場に非情報トレーダーのみが存在している場合、非情報トレーダーは、私的ニュースの到来に独立に同数の売買を繰り返すため、(3.5)式においてオーダー・インバランスを生じさせない。しかし、情報トレーダーは市場に到来する時、自身の私的ニュースに基づいて、売りと買いのどちらか一方を集中的に取引させる。この取引方法は、情報トレーダーに特有のものである。その結果、売りと買い注文に極端なオーダー・インバランスが生まれる。すなわち、(3.5)式は、「情報の非対称性を注文の非対称性として識別する」という PIN モデルの本質的な計量手法を表している。Easley et al.(2008)は、(3.5)式を時系列モデルを用いて予測することで、日中内でのリアルタイムな非対称情報の予測を試みている。

さらに、(3.5)式の関係を発展させたのが、Easley et al.(2012)による VPIN (Volume Synchronized Probability of Informed Trading) である。Easley et al.(2012)は、日中に発生した売りと買い注文のオーダーインバランスの移動平均を連続してとっていくことで、(3.5)式を簡便かつ高頻度データに適応させて推定する手法を提案している²⁵。

まず、VPIN の推定では、入手した高頻度の約定データを Volume bar と呼ばれる単位に区分する²⁶。この Volume bar は、最初の約定データから任意の注文数でデータを分割したものである。続いて、Volume bar をさらに任意のサイズで Volume bucket に集約する。この際に、用いられるのが Bulk classification と呼ばれる分類方法である。Bulk classification では、Volume bar に区分された約定データを売り主導の注文か買い主導の注文かに振り分けるという処理が行われている。

²⁴ (2.5)式の近似は、Easley et al.(2008)および Katti(1960)を参照。

²⁵ VPIN は、(2.3)式を簡便に推定する方法であり、(2.2)式を最尤推定する計算コストを減らすことができる一方、個々のパラメーターの値が識別できなくなるという犠牲を負っている。

²⁶ その他、Volume bar 形式以外にも Time bar 形式が考案されている。Time bar 形式では、一般的なクロックタイムの区切りのように、1分間隔や5分間隔で約定データを区切っていく。Time bar 形式には、データ処理が簡単であるという利点がある一方で、情報の到来をうまく捉えられないという欠点があるとされている。情報の到来は不等間隔であり、取引高が大きい時ほど、情報が多く到来していると考えるのが自然だからである。

$$\begin{aligned}
V_{\tau}^B &= \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right) \\
V_{\tau}^S &= \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot \left[1 - Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right)\right] = V - V_{\tau}^B
\end{aligned}
\tag{3.6}$$

(3.6)式は Bulk classification の方法を示している。ここに、 V_{τ} は、第 τ 番目の Volume bucket を、 V_{τ}^B は第 τ 番目の Volume bucket のうち買い主導の注文数を、 V_{τ}^S は売り主導の注文数をそれぞれ表している。 $V_{\tau}^B + V_{\tau}^S = V$ は必ず成立する。また、 v_i は Volume bucket の中で i 番目の Volume bar の注文高であり、 Z は標準正規分布の累積分布関数、 p_i は各 bar の最後の約定データの価格、 $\sigma_{\Delta p}$ は bar と bar の間の価格変化の標準偏差である。 $t(\tau)$ は、第 τ 番目の Volume time である。

Bulk classification では、各 Volume bar 内の注文数を標準正規分布で重みづけを行い、売り主導と買い主導の注文に振り分けるという作業を行う。例えば、標準偏差で調整した後の $(p_i - p_{i-1})/\sigma_{\Delta p}$ が大きくなる、すなわち価格が極端に上昇した場合には、その Volume bar のうちの注文の多くが、価格を上昇させるに十分なほどの買い注文であったと判断され、 V_{τ}^B に分類されることになる²⁷。

$$\begin{aligned}
E[|V_{\tau}^B - V_{\tau}^S|] &\sim \alpha\mu \\
E[V_{\tau}^B + V_{\tau}^S] &= \alpha\mu + 2\varepsilon
\end{aligned}
\tag{3.7}$$

(3.7)式は、Bulk classification された注文数 V_{τ}^B, V_{τ}^S を用いた(3.5)式の表現である。VPIN では、この期待値の値を bucket の平均値として推定する。次の(3.8)式における、 n は移動平均をとるサンプルサイズである。

$$VPIN = \frac{\sum_{\tau=1}^n |V_{\tau}^B - V_{\tau}^S|}{nV} \sim \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} = PIN$$

²⁷ この Bulk classification 売り主導の注文、買い主導への注文の分類は VPIN に特有のものである。他にも、Tick rule や Lee and Ready(1991) algorithm が知られている。

以上のようにして、VPIN は推定される²⁸。

VPIN は、高頻度データを用いて情報の非対称性を推定する手法だが、その多くは短期的な価格の急変を予測することに焦点を当てている。Easley et al.(2011)は、VPIN のプロトタイプを算出しているが、米国で 2010 年 5 月 6 日に発生したフラッシュクラッシュの数時間前から VPIN が上昇しているという報告を行っている。その後、Easley et al.(2012)も、VPIN が同様にフラッシュクラッシュの予兆をとらえていると主張している。

また、日本における VPIN の先行研究として、脇屋・大屋 (2016) が存在する。脇屋・大屋 (2016) は、日経 225 先物および日経 225mini を対象に VPIN の詳細な統計的特性を検討している。具体的には、VPIN 推定において任意とされる Volume bar や bucket size、分布の設定をファインチューニングすることでその VPIN への影響を考察している。また、VIX との関連を明らかにするために、VIX と VPIN のグレンジャー因果性の検証を行っている。その結果、VPIN から VIX へのグレンジャー因果性が認められる一方、その逆は認められないなどの発見を行っている。

最後に、PIN モデルと VPIN モデルの先行研究について、今一度整理し、本章との関連性を示す。まず、PIN モデルはその提唱以降、資産価格との関連を調査したり、制度の変更による推移の変化を追跡するなど多くの実証研究に取り入れられた。さらに、派生 PIN モデルなどが数多く分化してきた。また、VPIN モデルは、その短期的な資産価格の予測が注目され、異常な取引やニュースサプライズなどの検知を検証する潮流が続いている。

一方で、(2.4)式で導出されたように、PIN や VPIN は、市場に到来する情報量の尺度として、市場流動性を左右する変数として扱うこともできる。日本の株式市場を対象にして、この関係を検証した研究は蓄積が少ない。市場流動性は、取引の効率性を図る尺度として、重要であり、最適執行の観点からも関心が高まっていると考える。以上のことから、本章は、VPIN が市場流動性にどのように影響しているかを、問題意識としている。

3.3 TOPIX Core30 における VPIN と市場流動性

本章では、VPIN によって測定される情報の非対称性と市場流動性にどのような関係性があるかを検証する。そのために、本章では、市場流動性を表す諸変数を従属変数に、VPIN およびコントロール変数を独立変数とした、パネル分析を行う。以下では順に、3.3.1 で利

²⁸ VPIN の具体的な推定方法については、Easley et al.(2012)を参照。また、Abad and Yagüe (2012)は VPIN 推定の手順を詳細に述べている。

用するデータのサンプリング、3.3.2 で VPIN の推定方法とパネル分析の方法、3.3.3 で推定の結果・解釈を説明する。

3.3.1 データセレクション

ここでは、本章で扱うデータとそのサンプリングについて述べる。本章では、株式市場の高頻度データを取得するにあたり、日経メディアマーケティング（株）の提供する日経 NEEDS ティックデータ（個別株式・複数気配）を利用した。日経 NEEDS ティックデータは、ミリ秒単位での取引情報および気配更新情報を記録している Tick by Tick データである。このレコードより、約定フラグの記録された取引データを抽出した。なお、板寄せのフラグは除外している。また、日経 NEEDS Financial-Quest より、個別株式の特徴となるデータを取得した。

サンプルセレクションとして、TOPIXCore30 銘柄を採用した。なお、TOPIX Core30 は定期的に銘柄の入れ替えを行っているため、2016 年 4 月 1 日時点での採用銘柄を対象としている²⁹。期間は 2016 年 4 月 1 日～2017 年 3 月 31 日の 245 営業日である。したがって、日次単位での総サンプル数は 30 銘柄×245 日の 7,350 である。

TOPIX Core30 の特徴として、時価総額の大きな、株式市場を代表する銘柄を含んでいることや、ETF や投資信託への組み入れ比率なども高いため取引頻度も多いことが挙げられる。このため、最適執行の観点から流動性への関心が高いと判断し、分析の対象とすることを決定した。

3.3.2 VPIN の推定方法とパネル分析の方法

本節では、①VPIN の推定方法、②VPIN を用いたパネル分析の方法の 2 つを説明する。

まず、VPIN の推定方法から説明する。本章での VPIN の推定方法は、Easley et al.(2012) とやや異なる。Easley et al.(2012)では、先に Volume bar を設定し、Bulk classification によって、注文を買い主導の注文と売り主導の注文に分類していた。一方、ここでは、約定データを直接、次の(3.9)式のルールに沿って売り主導の注文と買い主導の注文に分類する³⁰。

²⁹ 具体的には、銘柄コード「8604」を採用し、「6861」は非採用とした。

³⁰ この分類の正当化は、東京証券取引所には制度化されたスペシャリストが存在せず、気配スプレッドの内部での約定が行われないからである。このため、売り気配側で待機して

$$\begin{cases} Price_t \geq MidQuote_t = \frac{1}{2}(AskPrice_t + BidPrice_t) \Rightarrow \text{買い主導の約定としてカウント}(V_t^B) \\ Price_t < MidQuote_t = \frac{1}{2}(AskPrice_t + BidPrice_t) \Rightarrow \text{売り主導の約定としてカウント}(V_t^S) \end{cases} \quad (3.9)$$

(3.9)式は、時刻 t における約定価格 $Price_t$ が、仮想均衡価格³¹ $MidQuote_t$ よりも高い場合、均衡価格よりも高い価格での約定を望んだという意味で買い主導の注文と分類される、という分類ルールを示している。

続いて、分類された bucket ごとにオーダー・インバランスを計算する。本章では、1日を50bucketとなるように、時間で分割した。

最後に、得られたオーダー・インバランスを1日で平均して、VPINの推定値とする。この推定手順は、図3-1に示す。

【図3-1 VPINの推定手順 (bucket作成からVPIN算出まで)】

次に、VPINを独立変数、流動性変数を従属変数としたパネル分析の方法を説明する。パネルは、TOPIX Core30をダミー変数 i として作成し、日次単位 t で作成する。

$$Liquidity_{i,t} = \alpha + \beta_1 \cdot VPIN_{i,t} + \beta_2 \cdot Control_{i,t} + \beta_3 \cdot dummy_i + \tilde{\varepsilon}_{i,t} \quad (3.10)$$

(3.10)式の従属変数である $Liquidity_{i,t}$ は流動性を評価する諸変数である。ここでは、Quote Spread, Effective Spread, Price Impact, Depth_1, Depth_5, Depth10の6つを用い

いる指値注文に相対して約定した注文は、買い主導の注文によるものだと見なせることになる。NYSEのようなスペシャリストの存在する市場では、気配スプレッド内での約定が頻繁に発生し、またレコードへの記載時刻にもタイムラグが存在している。そのため、Lee-Ready(1991)algorithmのような特殊なデータ処理が要求される。また、その他にもVPIN推定の計算コストを抑えるために、この分類方式を用いている。

³¹ $MidQuote_t$ は仲値と呼ばれ、時刻 t における「仮想均衡価格」と解釈されている。すなわち、投資家は時刻 t において、資産の価格は $AskPrice_t$ 以上でもなく、 $BidPrice_t$ 以下でもないと合意しているとすれば、均衡価格はその中間のいずれかに存在すると考えられる。そこで、 $MidQuote_t$ を仮想の均衡価格と仮定するというものである。

る。それぞれの定義は以下のとおりである。

$$\text{Quote Spread}_{i,t} = \text{AskPrice}_{i,t} - \text{BidPrice}_{i,t} \quad (3.11)$$

$$\text{Effective Spread}_{i,t} = |2(\text{Price}_{i,t} - \text{MidPrice}_{i,t})| \quad (3.12)$$

$$\text{Price Impact}_{i,t} = |\text{MidPrice}_{i,t+1} - \text{MidPrice}_{i,t}| \quad (3.13)$$

$$\text{Depth}_1_{i,t} = \text{Limit Order on 1st Quote}_{i,t} \quad (3.14)$$

$$\text{Depth}_5_{i,t} = \sum_{j=1}^5 \text{Limit Order on } j \text{ th Quote}_{i,t} \quad (3.15)$$

$$\text{Depth}_{10}_{i,t} = \sum_{j=1}^{10} \text{Limit Order on } j \text{ th Quote}_{i,t} \quad (3.16)$$

(3.11)式で定義される Quote Spread はマーケットメーカーの提示する気配ベースでのスプレッドであり、市場流動性を表す代表的な変数である。Quote Spread は、トレーダーが最良気配で 1 単位の取引を行う際に支払うと予想される取引コストであり、小さいほど流動性が高いと考えられている。(3.12)式で定義される Effective Spread は、実際に取引された約定価格 *Price* と仲値との差であり、分割された bucket の時点ごとに差分を計算する。Quote Spread が取引事前のスプレッドを表すのに対し、Effective Spread は取引事後の実際に支払われた取引コストである。Effective Spread も、小さいほど流動性が高いと解釈する。Price Impact は、時刻 *t* に行われた約定が、次の *t* + 1 までにどれだけ仲値を動かしたかを表している。仲値は仮定の均衡価格であると考えられるため、取引がどれだけ均衡価格を変化させたかを示している。Price Impact は小さいほど、市場の厚みが大きく、市場の流動性は高いと理解できる。(3.14)式から(3.16)式で与えられる Depth_1、_5 および_10 は、指値板に執行された指値注文数である。それぞれ、最良気配から 1 番目、5 番目、10 番目までの累積注文数を用いている。Depth は大きいほど、指値板が注文数で満たされているため、いつでも注文が執行できるという意味で流動性が高いと理解される。

各流動性変数は、一様に流動性変数と呼ばれるものの、その性質が大きく異なると理解されている。2 種類の Spread は、投資家一般が支払う取引コストであり、広く多くの投資家にとって、重要な指標だと考えられている。これに対し、Price Impact は、資産の価値を知る情報トレーダーにとって重要な指標だと考えられている。これは、情報トレーダーがいかにか自身の持つ情報を流出させずに、均衡価格を変化させないかを重要視するためである。ま

た、Depth は、投資信託や年金基金などの大口注文トレーダーが、いかに一度に大口注文を執行できるかという流動性消費のポテンシャルに関わるため、主に大口注文投資家にとって、重要な指標だと考えられている。

(3.10)式の独立変数は、推定された VPIN およびコントロール変数と銘柄ダミーである。コントロール変数は、Price, Market Capital, Volatility, Trade Size を加えている。Price は、価格の対数値、Market Capital は時価総額の対数値、Volatility は収益率のボラティリティ、Trade Size は約定された注文の平均サイズを用いている。流動性変数、VPIN、コントロール変数は、作成するパネルに合わせ 1 日ごとに平均している。

3.3.3 推定結果と解釈

本節では、前節の推定方法によって得られた推定結果を報告し、結果の解釈を行う。最初に、表 3-1 は、各変数の記述統計量を示している。

【表 3-1 記述統計量】

まず、VPIN に関する記述統計量であるが、平均値は 17% である。この推定値は、脇屋・大屋(2016)の日経 225 先物と比較すると、かなり大きい。しかし、個別銘柄で PIN 推定した Kubota and Takehara(2015)の値と比較すると、それほど乖離するものではない³²。また、最大値は、30%に達し銘柄や日次によっては、顕著なオーダー・インバランスが生じていることも観察される。VPIN の分布の特徴として、最小値を 0 として、右に裾を広げる形状であることが知られている。

各流動性変数およびコントロール変数の基本統計量も、表 3-1 に整理される。

続いて、パネル分析の推定結果に移る。表 3-2 および表 3-3 は、Quote Spread、Effective Spread に対するパネル分析の結果を示している。

【表 3-2 Quote Spread のパネル分析結果】

³² 前述したように、本章での VPIN 推定方法は、Bulk classification の手続きで脇屋・大屋(2016)と異なる。よって、推定方法が推定値に影響している可能性は考えられる。

【表 3-3 Effective Spread のパネル分析結果】

表 3-2、表 3-3 から、VPIN で計測される情報の非対称性の高まりが、スプレッドの拡大、言い換えれば流動性の低下をもたらすという結果が得られた。これは、Easley et al. (1996) のモデルから導出された(2.4)式の理論分析と整合的なものである。

Quote Spread は、取引事前におけるマーケットメーカーの提示気配である。マーケットメーカーは、情報トレーダーからの到来が多いと予見される場合に、スプレッドを拡大させて、逆選択のリスクを回避する傾向にあると解釈できる。

Effective Spread は、取引事後に実際に投資家が支払うコストである。VPIN の上昇とともに、Effective Spread が拡大するという現象は、取引がより最良気配以外で発生している可能性を示唆している。VPIN が大きくなり、注文がインバランスになるにつれて、トレーダーは市場に情報が到来していることを察知する。資産のファンダメンタルが変化していることを予期したトレーダーは、意図的に最良気配以外で高いコストを支払ってでも注文を行って、裁定を図っているものと解釈できる。その他にも、市場のトレーダーが、例えば短期間のスウィングトレード戦略やテクニカルトレードを行って、注文数の変動に機敏に反応していることを示しているとも考えられる結果である。

表 3-4 は、Price Impact に対するパネル分析の結果を示している。

【表 3-4 Price Impact のパネル分析結果】

表 3-4 に見られるように、Price Impact に対する VPIN の回帰係数は統計的に有意となっている。したがって、市場に情報が流入するにつれて、均衡価格はより多く変動し、価格発見が行われていると考えられる。この結果も、Kyle(1985)が指摘する理論分析と整合的なものである。

表 3-5、3-6、3-7 はそれぞれ Depth_1, 5, 10 に対するパネル分析の結果を表している。

【表 3-5 Depth_1 のパネル分析結果】

【表 3-6 Depth_5 のパネル分析結果】

【表 3-7 Depth_10 のパネル分析結果】

表 3-5、3-6、3-7 の第 1 列は Depth の中でも Ask サイドの Depth を、第 2 列は Bid サイドの Depth の結果を示している。

Depth では、理論モデルの予測とは、やや異なる結果が得られている。一般に、情報の非対称性が大きくなると、逆選択のリスクを回避するために、投資は消極的になると考えられている。しかし、Depth_1 および_5 については、VPIN の上昇と正の相関を有していることが確認される。これは、マーケットメーカーにとっての情報の非対称性が増すと、注文を増加させる投資行動をとっていると読み取れる。1つの解釈であるが、マーケットメーカーもパッシブに流動性を供給するのみならず、積極的に情報の流入を利用し、利益を得ようとしているのではないかと考えられる。

さらに、Depth_10 では、Ask サイドと Bid サイドで対照的な結果が得られている。VPIN の上昇に対して、Ask サイドは有意に反応していないが、Bid サイドは 10%有意水準ながら、負に相関している。これは、Bid サイドの方がより敏感に反応するという意味でレバレッジ効果に似た結果であり、かつ最良気配方向に流動性が集中しているという特徴的な結果である。これは、最良気配と遠いところで約定が発生すると注文が回復しない、あるいは注文がキャンセルされ、最良気配に移っているなどの現象が起こっているのではないかと考えられる。

推定結果を総合すると、Spread 系や Price Impact では、理論分析と整合的な結果が得られ、実証的な検証を欠いていた、情報の非対称性と市場流動性の関係に裏付けを与えるものとなった。また、Depth ではいまだ理論モデルの解決できていない投資行動が確認され、より深いモデル構築の必要性が提起された。

3.4 終わりに

本章では、日本の株式市場、特に TOPIX Core30 を対象に、VPIN を推定し情報の非対称性の存在を検証した。その結果、情報優位なトレードが平均的には 17%程度で生じていること、一時的には注文の偏りから VPIN が 30%を超過するような私的情報の偏在を示唆するようなイベントが発生していることが確認された。また、VPIN の上昇という情報の非対称性の高まりは、スプレッドやプライス・インパクトを有意に上昇させ、低流動化をもたらしていることが判明した。しかし、デプス（板の厚み）に関しては、情報の非対称性が高まる局面で、注文数が増加し、流動性が高まっているということも明らかになった。さらに、デプス（板の厚み）では、ビットサイドで、より最良気配方向に注文が集中する傾向が見取れた。

最後に本章に残された課題について述べる。1つめの課題は、VPINの詳細な統計的特徴の検討である。本章では、VPINを価格予測の指標とするというよりも、むしろ情報の非対称性の尺度として扱ってきた。それゆえ、Bulk classificationやbucketサイズのファインチューニングは行ってこなかった。しかし、VPINの値が設定によって変化する以上、複数パターンで算出して、分析を緻密にすることが求められると考える。

2つめの課題として、分析の拡張が挙げられる。例えば、銘柄数、サンプル期間の拡大、分割、変数の追加は残された課題である。本章では、大型銘柄に焦点を当ててその流動性と非対称情報の関係性を検討した。しかし、より小さな銘柄や株式市場全体では全く異なった結論が得られてる可能性がある。

1つめと2つめの課題を解決する3つめの課題として、計算コストの低減がある。高頻度データを用いる場合、計算コストが膨大になることがある。計算コストを低減する方法として、直接オーダー・インバランスを説明変数に加えるという手法が考えられる。これは、AIMと呼ばれる指標で簡易的な情報の非対称性の尺度として用いられている。計算コストの低減が行われた場合、より多くのサンプルに分析を拡張することも容易になると考えられる。

1から3の課題は実証方法に関する技術的な課題であるが、最後に4つめとしてPINモデル自体に関する課題が残されている。本章では、VPINによって情報の非対称性の大きさを推定したが、PINモデルが情報の非対称性を正確に識別できているかという議論が存在する。Duarte and Young(2009)は、PINモデルが、私的情報による売買と公開情報に基づく売買とを識別できていない可能性を指摘している。その上で、PINモデルを拡張しAdjusted PINという新たな非対称情報の推定方法を提案している。VPINがPINモデルに依拠している以上、このような識別の問題は依然としてVPINにも当てはまり、情報の非対称性をいかにして識別するか、といった本質的な問いは残されていると考えられる。

4 章 IPO 市場におけるアンダープライシングと市場流動性プレミアム

4.1 はじめに

株式の新規上場（IPO）は、成長企業にとって重要な財務決定の1つである。IPOで資本調達を成功させることは、内部資金では賄うことのできない多額の資本を企業にもたらし、よりリスクの高いプロジェクトへの投資を可能にするからである。よって、上場を計画する企業にとって最も大きな懸念事項は、企業価値が正当に評価され、株式を高い公開価格で売り出すことができるかどうかになるだろう。

しかしながら、企業が発行する株式の公開価格が、市場で評価される初値よりも極めて低く評価されるという現象が、広く見受けられている。この現象は一般に、公開価格の過小値付け（アンダープライシング）と呼ばれている。過小値付けは、企業の資金調達にとっては極めて深刻な問題となりえる³³。なぜなら、本来ならば株式を市場で直接評価された額で売却し、現金を入手できたのにも関わらず、実際にはそれよりも低く割り引かれた公開価格分の現金しか調達できないことを意味するからである。言い換えれば、IPO企業は資本コストに大きなプレミアムを払っているということである。また、過小な値付けが発生し、その後に高いリターンが得られるとするならば、その間価格は急激な騰落をともなっている。高いボラティリティは、投資家のリスク回避選好に対して、負の影響を与えるため、市場全体としてみても、過小値付けが市場の厚生を損ねていると考えられる。

日本におけるアンダープライシングの現状は、極めて深刻である。2011年から2017年の466件の初値収益率を調べてみると、その平均は86%にも達している。これは、標準的な株式収益率が7%程度であるのに比べると、上場企業は極めて高い資本コストを支払っているということになる。

さらに、日本の初値収益率は、諸外国と比べて高いという傾向が報告されている。Ljungqvist(2007)によれば、米国での初値収益率は、1960年から2003年まで間、10%~20%程度で推移している。また、ヨーロッパにおいても、イギリスでは約30%、ドイツに至っては約25%となっている。さらに、同じアジア地域マーケットと比較しても、香港の19%やシンガポールの28%よりもはるかに高い。このことが示しているのは、特に日本の企業は不利な条件で資本調達を行わざるを得ないという事実である。このように外部資金への制約が付けば、日本経済にとって、リスク性の高い事業活動が抑制されてしまうかもしれない。したがって、アンダープライシングが発生するメカニズムを明らかにし、その対処

³³ 近年のIPO研究まで包括的にまとめた論文に、Katti and Phani(2016)が挙げられる。また、日本市場を題材としたサーベイ研究には鈴木(2017)の第11章が挙げられる。

法や財務戦略を検討することは、証券市場の発展にとって不可欠なことであると考えられる。

この過小値付け問題がなぜ発生するのかという疑問については、その原因を明らかにする数多くの研究がなされてきた。代表的な仮説は、Rock(1986)による勝者の災い(Winner's Curse)仮説である。この仮説では、企業の価値に関して市場の投資家間で情報の非対称性が存在すると仮定している。情報優位な投資家が、常に企業価値の高い IPO に申し込みできるのに対して、情報劣位な投資家は、企業価値の大小を判別できないため、企業価値の低い IPO にも申し込みしてしまうリスク、すなわち勝者の災いが存在する。公開企業は、情報優位な投資家の申し込みだけでは、十分に株式を売却することができないので、情報劣位な投資家にも申し込みに参加させる必要がある。そこで、公開企業は十分に公開価格を割り引いて株式を発行する。このことにより、情報劣位な投資家であっても企業価値が低い企業の IPO から収益を得ることができるようになり、参加するようになる。その結果として、企業は公開価格を低く設定せざるを得ないのである。

また、他の要因を探る研究としては、Benveniste and Spindt(1989)による情報顕示仮説や Baron(1982)のよって提示されたエージェンシー仮説、Cater and Manaster(1990)による保証仮説などが存在する。

山分(2003)は、1995年から2002年までに株式を新規公開した日本の企業713社を対象に、総合的にこれらの仮説が正しいかを検証している。その結果、Rock(1986)によって示された Winner's Curse がアンダープライシングの主因であると分析し、情報顕示仮説や保証仮説は棄却されたと結論付けている。このように、IPO におけるアンダープライシング要因の探求は、多くの仮説が提唱され検証され続けている。

ところで、IPO における過小値付け問題の原因としては、IPO 前における情報の非対称性や主幹事証券会社の行動分析に中心が置かれてきたという経緯がある。上述したいくつかの仮説もその内に含まれるものである。しかしながら、近年、マーケット・マイクロストラクチャー分野の発展とともに、市場における投資家の取引行動や投資スタイルが過小値付けを引き起こしているのではないかと探求する研究が生まれてきている³⁴。その1つが、流通市場の流動性との関係性を考察する研究である。

Ellul and Pagano(2006)は、流通市場すなわち IPO 後の流動性低下が、過小値付けの原因となることを理論モデルで証明している。これは、次のような理由による。一部の投資家は即座に流通市場に公開株式を売却することを目的としているため、流通市場の流動性が低くコストをかけて売却するような IPO を好まない。もしも、IPO 企業が、予定の公開

³⁴ マーケット・マイクロストラクチャーは証券市場の価格形成メカニズムを、市場のルールや制度の在り方から分析しようとする研究領域である。この分野では、投資家の投資スタイルや注文の出し方を明示的にモデルに組み込むということが行われており、本章もフリッパー戦略という投資家の取引行動が導入されている。

枚数を売却するために、このような投資家にさえ、株式公開に申し込ませようとするならば、IPO 企業は、流通市場での流動性コストをプレミアムとして補償しなければならない。したがって、過小値付けが存在してしまうというものである。

このような投資家の投資戦略は、個人投資家間では広く普及しているものであるが、その影響を具体的に分析した研究は日本ではほとんど存在しない。しかし、日本の株式市場が個人投資家に裾野を広めている以上、こうした戦略が IPO の価格形成に影響を及ぼしている可能性は否定できない。

以上の背景の下、本章ではマーケット・マイクロストラクチャーの理論モデルの枠組みを用いて、流通市場の市場流動性がいかに IPO においてアンダープライシングを引き起こすかを考察する。本モデルでは、Rock(1986)によって提唱された情報の非対称性が存在するモデルを、CARA-Gauss モデルの仮定を用いて拡張する。続いて、Rock(1986)モデルに流通市場を挿入し、流通市場で発生した低流動性が、IPO 時の価格決定に影響することを説明する。このモデルから、上場企業は将来の流通市場の取引状況をフォワードルッキングに予測しながら、公開価格を決定しなければならないという含意が示される。

本章に関連し、市場流動性とアンダープライシングの関係性を研究した論文には、次のようなものが存在する。まず、Hahn et al.(2013)は、1988 年から 2009 年までに米国で行われた新規上場をサンプルにして、8 つの流動性指標が初期収益率と負の相関を有しているということを報告している。Butler et al.(2005)は、IPO に限らず、外部資金調達を行った企業を調査した結果、スプレッドや出来高で測った流動性が高い企業群は、低い企業群に比べて、証券会社に対する支払い手数料が 101 ベースポイント低いという結果が得られたと報告している。Ellis et al.(2000)は、主幹事証券会社が IPO 後の数か月に渡り、流通市場において、マーケットメーカーの役割を果たすという DMM (Designated Market Maker) 契約の効果を検証し、そのような財務政策が流通市場の流動性を向上させるのに有効で、公開価格を下げ止める効果があることを示している。これらの研究は、概ね流通市場の流動性がアンダープライシングの重要な決定要因であることを支持している。これに関連して、流通市場の流動性がいかに決定されるかに焦点を当てた研究も生まれている。Corwin et al.(2004)は、1995 年から 1998 年までの NYSE での上場企業を対象に、IPO 後の流動性の変化パターンを分析した代表的な研究である。

また、IPO 市場に限定することなく、市場流動性の低下が資産収益率に高いプレミアムを要求すると主張する研究は少なくない。このようなメカニズムは、流動性プレミアムと呼ばれる。Amihud and Mendelson(1986)は流動性プレミアムの存在を最初に指摘した研究である。これ以降、Amihud(2002)や Pástor and Stambauch(2003)の実証分析で流動性プレミアムが広く確認されている。また、Acharya and Pedersen(2005)は、世代重複モデルを用いることで、短期的な資産の売買を行う投資家をモデル化し、将来に不確実な流動性の変動が予期される時、投資家が資産価格に流動性プレミアムを要求することを、ミクロ的基礎づけをもったモデルで証明している。本章も、そのような流動性プレミアムを題材とした研究の

一部だと位置づけられる。

続いて、本章の構成を説明する。第 4.2 節では、Rock(1986)モデルを CARA-Gauss モデルの仮定を用いることで拡張する。これにより、情報の非対称性がどのようにアンダープライシングに影響するかを考察する。続いて第 4.3 節では、このモデルに流通市場を加えた拡張モデルを分析する。このモデルから、流通市場での流動性の悪化が IPO のアンダープライシングをさらに深刻化させることを示す。第 4.4 節では、結論と今後の研究課題を述べる。

4.2 ベンチマークモデル

本章では、本章のベンチマークとなる Rock(1986)モデルを説明する。このモデルの特徴は、IPO に応募する投資家間に情報の非対称性が存在することを仮定し、逆選択リスクがアンダープライシングの原因であることを明示的に主張した点にある。ここでは、投資家の効用関数が CARA 型効用関数に従い、すべての確率変数が正規分布に従うことを仮定した CARA-Gauss モデルの設定を応用することで、Rock(1986)のモデルを拡張する³⁵。

4.2.1 ベンチマークモデルの設定

時点 0、時点 1 から成る 2 時点モデルを考える。時点 0 が上場日であり、投資家は上場企業に需要申告を行い、それに応じて上場企業が株式の売り出し公開価格を決定する。時点 1 では株式価値が実現し、投資家と上場企業の利益が確定する。

この経済には 2 つの資産が存在する。1 つめは上場企業の売り出す株式であり、真の価値を $\tilde{\theta} = \tilde{v} + \tilde{\varepsilon}$ と表す。株式の価値は 2 つの部分から構成されており、1 つはマクロ経済要因によって決定される \tilde{v} であり、もう 1 つは、証券個別の要因によって決定される $\tilde{\varepsilon}$ である。 \tilde{v} は平均 \bar{v} で分散 σ_v^2 の正規分布 $\tilde{v} \sim N(\bar{v}, \sigma_v^2)$ に、 $\tilde{\varepsilon}$ は平均 0 で分散 σ_ε^2 の正規分布 $\tilde{\varepsilon} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ にそれぞれ従っている。そして、時点 1 で価値 θ が実現すると仮定する。2 つめの資産は安全資産で、0 に基準化された収益率を有している。

³⁵ CARA-Gauss モデルの代表的な研究は、Grossman and Stiglitz(1980)である。CARA-Gauss モデルの特徴や分析手法を解説したものに、Vives(2008)や DeJong and Rindi(2009)などがある。

次に IPO メカニズムについて説明する。上場企業はリスク中立的な選好を有すると仮定し、 S 単位の株式の売り出しを決定している。上場企業の目的は、 S 単位の株式を売り出すことのできるように、時点 0 で公開価格 P_0 を最も高く設定するということになる³⁶。

この上場には、リスク回避的な 2 種類の代表的投資家が応募する。それぞれの投資家は、絶対的危険回避度 α が一定の CARA 型効用関数を有していると仮定する。1 種類めは、時点 0 で株式の価値のうちマクロ要因 \tilde{v} の実現値 v を知ることのできる情報投資家である。彼は、事前に知った株式の私的情報 v に基づいて、期待効用を最大化するように需要申告 X_I を行う。2 種類めは、時点 0 で株式の価値に関する情報を入手することのできない非情報投資家である。したがって、非情報投資家は株式価値の事前分布だけを頼りに、期待効用を最大化するような需要申告 X_U を行う。すべての確率変数は独立に分布していると仮定する。

4.2.3 各投資家の最大化問題と需要申告

ここでは、各投資家および上場企業の最適化問題から、需要申告と公開価格の決定について分析する。

情報投資家は、時点 0 において私的情報 v をもとに、次の(4.1)式で表される期待効用を最大化するように需要申告 X_I を選択する³⁷。

$$\max_{(X_I)} E[(\tilde{\theta} - P_0)X_I | v] - \frac{1}{2} \alpha V[(\tilde{\theta} - P_0)X_I | v] \quad (4.1)$$

ただし、 $E[\cdot]$ は期待値演算を、 $V[\cdot]$ は分散演算を表している。

(4.1) 式を X_I について微分し一階の条件を用いると、情報投資家の需要申告は (4.2) 式となる。

$$X_I = \frac{E[\tilde{\theta} | v] - P_0}{\alpha V[\tilde{\theta} | v]} \quad (4.2)$$

³⁶ この仮定は、企業がプロジェクトの実行のために現金を必要としていて、上場に失敗できないという環境を表現している。

³⁷ ただし、 $X_I \geq 0$ であり空売りは行わないものとする。これは、IPO への応募においては買い注文しか行えないためである。また、 X_U についても $X_U \geq 0$ とする。

標準的な条件付き期待値と分散の計算より、

$$E[\tilde{\theta}|v] = v \tag{4.3}$$

$$V[\tilde{\theta}|v] = \sigma_{\varepsilon}^2 \tag{4.4}$$

となる。(4.3) 式と (4.4) 式を (4.2) 式に代入することで、

$$X_I = \frac{v - P_0}{\alpha \sigma_{\varepsilon}^2} \tag{4.5}$$

が求まる。情報投資家の需要関数(4.5)式は、 v について増加し、 $\alpha, P_0, \sigma_{\varepsilon}^2$ について減少する。これは、入手したマクロ経済環境が良いほど、高いキャッシュフローが見込まれて株式価値も上がるので高い需要を申告し、より投資家がリスクが回避的で将来の個別要因が不安定なときほど需要を少なく申告することを示している。

同様の手続きによって、非情報投資家の需要申告についても導出することができる。非情報投資家は、時点0の時点で何ら情報を得ることなく、次の(4.6)式で表される最大化問題を解く。

$$\max_{(X_U)} E[(\tilde{\theta} - P_0)X_U] - \frac{1}{2} \alpha V[(\tilde{\theta} - P_0)X_U] \tag{4.6}$$

(4.6)式を X_U について微分し一階の条件を用いると、

$$X_U = \frac{\bar{v} - P_0}{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_{\varepsilon}^2)} \tag{4.7}$$

が求まる。非情報投資家の需要関数についても、情報投資家と同様に \bar{v} について増加し、 $\alpha, P_0, \sigma_v^2, \sigma_{\varepsilon}^2$ について減少する。

ただし、非情報投資家は情報投資家に比べて、株式の価値を正確に予測することができない。このことは、次の(4.8)式の分散の比較から得られる。

$$V[\tilde{\theta}|v] - V[\tilde{\theta}] = -\sigma_{\varepsilon}^2 < 0 \quad (4.8)$$

4.2.4 株式の売り出しに対する総需要と公開価格の決定

次の (4.9) 式は、情報投資家と非情報投資家の需要申告を集計した、上場企業の株式公開に対する総需要を表している。

$$\begin{aligned} X &\equiv X_I + X_U \\ &= \frac{v - P_0}{\alpha\sigma_{\varepsilon}^2} + \frac{\bar{v} - P_0}{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_{\varepsilon}^2)} \end{aligned} \quad (4.9)$$

上場企業が IPO を達成するためには、(2.9) 式で表された総需要が株式売り出し枚数を上回るように、公開価格を決定しなければならない³⁸。したがって、上場企業は (4.10) 式で表される資金調達額の最大化問題を解く。

$$\begin{aligned} \max_{(P_0)} P_0 \cdot S \\ \text{s.t.} \quad X &\equiv \frac{v - P_0}{\alpha\sigma_{\varepsilon}^2} + \frac{\bar{v} - P_0}{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_{\varepsilon}^2)} \geq S \end{aligned} \quad (4.10)$$

実際には、この最大化問題は制約条件である不等式 (4.10) 式を満たす最大の P_0 を選択することと同じである。以上の結果を、命題 4.1 としてまとめておく。

命題 4.1 (ベンチマークモデルにおける均衡)

ベンチマークモデルの仮定の下で、次の均衡 $(\hat{X}_I, \hat{X}_U, \hat{P}_0)$ が成立する。

³⁸ この制約条件について、情報投資家あるいは非情報投資家のみの応募で売り出し枚数が売り切れるというケースは考えない。これは、売り出し枚数が十分に大きく各タイプの投資家だけでは IPO を成功できないという状況を想定しているからである。また、片タイプだけの参入では情報の非対称性をモデル化できないので、この仮定によって含意に乏しい分析になることを回避している。

$$\hat{X}_I = \frac{v - P_0}{\alpha\sigma_\varepsilon^2} \quad (4.11)$$

$$\hat{X}_U = \frac{\bar{v} - P_0}{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (4.12)$$

$$\hat{P}_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2 v}{\sigma_\varepsilon^2 + (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} + \frac{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\bar{v}}{\sigma_\varepsilon^2 + (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} - \frac{\alpha\sigma_\varepsilon^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)S}{\sigma_\varepsilon^2 + (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (4.13)$$

命題 4.1 はベンチマークモデルの基本的な結果を示している。まず、公開価格(4.13)式の決定要因は3つの項から分解される。第1項は、情報投資家の私的情報がもたらす株式価値の予測部分である。第2項は、私的情報なしに予測できる株式の平均的なファンダメンタルの大きさである。そして、第3項がアンダープライシング項である。この第3項は、投資家のリスクプレミアム要因 α とそれぞれの投資家の受け取る情報精度の項 σ_v^2 と $(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)$ から構成されている。

ここで、公開価格のアンダープライシングについて、(4.14)式によって改めて定義しておく。

命題 4.2 (ベンチマークモデルのアンダープライシング)

ベンチマークモデルにおいて、アンダープライシング Δ は次の(2.14)式で表される。

$$\Delta \equiv -\frac{\alpha\sigma_\varepsilon^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)S}{\sigma_\varepsilon^2 + (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (4.14)$$

本モデルの仮定の下で、 Δ は常に負である。したがって、ベンチマークモデルにおいて常にアンダープライシングが存在することを示している。

4.2.3 ベンチマークモデルにおける比較静学

ベンチマークモデルのアンダープライシングについて比較静学を行うと、次の結果を導くことができる。

命題 4.3 (ベンチマークモデルの比較静学)

$\alpha, S, \sigma_v^2, \sigma_\varepsilon^2$ が大きくなるとアンダープライシング Δ が小さくなり、公開価格は低下する。

σ_v^2 と σ_ε^2 に関する比較静学の結果は、補論 C で証明される。 α, S アンダープライシングの変化は次のように説明される。需要関数の比較静学で見たように、投資家はリスク回避的になるほど、需要申告を少なくする。すると、上場企業は S 単位の株式を売り出すために、より価格を低くして投資家に応募してもらう必要が生まれる。また売り出し枚数 S が多いと、より需要申告を引き出すために、公開価格を低く設定し、投資家に参入させるインセンティブを与えるようになる。結果として、アンダープライシングが深刻化する。

証券価値の分散 σ_v^2 と σ_ε^2 について、アンダープライシング項が小さくなることは投資家がリスク回避的であるためである。売り出し株式の価値がより不確実なとき、各投資家は需要を消極的に申告する。よって、上場企業はより公開価格を低下させて、投資家からの需要を喚起し、規定枚数 S の売り出しを達成する。

また、情報投資家と非情報投資家の条件付き分散の差が σ_v^2 であることに着目すると、次のような解釈も可能である。アンダープライシング項における σ_v^2 は、情報投資家と非情報投資家の情報格差を表している。 σ_v^2 が大きくなるということは、情報投資家と比較して非情報投資家が直面する不確実性が大きく、情報の非対称性が高い経済環境を想定しているということである。情報の非対称性が大きくなると、非情報投資家にとって逆選択のリスクが高くなり、アンダープライシングがより深刻化する。この結果は、情報の非対称性がアンダープライシングの決定要因であるということを示した Rock(1986)の結論と整合的であり、CARA-Gauss モデルが Rock(1986)の自然な拡張になっていることを示している。

4.3 拡張モデルと市場流動性

本章では、ベンチマークモデルを拡張し、流通市場を導入する。流通市場における投資行動および流動性の形成が、どのように公開価格に影響を与えるかを分析する。

4.3.1 モデルの変更と各投資家の需要申告

まず、モデルに時点 1/2 を挿入する。この時点 1/2 を流通市場と呼び、上場した株式が取引されることで初値が決定される時点と仮定する。したがって、モデルは、時点 0 で需要申告と公開価格の決定が行われ、時点 1/2 で売り出された株式の初値が決定され、時点 1 で株式の価値が実現し、投資家と上場企業の利益が確定するというタイミングを有する。

時点 0 と時点 1 の上場メカニズムはそのままに、時点 1/2 のマーケット構造を説明する。まず、時点 0 で株式の売り出しに当選した情報投資家が、流動性需要からその一部を即座に売買すると仮定する³⁹。この割合を $\pi(0 \leq \pi \leq 1)$ とする。時点 1/2 で売買されなかった $1 - \pi$ の株式については、時点 1 まで保有されるとする。非情報投資家については、売買を行わずに、時点 1 まで株式を保有するものとする⁴⁰。さらに、流通市場に新たに参入するノイズトレーダーを仮定する。ノイズトレーダーの注文 η は、正規分布 $\eta \sim N(0, \sigma_\eta^2)$ に従う確率変数である。

初値 $P_{1/2}$ は、株式の価値に関する情報を観察できないマーケットメーカーによって、総注文数を清算するように推定・決定されるとする⁴¹。ここで、マーケットメーカーは、個別の注文数は観察できず、すべての投資家からの注文数を合計した総注文数(4.15)式を条件に、次の(4.16)式のように線形の価格推定を行うと仮定する。すなわち、総注文数を

$$\tilde{Y} = \tilde{X}_I + \tilde{\eta} \tag{4.15}$$

と定義すると、

$$\tilde{P}_{1/2} = \mu + \lambda(\tilde{Y} - E[\tilde{Y}]) \tag{4.16}$$

³⁹ 本章では簡略化のために、この投資行動についてミクロ的基礎づけをもって売り注文を行う理由を明示的に分析しない。しかし、このような IPO に応募した投資家が即座に株式を売却する行動は現実の市場ではよく観察されている。このような行動は、フリッピングと呼ばれている。本章では、この投資行動はモデル外の流動性需要によって引き起こされると正当化する。

⁴⁰ この仮定は、非情報投資家が年金基金のような機関投資家であり、IPO のポジションを保有し続けるということを想定している。

⁴¹ このようにマーケットメーカーが総注文数を清算するような価格を決定する方式はバッチ方式と呼ばれ、Kyle(1985)などで分析されている。

ここで、 μ はマーケットメーカーによる株式価値の平均的な予測を表し、 λ は平均的な取引量から乖離した分に対する価格の感応度を表している。 $\lambda > 0$ と仮定する。

また、 λ は「Kyle のラムダ」と呼ばれ、1単位の注文に対してどれだけ価格を反応させるかというプライス・インパクトの指標と考えられている。プライス・インパクトは、1単位の注文によって投資家がどれだけ価格の変化を負担しなければならないかを示すため、 λ は流動性指標の1つと考えられている。また、 λ の逆数である $\frac{1}{\lambda}$ は、「市場の厚み」や「デプス」と呼ばれており、 $\frac{1}{\lambda}$ が大きいほど市場がよりたくさんの注文を吸収することができる流動性の高い市場とあると評価される。

以上のモデル修正を行うと、情報投資家の最大化問題は次の (4.17) 式で表される。

$$\max_{(X_I)} E[(1 - \pi)(\tilde{\theta} - P_0)X_I + \pi(P_{1/2} - P_0)X_I | v] - \frac{1}{2} \alpha V[(1 - \pi)(\tilde{\theta} - P_0)X_I + \pi(P_{1/2} - P_0)X_I | v] \quad (4.17)$$

(4.16)式を代入し、この最大化問題を解くと、情報投資家の需要申告は次の (4.18) 式となる。

$$X_I = \frac{(1 - \pi)(E[\tilde{\theta} | v] - P_0) + \pi(\mu - P_0)}{\alpha\{(1 - \pi)^2 V[\tilde{\theta} | v] + \pi^2 \lambda^2 \sigma_\eta^2\}} \quad (4.18)$$

ただし、(4.18)式内における $E[\tilde{\theta} | v] = v$ と $V[\tilde{\theta} | v] = \sigma_\varepsilon^2$ はベンチマークモデルと同じ結果である。

非情報投資家は、時点 1/2 での注文を行わないので最適化問題に変更はない。したがって、需要申告は、ベンチマークモデルと同じ結果となる。ただし、需要申告について (4.19) 式として再掲する。

$$X_U = \frac{\bar{v} - P_0}{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (4.19)$$

4.3.2 初値および公開価格の決定と流動性プレミアム

ここでは、投資家の需要申告および流通市場での売却スケジュールをもとにして初値および公開価格の導出を行う。

はじめに初値の決定から分析する。初値はマーケットメーカーが総注文数を観察することで、(4.16)式のように最良線形推定を行うと仮定した。価格付けのパラメーター μ と λ は、(4.16)式と次の(4.20)式の係数を一致させるように決定される。

$$\tilde{P}_{1/2} = E[\tilde{\theta}] + \frac{Cov[\tilde{\theta}, \tilde{Y}]}{V[\tilde{Y}]} \{\tilde{Y} - E[\tilde{Y}]\} \quad (4.20)$$

ここで、 $Cov[\cdot]$ は共分散の演算子である。線形価格推定の仮定と係数の比較により、それぞれのパラメーターは

$$\mu = E[\tilde{\theta}] \quad (4.21)$$

$$\lambda = \frac{Cov[\tilde{\theta}, \tilde{Y}]}{V[\tilde{Y}]} \quad (4.22)$$

と求められる。(4.22)式を計算し解くと、 λ は次の方程式(4.23)式の正の実数根として定まる。

$$\frac{\pi(1-\pi)A(\lambda^2)\sigma_v^2}{\pi^2(1-\pi)^2\sigma_v^2 + A^2(\lambda^2)\sigma_\eta^2} - \lambda = 0 \quad (4.23)$$

ただし、

$$A(\lambda^2) = \alpha\{(1-\pi)^2\sigma_v^2 + \pi^2\lambda^2\sigma_\eta^2\} \quad (4.24)$$

である。

続いて、時点1における上場企業の公開価格の決定を分析する。ベンチマークモデルと同じように、上場企業がIPOを達成するためには、総需要が株式売り出し枚数を上回るよう

に、公開価格を決定しなければならない。したがって、上場企業は (4.25) 式で表される資金調達額の最大化問題を解く。

$$\begin{aligned} & \max_{(P_0)} P_0 \cdot S \\ \text{s.t.} \quad & X = \frac{(1-\pi)(v-P_0) + \pi(\mu-P_0)}{\alpha\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^2\sigma_\eta^2\}} + \frac{\bar{v}-P_0}{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \geq S \end{aligned} \quad (4.25)$$

実際には、この最大化問題は制約条件である不等式を満たす最大の P_0 を選択することと同じである。この式を整理すると、拡張モデルにおける公開価格が導出される。

以上の分析結果を、次の命題 4.4 にまとめる。

命題 4.4 (拡張モデルにおける均衡)

拡張モデルの仮定の下で、次の均衡 $(X_I^*, X_U^*, P_{1/2}^*, P_0^*)$ が成立する。ただし、 λ^* は (4.30) 式を満たす正の実数解が存在すると仮定する。

$$X_I^* = \frac{(1-\pi)(v-P_0^*) + \pi(\mu^* - P_0^*)}{\alpha\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2\}} \quad (4.26)$$

$$X_U^* = \frac{\bar{v}-P_0^*}{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (4.27)$$

$$P_{1/2}^* = \mu^* + \lambda^*(\pi X_I^* + \eta - \pi E[X_I^*]) \quad (4.28)$$

$$\mu^* = \bar{v} \quad (4.29)$$

$$\frac{\pi(1-\pi)A(\lambda^{*2})\sigma_v^2}{\pi^2(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + A^2(\lambda^{*2})\sigma_\eta^2} - \lambda^* = 0 \quad (4.30)$$

$$A(\lambda^{*2}) = \alpha\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2\} \quad (4.31)$$

$$P_0^* = \frac{(1-\pi)(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)v}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} + \frac{\pi(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\mu^*}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} + \frac{\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2\}\bar{v}}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} - \frac{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2\}S}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} \quad (4.32)$$

命題 4.4 が、本章の提示する基本的な結果である。均衡では、(4.30)式にしたがって λ^* が決定され、求められた λ^* を代入することで順次他の変数が導出されていく。ただし、(4.30)式は5次方程式であり、解析的に解を求めずに議論を進める。

はじめに、公開価格 P_0^* は4つの項から構成されていることがわかる。1つめは情報投資家が私的シグナルにもとづいて予測したファンダメンタル項、2つめは情報投資家にとっての売却価格である初値の平均値、3つめは私的シグナルなしに予測できる株式のファンダメンタル項、そして4つめは公開価格に要求されるプレミアム項である。

拡張モデルの特徴は、公開価格 P_0^* が時点 1/2 における初値の形成パラメーターである μ^* と λ^* に依存する点にある。これは、各投資家は時点 1/2 において株式を売却することを織り込みながら、時点 0 で需要申告するようになるためである。このことは、上場企業が投資家の需要申告を予測するためには、流通市場でどのように価格形成が行われるかをフォワードルッキングに予測しなければならないことを意味している。

次の命題 4.5 は、公開価格 P_0^* が正であるためには、プライス・インパクトの係数 λ^* が一定の範囲に存在することを示すものである。

命題 4.5 (λ^* の存在範囲)

拡張モデルの仮定のもとで、非負の λ^* の存在を仮定すると、次の条件(3.19)式および(3.20)式が満たされるならば、

$$\bar{v} > \alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)S \quad (4.33)$$

$$S > \frac{1}{\alpha(1-\pi)\sigma_\varepsilon^2}v + \frac{\{\pi(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) - (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2\}}{\alpha(1-\pi)^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\sigma_\varepsilon^2}\bar{v} \quad (4.34)$$

λ^* が(4.35)式で与えられる $\underline{\lambda}$ を下限とする範囲にある。(4.33)式の不等号が逆のときは、(4.34)式の不等号も逆になる。

$$\lambda^* > \underline{\lambda} = \frac{1}{\pi\sigma_\eta} \sqrt{\frac{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\{\alpha(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 S - (1-\pi)v\} - \{\pi(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2\}\bar{v}}{\bar{v} - \alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)S}} \quad (4.35)$$

命題 4.5 は、補論 D にて証明する。命題 4.5 は、非負の λ^* が存在するための必要条件を示している。(4.33)式は、売り出し株式の平均的な価値が投資家要求するリスクプレミアムよりも大きいことを主張し、(4.34)式は売り出し枚数が証券価値 v と \bar{v} から成る適当な閾値よりも十分に大きく上場規模が十分に大きいものであることを主張している。両条件が満たされるならば、 λ^* は(4.35)式で与えられる下限 $\underline{\lambda}$ 以上の範囲に存在することになる。

一方、命題 4.5 の不等号が逆のとき、すなわち株式の価値が投資家のリスクキャパシティよりも低い比較的低価値な上場であって、売り出し枚数が少ない小規模な上場である際には、もし正の実数解 λ^* が存在するならば $\lambda^* > \underline{\lambda}$ の範囲に存在するはずである。

続いて、次の命題 4.6 は、 λ^* とアンダープライシング項の関係を示すものである。

命題 4.6 (公開価格の流動性プレミアム)

拡張モデルの仮定のもとで、アンダープライシング項を次の(4.36)式 Δ^* とおく。

$$\Delta^* = -\frac{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2\}S}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} \quad (4.36)$$

このとき、プライス・インパクト λ^* が上昇し、流通市場が流動性の低い市場になるとき、アンダープライシング項 Δ^* は小さくなる。すなわち、次の(4.37)式が成立する⁴²。

$$\frac{\partial \Delta^*}{\partial \lambda^*} < 0 \quad (4.37)$$

この証明は、補論 E で行う。命題 4.6 が、本章の提示する最も重要な結果である。命題 4.6 は、 λ^* が大きくなると、アンダープライシング項 Δ^* がより小さくなり、公開価格 P_0^* を低下させる要因となることを示している。 λ^* が大きくなるということは、情報投資家が時点

⁴² ただし、この結果は λ^* が存在することを所与としている。

1/2において、より大きなプライスインパクトコストを負担するということを意味する。これにより、低流動性が情報投資家の需要申告を減退させる要因となる。流動性コストが補償できなければ、上場企業は情報投資家を惹き付けることができず、上場に必要な S 単位の売り出しを実行することができない。結果として、上場企業は公開価格を下げることで情報投資家に参入インセンティブを与える必要が生まれ、アンダープライシングが発生する。

これまでは上場企業は企業のファンダメンタルを高めるとともに、上場以前の経済的要因をコントロールすることで資金調達環境を改善しようと試みてきた。例えば、会計情報や IR 情報を積極的に開示することで情報の非対称性を緩和したり、創業者が自身の持ち分を一定期間保有し続けることにコミットすることでエージェンシー問題を解決するなどの行為が挙げられる。しかし、本章の提示した内容は、上場後の株式市場の環境を改善することで、より優れた資金調達環境を整えることができる可能性を示唆している。

以上本節では、ベンチマークモデルを拡張したモデルの考察を行った。なお本章では、命題 4.5 で、 λ^* の存在要件を限定している。しかし、(4.30) 式を解析的に解くことは困難である。この λ^* について、より解析的な特性を明らかにすることは、本章に残された課題である。

4.4 終わりに

本章では、IPO 市場で起こるアンダープライシングの原因として、流通市場の市場流動性が重要な決定要因となることをマーケット・マイクロストラクチャーのモデルを用いて考察した。

まず、第 4.2 節では CARA-Gauss 型の仮定を用いることで、Rock(1986)モデルを再構成し分析を行った。このモデルでは投資家間に情報の非対称性が存在しており、精度の高い私的情報を有する投資家が正確に IPO の価値を推定し、積極的に需要申告を行う一方で、私的情報を持たない投資家は、IPO の価値を事前分布から予測せざるを得ず、消極的にか需要申告を行わなくなっている。しかし、上場企業が IPO を成功させるために、非情報投資家を参加させるには、公開価格を十分に引き下げて、参入しても損をしないというインセンティブを与えなければならず、結果としてこれが、アンダープライシングの要因となることを確認した。これは、Rock(1986)の示した勝者の災い仮説に一致するものであり、本モデルは Rock(1986)が需要曲線をアドホックに仮定したのに比べて投資家の効用最大化にもとづいた分析を行っている点に違いがある。

第 4.3 節では、上述のモデルに流通市場を挿入し、流通市場での流動性低下が IPO 段階にさかのぼって、アンダープライシングを引き起こすという新たな結論を得た。このモデルの特徴は、第 4.2 節のモデルに、流動性プレミアムが加えられる点にある。流通市場で流動性コストが発生するような状況では、投資家は積極的に需要申告を行わない。もし

も、上場企業が IPO に必要な株式売り出しを達成したければ、より公開価格を引き下げ、投資家の利益を担保しなければならない。このことが、IPO におけるアンダープライシングの一要因となるというのが本章の結論である。この理論的な結果は、実証仮説に直接援用できるものである。日本における過大なアンダープライシングは、その主要因が未だに説明されていない。これまでの実証研究に加えて流動性変数をコントロールすることで、アンダープライシングの原因が明らかになる可能性がある。また、本章は企業の IPO 政策や財務政策についても含意を有している。IPO を実行しようとして計画する企業は、流通市場で高い流動性を保証することによって、資金調達額を増加させることができる可能性がある。具体的には、証券会社に対して一定期間に渡って流通市場でのマーケットメイクを行ってもらふ契約を交わすことが考えられる。このような契約は、DMM (Designated Market Maker) 契約と呼ばれ、特に欧州では広く活用されている政策の 1 つである。

最後に、本章に残された課題について言及する。まず、本章では拡張モデルについて、 λ^* を解析的に解いていないという点がある。モデルの均衡を定性的に分析し、新たな含意を得た一方で、 λ^* の特徴づけについては未だ分析を続ける必要があると考えられる。これについては、数値シミュレーションを行うなどして λ^* の特性を明らかにしていくアプローチが考えられる。これは、本章に残された重要な課題である。また、本章では流動性の原因として情報の非対称性の存在を仮定したが、情報獲得のインセンティブについては言及していないことである。また、IPO 市場をモデル化するにあたり、本章では証券会社の役割を明示的に分析してこなかった。上場企業と証券会社の間には、プリンシパルとエージェントの関係があり、エージェンシー問題が発生していると考えられる。証券会社の意思決定や契約の問題を取り上げることで分析をより含意のあるものにする可以考虑。これら残された問題については、今後の研究課題としたい。

補論 C

補論 A では命題 4.3 の証明を行う。アンダープライシング Δ を σ_v^2 について微分すると、次の(C.1)式が求まる。

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \sigma_v^2} = \frac{-\alpha \sigma_\varepsilon^4 S}{\{\sigma_\varepsilon^2 + (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{C.1})$$

ベンチマークモデルの仮定から、(C.1)式の分子は常に負である。続いて、アンダープライシング Δ を σ_ε^2 について微分すると、次の(C.2)式が求まる。

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \sigma_\varepsilon^2} = \frac{-\alpha S(\sigma_v^4 + 2\sigma_v^2 \sigma_\varepsilon^2 + 2\sigma_\varepsilon^4)}{\{\sigma_\varepsilon^2 + (\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\}^2} < 0 \quad (\text{C.2})$$

こちらも、ベンチマークモデルの仮定から、(C.2)式の分子は常に負である。よって、命題 4.3 が証明された。(証明終わり)

補論 D

補論 D では命題 4.5 について、もし λ^* が存在するならば正の初値 P_0^* が存在するための λ^* の範囲を導出する。拡張モデルでは、初値 P_0^* は常に正である。この条件から、次の (D.1) 式が成り立つ。

$$P_0^* > 0 \quad (\text{D.1})$$

(D.1) 式に (4.32) 式を代入すると、(D.2) 式となる。

$$\begin{aligned} & \frac{(1-\pi)(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)v}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} + \frac{\pi(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\mu^*}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} \\ & + \frac{\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2\}\bar{v}}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} - \frac{\alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\{(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2\}S}{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 + \pi^2\lambda^{*2}\sigma_\eta^2} \\ & > 0 \end{aligned} \quad (\text{D.2})$$

この式を λ について整理すると (D.3) 式となる。

$$\lambda^* > \pm \frac{1}{\pi\sigma_\eta} \sqrt{\frac{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\{\alpha(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 S - (1-\pi)v\} - \{\pi(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2\}\bar{v}}{\bar{v} - \alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)S}} \quad (\text{D.3})$$

ただし、ここで $\lambda^* > 0$ と仮定されているので、負の値については条件から除外する。(D.3) 式右辺のうち正の値を $\underline{\lambda}$ とおくと、 λ^* が満たすべき存在範囲の下限 (4.35) 式が導出される。しかし、(D.3) 式において平方根の中身は実数でなければならない。したがって、

$$\frac{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\{\alpha(1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2 S - (1-\pi)v\} - \{\pi(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1-\pi)^2\sigma_\varepsilon^2\}\bar{v}}{\bar{v} - \alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)S} > 0 \quad (\text{D.4})$$

(D.4) 式が満たされなければならない。これは、分母項が正である場合には分子項も正であるか、あるいは分母項が負である場合には分子項も負であるかいずれかである。よって、

$$\bar{v} - \alpha(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)S > 0 \tag{D.5}$$

かつ

$$(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)\{\alpha(1 - \pi)^2\sigma_\varepsilon^2 S - (1 - \pi)v\} - \{\pi(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1 - \pi)^2\sigma_\varepsilon^2\}\bar{v} > 0 \tag{D.6}$$

であるか、(D.5)式と(D.6)式の不等号がともに反転するかである。(D.5)式を \bar{v} について、(D.6)式を S についてそれぞれ整理することで、(4.33)式および(4.34)式が導出される。(証明終わり)

補論 E

補論 E では、命題 4.6 の証明を行う。 Δ^* を λ^* について微分すると、(E.1) 式が得られる。

$$\frac{\partial \Delta^*}{\partial \lambda^*} = \frac{-2\alpha\pi^2(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2)^2 \sigma_\eta^2 S \lambda^*}{\{(\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2) + (1 - \pi)^2 \sigma_\varepsilon^2 + \pi^2 \lambda^{*2} \sigma_\eta^2\}^2} < 0 \quad (\text{E.1})$$

いま、 $\lambda^* > 0$ の仮定より、分子は常に負である。したがって、命題 4.6 は証明された。(証明終わり)

5 章 新規上場市場における過小値付け問題と市場流動性⁴³

5.1 はじめに

株式の新規公開（IPO）は、企業の成長ステージにおいて重要な財務戦略の1つである。IPOで資本調達を成功させることは、その後の企業成長を導くリスクの高いプロジェクトへの資金の分配を可能とするためである。

一方で、企業が発行する株式の申し込み価格が、市場で評価される初値よりも極めて低く評価されるという現象が広く見受けられている。この現象は一般に公開価格の過小値付け（Underpricing）と呼ばれている。過小値付けは、企業の資金調達にとっては極めて深刻な問題となりえる⁴⁴。なぜなら、本来ならば株式を市場で直接評価された額で売却し、現金を入手できたのにも関わらず、実際にはそれよりも低く割り引かれた公開価格分の現金しか調達できないことを意味するからである。言い換えれば、IPO企業は資本コストに大きなプレミアムを払っているということである。また、過小な値付けが発生し、その後に高いリターンが得られるとするならば、その間価格は急激な騰落をともなっている。高いボラティリティは、投資家のリスク回避選好に対して、負の厚生を与えるため、市場全体としてみても、過小値付けが市場の厚生を損ねていると考えられる。

この過小値付け問題がなぜ発生するのかという疑問については、その原因を明らかにする数多くの研究がなされてきた。代表的な仮説は、Rock(1986)による逆選択仮説である。この仮説では、企業の価値に関して市場の投資家間で情報の非対称性が存在すると仮定している。情報優位な投資家が、常に企業価値の高いIPOに申し込みできるのに対して、情報劣位な投資家は、企業価値の大小を判別できないため、企業価値の低いIPOにも申し込みしてしまうリスク（勝者の災い: Winner's Curse）が存在する。公開企業は、情報優位な投資家の申し込みだけでは、十分に株式を売却することができないので、情報劣位な投資家にも申し込みに参加させる必要がある。そこで、公開企業は十分に公開価格を割り引いて株式を発行する。このことにより、情報劣位な投資家であっても企業価値が低い企業のIPOから収益を得ることができるようになり、参加するようになる。その結果として、企業は公開価格を低く設定せざるを得ないのである。

⁴³ 本章の内容は、松本(2019)を加筆・修正したものである。

⁴⁴ IPOに関する諸研究を包括的にサーベイした研究として Ritter and Welch(2002)がある。また、ベンチャー企業を取り巻くIPOの研究では Rina et al.(2013)が、日本の新規上場市場について分析した研究としては、鈴木(2017)の第11章が参考になる。

また、他の要因を探る研究としては、Benveniste and Spitt(1989)は、公開価格を低く設定することで主幹事証券会社が、情報優位な投資家から企業の真の価値を引き出そうとするという仮説を提示している。これは、情報優位な投資家に対する1つのインセンティブをプレミアムとして支払っていると理解できる。

その他にも、Baron(1982)のよって提示された、エージェントたる主幹事証券会社が自らの利益のために、プリンシパルとなるIPO企業の公開価格を低く設定していると考え、エージェンシー仮説やCater and Manaster(1990)による保証仮説などが存在する。

ところで、IPOにおける過小値付け問題の原因としては、IPO時前における情報の非対称性や主幹事証券会社の行動分析に中心が置かれてきたという経緯がある。上述したいくつかの仮説もその内に含まれるものである。しかしながら、近年、マーケット・マイクロストラクチャー分野の発展とともに、市場における投資家の取引行動や投資スタイルが過小値付けを引き起こしているのではないかと探求する研究が生まれてきている⁴⁵。その1つが、Ellul and Pagano(2006)によるフリッパー戦略と流通市場の流動性との関係性を考察する研究である。

フリッパー(Flipper)⁴⁶は、新規の売り出し株式を取得後、ただちに市場で同株式を売却しようとする投資家のことである。フリッパー戦略は、IPOにおいて個人投資家の間では広く普及している投資手法である。その目的は、低く設定された公開価格と初値の差額で収益を得ることにある。一般に観察される、過小値付けに付け込んだ戦略と考えることができるだろう。

Ellul and Pagano(2006)は、このフリッパーが市場に存在すると、流通市場すなわちIPO事後の市場における流動性低下が、過小値付けの原因となることを理論モデルで証明している。これは、次のような理由による。フリッパーは即座に流通市場に公開株式を売却することを目的としているため、流通市場の流動性が低くコストをかけて売却するようなIPOを好まない。もしも、IPO企業が、予定の公開枚数を売却するために、このようなフリッパーにですら、株式公開に申し込ませようとするならば、IPO企業は、流通市場での流動性コストをプレミアムとして補償しなければならない。したがって、過小値付けが存在してしまうというものである。

⁴⁵ マーケット・マイクロストラクチャーは証券市場の価格形成メカニズムを、市場のルールや制度の在り方から分析しようとする研究領域である。この分野では、投資家の投資スタイルや注文の出し方を明示的にモデルに組み込むということが行われており、本章もフリッパー戦略という投資家の取引行動が導入されている。

⁴⁶ 本章では、新規公開に申し込みその後ただちに株式を売却しようとする投資行動のことを「フリッパー戦略」と呼び、フリッパー戦略を用いる投資家のことを「フリッパー」と呼ぶことにする。

このようなフリッパー戦略は、個人投資家間では広く普及しているものであるが、その影響を具体的に分析した研究は日本ではほとんど存在しない。しかし、日本の株式市場が個人投資家に裾野を広めている以上、こうした戦略がIPOの価格形成に影響を及ぼしている可能性は否定できない。また、成長性の高いプロジェクトに対してリスクマネーを供給する方法を考察ことは、日本の金融環境にとっても重要な問題である。IPOはそうした、リスク性資金の代表的な例だと考えられる。

以上の理由から、本章は、日本のIPO企業を対象に、その過小値付けと流通市場における流動性との関係性を実証分析することを目的とする。また、どのような流動性尺度が過小値付けを決定する重要なファクターか検証するため、さまざまな指標を用いるものとする。本論肖の特徴としては、以下のような点が挙げられる。まず、IPOおよびその流通市場の状態を、高頻度データを用いて短期的に分析したことである。即時売却を目的とするフリッパー戦略の特性から考えると、フリッパーの重視する流動性は日次データでは入手できない日中内の流動性変数であると考えられる。このことから、高頻度データを利用することには意義があるものと考えられる。続いて、VPINという非対称情報の変数を利用したことである。VPINは、Easley et al.(2012)によって考案された情報の非対称性の尺度の1つである。これによって、流通市場に存在する情報の非対称性と過小値付けの問題を、直接明らかにすることができるようになっている。

続いて、本章との関連性の高い既存研究を紹介する。まず、Fishe(2002)は、フリッパー戦略に注目した、初期の研究の1つである。彼はフリッパー戦略および過小値付け、さらにオーバーアロットメント政策の関係性についてモデル分析を行っている。それによれば、IPO企業のうち、ファンダメンタル価値が比較的低く、人気のないCold-IPOはフリッパーの戦略に付け込まれやすいことを示している。そして、このCold-IPOの場合、主幹事証券会社が価格安定化政策（オーバーアロットメント）を行うと、フリッパーの活動をさらに活性化させて、公開価格が過小値付けさせることを助長することを示している。

また、IPO市場に限定することなく、市場流動性の低下が資産収益率に高いプレミアムを要求すると主張する研究は少なくない。このようなメカニズムは、流動性プレミアムと呼ばれるが、その発端となった論文は、Amihud and Mendelson(1986)やPástor and Stambauch(2003)の実証分析である。彼らは、マルチファクターを調整した後であっても、高い流動性をもつ銘柄の収益率は低い流動性をもつ銘柄よりも有意に低いことを示している。Acharya and Pedersen(2005)は、世代重複モデルを用いることで、短期的な資産の売買を行う投資家をモデル化し、将来に不確実な流動性の変動が予期される時、投資家が資産価格に流動性プレミアムを要求することを、ミクロ的基礎づけをもったモデルで証明している。本章も、そのような流動性プレミアムを題材とした研究の一部だと位置づけられる。

この他に関連する論文として、Chowdry and Nanda(1996)やAggarwal(2000)、Ellis et al.(2000)はIPO後の流通市場における価格安定化政策（例えば、オーバーアロットメント政策やマーケットメイキング政策）と過小値付けの問題を分析している。いずれの研究も、

流通市場における市場流動性が、事前の公開価格にさかのぼって影響を与えているという着眼点に立ち、企業の財務戦略を分析するものである。

本章の構成について説明する。5.2では、実証モデルの基礎となる Ellul and Pagano(2006)のモデルを紹介し、実証分析で用いる仮説を提示する。5.3では、2016年に日本で実施された新規上場企業のデータを用いて、5.2の仮説を検証する。5.4では、結論および残された課題について言及する。

5.2 理論モデル分析

本節では、日本のデータを用いて、過小値付けと流通市場の流動性の関係を検証するにあたり、まずその理論的な基礎となっている Ellul and Pagano(2006)のモデルを紹介する。その後、本章で検証する仮説についても説明する。

Ellul and Pagano(2006)は、Rock(1986)の2期間モデルを拡張し、3期間モデルを構築している。本モデルでは、第0期をIPOステージ、第1期を流通市場ステージと呼んでいるが、この流通市場ステージでは、Glosten and Milgrom(1985)タイプの価格付けがなされると仮定するところに本モデルの特徴がある。以降、3.1ではモデルの設定について説明し、3.2ではモデルの均衡を導出する。そして、4章で検証するいくつかの仮説を提示する。

5.2.1 モデルの設定

第0期、1期、2期から成る3期間のモデルを考える。第0期をIPO市場、第1期および第2期を流通市場と呼ぶことにする。第0期では企業が新規に上場を行い、市場参加者が株式購入を申し込む。その結果として、公開価格が形成される。第1期では、上場された株式が取引され流通市場が形成される。第2期では、証券の価値が完全に実現して、市場参加者の期末の利益が確定する。

市場で取引される証券は、IPO企業の新しく発行する株式の1種類である。この証券の価値は不確実であり、その価値は、 $\tilde{V} = V + \tilde{u}_1 + \tilde{u}_2$ であると仮定する⁴⁷。ここで、 V は正の定数である。また、 \tilde{u}_1 と \tilde{u}_2 は、どちらも確率変数で、 \tilde{u}_1 は第1期の期初に価値が実現し、確率1/2で、 $\tilde{u}_1 \in \{-\eta, \eta\}$ をとるベルヌーイ分布に従っている。 \tilde{u}_2 は第2期の期初に価値が実現し、同様に確率1/2で、 $\tilde{u}_2 \in \{-\varepsilon, \varepsilon\}$ をとる。 \tilde{u}_1 と \tilde{u}_2 は、それぞれの価値が実現した後

⁴⁷ 本章では、同一文字であっても、 \sim (チルダ)上付き文字は確率変数であることを意味し、なし文字は確率変数がある値を実現値としてとったものとして表記する。

は、すべての市場参加者から観察可能な公開情報となる。

市場に参加する投資家は、全員がリスク中立的な選好をもち、利益最大化を目的としていると仮定する。このモデルでは、第1期と第2期で参加する潜在的な投資家の種類が異なっている。まず、第0期では、 N 人情報トレーダーと M 人の非情報トレーダーが存在し、それぞれのトレーダーは、IPOに1単位の購入を申し込む⁴⁸。その際、情報トレーダーは、事前に \tilde{u}_1 の実現値を知っており、非情報トレーダーは \tilde{u}_1 の実現値を知ることができない。また、どちらのトレーダーであっても、第0期に \tilde{u}_2 を事前に知ることはできない。

第0期ではIPO企業は、リスク中立的な選好に基づいて、 $S(N < S < M)$ 単位の株式を売り出すことを考えている。IPO企業にとっての問題は、 S 単位の株式を完全に売り出すという制約の下に、資金調達額を最大化できる公開価格 P_0 を設定することである⁴⁹。

第1期では、第0期で株式を購入したトレーダー（情報トレーダー、非情報トレーダーを問わず）のうち、 $0 \leq z \leq 1$ の割合が、即座に第1期で株式を売却するフリッパーに転換する。 $1-z$ の割合のトレーダーは、第1期での売却機会を逸失したトレーダーで、フリッパーにはならないが、第2期に売却を行う。また、第2期の流通市場から、追加的にノイズトレーダーが市場に参入する。このノイズトレーダーはモデル外の外生的な動機から、確率変数 \tilde{x} ($\tilde{x} \in [0, \infty)$)に従う買い注文を発生させる。さらに、第1期においては、第0期とは別の私的情報を有するインサイダーが到来する。こちらは、代表的な個人で、確率 Q で \tilde{u}_2 の実現値を知り、流通市場に参加し売買を行う。

第0期では、IPO企業が公開価格 P_0 を決定したが、第1期では、呼値を提示するディーラーが競争的に、買い価格 P_1^B と売り価格 P_1^A を提示する。その際、ディーラーは、第1期で公開価格となっている u_1 と到来する売り買い注文の情報をもとに、IPO企業の株式価格を予想する。

第2期では、 u_2 が実現し、公開情報としてなった後、第1期と同様にディーラーが価格を決定する。

最後に、本モデル内のすべての確率変数は独立に分布すると仮定する。以上が、Ellul and Pagano(2006)の考案したモデルの設定である。モデルの均衡は、第0期から第2期の価格の組み合わせ($P_0, P_1^B, P_1^A, P_2^B, P_2^A$)で表現されるものとし、次節ではこの均衡を導出する。

⁴⁸ IPO ステージに参加する情報トレーダーと非情報トレーダーが1単位のみの購入を申し込むという仮定は、暗に資本制約を置いているものと等しい。

⁴⁹ したがって、 $S(N < S < M)$ の仮定より、IPO企業は情報トレーダーだけで S 単位全ての株式公開を行うことはできない。これは、IPO企業が、情報トレーダーとともに非情報トレーダーをも参加させるという制約の下で、公開価格 P_0 を決定する必要があることを意味している。

5.2.2 モデルの均衡および仮説の導出

前節の設定の下で、モデルの均衡を導出する。まず、第2期の価格決定について考察し、順に第1期および第0期へと後ろ向きにモデルを解いていく。

最初に、第2期におけるディーラーの価格付けを考察する。第2期では、証券の価値の要素 V 、 u_1 および u_2 はすべて公開情報となっている。したがって、ディーラーは次のように価格を決定する。

$$\begin{aligned} P_2^B &= E[\tilde{V}|u_1, u_2, \text{Sell}] = V + u_1 + u_2 \\ P_2^A &= E[\tilde{V}|u_1, u_2, \text{buy}] = V + u_1 + u_2 \end{aligned}$$

$$P_2 = P_2^B = P_2^A = V + u_1 + u_2 \quad (5.1)$$

したがって、第2期での流通市場の価格 P_2 は、IPO企業のファンダメンタル価値に完全に一致しており、投資家によるこれ以上の取引の余地はない。また、ビッド・アスク・スプレッドなどの流動性コストも存在しない。

続いて、第2期の価格を所与として、第1期の価格の決定について考察する。第1期では、競争的なディーラーの予想によって、株式の価格が決定される。ここで、ディーラーの有する情報とは、第1期の期初に公開された u_1 と自身の下に到来した注文の売り買いの方向性である。もしも、ディーラーが売り注文を受け取った場合には、買い価格 P_1^B は条件付き期待値を用いて、次のように決定される。ただし、 $q \equiv Q/2$ と定義している。

$$\begin{aligned} P_1^B &= E[\tilde{V}|u_1, \text{Sell}] \\ &= (V + u_1 - \varepsilon) \frac{\Pr(u_1, \text{Sell} | -\varepsilon) \cdot \Pr(-\varepsilon)}{\Pr(u_1, \text{Sell})} + (V + u_1 + \varepsilon) \frac{\Pr(u_1, \text{Sell} | \varepsilon) \cdot \Pr(\varepsilon)}{\Pr(u_1, \text{Sell})} \\ &= \frac{q}{q+z} (V + u_1 - \varepsilon) + \frac{z}{q+z} (V + u_1) \\ &= V + u_1 - \frac{q}{q+z} \varepsilon \end{aligned} \quad (5.2)$$

同様に、買い注文を受け取ったディーラーは、売り価格 P_1^A を条件付き期待値から次の

ように決定する。以下の計算においては、買い注文がノイズトレーダーおよび $\tilde{u}_2 = \varepsilon$ と知っているインサイダーからしか到来しないことを用いている。

$$\begin{aligned}
 P_1^A &= E[\tilde{V}|u_1, buy] \\
 &= \frac{q}{q+x}(V + u_1 + \varepsilon) + \frac{x}{q+x}(V + u_1) \\
 &= V + u_1 - \frac{q}{q+x}\varepsilon
 \end{aligned}
 \tag{5.3}$$

(5.2)式および(5.3)式で表された買い価格 P_1^B と売り価格 P_1^A の組み合わせが、第1期の価格の均衡である。ここで、第1期では、流動性コストとしてビッド・アスク・スプレッド S_p を定義する。

$$\begin{aligned}
 S_p &= P_1^A - P_1^B \\
 &= \frac{q}{q+x}\varepsilon + \frac{q}{q+z}\varepsilon
 \end{aligned}
 \tag{5.4}$$

ビッド・アスク・スプレッド S_p は、第1期におけるインサイダーの取引 q が増加するとともに大きくなり、フリッパーの取引 z やノイズトレーダー x の取引とともに小さくなる。すなわち、価格付けを行うディーラーにとっての逆選択のリスクが大きくなるほど、ビッド・アスク・スプレッドは拡大する。また、各項の分母は買い注文と売り注文の全到来数で、分子はその内のインサイダーの取引数となっている。これは、Easley et al.(1996)の提案した PIN 統計量と一致している。このことから、流通市場の流動性を推定する際に、PIN や VPIN を使うことがモデルとの整合性をとる上で、有効であると理解できる。

最後に、第0期のIPO市場における価格決定について考察する。第0期では、IPO企業は、情報トレーダーとともに非情報トレーダーをも参加させるという制約の下で、公開価格 P_0 を決定する。情報トレーダーと非情報トレーダーの利益最大化問題は、それぞれ次の(5.5)式と(5.6)式で与えられる。ただし、情報トレーダーは株式の価値が高い $u_1 = \eta$ と知ったときのみ上場企業に参加すると仮定する。

$$\begin{aligned}
 &\max_{a^I \in \{0,1\}} a^I \cdot E[\pi^I] \\
 \text{s.t.} \quad &E[\pi^I] = z \cdot E[P_1|\Omega_0^I] + (1-z) \cdot E[P_2|\Omega_0^I] \geq P_0
 \end{aligned}
 \tag{5.5}$$

$$\begin{aligned} & \max_{a^U=\{0,1\}} a^U \cdot E[\pi^U] \\ \text{s.t.} \quad & E[\pi^U] = z \cdot E[P_1|\Omega_0^U] + (1-z) \cdot E[P_2|\Omega_0^U] \geq P_0 \end{aligned} \quad (5.6)$$

ここで、 a^I と a^U はIPOに申し込む場合に1をとり、申し込まない場合に0をとるアクション選択である。また、 Ω_0^I と Ω_0^U はそれぞれ情報トレーダーと非情報トレーダーの第0期での情報集合であり、 $\Omega_0^I = \{u_1\}$ で $\Omega_0^U = \{\emptyset\}$ である。

結果としては、IPO企業は非情報トレーダーの参加制約(5.6)式を満たすように、資本調達額を最大化するように公開価格 P_0 を決定することが最適となる。よって、IPO企業の最大化問題は、次の(5.7)式に帰着する。

$$\begin{aligned} & \max_{P_0} E[P_0 S] \\ \text{s.t.} \quad & E[\pi^U] = z \cdot E[P_1|\Omega_0^U] + (1-z) \cdot E[P_2|\Omega_0^U] \geq P_0 \end{aligned} \quad (5.7)$$

(5.7)式は、条件付き期待値の計算から、次のように変形することができる。

$$V - (1 - 2\pi_u)\eta - z \frac{q}{q+z} \varepsilon \geq P_0 \quad (5.8)$$

$$\pi_u \equiv \frac{1}{1+\lambda}, \lambda \equiv \frac{M}{M+N} \quad (5.9)$$

したがって、(5.8)式を最大化するような P_0 は不等式を等号で満たすことによって得られるので、第0期の公開価格は、次の(5.10)式あるいは書き換えた(5.11)式で与えられる。

$$P_0 = V - (1 - 2\pi_u)\eta - z \frac{q}{q+z} \varepsilon \quad (5.10)$$

$$P_0 = V - \frac{1-\lambda}{1+\lambda} \eta - z \frac{q}{q+z} \varepsilon \quad (5.11)$$

第 0 期の公開価格は、企業のファンダメンタルの平均 V が大きくなるごとに上昇し、 λ という申し込み当選確率のようなパラメーターが大きくなるごとに、ディスカウントは小さくなる。加えて、第 1 期のフリッパーの注文が増えるごとに公開価格は高くなり、インサイダーの注文の増加とともに価格が低下して、ディスカウントが大きくなる。

以上が、Ellul and Pagano(2006)のモデルの概要である。ここから実証分析に利用する仮説を導き出す。

まず、第 1 期における買い価格 P_1^B 側のビッド・アスク・スプレッド S_B を次のように定義すると、

$$S_B = \frac{q}{q+z} \varepsilon \tag{5.12}$$

公開価格 P_0 は、

$$P_0 = V - \frac{1-\lambda}{1+\lambda} \eta - zS_B \tag{5.13}$$

となる。したがって、仮説 1 は、次のように提示できる。

【仮説 1】： 新規上場企業の公開価格 P_0 は、流通市場における買い価格 P_1^B 側のスプレッド S_B がより大きくなるほど、よりディスカウントされる。

これは、流通市場の流動性コストの中でも、特にビッドサイドの流動性が過小値付けの原因となるということを示している。これは、常にフリッパーは流通市場で売り注文を執行してくるので、売り注文を行う際の流動性コストが高いほど、より大きな補償を要求されるという意味である。逆に、フリッパーは買い注文を一切行わないので、アスクサイドの流動性の状態はフリッパーの関心の対象とはならず、公開価格に影響しない。

また、ビッド・アスク・スプレッドは PIN 尺度の定義と一致していたことから、次の仮説も提示される。

【仮説 2】： 新規上場企業の公開価格 P_0 は、流通市場における情報の非対称性の尺度 PIN がより大きくなるほど、よりディスカウントされる。

続いて、流通市場の価格 P_1 を初値とみなせば、期待初値収益率は次のように計算される。

$$\frac{E[P_1]}{P_0} - 1 = \frac{V}{V - \frac{1-\lambda}{1+\lambda}\eta - zS_B} - 1 \quad (5.14)$$

よって、初値収益率を用いた過小値付けに関する次の仮説を提示することができる。

【仮説 3】： 初値収益率は、流通市場における買い価格 P_1^B 側のスプレッド S_B がより大きくなるほど、より大きくなる。

仮説 2 と同様に、ビッド・アスク・スプレッドを PIN で置き換えれば、仮説 3 の派生版として仮説 4 を考えることができる。

【仮説 4】： 初値収益率は、流通市場における情報の非対称性の尺度 PIN がより大きくなるほど、より大きくなる。

本章では、データの入手性から、【仮説 3】 および【仮説 4】 を中心として分析を行う。また、その際、仮説では言及されなかった流動性指標についても、説明変数の候補と加えて検証を行うものとする。

5.3 公開価格の過小値付けと市場流動性の関係性に関する実証分析

本節では、2016 年度に新規上場した企業を対象に、公開価格の過小値付けと市場流動性の関係性について実証分析を行う。前節の理論モデルによって、公開価格の過小値付けと市場流動性には、正の相関があることが示された。ここでは、市場流動性の低下が、事前の新規上場において、公開価格に流動性プレミアムをもたらすという仮説を、いくつかの流動性変数を比較しながら検証する。

5.3.1 では、本章で用いるデータの取得方法およびサンプルの選定方法について述べる。5.3.2 では、実証分析の方法や回帰式について説明し、5.3.3 では各変数の基本統計量を提示しながら、2016 年度の新規上場の特徴について整理する。5.3.4 では、推定結果とその解釈について言及する。

5.3.1 データサンプリング

本章で扱うデータは、2種類のソースより取得されている。1つめは、ディスクロージャー実務研究会が発行している「平成28年版 株式公開白書」から取得した新規上場企業に関するデータである。このデータソースには、新規上場企業の財務状態や株式所有構造、上場時の主幹事やメインバンク、上場条件（公開価格や初値、発行株式数、調達金額、オーバーアロットメントの採否）などが記載されている。本章は、この情報を過小値付けの大きさや回帰分析に用いる変数を計算するために利用する。

2つめは、日経メディアマーケティング社から取得した「日経 NEEDS Tick データ」の2016年度版である。このデータソースには、日本の各証券取引所に上場している全ての銘柄の日内取引データが格納されている。データのタイプは、ティックバイティックであり、ミリ秒単位でのすべての取引情報が利用できるものである。このデータからは、VPIN やビッド・アスク・スプレッドといった市場の流動性変数を算出する。表5-1は、本章で用いる変数の一覧を、上場条件、企業のファンダメンタル、流動性に分類して示している。

【表5-1 本研究で用いる変数の一覧】

分析対象となる企業は、2016年度に新規上場した一般企業83社のうち、上場後の高頻度データを14日間取得できた $i = 60$ 社である。したがって、2017年に上場した企業であっても、一部がサンプルから除外されている。また、新規上場企業の業種別分類は、表5-2のとおりである。サービス業24社（28.9%）および情報・通信業24社（28.9%）を筆頭に、小売業8社、不動産業5社と続いている。2016年度に関しては、上位2業種に新規上場が集中している傾向が理解できる。

【表5-2 2016年度新規上場企業の業種別分類】

続いて、2016年度の市場環境について言及しておく。なお、2016年度の新規上場数は、過去3年間と比べて、大きな変動はない⁵⁰。したがって、上場環境としては極端に有利でも劣悪でもないと考えられる。ただし、2016年6月には英国のEU離脱が決定され、11月には米国大統領選挙があり、為替・株式ともに大きな変動が観察されている。図5-1は、2016年度の日経平均株価と月別の新規上場企業数および大きな経済イベントを表したものである。

⁵⁰ 具体的には、直近の2015年度から92社、2014年度77社、そして2013年度54社となっている。なおその後の2017年度では、90社となっている。

【図 5-1 2016 年度の日経平均株価と新規上場数】

5.3.2 推定方法および仮説の設定

本章で検証する仮説は、5.2 節のモデルより導出された【仮説 3】および【仮説 4】である。その内容は、上場後の流通市場における流動性が低い企業は、上場事前における公開価格で大きな割引を要求されるというものであった。この仮説を検証するために、本章では、高頻度データを用いた流動性の計測と回帰分析による推定を行う。

以下、それぞれの仮説を再掲する。

【仮説 3】： 初値収益率は、流通市場における買い価格 P_1^B 側のスプレッド S_B がより大きくなるほど、より大きくなる。

【仮説 4】： 初値収益率は、流通市場における情報の非対称性の尺度 PIN がより大きくなるほど、より大きくなる。

まず、流動性変数の定義について説明する。本章で用いる流動性変数は、ビッド・アスク・スプレッド、VPIN、プライス・インパクトの 3 つである。このうち、ビッド・アスク・スプレッドとプライス・インパクトについては、表 5-1 に定義を掲載したので、VPIN についてのみ、その計算方法を示す。

VPIN は、Easley et al.(2012)によって提案された Volume Synchronized Probability of Informed Trading の略称である。Easley et al.(2012)は、日中に発生した売りと買い注文のオーダーインバランスの平均をとることで、情報の非対称性を推定する手法を提案している⁵¹。

はじめに VPIN の本来の定義について説明する。まず、VPIN の推定では、入手した高頻度の約定データを Volume bar と呼ばれる単位に区分する。この Volume bar は、最初の約定データから任意の注文数でデータを分割したものである。続いて、Volume bar をさらに任意のサイズで Volume bucket に集約する。この際に、用いられるのが Bulk classification

⁵¹ VPIN の計測方法は、Abad and Yagüe(2012)が詳しく解説しており、ここではその詳細に立ち入らないものとする。

と呼ばれる分類方法である。Bulk classification では、Volume bar に区分された約定データを売り主導の注文か買い主導の注文かに振り分けるという処理が行われている。

$$V_{\tau}^B = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right) \quad (5.15)$$

$$V_{\tau}^S = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot \left[1 - Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right)\right] = V - V_{\tau}^B \quad (5.16)$$

(5.15)式は Bulk classification の方法を示している。ここに、 V_{τ} は、第 τ 番目の Volume bucket を、 V_{τ}^B は第 τ 番目の Volume bucket のうち買い主導の注文数を、 V_{τ}^S は売り主導の注文数をそれぞれ表している。 $V_{\tau}^B + V_{\tau}^S = V$ は必ず成立する。また、 v_i は Volume bucket の中で i 番目の Volume bar の注文高であり、 Z は標準正規分布の累積分布関数、 p_i は各 bar の最後の約定データの価格、 $\sigma_{\Delta p}$ は bar と bar の間の価格変化の標準偏差である。 $t(\tau)$ は、第 τ 番目の volume time である。

Bulk classification では、各 Volume bar 内の注文数を標準正規分布で重みづけを行い、売り主導と買い主導の注文に振り分けるという作業を行う。例えば、標準偏差で調整した後の $(p_i - p_{i-1})/\sigma_{\Delta p}$ が大きくなる、すなわち価格が極端に上昇した場合には、その Volume bar のうちの注文の多くが、価格を上昇させるに十分なほどの買い注文であったと判断され、 V_{τ}^B に分類されることになる。以上が、VPIN の計算方法である。

(5.15)式で振り分けられた売り注文と買い注文を移動平均することで、VPIN は計算される。

$$VPIN = \frac{\sum_{\tau=1}^n |V_{\tau}^B - V_{\tau}^S|}{nV} \quad (5.17)$$

なお、 n は移動平均をとる期間のサンプルサイズであり、本章では1日を50分割して平均をとっている。また、本章ではVPINのBulk classificationについて、正規分布による重

みづけを行わず、直接売りと買いを分類する手法ととっている。これは、仲値よりも大きな価格での約定は必然的に買い注文であることが明白だからである。この代替的な手法は、Chakrabarty et al.(2015)で提案されているものである。

続いて、回帰分析の手法について説明する。以上の方法によって、得られた流動性変数および上場企業のファンダメンタルに関する変数、上場条件に関する変数を、初値収益率に回帰させる。推定式は、次の(5.18)式である。

$$\begin{aligned} & \text{(Initial Return}_i) \\ & = \alpha + \beta_1 (IPO_{Fundamentals}_i) + \beta_2 (IPO_{Conditions}_i) + \beta_3 (Liquidity_i) \\ & + \tilde{\varepsilon}_i \end{aligned} \tag{5.18}$$

ここに、 i は企業を区別する添え字であり、 $\tilde{\varepsilon}_i$ は、誤差項である。推定方法は、OLS を採用する。また、推定に際して、一部の巨大上場案件および金融関連業を除いたサブサンプルを構成し、全体サンプルとサブサンプルと個別に回帰分析を行う。

5.3.3 基本統計量

表 5-3 は、各変数の基本統計量を示している。まず、はじめに初値収益率の平均値は、およそ 0.80 となっている。この 80% という初値収益率は、一般的な株式の収益率よりも極めて大きな値であり、新規上場に対して特殊に大きなプレミアムが要求されていることを意味している。さらに、過小値付けに関しては、そのレンジも広いことが確認される。これは、公開価格の実に 3 倍以上の初値がついた銘柄（最大値 3.72）から、初値が公開価格を下回って、初値収益率がマイナスの値をとるケース（最小値-0.07）まで存在していることから理解できる。

これらの過小値付けは、市場の需給状況によっても影響されるものである。そこで、売り出しに対する申し込みの状況を推定するために、人気ダミー（Popular）と不人気ダミー（Unpopular）を使用する。人気ダミー（不人気ダミー）は、公開価格が仮条件の上限価格（下限価格）をとった場合に、1 をとるダミー変数である。この変数は、もし主幹事証券会社が公開価格を仮条件の上限価格（下限価格）で決定した場合、ブックビルディングを行う際に、投資家から良好（不良）な需要申告を受け付けたとみなすものである。全 60 社のうち、56 社が人気ダミーをとり、1 社が不人気ダミーをとっていることから、市場の需要は旺盛だったことが窺える。

企業のファンダメンタルに注目してみると、2016年度新規上場企業の総資産は、平均値199億円、標準偏差800億円となっている。中には、総資産が上場以前に、5000億円を超える大型上場も散見される。新規資金調達額の平均値は、102億円である。財務状況を見ると、自己資本比率は42%、直近の配当性向は0.10%となっている。

続いて、上場条件に関して着目する。まず、上場市場の選択であるが、サンプル対象となった企業60社のうち、全体の68%にあたる41社が東京マザーズ市場へ上場を行っている。その後、JADAQスタンダード、東証1部となっている。平均の売り出し証券会社数は、7.4社で、主幹事業は大手3社（野村、大和、日興）によって、46%のシェアを占められている。加えて、売り出し枚数に対するオーバーアロットメント売り出しの割合については、平均値が、13%となっている。さらに、標準偏差が6.6%と小さいことから、ほとんどの企業がオーバーアロットメントを導入している状況が読み取れる⁵²。

最後に、流動性に関する変数の基本統計量を確認しておく。取引コストの代表的な尺度であるビッド・アスク・スプレッドは、新規上場後の14日間で平均0.01という値をとっている。また、VPINについては、平均17.5%であるが、最大値47.2%と大きな値がある。このことから、上場後においても、投資家間で情報の非対称性が存在しており、売りと買いの注文数に偏りが生じていると考えられる。VPINの上昇は、その後の大きな価格変動を伴うことがあり、上場後の価格の急騰や急落に反応していると考えられる。プライス・インパクトは、平均的に0.03であり、大きいほど市場の厚みが小さく、流動性の低い市場であることを示している。

【表 5-3 基本統計量】

また、表5-4は変数間の相関係数表である。最初に、初値収益率（Initial_Return）は、東証マザーズ上場ダミーと弱い正の相関0.28を有している。一方で、上場市場の違いに着目してみると、初値収益率は東証1部ダミー、2部ダミーとは負の相関を有していることが読み取れる（それぞれ-0.29と-0.23。つまり、新興市場への上場は高いプレミアムが要求されるのに対して、比較的成熟した市場では過小値付けが観察されないという違いが現れている。この結果は、Macey and O'Hara(2002)の示した上場市場の保証仮説と整合的である。

過小値付けと相関をもつ他の変数として、売り出し枚数に対するオーバーアロットメント枚数の割合が挙げられる（相関係数-0.30）。これは、オーバーアロットメントによる追加の売り出しが、上場後の需要超過状態を解消し、初値の高騰を防ぐ効果をもっているためと考えられている。この結果は、Benveniste et al.(1996)やChowdry and Nanda(1996)

⁵² オーバーアロットメントによる売り出しは、募集・売り出し枚数の15%を上限とすることが日本証券業協会「有価証券の引受け等に関する規則」で定められている。

と同様のものである。

流動性変数と初値収益率は、そのいずれにおいても 0.3 程度の弱い正の相関が観察されている。その中でも、VPIN が最も大きな相関関係を有しており、流通市場での非対称情報の大きさが、上場事前の公開価格の決定に影響を及ぼしている可能性を示唆している。

【表 5-4 相関係数表】

5.3.4 推定結果および考察

本節では、5.3.3 で示された検証方法および仮説をもとに推定結果を分析し、考察を加える。まず、表 5-5 は、流動性変数にビッドアスクスプレッドを用いた場合の、推定結果を示している。

【表 5-5 Bid-Ask-Spread を用いた推定結果】

この結果は、【仮説 3】の予測と整合的なものとなっている。具体的には、全体サンプルを用いた場合、企業のファンダメンタルに関する変数を調整しても、ビッドアスクスプレッドと過小値付けは、有意に正でない。しかしながら、サブサンプルを対象とした結果では、10%の水準で正の相関を有している。これは、【仮説 3】と整合的な内容である。サブサンプルについてのみ、有意性が示されたことについて、巨大な上場企業では、それほど流動性プレミアムの問題は起こらないという解釈ができると思われる。

続いて、表 5-6 は流動性変数に、VPIN を用いた場合の結果を示している。

【表 5-6 VPIN を用いた推定結果】

VPIN に対する係数の値は、同じくサブサンプルでのみ、10%水準で統計的に正の有意性を示している。したがって、【仮説 4】による情報の非対称性がより高いと、過小値付けが深刻化するという仮説が立証されている。この結果についても、ビッド・アスク・スプレッドと同様に理解できるものと考えられるが、VPIN は情報の非対称性と解釈すれば、より直観的な解釈ができると考えられる。つまり、小規模の IPO では、企業の真の価値について、投資家間での情報の優劣に偏りが大きく、流通市場での逆選択リスクが高くなることが予想される。そのような銘柄は、流通市場で取引するためのコストが高くなってしまふ。事実、VPIN が売りと買いの注文の差から計算されるように、注文が一方に偏ったとき、取引機会

は著しく失われてしまう。よって、そのようなリスクを回避したい投資家は、流動性プレミアムを事前に要求する。この解釈に基づけば、小規模な企業が IPO するとき、過小値付けを回避したいなら①IPO 事前での情報開示を積極的に行い、投資家の情報格差を縮小させる②IPO 時に、売りと買いのインバランスを流通市場で是正するような政策の実行を公表しそれにコミットする、などの対策をとることが重要だと考えられる。

最後に、表 5-7 はプライス・インパクトと初値収益率との関係性を示している。

【表 5-7 Price Impact を用いた推定結果】

プライス・インパクトでは、両サンプルいずれにおいても、10%水準での統計的な有意性を確かめることができなかった。このことから、投資家が流動性プレミアムを要求する、流動性変数にも違いがあることが明らかとなった。

総括すると、日本の新規上場企業においても、事後的な流通市場の市場流動性が、過小値付けの原因となっていることが明らかにされた。本章では、【仮説3】、【仮説4】ともに立証されている。そして、特に巨大企業を除いたサブサンプルにおいて、その傾向は顕著であり、成熟した企業の上場よりも、資金調達を成功させたい小型の企業の方が、過小値付けの問題に直面しがちだという現状を示唆している。この結果から、小型の企業ほど積極的に、投資家に流動性の供給を行うべきであり、財務政策や上場時の契約条件などに工夫の余地があるのではないかと推察される。

5.4 終わりに

本章では、新規上場企業の IPO に関して公開価格の過小値付けと流通市場でのトレーダーの投資戦略、流動性コストの関係性を分析した。

まずモデル分析によって、フリッパー戦略と呼ばれる投資スタイルが公開価格に流動性プレミアムを要求することで、過小値付けが発生すること、言い換えれば初値収益率が上昇することを Ellul and Pagano(2006)のモデルを紹介することで確認した。

続いて、モデルから導出された仮説にもとづいて、2016年に新規上場した日本の企業を対象に実証分析を行った。主な結果は次のとおりである。まずビッド・アスク・スプレッドや VPIN は、過小値付けと有意に正の相関を示している。このことは、IPO において、複合的にさまざまな流動性要因が、公開価格を押し下げる原因となっていることを表している。そして、特に一部の巨大企業を除いたサンプルにおいて、流動性コストがプレミアムとして要求されていることが示された。このことは、特に IPO の規模が小さく、流通市場においても流動性が小さな企業では、顕著に流動性プレミアムが企業の新規資金調

達を困難にするという問題を明らかにしている。以上のことから、企業の財務戦略に関するインプリケーションが導かれる。それは、企業が主体的に流動性を増加させる財務戦略をとることで、より円滑に資金調達を行うことができるというものである。

また、プライス・インパクトについては、流動性変数の候補として採用したものの、統計的な有意性を示すことはなかった。このことは、投資家にとっての流動性プレミアムの原因に、注文の価格変化性がそれほど重要視されていない可能性を表しており、投資家の取引戦略をさらに考察する糸口となるものである。

最後に、本章に残された課題について言及する。まず、提示された仮説において、特にフリッパーの関心の対象となるビッドサイドの流動性が、過小値付けの原因となっているという点について、本章ではデータの制約から検証できていない。これは、過小値付けについて、効果的な財務政策を行うならば、売りと買いで非対称な対策をとることを必要とするもので、その検証の意義は大きい。また、企業の IPO 政策に関して、近年オーバーアロットメントを導入する企業などが増加している。オーバーアロットメントは、一時的な需給の調整のために、売り出し枚数以上の株式を主幹事証券会社が流通させるもので、流通市場の流動性に大きな影響を与えていることが予想される。よって、このような IPO 状況をより反映した分析が行われることが必要だと考えられる。

6章 日本株式市場のフラグメンテーションと東証へのインパクト分析⁵³

6.1 はじめに

近年、世界的な最適執行意識の高まりから、旧来の取引所とは異なる新市場が誕生し、その取引が活発化してきている。証券会社や独立エージェントの一部が、自身の執行ニーズを満たすような市場を自発的に作り上げ、新市場として参入させてきたからである。米国では、UTP 制度を背景に取引所の競争は熾烈さを増している⁵⁴。また、MiFID の改正により、EU では2008年から市場競争が解禁されている⁵⁵。

そして、このような世界的な潮流は、日本市場においても例外ではなくなっている。日本でも PTS やダークプールと呼ばれる新市場が2010年以降、急激に市場のシェアを拡大し始めてきている。このように、統合されていた取引（執行・約定・決済など）のプロセスが、複数の市場に分断された状態は、証券市場の「フラグメンテーション」と呼ばれている。

【図 6-1 を挿入】

【図 6-2 を挿入】

図6-1は、日本株式市場の取引環境を示している。日本における証券市場は、伝統的に取引所内取引である東証が中心となっている。しかしながら、実際には東証以外のさまざまな取引が許容されている。立会外では、大口・バスケット取引専門の ToSTNet が付帯しているし、取引所外では PTS や内部執行といった市場が利用可能である。このように、日本株式市場においても、取引が複数の市場で成立しているのである。

図6-2は、取引所外の市場規模の推移を示している。2010年頃から、その規模は徐々に拡

⁵³ 本章の内容は、松本(2017)を加筆・修正したものである。

⁵⁴ UTP 制度(Unlisted Trading Privileges)とは、非上場取引特権制度とも呼ばれている米国市場特有の制度である。一般的に、ある取引所に上場した銘柄はその取引所でしか取引することができない。これに対し、UTP 制度を活用することで、上場申請されていない他の取引所においても、この銘柄が取引できるようになる。これによって、一部の取引所に上場した銘柄は、同時に複数の市場で取引されるようになる。米国市場の制度に関するサーベイは、大塚(2014)や公益財団法人 日本証券経済研究所(2016)が詳しい。

⁵⁵ MiFID(Markets in Financial Instruments Directive)は EU 圏内における証券市場及び投資事業を規定する規制の 1 つで、取引所集中義務の撤廃も規定されている。これにより、EU においても証券会社の内部執行や PTS の参入が認められるようになった。

大しており、その中でも特に PTS 市場が急激に成長していることがわかる。その規模は、全市場における10%を占めるようになり、定着しつつある。以上のように、日本の株式市場でも、フラグメンテーションが起きていると考えられる。

本章では、日本の株式市場を対象に、このような市場のフラグメンテーションが東証の流動性にどのような影響を与えているのかを検証する。2012年10月の TOB5%制限ルールの廃止後、日本での PTS の取引規模は急成長している。2005年には株式取引全体の1%にも満たなかったそのシェアは、現在では約10%、2000億円/日にも及ぶようになっている。さらに、2017年5月には金融商品取引法の改正で、PTS のおける信用取引を解禁されるなど、PTS の市場の規模は今後高まることが予想される。しかしながら、今までの日本の株式市場は、東証を中心とした取引所に集約されたシステムであったため、フラグメンテーションが市場の流動性や価格形成にどのような影響を与えているかを検証した研究は日本では少ない。以上のような市場構造の変化の背景の下、PTS 取引の増加がメインマーケットである東証の流動性に与えるインパクトを分析することが本章の目的である。

6.2では、フラグメンテーションの影響を検証した先行研究を紹介し、本章との関連性を説明する。次に6.3では、パネルデータを用いた実証分析を行う。まず、フラグメンテーション変数や流動性変数を定義し、推定方法に言及する。また、続けて実証結果から最適なフラグメンテーション比率を推定する。最後に、6.4では本章の結論を示し、残された課題を整理する。

6.2 先行研究レビューと本章との関係性

【表6-1の挿入】

本章は、市場のフラグメンテーションが、市場流動性にどのような影響を与えているのかを検証するものである。このような研究動機の下で、実証研究を行った先行研究には次のようなものがある。表6-1は、本章と先行研究との関連性を示している。

まず、宇野(2012)は日本の株式市場のフラグメンテーションに着目した数少ない研究の1つである。宇野(2012)は、2011年1月から6月まで東証1部上場企業1,777社のティックデータを用いて、PTS 取引比率と東証の流動性の関係を分析している。中心的な結果は、①PTS で取引される傾向が高い銘柄の特徴として、東証での売買件数が多く、東証での板の厚みが高いこと、②PTS 比率が高い銘柄は、東証でビッド・アスク・スプレッドが広く、特にデブスが顕著に厚いこと、である。①については、Foucault and Menkveld(2008)の指摘する”Que-jumping 効果”と整合的である。”Que-jumping 効果”は、片方の市場で板の厚みが大きくなると次の注文の約定優先順位が下がるので、執行スピードの低下を敬遠する投資家が別の

市場に注文を回送するというメカニズムによってもたらされる。この結果、複数の市場で板が充実するため、証券市場全体としてみれば流動性が高まるという影響をもたらす。②については、フラグメンテーションが、ビッド・アスク・スプレッドを広げ取引コストを上昇させるというデメリットとデプスを有意に増加させるというメリットを指摘している。

一方、米国市場を対象とした研究では、日本市場とやや異なる結果が得られている。米国市場を対象とした代表的な研究には O'Hara and Ye(2011)がある。米国株式市場は、フラグメンテーション比率の非常に高い市場として知られている。例えば、NYSE 上場銘柄でさえ平均的に NYSE で27%程度しか取引されず、73%は他市場に分散している。O'Hara and Ye(2011)は米国ではフラグメンテーションの度合いが高まるほど、取引コストたるスプレッドは縮小し、執行スピードが短縮することを報告している。また、ボラティリティは大きくなるが価格の情報効率性は高まるため、市場の質が害されているとは言えないとしている。さらに、同様の特徴（時価総額の大きさと価格）をもった銘柄どうしをペアにした比較分析でも、フラグメンテーションの度合いが高い銘柄ほど、有意にスプレッドが小さいという結果が得られており、フラグメンテーションのメリットが強調される結果となっている。このような結果について、彼女らは市場間競争が流動性を向上させたと解釈している。また、2007年に施行されたレギュレーション NMS 改革の成功があるのではないかと付け加えている⁵⁶。

欧州市場を対象とした研究としては、Degryse et al.(2014) が代表的である。欧州では2007年に MiFID が改正され、内部執行（証券会社の自己勘定との相殺取引）が解禁されるなど、市場分断が高まりつつある。そのような市場環境の中、彼らは、フラグメンテーションが流動性指標を改善するという結果を得ている。ただし、彼らはフラグメンテーションの正と負の影響がどのように影響しているかを明らかにするために、回帰分析にフラグメンテーションの二乗項を含めて分析している。これにより、ある一定の値までは流動性の向上が認められるが、過剰な取引の分断はかえって流動性の悪化を招くという報告も行っている。

近年の欧州を対象にした研究では、Gresse(2017)が存在する。この研究では、大型株や小型株といったグルーピングによって、フラグメンテーションの影響が異なるということ进行分析している。例えば、ビッド・アスク・スプレッドについてはどのような銘柄においても有意に低下し、流動性の向上に貢献しているが、板の厚みに関しては小型株ではかえって低

⁵⁶レギュレーション NMS は、競争で分断化した異なる市場どうしをシステム的に連結し仮想的な1つの市場を形成するという米国特有のマーケットデザインである。ある注文が市場に執行されると注文回送システムを介して最も良い気配を提示している市場に自動的に注文が回送されるようになっている。これにより市場がフラグメンテーションすることによる最良気配以外で約定される（Trade-through）という弊害を防いでいる。NMS システムの包括的なサーベイについては大塚(2014)が詳しい。

下してしまうというようなものである。

その他にも、PTS の活動とメインマーケットへの影響に焦点を当てた研究には Battalio(1997)、Fong et al.(2001)および Boehmar and Boehmar(2003)が挙げられる。総括すると近年の研究では、一般的に米国、欧州ともにフラグメンテーションの正の効果が確認されるという結論が多く、日本では例外的に宇野(2012)のようなスプレッドが大きいという負の効果も確認されている。

以上のような先行研究の下、本章の特色を説明する。まず本章は上記のような先行研究と同様に、フラグメントの影響を総合的に検証するという目的を持ったものである。その上で、本章は、宇野(2012)が2011年をサンプリング期間としたのに対し、2016年に期間を変更している。2011年以降、いくつかの制度が見直されたのにもない PTS 比率が5%程度から10%程度に上昇しており、結果が異なる可能性がある⁵⁷。また、宇野(2012)の研究では、流動性の指標をビッド・アスク・スプレッドとデプスに限定している。しかしながら、流動性の概念は多面的である。それは、投資家が求める取引の円滑さが、多くの尺度によってサポートされるものだからである。例えば、売りと買いの乖離コストであるビッド・アスク・スプレッドに加え、大口注文を執行する投資家にとっては、プライス・インパクトやレジリエンス（価格の復元力）が、高頻度に売買を繰り返す投資家にとっては執行スピードなどが求められており、これらすべてが流動性の指標と考えられている⁵⁸。そのため本章では、このような多面的な流動性への影響を検証するため、宇野(2012)には含まれていないプライス・インパクトや出来高といった流動性指標も含めて分析を行う。説明変数は先行研究にならい、Stoll(2000)や Bessembinder and Kaufman(1997)が探索したコントロール変数を用いるが、宇野(2012)で呼値格差率が影響していることが示唆されているため、本章でも利用する⁵⁹。

また、本章で得られた興味深い事実発見として、サンプリングデータの5.6%の割合で PTS 取引が東証取引金額を上回る「メインマーケットの反転」が起こっていることが挙げられる。このような現象についても、サブサンプルとして分析を加えている。

⁵⁷大規模な制度改正として TOB 買い付け 5%ルール の廃止が挙げられる。その後、PTS 市場の取引規模は拡大してきた。詳細は、1 節の図 1-2 を参照。

⁵⁸流動性の概念に関する包括的な議論に関しては、黒崎、他(2015)が詳しい。

⁵⁹呼値格差率 = (東証呼値 - PTS 呼値) ÷ 終値で計算される。呼値格差率は株価水準で基準化した、東証と PTS の呼値の大きさの違いである。PTS の呼値は、東証の 1/10 程度に設定されていることが多く、呼値格差率は 0 から正の値をとる。本章の分析では、SBI ジャパンネクストの呼値を参照し呼値格差率を計算した。

6.3 パネルデータを用いた実証分析

本節では、日経225採用銘柄の日次データと取引所外取引データを用いた、パネル分析を行う。まず、データソースとサンプリングについて説明し、続いて分析対象となる流動性変数を定義する。6.3.4からは推定とその結果の解釈を行う。また、サブサンプルの結果から最適フラグメンテーション比率の存在が示唆されるため、6.3.5で各流動性をもっとも最大にするフラグメンテーション状態の推定を行う。

6.3.1 データソースとサンプリング

ここでは本章で扱うデータの取得ソースを紹介し、データ作成の内容について説明する。まず、本章で用いるデータセットは2種類の統計資料を統合したものである。1つめは、日経NEED Financial-Questより入手した、株式の個別銘柄ごとの日次データである。このデータには、終値・出来高・最終気配・時価総額などが記録されている。2つめは、日本証券業協会の取りまとめる「取引所金融商品市場外売買等」データである。このデータには、証券業協会に報告のあった取引所外取引が、個別銘柄ごとに日次で集計されている⁶⁰。このデータには、取引所外取引の価格や出来高、最終気配・最終デブス等が記録されている。以上の2つのデータを統合し、日次パネルデータを作成した。サンプリング期間は2016年9月から11月までの3ヶ月($t = 47$)で、抽出銘柄は日経225採用銘柄($i = 225$)である。総抽出数は10,575である。

6.3.2 フラグメンテーション変数と流動性変数

市場のフラグメンテーションが、東証の流動性にどのような影響を与えているのかを検証するためには、フラフラグメンテーションの度合いをどのように計測し、東証の流動性・取引コストをどのように定義するかが必要となる。このために、本節ではフラグメンテーション変数と流動変数を定義する。まず、フラグメンテーション変数は次の(6.1)式、PTS share (PTS シェア) とする。

⁶⁰以後、ここではPTSと総称することにする。

$$PTS\text{-}Share_{i,t}(\text{PTS シェア}) = \frac{PTS\text{-}TradingValue_{i,t}}{Tosho\text{-}TradingValue_{i,t} + PTS\text{-}TradingValue_{i,t}} \quad (6.1)$$

(6.1)式はフラグメンテーションの割合を、市場全体の売買代金に占める PTS の売買代金の比率で計測することを示している。 i は銘柄、 t は日次を区別する添え字である。

続いて、流動性変数の定義を行う。流動性変数とは、市場参加者が低コストで即時に取引を成立させるための潜在性を表す指標である。次の(6.2)式は、代表的な流動性変数ビット・アスク・スプレッドの一種、気配スプレッドである。

$$Quote\ Spread_{i,t}(\text{気配スプレッド}) = AskPrice_{i,t} - BidPrice_{i,t} \quad (6.2)$$

(6.2)式は Quote Spread (気配スプレッド) と呼ばれ、良売り気配と最良買い気配の差で与えられる。Quote Spread (気配スプレッド) は、投資家が売買によって負担しなければならない、均衡価格からの乖離分を表している。したがって、スプレッドが小さいほどコストレスで流動性の高い市場と理解される。

$$RelativeSpread_{i,t}(\text{相対スプレッド}) = \frac{QuotedSpread_{i,t}}{\frac{1}{2}(AskPrice_{i,t} + BidPrice_{i,t})} \quad (6.3)$$

(6.2)式の Quote Spread (気配スプレッド) を価格で基準化したものが、(6.3)式の Relative Spread (相対スプレッド) である。一般に価格が大きい銘柄ほど呼値が大きく設定されているため、大型銘柄ほど Quote Spread (気配スプレッド) は大きくなる。これに対し、取引価格に対して何%のビット・アスク・スプレッドを支払ったかを表すのが、Relative Spread (相対スプレッド) である。⁶¹

⁶¹ その他 Quote Spread (気配スプレッド)、Relative Spread (相対スプレッド) 以外にも、ビット・アスク・スプレッドには Effective Spread (有効スプレッド) や Realized Spread (実現スプレッド) といった指標が存在している。ただし、一般に後者2つはティックデータでなければ計測できないため、本章では用いていない。

$$PriceImpact_{i,t}(\text{Amihud のプライスインプクト}) = \frac{OpeningPrice_{i,t} - ClosingPrice_{i,t}}{TradingVolume_{i,t}} \quad (6.4)$$

(6.4)式は、Amihud(2002)の提案したプライス・インパクトの代理指標であり、Amihud の Illiquidity 指標などと呼ばれている。⁶²Price Impact (Amihud のプライス・インパクト) は、1単位の取引が価格をどれだけ変動させたかを計測するもので、小さいほど市場の厚みがあり、価格変動の小さい流動性の高い市場であるとみなされている。

$$TurnOver_{i,t} \text{ (出来高)} \quad (6.5)$$

(6.5)式は、出来高であり1日の総約定数である。出来高は、市場を介して成立した売買需給のマッチング数であるから、大きいほど流動性が充実していると解釈される。本章では、以上で取り上げた(6.2)式から(6.5)式を流動性変数として用いて分析を行う。

6.3.3 記述統計量

表6-2はデータの基本統計量を、表6-3は各変数の相関係数行列を示している。気配スプレッドの平均は3.2円であり、相対スプレッドの平均は0.2%である。つまり、最良気配での取引をする際に、投資家は平均的に0.2%の取引コストがかかっているということである。プライス・インパクトや出来高は、銘柄によってその値が大きくばらついている。

【表6-2を挿入】

【表6-3を挿入】

さらに、図6-3は、PTS シェアのヒストグラムである。

⁶² Amihud のプライスインプクトは、Kyle(1985)の提案した Kyle のラムダの代理指標として知られている。Kyle のラムダは、1単位あたりの注文がどれだけ価格を変動させるかを表す変数である。

【図6-3を挿入】

PTS シェアについては、1日の取引金額において5%から10%の発生頻度が高い。このことから、日本においても少なからず取引がフラグメンテーションしている様子が窺える。さらに一部では「東証の取引金額をPTSが上回る」、すなわちPTSがメインマーケットの役割を果たしている例が約5.6% (570件)観測されている。これを、本章では「メインマーケットの反転」と呼ぶことにする。メインマーケットの反転サンプルの場合、流動性への影響が全体サンプルと異なる可能性がある。したがって、このPTSシェアが50%を上回る事例に関しては、サブサンプルとして個別の推定を行う。

相関係数行列から、説明変数に関する多重共線性の影響は小さいと判断している。

6.3.4 パネル分析と結果

ここでは、PTSシェアの上昇が東証の流動性に与える影響を分析するために、パネル分析を行う。推定式には、前節までで紹介した(6.1)式PTSシェアを説明変数に、(6.2)式から(6.5)式の東証の流動性指標を被説明変数として用いる。事前のF検定およびハウスマン検定により、すべての推定式において固定効果モデルを採用した。

$$\begin{aligned}
 & \text{Liquidity Variables}_{i,t} \\
 & = \alpha + F_i + F_t + \beta_1 \cdot \ln(\text{Price})_{i,t} + \beta_2 \cdot \ln(\text{MarketCapital})_{i,t} + \beta_3 \\
 & \quad \cdot (\text{Volatirity})_{i,M} + \beta_3 \cdot (\text{TickRatio})_{i,t} + \beta_4 \cdot ((1)\text{PTS-Share})_{i,t} + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned} \tag{6.6}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Liquidity Variables}_{i,t} \\
 & = (6.2)\text{QuotedSpread}_{i,t}, (6.3)\text{RelativeSpread}_{i,t}, (6.4)\text{PriceImpact}_{i,t}, (6.5)\text{Turnover}_{i,t}
 \end{aligned}$$

$$\text{TickRatio}_{i,t} = \frac{(\text{ToshoTick} - \text{PTSTick})}{\text{Price}} \tag{6.6}$$

ここに、 F_i は個別銘柄ごとの固定効果ダミー変数、 F_t は個別日次ごとの固定効果ダミー変数である。また、 $\varepsilon_{i,t}$ は誤差項である。その他、 $\ln(\text{Price})_{i,t}$ は終値の対数値、 $\ln(\text{MarketCapital})_{i,t}$ が時価総額の対数値、 $(\text{Volatirity})_{i,M}$ は収益率ボラティリティの月次値、

$(TickRatio)_{i,t}$ は呼値格差率である。⁶³

さらにここでは、前節のPTSシェアの分布より確認された「マーケットの反転」についてサブサンプルを設けて回帰分析を行う。サブサンプルでは、パネルデータから特定の日次・銘柄を抜き出すため、パネルデータを形成できない。したがって、ダミー変数を用いず、標準的な回帰分析を行うこととする。「マーケットの反転」現象にのみ限定した分析から、PTS比率が極端に高い場合に東証に与える影響を推定することができる。

【表6-4を挿入】

表6-4はパネル分析の推定結果である。まず、Quote Spread（気配スプレッド）、Relative Spread（相対スプレッド）について、係数がPTSシェアに対して有意に低下している。このことから、ラグメンテーションはスプレッドの縮小という意味で流動性の向上に貢献している。一方で、プライス・インパクト(Amihudのプライス・インパクト)に関しては統計的な有意性は見出せない。したがって、ラグメンテーションが価格の変動を小さくして市場の厚みを上昇させているとは言えない。また、Turnover（出来高）については、負の有意性を表している。このことは、東証の取引がPTSに流出しているために、ラグメンテーションが東証の出来高を奪っているものと理解できる。

また、メインマーケットの反転を対象としたサブサンプルについては、やや異なる結果を得ている。まず、全体サンプルでは有意に低下した各スプレッドだが、その有意性が失われている。このことは、極端なラグメンテーションや東証からの流出が起これば、東証での流動性は損なわれていることを示している。同様に、プライス・インパクトに関して、全体サンプルではラグメンテーションが起これば、有意な反応はなかったが、サブサンプルでは、プライス・インパクトが有意に上昇している。このことから、やはり過剰なラグメンテーションが東証の流動性が悪化させていると考えられる。出来高については、PTSシェアが50%を超えた場合でも、その影響は変わらない。

以上のことから、日本株式市場のラグメンテーションは、スプレッドの縮小という取引コストの低下を通じて、市場の流動性を向上させているということが明らかとなった。また、過剰なラグメンテーションは、流動性の悪化というマイナスの効果をもたらしていることが指摘される。このことは、日本市場を対象とした先行研究、宇野(2012)とは異なるものである。宇野(2012)は、PTSシェアの高い銘柄ほどスプレッドが高いことを指摘しているから、本章とは対照的な結果を得ているためである。

⁶³ 呼値格差率については、本章の脚注59を参照。ここでは、東証の呼値とジャパンネクスト社の呼値の刻み値を用いて算出している。

6.3.5 最適フラグメンテーション比率の推定

前節のサブサンプルの分析より、全体のサンプルと PTS シェアの高いサンプルでは、流動性の反応に大きな違いがあることが明らかとなっている。フラグメンテーションが過剰になる場合、流動性が低下していくということは、ある一定のフラグメンテーションをもって、流動性を最大にする「最適フラグメンテーション比率」が存在するということが考えられる。

ここでは、6.3.4で行った推定式に PTS シェアの2乗項を追加することで、最適フラグメンテーション比率の探索を行う。推定式は次の(6.7)式で与えられる。(6.7)式では PTS シェアの二乗項が含まれている。これは、Degryse et al.(2014)が行った推定方法を参照している。

$$\begin{aligned} & \text{Liquidity Variables}_{i,t} \\ &= \alpha + F_i + F_t + \beta_1 \cdot \ln(\text{Price})_{i,t} + \beta_2 \cdot \ln(\text{MarketCapital})_{i,t} + \beta_3 \\ & \cdot (\text{Volatility})_{i,M} + \beta_3 \cdot (\text{TickRatio})_{i,t} + \beta_4 \cdot ((1)\text{PTS-Share})_{i,t} + \beta_5 \\ & \cdot ((1)\text{PTS-Share})_{i,t}^2 + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \tag{6.7}$$

表6-5は、最適なフラグメンテーション比率の推定結果を示している。

【表6-5を挿入】

まず、各流動性変数に関して、いずれも前節と同様の有意性と符合条件を満たしている。その中でも、PTS シェアの二乗項の係数が有意に正である、Quote Spread（気配スプレッド）、Relative Spread（相対スプレッド）、Turnover（出来高）については、ある一定のフラグメンテーション比率までは流動性が向上し（出来高は悪化し）、それ以上になると流動性が低下する（出来高は向上）という効果の存在を認めることができる。プライス・インパクト(Amihudのプライス・インパクト)については、逆である一定のフラグメンテーションまではプライス・インパクトが低下し（流動性は向上）、その後は上昇するという効果を得ている。

回帰係数より最適なフラグメンテーション比率を算出したものを、表6-5の最終行に示している。その結果、出来高については、東証に取引が集中してフラグメンテーションが発生しない環境が最適であるのに対し、気配スプレッドでは57.8%、相対スプレッドでは63.7%、

プライス・インパクトでは28.9%の PTS シェアが最適であると推定された。つまり、スプレッドではやや高いフラグメンテーション比率が望まれるのに対して、プライス・インパクトでは市場の競争が並列していながら東証中心の市場形成が求められるという、流動性ごとの異質性が認められる推定結果が得られている。このことによって、政策的に市場間競争を活性化させる場合において、流動性を最適化するようなマーケットデザインが存在することが示唆されている。

6.4 終わりに

近年の日本株式市場は、市場構造を大きく変化させつつある。それは、市場参加者の多様な執行ニーズに支えられて、東証のみならずさまざまな市場で取引が行われるようになってきているからである。本章では明示的に取り上げなかったが、ダークプールと呼ばれる情報秘匿性の高い市場も、株式市場に参入しており、フラグメンテーションの影響はますます無視できないものとなっていくと予測される。このような市場の変化に着目し、証券市場の流動性、さらには価格発見などの機能を分析していくことが必要であると著者は考えている。

本章の分析によれば、PTS のシェアが市場のクオリティに与える影響は、次の2つに要約できる。①PTS シェアの上昇は取引コストを低下させる。これは宇野(2012)による、PTS シェアが高い銘柄ではスプレッドが大きいという報告と異なる、本章による新しい事実発見である。2012年以降に急激に PTS 取引が増えたことから、このような市場構造の変化が結果を変えた可能性がある。②過剰な PTS シェアの増加は、取引コストを上昇させ流動性を低下させる要因となる。さらに、最適フラグメンテーションはおよそ30%から60%程度であると推定されている。

また、本章で得られた結果には、次のような政策的示唆がある。マーケットデザイナーは、金融審議会で決定された信用取引の緩和など、政策的に株式市場の競争を促進することで、東証をコストレスで効率的な市場をデザインすることができる。現在の PTS シェア10%から見れば、流動性低下のデメリットが顕在化する PTS シェア60%までその余地が残されており、さらなる制度改正によって証券市場の効率化が期待できる。

最後に、本章に残された課題について言及する。まず本章の目的は、フラグメンテーションが、東証にいかに関与するかを明らかにすることであった。しかし、「市場の質」は流動性だけでなく、価格発見といった側面からも考察されるべきである。本研論文は、この領域に言及していないという点がある。この問題を解決する方法として、ティックデータの活用があげられる。価格発見能力の計測は、様々な方法が提案されているが、その多くがティックデータの活用依存している。

2つめに、推定の内生性に関する課題である。本章では、パネル分析を用いて過小定式化

といった推定バイアスに対処してきた。しかし同時決定の問題については完全に解決できているとは言えない。具体的には、「フラグメンテーションが、流動性を決定している」の逆の因果「東証の流動性が、フラグメンテーションの誘発要因となった」という逆の因果に対処しなければならない。この場合、先行研究で用いられたような2SLSなど推定方法を拡充してゆく必要がある。最後に、フラグメンテーションが流動性向上に寄与するメカニズムの解明に言及していないことである。例えば、PTSに情報優位な注文がより多く集中するから、東証での逆選択コストが減り、スプレッドが低下した、というようなメカニズムが検証されていない。このような、より詳細なマーケットメカニズムの解明は、流動性の反応の違いや最適フラグメンテーションの説明を行う上で重要になると考えられる。

7章 終わりに

本論文では、マイクロストラクチャー研究で用いられる理論分析および実証分析を通して、証券市場の効率性がどのように形成されるかについて検討を行った。

最後に、本論文で得られた結論と残された研究課題について言及する。

本論文で得られた結論は、次のとおりである。まず、第2章ではマーケットの形態ごとに異なる基本モデルを分析し、流動性と価格発見力に関する理論分析を行っている。その結果、合理的期待均衡モデルでは流動性と証券価格の関係や、価格発見力と効率的市場仮説との関係性を明示的に分析することができている。これによって、証券市場の効率性の形成についての基礎的な結果が整理されている。逐次トレードモデルでは、流動性と価格発見力の動学的な性質に焦点を当てて分析した。証券ディーラーの学習過程によって流動性が変動することや、価格発見力についてマルチンゲール性が成立するなどの性質は、静学的な合理的期待均衡モデルでは得られないものであり、証券市場の効率性形成メカニズムの説明を補完するものとなっている。戦略的トレードモデルでは、トレーダーの戦略的な投資行動がどのように流動性や価格発見力に影響を与えるかを分析している。以上のことから、第2章では流動性と価格発見力の分析について包括的な理論分析の枠組みを提示している。

第3章では、株式市場における情報の非対称性と流動性の関係性について実証分析を行った。ここで用いられたのは、VPINと呼ばれる非対称情報の大きさおよび価格発見力を計量化する指標である。その結果、TOPIX Core30 銘柄という大型株式について、逐次トレードモデルで導出された逆選択リスクが流動性を低下させる要因となっていることを突き止めた。このことは、日本の株式市場の流動性が理論仮説と整合的に形成されていることを明らかにしたものである。一方で、板の厚みが売り価格側と買い価格側で異なった形成となっていることを示唆する結果も得られており、トレーダーの投資行動について新しい事実を発見している。

第4章と第5章では、IPO市場に着目し、証券市場の流動性が企業の財務政策に与える影響を分析している。第4章では、新規上場時の公開価格の低下に流通市場の流動性が影響することを理論モデルで証明している。理論モデルを拡張するにあたり、戦略トレードモデルが応用されている。プライス・インパクトの上昇が公開価格を低下させ、企業の資金調達環境を悪化させてしまうというのが第4章の結論であり、証券市場の効率性が向上することの重要性を指摘している。第5章では、第4章のモデル分析の結果・仮説を実証的に明らかにするものである。得られた結果は、すべての上場企業にとって流動性が公開価格の低下要因となっているというわけではないが、小型上場ではその傾向が実証されているというものである。このことは、企業が主体的に流通市場の流動性を向上させるような財務政策や上場契約を交わすことの重要性を示唆している。また、流動性指標によって

もその結果は異なっており、どの流動性要因が企業の資金調達と関連するかについての示唆を与えている。

第6章では、株式市場の市場構造の変化に着目し、証券市場の効率性がどのように変化したかを明らかにすることを試みている。東証以外で株式が取引されるフラグメンテーションという現象に注目し、その東証への影響を推計している。その結果、流動性指標によって程度は異なるものの、フラグメンテーションが進む状況の時、東証での流動性も高まっているという結論が得られている。また、過剰なフラグメンテーションは東証の流動性を悪化させることから最適なフラグメンテーションの比率が存在することが明らかとなった。このことは、株式市場の制度設計を行う上で東証以外の市場が参入することについて政策的な示唆を与えている。

以上の結論を得た本論文であるが、残された課題も存在する。ここでは、主な3点について言及する。1つめは、理論モデルと実証分析との両立化による分析の発展である。第4章と5章のように、モデル分析とデータの実証が両立されることは現実の証券市場でのトレーダーの投資行動を定式化し、証券市場の効率性を評価・予測をする上で重要である。例えば、第3章では理論分析では導かれていない、売り価格側と買い価格側でのトレーダーの反応が観察されている。このような現象について、理論的な仮説をもって説明することで、証券市場の流動性や価格発見力の形成メカニズムをより深く追求できるようになると考えられる。

2つめは、実証分析の精緻化である。第2章で説明したように流動性や価格発見力は、トレーダーの投資行動と深く関係しており、どのようなトレーダーを想定するかによっても要求する流動性の概念などは大きく異なっていた。したがって、流動性や価格発見力の測定をより精緻化して、現実の証券市場の実態を実証することが課題となる。これには、高頻度データの活用や分析手法の改良が不可欠であり、より優れた実証方法を追求することは重要な課題の1つである。

3つめは、1つめと2つめに関連して理論分析の動学化をすることである。証券市場は絶えず価格が変動する動学的な市場であり、常に流動性や価格発見力も変動していると考えられる。第2章の逐次トレードモデルでは、このような流動性や価格発見力の動学的性質に触れたが、指し値板方式でどのような価格形成が行われているかなどは完全に明らかとなっていない。また、トレーダーの学習行動やファンダメンタルの変動などを許容したモデルの構築が課題となっている。このような動学的モデルを分析することは、現実の証券市場における流動性や価格発見力の測定を改良するためにも意義深いことである。

以上3点について、研究課題を示した。これらの課題については、筆者に残された今後の研究課題としたい。

図表一覧

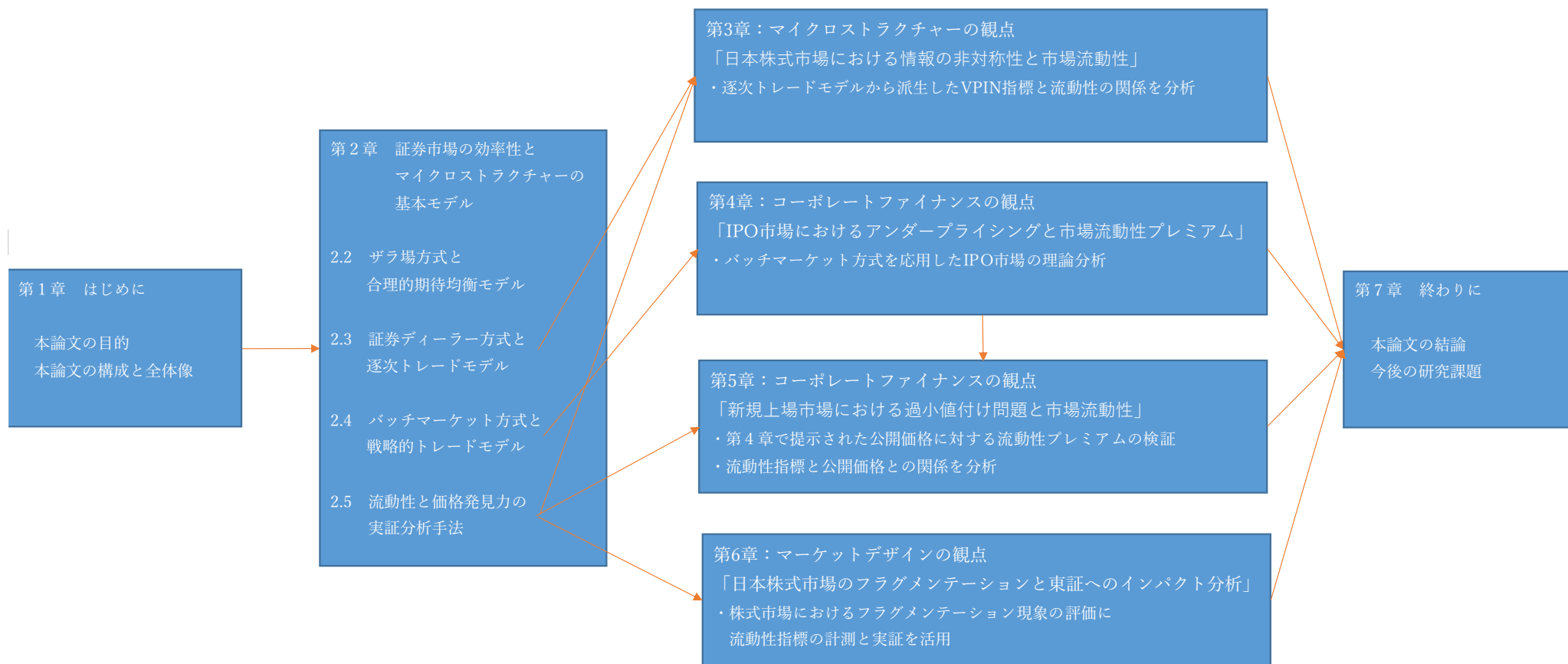


図 1-1 本論文の章立てと全体の構成について

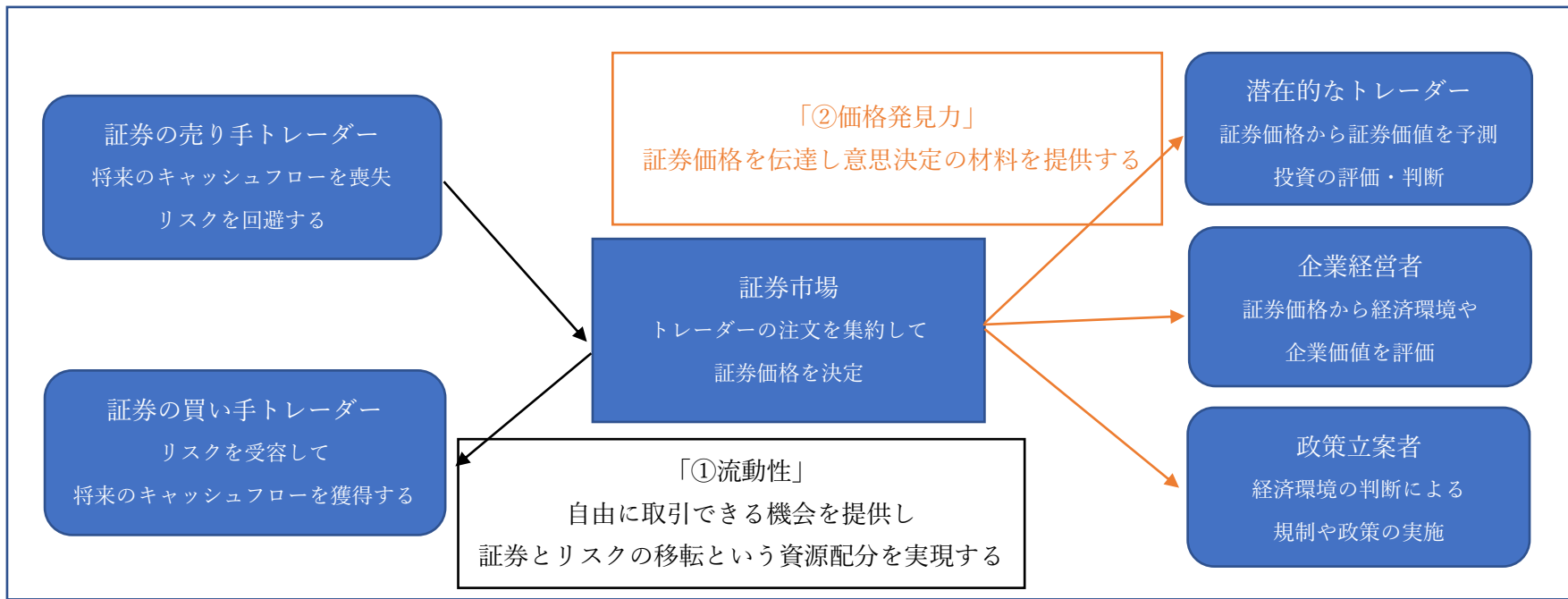


図 2-1 証券市場における取引の枠組みと経済的機能

表 2-1 市場ルール・価格決定方式の形態と比較

項目	ザラ場方式	バッチマーケット方式	ディーラー方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 指し値板にトレーダーが自由に注文を行う ・ 連続時間オークション ・ 売りと買いの注文が同一気配で一致したときに取引成立 	指し値板に対しトレーダーが自由に注文を行い、 マーケットメーカーが定められた特定の時間に 注文を清算し注文を約定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 証券ディーラーが売り価格と買い価格を提示し続ける ・ 注文は証券ディーラーの提示価格で約定
取引時間	証券市場の立ち合い時間内ならばいつでも取引できる	証券市場の定めた1日数回だけ	証券ディーラーの営業時間内ならばいつでも取引できる
価格決定の主体	トレーダーの注文 (注文駆動型)	トレーダーの注文 (ただし、マーケットメーカーの価格決定) (注文駆動型)	ディーラーの価格提示 (呼値駆動型)
注文の種類	指し値注文や成り行き注文 その他の発展的な注文	指し値注文や成り行き注文	成り行き注文のみ
基本モデル	Grossman and Stiglitz(1980)や Ho and Stoll(1981)など	Kyle(1985)	Glosten and Milgrom(1985)や Easley and O'Hara(1987)など
モデルの特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ トレーダーが指し値板に需要計画(指し値注文)を提出し、需給一致で価格が決定される静学的モデル ・ 合理的期待均衡の形成に分析の焦点がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ マーケットメーカーの下に戦略的に需要計画(指し値注文)を提出するトレーダーを仮定した静学的モデル ・ 戦略的トレーダーの注文決定に分析の焦点がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ディーラーの下に逐次的にトレーダーが到来する動学的モデル ・ 証券ディーラーの価格提示に分析の焦点がある

表 2-2 合理的期待均衡モデルにおける価格付けパラメーターの比較静学表

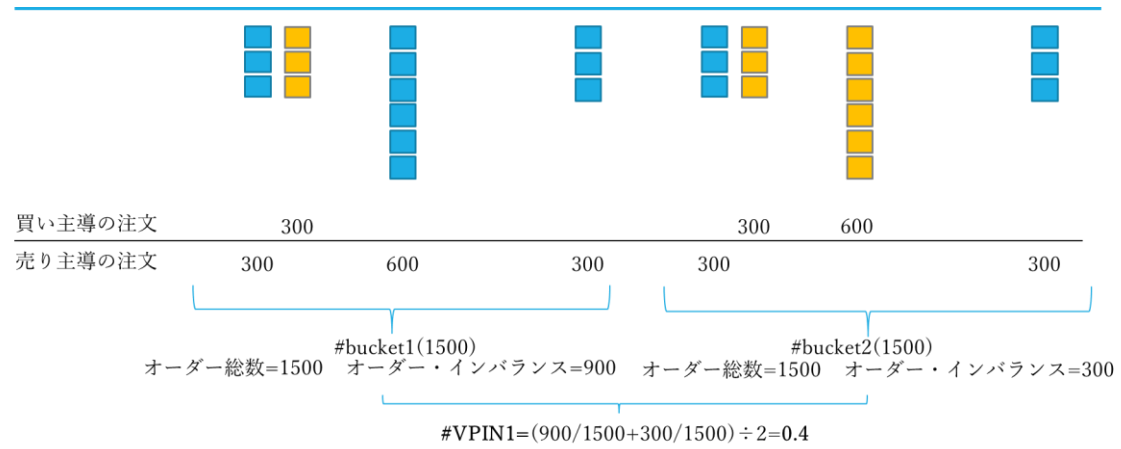
	$\alpha \uparrow$	$\sigma_\varepsilon^2 \uparrow$	$\sigma_n^2 \uparrow$	$\sigma_v^2 \uparrow$
<i>a</i>	↓	↑ / ↓	↑	↓
<i>b</i>	↓	↓	↓	↑
<i>c</i>	↓	↑	↓	↑

表 2-3 合理的期待均衡モデルにおける価格発見力の比較静学表

	$\alpha \uparrow$	$\sigma_\varepsilon^2 \uparrow$	$\sigma_n^2 \uparrow$	$\sigma_v^2 \uparrow$
<i>D</i>	↓	↓	↓	↓

表 2-4 各種ビッド・アスク・スプレッドの比較について

項目	引用スプレッド	実効スプレッド	実現スプレッド
定義式	$S_{t,Q} = \frac{A_t - B_t}{2}$	$S_{t,E} = \frac{P_t - M_t}{2}$	$S_{t,R} = S_{t,E} + (M_{t+1} - M_t)$
流動性の特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ただちに成り行き注文を 発注した場合に負担する取引コスト ・取引前に計測できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・最良気配以外の約定も含め、 トレーダーが実際に負担した取引コスト ・取引後に計測できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・プライスインパクトも含めて トレーダーが実際に負担した取引コスト ・取引後、数分・時間後に計測できる
必要なデータ	最良気配データ (日次データや高頻度データ)	歩み値を含む取引価格データ (高頻度データ)	タイムスタンプを含む取引価格データ (高頻度データ)



【図 3-1 VPIN の推定手順 (bucket 作成から VPIN 算出まで)】

著者作成：図 3-1 は、bucket サイズが 1,500 で bucket 数が 2 個の場合の VPIN の推定手続きの例を示している。

【表 3-1 記述統計量】

	Observations	Mean	St.Dev	Minimum	25percentile	Median	75percentile	Maximum
Control variables								
Price	7,350	7,603	4,081	142	2,080	5,045	30,780	44,580
Market Capital	7,350	5,986,588,962,874	2,016,853,013,845	1,849,287,410,000	2,974,757,650,000	4,688,631,310,000	18,967,005,390,000	22,521,053,610,000
Volatility	7,350	0.156	0.392	0.005	0.021	0.030	0.389	3.310
TradeSize	7,350	216	43	145	179	198	266	287
Liquidity variables								
Quoted spread	7,350	2.53	1.37	0.20	2.00	2.04	3.10	20.0
Effective spread	7,350	2.62	3.55	0.21	2.13	2.59	4.38	26.51
Price impact	7,350	1.41	1.27	0.08	0.70	1.12	1.76	3.61
Depth_1(Ask)	7,350	172	57	106	139	182	296	373
Depth_1(Bid)	7,350	166	39	117	147	163	291	356
Depth_5(Ask)	7,350	942	253	673	843	931	1,387	2,607
Depth_5(Bid)	7,350	1,056	278	716	825	992	1,505	2,394
Depth_10(Ask)	7,350	1,926	452	1,097	1,636	1,744	3,307	5,026
Depth_10(Bid)	7,350	2,161	497	1,056	1,649	1,861	3,759	4,981
VPIN variables								
VPIN	7,350	0.173	0.152	0.03	0.130	0.163	0.270	0.354

【表 3-2 Quote Spread のパネル分析結果】

Dependent Variables	Quoted Spread
Method	1-way Panel
Sample	TOPIX Core30
ln_Price	0.203*** (3.54)
ln_Market Capital	-0.000914 (-1.67)
Volatility	0.336** (2.38)
TradeSize	-0.0421*** (-8.03)
VPIN	0.577*** (3.92)
Constant	14.477 (1.2)
dummy	yes
Adjusted R-square	0.3542
Number of observations	7,350
Prob F-statistics	0

Note:各説明変数において第1行は回帰係数を、第2行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。

また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

【表 3-3 Effective Spread のパネル分析結果】

Dependent Variables	Effective Spread
Method	1-way Panel
Sample	TOPIX Core30
In_Price	-0.17048*** (-3.19)
In_Market Capital	-0.0000896 (-0.12)
Volatility	0.00156*** (2.99)
TradeSize	-0.000018*** (-13.74)
VPIN	0.02101*** (4.33)
Constant	0.01702 (0.99)
dummy	yes
Adjusted R-square	0.3441
Number of observations	7,350
Prob F-statistics	0

Note:各説明変数において第1行は回帰係数を、第2行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。

また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

【表 3-4 Price Impact のパネル分析結果】

Dependent Variables	Price Impact
Method	1-way Panel
Sample	TOPIX Core30
In_Price	0.000212 (1.25)
In_Market Capital	-0.000299* (-2.05)
Volatility	0.000492 (0.64)
TradeSize	0.00466*** (3.36)
VPIN	0.00217** (2.02)
Constant	-0.013467*** (-4.68)
dummy	yes
Adjusted R-square	0.2496
Number of observations	7,350
Prob F-statistics	0

Note:各説明変数において第1行は回帰係数を、第2行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。

また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

【表 3-5 Depth_1 のパネル分析結果】

Dependent Variables	Depth_1(Ask)	Depth_1(Bid)
Method	1-way Panel	1-way Panel
Sample	TOPIX Core30	TOPIX Core30
In_Price	11.232*** 2.9	19.091*** 2.66
In_Market Capital	0.02** 2.03	0.71* 1.97
Volatility	1.762 0.38	1.310 0.98
TradeSize	-0.609*** -4.22	-0.511*** -2.72
VPIN	2.577***	3.38***
Constant	19.381*** 2.67	20.55*** 2.41
dummy	yes	yes
Adjusted R-square	0.162	0.202
Number of observations	7,350	7,350
Prob F-statistics	0	0

Note:各説明変数において第1行は回帰係数を、第2行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。

また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

【表 3-6 Depth_5 のパネル分析結果】

Dependent Variables	Depth_5(Ask)	Depth_5(Bid)
Method	1-way Panel	1-way Panel
Sample		
In_Price	40.92***	37.61***
	2.55	2.87
In_Market Capital	0.02**	0.66*
	2.09	1.88
Volatility	8.71	1.090
	0.38	0.98
TradeSize	-2.80***	-8.54***
	-3.00	-2.61
VPIN	9.42***	7.43***
	2.61	2.99
Constant	40.32***	35.7***
	2.77	2.59
dummy	yes	yes
Adjusted R-square	0.126	0.118
Number of observations	7,350	7,350
Prob F-statistics	0	0

Note:各説明変数において第1行は回帰係数を、第2行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。

また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

【表 3-7 Depth_10 のパネル分析結果】

Dependent Variables	Depth_10(Ask)	Depth_10(Bid)
Method	1-way Panel	1-way Panel
Sample	TOPIX Core30	TOPIX Core30
In_Price	60.76*** 3.89	36.51*** 3.1
In_Market Capital	0.05* 1.99	0.91*** 2.31
Volatility	7.67 0.91	10.620 1.22
TradeSize	-18.54 -0.61	-21.03** -2.09
VPIN	7.420	-18.69*
Constant	112.5** 2.07	176.38*** 2.39
dummy	yes	yes
Adjusted R-square	0.078	0.093
Number of observations	7,350	7,350
Prob F-statistics	0	0

Note:各説明変数において第1行は回帰係数を、第2行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。

また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

【表 5-1 本研究で用いる変数の一覧】

変数名	概要	定義式
新規上場企業の上場条件に関する変数		
Offer_Price	新規上場企業の公開価格	
Open_Price	新規上場企業の初値	
Initial_Return	新規上場企業の過小値付け・リターン	$(Open_Price - Offer_Price) / Offer_Price$
Provisional_Under	仮条件における公開価格の下限価格	
Provisional_Upper	仮条件における公開価格の上限価格	
Provisional_Spread	仮条件における上限価格と下限価格の幅	$Provisional_Upper(yen) - Provisional_Under(yen)$
Provisional_Spread_Ratio	公開価格に対する仮条件幅の割合	$Provisional_Spread / Offer_Price$
Popular	公開価格が仮条件の上限価格で決定された場合に1をとるダミー変数	
Unpopular	公開価格が仮条件の下限価格で決定された場合に1をとるダミー変数	
Tokyo_1	東証1部に上場した場合に1をとるダミー変数	
Tokyo_2	東証2部に上場した場合に1をとるダミー変数	
Tokyo_Mothers	東証マザーズに上場した場合に1をとるダミー変数	
JASDAQ_Standard	ジャスダック・スタンダードに上場した場合に1をとるダミー変数	
Nagoya_2	名証2部に上場した場合に1をとるダミー変数	
Underwriter_Reputation	主幹事証券会社に野村、大和、日興のいずれかが含まれる場合に1をとるダミー変数	
Over_Allotment_Ratio	売り出し数（公募を含まない）に対するオーバーアロットメント売り出し数の割合	
新規上場企業のファンダメンタルに関する変数		
Total_Asset	新規上場企業の総資産	
Equity_ratio	新規上場企業の自己資本比率	
Sales	新規上場企業の直近1期の売上高	
Dividend_ratio	新規上場企業の直近配当性向	
Finance_Amount	新規上場企業の資金調達額	
MainBank_Reputation	メインバンクがUFJ、SMBC、みずほの場合に1をとるダミー変数	
Share_Venture	ベンチャーキャピタルによる新規上場企業の株式保有割合	
Share_Owner	創業者による新規上場企業の株式保有割合	
新規上場企業の流通市場における流動性に関する変数		
Bid_Ask_Spread	15分間隔で計算された最良売り値と最良買い値の幅を仲値で基準化しサンプル期間で平均したもの	
VPIN	※Easley et al.(2008)(2012)によって提案された非対称情報の推定尺度（本文参照）をサンプル期間で平均したもの	
Price_Impact	15分間隔での仲値の変化その5分の仲値で基準化しサンプル期間で平均したもの	

注：証券会社名および銀行名は、紙面の都合上、会社名を省略し略称を用いている。

表 5-2 2016 年度新規上場企業の業種別分類

業種	社数	割合
サービス業	24	28.90%
情報・通信業	24	28.90%
小売業	8	9.60%
不動産業	5	6.00%
建設業	3	3.60%
卸売業	3	3.60%
その他金融業	3	3.60%
食料品	2	2.40%
証券、商品先物取引業	2	2.40%
繊維製品	1	1.20%
化学	1	1.20%
非鉄金属	1	1.20%
電気機器	1	1.20%
機械	1	1.20%
精密機器	1	1.20%
その他製品	1	1.20%
銀行業	1	1.20%
陸運業	1	1.20%
合計	83	100%



図5-1 2016年度の日経平均株価（左軸 単位：円）と新規上場数（右軸 単位：社）
ディスクロージャー研究会『平成28年版株式公開白書』をもとに著者作成

表 5-3 基本統計量

変数名	サンプル数	平均値	標準偏差	最小値	中央値	最大値
新規上場企業の上場条件に関する変数						
Initial_Return	60	0.806	0.850	-0.075	0.498	3.730
Provisional_Spread_Ratio	60	0.041	0.018	0.010	0.040	0.113
Popular	60	0.93	0.25	0	1	1
Unpopular	60	0.03	0.18	0	0	1
Tokyo_1	60	0.10	0.30	0	0	1
Tokyo_2	60	0.05	0.22	0	0	1
Tokyo_Mothers	60	0.68	0.47	0	1	1
JASDAQ_Standard	60	0.13	0.34	0	0	1
Nagoya_2	60	0.03	0.18	0	0	1
Underwriter_Reputation	60	0.47	0.50	0	0	1
Over_Allotment_Ratio	60	0.132	0.066	0.000	0.130	0.600
新規上場企業のファンダメンタルに関する変数						
Total_Asset	60	19,990,833,333	85,016,514,526	326,000,000	1,692,500,000	646,676,000,000
Equity_ratio	60	0.422	0.219	0.082	0.378	0.872
Sales	60	17,826,783,333	53,486,860,302	599,000,000	2,619,500,000	377,989,000,000
Dividend_ratio	60	0.11	0.37	0	0	2.35
Finance_Amount	60	10,218,328,000	54,045,825,068	30,130,000	996,000,000	416,000,000,000
MainBank_Reputation	60	0.80	0.40	0	1	1
Share_Venture	60	0.11	0.21	0	0	0.98
Share_Owner	60	0.46	0.35	0	0.51	0.98
新規上場企業の流通市場における流動性に関する変数						
Bid_Ask_Spread	60	0.01	0.02	0.00	0.01	0.05
VPIN	60	0.175	0.271	0.112	0.182	0.472
Price_Impact	60	0.03	0.16	0.01	0.04	0.22

表 5-4 相関係数表

	Initial_Return	Provisional_Spread_Ratio	Popular	Unpopular	Tokyo_1	Tokyo_2	Tokyo_Mothers	JASDAQ_Standard	Nagoya_2	Underwriter_Reputation	Over_Allotment_Ratio
Initial_Return	1.00										
Provisional_Spread_Ratio	-0.11	1.00									
Popular	0.27	-0.43	1.00								
Unpopular	-0.19	0.17	-0.69	1.00							
Tokyo_1	-0.29	0.39	-0.58	0.25	1.00						
Tokyo_2	-0.23	-0.07	0.06	-0.04	-0.08	1.00					
Tokyo_Mothers	0.28	-0.10	0.25	-0.07	-0.49	-0.34	1.00				
JASDAQ_Standard	0.11	-0.25	0.10	-0.07	-0.13	-0.09	-0.58	1.00			
Nagoya_2	-0.16	0.18	0.05	-0.03	-0.06	-0.04	-0.27	-0.07	1.00		
Underwriter_Reputation	0.00	-0.12	-0.15	0.20	0.13	-0.06	0.13	-0.17	-0.17	1.00	
Over_Allotment_Ratio	-0.30	0.19	0.01	0.00	-0.12	-0.01	-0.14	-0.02	0.60	-0.11	1.00
Total_Asset	-0.17	0.11	-0.07	0.01	0.56	-0.01	-0.31	-0.07	0.02	0.10	-0.26
Equity_ratio	0.04	-0.17	0.17	-0.11	-0.21	0.15	0.09	-0.14	0.20	0.07	0.01
Sales	-0.24	0.22	-0.22	0.09	0.68	0.10	-0.41	-0.09	-0.02	0.07	-0.24
Dividend_ratio	-0.18	0.34	-0.64	-0.05	0.50	-0.05	-0.31	-0.05	0.12	0.07	0.03
Finance_Amount	-0.14	0.02	-0.04	0.06	0.48	-0.04	-0.23	-0.07	-0.03	0.18	-0.26
MainBank_Reputation	0.14	-0.30	0.03	0.09	-0.25	-0.08	0.20	0.20	-0.37	-0.03	-0.18
Share_Venture	-0.21	0.41	-0.59	0.28	0.52	-0.12	-0.19	-0.07	-0.10	0.11	-0.01
Share_Owner	0.14	-0.28	0.30	-0.16	-0.45	0.03	0.07	0.18	0.19	-0.03	0.20
Bid_Ask_Spread	0.22	0.03	0.03	0.01	0.17	-0.02	0.00	-0.10	0.19	-0.03	-0.22
VPIN	0.27	-0.19	-0.09	-0.04	0.20	0.01	0.11	-0.02	0.11	0.06	0.23
Price_Impact	0.15	0.05	0.04	-0.01	0.08	0.22	-0.04	0.07	-0.01	0.15	0.26

	Total_Asset	Equity_ratio	Sales	Dividend_ratio	Finance_Amount	MainBank_Reputation	Share_Venture	Share_Owner	Bid_Ask_Spread	VPIN	Price_Impact
Initial_Return											
Provisional_Spread_Ratio											
Popular											
Unpopular											
Tokyo_1											
Tokyo_2											
Tokyo_Mothers											
JASDAQ_Standard											
Nagoya_2											
Underwriter_Reputation											
Over_Allotment_Ratio											
Total_Asset	1.00										
Equity_ratio	-0.02	1.00									
Sales	0.96	-0.08	1.00								
Dividend_ratio	0.05	-0.03	0.18	1.00							
Finance_Amount	0.97	0.01	0.89	-0.02	1.00						
MainBank_Reputation	-0.29	0.09	-0.29	-0.25	-0.30	1.00					
Share_Venture	0.04	-0.27	0.10	0.45	0.03	-0.22	1.00				
Share_Owner	-0.24	0.26	-0.27	-0.22	-0.22	0.03	-0.36	1.00			
Bid_Ask_Spread	-0.02	-0.06	-0.24	-0.02	-0.25	0.10	-0.22	-0.19	1.00		
VPIN	-0.14	0.30	-0.16	-0.17	-0.23	0.05	0.29	-0.05	0.31	1.00	
Price_Impact	-0.03	0.03	0.01	-0.07	-0.12	-0.15	-0.20	-0.19	0.27	0.33	1.00

表 5-5 Bid-Ask-Spread を用いた推定結果

Dependent Variables	Initial Return		Initial Return		Initial Return		Initial Return	
Method	OLS		OLS		OLS		OLS	
Sample	Full Sample		Full Sample		Without Large, Financial		Without Large, Financial	
Liquidity(Bid_Ask_Spread)	0.141 (0.33)	0.136 (0.24)	0.207*	0.195 (1.86)				
Provisional_Spread_Ratio		-6.477 (-0.69)		-5.17 (-1.02)				
Popular	0.314 (0.36)	0.305 (0.31)	0.379*	0.492*				
Unpopular	-0.294 (-0.32)	-0.459 (0.16)	-0.304 (-0.72)	-0.489 (-0.52)				
Underwriter_Reputation	0.038 (0.16)	0.032 (0.12)	0.027 (0.86)	0.025 (0.72)				
Over_Allotment_Ratio	-0.337 (-0.15)	-0.094 (-0.03)	-0.357*	-0.204 (-1.54)				
Total_Asset		0.000 (-0.41)		0.000 (-0.88)				
Equity_Ratio		0.155 (0.24)		0.161 (1.14)				
Sales		0.000 (-0.43)		0.000 (-1.37)				
Dividend_ratio		0.321 (0.25)		0.201 (1.02)				
Finance_Amount	0.000 (-0.55)	0.000 (-0.36)	0.000 (-1.84)	0.000 (-1.76)				
MainBank_Reputation	-0.122 (-0.36)	-0.110 (-0.24)	-0.152 (-0.95)	-0.139 (-0.92)				
Share_Venture_Capital	-0.467 (-0.62)	-0.610 (-0.63)	-0.517 (-1.72)	-0.624 (-1.73)				
Share_Owner	0.040 (0.11)	0.098 (0.23)	0.060 (0.66)	0.091 (0.74)				
Constant	0.374 (0.42)	0.521 (0.15)	0.623 (1.82)	0.503 (1.75)				
Market Dummy (Tokyo1, 2, Mothers, JASDAQ, Nagoya2)	Yes	Yes	Yes	Yes				
Adjusted R-square	0.216	0.182	0.256	0.237				
Number of observations	60	60	48	48				
Prob F-statistics	0.040	0.054	0.025	0.028				

注：各変数において第1行は回帰係数を第2行は頑健標準誤差を用いたt-統計量を示している。

表 5-6 VPIN を用いた推定結果

Dependent Variables		Initial Return	Initial Return	Initial Return	Initial Return
Method		OLS	OLS	OLS	OLS
Sample		Full Sample	Full Sample	Without Large, Financial	Without Large, Financial
Liquidity(VPIN)	✓	0.161	0.143	0.199*	0.187
	✓	(0.45)	(0.36)	(2.01)	(1.68)
Provisional_Spread_Ratio			-5.643		-5.204
			(-0.59)		(-1.05)
Popular	✓	0.397	0.329	0.384*	0.402*
		(0.38)	(0.36)	(1.99)	(1.99)
Unpopular		-0.253	-0.441	-0.324	-0.451
		(-0.28)	(-0.20)	(-0.72)	(-0.51)
Underwriter_Reputation	✓	0.026	0.040	0.029	0.026
		(0.14)	(0.18)	(0.85)	(0.70)
Over_Allotment_Ratio		-0.354	-0.104	-0.369*	-0.212
		(-0.12)	(-0.20)	(-2.04)	(-1.53)
Total_Asset			0.000		0.000
			(0.41)		(0.90)
Equity_Ratio			0.158		0.157
			(0.32)		(1.16)
Sales			0.000		0.000
			(-0.49)		(-1.40)
Dividend_ratio			0.316		0.256
			(0.23)		(1.03)
Finance_Amount		0.000	0.000	0.000	0.000
		(-0.51)	(-0.35)	(-1.78)	(-1.67)
MainBank_Reputation		-0.166	-0.113	-0.151	-0.141
		(-0.31)	(-0.22)	(-0.93)	(-0.99)
Share_Venture_Capital		-0.448	-0.587	-0.522	-0.625
		(-0.59)	(-0.53)	(-1.82)	(-1.77)
Share_Owner	✓	0.039	0.098	0.060	0.104
		(0.18)	(0.21)	(0.62)	(0.75)
Constant	✓	0.325	0.486	0.543	0.487
		(0.46)	(0.32)	(1.86)	(1.73)
Market Dummy (Tokyo1, 2, Mothers, JASDAQ, Nagoya2)		Yes	Yes	Yes	Yes
Adjusted R-square		0.176	0.162	0.238	0.231
Number of observations		60	60	48	48
Prob F-statistics		0.040	0.046	0.025	0.027

注：各変数において第1行は回帰係数を第2行は頑健標準誤差を用いたt-統計量を示している。

表 5-7 Price Impact を用いた推定結果

Dependent Variables	Initial Return		Initial Return		Initial Return		Initial Return	
Method	OLS		OLS		OLS		OLS	
Sample	Full Sample		Full Sample		Without Large, Financial		Without Large, Financial	
Liquidity(Price_Impact)	0.082 (0.53)	0.073 (0.49)	0.105 (1.54)	0.094 (1.52)				
Provisional_Spread_Ratio								
Popular	0.402 (0.56)	0.362 (0.34)	0.391* (1.98)	0.418* (2.00)				
Unpopular	-0.287 (-0.31)	-0.471 (-0.18)	-0.320 (-0.73)	-0.487 (-0.49)				
Underwriter_Reputation	0.029 (0.15)	0.037 (0.11)	0.025 (0.82)	0.028 (0.67)				
Over_Allotment_Ratio	-0.348 (-0.16)	-0.098 (-0.19)	-0.349* (-2.02)	-0.196 (-1.75)				
Total_Asset		0.000 (0.38)		0.000 (0.85)				
Equity_Ratio		0.147 (0.78)		0.152 (1.04)				
Sales		0.000 (-0.59)		0.000 (-0.97)				
Dividend_ratio		0.116 (0.16)		0.204 (0.83)				
Finance_Amount	0.000 (-0.52)	0.000 (-0.44)	0.000 (-1.48)	0.000 (-1.36)				
MainBank_Reputation	-0.157 (-0.29)	-0.121 (-0.19)	-0.149 (-0.90)	-0.145 (-1.01)				
Share_Venture_Capital	-0.465 (-0.48)	-0.562 (-0.88)	-0.489 (-1.65)	-0.513 (-1.67)				
Share_Owner	0.042 (0.15)	0.052 (0.32)	0.087 (0.60)	0.075 (0.64)				
Constant	0.359 (0.68)	0.466 (0.82)	0.462 (1.30)	0.438 (1.18)				
Market Dummy (Tokyo1, 2, Mothers, JASDAQ, Nagoya2)	Yes	Yes	Yes	Yes				
Adjusted R-square	0.132	0.112	0.198	0.175				
Number of observations	60	60	48	48				
Prob F-statistics	0.043	0.050	0.033	0.035				

注：各変数において第1行は回帰係数を第2行は頑健標準誤差を用いたt-統計量を示している。

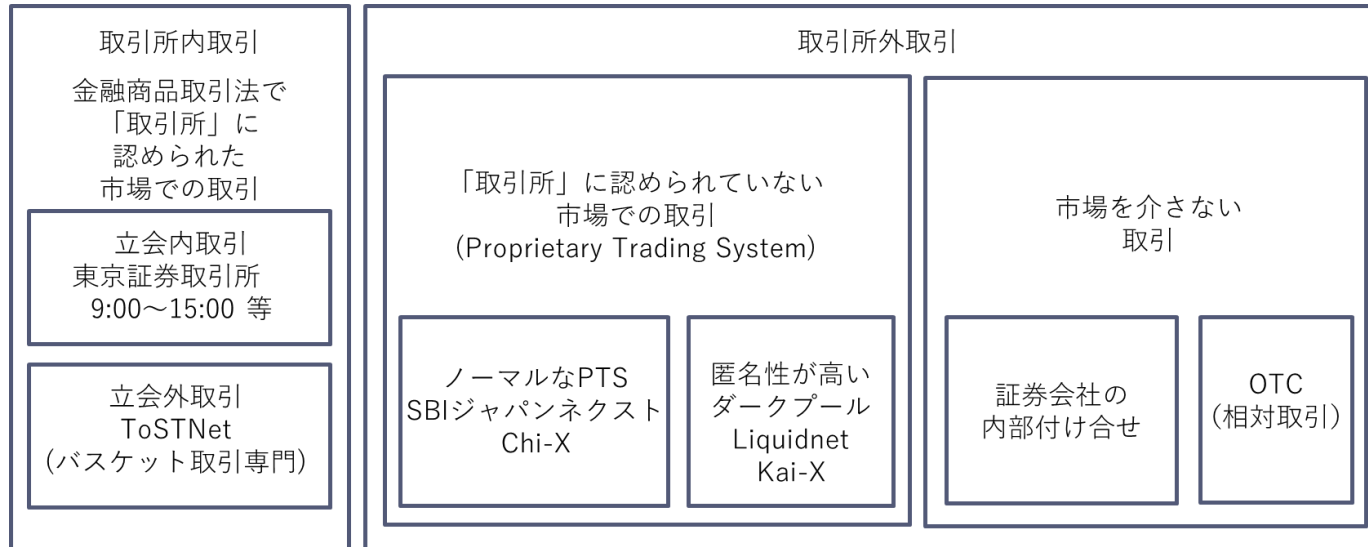


図6-1 日本における株式市場の取引環境

筆者作成

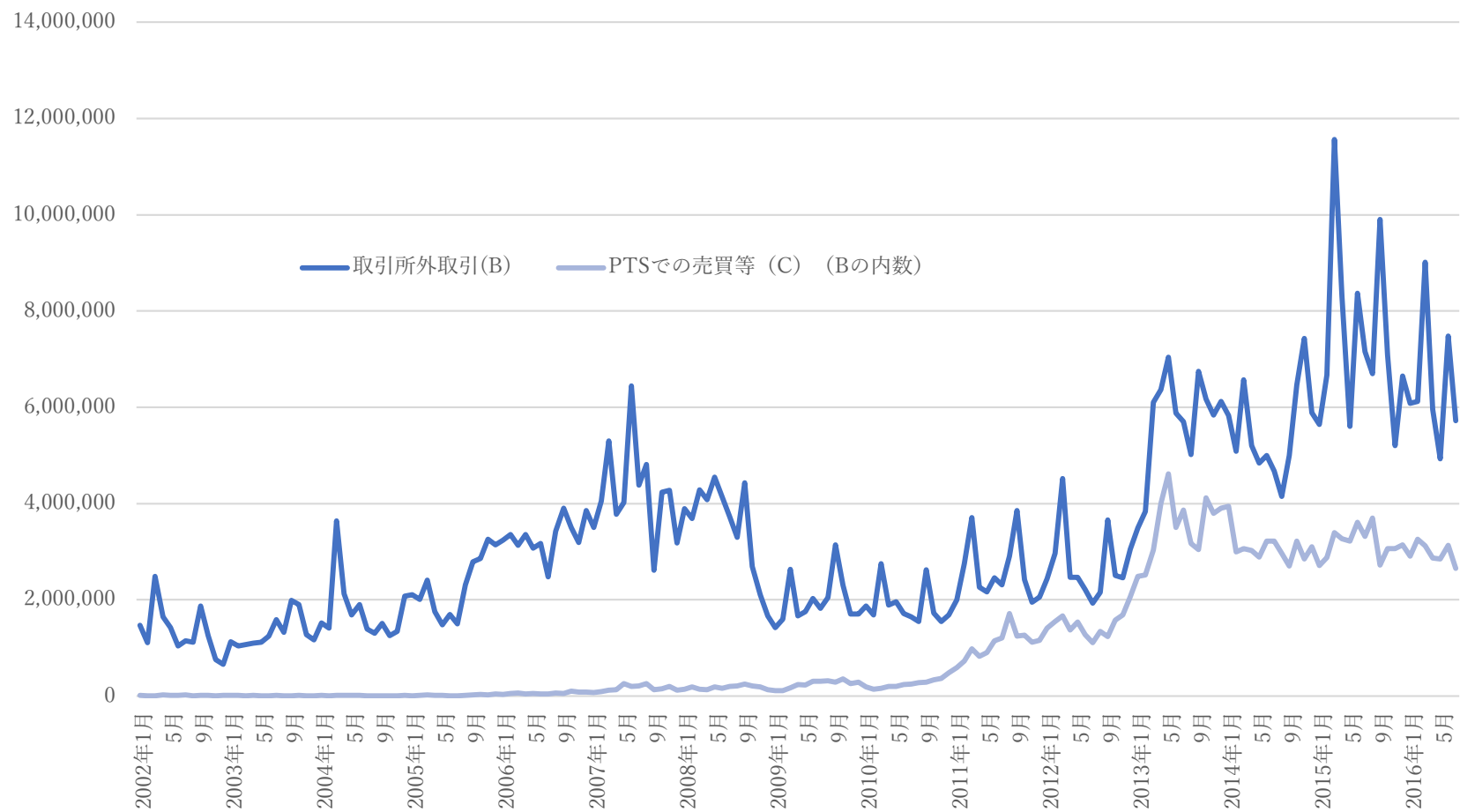


図6-2 取引所外取引およびPTS取引の出来高の推移(百万円)

※日本証券業協会 取引所金融商品市場外売買等 月次相場表のデータより著者作成

表6-1 本研究と先行研究の関係性

著者・発行年	本研究 (松本(2017))	宇野(2012)	O'Hara and Ye(2011)	Degryse et al.(2014)	Gresse(2017)
対象市場	日本 (東証+その他市場)	日本 (東証+PTS各社)	米国 (NYSE+NASDAQ+その他市場)	欧州 (EURONEXT+その他市場)	欧州 (LSE+EURONEXT+その他市場)
データの種類	デイリーデータ	ティックデータ	ティックデータ	ティックデータ	ティックデータ
分析手法	パネル分析	DD分析	ヘーキットモデル・マッチング分析	2段階回帰モデル	2段階回帰モデル
流動性指標	Quote Spread (引用スプレッド) Relative Spread (相対スプレッド) Price Impact (Amihudのプライスインプクト) Turnover(出来高)	Quote Spread (引用スプレッド) Depth (最良気配における板の厚み)	Quote Spread (引用スプレッド) Relative Spread (相対スプレッド) Effective Spread (実効スプレッド) Realized Spread (実現スプレッド) Execution Speed (約定スピード)	Effective Spread (実効スプレッド) Depth(板の厚み)	Quote Spread (引用スプレッド) Effective Spread (実効スプレッド) Depth (最良気配における板の厚み)
説明変数	Price (終値) Market Capital (時価総額) Volatility (ボラティリティ) Tick Size Ratio (呼価格差率) PTS share (PTSシェア)	Turnover (出来高) Tick Size Ratio (呼価格差率) PTS share (PTSシェア) 価格変動性 日経平均採用ダミー 銘柄ダミー	Price (終値) Market Capital (時価総額) Volatility (ボラティリティ) Trade Size (注文サイズ) PTS share (PTSシェア)	Price (終値) Market Capital (時価総額) Volatility (ボラティリティ) Trade Size (注文サイズ) PTS share (PTSシェア)	Trading Volume (トレード量) Trade Size (注文サイズ) Market Competition Intensity (競争指標) Tick Size (呼値) Price (終値) Volatility (ボラティリティ) Fragmentation Dummy (フラグメンテーションダミー) など
研究の主な結果	日本の株式市場におけるフラグメンテーションは、一部を除き東証の流動性を向上させている。また、最適なフラグメンテーション比率はおよそ30-65%と推定された。	特徴のよく似た銘柄ペアを比較した際に、PTSシェアが大きな銘柄は板の厚みが有意に大きいことが示された。一方で、PTSシェアが大きい銘柄でビッドアスクスプレッドが大きいことも示されている。	米国における株式市場のフラグメンテーションは、各スプレッドを有意に低下させるとともに、約定スピードを上昇させている。したがって、「市場の質」の向上に寄与している。このことは、同様の特徴をもった銘柄どうしをマッチングさせた推定からも頑健に推定される。	欧州の一部の市場(EURONEXT)を対象とした分析の結果、フラグメンテーションが特に板の厚みの向上に貢献していることが明らかとなった。一方で、過剰なフラグメンテーションが起こるとスプレッドは大きくなることがわかり、市場分断のマイナスの効果が表れることも指摘された。	各スプレッドはフラグメンテーションにより縮小する。このことは、特に大型株や電子的な取引がされていない株で顕著であった。しかしながら、小型株ではフラグメンテーションが板の厚みを低下させていることも確認された。

表6-2 流動性指標と説明変数、PTSシェアに関する記述統計量

	Number of observation (観測数)	Mean (平均)	St.Dev (標準偏差)	Minimum (最小値)	25percentile (第一四分位)	Median (中央値)	75percentile (第三四分位)	Maximum (最大値)
Independent variables (説明変数)								
Price (終値) 円	10,575	2,242	3,335	56	558	1,325	2,765	41,730
Market Capital (時価総額) 円	10,575	1,362,588,962,874	2,069,656,645,487	32,343,410,000	331,607,440,000	688,631,310,000	1,567,005,390,000	22,521,053,610,000
Volatility (ボラティリティ)	10,575	0.15866	0.40212	0.00639	0.01972	0.02971	0.11490	3.31037
Tick Size Ratio (呼価格差率)	10,575	0.00143	0.00140	0.00017	0.00063	0.00110	0.00169	0.01607
Liquidity variables (流動性に関する変数)								
Quoted spread(引用スプレッド) 円	10,575	3.271	4.899	0.1	1	2	3	120
Relative spread (相対スプレッド) %	10,575	0.002057	0.001840	0.000124	0.000999	0.001468	0.002469	0.034483
Price impact (Amihudのプライスインプクト) 円	10,575	0.0000391777	0.0001098825	0.0000000089	0.0000028749	0.0000100618	0.0000329039	0.0023560876
Turnover (出来高) 枚	10,575	6,053,273	18,618,542	138,700	1,178,500	2,475,000	5,467,800	511,667,800
PTS activity variables(PTSの規模に関する変数)								
PTS share volume (数量ベースのPTSシェア) %	10,575	0.1432	0.1564	0.0017	0.0485	0.0898	0.1633	0.9127
PTS share value(金額ベースのPTSシェア) %	10,575	0.1432	0.1564	0.0017	0.0485	0.0898	0.1635	0.9126

表6-2 説明変数の相関係数行列

	Price (終値)	Market Capital (時価総額)	Volatility (ボラティリティ)	Tick size Ratio (呼値格差率)	PTS Share (PTSシェア)
Price (終値)	1				
Market Capital (時価総額)	0.322	1			
Volatility (ボラティリティ)	0.185	0.038	1		
Tick size Ratio (呼値格差率)	-0.195	-0.119	0.092	1	
PTS Share (PTSシェア)	0.014	-0.029	0.124	0.061	1

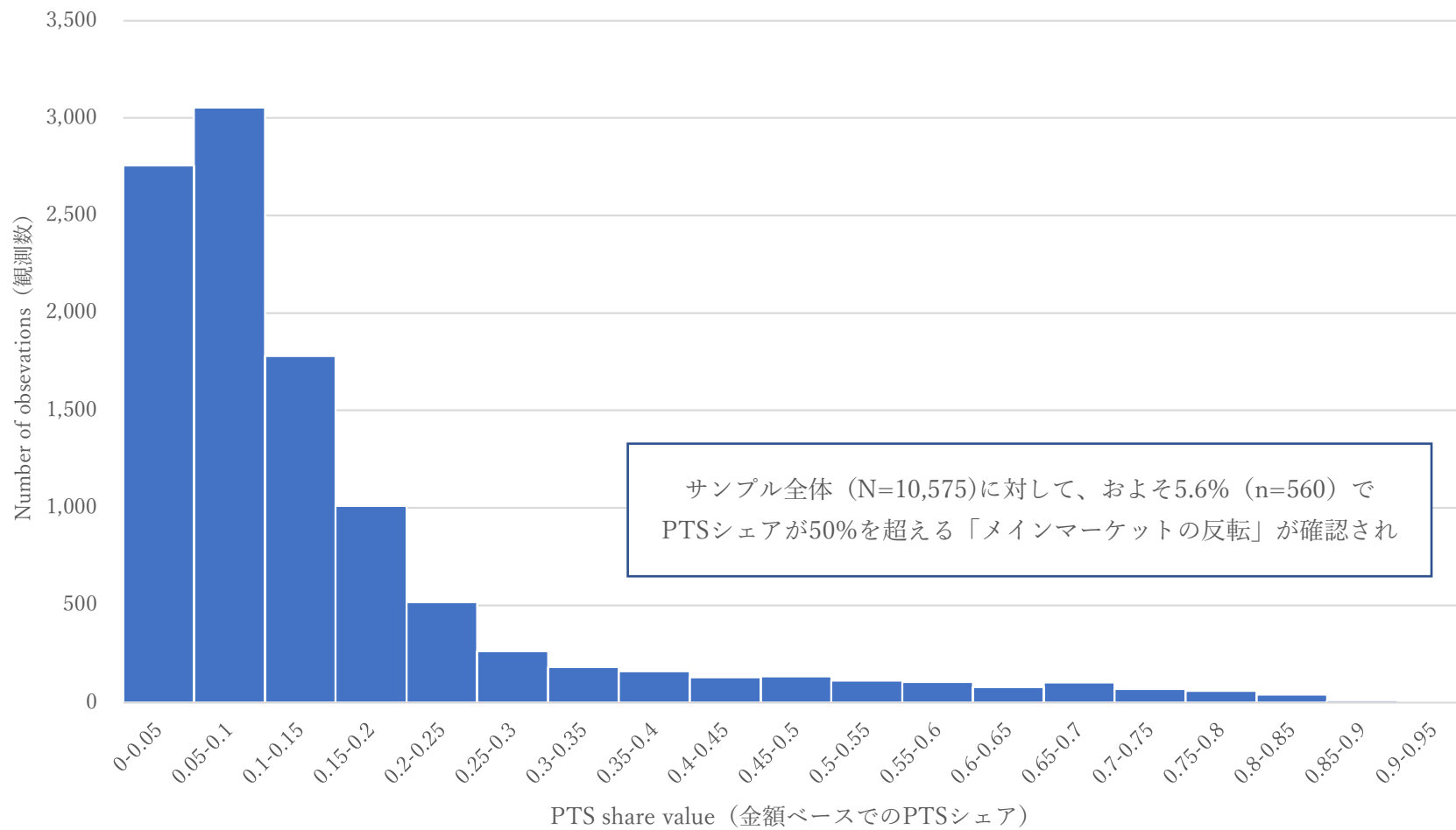


図6-3 フラグメンテーション比率 (PTSシェア) のヒストグラム
 ※日本証券業協会 取引所金融商品市場外売買等 月次相場表のデータより著者作成

表6-4 パネル分析の結果（フルサンプルと「メインマーケットの反転」サンプル）

Method (推定方法)		Fixed Effect Panel Regression (固定効果によるパネル分析) と標準的な回帰分析															
Dependent Variable (被説明変数)	Quoted Spread (引用スプレッド)				Relative Spread (相対スプレッド)				Price Impact (Amihudのプライスインプクト)				Turnover (出来高)				
	(2)		(2)		(3)		(3)		(4)		(4)		(5)		(5)		
Sample (サンプル)	all (すべて)		PTS share ≧ 50%		all (すべて)		PTS share ≧ 50%		all (すべて)		PTS share ≧ 50%		all (すべて)		PTS share ≧ 50%		
In_Price (終値)	2.072*** (3.66)	2.059*** (3.64)	2.812*** (3.69)	2.780*** (3.66)	-0.00169*** (-3.18)	-0.00167*** (-3.19)	-0.00152*** (-3.29)	-0.00153*** (-3.32)	0.0000459*** (3.02)	0.0000459*** (3.02)	0.0000456*** (4.72)	0.0000467*** (4.67)	-4294077*** (-3.32)	-4319759*** (-3.34)	-1775549*** (-5.30)	-1807109*** (-5.43)	
In_Market Capital (時価総額)	-0.7408 (-1.37)	-0.9396 (-1.73)	-5.198 (-1.56)	-5.422 (-1.60)	-0.0000988 (-0.01)	-0.0000987 (-0.14)	0.000968 (0.77)	0.000819 (0.65)	-0.0000475*** (-3.23)	-0.000047*** (-3.23)	-0.0000185 (-0.57)	-0.00000107 (-0.03)	19400000*** (3.31)	19000000*** (3.28)	2680671 (1.72)	2170612 (1.38)	
Volatility (ボラティリティ)	0.2817 (1.88)	0.331* (2.30)	1.663* (2.19)	1.656* (2.18)	0.000133*** (2.53)	0.000154*** (2.93)	0.00027*** (3.39)	0.000265*** (3.26)	0.00000847*** (-2.95)	0.00000832*** (2.80)	0.0000117** (2.24)	0.0000122** (2.16)	513535.7* (2.06)	610235.2** (-2.32)	188441.2*** (3.43)	173147.5*** (3.10)	
Tick size Ratio (呼値格差率)	-0.040*** (-8.09)	-0.042*** (-8.03)	-0.1524*** (-4.65)	-0.153*** (-4.66)	-0.000017*** (-13.66)	-0.0000178*** (-13.72)	-0.0000467 (-8.78)	-0.0000473*** (-8.82)	0.000000425*** (5.78)	0.00000043*** (5.59)	0.000000438 (0.97)	0.000000504 (1.21)	151717.1*** (3.61)	148419.2*** (-3.6)	27081.78*** (2.63)	25153.28*** (2.41)	
PTS share (PTSシェア)		-1.078*** (-5.41)		-0.6033 (-0.75)		-0.000481*** (-8.84)		-0.0003973 (-1.43)		0.00000313 (0.73)		0.0000469** (2.55)		-2137991*** (-4.17)		-1369250*** (-4.11)	
Constant (定数)	9.1669 (0.77)	14.8534 (1.23)	125.969 (1.41)	132.6008 (1.45)	0.0146237 (0.85)	0.01716 (1.00)	-0.0128511 (-0.4)	-0.0084836 (-0.26)	0.00100*** (-3.03)	0.00098*** (3.04)	0.0002186 (0.26)	-0.0002966 (-0.36)	-495000000*** (-3.12)	-484000000*** (-3.09)	-58000000 (-1.40)	-42900000 (-1.02)	
Adjusted R-square (補正済み決定係数)	0.389	0.356	0.006	0.004	0.337	0.347	0.168	0.216	0.127	0.131	0.304	0.287	0.062	0.063	0.226	0.287	
Number of observations (観測数)	10,575	10,575	590	590	10,575	10,575	590	590	10,575	10,575	590	590	10,575	10,575	590	590	
Prob F-statistics (F統計量)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Note:各説明変数において第一行は回帰係数を、第二行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

表6-5 最適なフラグメンテーション比率の推定（二乗項を用いた推定の結果）

Method (推定方法)	Fixed Effect Panel Regression (固定効果によるパネル分析)			
Dependent Variable (被説明変数)	Quoted Spread (引用スプレッド)	Relative Spread (相対スプレッド)	Price Impact (Amihudのプライスインプクト)	Turnover (出来高)
	(2)	(3)	(4)	(5)
Sample (サンプル)	all (すべて)	all (すべて)	all (すべて)	all (すべて)
In_Price (終値)	2.031882*** (3.54)	-0.0017048*** (-3.19)	2.12E-08 (1.05)	-4536139*** (-3.49)
In_Market Capital (時価総額)	-0.9144239 (-1.67)	-0.0000896 (-0.12)	-0.0000000000000000299*	19200000*** (3.29)
Volatility (ボラティリティ)	0.3366469** (2.38)	0.0001565*** (2.99)	0.00000492 (0.64)	659735.1** (2.36)
Tick size Ratio (呼値格差率)	-0.0421321*** (-8.03)	-0.000018*** (-13.74)	0.000000466*** (6.56)	144248.6*** (3.66)
PTS share (PTSシェア)	-2.577355*** (-3.92)	-0.0010195*** (-4.33)	-0.0000217** (2.02)	-14300000** (-2.49)
PTS share (PTSシェア) ^2	2.230976*** (2.66)	0.0008007** (2.55)	0.0000375** (2.01)	18100000*** (2.3)
Constant (定数)	14.47719 (1.2)	0.0170278 (0.99)	-0.0013467*** (-4.68)	-487000000*** (-3.1)
Adjusted R-square (補正済み決定係数)	0.354	0.344	0.520	0.065
Number of observations (観測数)	10575	10575	10575	10575
Prob F-statistics (F統計量)	0.00	0.00	0.00	0.00
最適フラグメンテーション比率	57.8%	63.7%	28.9%	0.0%

Note:各説明変数において第一行は回帰係数を、第二行括弧内はロバスト標準誤差を用いたt値を示している。また、t値において***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%水準で統計的に有意であることを示している。

参考文献一覧

宇野淳 (2012)「日本株取引の市場間競争」 『証券市場のグランドデザイン 日本の株式市場はどこに向かうのか』 宇野淳, 大崎貞和編著, 早稲田大学ファイナンス研究センター編 (第 8 章所収), 中央経済社, pp.134-153.

大墳剛士 (2014)「米国市場の複雑性と HFT を巡る議論」, *JPX* ワーキング・ペーパー特別レポート.

黒崎哲夫, 熊野雄介, 岡部恒多, 長野哲平 (2015)「国債市場の流動性: 取引データによる検証」, *日本銀行ワーキングペーパーシリーズ*, No.15-J-2.

公益財団法人日本証券経済研究所 (2016) 『図説 アメリカの証券市場 2016 年版』, 奥村印刷.

鈴木健嗣 (2017)「第 11 章 新規株式公開」『日本のエクイティ・ファイナンス』(第 11 章所収), 中央経済社, pp.285-324.

竹原均 (2011)「流動性と株式リターン」『株式市場の流動性と投資家行動 マーケット・マイクロストラクチャー理論と実証』 太田亘・宇野淳・竹原均著, 早稲田大学大学院ファイナンス研究編 (第 8 章所収), 中央経済社, pp.193-232.

ディスクロージャー実務研究会(2017) 『平成 28 年版株式公開白書』, プロネクサス.

日経メディアマーケティング株式会社 『日経 NEEDS Financial Quest Tick データ複数気配版』.

日本証券業協会 取引所金融商品市場外売買等,
(<http://www.jsda.or.jp/shiryo/toukei/jyougai2/index.html>), 2019 年 10 月 30 日閲覧.

日本証券業協会 JSDA Off-Exchange Information Network,
(<http://info.offexchange2.jp/offexchange/>), 2019 年 10 月 30 日閲覧.

松本宗谷 (2017)「日本株式市場のフラグメンテーションと東証へのインパクト分析」, 『同志社大学大学院商学論集』, 第 53 巻, 第 1 号, pp.63-86.

- 松本宗谷 (2018) 「日本株式市場における情報の非対称性と市場流動性—TOPIXCore30 を対象とした VPIN,流動性分析—」, 『同志社大学大学院商学論集』, 第 53 卷, 第 1 号, pp.1-27.
- 松本宗谷 (2019) 「新規上場市場における公開価格の過小値付け問題と市場流動性」, 『同志社大学大学院商学論集』, 第 53 卷, 第 2 号, pp.91-123.
- 山分佐知子 (2003) 「日本における株式新規公開に関する実証分析」, 『現代ファイナンス』 (日本ファイナンス学会), No.14, pp.47-78.
- 脇屋勝, 大屋幸輔 (2016) 「VPIN を用いた短期的な市場変動予測—日経 225 先物及び日経 mini を用いた実証分析—」 『JPX ワーキング・ペーパー』 (株式会社日本取引所グループ), Vol.11.
- Abad, D., and Yagüe, J. (2012) “From PIN to VPIN: An introduction to order flow toxicity,” *Spanish Review of Financial Economics*, Vol.10, No.2, pp.74-83
- Acharya, V. V., and Pedersen, L. H. (2005) “Asset pricing with liquidity risk,” *Journal of Financial Economics*, Vol.77, No.2, pp.375-410.
- Aggarwal, R. (2000) “Stabilization Activities by Underwriters after Initial Public Offerings,” *Journal of Finance*, Vol.55, No.3, pp.1075-1103.
- Amihud, Y., and Mendelson, H. (1986) “Asset pricing and the bid-ask spread,” *Journal of Financial Economics*, Vol.17, No.2, pp.223-249.
- Amihud, Y. (2002) “Illiquidity and Stock Returns: Cross-section and Time-series Effects,” *Journal of Financial Markets*, Vol.5, No.1, pp.31-56.
- Back, K., Crotty, K., and Li, T. (2017) “Identifying Information Asymmetry in Securities Markets,” *Review of Financial Studies*, Vol.31, No.6, pp.2277–2325.
- Baron, D. P. (1982) “A Model of the Demand for Investment Banking Advising and Distribution Services for New Issues,” *Journal of Finance*, Vol.37, No.4, pp.955-976.

- Battalio, R. H. (1997) "Third Market Broker-Dealers: Cost Competitors or Cream Skimmers?," *Journal of Finance*, Vol.52, No.1, pp.341-352.
- Benveniste, L. M., Busaba, W., and Wilhelm, J. W. (1996) "Price Stabilization as Bonding Mechanism in New Equity Issues," *Journal of Financial Economics*, Vol.42, No.2, pp.223-255.
- Benveniste, L. M., and Spindt, P. A. (1989) "How investment bankers determine the offer price and allocation of new issues," *Journal of Financial Economics*, Vol.24, No.2, pp. 343-361.
- Bessembinder, H., and Kaufman, H. M. (1997) "A cross-exchange comparison of execution costs and information flow for NYSE-listed stocks," *Journal of Financial Economics*, Vol.46, No.3, pp.293-319.
- Boehmer, B., and Boehmer, E. (2003) "Trading your neighbor's ETFs: Competition or fragmentation?," *Journal of Banking & Finance*, Vol.27, No., pp.1667-1702.
- Breon-Drish, B. (2015) "On Existence and Uniqueness of Equilibrium in a Class of Noisy Rational Expectations Models," *Review of Economic Studies*, Vol.82, No.3, pp.868-921.
- Butler, A. W., Grullon, G., and Weston, J. P. (2005) "Stock Market Liquidity and the Cost of Issuing Equity," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol.40, No.2, pp. 331-348.
- Caballe, J., and Krishnan, M. (1994) "Imperfect Competition in a Multi-Security Market with Risk Neutrality," *Econometrica*, Vol.62, No.3, pp.695-704.
- Cater, R., and S., Manaster. (1990) "Initial public offerings and underwriter reputation," *Journal of Finance*, Vol.45, No.4, pp.1045-1067.
- Chakrabarty, B., Pascual, R., and Shkilko, A. (2015) "Evaluating trade classification algorithms: Bulk volume classification versus the tick rule and the Lee-Ready algorithm," *Journal of Financial Markets*, Vol.25, pp.52-75.
- Corwin, S. A., Harris, J. F., and Lipson, M. L. (2004) "The Development of Secondary Market Liquidity for NYSE - Listed IPOs," *Journal of Finance*, Vol.59, No.5, pp.2339-

2374.

- Chowdry, B., and Nanda, V. (1996) "Stabilization, Syndication and Pricing of IPOs," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol.31, No.1, pp.25-42.
- Dávila, E., and Parlato, C. (2019) "Trading Costs and Informational Efficiency," *NBER Working Paper No. 25662*.
- Degryse, H., DeJong, F., and Kervel, V. V. (2014) "The Impact of Dark Trading and Visible Fragmentation on Market Quality," *Review of Finance*, Vol.19, No.4, pp.1587-1622.
- Duarte, J., and Young, L. (2009) "Why is PIN priced?," *Journal of Financial Economics*, Vol.91, No.2, pp.119-138.
- Easley, D., Engle, R. F., O'Hara, M., and Wu, L. (2008) "Time-varying Arrival Rates of Informed and Uninformed Traders," *Journal of Financial Econometrics*, Vol.6, No.17, pp.171-207.
- Easley, D., Hvidkjaer, S., and O'Hara, M. (2002) "Is information risk a determinant of asset returns?," *Journal of Finance*, Vol.57, No.5, pp.2185-2221.
- Easley, D., Kiefer, N.M., O'Hara, M. (1997) "One Day in the Life of a Very Common Stock," *Review of Financial Studies*, Vol.10, No.3, pp.805-835.
- Easley, D., Kiefer, N.M., O'Hara, M., and Paperman, J. (1996) "Liquidity, Information, and Infrequently Traded Stocks," *Journal of Finance*, Vol.5, No.1, pp.1405-1436.
- Easley, D., López de Prado, M., and O'Hara, M. (2011) "The Microstructure of the Flash Crash: Row Toxicity, Liquidity Crashes, and the Probability of Informed Trading," *Journal of Portfolio Management*, Vol.37, No.2, pp.118-128.
- Easley, D., López de Prado, M., and O'Hara, M. (2012) "Flow toxicity and liquidity in a high frequency world," *Review of Financial Studies*, Vol.25, No.5, pp.1457-1493.
- Easley, D., and O'Hara, M. (1987) "Price, Trade Size, and Information in the Securities Markets," *Journal of Financial Economics*, Vol.19, No.1, pp.69-90.

- Easley, D., and O'Hara, M. (2002) "Information and the Cost of Capital," *Journal of Finance*, Vol.59, No.4, pp.1553-1583.
- Easley, D., O'Hara, M., and Srinivas, P. S. (1998) "Option Volume and Stock Prices: Evidence on Where Informed Traders Trade," *Journal of Finance*, Vol.53, No.2, pp.431-465.
- Ellis, K., Michael, R., and O'Hara, M. (2000) "When the Underwriter Is the Market Maker: An Examination of Trading in the IPO Aftermarket," *Journal of Finance*, Vol.55, No.3, pp.1039-1074.
- Ellul, K., and Pagano, M. (2006) "Underpricing and Aftermarket Liquidity," *Journal of Finance*, Vol.5, No.3, pp.10-11.
- Fama, F. E. (1970) "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work," *Journal of Finance*, Vol.25, No.2, pp.383-417.
- Fishe, R. (2002) "How Stock Flippers Affect IPO Pricing and Stabilization," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol.37, No.2, pp.319-340.
- Fjesme, S. L. (2016) "Initial Public Offering Allocations, Price Support, and Secondary Investors," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 51, No. 5, pp.1663-1688..
- Fong, K., Madhavan, A., and Swan, P. L. (2001) "Why do Markets Fragment? A Panel-Data Analysis of Off-Exchange Trading," *School of Business, University of Sydney, Working Paper*.
- Foucault, T., and Menkveld, A. J. (2008) "Competition for Order Flow and Smart Order Routing Systems," *Journal of Finance*, Vol.63, No.1, pp.119-158.
- Foucault, T., Pagano, M., and Roell, A. (2013) *Market Liquidity Theory, Evidence, and Policy*, Oxford University Press.
- Glosten, L. R., and Harris, L. E. (1988) "Estimating the Components of the Bid/Ask Spread," *Journal of Financial Economics*, Vol.21, No.1, pp.123-142.

- Glosten, L. R., and Milgrom, P. R. (1985) "Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders," *Journal of Financial Economics*, Vol.14, No.1, pp.71-100.
- Gresse, C. (2017) "Effects of lit and dark market fragmentation on liquidity," *Journal of Financial Markets*, Vol.35, pp.1-20.
- Grossman, S. (1976) "On the Efficiency of Competitive Stock Markets Where Trades Have Diverse Information," *Journal of Finance*, Vol.31, No.2, pp.573-585.
- Grossman, S., and Stiglitz, J. E. (1980) "On the Impossibility of Informationally Efficient Markets," *American Economic Review*, Vol.70, No.3, pp.393-408.
- Hahn, T., Ligonb, J. A., and Rhodes, H. (2013) "Liquidity and initial public offering underpricing," *Journal of Banking & Finance*, Vol.37, No.12, pp.4973-4988.
- Hasbrouck, J. (1991) "Measuring the Information Content of Stock Trades," *Journal of Finance*, Vol.46, No.1, pp.179-208.
- Hasbrouck, J. (1995) "One Security, Many Markets: Determining the Contributions to Price Discovery," *Journal of Finance*, Vol.50, No.4, pp.1175-1199.
- Hasbrouck, J. (2007) *Empirical Market Microstructure The Institutions, Economics, and Econometrics of Securities Trading*, Oxford University Press.
- Helliwig, M. F. (1980) "On the aggregation of information in competitive markets," *Journal of Economic Theory*, Vol.22, No.3, pp.477-498.
- Ho, T., and Stoll, H. R. (1981) "Optimal Dealer Pricing under Transactions and Return Uncertainty," *Journal of Financial Economics*, Vol.9, No.1, pp.47-73.
- Holden, C. W., and Subrahmanyam, A. (1992) "Long-Lived Private Information and Imperfect Competition," *Journal of Finance*, Vol.47, No.1, pp.247-270.
- Katti, S. K. (1960) "Moments of the Absolute Difference and Absolute Deviation of Discrete Distributions," *Annals of Mathematical Statistics*, Vol.31, No.1, pp.78-85.

- Katti, S., and Phani, B. V. (2016) "Underpricing of Initial Public Offerings: A Literature Review," *Universal Journal of Accounting and Finance*, Vol.4, No.2, pp.35-52.
- Kubota, K., and Takehara, H. (2015) *Reform and Price Discovery at the Tokyo Stock Exchange*, Palgrave Macmillan.
- Kyle, A. S. (1985) "Continuous Auctions and Insider Trading," *Econometrica*, Vol.53, No.6, pp.1315-1335.
- Lambert N. S., Ostrovsky, M., and Panov, M. (2018) "Strategic Trading in Informationally Complex Environments," *Econometrica*, Vol.86, No.4, pp.1119-1157,
- Lee, M. C., and Ready, M. J. (1991) "Inferring Trade Direction from Intraday Data," *Journal of Finance*, Vol. 46, No. 2, pp.733-746.
- Li, M., McInish, T. H., and Wongchoti, U. (2005) "Asymmetric information in the IPO aftermarket," *Financial Review*, Vol.40, No.2, pp.131-153.
- Liang, S. X. and Wei, J. K. C. (2012) "Liquidity risk and stock returns around the world," *Journal of Banking & Finance*, Vol.36, No.12, pp.3274-3288.
- Lin, J. C., Sangar, G. C., and Booth, G. G. (1995) "Trade Size and Components of the Bid-Ask Spread," *Review of Financial Studies*, Vol.8, No.4, pp.1153-1183.
- Ljungqvist, A. (2007) "IPO Underpricing: A Survey," in Eckbo, E. (ed) *Handbook of Empirical Corporate Finance*, Vol.1, North-Holland, pp.375-422.
- Lo, A. W., and MacKinlay, C. A. (1988) "Stock Market Prices do not Follow Random Walks: Evidence from a Simple Specification Test," *Review of Financial Studies*, Vol.1, No. 1, pp.41-66.
- Lou, Y., Parsa, S., Ray, D., Li, D., and Wang, S. (2019) "Information aggregation in a financial market with general signal structure," *Journal of Economic Theory*, Vol.183, September, pp.594-624.

- Macey, J. R., and O'Hara, M. (2002) "The Economics of Stock Exchange Listing Fees and Listing Requirements," *Journal of Financial Intermediation*, Vol.11, No.3, pp.297-319.
- Mantecon, T., and Poon, P. (2009) "An analysis of the liquidity benefits provided by secondary markets," *Journal of Banking & Finance*, Vol.33, No.2, pp.335-346.
- Milgrom, P., and Stokey, N. (1982) "Information, trade and common knowledge," *Journal of Economic Theory*, Vol.26, No.1, pp.17-27.
- Odders-White, E. R., and Ready, M. J. (2008) "The probability and magnitude of information events," *Journal of Financial Economics*, Vol.87, No.1, pp.227-248.
- O'Hara, M., and Ye, M. (2011) "Is market fragmentation harming market quality?," *Journal of Financial Economics*, Vol.100, No.3, pp.459-474.
- Pástor, L., and Stambaugh, R. F. (2003) "Liquidity Risk and Expected Stock Returns," *Journal of Political Economy*, Vol.111, No.3, pp.642-685.
- Pham, P. K., Kalev, P. S., and Steen, A. B. (2003) "Underpricing, stock allocation, ownership structure, and post-listing liquidity of newly listed firms," *Journal of Banking & Finance*, Vol. 27, No.5, pp.919-947.
- Rina, M. D., Hellmann, T., and Puric, M. (2013) "Chapter 8 - A Survey of Venture Capital Research," Ch.8 in Constantinides, G. M., Harris, M., and Stulz, R. M. (eds) *Handbook of the Economics of Finance*, Vol.2, PartA, North-Holland, pp.573-648.
- Ritter, J., and Welch, I. (2002) "A Review of IPO Activity, Pricing, and Allocations," *Journal of Finance*, Vol.57, No.4, pp.1795-1828.
- Rock, K. (1986) "Why new issues are underpriced," *Journal of Financial Economics*, Vol.15, No.1, pp.187-212.
- Stoll, H. R. (2000) "Friction," *Journal of Finance*, Vol.55, No.4, pp.1479-1514.
- Stefan, K. (2004) *The Econometrics of Sequential Trade Models Theory and Applications Using High Frequency Data*, Springer.

Subrahmanyam, A. (1991) "Risk Aversion, Market Liquidity and Price Efficiency," *Review of Financial Studies*, Vol.4, No.3, pp.417-441.

Vives, X. (2008) *Information and Learning in Markets The Impact of Market Microstructure*, Princeton University Press.

Weston, J. P. (2001) "Information, Liquidity, and Noise," *Working Paper Rice University*.

Zhang, D. (2004) "Why Do IPO Underwriters Allocate Extra Shares When They Expect to Buy Them Back?," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol.39, No.3, pp.571-594.