

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 Analysis for Ita Pattern and Intraday Price Movement in Japanese Stock Market

見並 良治^{*1*2}
Ryoji Minami

久米川 昌弘^{*3}
Masahiro Kumegawa

尹 熙元^{*1}
Hiwon Yoon

^{*1} 株式会社シーエムディーラボ
CMD Laboratory Inc.

^{*2} 東京大学大学院 情報理工学系研究科 数理情報学専攻
Department of Mathematical Informatics, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

^{*3} マネックス証券株式会社
Monex, Inc.

We focus on Ita-analysis in Japanese financial market in this paper. Ita means an order matching board, and Ita-analysis is expected for new practical fruits. Because there were not available data for Ita in past, nobody can analyze Ita condition and Ita dynamics quantitatively. Our study has 2 steps. At the first stage, we recognize Ita pattern by cluster analysis. Second, we examine statistical figures between Ita pattern and price movement during the trading hour. We obtain conclusions that Ita pattern is influenced by stock profile and that Ita pattern dynamics effects price movement in next several minutes.

1. はじめに

金融市場において、売り手はより高い価格での資産売却を目的に取引に参加し、買い手はより安い価格での資産の買付を目論む。売り手と買い手の思惑の違いやその変化が市場価格の変動を誘発するが、その価格変動メカニズムは、為替市場と株式市場とは大きく異なる。為替市場では、その瞬間における売り希望価格(売り気配)と買い希望価格(買い気配)のみが提示され、直接的に売り手と買い手が取引を行う。一方、株式市場では、板と呼ばれる注文表に、その瞬間の取引価格から乖離した希望価格の注文も含めて集計されるため、取引参加者は板に対して取引を行うこととなる。従来の市場に対する分析は、このようなミクロの価格形成現象に言及したものは少なく、さらには板に対する分析は実際の板データが未整備であったため、ほとんど行われてこなかった。

本論文は、日本の株式市場における板データに着目し、板の形状が価格変動に及ぼす影響を分析する。板分析は、これまでの価格変動のような一次元時系列の分析とは異なり、多次元時系列として扱われる必要があるため、従来の時系列解析をそのまま適用することは困難である。そこで本論文では、第一段階として、板をベクトルとして認識し、各瞬間のベクトルに対してクラスター分析を行い、特徴的な板状況を特定する。第二段階として、板を特徴づける状態ベクトルとその後の価格変動の関連を分析する。本論文で得られた結果は、板の状態が将来の価格変動に顕著な影響を及ぼすというものであり、今後の実務への展開が期待されるものである。

2. 板とは

板とは、取引所に集められた売買注文を、取引対象資産(株式市場における銘柄や為替市場における通貨など)ごとに集計

された注文集計表の総称である。具体的には、どの価格にどれだけの数量の売りおよび買い注文が出されているか、の状況を示している。現在日本の株式市場では、売り・買い共に直近の値段から近い5本ずつまでを見ることが出来る。

市場では買い注文と売り注文の価格が合致したときに約定が成立するが、この約定現象が板の状態を変化させ、価格変動と直接むすびつくことになる。また、新規の買い注文の価格が売り最良気配値(売り注文の最安値)以上であるときには、その買い注文は売り最良気配値で約定される。売り注文の価格が買い最良気配値(買い注文の最高値)以下であるときも、同様である。従って原則的[†]には、板において売り注文の価格は買い注文の価格よりも高く、双方が交差することはない。

一般に、板は図1のように表示されるが、本論文ではその形状に着目するため、図2のように数量を可視化した板について考えていく。

売数量	気配値	買数量
1000	1421	
2000	1420	
4000	1419	
6000	1418	
12000	1417	
	1416	8000
	1415	10000
	1414	3000
	1413	1000
	1412	1000

図1: 一般的な板

図2: 数量を可視化した板

連絡先: 見並良治, 株式会社シーエムディーラボ, 東京都渋谷区神宮前 2-14-19 楠田ビル 1F, Fax: 03-5770-6428, email: minami@cmdlab.co.jp

[†]日本の株式市場においては、極端な買い注文量と売り注文量の不均一が発生した場合に板寄せと呼ばれる例外的処理によって価格が形成されることがある。

3. 解析手法

3.1 板形状のクラスター分析

まずはじめに、売り気配および買い気配のそれぞれの板の形状の特徴を抽出するため、クラスター分析による分類を行う。

(1) 気配株数ベクトルの規格化

各瞬間の上下 5 本値に対し、売りおよび買い気配の株数ベクトル \mathbf{a} , \mathbf{b} を考える。本論文では板の形状に注目するため、気配株数ベクトルの規格化を行う。規格化には 1 次のノルムを用いる。これは現実の株式市場と照らし合わせたとき、気配株数ベクトルの大きさとして線形和が適当であると考えられるためである。こうして得られたものを気配形状ベクトル \mathbf{a} , \mathbf{b} とよぶ。

(2) 気配形状ベクトルのクラスター分析

一定期間の日中板データから無作為抽出した気配株数ベクトル集合に対して規格化を行い、売りおよび買いの気配形状ベクトル集合 A , B を得る。これらの集合の主要パターンを抽出するため、それぞれに対してクラスター分析 (Ward 法) を適用する。ベクトルどうしの距離についてユークリッド距離を用いる。1 次ノルムを用いなかったのは、後に気配形状ベクトル集合に対して主成分分析を行いたいためである。

このとき、分類するクラスターの数を決めなければならないが、その決定における明確な指標がないため、ここでは板形状ベクトルの自由度の 4 を採用する (A , B の要素はすべて 5 次元実数空間の超平面上に分布しているため、自由度は 4 となる)。こうして、売りおよび買いの気配形状ベクトルのクラスター集合 $\{A_i\}_{i=1,\dots,4}$, $\{B_i\}_{i=1,\dots,4}$ を得る。

3.2 気配形状ベクトル空間の分割

3.1 では無作為抽出した板形状ベクトルについての分割を行ったが、板形状の分析においては任意の板形状ベクトルをクラスターに分類できるようにしたい。そこで、得られたクラスター集合を用いて気配形状ベクトル空間 (先に述べた超平面) 全体の分割を行う。 $\{A_i\}_{i=1,\dots,4}$, $\{B_i\}_{i=1,\dots,4}$ のそれぞれについて主成分分析を行い、空間の各点がマハラノビス距離最小のクラスターに属するように分割する。

3.3 板形状パターンと価格変動の統計分析

売りと買いの $4 \times 4 = 16$ の板形状パターンと価格変動の関連性をみるため、各パターン発現後の価格変動を集計し、統計値を計測する。

(1) 板データの前処理

板データから板形状パターンや価格変動を抽出する。ただし、価格の代表値として最良気配値の中値を用いる。約定価格を代表値とすると、板形状が本質的に変化していない際にも売り最良気配値と買い最良気配値の間で振動するような取引が発生することがあるため、価格の過剰な揺らぎを抽出してしまうことがあるためである。この価格揺らぎも、価格変動に影響を及ぼすが、本論文では板形状と価格変動の関係に注視したいため、これ以上の議論を今回は展開しないものとする。

前処理として実際に行う手順は次のようである。

1. 一定期間の日中板データをすべて各クラスターに分類する。
2. 最良気配値の中値の変化 (上昇または下落), および板形状パターンの変化をイベントとし、板データの時系列をイベント時間による時系列に変換する。

(2) 各変動パターン発現後の価格変動確率分布の計算

本論文では板形状のダイナミクスとしてとらえたいため、連続した 2 イベントの板形状パターンの変化をひとつの変動パターンとし、(第 1 板形状パターン) \times (中値の動き: 上昇, 横ばい, 下落) \times (第 2 板形状パターン) = $16 \times 3 \times 16 = 768$ 通りに分類する。その後、各変動パターンに対して 5 イベント後までの中値の動きの統計値を計測し、その確率分布を計算する。図 3 はその概念図である。

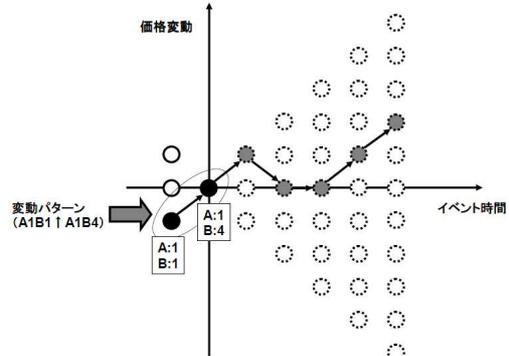


図 3: 変動パターンと価格変動の例

4. 結果

4.1 気配形状ベクトルのクラスター分析

2004 年 9 月 1 日から 2007 年 8 月 1 日までの東証主要 225 銘柄の日中変動板データに対して分析を行った。その際売り方と買い方を分離し、それぞれについて解析した。本論文では特に流動性の高い銘柄として野村証券 (証券コード 8604) をとりあげる。野村証券の日中板データから 10000 ティックを無作為に抽出し、各ティックから気配形状ベクトルを取得してクラスター分析を行った結果を図 4, 5, 6 に示す。売り, 買い共に V1 が最良気配に対応する。クラスター 1 は最良気配株数が最も大きい形状であり、クラスター 2 は 2 番目, クラスター 3 は 4 番目, クラスター 4 は 5 番目が最も大きい形状である。これらは売り, 買いともに見られる傾向で、同じようなクラスターが抽出できたと考えられる。

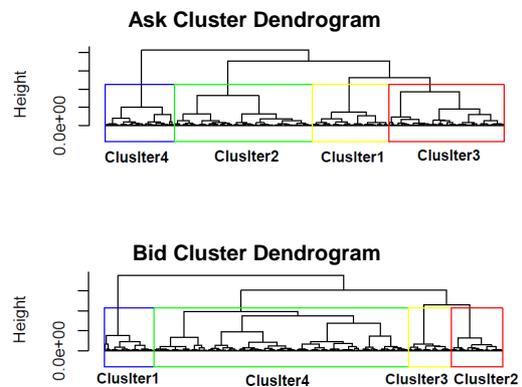


図 4: 売り・買い形状クラスターの樹形図

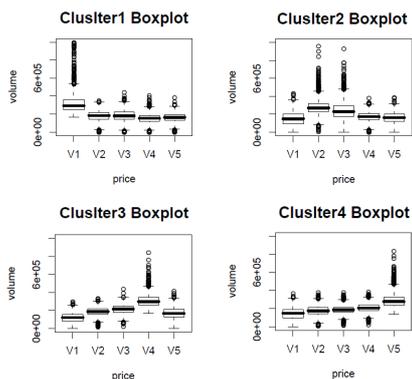


図 5: 売り形状クラスターの箱髷図

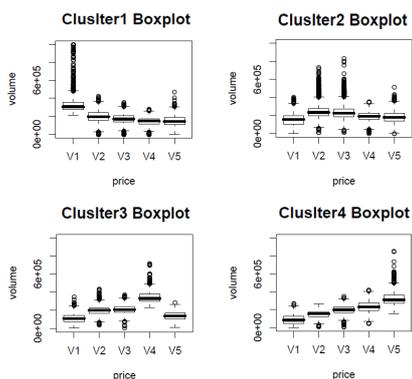


図 6: 買い形状クラスターの箱髷図

4.2 各パターン発現後の価格変動確率分布

4.1 節の結果との整合性を持たせるため、前節同様、野村証券の板データを用いた結果を示す。ここでは 2007 年 8 月 16 日までの 250 営業日の日中の板の変化を集計し、各変動パターンの発現と、その後の価格変動の確率分布を計算した。

各変動パターンを「(第 1 板形状パターン)(価格変動)(第 2 板形状パターン)」とラベリングする。具体例として「(第 1 板形状パターン: 売り 1, 買い 3), (価格変動: 上昇), (第 2 板形状パターン: 売り 2, 買い 4)」であるとき、「A1B3 ↑ A2B4」と表記する。同様に 1 番目から 2 番目の遷移で、価格が横ばいであれば→、下落であれば↓の符号を用いる。

変動パターンは合計 768 種類存在するが、その中で出現頻度も極端に低くはなく、典型的な挙動を示すものを抽出する。図 7 は上昇、図 8 は横ばい、図 9 は下落の例である。それぞれ 1 イベント時間後は上昇、横ばい、下落の 3 通りしかないので確率は高めになっており、時間が進むにつれ分布が広がるので、分布の山が低くなっていくことが観察できる。

さらに、5 イベント時間後の価格変動の平均値と、各変動パターンの出現頻度の分布の様子を図 10 に示す。縦軸の出現頻度は、各パターンの出現確率を 1/768 (総パターン数) で規格化したものである。つまり、頻度が 1 を超えたものは出現頻度が標準よりも大きい、といえる。

表 1 は、各変動パターンの期待変動率を計算しその上位 10 位までを集計したものである。ここでいう期待変動率とは、各変動パターンの (出現確率) × (価格変動の平均値) で定義される。表 1 より、価格上昇局面で期待変動率の高い変動パターンは

- 直前の価格変動が横ばいまたは上昇
- 売りの板形状が 1 または 2 から 1 に移る

という傾向が見受けられ、同様に価格下降局面で期待変動率の高い変動パターンは

- 直前の価格変動が横ばいまたは下落
 - 買いの板形状が 4 または 1 から 1 に移る
- という傾向が見受けられる。

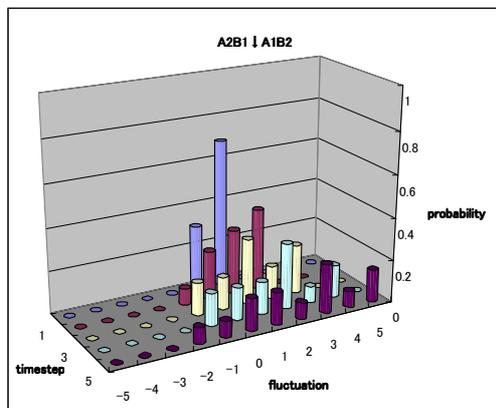


図 7: 価格上昇の変動パターン例

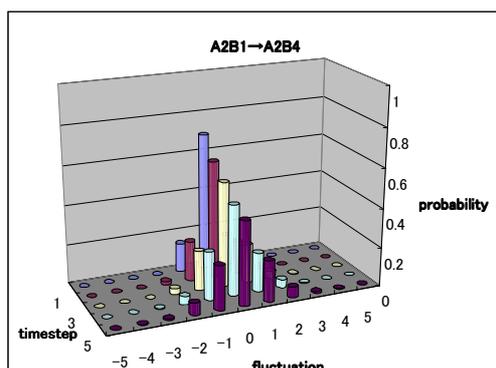


図 8: 価格横ばいの変動パターン例

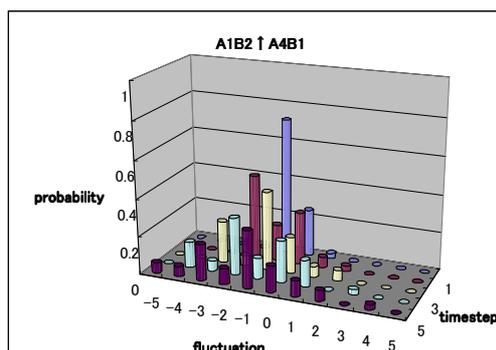


図 9: 価格下落の変動パターン例

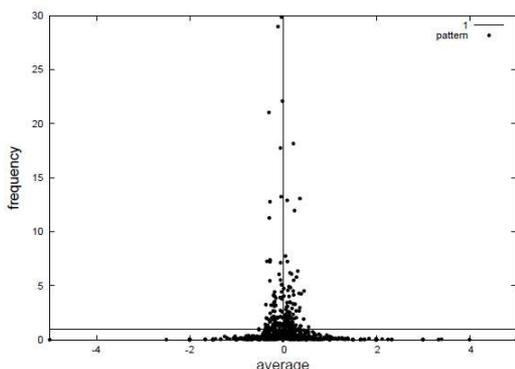


図 10: 変動パターンの 5 イベント時間後の
価格変動の期待値とその出現頻度

表 1: 変動パターンの期待変動率上位 10 パターン

	up	down
1	A1B1→A1B4	A2B4→A2B1
2	A2B4→A1B4	A1B4 ↓ A2B1
3	A2B1 ↑ A1B4	A1B1→A2B1
4	A1B4→A1B2	A1B1 ↓ A1B1
5	A2B4→A2B2	A2B4 ↓ A2B1
6	A2B3→A1B3	A4B4→A4B1
7	A1B4→A1B3	A3B4→A3B1
8	A2B2→A1B2	A2B4 ↓ A3B1
9	A2B4 ↑ A1B3	A4B1→A2B1
10	A2B1→A1B1	A1B4→A2B4

5. 考察

5.1 特徴的な変動パターン

図 10 を観察すると、一般に価格変動が大きいと観測されたものは出現頻度が低い。従って、その観測値の統計的な信頼性が高いとは言いきれない。しかしながら、出現頻度が低いからといって当該観測値を誤差として扱うべきではない。それは、銘柄数や分析対象期間を長くとることによって抽出するサンプル数を増やすことが可能であり、十分なサンプル数の確保ができれば、出現確率の低い事象に対しても、統計的な信頼性を高めることは可能である。今回はデータ数の確保が十分ではなかったが、発生確率の低い事象に、その後の大きな価格変動の予兆を示すシグナルが含まれている可能性が高く、この点については今後の課題としたい。

一方、同じ図 10 の出現頻度の高い部分に着目すると、出現頻度が高いほどその価格変動が 0 に近づいていることが見て取れるが、外れ値も一定数見受けられる。大きいものでは、十分な出現頻度をもっているにもかかわらず平均価格変動が 0.4 を超えているものも存在する。これらは、ある程度安定して価格変動が上昇か下落に偏っているため、価格変動を予測する上で大きい意味を持つ。

5.2 価格変動の対称性・非対称性

表 1 からは、価格上昇時と下落時の板形状の挙動を対比することができる。両者に共通する点は

- 直前の価格変動も変動方向と同じである

- 変動方向側(上昇であれば売り, 下落であれば買い)の直前のパターン(第 2 板形状パターン)が 1 である
 というような傾向が見られる点で、この 2 点は上昇と下落、売りと買いの対称性を示しているといえる。

一方、両者の相違点も存在している。一つ前のパターン(第 1 板形状パターン)の傾向が、上昇と下落で異なる点である。具体的には、上昇の際には第 1 板形状パターンの売りが 1 または 2、つまり最良気配と 2 番目の気配の株数が多いが、下落の際には第 1 板形状パターンの買いが 4、つまり最良気配から遠い気配の株数が多い傾向が見受けられる。これは上昇および下落、売りおよび買いの非対称性を示しているといえる。

6. 展望

これまでの議論から、板の変動の履歴が短期的な価格変動に多大な影響を与えていることがわかった。今後の展望としては、板形状のより詳細な変化を捉えること、そして価格変動確率分布の評価として平均値の計算だけでなくより踏み込んだ解析をすること、などが挙げられる。

また、本論文では変動パターンとして価格変動直前の 2 ステップの板形状の変化を見たが、このステップ数を伸ばすことによって変動パターン数を増やすと、価格変動の前兆となる板形状の変化をより詳細に捉えられるだろう。しかしながら、より詳細な分析を行うと、1 ステップ増えるごとに変動パターン数が(板形状パターン) × (価格変動) = 16 × 3 = 48 倍に増加することにより、計算量が増大する点、また同時に、各変動パターンのサンプル数が減少する点などへの対応が必須となる。これらの問題を解決することが出来たとき、板形状と価格変動の分析に進歩が期待できるであろう。

参考文献

- [Saito 2006] 齋藤堯幸, 宿久洋: 関連性データの解析法 - 多次元尺度構成法とクラスター分析法, 共立出版, 東京, 2006.
- [Yoon 2001] 尹熙元, 棚橋隆彦: 市場価格変動に関する自己組織化 (非平衡開放系における複雑性と自己組織化), 日本機械学会 2001 年度年次大会講演資料集 Vol. 7, No. 01-1, (2001), pp. 298—299.