

東京証券取引所における注文分割行動に関する戦略クラスタリング

Strategy clustering for the order-splitting behaviour in the Tokyo stock exchange market

佐藤 優輝¹ 金澤 輝代士^{1,2}
Yuki Sato¹ Kiyoshi Kanazawa^{2,3}

¹ 所属機関 1 (和文): 筑波大学 理工情報生命学術院 システム情報工学研究群

¹ Affiliation 1 (English): Graduate School of Science and Technology, University of Tsukuba

² 所属機関 2: 筑波大学 システム情報系

² Affiliation 2: Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

³ 所属機関 3: JST さきがけ

³ Affiliation 3: JST, PRESTO

Abstract: Financial market microstructure has been scrutinised by utilising the high-frequency order-book data these days. In this talk, we report our preliminary data-analytical results on the persistence of the order flows (called the long-range correlation (LRC) in the literature) from microscopic dynamics. Empirically, the order flow is known to exhibit the persistence: i.e., the future order sign is strongly correlated with the historical sign sequence for a long time. This intrinsic character of financial markets have been a debatable issue in terms of its microscopic origin. One of the microscopic hypotheses to explain this LRC is the order-splitting behaviour at the level of individual traders. We have carefully tested this microscopic hypothesis through microscopic data analysis of a large dataset in the Tokyo Stock Exchange, particularly from the viewpoint of the direct validation of the Lillo-Mike-Farmer model.

1 導入

2000 年台に入り、我々は金融市場の大規模かつより詳細なイベントが記載されたティックデータが入手可能になった。それに伴い高頻度ファイナンスの分野では、指値・キャンセル・成行注文をはじめとする金融市場で発生するミクロなイベントに関して、実証分析に基づく定量的かつ詳細なモデル化が可能になった [1]。事実、板 (order book) や高頻度取引者の行動をモデル化を介して、価格変動やボラティリティクラスタリングに代表される金融市場の経験的な性質 (anomaly, アノマリー) の説明に成功している [1]。このようなミクロ階層からのモデリングは、価格時系列レベルのマクロなモデルでは説明することができなかった金融市場のアノマリーの発生構造の究明に有効なアプローチだと考えられている。

ここで、金融市場のアノマリーの一つである売買符号時系列の長期記憶性 (long range correlation, LRC) に焦点を当てよう [1, 2]。売買符号時系列の LRC とは、一度買い (売り) 注文を観測するとしばらく買い (売り) 注文が連続するという現象だ。この現象を定量的に定義

するために、 t 番目の成行き注文の売買符号を $\epsilon(t)$ 、買い注文を $+1$ 、売り注文を -1 と定義しよう。売買符号時系列の LRC の定量的な定義は、売買符号時系列の自己相関関数 $C(\tau)$ が 1 より小さいべき指数 α を持つべき則 (1) に従って減衰する現象である [1]。

$$C(\tau) = \langle \epsilon(t)\epsilon(t+\tau) \rangle \sim \tau^{-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1. \quad (1)$$

この売買符号の LRC という現象は、株式市場や FX 市場、オプション市場で観測される。そのため、売買符号の LRC は金融市場の本質的な市場現象であると考えられている。同時に、売買符号時系列の LRC が発生するミクロな構造に関心が持たれている [1]。

2 LRC の背景仮説

売買符号時系列の LRC の発生原因は何にあるのだろうか？ 現在最も有力とされている仮説は、取引者が注文分割取引 (order splitting trading, OST) が原因であるという説だ [1, 3]。OST とは、取引者が大口の注文 (大口注文, meta-order) を小口に分割し (小口注文, child

orders) 複数回にかけて約定する戦略である [1, 2]. また取引者が OST を行う実務的な要因の一つとして、市場の流動性の不足があげられている. OST が LRC の原因であるという仮説は、理論的 [2] かつ定性的な分析によって [3] サポートされているという意味で有力な仮説とされている.

ここで、OST のマイクロモデルである Lillo-Mike-Farmer モデル (LMF モデル)[2] に注目しよう. LMF モデルとは、マイクロモデルとして定義された OST を行うトレーダーが、マクロ現象として売買符号時系列の LRC を発生させるということを理論的に示したモデルである. 具体的には、トレーダーが分割するメタオーダーの大きさがべき分布 ($P(L) \simeq L^{-\alpha-1}$) に従うほど大きいとき、(i) 市場で観測される売買符号時系列の自己相関 ($C(\tau)$) は長期記憶性を持つ (1). そして、(ii) そのべき指数 γ とメタオーダーの大ききのべき指数 α の間に (2) という関係式が成立するというを示した.

$$\gamma = \alpha - 1 \quad (2)$$

また、現在に至るまで LMF モデルの主張 (i) の妥当性が [3] によって経験的に示されている. そのため、売買符号時系列の LRC の起源を説明する尤もらしい理論モデルであると考えられている.

しかし、LMF モデルの理論的な予測である $\gamma = \alpha - 1$ という関係式の正当性は未だに明らかではない [1]. その理由の一つに、マイクロモデルのパラメータを推定するために必要なデータセットが入手困難であることが挙げられる. 特に各取引者のメタオーダーの大きさの分布というパラメータを推定するためには、(a) 各トレーダーの識別子を含むデータセットを必要とする. また、LMF モデルの理論的な予測 $\gamma = \alpha - 1$ を観測するためにはそれぞれのパラメータ α と γ が十分高い推定精度を必要がある. なぜなら、 $(\alpha - 1)$ と γ の値域は $[0, 1]$ であるため、その推定誤差が 0.1 より小さい必要があるからだ. そのため、各パラメータの推定精度の誤差を十分小さくするために (b) 大規模なデータセットが必要となる. 一般に、(a) と (b) の特性を同時に充足するデータセットは一般公開されていない. そのため、LMF モデルの理論的な予測 (2) は未だに検証されていない.

3 研究目標

そこで本発表では、日本取引所グループが提供する大規模データセットを用いて LMF モデルが理論的に予測する関係式 $\gamma = \alpha - 1$ を定量的に検証するプロジェクトの、現在の進捗状況を報告する. 具体的には、日本取引所グループ (JPX) から提供を受けた 2012 年から 2020 年の東京証券取引所 (Tokyo stock exchange, TSE) 現物板再現データを使用した. このデータセットは、仮

想サーバー ID (visual server ID, VSID), オーダー ID と呼ばれる注文の識別子が付与されている. 仮想サーバーは TSE 上の実質的なアカウントの単位であり、仮想サーバー ID を適切に集約化することでトレーダーの行動調査を実質的に行うことができる [4]. つまり、LMF モデルの理論的な予測を分析するために必要な条件 (a) と (b) を充足していると言える. そこで本分析では、OST を使用して注文を処理するトレーダーをクラスタリングし、その大口注文の大きさの分布と LMF モデルの予測 $\gamma = \alpha - 1$ について定量的に検証することを目標とする.

4 将来の展望

注文分割行動は実務的には市場流動性が潜在的に不足していることを意味している [1]. 事実、実務的に存在する大口のメタオーダーを即座に執行することが可能な流動性が板上に存在しないからこそ、トレーダーは小口注文に分割せざるを得ないとされているからだ. こういった問題は既存の流動性指標では捉えられていない. 今後は本研究の知見を生かし、新しい角度から流動性を定量化する指標などを考案することなどが可能になれば面白いのではないかと考えている.

謝辞

本研究で使用したデータセットは、株式会社日本取引所グループから学術目的のために提供して頂きました. 更に、本原稿についても貴重なご意見を頂きました. ここで感謝させていただきます. また、本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (B) 21H01560, ならびに、JST さきがけ JPMJPR20M2 の助成を受けたものです. 我々はこれ等以外の外部資金提供を受けておらず、報告すべき利益相反事項が存在しないことをここで申告します.

参考文献

- [1] J.-P. Bouchaud, J. Bonart, J. Donier, and M. Gould. *Trades, Quotes and Prices*. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2018).
- [2] F. Lillo, S. Mike, and J. D. Farmer. *Physical Review E*, **71**(6), 066122.(2005).
- [3] B. Toth, I. Palit, F. Lillo, and J. D. Farmer. *Journal of Economic Dynamics and Control*, **51**, 218-239. (2015).
- [4] J. UNO, K. Goshima, and R. Tobe. 行動経済学会 第 12 回大会 (2018).