

## 株式市場のフル板情報からの株注文行動の分析

石山, 武人 / ISHIYAMA, Takehito

---

(発行年 / Year)

2013-03-24

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2013-03-24

(学位名 / Degree Name)

修士(理学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

2012 年度 修士論文

株式市場のフル板情報からの株注文行動の分析

**Stock Order Action Analysis from Full Board Information in Stock Market**

指導教員: 藤田 悟 教授

11T0007

イシヤマタケヒト  
石山武人

Takehito Ishiyama

法政大学大学院 情報科学研究科 情報科学専攻

*E-mail: 11t0007@cis.k.hosei.ac.jp*

## Abstract

*The board information is a table which contains bid and ask order information for each company in the stock market. The length of the board information was limited to 16 price ranges, but a new trading system, called "Arrowhead" by Tokyo Stock Exchange, started in 2010 and provides a full range of the board information to all investors. Since this new board information might involve a lot of interesting records of the investor's trading, this paper tries to analyze them in detail from three viewpoints, such as data types, comparison methods, and comparison targets. First, correlation between order counts and order prices are analyzed. This analysis also analyzed correlation between order counts and minute-based order timings. Next, correlation between order timings and stock price-change timings are analyzed. Furthermore, states of the boards are clustered by k-means clustering method to estimate future stock order action. This analysis also clusters the number of orders to examine transition between clusters. Last, movements of market are examined by stock price and bias of bid and ask order. Through various analyses, this paper shows typical order actions in market from several perspectives.*

## 目次

1. はじめに .....	1
2. 証券取引について .....	2
2.1. 板情報とは .....	2
2.2. フル板情報とは .....	2
2.3. FLEX Historical サービスを用いたフル板情報収集 .....	3
3. 分析の指針 .....	4
3.1. 分析の目的 .....	4
3.2. 対象データ .....	4
3.3. データ比較方法 .....	4
3.4. データ比較対象 .....	5
4. 投資行動における心理的取引の検出 .....	6
4.1. 注文株数別注文回数の推移 .....	6
4.2. 板に残った株の買い注文総額の推移 .....	9
4.3. 注文回数と株価の変更回数の推移 .....	11
4.4. 注文価格と注文回数の関係 .....	15
4.5. 注文時刻と注文回数の関係 .....	20
4.6. 買い注文回数と株価変更回数の関係 .....	28
4.7. 株価変更直前・直後の注文時刻と株価変更時刻との時間差とその関係 .....	29
4.8. 投資行動における心理的取引の検出 - 小まとめ .....	31
5. 板情報のパターンと市場特性の検出 - 板情報のクラスタリング .....	32
5.1. クラスタリングにおける課題と解決法 .....	32
5.2. 注文株数のクラスタリング .....	33
5.3. 注文件数のクラスタリング .....	36
5.4. 板情報のパターンと市場特性の検出 - 小まとめ .....	43
6. チャートを用いた市場動向の検出 - 板に残った売買注文株数と現在株価の推移グラフの提案 .....	44
7. 考察 .....	52
8. おわりに .....	53
謝辞 .....	53
参考文献 .....	53

## 1. はじめに

株式市場の板情報は世界中の投資家たちが現在どの株式にどの値段で何株の注文を出しているかをまとめた情報を提供している。従来の板情報には、現在株価を中心に16段階の値段の注文だけしか表示されていなかったが、東京証券取引所では2010年からシステムを更新し、全ての値段における注文を見ることができるフル板情報というサービスを開始した。これにより個人投資家でも、証券会社などの機関投資家しか見えなかった部分の板情報について知ることができるようになった。従来のファイナンス理論では、過去の株価変動などのデータは未来の株価変動には影響されないという効率的市場仮説が提唱されていたが、板情報の変動履歴が短期的な価格変動に大きな影響を与えるという先行研究[1]や、板情報を用いて買い手と売り手の注文頻度を調べる先行研究[2]もあり、詳細な板情報を分析することの注目度は高い。

そこで本論文ではフル板情報から売買データなどを抽出し、これを基に様々な分析を試み、どのような株注文行動が市場で行われていたかを分析し、そこから効率的市場仮説では考えられない非合理的な株注文行動を観測する。

本論文では、2章で板・フル板情報とは何かを述べ、3章でフル板情報の分析するための指針を解説する。続いて4章で投資行動における心理的な取引の検出について述べ、5章で板情報上での注文株数のクラスタリング分析について手法及び結果を述べる。6章でチャートを提案しこれを用いた市場動向の検出を行い、7章で考察を行い、8章で結論を述べる。

## 2. 証券取引について

### 2.1. 板情報とは

板情報とは、1日の間に世界中から証券取引所へ集められた株式の売買注文を表にまとめたデータである。これは株式銘柄ごとであり、それぞれ価格ごとの売り注文、および買い注文の数量が記録されている。図1及び図2に板情報の例を挙げる。

売数量	値段	買数量	売数量	値段	買数量
500400	OVER		511200	OVER	
10800	2240		4600	2239	
4600	2239		3200	2238	
3200	2238		5400	2237	
5400	2237		3300	2236	
3300	2236		7500	2235	
7500	2235		2900	2234	
2900	2234		1200	2233	
1200	2233		1100	2232	
	2232	1900		2231	2200
	2231	2200		2230	8500
	2230	8500		2229	4000
	2229	4000		2228	3100
	2228	3100		2227	2300
	2227	2300		2226	4200
	2226	4200		2225	6800
	2225	6800		2224	3400
	UNDER	441300		UNDER	437900

図1: 板情報の例  
(現在株価 2233 円)

図2: 板情報の例  
(現在株価 2232 円)

図1の板情報を見ると、2233円での売り注文が1200株、2232円での買い注文が1900株あることを示している。この状態から2232円で3000株の売り注文が発生したとすると、すでに存在する1900株の買い注文と、売り注文の内1900株との間で売買取引が成立する。この時、現在株価が最後に取引成立した時の値段、すなわち2232円となる。そして、取引されなかった残り1100株は2232円の売り注文残となり、板情報が図2のように変化する。このとき、現在株価が1円低くなったことにより、図1では確認できなかった2224円における株式の売買注文量が確認できるようになり、逆に2240円における株式の売買注文量が確認できなくなる。このように板情報は取引時間内において、時々刻々と変化していく。

### 2.2. フル板情報とは

フル板情報とは、東京証券取引所が2010年1月4日より導入した次世代株式売買システム「arrowhead」より提供するサービス「FLEX FULL」[3]の俗称である。従来の板情報では1銘柄につき、現在株価から上下8本以内の気配値(注文の値段)における売買注文量、現在株価から上側9本目以上(図1の「OVER」部分)・下側9本目以下(図1の「UNDER」部分)の気配値における売買注文量の合計だけを確認することができたが、このフル板情報サービスを用いることにより、全ての気配値における売買注文量を確認することができるようになった。また、通常の板情報では見ることはできなかった、売買注文の件数も確認

することができる。

### 2.3. FLEX Historical サービスを用いたフル板情報収集

本論文では、東京証券取引所が日々蓄積したフル板情報の履歴を顧客に提供する FLEX Historical サービスを用いる。このサービスを用いることで 2010 年以降のフル板情報の全データを取得することができるが、提供されるデータは板情報に表示される値そのものであり、どの価格にどの程度、新しく注文されたかについてはわからない。しかし、これらの板情報から売買注文量の増減を推定することが可能である。具体的には、提供されるデータを時系列順に逐次記録することでフル板情報を再現し、フル板情報の更新命令ごとに現在のフル板情報との株注文量の差分を計算することで売買注文量の増減などを抽出できる。これを発展させると、注文のキャンセルなども抽出することができる。例えば、買い注文の株数が減少したとき、出来高の更新と同時では無いなら、それは買い注文のキャンセルとみなすことができる。ただし、出来高情報の更新命令と同時である場合、それは買い注文がキャンセルされて注文株数が減少したのではなく、取引が成立するような売り注文が発注された結果買い注文株数が減少したとみなすべきである。この場合、板情報の更新命令としては買い注文の更新命令がなされるが、実際の市場では売り注文が発注されたということとなるので、注文の回数などをカウントする際には注意を払う必要がある。なお本論文ではこのサービスを用いて 2010 年 1 月 4 日から 2011 年 6 月 27 日までの 362 営業日分のフル板情報更新データを取得し、分析を行う。

### 3. 分析の指針

#### 3.1. 分析の目的

本論文では、FLEX Historical サービスを用いることで得られるフル板情報に対して、株価変動の予兆データ、投資家の注文行動、市場特性の抽出を試みるため、分析データの対象、比較の手段および比較の対象という 3 種類の観点を用いて、分析に対する指針を考えた。

#### 3.2. 対象データ

分析データの対象とは、以下のようなフル板情報から直接取得することが出来る板情報更新データとその更新時刻が考えられる。

- ・ 現在株価
- ・ 買い/売り注文の価格(気配値), 株数, 件数
- ・ 出来高
- ・ 売買代金

また、これらのデータから計算することで、以下のようなデータも分析データの対象と考えられる。

- ・ 買い/売り注文の回数：注文による板情報更新命令がなされるごとにカウントする
- ・ 注文の合計金額：板に残存する注文株数×注文価格
- ・ 累積値
- ・ 微分値

#### 3.3. データ比較方法

3.2 節で述べたデータに対してどのような手段で比較するかについては、以下の様な比較の手段が考えられる。

- ・ 時系列比較：グラフの横軸を時間軸、縦軸を分析するデータとして比較する。
- ・ 遅延時間つき時系列比較：時系列比較に加えて時間軸をずらして比較する。
- ・ 位相空間の比較：例えば株価と注文株数など、2 種類の分析するデータを横軸と縦軸にあてはめ比較する。
- ・ 有限オートマトン：分析するデータを何種類かの状態に分類し、それぞれどの状態にどの程度の頻度で遷移するかを見る。
- ・ クラスタリング：分析するデータをベクトル化して、例えば k-means 法などによって幾つかのクラスタを生成し、クラスタ間を比較する。
- ・ 周波数分析：分析するデータから一定の周期で繰り返されるパターンを抽出し、これを比較する。
- ・ ヒストグラム：横軸を分析するデータ、縦軸を頻度として比較する。
- ・ 特異値検索：例えば大量注文など、データに対して異常値が存在するとき、これを数える。

以上のような 8 種類の比較の手段が考えられる。

### 3.4. データ比較対象

どのような対象と比較するかについては、以下の様な比較の対象が考えられる。

- ・ 企業間：ある銘柄と別の銘柄を比較する。
- ・ 企業と指標：ある銘柄と経済指標を比較する。
- ・ 同じ特徴を持った企業グループ間：例えば 2 銘柄共に電気機器を扱う銘柄を比較する。
- ・ 同じ状態にある企業間：例えば 2 銘柄共に終値が 3 日間連続して上昇している銘柄を比較する。
- ・ 時系列間：ある日時と別の日時を比較する。
- ・ クラスタ間：あるクラスタと別のクラスタを比較する。

以上のような 6 種類の比較の対象が考えられる。

本論文では、分析データの対象を「現在株価」「買い・売り注文回数」や「買い注文金額」など、比較の手段を「時系列比較」「ヒストグラム」、比較の対象を「企業間」などとして組み合わせ、時刻が進むに連れてどのような注文回数などの分布となるか、注文価格やその時刻、現在株価や株価変更時刻などからどのようなタイミングでどのような買い・売り注文がなされるのかなどという分析を行った。

また、分析データの対象を「現在株価」や「買い・売り注文株数・件数」、比較の手段を「クラスタリング」、比較の対象を「クラスタ間」として組み合わせ、クラスタ別にどのような買い・売り注文株数や件数の分布となるか、特徴的な分布が存在するかどうか、その後どのような注文行動を行うかという分析を行った。

最後に、分析データの対象を「現在株価」「買い・売り注文株数」や「更新時刻」、比較の手段を「時系列比較」、比較の対象を「時系列間」として組み合わせ、チャートを提案しこれを用いて市場動向の検出を試みた。

## 4. 投資行動における心理的取引の検出

### 4.1. 注文株数別注文回数の推移

注文の規模によって買い・売り注文の頻度が変わってくるかどうかを分析するため、縦軸を注文回数、横軸を8時から11時、12時5分から15時までの時系列として図3や図4のようなグラフを作成した。また、図3や図4では1分間に注文された回数をそれぞれ注文株数が100~900株、1000~9900株など注文の規模別に記載した。なお、取引希望価格を決定せずに注文する成り行き注文についてもカウントした。また、市場の動きを確かめるために現在株価から2450を引いた値も記載した。

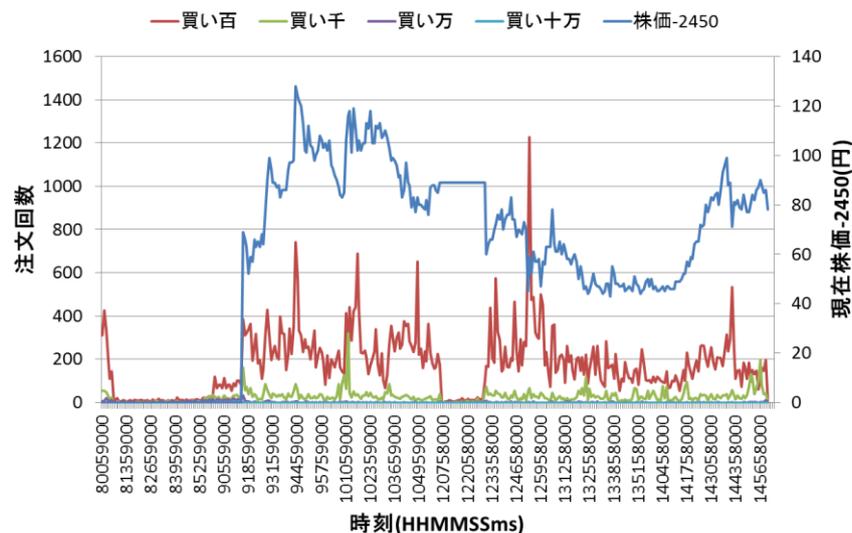


図 3: 注文株数別買い注文回数(2011/03/16 ソニー)

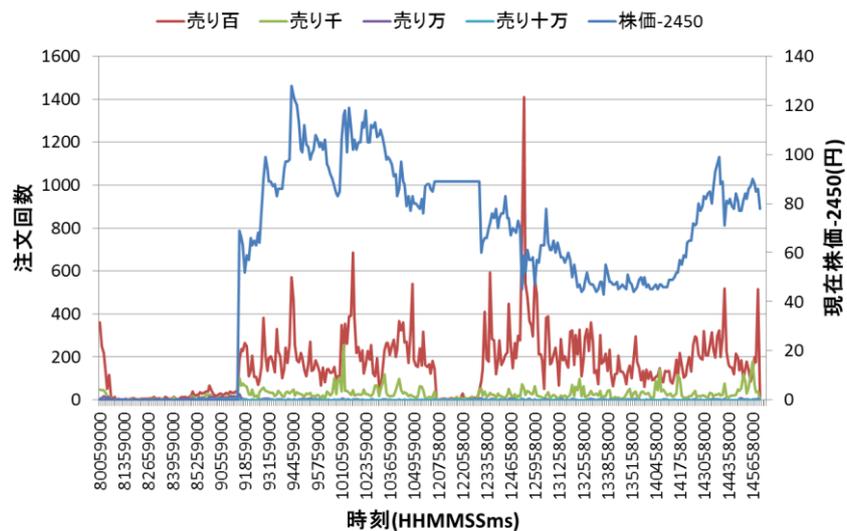


図 4: 注文株数別売り注文回数(2011/03/16 ソニー)

図 3 や図 4 を見ると、取引開始前である 8 時から 9 時、12 時 5 分から 12 時 30 分の間ではほとんど注文がなされていないのに対し、取引時間中では活発に注文がなされていることが確認できる。他にも、ほとんどの時刻において 1000 株以上の大規模注文よりも 900 株以下の小規模な注文の回数が多いが、これとは異なり一部の時間においては大規模注文の方が多く存在することが確認できる。また、同時刻に買い注文と売り注文の回数が急激に増加している部分があることから、買い注文と売り注文の回数には何らかの相関があるのではないかと考え、より細かな動きを見るため 1 分間の注文回数ではなく 10 秒間の注文回数を算出してから相関係数を算出した。また買いと売り注文のどちらかがもう片方の注文を誘発している可能性があるのではないかと考え、売り注文について時系列を前後 1 つずらした場合の相関係数についても算出した。

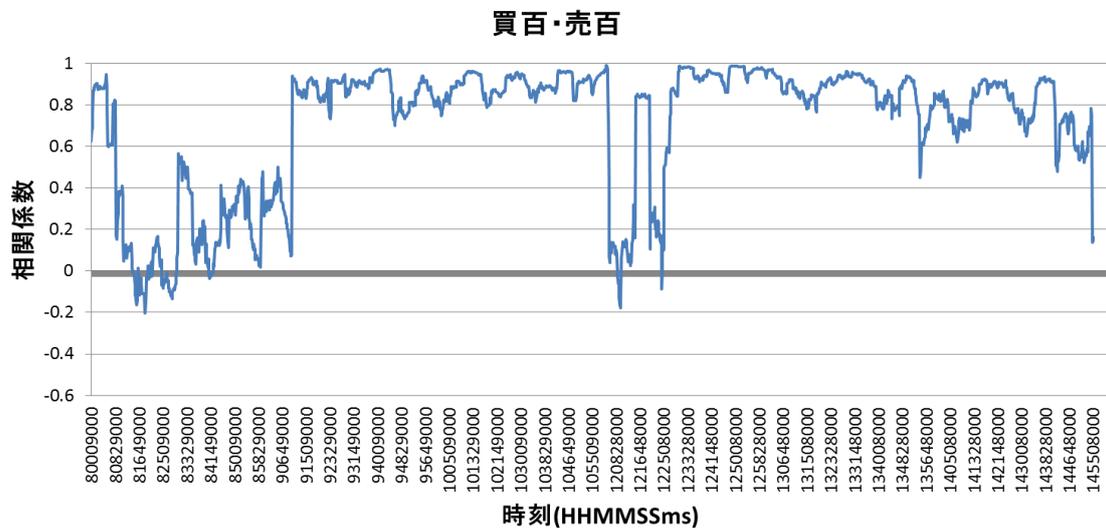


図 5: 100~900 株の買い注文と売り注文回数との相互相関係数 (2011/03/16 ソニー)

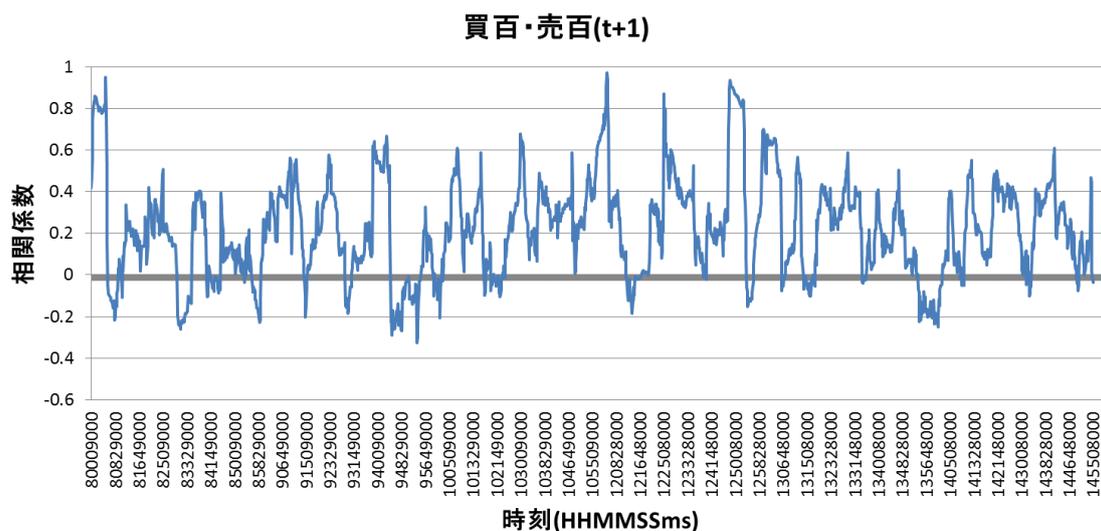


図 6: 100~900 株の買い注文と 10 秒後の売り注文回数との相互相関係数  
(2011/03/16 ソニー)

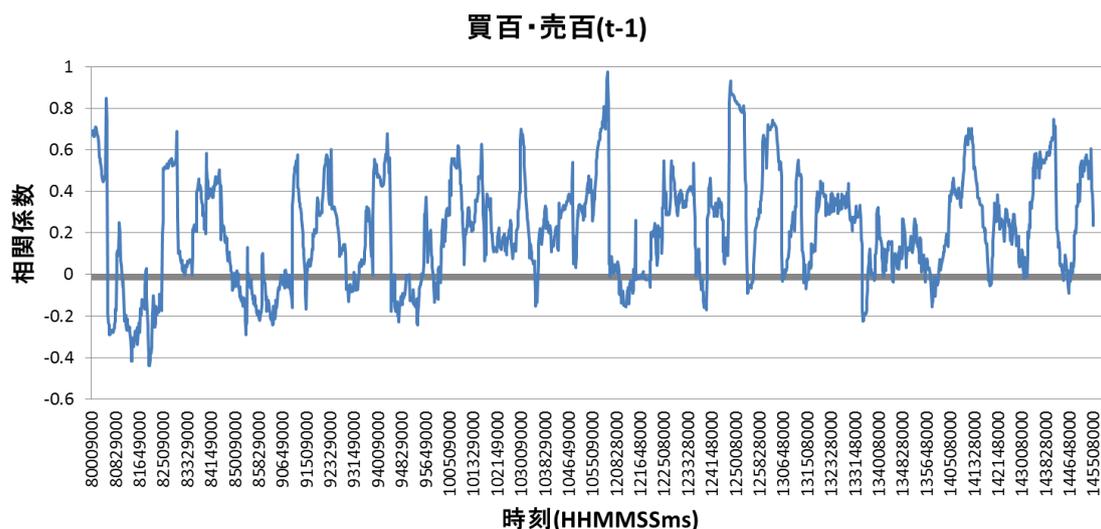


図 7: 100~900 株の買い注文と 10 秒前の売り注文回数との相互相関係数  
(2011/03/16 ソニー)

図 5 では 10 秒間に注文された回数を 1 データとし、それを 100~900 株の買い・売り注文共に 30 データ(5 分間)見たときの相関係数について表している。図 5 を見ると、取引時間中において 100~900 株規模の買い注文・売り注文回数にはある程度の相関があると確認できる。しかし、図 6 や図 7 より、買い注文回数と 10 秒後・10 秒前の売り注文回数との相関係数が、同時刻の売り注文回数よりも悪化していることが確認できる。以上のことから、大規模注文と比べると、小規模注文では買い・売り注文がほぼ対等に市場介入していることや、ある注文が 10 秒以上に渡り反対注文を誘発するとは考えにくいことがわかった。

#### 4.2. 板に残った株の買い注文総額の推移

板に残った買い注文の総額が、時刻が進むに連れてどうなっていくかを分析するため、縦軸を注文株数と気配値を乗算した注文金額とし、横軸を時間軸として図 8 や図 9 のようなグラフを作成した。また、比較の対象として銘柄番号 6340 の澁谷工業株式会社から銘柄番号 6443 の株式会社東洋製作所までの 50 銘柄を対象とした。

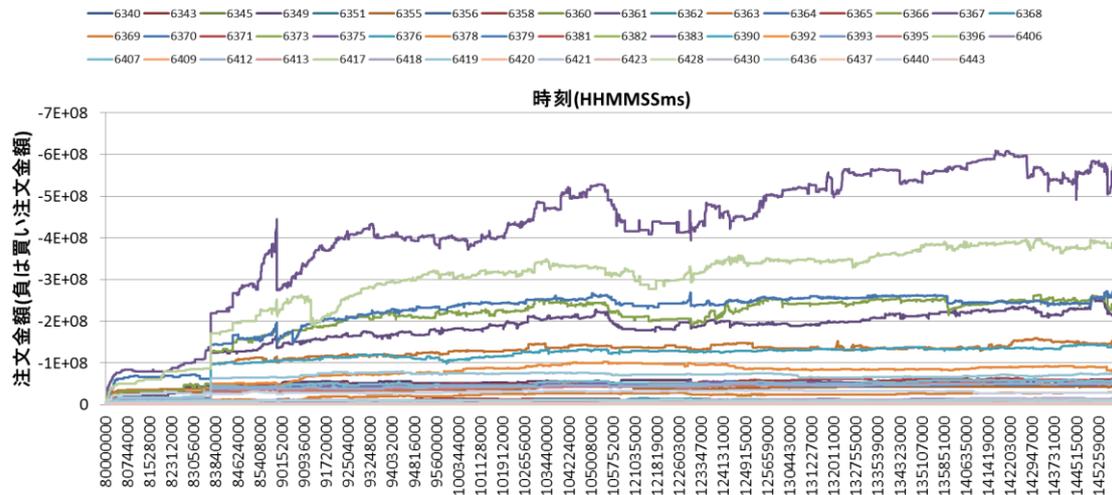


図 8: 板に残った買い注文金額の推移 (2010/01/04 50 銘柄)

図 8, 図 9 において負の注文金額が存在するが、これは買い注文の株数を負の数として分析を行っていたからである。図 8 では板に残っている買い注文の合計金額を 1 秒ごとに記したものである。図を見ると、取引開始の 9 時になると注文の約定が発生して残り買い注文金額が減少する銘柄、午前の取引終了時刻である 11 時の手前で一旦残り買い注文金額が減少する銘柄、取引終了の 15 時へ近づくとつれて残り買い注文金額が増えていく銘柄、9 時時点の金額からあまり変わらない銘柄等が確認できる。

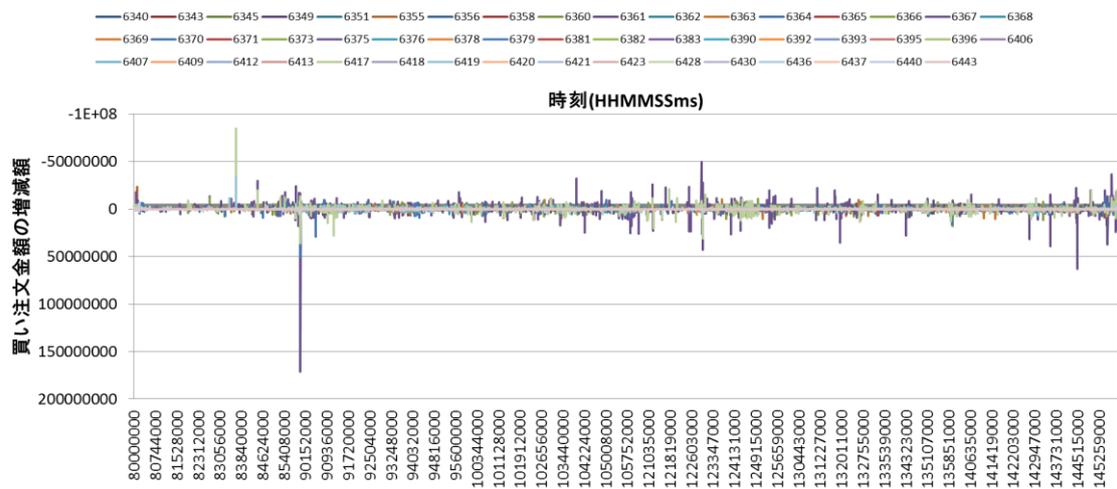


図 9: 買い注文金額の増減分の推移 (2010/01/04 50 銘柄)

図 9 は買い注文金額について 1 秒ごとの増減分を記したものである。グラフが 0 基準線より上に伸びている部分は買い注文額が増加したこと、下に伸びている部分は買い注文額が減少したことを示す。図を見てみると、注文自体は瞬間になされるため、買い注文が無い時刻においては金額の増減は 0 となっている。

表 1: 板に残った買い注文金額推移の相関係数 (2010/01/04 50 銘柄の一部)

	6340	6343	6345	6349	6351	6355	6356	6358	6360	6361	6362	6363	6364	6365
6340	1.00000													
6343	0.17582	1.00000												
6345	0.20319	0.83318	1.00000											
6349	0.30235	0.39245	0.62025	1.00000										
6351	0.21637	0.63247	0.76324	0.40141	1.00000									
6355	0.23152	0.73449	0.88853	0.65632	0.62971	1.00000								
6356	0.05181	0.39777	0.69408	0.81952	0.42994	0.73929	1.00000							
6358	0.00847	-0.18142	0.14825	0.41485	-0.01963	0.37702	0.53412	1.00000						
6360	0.29445	0.80220	0.88777	0.70200	0.59325	0.91747	0.76333	0.32187	1.00000					
6361	0.26653	0.56872	0.82635	0.92310	0.60963	0.83379	0.87235	0.45356	0.85130	1.00000				
6362	0.25045	0.85576	0.92873	0.62217	0.77096	0.80330	0.65705	0.03791	0.85910	0.79190	1.00000			
6363	0.26810	0.54756	0.75711	0.95533	0.51890	0.79699	0.85731	0.45971	0.83308	0.97106	0.75411	1.00000		
6364	0.35764	0.46038	0.72850	0.92461	0.54611	0.75182	0.89391	0.43404	0.78351	0.93560	0.74029	0.92949	1.00000	
6365	0.47293	0.80076	0.82821	0.63996	0.74567	0.69508	0.46064	-0.12528	0.73769	0.73349	0.87540	0.70911	0.67316	1.00000
6366	0.25433	0.52279	0.79150	0.93297	0.56346	0.81175	0.89891	0.48467	0.84087	0.97861	0.77430	0.96790	0.95210	0.68482
6367	0.24110	0.66005	0.89087	0.85204	0.69164	0.87909	0.86058	0.35185	0.88695	0.96776	0.86270	0.92461	0.90606	0.76996
6368	0.12482	0.81469	0.82161	0.79404	0.50674	0.84426	0.91917	0.42501	0.86474	0.89307	0.75934	0.87629	0.84860	0.60864
6369	0.08705	0.82058	0.83391	0.76146	0.55841	0.89603	0.87940	0.49554	0.88137	0.89915	0.74128	0.87370	0.81326	0.58846
6370	0.21636	0.52663	0.76968	0.92625	0.49194	0.82045	0.92434	0.53286	0.85700	0.96360	0.73584	0.96292	0.93505	0.62616
6371	0.30280	0.57764	0.77554	0.94933	0.58672	0.75238	0.80586	0.30561	0.79450	0.94953	0.77691	0.95033	0.91734	0.78243
6373	0.38599	0.84001	0.73280	0.64211	0.58958	0.84100	0.66470	0.32957	0.82806	0.75295	0.74875	0.74008	0.77849	0.67547
6375	0.17918	0.58067	0.78946	0.88978	0.56176	0.78975	0.88722	0.44125	0.83049	0.93827	0.77135	0.93327	0.92754	0.66969
6376	0.29032	0.53969	0.75088	0.97390	0.53255	0.77055	0.84525	0.39677	0.80551	0.97151	0.74707	0.98092	0.93754	0.72888
6378	0.13956	0.48556	0.71319	0.90806	0.42203	0.80500	0.91088	0.56688	0.82037	0.94158	0.66693	0.95676	0.88347	0.55719
6379	0.31638	0.42359	0.67229	0.98637	0.46442	0.70592	0.82117	0.44016	0.73011	0.94698	0.66630	0.96844	0.93551	0.67617
6381	0.20447	0.89770	0.92695	0.51744	0.74287	0.87608	0.56892	0.03809	0.87191	0.72158	0.92068	0.68150	0.62211	0.81971
6382	0.31626	0.44311	0.51320	0.77133	0.21576	0.66921	0.74985	0.44676	0.76557	0.74589	0.50792	0.78663	0.75417	0.46149
6383	0.26800	0.49461	0.72121	0.96342	0.49886	0.72265	0.86287	0.41559	0.77757	0.95185	0.73212	0.96148	0.93268	0.68851

表 2: 買い注文金額増減分の推移の相関係数 (2010/01/04 50 銘柄の一部)

	6340	6343	6345	6349	6351	6355	6356	6358	6360	6361	6362	6363	6364	6365
6340	1.00000													
6343	0.00790	1.00000												
6345	0.00544	0.04992	1.00000											
6349	0.00863	0.02542	0.04449	1.00000										
6351	0.01645	-0.00007	0.02218	0.03227	1.00000									
6355	0.00223	0.08667	0.00874	0.01017	-0.01072	1.00000								
6356	-0.00007	0.00486	-0.00014	0.00280	-0.00003	-0.00018	1.00000							
6358	0.00767	-0.03889	0.02260	0.00881	0.00344	0.00239	-0.00013	1.00000						
6360	-0.00006	0.23153	0.09860	0.04475	-0.00003	0.01390	-0.00021	0.01339	1.00000					
6361	0.02375	0.07508	0.07945	0.58322	0.01248	0.01274	-0.00017	0.01098	0.13684	1.00000				
6362	0.00330	0.01423	0.01725	0.01506	0.02551	0.00418	-0.00021	0.00943	0.02712	0.02581	1.00000			
6363	0.00297	0.07232	0.04205	0.60818	0.00781	0.00802	-0.00020	0.00732	0.11606	0.52683	0.01333	1.00000		
6364	-0.00010	0.04776	0.03065	-0.00022	-0.00005	0.08361	-0.00033	0.13925	-0.00029	-0.00163	-0.00030	0.00072	1.00000	
6365	-0.00006	0.01161	0.00314	0.03159	-0.00003	0.10258	-0.00021	-0.00011	-0.00019	-0.00015	-0.00019	0.00029	0.01000	1.00000
6366	0.00485	0.08323	0.08485	0.54774	0.01696	0.01031	-0.00020	0.01988	0.15669	0.49066	0.03259	0.49490	-0.00029	-0.00018
6367	0.00873	0.19314	0.14730	0.30105	0.01545	0.01878	-0.00018	0.03151	0.36647	0.35669	0.03653	0.30908	0.00829	0.00086
6368	0.02143	0.00899	0.02624	0.05104	0.07363	0.01340	-0.00019	0.05674	-0.00017	0.04504	0.03762	0.03394	0.02733	-0.00017
6369	0.00410	0.01781	0.02334	0.00836	0.01734	0.00502	-0.01146	0.00418	0.02065	0.01809	0.00019	0.01583	0.00411	-0.00844
6370	0.01032	0.12717	0.10467	0.59977	0.04823	0.02321	-0.00121	0.01755	0.24762	0.54751	0.02925	0.54390	0.00108	0.00120
6371	-0.00041	0.00488	0.00440	0.69880	0.00139	0.00195	-0.00015	0.00027	0.00494	0.55629	0.00511	0.61244	-0.00247	0.00372
6373	0.00639	0.05669	0.04146	0.02670	0.01296	0.06081	-0.00018	0.01425	0.04949	0.06120	0.02878	0.02296	0.00729	0.00395
6375	0.00153	0.14733	0.07753	0.03534	0.01432	0.01147	-0.00023	0.01097	0.27648	0.09525	0.02456	0.07734	0.00176	0.00816
6376	0.00014	0.02501	0.02141	0.76475	0.00209	0.00060	-0.00017	-0.01626	0.02514	0.63038	0.00651	0.67972	0.00261	-0.00015
6378	0.00820	0.03858	0.02368	0.68348	0.00375	0.00601	0.00576	0.00294	0.04136	0.56778	0.00748	0.61870	0.00083	0.00002
6379	0.00354	0.02838	0.03410	0.74172	0.01399	0.00513	0.04105	0.00493	0.04266	0.60039	0.01432	0.64122	-0.00029	0.01605
6381	0.00371	0.05900	0.04876	0.01593	0.06746	0.00655	-0.00021	0.03992	0.07061	0.05272	0.06150	0.03620	-0.00030	0.02716
6382	-0.00006	0.07783	-0.00013	-0.00061	-0.00019	0.00613	-0.00021	-0.00012	-0.00019	0.00271	-0.00882	-0.00043	-0.00030	-0.00019
6383	0.01041	0.01827	0.05529	0.77577	0.04735	0.01090	-0.00014	0.01094	0.03752	0.62063	0.02456	0.63809	0.00252	-0.00012

表 1 では買い注文金額について、表 2 では買い注文金額の増減分について、データ数を 21302 個(8 時から 11 時, 12 時 5 分から 15 時までの各秒)としたときの一部銘柄間の相関係数を表している。表を見てみると、買い注文金額そのものについてはほとんどの企業間で幾分かの相関があるように見えるが、注文金額の増減分となると、ほとんどの企業間で相関がないことが確認できる。しかし、銘柄番号 6349 と 6376 など、ある企業間においては一定の相関が見受けられた。そこで 2010 年 1 月 5 日や 6 日での買い注文金額の増減分を求めたところ、これらの相関は他の銘柄のようにほとんど無くなってしまった。よってこれらの表から、複数の銘柄間で注文金額自体は似たように動くが、注文金額がどう増えるかについては銘柄間でほとんど相関が無いと考えられる。

### 4.3. 注文回数と株価の変更回数の推移

買い・売りの注文回数と、現在株価の変更回数がどのような関係になっているかを分析するため、縦軸をそれぞれのデータ、横軸を時間軸として図 10, 図 11 や図 12 のようなグラフを作成した。なお、取引希望価格を決定せずに注文する成り行き注文についてもカウントした。また、比較の対象として複数の企業を対象とした。

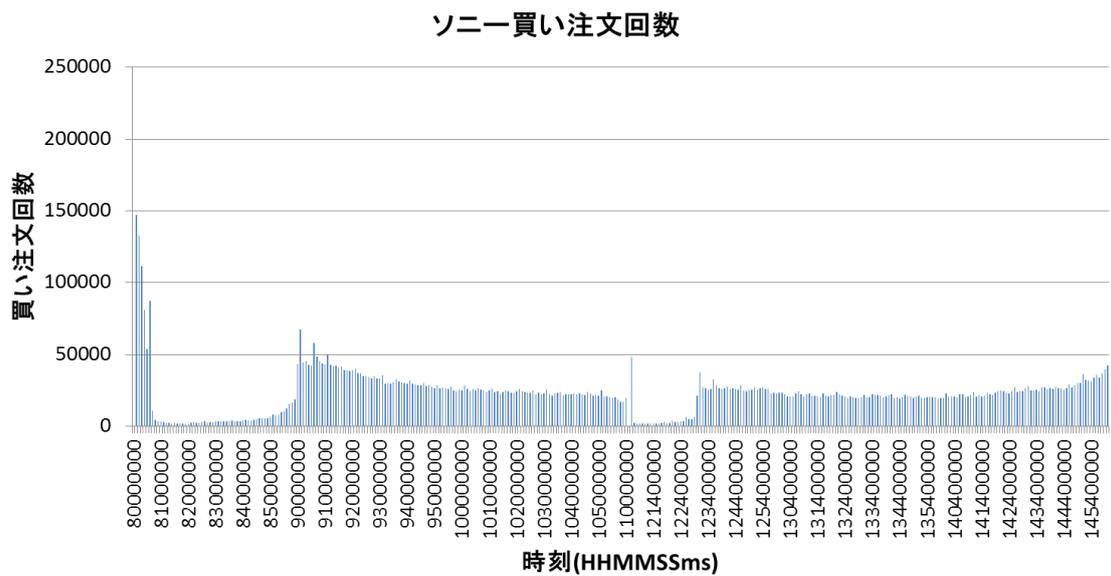


図 10: 買い注文回数の推移(362 日分合計 ソニー)

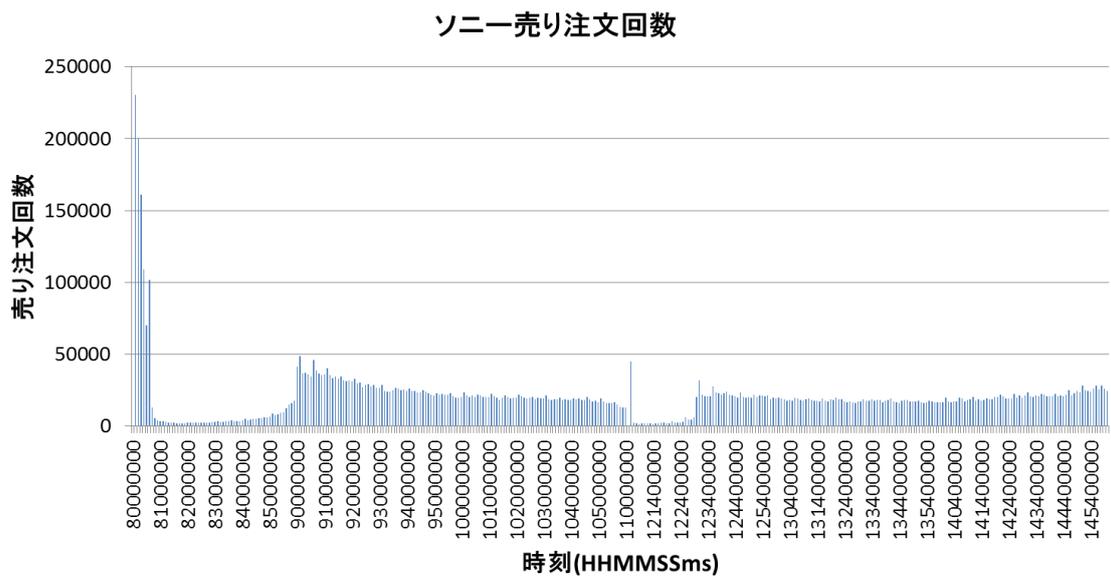


図 11: 売り注文回数の推移(362 日分合計 ソニー)

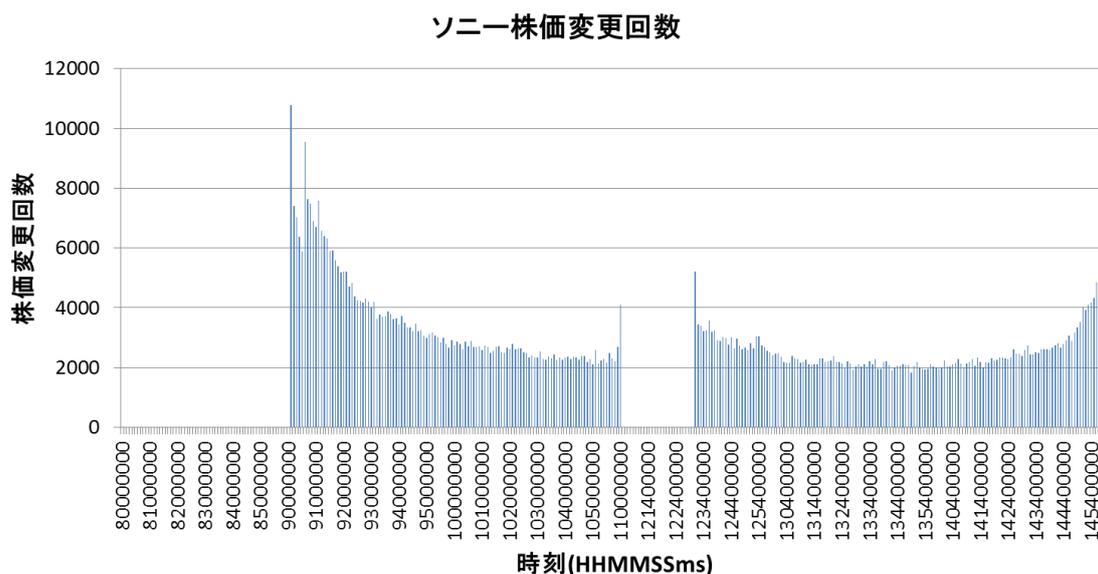


図 12: 株価変更回数の推移(362 日分合計 ソニー)

図 10 ではソニーの買い注文回数，図 11 では売り注文回数，図 12 では株価変更回数の 1 分間の合計をそれぞれ記したものである。図 10 を見ると，8 時から 8 時 5 分まで大量の買い注文が入り，その後は少しずつ注文数が増えていく。そして取引開始時刻直前である 8 時 59 分から 9 時にかけて買い注文が爆発的に入り，午前の取引終了時刻である 11 時に向けて注文回数は減少していく。午後は注文受付開始時刻である 12 時 5 分から少しずつ増えていき，取引開始時刻の 12 時 30 分である程度買い注文が入るが，およそ 14 時までは少しずつ減少し，14 時から取引終了の 15 時にかけてまた買い注文回数は増えていくことが確認できる。一方図 11 を見ると，合計の回数は異なるが売り注文も買い注文と同じように推移していることが確認できる。また図 12 を見ると，取引時間外である 9 時以前と 12 時 5 分から 12 時 30 分までを除き，減少と増加の流れが買いや売り注文回数と似ていることが確認できるが，9 時と 11 時や，14 時と 15 時など，ピークの時点での回数を比べると買いや売り注文回数よりも株価変更回数の方が多く増加していることが確認できる。また，9 時 5 分において株価の変更回数が一旦著しく増えているが，これは買いや売り注文の偏りによって生じる特別気配[4]の更新間隔が 2011 年 5 月 8 日までは 5 分間であったことから，特別気配が 1 回だけ発生したことによる増加と考えられる。

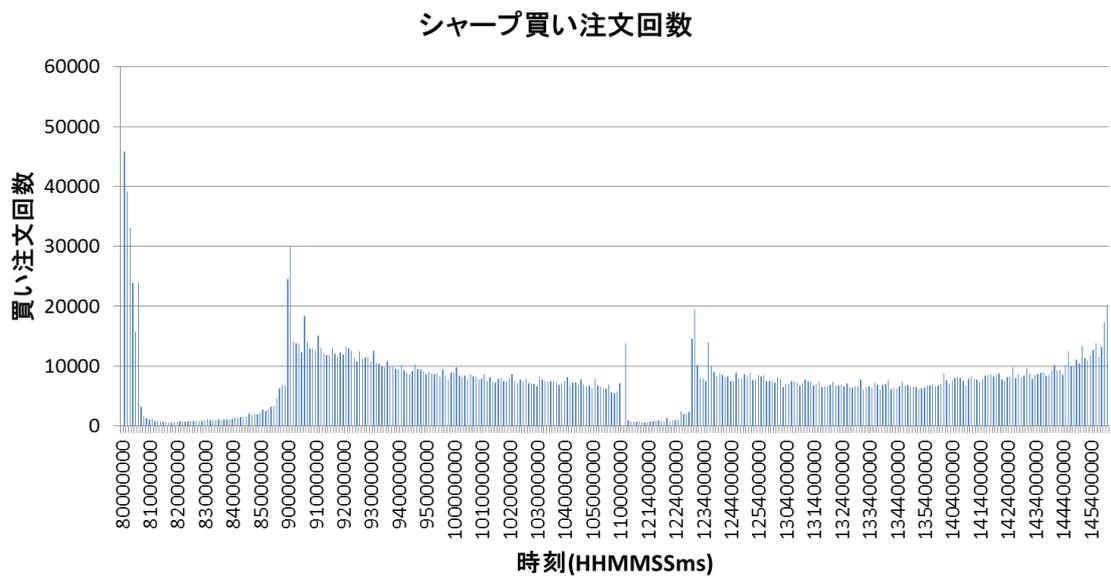


図 13: 買い注文回数の推移(362 日分合計 シャープ)

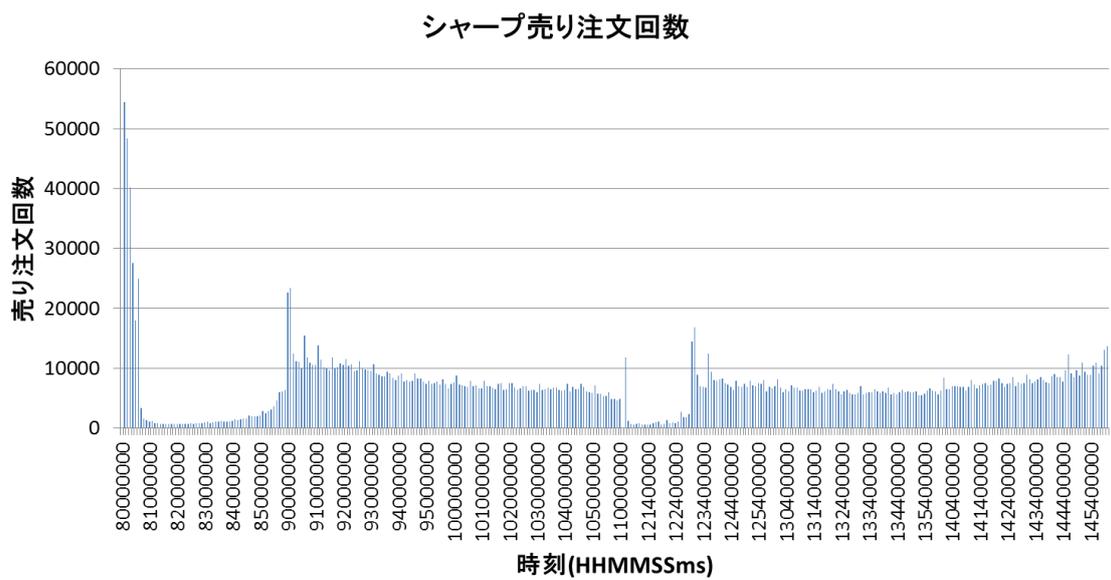
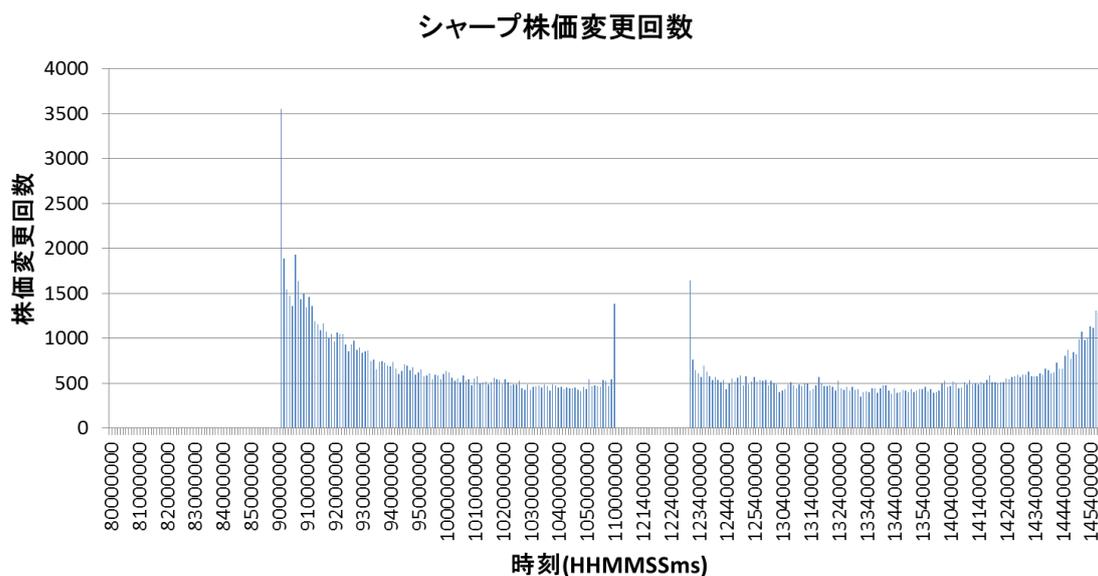


図 14: 売り注文回数の推移(362 日分合計 シャープ)



**図 15: 株価変更回数の推移(362 日分合計 シャープ)**

図 13 から図 15 はシャープの買い注文回数，売り注文回数，株価変更回数であるが，回数自体は異なるがソニーでの推移とほぼ同じように注文回数や株価変更回数が推移していることが読み取れる．これら図 10 から図 15 より，買いや売り注文が 9 時の取引開始直後や 15 時の取引終了直前に増加していることから取引が成立しやすく，その結果株価が 9 時や 15 時に近い時刻で頻繁に変更されたと考えられる．

#### 4.4. 注文価格と注文回数の関係

株を注文するにあたり，注文する値段についてどのように分布するかを分析するため，縦軸を買い注文回数，横軸を注文価格(気配値)としてグラフを作成した．なお，取引希望価格を決定せずに注文する成り行き注文については，投資家の意思に基づいて値段を決めて注文したわけでは無いので，ここではカウントしない．

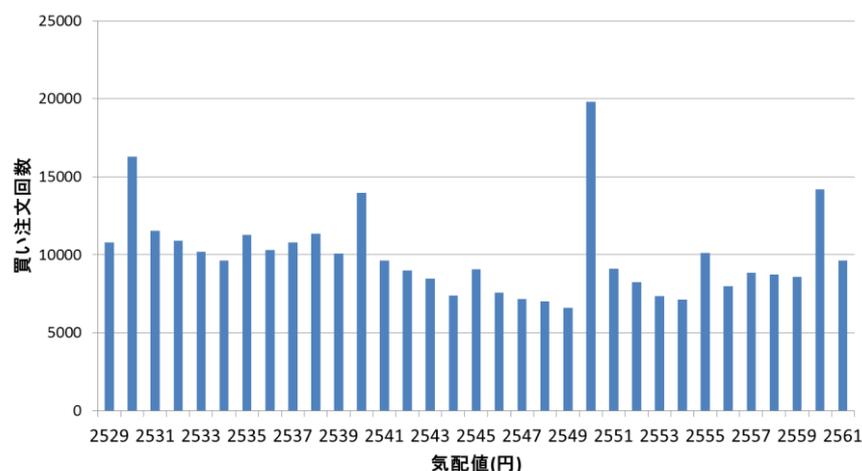


図 16: 注文価格と買い注文回数の関係  
(2529~2561 円のみ, 362 日分合計 ソニー)

図 16 を見ると、ソニーにおいて 2550 円での買い注文が 362 営業日合計で 19808 回発注されているが、2555 円や 2560 円など、下一桁が 0 円や 5 円での気配値では、それ以外の気配値よりも注文回数が増えていることが確認できる。

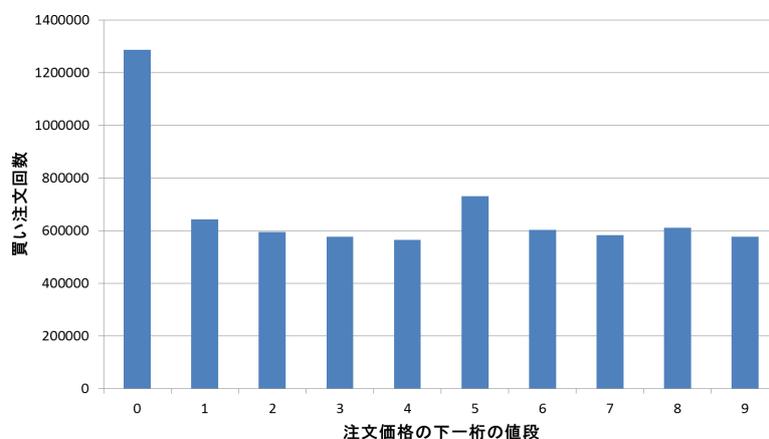


図 17: 注文価格の下一桁と買い注文回数の関係  
(2999 円まで, 362 日分合計 ソニー)

図 17 はソニーにおいて注文価格が 2999 円までの買い注文について、注文価格の下一桁に着目して買い注文回数を抽出したものである。2999 円までと制限した理由は、東京証券取引所では株価が 3000 円を超えるとそれ以降は注文株価が 1 円刻みで注文することができなくなる[5]からである。図 17 を見てみると、下一桁が 0 円での注文が 128 万、下一桁が 5 円での注文が 73 万回なされていることが確認できる。その他の気配値では 56 万から 64 万回となっていることから、2529 円から 2561 円のみならず、ソニーの 2999 円以下の買い

注文では下一桁が 0 円や 5 円での注文が頻出しているといえる。

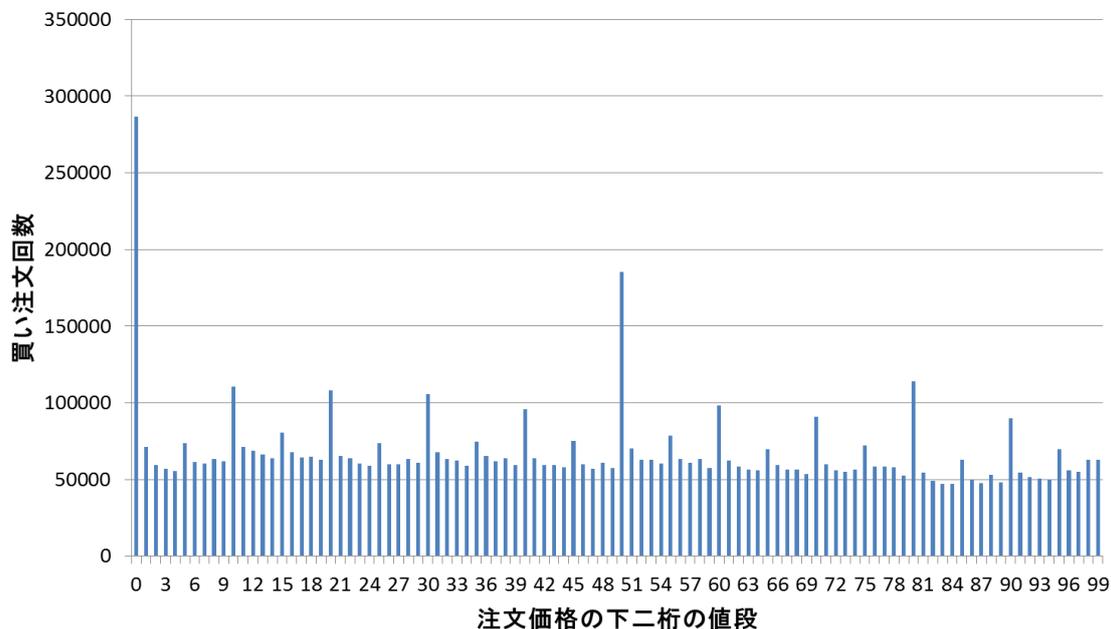


図 18: 注文価格の下二桁と買い注文回数の関係  
(2999 円まで, 362 日分合計 ソニー)

図 18 は注文価格の下二桁に着目して買い注文回数を抽出したものである。この図を見てみると、注文価格を 2999 円までに制限しているのに、下二桁が 0 円と 50 円での買い注文回数が著しく多いことが確認できる。また、それに続き 10 円刻みの価格、5 円刻みの価格での注文回数も増加していることが確認できる。また、下二桁が 0 円となる価格に近いからか、下二桁が 99 円や 98 円といった価格においても注文回数が増加している。これらから、買い注文価格について、下一桁のみならず、下二桁に渡ってきりの良い価格での注文が多く発注されているといえる。

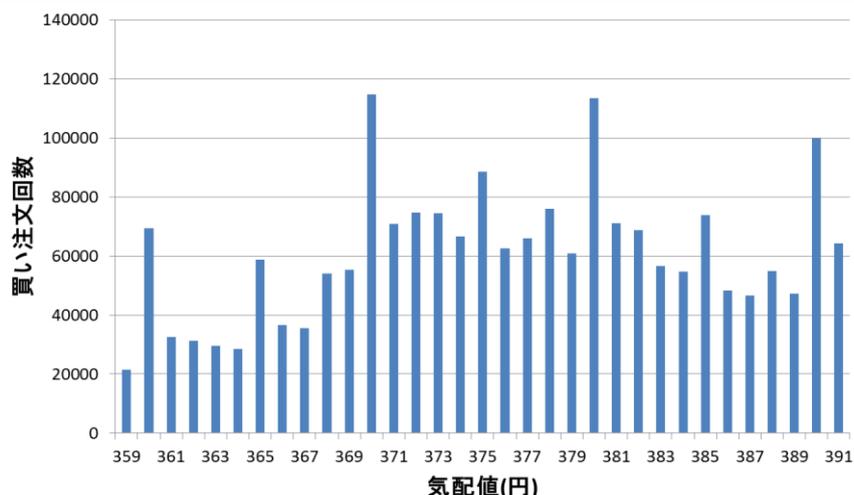


図 19: 注文価格と買い注文回数の関係  
(359~391 円のみ, 362 日分合計 三菱 UFJ フィナンシャルグループ)

図 19 はソニーとは異なり注文価格が 1000 円以下と比較的低い三菱 UFJ フィナンシャルグループの買い注文回数を注文値段別に図で示したものである。ソニーと比べて低い値段で取引されるこの銘柄においても、やはり 5 円刻みで買い注文回数が増加していることが確認できる。

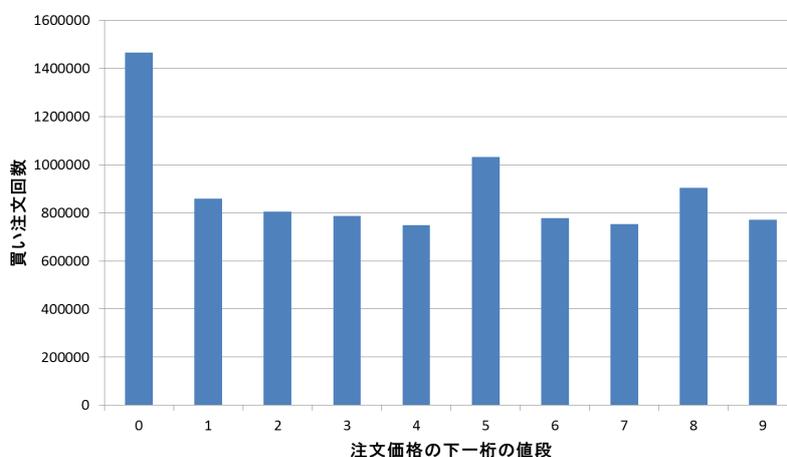


図 20: 注文価格の下一桁と買い注文回数の関係  
(362 日分合計 三菱 UFJ フィナンシャルグループ)

図 20 は三菱 UFJ フィナンシャルグループについて、注文価格の下一桁に着目して買い注文回数を抽出したものである。この図を見てみると、下一桁が 0 円での注文が 146 万、下一桁が 5 円での注文が 103 万回なされていることが確認できる。その他の気配値では 74 万から 90 万回となっていることから、三菱 UFJ フィナンシャルグループにおいても、359 円から 391 円のみならず全ての注文価格において下一桁が 0 円や 5 円での注文が頻出して

いるといえる。

また、ソニーについて買い注文だけでなく売り注文の回数についても計算しグラフを作成した。

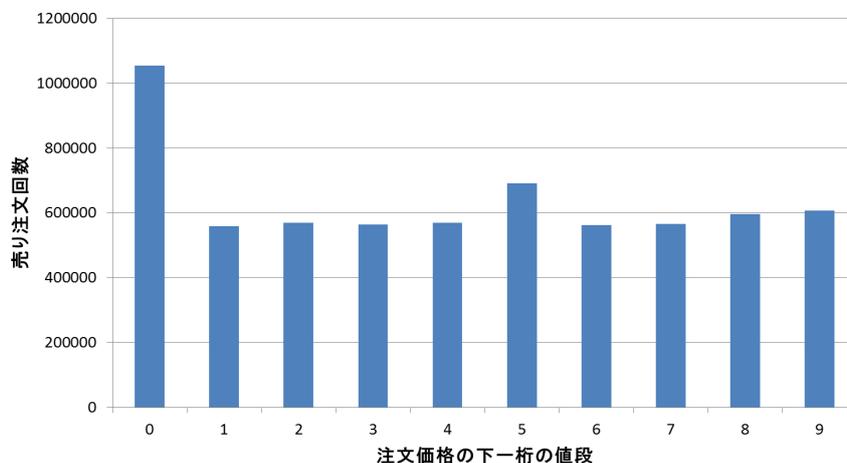


図 21: 注文価格の下一桁と売り注文回数の関係  
(2999 円まで, 362 日分合計 ソニー)

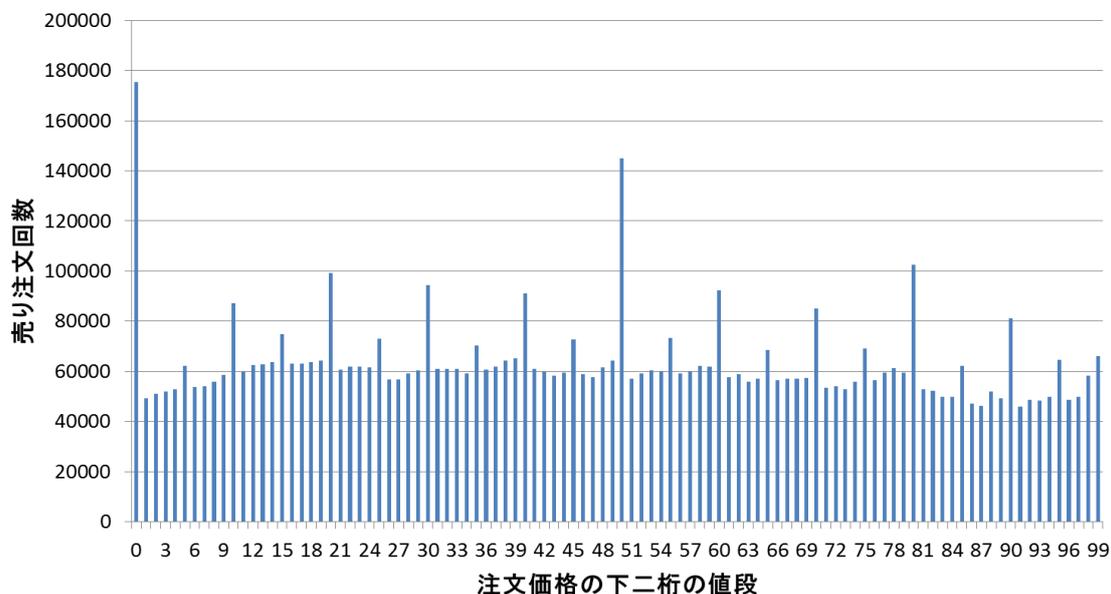


図 22: 注文価格の下二桁と売り注文回数の関係  
(2999 円まで, 362 日分合計 ソニー)

図 21 や図 22 を見ると、買い注文の場合と同じく下一桁が 0 円、5 円や、下二桁が 0 円、50 円や 10 円刻みといった価格において売り注文回数が増加していることが確認できる。これらから、きりの良い価格での注文は買いや売り注文に関わらず多く発注されていること

が確認できた。

株の売買において利益を得るためには注文価格そのものではなく、売り買いにおける価格の差が重要であるが、図 16 から図 22 のように注文価格についてきりの良い値が好まれていることから、投資家が必ずしも合理的に株を注文してはいないことが示されている。

#### 4.5. 注文時刻と注文回数の関係

時刻を秒や分などに分類したとき、買い・売り注文回数がどのように分布するかを分析するため、縦軸を注文回数、横軸をそれぞれの注文時刻として図 23 から図 26 のようなグラフを作成した。なお、取引希望価格を決定せずに注文する成り行き注文についても回数をカウントした。また、比較の対象として複数の企業を対象とした。

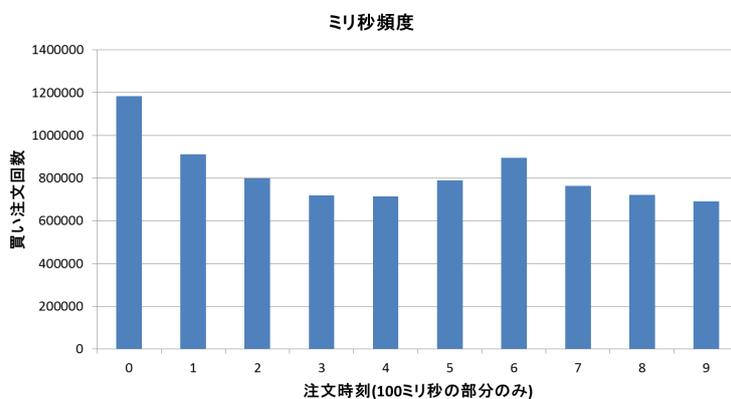


図 23: 100 ミリ秒単位で見たときの買い注文回数の分布  
(362 日分合計 ソニー)

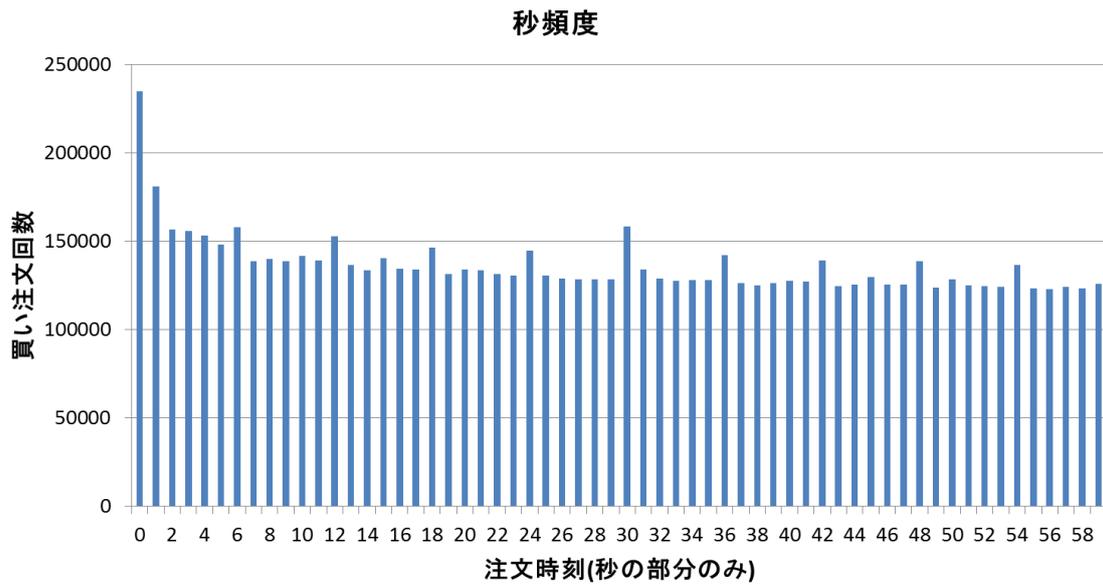


図 24: 秒単位で見たときの買い注文回数の分布 (362 日分合計 ソニー)

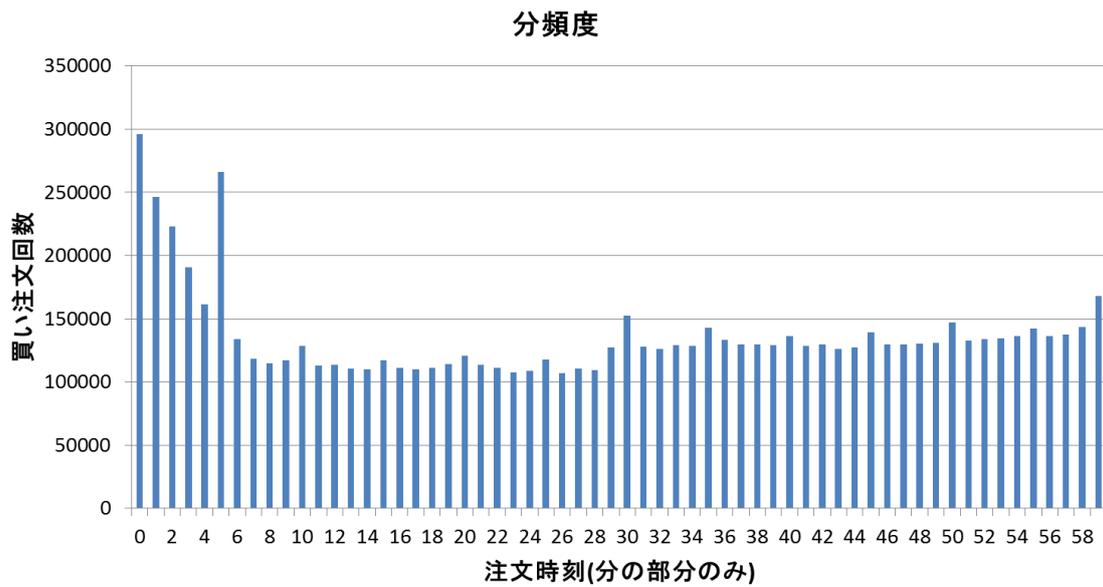


図 25: 分単位で見たときの買い注文回数の分布 (362 日分合計 ソニー)

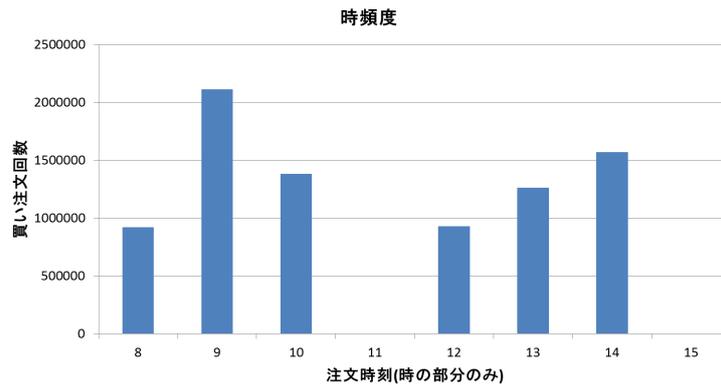


図 26: 時単位で見たときの買い注文回数の分布  
(362 日分合計 ソニー)

図 23 から図 26 の縦軸は買い注文がなされた回数である。また、横軸については図 23 では注文がなされたときの時刻のうち 100 ミリ秒、図 24 では秒、図 25 では分、図 26 では時に相当する部分である。図 25 を例とすると、横軸が 30 となっている部分での買い注文回数というのは注文時刻情報で分が 30 となっているとき、つまり 8 時 30 分 0 秒から 59.9 秒、9 時 30 分 0 秒から 59.9 秒と続き、14 時 30 分 0 秒から 59.9 秒での買い注文回数を合計した値となっている。

時刻のうち 100 ミリ秒の部分に着目した図 23 を見ると、注文時刻が 0 ミリ秒のとき最も買い注文回数が増加していることが確認できる。また、そこから 400 ミリ秒まで注文回数は減少していくが、500, 600 ミリ秒と時刻が進むに連れて注文回数が増加していき、700 ミリ秒以降は再び減少していくことが確認できる。

秒の部分に着目した図 24 を見ると、注文時刻が 0 秒のときに最も買い注文回数が増加している。そこから買い注文回数は減少していくが、6 秒、12 秒とつづき 54 秒まで、6 秒間隔で買い注文回数とその周囲の時刻と比べて増加していることが確認できる。また、その中でも 30 秒の時点に着目すると、0 秒を除いた他の 6 秒刻みでの時刻と比べて多く買い注文回数が増加していることが確認できる。

分の部分に着目した図 25 を見ると、注文時刻が 0 分のときに最も買い注文回数が増加している。そして、2 番目に多い買い注文回数が 5 分の時点となっている。これは、特別気配が発生したときに取引開始時刻が 5 分遅れてしまうことによるものと、午後の注文受付開始時刻が 12 時 5 分であることから、買い注文が多くなされていると考えられる。また、30 分から 59 分の区間では、6 分から 29 分の区間と比べてある程度買い注文回数が増加しているが、これは午後の注文受付開始時刻が 12 時 5 分なのに対し、取引開始時刻は 12 時 30 分であることから、売買取引がなされている間は活発に注文が発注され、その結果買い注文回数に差が生じていると考えられる。また、56 分から徐々に買い注文回数が増加し、59 分には 16 万以上もの買い注文が行われているが、これらは 4.3 節の図 10 などより、午前取引開始時刻である 9 時や、午後取引終了時刻である 15 時に向けて買い注文が集中し

て発注された結果増加したものと考えられる。29分での買い注文回数についても直前である28分での買い注文回数と比べるとある程度増加しているが、これは午後の取引開始時刻である12時30分に向けて買い注文が発注された結果と考えられる。

時の部分に着目した図26を見ると、それぞれ午前の取引終了時刻である11時や午後の取引終了時刻である15時を除くと、注文時刻が8時のときに買い注文回数が最も少なく、9時のときに買い注文回数が最も多く発注しているがその後は減少し、午後になってからは取引終了の15時に向けて徐々に増加していったことが確認できる。この図より、最も買い注文が多い時刻は9時、その次に多い時刻は14時となった。これは、9時は取引開始直後、14時は取引終了直前であることから注文が他の時間帯よりも多く発注されていると考えられる。

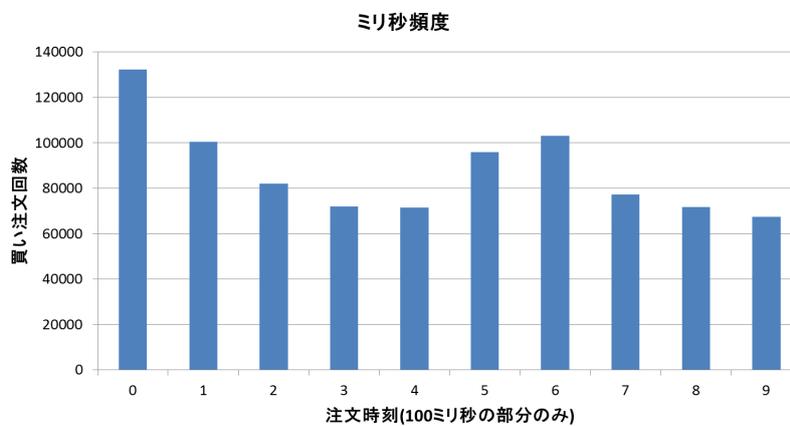


図 27: 100 ミリ秒単位で見たときの買い注文回数の分布  
(362 日分合計 ハウス食品)

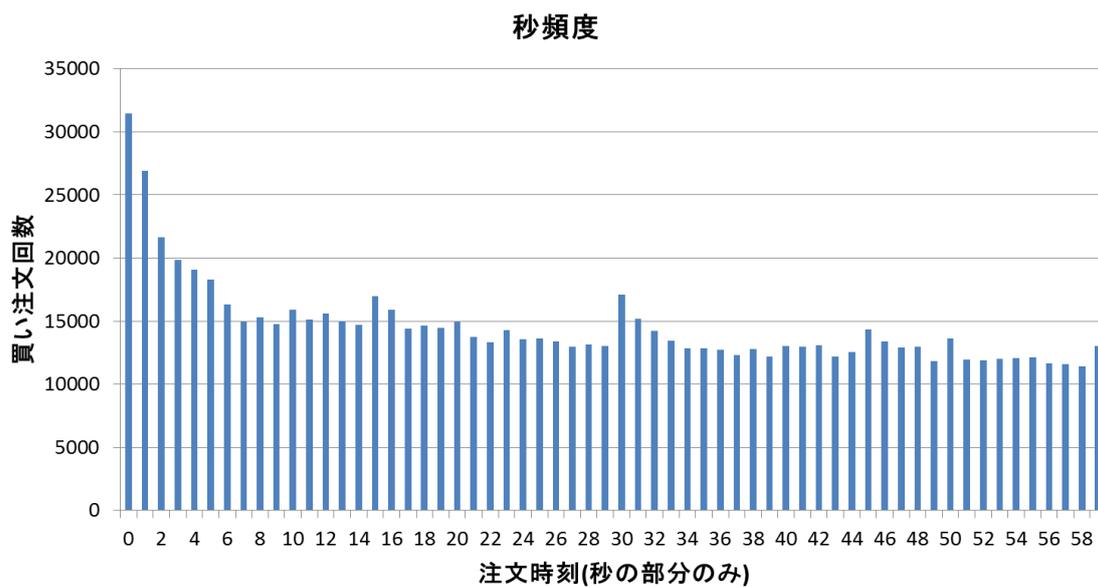


図 28: 秒単位で見たときの買い注文回数の分布 (362 日分合計 ハウス食品)

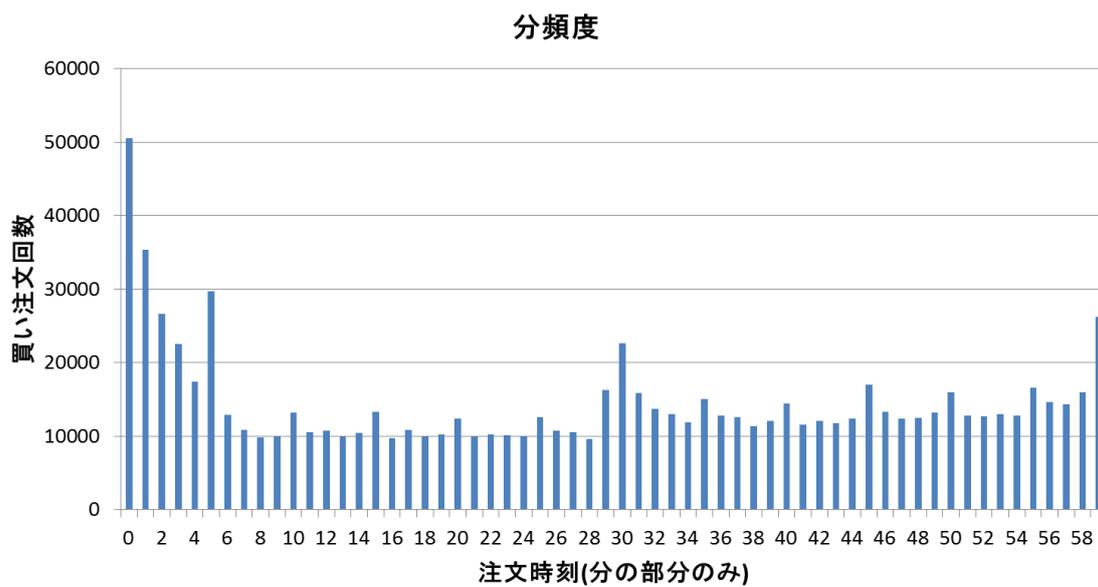


図 29: 分単位で見たときの買い注文回数の分布 (362 日分合計 ハウス食品)

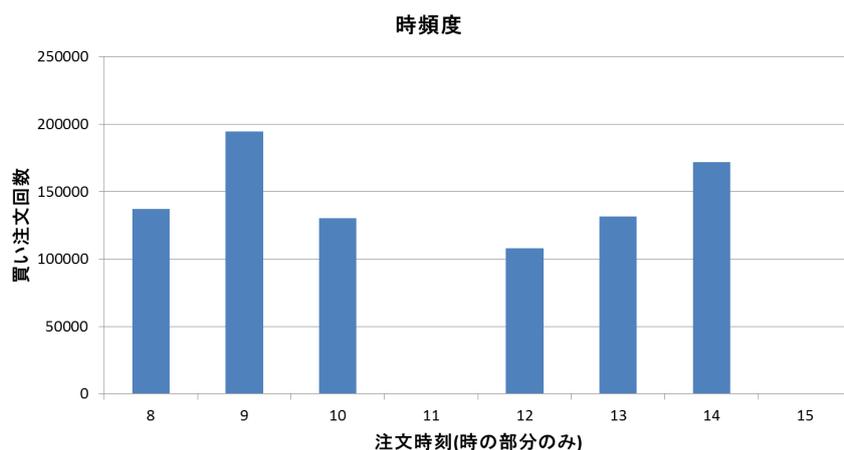


図 30: 時単位で見たときの買い注文回数の分布  
(362 日分合計 ハウス食品)

図 27 から図 30 では銘柄をハウス食品として買い注文回数を時刻別に抽出したものである。

100 ミリ秒の部分に着目した図 27 を見ると、ソニーと同じく 0 ミリ秒と 600 ミリ秒での買い注文が多く発注されていることが確認できる。

秒の部分に着目した図 28 を見ると、ソニーと同じく 0 秒での買い注文が最も多く、次点で 30 秒が多く発注されているが、図 24 より 6 秒ごとに買い注文回数が増加していたソニーとは異なり、15 秒ごとに買い注文回数が増加していることが確認できる。また、50 秒での注文が増加していることや、10 秒や 20 秒での注文が前後の時刻よりある程度多く発注されていることなどから、10 秒ごとでも買い注文回数が増加していると考えられる。

分の部分に着目した図 29 を見ると、図 25 のソニーよりもはっきりと 5 分間隔で買い注文が多く発注されていることが確認できる。また、ソニーでは 58 分から 59 分にかけての買い注文回数が 1.17 倍に増加しているのに対し、ハウス食品では 1.64 倍となっていて、買い注文回数が大きく増加していることが確認できる。

時の部分に着目した図 30 を見ると、買い注文回数が最も少ない時刻が図 26 のソニーでは 8 時だったがそれとは異なり 12 時となっている。しかし、買い注文回数が最も多い時刻が 9 時であることや、12 時以降の買い注文回数が徐々に増加傾向にある部分がソニーと共通することから、ハウス食品においても取引開始直後や取引終了直前での注文が多く発注されていると考えられる。

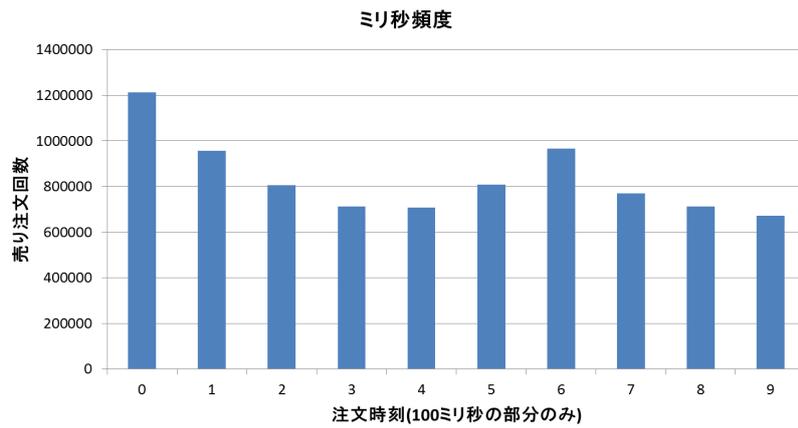


図 31: 100 ミリ秒単位で見たときの売り注文回数の分布 (362 日分合計 ソニー)

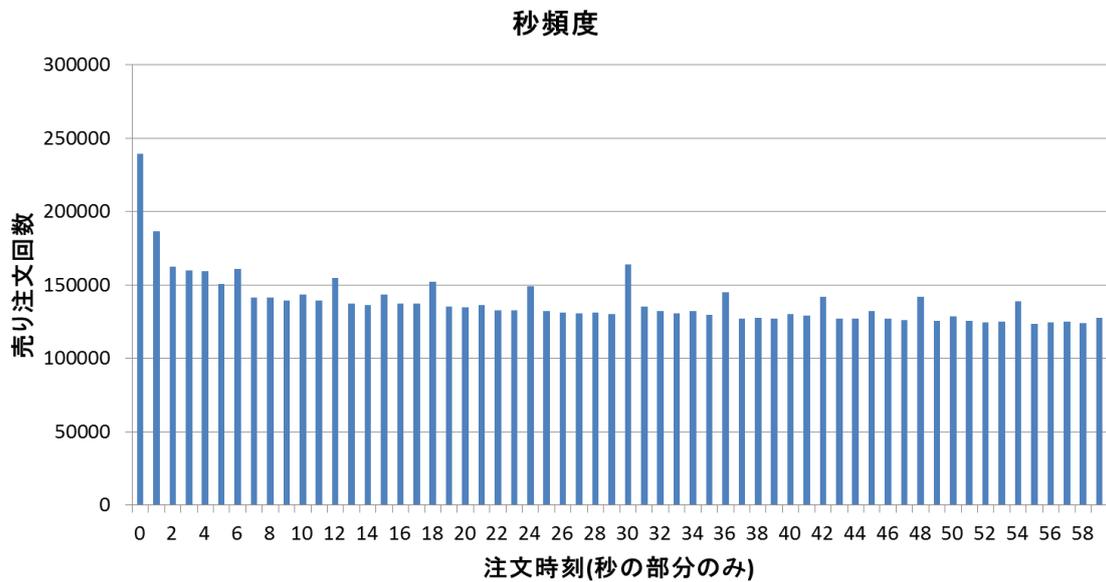


図 32: 秒単位で見たときの売り注文回数の分布 (362 日分合計 ソニー)

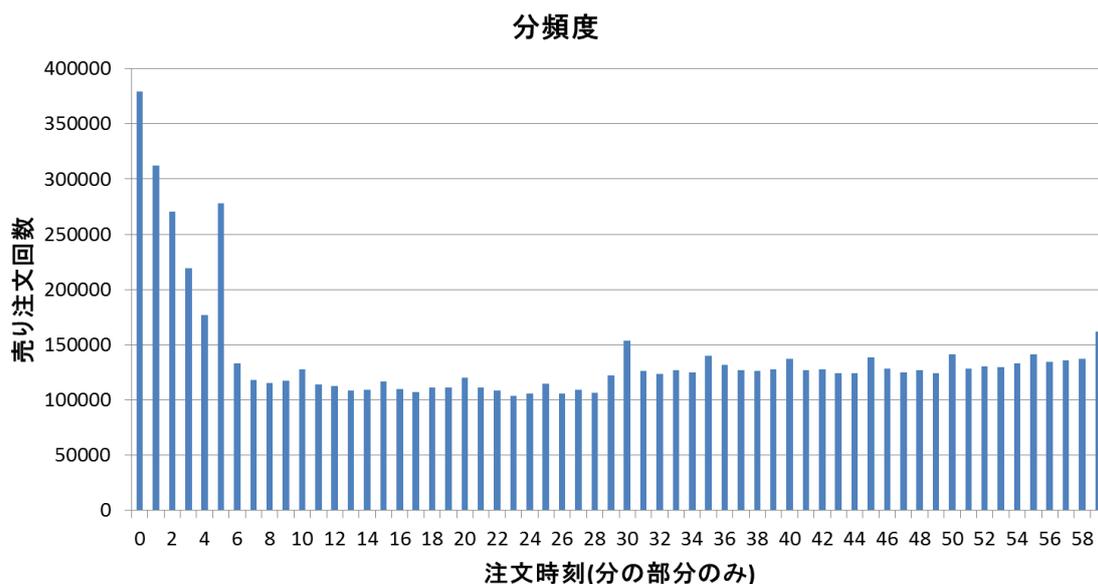


図 33: 分単位で見たときの売り注文回数の分布 (362 日分合計 ソニー)

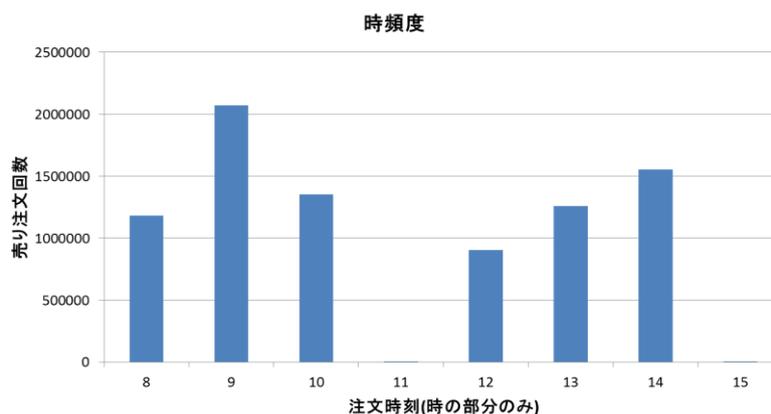


図 34: 時単位で見たときの売り注文回数の分布 (362 日分合計 ソニー)

図 31 から図 34 では銘柄はソニーだが、売り注文回数を時刻別に抽出したものである。しかしこれらの図を見ると、例えば秒の部分に着目した図 32 では 6 秒ごとに売り注文回数が増加していることや、0 秒や 0 分にて最も多く注文が発注されていることなどから、注文回数の絶対値は異なるものの、注文回数の分布とその推移について買い注文とほぼ似たものとなった。ここから、買い注文と売り注文との間で注文時刻の偏り方が異なるといったことは、1 年半を通して見た場合は在り得ないと考えられる。

以上の図 23 から図 34 より、買い注文が発注されたときの時刻について、ある程度の偏りが存在することが確認できた。その中でも特に注文時刻が 0 ミリ秒、0 秒、0 分の場合により多くの買い注文がなされることがわかった。これ以外にも、銘柄によるが 6 秒や 15 秒、5 分おきに注文が多く発注されるケースが存在することがわかった。これら規則正しい時刻

で注文数が増加する現象は、人間の投資家というよりも、システムトレードによるものと考えられる。よって、これら注文回数のピークの直前に注文することで、システムトレードによる戦略を逆手に取った注文ができると考えられる。

#### 4.6. 買い注文回数と株価変更回数の関係

株価変更後に買い注文が多く発注されるのか、株価変更前に買い注文が多く発注されるのか分析するため、取引が開始され株価が付く 9時から 15時までを対象に、1秒の間に行われた株価の変更回数と、その時刻を基準に 6秒前から 6秒後までの買い注文回数を 1秒刻みでそれぞれ乗算し、それぞれ値を算出することで、入札と株価変更の相関関係を調査する。そのために、関係度という指標を設けることとする。

時刻 $t$ における株価を $p_t$ 、時刻 $t$ における買い注文回数を $b_t$ としたとき、株価変更から $\Delta t$ 秒後の買い注文回数と株価変更回数の関係度 $r_{\Delta t}$ を以下に定義する。

$$\text{関係度 } r_{\Delta t} = \sum_{t=0}^{17702} p_t * b_{t+\Delta t}$$

ただし  $-6 \leq \Delta t \leq 6$  とし、

(1)

$t + \Delta t < 0$  または  $t + \Delta t > 17702$  の場合、  
 $b_{t+\Delta t} = 0$  とする

上記の式(1)における 17702 とは、9時から 11時までと、12時 5分から 15時までの秒数の合計である。この式(1)を用いて、2010年 1月 4日のソニーについて買い注文回数と株価変更回数の関係度を計算したものを図 35 に示す。

$\Delta t$	関係度 $r_{\Delta t}$
-6	1452
-5	1423
-4	1525
-3	1619
-2	1781
-1	1745
0	4765
1	2061
2	1840
3	1638
4	1379
5	1401
6	1561

図 35: 買い注文回数と株価変更回数の関係度  
(2010/01/04 ソニー)

図 35 を見ると、株価変更時刻から 1秒~3秒以内においては、株価変更前よりも、株価変更後に買い注文が発注される場合が多いことが確認できる。また、株価変更時刻から 4

秒以上離れたタイミングにおいては、株価変動前に買い注文が発注される可能性が多いことが確認できる。しかし、データ間が 1 秒であることなどから、もっと細かい時刻で見る必要があると考えられる。

#### 4.7. 株価変更直前・直後の注文時刻と株価変更時刻との時間差とその関係

株価が変更されたとき、買い・売り注文が活発になったから株価が変更されたのか、それとも株価が変更された結果、買い・売り注文が活発化するのかを分析するため、縦軸を買い・売り注文の回数を合計した値、横軸を株価変更時刻からの時間差(単位 100 ミリ秒)として図 36 のような点グラフを作成した。その際、グラフを見やすくするため縦軸を対数目盛りとした。また、比較の対象として複数の企業を対象とした。なお、取引希望価格を決定せずに注文する成り行き注文についてもカウントした。また、株価が変更される時は、すなわち今までとは異なる気配値で売買が成立する注文がなされたときであるが、この株価変更と同時に実行された注文については無視する。図 36 では株価変更の 100 ミリ秒前後から 3 秒前後まで、図 37 では 6 秒前後の注文回数までを点として記載している。また、参考のため全ての注文同士(注文のキャンセルは含まない)の時間差とその回数の関係も記載した。

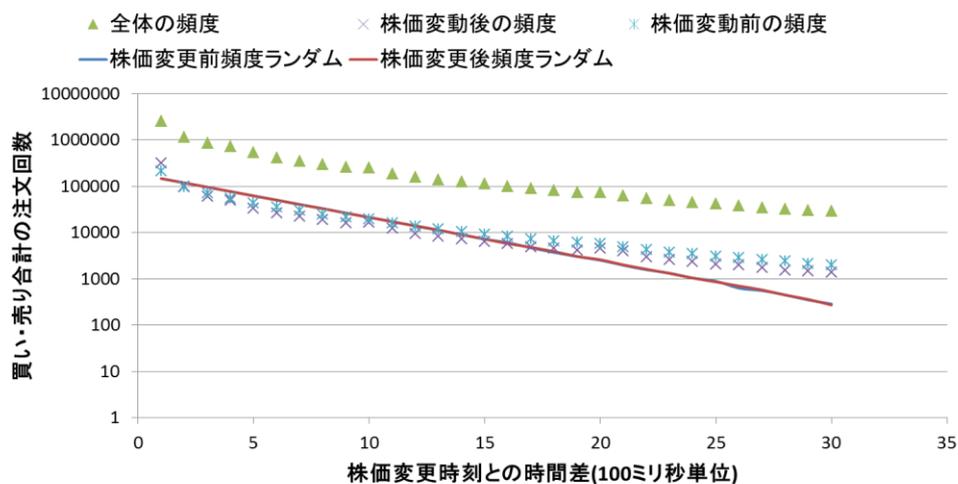


図 36: 株価変更直前と直後での注文回数の差(362 日分合計 ソニー)

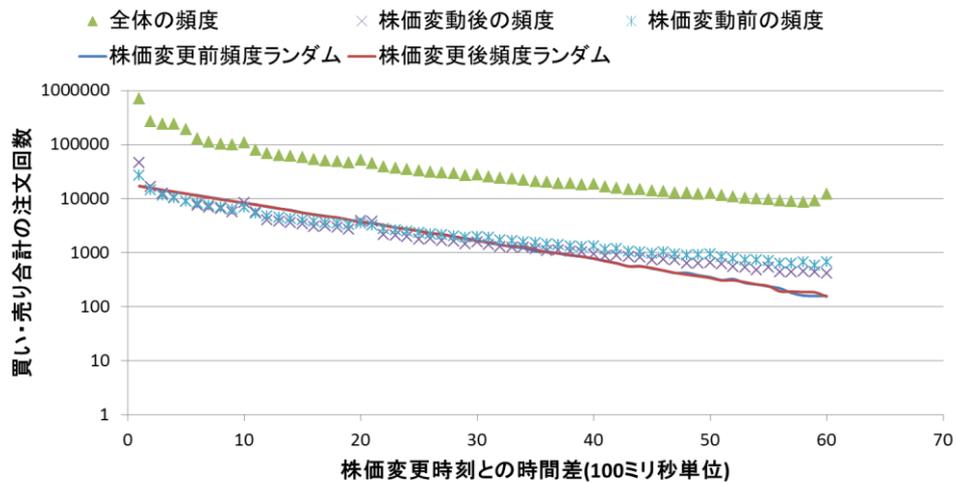


図 37: 株価変更直前と直後での注文回数の差(362 日分合計 武田薬品)

図 36 を見ると、ソニーでは株価変更から 100, 200 ミリ秒離れた時刻においては、株価変更後の注文の方が、株価変更前の注文よりも注文回数が高いことが確認できる。しかし、株価変更から 300 ミリ秒以上離れた時刻においては、株価変更前の注文の方が、株価変更後の注文よりも注文回数が高いことも確認できる。一方図 37 を見ると、武田薬品では株価変更から 100 ミリ秒から 500 ミリ秒離れた時刻においては、株価変更後の注文の方が注文回数が高く、株価変更から 600 ミリ秒以上離れた時刻においては、株価変更前の注文の方が注文回数が高いことが確認できる。以上から、株価が変更されそうにない状況では株価変更前の方が注文回数が多いのに対し、株価がまさに変更されそうな状況においては、株価変更後の方が注文回数が多くなるという、注文回数の逆転現象が確認できた。

これに続き、他の投資家の注文行動とは関係なく注文したとき、つまりランダムに注文したときと、実際の株価変更時刻との時間差を計算して、実際の注文との分布の違いを調査する。ランダムに注文を生成するにあたり、まず 1 日に行われる注文回数を決める必要がある。そこで各銘柄の 362 日分の買い・売り注文回数をカウントし、その値を全日数で除算することで 1 日の注文回数を定めていくこととした。

表 3: 362 日合計の注文回数およびその平均

銘柄番号	銘柄	注文回数	ランダム注文回数
4502	武田薬品工業株式会社	6149048	16986
6758	ソニー株式会社	16513325	45616

表 3 では実データ 362 日間において行われた買い・売り注文の回数をカウントした値を表記している。この合計注文回数を 362 で除算し端数を切り捨てた値の分だけ、ランダムな時刻に注文させる。表 3 より、武田薬品では 1 日あたり 16986 回、ソニーでは 45616 回ランダムに注文を生成させることとする。ランダムに注文を生成させる際の注文時刻に

については8時0分0秒から11時0分0秒、および12時5分0秒から15時0分0秒までの間からランダムな時刻とする。また、ここでは注文株数については関係ないことから、注文が行われたこと自体を記録するものとし、ランダムに注文が行われたことによる注文同士の約定や、注文のキャンセルなどは起こらないものとする。そしてランダムに注文を生成させた後にそれらの注文時刻と、実際の株価が変更された時刻を照らし合わせ、その時間差ごとに注文回数をカウントし、図 36、図 37 における線グラフで示した。図を見ると、縦軸が対数目盛りであることより、株価変更の時点から時間が離れるほど注文回数が指数関数的に減少していることが確認できる。

ここでランダムに注文したとき、つまり他の投資家の注文行動に影響されない注文の回数と、実際の注文回数を図 36、図 37 より見比べてみると、ソニーでは株価変更から100ミリ秒、および1.7秒以上離れた時刻において、実際の注文回数がランダムに注文する場合よりも多くなった。一方武田薬品では、株価変更から100ミリ秒、および3.4秒以上離れた時刻において実際の注文回数がランダムに注文する場合よりも多くなった。

以上の結果より、両銘柄共に100ミリ秒での注文が多くなっていることが確認されたが、これは投資家あるいはシステムトレーダーといった市場参加者が活発に動く株価に反応して同じ時刻で注文した結果、100ミリ秒差での注文が多くなるという心理的な要素が入っていると考えられる。

#### 4.8. 投資行動における心理的取引の検出 – 小まとめ

4.1節から4.7節より、小規模の株注文では買い注文と売り注文である程度発注回数に相関があることや、銘柄間での注文の増加には相関がほとんど無いこと、取引開始直後や取引終了直前になるほど注文が多く発注されること、きりの良い値段での注文が多いこと、きりの良い時刻での注文が多いこと、100ミリ秒単位で細かく見ると株価変動直後での注文が多いことなどがわかった。これらを総括すると、市場が心理的要素によって動いている、つまり非合理的な注文行動が行われていると考えられる。また、人の手による入札とは考えにくい規則のある入札のタイミングが存在することなどから、システムトレードによる影響が現れていることもわかった。

## 5. 板情報のパターンと市場特性の検出 – 板情報のクラスタリング

板に残っている買い・売り注文のパターンをクラスタリングすることで、その後の注文行動がどのように変化するか、残り注文株数のクラスタ間でどのような違いがあるか等を分析する。また注文件数によるクラスタリングでは、板情報を時系列順に並べたとき、連続する板情報の間でどのようなクラスタの遷移が起きるか分析する。

### 5.1. クラスタリングにおける課題と解決法

取引開始直後の板情報に基づく注文行動を除くため、取引開始後 30 分を除いた 3 時間 30 分間のフル板情報について k-means 法を用いてクラスタリングを行う。その際は現在株価近辺にどの程度注文がなされているかを見るために、現在株価を基準として気配値別に注文株数をベクトル化する。このとき、買い注文量と売り注文量を区別するため、買い注文数については注文株数を負の数として定義する。例として図 1 の板情報を株数が見える範囲でベクトル化したとすると、気配値が低いほうから(-6800, -4200, -2300, ..., 3200, 4600, 10800)というベクトルになる。しかしこのように注文株数をクラスタリングする際には、以下のような問題点が挙げられる。

- (1) 最安値の買い注文から最高値の売り注文までをベクトル化すると、ベクトルの次元が大きくなる。
- (2) 現在株価から離れた価格に大量の売買注文が残る。
- (3) 売買注文価格が、現在株価と呼び値に影響される。
- (4) 株式銘柄ごとに出来高(株取引量)が異なる。
- (5) 現在株価と売買注文の分布が連動して変化する。

問題点(1)は、日付や銘柄によってベクトルの次元が変化するという問題点も挙げられる。問題点(2)は、ベクトルを最近接のクラスタに再配属させる際の距離算出において障害となる。問題点(3)は、例えば株価が安いので注文価格の刻みが 1 円ずつの銘柄と、株価が高いので注文価格の刻みが 5 円ずつの銘柄では、注文する値段の刻みが異なることから、注文の戦略が異なる可能性が考えられる。問題点(4)は、出来高が異なることから銘柄別の比較が困難となる。問題点(5)は、例えば基準となる現在株価が 2 円増減すると、注文株数のベクトルも各要素が 2 つずれてしまうという問題である。これらの問題点に対し、我々は以下の解決法を考えた。

- {1} ベクトル化する部分を基準株価±10 から 15 本以内に制限する。
- {2} 現在株価や出来高に応じて、別のグループとして分析する。
- {3} 注文株数をベクトル化する際の基準株価を 100 ミリ秒ではなく 1 秒や 1 分ごとに更新する。

解決法{1}によって、ベクトルの次元が小さくなると同時に、現在株価から離れた大量注文について無視できるようになる。解決法{2}によって、似たような株価・出来高の銘柄同士で比較ができるようになる。解決法{3}によって、注文株数のベクトルが株価更新によって大きく変わる頻度を抑えられるようになる。

## 5.2. 注文株数のクラスタリング

解決法のうち{1}{3}を参考にして、1秒間のフル板情報より、基準となる気配値から±15本以内の気配値における株の注文量を求め、これを31次元のベクトルとして定義する。基準となる気配値については、最初は9時30分時点の現在株価とするが、1秒おきに基準株価を変更することとする。これに基づいて9時30分から11時、13時から15時までの板情報を1秒ごとにベクトル化し、クラスタリングしていく。クラスタの中心と各ベクトル間の距離のとり方はマンハッタン距離を用い、クラスタの数は10とする。フル板情報のデータは2010年8月6日、分析対象銘柄はソニーを用いる。以上の条件でクラスタリングを行った結果を図38に記す。

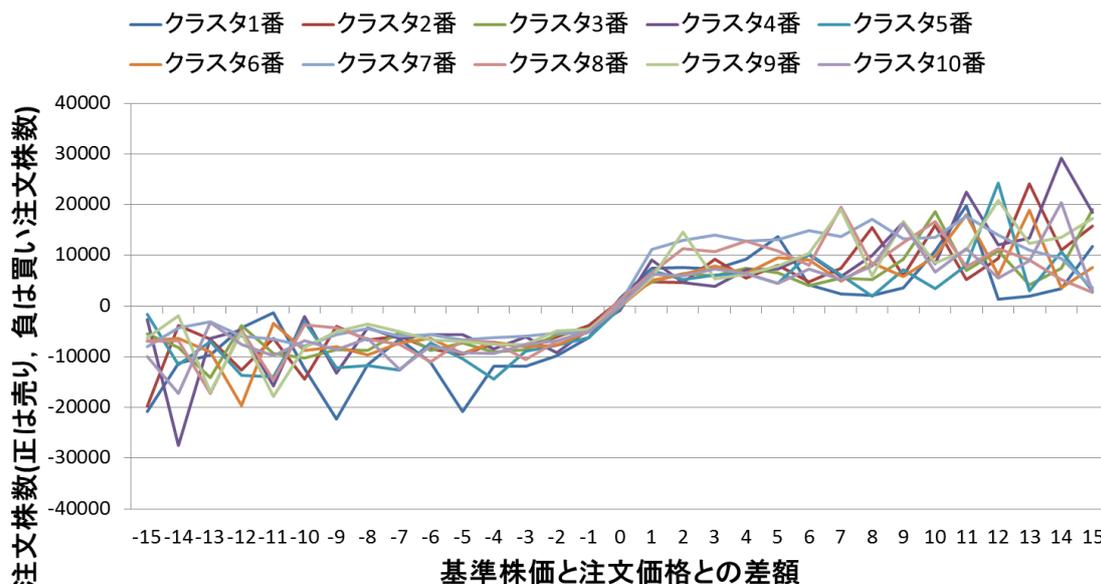


図 38: 各クラスタにおける注文株数 (2010/008/06 ソニー)

図38の縦軸は正なら売り注文株数、負なら買い注文株数、横軸は基準株価との注文差額を表し、各系列はそれぞれ各クラスタの中心座標、すなわち各クラスタにおける板情報を表す。図38を見ると、クラスタごとに注文株数の分布やピークの位置が異なるなど、様々な板情報が形成されていることが確認できる。また、これらの板情報からこの先どのような注文がなされるのか分析するため、クラスタに配属された各ベクトルの時刻から、1秒先までに行われる売買注文量の総和を計算し、配属されたベクトルの数で除算した平均注文量を図39に示す。

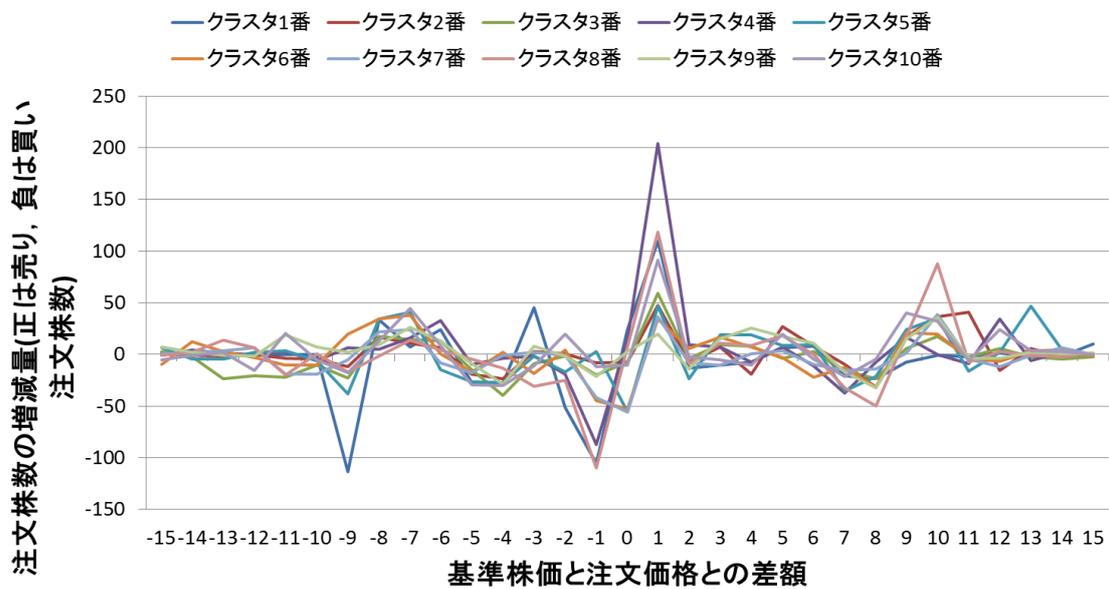


図 39: 各クラスタにおける 1 秒後の注文株数変動量 (2010/08/06 ソニー)

図 39 を見ると、クラスタ別に様々な注文行動が分布していることが確認できる。これら 図 38 や図 39 より、特徴的なクラスタの板情報を図 40 から図 45 にて述べる。

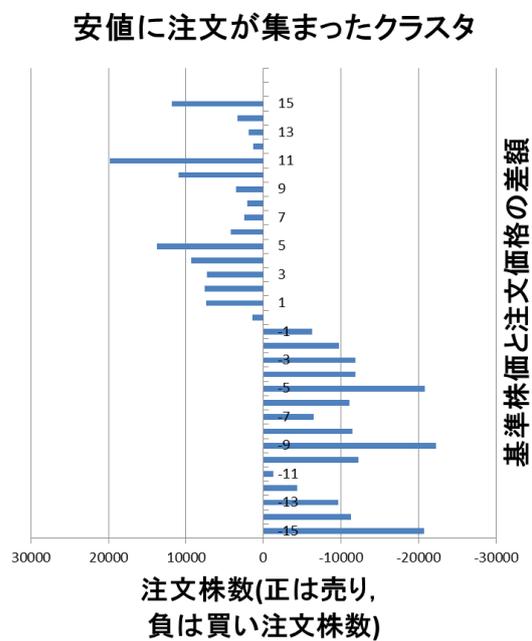


図 40: 安値に注文が集まったクラスタの中心の板情報 (2010/08/06 ソニー)

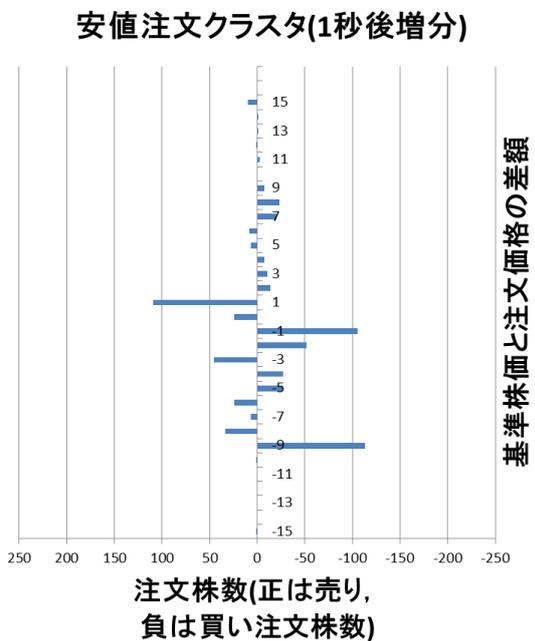


図 41: 安値に注文が集まったクラスタの 1 秒後の注文株数変動量 (2010/08/06 ソニー)

図 40 は図 38 におけるクラスタ 1 番の板情報、図 41 はこのクラスタに配属されたベクトルの時刻から 1 秒後までの売買注文行動の平均注文量を表し、どちらの図も縦軸は基準株価との注文差額、横軸は注文株数を表す。また、縦の基準軸より左側に伸びているのは売り注文量または買い注文のキャンセル、右側に伸びているのは買い注文量または売り注文のキャンセルを表す。図 40 を見ると、基準株価から 6 円以上高い価格での売り注文が少なく、かわりに基準株価から 10 円安い価格までの買い注文が多くなっている。板情報がこの状況に近づくと、図 41 より、1 秒経過するまでの間に買い注文が売り注文よりも多く発注またはキャンセルされ、また基準株価から 9 円も安い買い注文が平均 100 株注文される。このことから安値に注文が集まったクラスタの状況では値下がり予測して市場が動き、価格の安い方に買い注文がシフトしつつあることを示している。よって、買い注文側に活発な注文行動が見られるといえる。

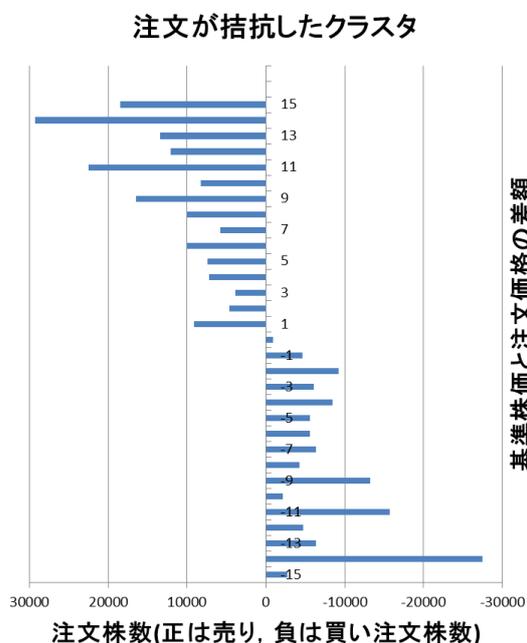


図 42: 注文が拮抗したクラスタの中心の板情報 (2010/08/06 ソニー)

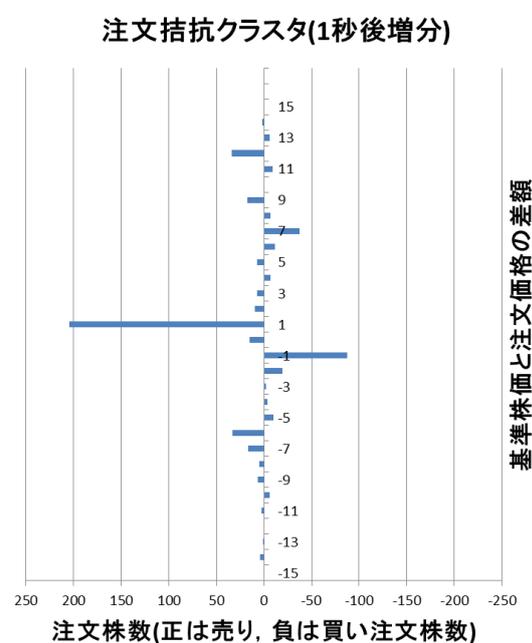


図 43: 注文が拮抗したクラスタの 1 秒後の注文株数変動量 (2010/08/06 ソニー)

図 42、図 43 は図 38 におけるクラスタ 4 番の板情報および配属されたベクトルの時刻から 1 秒後までの売買注文行動の平均注文量だが、図 42 を見ると、基準株価の前後ではあまり注文がされず、基準株価から離れるほど注文が多くなっていっている。板情報がこの状況に近づくと、図 43 より 12 円高の売り注文が 30 株程度入るのみで、ほとんどの注文は現在株価±1 円での注文が多く発注されるにとどまる。このことから注文が拮抗したクラスタの状況では基準株価からあまりずれない注文行動のみが活発であるといえる。

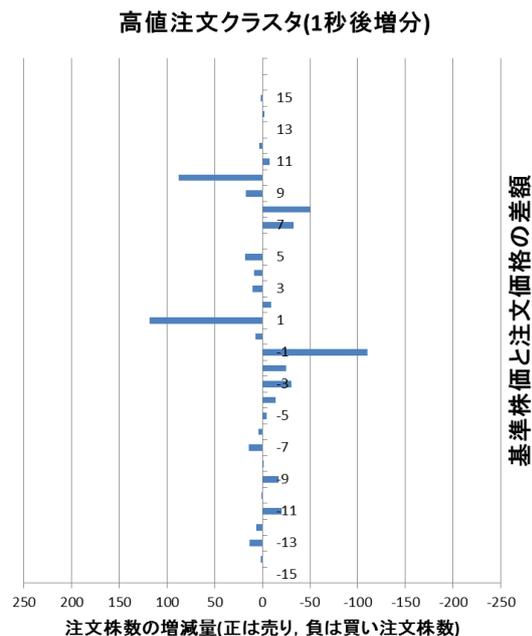
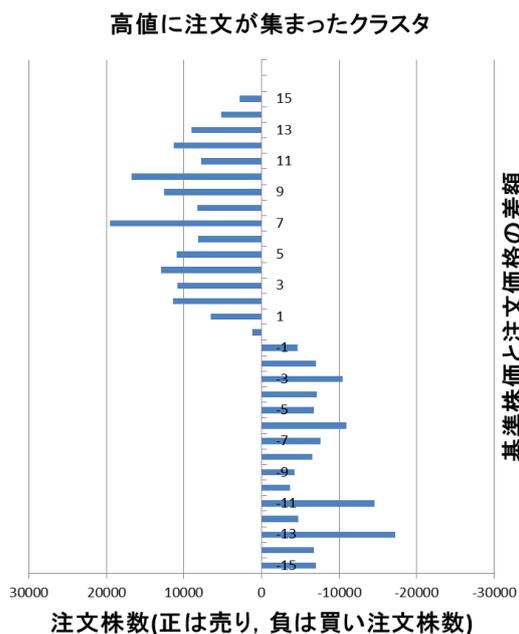


図 44: 高値に注文が集まったクラスタの中心の板情報 (2010/08/06 ソニー)      図 45: 高値に注文が集まったクラスタの1秒後の注文株数変動量 (2010/08/06 ソニー)

図 44, 図 45 は図 38 におけるクラスタ 8 番の板情報および配属されたベクトルの時刻から 1 秒後までの売買注文行動の平均注文量だが, 図 44 を見ると, 基準株価の 2 円高から 5 円高や, 7 円高などに売り注文が 1 万株以上発注されている. 板情報がこの状況に近づくと, 図 45 より 8 円高の売り注文が 50 株程度キャンセルされ, 代わりに 10 円高に 87 株程度発注される. このことから高値に注文が集まったクラスタの状況では基準株価から見て高値の価格帯において価格のより高い方へ売り注文がシフトしつつあることを示している. よって, 売り注文側に活発な注文行動が見られるといえる.

以上より, 板情報上にある注文株数のパターンによって, 1 秒後の注文行動に様々な差が生じるということが確認できた.

### 5.3. 注文件数のクラスタリング

注文件数をクラスタリングするにあたり, ベクトル化する板情報を現在株価±15 本, クラスタ数を 30, フル板情報は 2011 年 5 月 9 日から 5 日間のデータを用いてクラスタリングを行った. この際, 時系列順に板情報がどのようなクラスタ間を遷移するか記録し, 1 つの状態遷移回数表にまとめた.

表 4: 状態遷移回数表 (縦軸: 遷移元クラス番号, 横軸: 遷移先クラス番号)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	合計
1	895	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20	2	0	15	1	0	0	0	0	1041
2	5	677	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	20	0	1	0	0	715
3	0	1	1059	0	3	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	20	0	0	1102	
4	1	0	0	4006	0	1	76	0	1	0	0	2	0	1	3	0	3	1	16	55	8	0	0	4	0	0	1	5	0	4184	
5	0	5	5	0	1512	24	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1568	
6	0	0	0	1	22	1640	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1700	
7	0	0	0	69	0	1	4347	0	0	1	0	0	2	0	0	4	0	2	0	0	26	0	6	6	0	0	0	64	1	4529	
8	0	0	0	0	22	0	0	1495	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	1536
9	0	0	0	1	0	0	0	0	2426	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	44	0	0	0	10	0	0	2513
10	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1196	0	0	0	0	0	0	2	1	0	26	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	1246
11	0	0	2	0	0	0	0	1	33	0	1730	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	37	0	0	1805
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1374	0	0	0	0	0	3	0	26	3	0	0	0	0	0	0	1	32	0	1439
13	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	1836	0	0	0	0	0	0	0	32	1	19	8	0	0	0	11	0	0	1911
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	643	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	672
15	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1659	0	0	0	0	0	1	28	1	24	0	0	0	0	0	0	1719
16	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2235	2	0	0	9	28	0	0	0	0	0	0	0	54	0	2331
17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	2283	55	0	49	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2398
18	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	50	2604	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	37	0	2702
19	0	4	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	1516	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1561
20	0	0	0	12	0	0	2	0	0	25	0	23	0	0	0	11	56	2	0	3417	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	3554
21	0	0	0	63	0	0	19	0	1	0	0	4	35	0	1	26	0	0	0	1	3750	0	6	0	1	0	0	7	1	0	3915
22	17	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	24	0	0	0	0	0	0	0	1739	0	3	5	0	0	0	0	1798
23	3	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	19	0	1	0	0	0	0	0	6	0	1094	1	22	0	0	1	0	0	1152
24	0	0	0	0	0	0	7	0	42	0	3	0	7	1	30	0	0	0	0	0	0	1	0	2913	0	7	0	1	0	0	3012
25	18	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	22	0	1269	0	0	0	0	0	1317
26	1	24	13	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	982	0	1	0	0	1031
27	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	527	0	0	0	0	549
28	0	0	22	0	3	0	0	20	5	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	2689	0	0	2778
29	0	0	0	8	0	0	65	0	0	18	0	0	7	0	0	52	0	5	0	5	9	0	0	2	0	0	0	5087	0	0	5258
30	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	38	0	0	0	0	5	27	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1890	0	0	1963
合計	1041	715	1102	4184	1568	1700	4528	1536	2513	1246	1805	1439	1911	672	1719	2331	2398	2702	1561	3554	3916	1798	1152	3012	1317	1031	549	2778	5258	1963	

表 4 は全クラスタの状態遷移回数表である．例えば，現在の板情報上で注文件数の分布がクラスタ 1 番に属する場合，次の秒では注文件数の分布がクラスタ 2 番に属している場合が 4 回発生しているということとなる．ここで，現在のクラスタ番号を $cur_n$ ，次の秒におけるクラスタ番号を $next_m$ ，クラスタ番号 $cur_n$ からクラスタ番号 $next_m$ へ遷移した回数を $t(cur_n, next_m)$ としたとき，数式(2)を満たす遷移を図 46 に示した．

$$\frac{t(cur_n, next_m)}{\sum_{p=1}^{30} t(cur_n, next_p) * \sum_{q=1}^{30} t(cur_q, next_m)} \geq 5 * 10^{-6} \quad (2)$$

ただし  $1 \leq n \leq 30, 1 \leq m \leq 30$

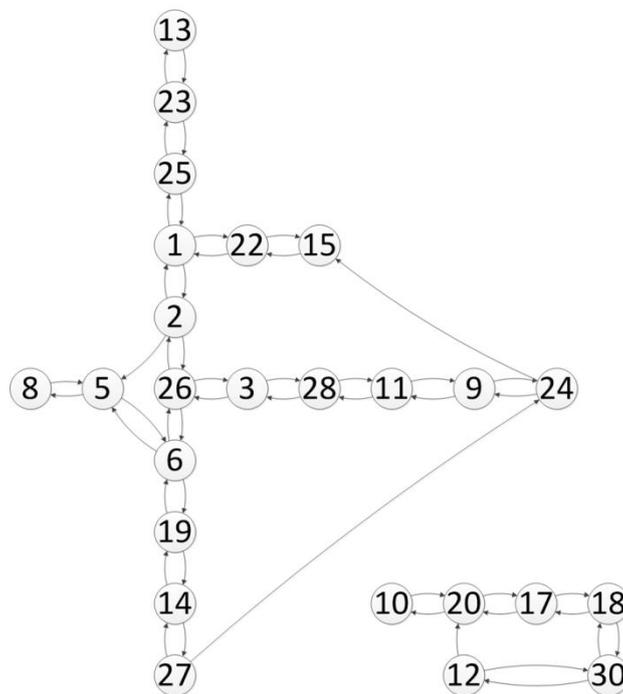


図 46: 状態遷移回数表より数式(2)を満たす遷移  
(2011/05/09 から 5 日間 ソニー)

図 46 において円の中に記載されている番号はクラスタ番号である．また，遷移先が自身のクラスタとなる遷移は省略して示している．図 46 を見てみると，ほとんどのクラスタ間において，相互に遷移していることが読み取れる．この図 46 から，特徴的なクラスタ間の遷移について図 47 から図 52 に示す．



認できる。また図 48 の売買注文件数を見ると、クラスタ 13 番の板情報においては、現在株価-12 円の気配値でおよそ 63 件の買い注文が発注されている。この買い注文件数のピークはクラスタ番号が 13 番から 1 番まで遷移するに連れて気配値が 1 円ずつ上昇するが、クラスタ 2 番へ遷移するとピークは基準株価-15 円と-5 円の部分となり、ここからクラスタ 24 番まで遷移するに連れてピークの気配値(基準株価と注文価格の差額)は 1 円ずつ下落していくことが確認できる。このようにクラスタ間を高頻度に遷移する場合においては、ピークが何円か飛ぶ場合もあるが、大抵は注文件数のピークが 1 円ずつ移動するような動きをとることとなった。これは基準株価が動いたことにより、注文件数がずれていったと考えられる。しかし、図 47 より強く遷移する方向に注目してピークの動きを確認すると、図 48 の青矢印の方向のようにピークの気配値が上昇する場合と、赤矢印のようにピークの気配値が下落する場合の 2 つの動きが混在していることが確認できた。注文件数のピークの気配値が上昇するということはすなわち板情報に対して基準となる株価が下落しているということ、逆にピークの気配値が下落するということは基準となる株価が上昇しているということを意味しているので、注文件数が図 48 中のクラスタ 13 番から 11 番のように分布している場合、現在株価は下落し、クラスタ 11 番から 24 番のように分布している場合現在株価が上昇する可能性が高くなると考えられる。

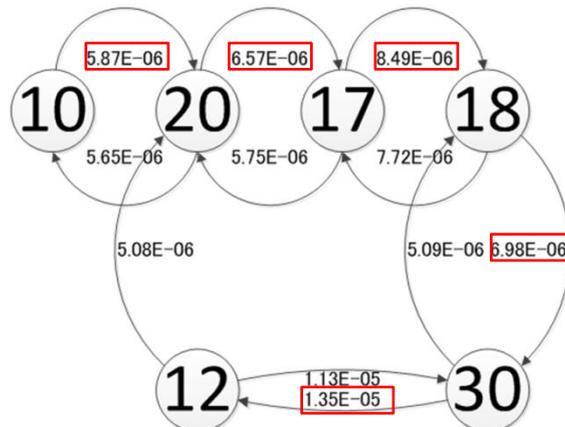


図 49: クラスタ 10 番から 12 番までの遷移と  
数式(2)で導かれた値の関係 (2011/05/09 から 5 日間 ソニー)

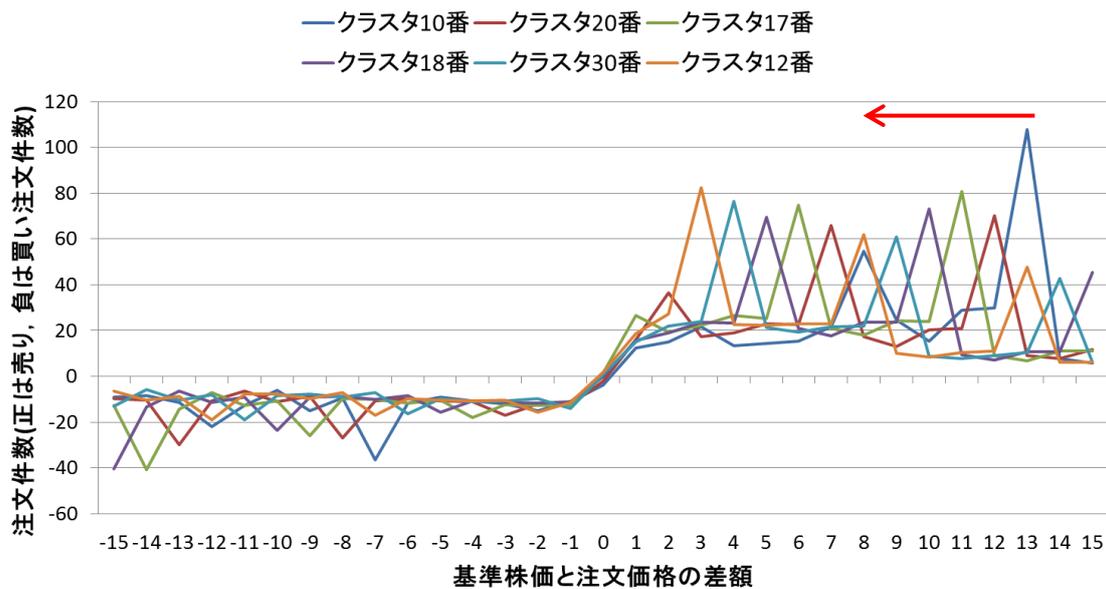


図 50: クラスタ 10 番から 12 番にかけての板情報  
(注文件数, 2011/05/09 から 5 日間 ソニー)

図 49 は図 46 におけるクラスタ 10 番を起点とし 12 番までの遷移を図にしたもの, 図 50 はこれらのクラスタの売買注文件数を表している. 図 49 を見てみると, 図 47 とは異なり, 同じ方向に遷移する可能性が高くなっていることが確認できる. これらより, 図 50 についてクラスタ間を強く遷移する方向に注目してピークの動きを確認すると, 図中の矢印の流れに沿ってピークの気配値が下落していくことが確認できる. よって, 注文件数が図 50 中のクラスタ 10 番から 12 番のように分布している場合現在株価が上昇する可能性が高くなると考えられる.

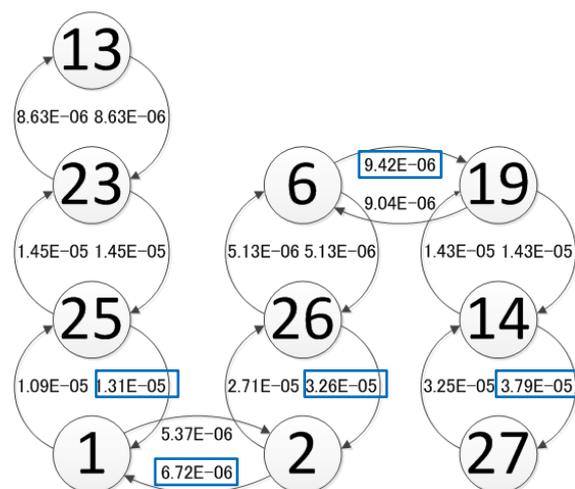


図 51: クラスタ 13 番から 27 番までの遷移と  
数式(2)で導かれた値の関係 (2011/05/09 から 5 日間 ソニー)

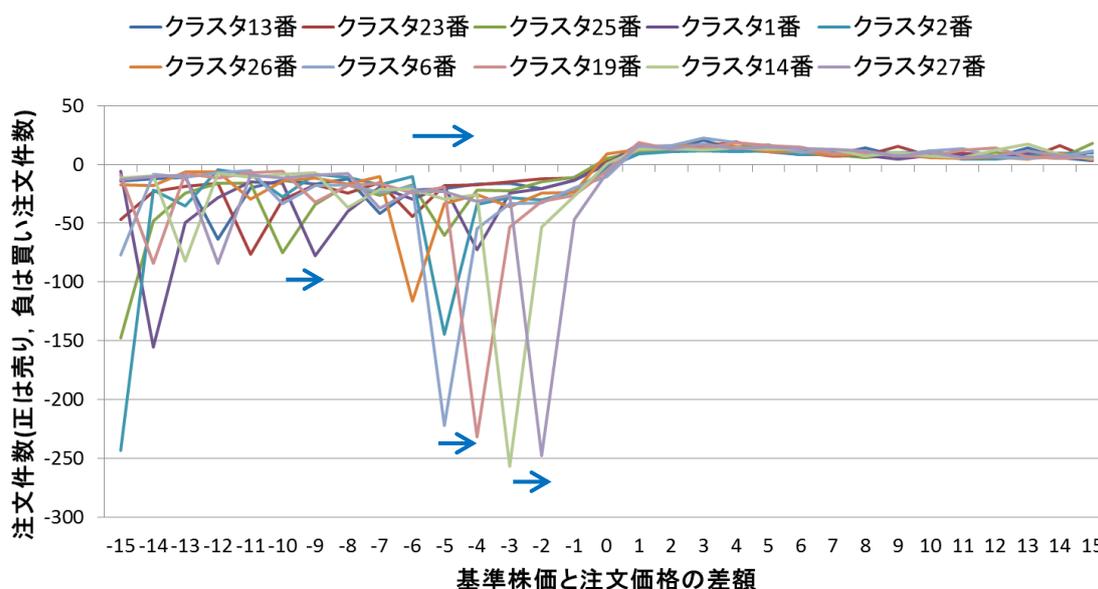


図 52: クラスタ 13 番から 27 番にかけての板情報  
(注文件数, 2011/05/09 から 5 日間 ソニー)

図 51 は図 46 におけるクラスタ 13 番を起点とし 27 番までの遷移を図にしたもの、図 52 はこれらのクラスタの売買注文件数を表している。図 51 を見てみると、クラスタ 6 番と 26 番間の遷移のように遷移度が同じクラスタ間の遷移が途中に見受けられるが、やはり 2 クラスタ間で強い遷移がいくつか確認できる。これらより、図 52 について強い遷移に着目してピークの動きを確認すると、矢印のようにピークの気配値が上昇していくことが確認できる。しかし、図 48 や図 50 とは異なり、強い遷移をするクラスタ同士が繋がっていないことから、現在株価が下落する可能性はあるものの、図 47 図 48 ほどではないと考え

られる。

以上のことから、注文件数の分布やこれらクラスタ間の遷移を見ることで、株価変動の動向が予測できると考えられる。

#### **5.4. 板情報のパターンと市場特性の検出 – 小まとめ**

5.1 節から 5.3 節より、注文されている株数のパターンによって、その後の注文行動がパターンごとに変化することや、注文件数のピークがどう推移するかによって、その後の株価の動きに偏りが生じることから、これら板情報のパターンを監視することで、未来における市場の動きを捉えることができると考えられる。

## 6. チャートを用いた市場動向の検出 – 板に残った売買注文株数と現在株価の推移グラフの提案

板に残った買い・売りの注文株数と、その時点での現在株価がどのような関係になっているかを分析するため、縦軸を売り注文株数から買い注文株数を引いた残株値、横軸を現在株価として、また、時系列順でデータ間に線を補完してこれらをグラフに可視化するツールを開発した。グラフにおいて縦軸の上方向を正とし、横軸と交わる部分を0とすると、買い注文株数よりも売り注文株数が多い場合は正、売り注文株数よりも買い注文株数の場合は負となる。横軸は一日の取引のうち現在株価が最安値なら右端、最高値なら左端となる。以下にグラフ上での基本的な動きを説明する。

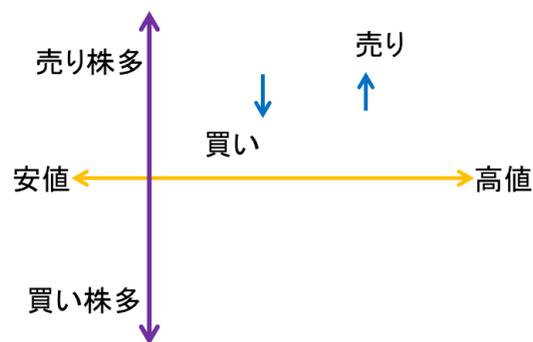


図 53: 残存株数と株価の推移グラフ  
買い注文と売り注文の発生

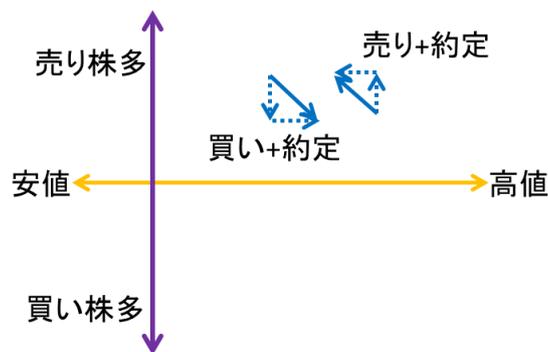


図 54: 残存株数と株価の推移グラフ  
買い注文と売り注文の発生と約定

図 53 では買い注文や売り注文が発注されたが、株価が動かない場合のグラフ上の推移を表している。横軸が現在株価を表しているの、株価が変動しない場合、板に残った注文株数に応じてグラフ上を垂直に推移する。買い注文が多いほど負、売り注文が多いほど正の方向に推移する。

図 54 では買い注文や売り注文が発注され、その結果取引が成立して株価が変更されたときのグラフ上の推移を表している。買い注文を例とすると、買い注文が発生して、市場に残っていた売り注文と取引が成立し、残り売り注文数が減少する。すると、グラフ上では下方方向に推移することになるが、ここで現在株価が値上がりしたとすると、株価が高値に向かったことによりグラフ上では右方向へ推移する。よって、これらの動きを組み合わせると、グラフ上では右下方向に推移することとなる。逆に売り注文が発生し取引が成立した場合は、残り買い注文が減少することとなるので、グラフ上では上方方向に推移し、更に現在株価が値下がりした場合、安値に向かったことから左方向に推移、結果として左上方向に推移することとなる。

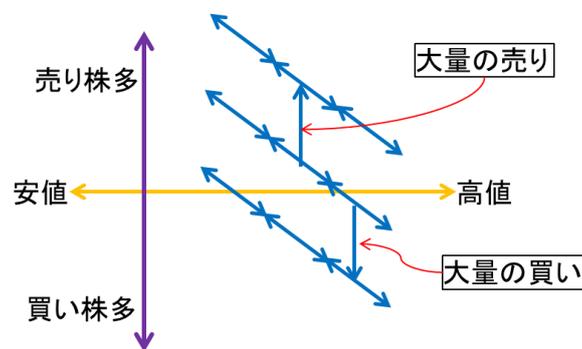


図 55: 残存株数と株価の推移グラフ  
基本的な推移と大量注文による軸の移動

図 53 や図 54 より、板に残った株数と株価の推移は右下や左上に動きながら推移すると考えられるが、図 55 の赤い矢印で示された部分のように、現在株価に影響しないような大量の買い注文や、大量の売り注文が発注された場合、これらの推移の軸がずれて描画されると考えられる。

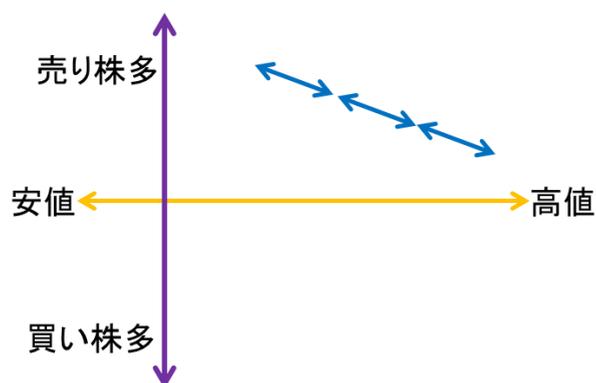


図 56: 残存株数と株価の推移グラフ  
 株価が動きやすい場合の推移

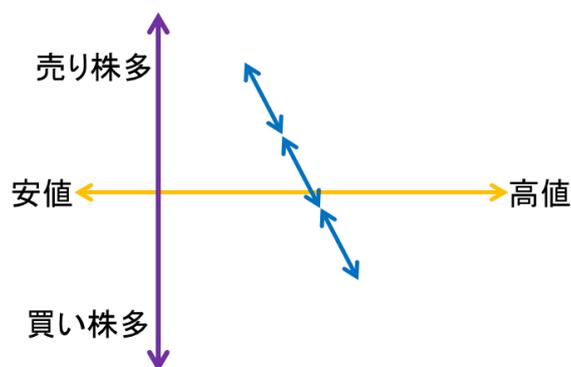


図 57: 残存株数と株価の推移グラフ  
 株価にはあまり関係のない大量注文による推移

また、株価に近い価格で買い注文や売り注文が発注されるなど、注文が約定しやすい状況下になると図 56 のように現在株価が残り株数に対して大幅に変動し、結果としてグラフ上では平行に近づくように推移する。一方で、大量の注文が発注されると、株価の変動が少なくなるほど図 57 のようにグラフ上では垂直に近づくように、あるいは全く株価が変動しない場合は垂直に推移する。

以上の動きを踏まえて、銘柄はソニー、日付は 2011 年 6 月 7 日のデータを用いてグラフを生成した。図 58 から図 62 にかけて、生成したグラフを示す。

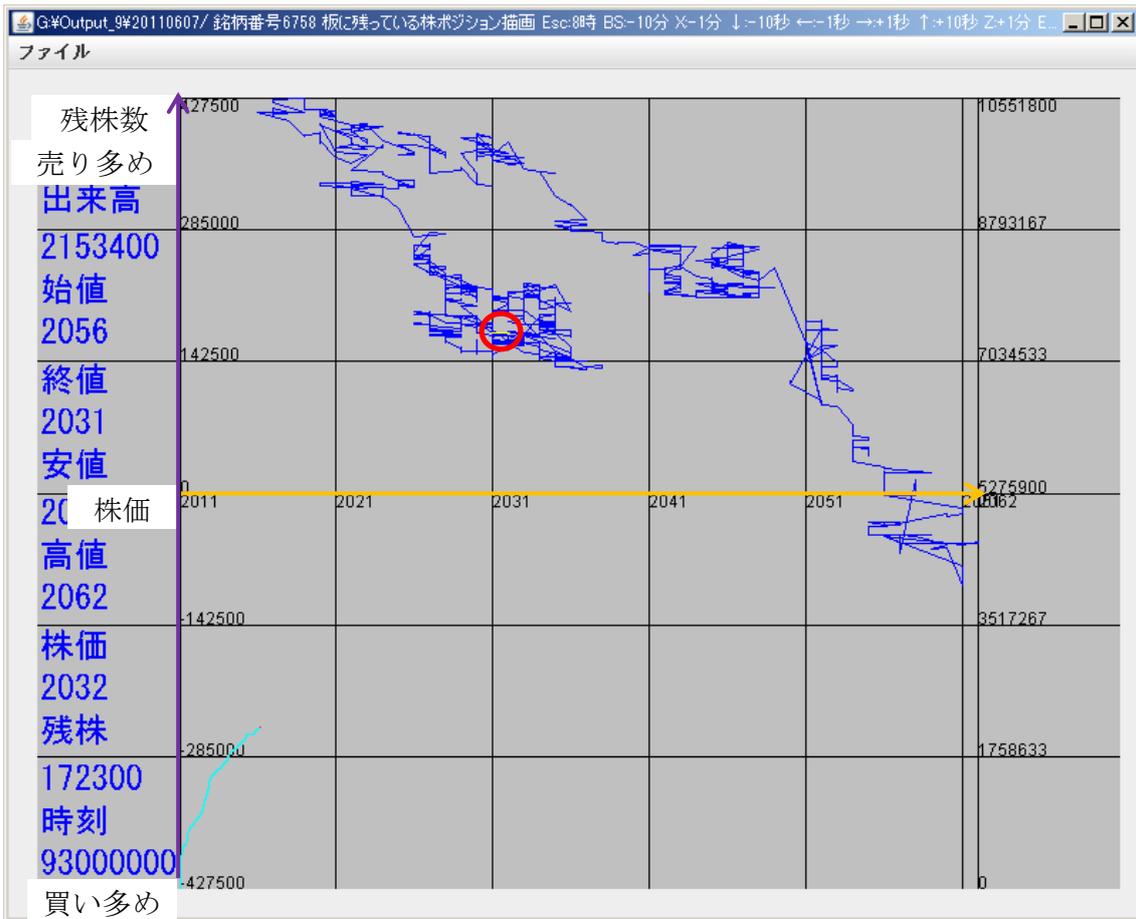


図 58: 売買注文残り株と株価の推移(2011/06/07 09:30 ソニー)

縦軸: 残株値(売り注文株数から買い注文株数を引いた値)

横軸: その時点での現在株価

図 58 では 9 時から 9 時 30 分までの残株数と株価の推移が記されている。この図からはどの位置から取引が開始されたのかはわからないが、9 時 30 分現在で売り注文株数が買い注文株数よりも 17 万 2300 株多く、現在株価が 2032 円であることから、この時点ではグラフ上における赤い円の内部に位置していることがわかる。

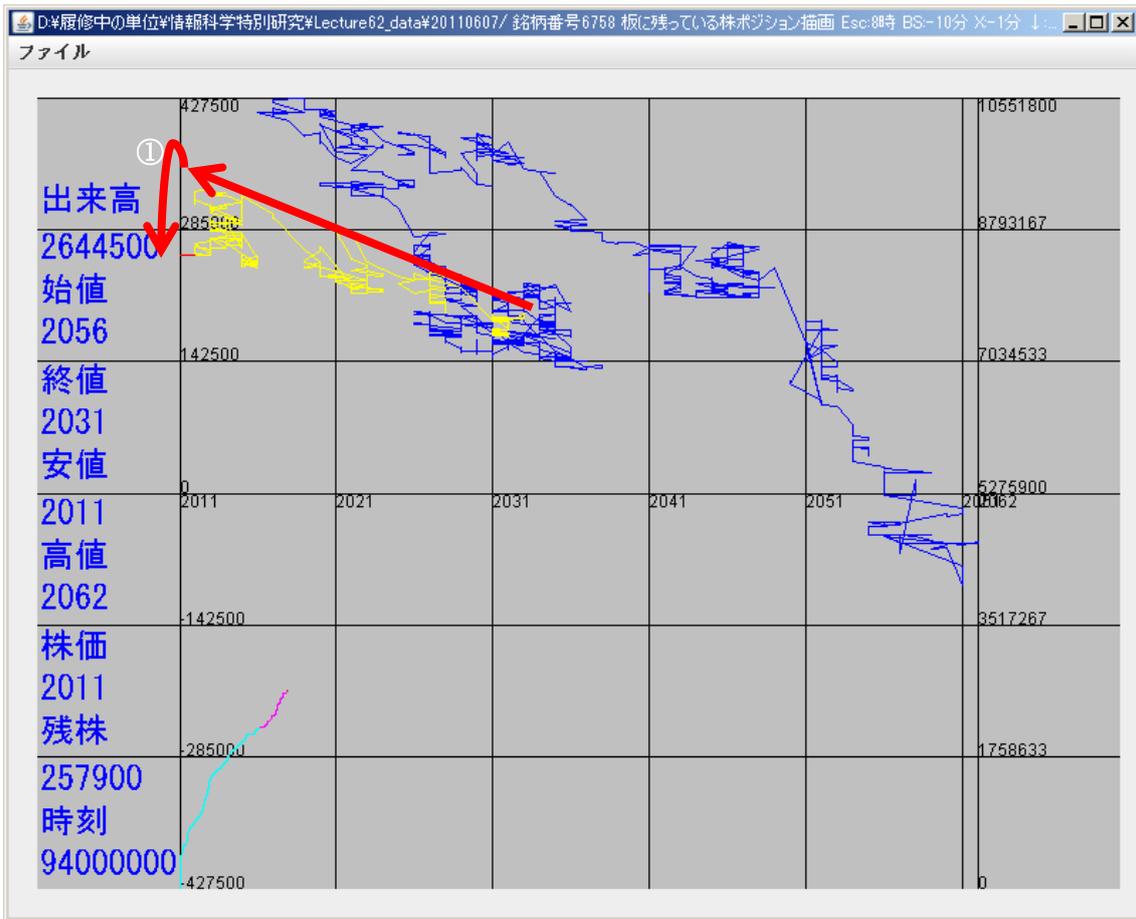


図 59: 売買注文残り と 株価の推移(2011/06/07 09:40 ソニー)

縦軸: 残株値(売り注文株数から買い注文株数を引いた値)

横軸: その時点での現在株価

さて、図 58 の状態から 10 分経過した結果、売り注文がなされて株価が下落し、グラフでは図 59 の黄色い線のように推移した。時系列順に見ていくと、途中細かい動きを混ぜながら、残株数と現在株価の関係が大まかには赤い矢印のように推移している。



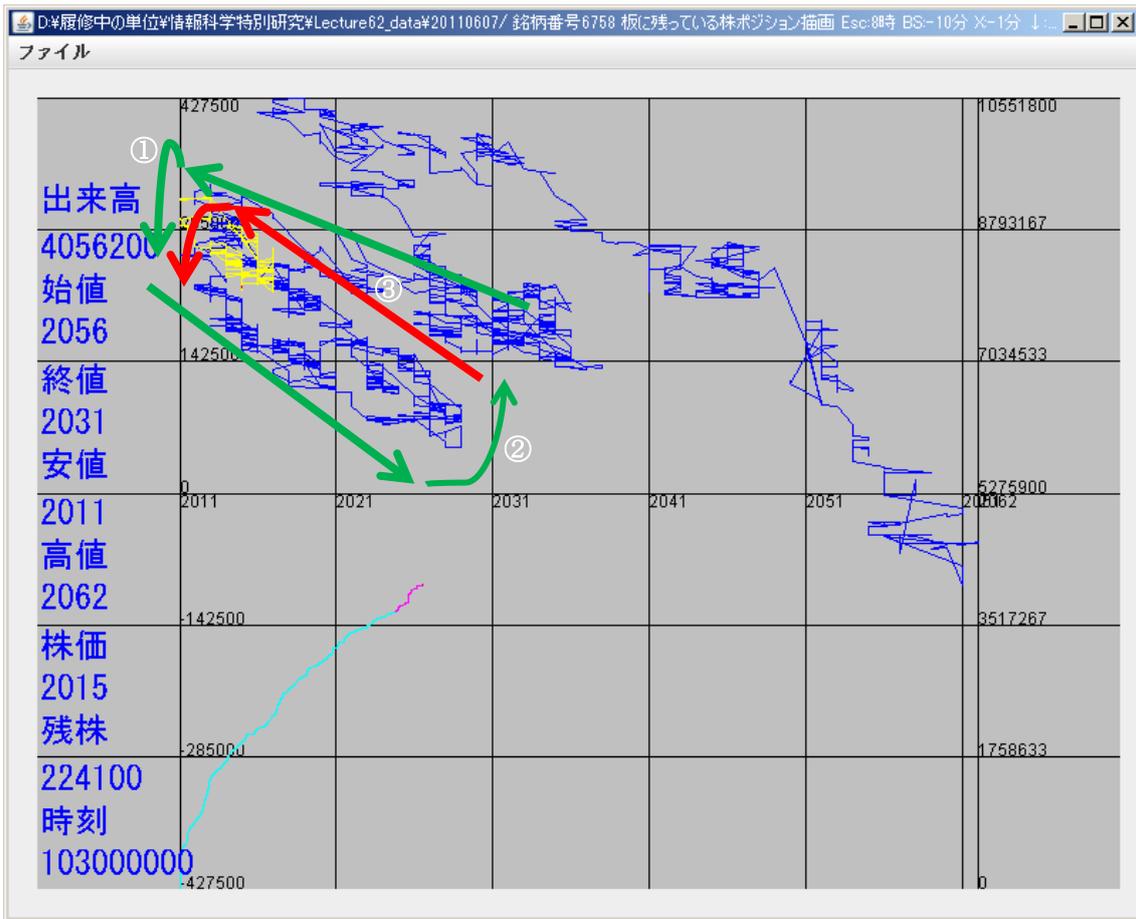


図 61: 売買注文残りと株価の推移(2011/06/07 10:30 ソニー)

縦軸: 残株値(売り注文株数から買い注文株数を引いた値)

横軸: その時点での現在株価

図 60 の状態から 30 分が経過した結果が図 61 となるが、この図を見ると前に発注された買い注文と同じ程度の売り注文がなされ、前回の推移とほぼ同じ傾きで推移していることがわかる。

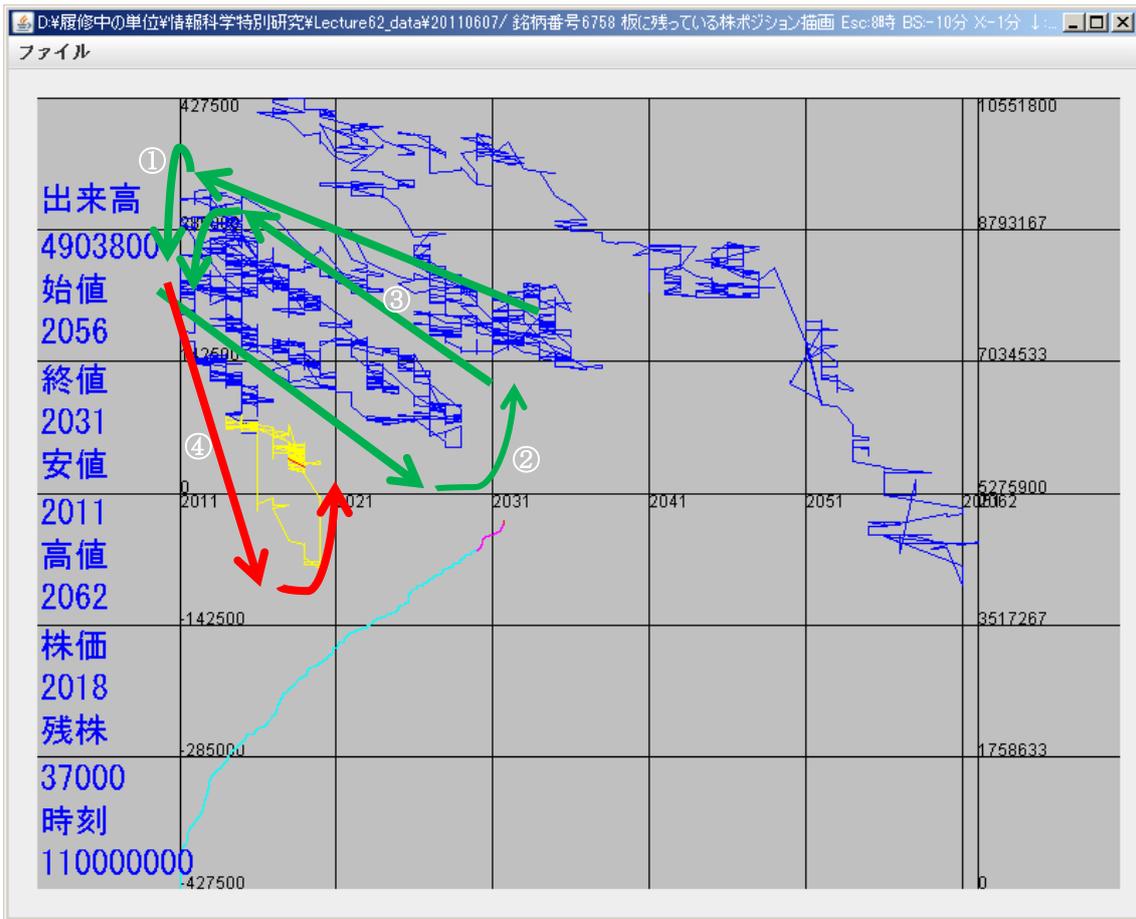


図 62: 売買注文残りと株価の推移(2011/06/07 11:00 ソニー)

縦軸: 残株値(売り注文株数から買い注文株数を引いた値)

横軸: その時点での現在株価

図 61 の状態から 30 分経過した結果が図 62 となるが、取引が成立しない値段での買い注文が多くなったことから、株価はあまり上昇しないが残株数は買い多めの方向に、つまりより垂直に推移していることがわかる。

以上、図 58 から図 62 より、株価に影響されやすい推移や、大量の注文による急激な推移など、動き方にヒステリシスループのような、ある程度のパターンを確認した。これら以外にも様々なパターンが存在すると思われるが、本論文では上記のパターンを抽出した。これらのような推移のパターンを大量に収集することによって、株価の動きや注文の偏り、大型の注文を識別することができると思われる。

## 7. 考察

本論文では 3 章にて述べた 3 つの観点を組み合わせて様々な分析を行った。その結果、下一桁が 5 円や 0 円といったきりの良い注文価格や、0 秒や 0 分といったきりの良い時刻や、6 秒、15 秒、5 分ごとといったシステムトレーダーによる売買の可能性がある時刻にて多く注文が行われるなど、株取引で利益を得る投資の方法として非合理的な傾向があることがわかった。これらから、例えば注文価格の下一桁を 4 円に設定したり、14 秒や 29 秒に注文を行うなど、これらの傾向とは異なる注文を行うことで、利鞘が得られる可能性があると考えられる。他にも、少量の買い注文と売り注文は互いに創発することや、株価が変動する前の方が多くの投資家が注文を行うなど、大量の注文データがなければ見えなかった出来事も見えるようになった。また、クラスタリング手法を用いることで得られる、板に残った注文株数や件数のパターンから、次の瞬間における株の注文や、株価の変動を予測することができると考えられる。更には、残株数と株価の推移グラフから、株価に影響されやすい状況など、市場の動向パターンを抽出できると考えられる。

見並[1]らの研究では、現在株価を中心に 10 段階の板情報を基に、買い注文株数と売り注文株数を分けた後それぞれ 4 つのクラスタを生成し、そこから買いと売りのパターンと連続した 2 つの板情報から、未来の株価がどう変動するかに着目していた。しかし、未来の板情報がどう変動するかについては議論していなかった。本論文では、フル板情報から 31 段階の板情報を基に、買いと売り注文株数のパターンを 1 つにまとめて 10 個のクラスタ生成し、未来の株価ではなく、未来の板情報がどう変動するか分析を試みた。結果として、買い・売り注文のパターンごとに 1 秒後の板情報が異なる動きをすることを明らかにした。また、Hedvall[2]らの研究では、現在株価での注文がなされたとき、次の時刻での注文頻度を確かめた。しかし、現在株価以外での注文については議論していなかった。本論文では、板に残っている全ての売りと買い注文の差および現在株価から、次の時刻での注文と株価変化の推移を確かめた。その結果、100 ミリ秒や 1 秒ではなく 10 分や 20 分といった大きな時間の取り幅ではあるが、注文株数の差と現在株価の動きに幾分かのパターンを見出した。以上より、フル板情報について大量のヒストリカルデータを分析することで、いままで見えなかった投資家たちの注文行動や、市場の特性を抽出できることを示した。

## 8. おわりに

本論文ではフル板情報より売買データを抽出し、フル板情報を分析するための観点を組み合わせて様々な分析を行い、投資家の注文行動や市場特性の抽出を試みた。その結果、少量の買い・売り注文の行動にはある程度相関があること、銘柄によるが特定の価格・特定の時刻にて注文が活発化することなど、人間やシステムトレーダーによる心理的な注文行動を検出した。また、板に残っている注文株数の分布によってその後の注文行動が変化することや株価の推移に方向性が存在するなど、板情報の遷移パターンから市場特性を抽出した。更に、株価に影響されやすい状況や大量の注文を検出することができる新チャートを提案し市場動向のパターンを抽出した。本論文では3つの観点を組み合わせてフル板情報を分析したが、今後の課題として新しい観点や、異なる組み合わせ方などから、今までとは異なる視点から株注文行動の分析ができると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、分析の進め方やデータの解釈の仕方など様々なご指導をいただきました。修士論文指導教員の藤田悟教授に深謝いたします。また、修士論文指導について副査をしていただきました尾花賢教授、雪田修一教授に感謝いたします。最後に、分析の観点など指摘を下さいました藤田研究室の同期、後輩の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 見並 良治, 久米川 昌弘, 尹 熙元, “株式市場における売買注文状況と日中価格変動の解析”, The 22nd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 1E2-2, 2008.
- [2] Kaj Hedvall, Jonas Niemeyer, Gunnar Rosenqvist, "Do buyers and sellers behave similarly in a limit order book? A high-frequency data examination of the Finnish stock exchange", Journal of Empirical Finance 4 pp.279-293, 1997.
- [3] 株東京証券取引所, arrowhead ~次世代売買システム~, <http://www.tse.or.jp/rules/stock/arrowhead/b7gje6000000jd87-att/kojin20101112.pdf>, 参照 2013-01-21.
- [4] 株東京証券取引所, 東証: 売買停止時間などの見直しについてのお知らせ, <http://www.tse.or.jp/news/20/b7gje6000001fjpp-att/b7gje6000001fjtf.pdf>, 参照 2013-02-16.
- [5] 株東京証券取引所, 東証: 更新値幅、制限値幅と呼値の刻み, [http://www.tse.or.jp/rules/stock/sttrading\\_t.html](http://www.tse.or.jp/rules/stock/sttrading_t.html), 参照 2013-01-21.