

市場流動性を説明できるローインテリジェンスモデル

Low Intelligence Model can predict the Market Liquidity

木村博道 秋山英三

Hiromichi Kimura Eizo Akiyama

筑波大学大学院システム情報工学研究科

University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

It has been known that the model in which orders are placed or canceled randomly without considering market information can predict the difference between ask and bid (spread). Such a model is called the zero intelligence model (ZIM). However ZIM cannot predict the important quantity for practitioners, "Kyle's λ " which means average price changes with a unit order. In this study, we introduce into ZIM, the properties of order arriving which we examine by using the actual data of Tokyo stock exchange, for example, the order arriving rate depends on the volume of the order book. We will call the model low intelligence model (LIM). Then LIM can predict Kyle's λ which prediction is difficult by ZIM, in addition to spread.

1. はじめに

本研究の目標は、注文到着のパターンを分析することで、各銘柄の「流動性」を予測できるモデルである「ローインテリジェンスモデル」を構築することである。なお、対象銘柄は東京証券取引所（東証）1, 2部で取引されている約760銘柄とした。

流動性とは売買のしやすさを示す指標であり、流動性を予測することは特に実務家にとって重要である。投資家は自分の注文行動により価格がどのくらい動くのかを気にしつつ注文を行っている。「マーケットインパクト」は、「いくらでもいから市場に出ている注文の価格で売買するという注文（成行注文）」が n 単位到着したとしたときに、平均的にどのくらい価格が動くかを意味する関数であり、流動性指標である「Kyleの λ 」を一般化したものである。ここで Kyleの λ とは、仮に1単位の成行注文が到着したとするとそれによって平均的にどのくらい価格が動くかを意味する指標である。以下では λ と略記する。大口の注文を行う投資家にとって、マーケットインパクトは自身の行動が市場に与える影響を表現しているという意味で重要な関数である。また即時往復売買のコストは流動性の指標の一つである「スプレッド（売り注文の中で最も安い注文の価格であるアスクと買い注文の中で最も高い注文の価格であるビッドの差）」によって見積もることができ、このコストは投資家の収益に直接影響する。したがって流動性（本研究では特にスプレッド $\cdot\lambda$ を指す。）の予測ができるような市場モデルの構築は急務となっている。

スプレッドについては、ロンドン証券取引所のデータを用いて、価格は実数値をとり、ランダム・独立に注文が到着するという仮定の下でよく予測できる^{*1}ことが示されている [Farmer et al. 05]。このモデルをゼロインテリジェンスモデル (ZIM) という [Smith et al. 03]。しかし ZIM では λ の予測についてはあまり精度よく行うことができなかった。

連絡先: 木村博道, 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 茨城県つくば市天王台 1-1-1, 029-853-5571, hkimura@sk.tsukuba.ac.jp

*1 「予測」とは未来の予測ではなく同時刻の予測を指す。つまりスプレッドの平均値を銘柄ごとにモデルを用いて計算し、現実の市場のスプレッドの平均値と比較するという意味である。本研究では Farmer らにならぬ、この意味で予測という言葉を用いる。

2. モデル

そこで本研究では、まず、東証のデータを用いてモンテカルロシミュレーションを行い Farmer らの結果を確認する。次に λ を予測できるようなモデルを構築するために ZIM に次のような注文到着パターンを導入し、シミュレーションを実行し ZIM と比較する。

- 売り（買い）成行注文とアスク（ビッド）にある注文数（これを厚みと呼ぶ。）の関係。
- 連続して到着する売り（買い）成行注文。
- アスク・ビッドからの相対位置と、売買価格を指定するタイプの注文（指値注文）の到着率の関係。
- アスク（ビッド）に到着する指値注文と、すでに市場に存在する指値注文との関係（詳細は省略する。）。
- 少しずつ縮小するスプレッド。

これらの拡張に必要なパラメータは全てデータから求めることができる。このモデルをローインテリジェンスモデル (LIM) と呼ぶことにする。ZIM では価格は実数値であるとしていたが、以上の拡張を自然に行うために LIM では価格は整数値をとるものとする。

ZIM・LIM がどの程度スプレッド $\cdot\lambda$ を予測できるかを調べるために $\log(\text{actual values}) = A \times \log(\text{predicted values}) + B$ という形の回帰分析を行う。なお各指標の値が0となっている銘柄があればそれを除いて回帰を行う。予測値と実測値が完全に一致したときには $A = 1, B = 0, R^2 = 1$ である。

3. 結果

3.1 ゼロインテリジェンスモデル

図1(a)は、各銘柄に対し、スプレッドの実測値と、ZIMによる予測値がどの程度一致しているかを示した図である。横軸が予測値、縦軸が実測値を表し、各+が一つの銘柄を示している。点線はZIMの予測と完全に一致したときに乗る線、実線は回帰直線である。回帰係数は $A = 0.968 \pm 0.009$, $B = 0.046 \pm 0.053$ (誤差は 1σ , 以下同様。), 決定係数は0.94

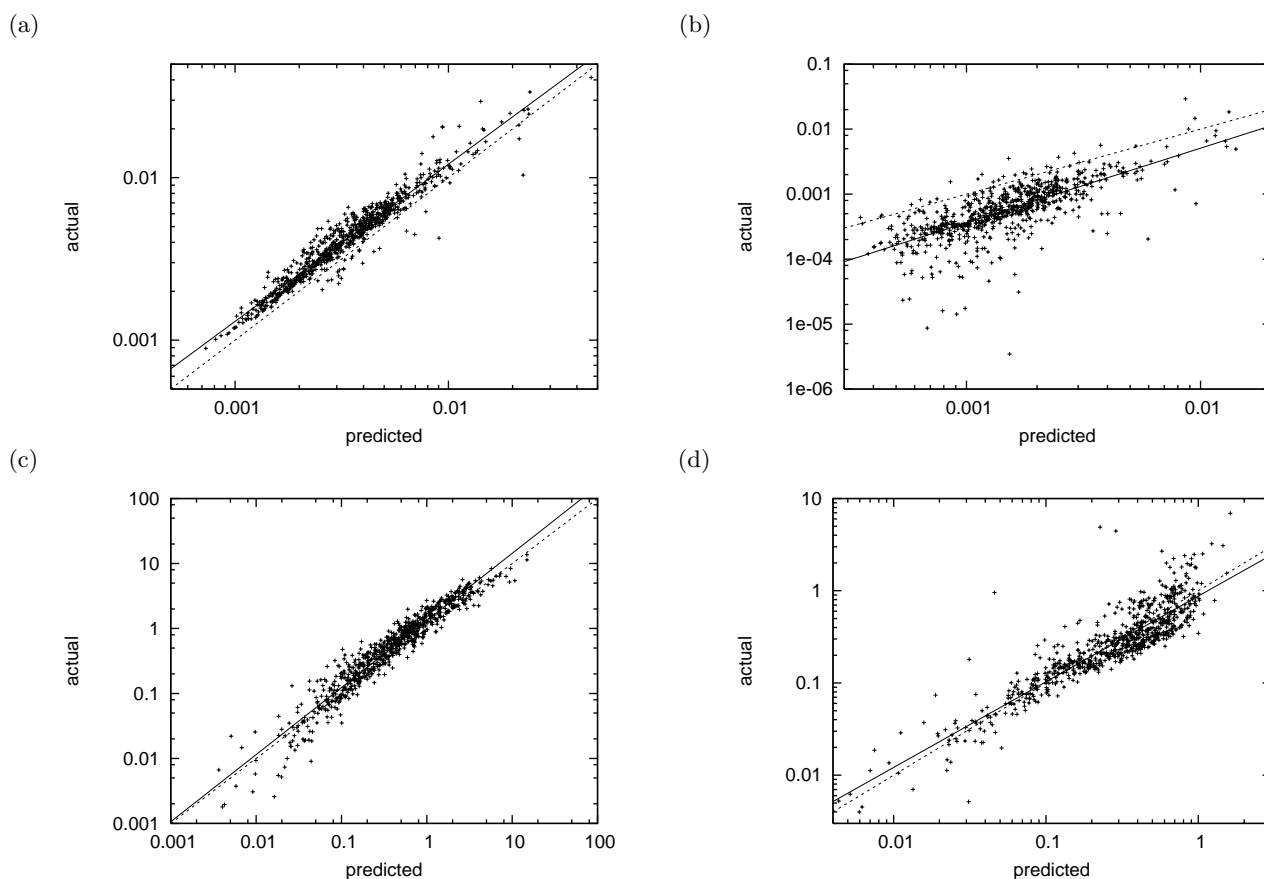


図 1: 銘柄ごとにスプレッド, λ の実測値を縦軸に, ZIM による予測値を横軸にプロットしたものが図 (a)(b) である. また LIM に対する同様の図が (c)(d) である. 点線はモデルの予測と完全に一致したときに乗る線, 実線は回帰直線である.

となった. このことから, かなりの精度でスプレッドを予測できていることが分かる.

図 1 (b) は λ について同様に示したものである. 回帰係数は $A = 1.147 \pm 0.038$, $B = 0.001 \pm 0.247$, 決定係数は 0.55 となった. 回帰係数はかなり $A = 1$, $B = 0$ に近いものの, 決定係数が小さいことが分かった. 特に λ が小さい, すなわち流動性が高い銘柄については予測からのずれが非常に大きく, 中には 2 桁程度異なるような銘柄もある. そして点線は予測値と実測値が完全に一致したときに乗る線 ($y = x$) なので, モデルの予測は全体的に大きすぎる. つまり ZIM は λ をあまり予測できないことが分かる.

3.2 ローインテリジェンスモデル

図 1 (c) は, スプレッドから 1 を引いた値の, 実測値と本モデルによる予測値がどの程度一致しているかを示した図である. 価格は整数であるとしたため, スプレッドの最小値は 1 である. そこで図 1 (c) ではスプレッドから 1 を引いた値を図示してある. 各 + が一つの銘柄を示している. 点線は本モデルの予測と完全に一致したときに乗る線, 実線は回帰直線である. 回帰係数は $A = 1.033 \pm 0.010$, $B = 0.285 \pm 0.018$, 決定係数は 0.93 となり, ZIM と同程度の予測能力を持っていることが分かる.

図 1 (d) は λ について同様に示したものである. 回帰係数は $A = 0.929 \pm 0.016$, $B = -0.133 \pm 0.027$, 決定係数は 0.81 となった. ZIM の場合には決定係数は 0.55 であったので, LIM はうまく λ を予測できていることが分かる.

4. 議論

こうして LIM はスプレッドのみならず, λ についてもよく予測できることが分かった.

では, なぜ ZIM は λ を予測できないのだろうか. 大きな理由の一つは, ZIM では指値注文が一樣に到着すると仮定したことである. λ はアスク・ビッド付近に存在する指値注引量に大きく影響を受けることはその定義から分かるので, 指値注文が一樣に到着するという仮定が非現実的すぎたのである. 実際, アスク・ビッド付近に到着する指値注文はそれ以外の呼値に到着する指値注文と比べてかなり多く, そのことは東証のデータから確認できる. 2. 節で述べたように LIM はそのデータを用いて作られたモデルであり, 解明した注文行動を利用してマーケットインパクトを小さくすることも可能かもしれない.

このように LIM は実際のな応用を持つ可能性がある優れたモデルであると言える.

参考文献

- [Farmer et al. 05] Farmer J D, P Patelli and I I Zovko (2005), "The Predictive Power of Zero Intelligence in Financial Markets," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102**, 6, pp. 2254-2259.
- [Smith et al. 03] Smith E, J D Farmer, L Gillemot and S Krishnamurthy (2003), "Statistical Theory of the Continuous Double Auction," *Quantitative Finance*, **3**, pp. 481-514.