

氏名	幸田 茂樹		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第10623号		
学位授与年月日	令和5年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	株式市場の構造分析と株価予測		
主査	筑波大学 教授	博士（工学）	吉田 健一
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	津田 和彦
副査	筑波大学 教授	博士（システム ズ・マネジメント）	倉橋 節也
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	岡島 敬一
副査	慶應義塾大学 名誉教授	博士（工学）	櫻井 彰人

## 論文の要旨

株式市場の分析は学術的だけではなく制度設計にも関わる重要な研究分野である。市場の構造を正確に把握することで公正な市場の制度設計が可能になり、株価の予測など関連の研究分野への波及効果も大きい。High Frequency Trade (HFT) の市場に限っても、市場の分析自体は保坂や Ferber 達が様々な研究を試みている。また深層学習など新しい解析手法を用いて株価の予測を行おうとする研究も盛んである。

この市場の構造は経済状況の変化や取引形態の変化により常に変化しつづけており、継続的に分析を続けることが重要である。例えば東京証券取引所において、2012年には注文の約30%が約定していたのに対して、2018年には約10%まで約定率が低下している。このような大きな変化に対して取引手法の変化がなかったか？あったとして、どのような変化であったのか？を分析することは、不公正な取引市場になっていないか確認する意味でも重要であるし、株価予測の研究に新たな知見をもたらす可能性が高い。

このような背景の中、本研究では2013年前後に行われたHFT関連の研究結果を2018年のデータを使って見直し、また新しい観点からの分析を行う事で、新しい知見の発見に努めている。具体的には本論文は7章で構成されている。始めに第1章で本論文で取り上げる研究の背景として株式市場の継続的な分析の重要性を指摘し本研究の位置付けを明確にした後、第2章で関連する市場構造の分析研究と株価予測の研究をサーベイし、変化が激しく近年重要性を増しているHFT市場の分析と株価予測の研究を、取引システムが刷新された2015年前後のデータを比較して再検討する事を研究テーマとして取り上げている。

第3章では、2013年の東証の市場構造を分析した既存研究の結果を、2018年の取引データを利用して再分析し、1) 2013年から2018年にかけてHFTのテイク注文件数の比率が増加し、従来の研究で報告されていた「HFTが市場に対して供給している流動性の機能」が低下している可能性を指摘し、2) また、約定に

繋がる注文が最新の約定価格付近に集中している事を報告している。

第4章ではテイク注文件数の比率が増加した事が既存の株価予測研究に及ぼす影響を分析し、3) 市場の変化により、既存研究で提案された株価変動の予測手法に関する予測性能が低下しつつある事と、4) 約定に繋がる注文が最新の約定価格付近に集中していると言う知見を利用すると、既存研究の手法による予測性能を回復できることを示している。

第5章では株式市場に注文が発生してから消えるまでの一連の動きに着目し、マイクロ秒から分まで時間単位を変えながらその特徴を分析し、5) HFT のイメージとは異なり、株式市場に新規注文が出された後、注文の約76%は1秒以上株式市場に存在する事、6) 約定により株価が変動した後、5分たつと90%は変動前の株価に戻る事、などを報告している。

第6章では、株価の変動後、5分たつと90%は変動前の株価に戻る事を利用した取引アルゴリズムについて検討し、実際の取引データを元にその取引アルゴリズムによる利益を推定している。また、この取引アルゴリズムは類似の取引アルゴリズムと注文の競合を起し、約定後に如何に迅速にアルゴリズムにそった注文を入れるかが利益に直結するが、第5章の分析結果から、その競合には、近年みられるハードの開発ではなくOSの改良でも対応可能である事を指摘している。

最後に第7章で研究を総括するとともに、今後に残された研究課題を示している。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

市場の構造を正確に把握することは、公正な市場の制度設計や、株価予測など、関連分野への波及効果が大きい。また市場構造は経済状況の変化や取引形態の変化により常に変化しつづけており、継続的に分析を続けることが重要である。本研究は地味で中々研究テーマとしては選びにくい既存研究の再検討から初めて、着目すべき変化を見つけ、その変化が関連研究に及ぼす影響を報告すると共に、市場構造の分析結果を利用した取引アルゴリズムを提案し、その推定利益を計算している。推定利益はあくまで概算であり精緻化の余地を残しているが、既存研究の再確認・再分析から初め、分析結果を利用した取引アルゴリズムの提案まで行った事は学術的にも評価できる。提案アルゴリズムは5分後の株価予測に基づいているが、予測精度の観点からは90%の知見に基づくアルゴリズムであり、また概算ではあるが提案アルゴリズムによる推定利益まで計算した事は実務的にも評価できる。更に実務的にはハードで実現される事の増えている高速取引システムの実装がOSの改良でも代替できる事を指摘した点は予想していなかった研究分野にも波及する興味深い研究結果であると考えられる。

以上、本学位論文は著者の実務家としての問題意識に裏付けされたものであり、研究の内容は博士(工学)を授与するに十分なものと判断する。

### 【最終試験の結果】

令和5年2月7日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とリスク工学専攻における達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。