流動性指標に見るトレーダの行動

木 村 博 道† 秋 山 英 三†

投資家が，あまり価格を動かさずに素早く株式を売買できる市場を「流動性の高い」市場という．また，買い指値注文の中で最も高い注文の価格と，売り指値注文の中で最も安い注文の価格の差をスプレッドという．先行研究によって，流動性が比較的高い銘柄に対し，スプレッド縮小率が流動性の指標になりうることが分かっている．そこで，本研究では，流動性が低い銘柄に対してもスプレッド縮小率が流動性の指標となりうるかどうかを検証した．具体的には，まず，東証 1，2 部の銘柄を対象に，先行研究の方法を参考にしつつ，スプレッド縮小率とある流動性指標の相関を調べた．すると，両者の相関は十分高いものとなった．次に，スプレッド縮小率以外の複数の流動性指標に対して主成分分析を行い，「流動性の統合指数」と呼べるものを作り，その統合指数とスプレッド縮小率の相関を調べた．やはり両者の相関は十分高かった．以上の分析から，スプレッド縮小率は流動性の低い銘柄についても流動性の指標と見なせることが確認できた．このことは，流動性の低い銘柄では，トレーダがアスクとビッドの間に売り（買い）指値注文を行う場合，アスク（ビッド）付近に注文を行うことを意味する．

The Behavior of Traders with a Liquidity Measure

Hiromichi Kimura† and Eizo Akiyama†

“Liquidity” is the ability of a market to convert an asset (cash) into cash (an asset) quickly without large price discount. And “(bid-ask) spread” is the difference between the lowest ask price quoted and the highest bid quoted. One of the previous researches showed that the decreasing rate of spread can be used as the liquidity measure for the stocks whose liquidity is sufficient. We investigate whether the decreasing rate of spread can be useful as the liquidity measure for the stocks whose liquidity is NOT sufficient. Concretely speaking, first, consulting the previous researches, we compare the decreasing rate of spread with a liquidity measure for each of the stocks in the first and second section of Tokyo Stock Exchange. Then we confirm that both measures correlate highly. Second we apply principal component analysis to the liquidity measures, often used in previous researches, except for the decreasing rate of spread. As a result, we make the new liquidity measure which we call the “integrated liquidity measure.” And we show that the correlation between the integrated liquidity measure and the decreasing rate of spread is high. Therefore we confirm that the decreasing rate of spread can be useful as the liquidity measure regardless of the liquidity of the stock. This means that, especially in the case that the liquidity of stock is not sufficient, traders tend to submit a sell (buy) limit order near ask (bid) when they want to submit a limit order between ask and bid.

1. はじめに

市場の性質を示す測度には様々なものがある．代表的なものとしては，価格変化率や出来高のような基礎的なデータ，価格がどのように拡散していくかの指標であるボラティリティやハースト指数などがあげられる．本研究では，そうした測度の中でも「流動性」に注目した．**流動性**が高い市場とは，市場に大きな注文が入ってきたときにあまり価格を動かさずにその注文を処理できる市場のことを指す．流動性の高い市場の設計は市場研究の大きな目標の 1 つである[8]．本研究では，後述する「スプレッド縮小率」が銘柄にかかわらず流動性指標として利用できることを示す．

流動性を増加させる主体，つまり，価格の動きを小さくする働きをしている主体は，売買したい価格（この価格のことを**気配**もしくは**呼値**という）を提示するタイプの注文である．このタイプの注文は**指値注文**と呼ばれている．そのため，指値注文の動向について多数の実証研究が行われている[3),11),12)]．流動性の供給源は指値注文であることから，その動向はただちに流動性の動向につながるからである．

† 筑波大学大学院システム情報工学研究科
Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

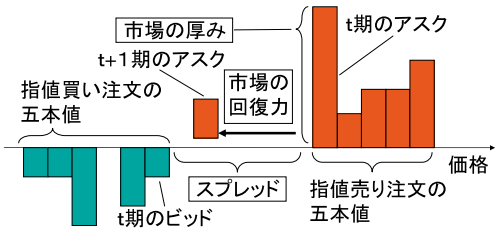

図 1 Kyle[6] による流動性の様々な定義．Engle と Lange はこの図の形に整理した[1]
Fig. 1 Various definitions of the liquidity by Kyle[6]. Engle and Lange organized these as this figure[1].

一方，流動性を減少させる主体は**成行注文**と呼ばれている．これは，買い注文を行う場合には，売り指値注文の中で最安値（**アスク**）で買うという注文である．また，売り成行注文とは，買い指値注文の中で最高値（**ビッド**）で売るという注文のことである．これらの注文は，

- 買い（売り）指値注文の中では呼値の高い（低い）注文が優先，
- 成行注文と指値注文では成行注文が優先，
- 成行注文の中では注文時間が早いほうが優先，

という原則に従って処理され，価格が決定する．このような市場を**ザラ場**市場という．

ザラ場市場において，適切な価格形成を行うには，市場流動性は十分高くなければならない．いいかえると，市場に十分な量の指値注文が供給されている必要がある．というのは，指値注文が少なすぎると，価格が適切な水準に収束しなかったり，価格の急激な変動の原因になったりするからである．このように，流動性という概念は重要なものである．

流動性概念には様々な側面があり，それに応じて様々な指標がある．**図 1** は，Kyle[6] により提案された流動性指標を図示したものである．アスクとビッドの差は**スプレッド**，アスク・ビッドに存在する注文数は**市場の厚み**，価格のランダムな揺れから均衡価格まで戻ってくる速さは**市場の回復力**と呼ばれている．これらはそれぞれ異なった視点から流動性指標として提案されている．

本研究の関心は，市場の回復力にあるため，この指標について解説する（他の指標については 2.2 節を参照）．情報を持たずランダムに取引を行うトレーダ（ノイズトレーダ）が成行注文し，アスク・ビッドが変化したとする．このとき，情報を持つトレーダ（情報トレーダ）はアスク・ビッドが均衡価格からずれすぎていると判断し，アスク・ビッドはいずれ元の水準まで回復してくるはずである．その回復の速さが市場の回復力に相当する．回復力が大きいほどノイズに強い，流動性の高い市場ということになる．このように，市場の回復力は流動性の指標として重要である．

ところが，村永[5] によると，市場の回復力の適切な指標として広く用いられているものはまだ存在していない．流動性が比較的高い銘柄に対しては，アスクとビッドの差（**スプレッド**）の縮小率が市場の回復力の指標として提案されている[5]．村永は，ある程度流動性の高い銘柄に対して，スプレッド縮小率と 1 日あたり取引回数（これも流動性指標の 1 つである）の相関が高いことを示し，スプレッド縮小率が流動性指標と見なせることを示した．

本研究の目的は，2 つある．第 1 に，スプレッド縮小率が流動性指標になっているかどうかを確認し，流動性の低い銘柄についても利用できるかどうかを調べることである．第 2 に，スプレッド縮小率を用いてトレーダの行動の特徴を明らかにすることである．

村永は，市場の回復力の指標としてスプレッド縮小率を提案している．これは，対象期間中，他の流動性指標や 1 注文あたり株数が一定という仮定のもとで，アスクとビッドの間に指値注文が入ることによってスプレッドが縮小しているときの，その縮小率を市場の回復力の指標とするというものである．村永は，流動性が高い銘柄ではスプレッド縮小率は大きくなることを示している．彼が対象とした銘柄は東証電気機器指数を構成している 113 銘柄の中の 108 銘柄であり，これらの銘柄は比較的流動性が高い．したがって，アスク・ビッドは存在することが多く，スプレッドを計算でき，スプレッド縮小率も求めることができる．

しかしながら，流動性が十分高い銘柄では，スプレッド縮小率の計測にはあまり意味がない．なぜなら，そのような銘柄ではスプレッドが，価格変化の最小単位である呼値の幅に近くなってアスク $\simeq$ ビッド $+$ 呼値の単位となってしまい，スプレッド縮小率の測定は難しくなるからである．

そこで，本研究では，流動性の低い銘柄を含む，データをそろえることができた東証 1，2 部のすべての銘柄を対象として，スプレッド縮小率が流動性の指標になっているかどうかを検証した．また，村永が用いたデータは 1 分足だったが，本研究ではティックデータに対してスプレッド縮小率を求めることにした．本研究の目的の 1 つはトレーダの行動の特徴を明らかにすることなので，トレーダがどこに指値注文を入れるかという意志決定の問題を扱うには，全データを扱う必要があるからである．

スプレッド縮小率が流動性の指標になっているかど

うかの検証には，まず，村永の先行研究を参考にして，スプレッド縮小率とある流動性指標を比較した．しかし，それだけでは流動性の多面性をとらえきれないため，主成分分析を用いて，他の指標から流動性の「統合指数」を作り，それと比較した．主成分分析によって流動性の指標を作ったという研究には Fleming による文献 4) がある．Fleming は米国債の 7 つの流動性指標に対して主成分分析を行った．その結果，流動性は主に，価格のボラティリティに依存する部分と，出来高に依存する部分からなることが分かった．しかしながら，市場の回復力に相当する指標は考慮されていなかった．

では，どのように分析を行ったかについて具体的に述べることにする．

2. 手　　法

2.1 推定の対象

本研究において対象とする銘柄は，東証 1，2 部で取引されている銘柄のうち，以下で述べる条件を満たす 1,584 銘柄である．その中には，株価指数に連動するように作られている商品（ETF）や不動産の賃料・売却益を投資家に配当する商品（REIT）も含まれている．これらの商品もザラ場で取引されているからである．データは日経メディアマーケティング株式会社から購入された，ティック日次情報（個別株）（ヒストリカル）とティックデータ（個別株・5 本気配板）（ヒストリカル）を使用した．データの対象期間は 2003 年 10 月 30 日〜2006 年 2 月 28 日までである．

対象期間中，合併を経験した会社について，合併後に存続したほうの会社に関してはデータから除き，被合併側の会社のみを対象とする．合併は，流動性の異なる会社を合わせることになってしまい，本研究の目的に合わないからである．なお，新規上場・上場廃止された会社はデータの存在する期間に対してそのまま分析対象とする．

呼値の単位は気配水準ごとに決まっている．たとえば，気配が 2,000 円以下では 1 円，2,001 円以上 3,000 円以下では 5 円単位で注文するようになっている．1 度でも呼値単位変更を行った銘柄は分析対象外とする．これは，呼値単位変更時にスプレッドは突然変化することになり，分析が難しくなるためである．

株式はあるまとまった単位で取引される．これを売買単位という．売買単位は，たとえば 1,000 株単位から 100 株単位のように，変更することが可能である．この変更は流動性に影響するかどうか自明ではないため，ここでは分析対象外とする．

企業は 1 株をいくつかに分割したり（株式分割），新株を発行したりすることで（増資），発行済株式数を増やすことがある．小規模な株式分割や増資は流動性にあまり影響しないと考えられるため，そのまま分析対象とする．もっとも，大幅な株式分割を行った会社はかなりの影響があるかもしれない．しかし，このケースは分割前後で株価が急落することになり，「呼値単位が変更された会社は分析対象外」というルールによって除かれる．

次に対象期間について述べる．東証の場合，1 日の最初の取引，昼休み直前・直後，1 日の最後の取引はザラ場ではなく需給の一致する価格によって取引される（板寄せ）のでこれは除く．

市場には急激な価格変動に対処するためにいろいろな制度が設けられている．たとえば，大きな買い成行注文が入ってきたとし，そのまま売買が成立してしまうと価格が大きく動いてしまうとする．このような場合，取引所はその呼値の周知を図り，新規の売り注文が入ってくるのを待つ．このときの気配を特別気配という．また，1 日の値動きの幅には制限がある．この制限幅まで買われたときをストップ高，売られたときをストップ安という．さらに，流動性がきわめて低い銘柄では，まったく指値注文がなくアスクやビッドが存在しないことがありうる．このような状況はできるだけ排除し，データの精度をなるべくそろえる必要がある．そこで，こうした状況が生じるたびにデータを区切ることを考える．つまり，時間的に連続していて，かつ，普通の気配（一般気配）のみからなるデータを作り，分析の対象とする．

こうして，流動性が低く，つねにアスク・ビッドが存在するわけではない銘柄でも，扱えるようになる．次節では，具体的にどのように流動性の指標の推定を行ったかについて説明する．

2.2 流動性を表す各指標の推定

Kyle[6] によると，流動性は次の 3 つの概念からなる（図 1）．1 つ目はアスクとビッドの差を意味する tightness である．これは一般に**スプレッド**を指標として計ることができ，往復売買を成行注文によって即時実行する際のコストを示している．2 つ目はアスクまたはビッドに存在する指値注文量を意味する depth（市場の厚み）である．depth が大きいほど価格は動きにくく，流動性の高い市場であることを意味する．3 つ目はアスク・ビッドの振れが元の水準まで戻る速度を示す resiliency（市場の回復力）である．tightness・depth は流動性の静的な側面を表す概念である一方で，resiliency は，2 つの時点の市場の状態を比較してい

るので，動的な概念である．

また，買い（売り）成行の単位注文量に対してどのぐらいアスク（ビッド）が動くかという指標を **Kyle の λ** という．これは，実際に成行注文が到着したことによりどのぐらい価格が動くかを示す動態的な流動性の指標であり，その市場の取引吸収力に関係する[5]．

さらに，Kyle によって提案されたもの以外の流動性の概念には，1 日の出来高/発行済株式数（**売買回転率**）がある．この値の逆数は，その企業の全株式を取得するのに典型的に何日かかるかを表す．この値が大きいほど売買が活発で，あるトレーダが出した注文が市場に吸収されやすいことを示す．つまり，これも流動性の指標である．

本研究では，市場の回復力，特に先行研究[5] で提案されているスプレッド縮小率に注目した．スプレッド縮小率はトレーダの行動が見やすいからである．というのは，ティックデータで扱う場合，スプレッド縮小率は，各注文主体がどこに指値を置くかという意志決定に直接依存している量だからである．これは，他の流動性概念とは異なる点である．したがって，今後のトレーダのモデル化の指針となる現象が見えやすくなる．

では，流動性の各指標をどのように求めたかについて述べることにする．

2.2.1 スプレッド

スプレッドはアスクとビッドの差である．本研究では価格は対数をとって考えることにしたので，スプレッドは log(ask/bid) を意味する．そこで，スプレッドの実測値はあるアスク・ビッドの組が存在した時間 w で重みをつけて次の式で与えることにする．

$$\text{spread} = \frac{\sum w \ \log \frac{\text{ask}}{\text{bid}}}{\sum w}.$$

ここで，本研究では，時間は，注文が到着したりキャンセルされたりするイベントが起こるたびに 1 増えるという方法でカウントする．

2.2.2 Kyle の λ

Kyle の λ は，1 売買単位の注文が入ってきたときに平均的にどのぐらい価格が動くかを示す指標である．ただし，売買注文はつねに 1 売買単位で入ってくるわけではないので，本研究では次のように最小二乗法により λ を求めることにする．$\Delta p =$ アスク（またはビッド）の変化率，$v =$ 買い（または売り）注文株数/1 売買単位とすると，

$$\text{Kyle's } \lambda = \frac{\sum v \ \Delta p}{\sum v^2}.$$

ここで，定数項のない最小二乗法を適用している．これは，注文が入ってこなければ価格は動かないので，$v = 0$ のとき $\Delta p = 0$ となるからである．

2.2.3 市場の厚み

市場の厚みは，アスク・ビッドに存在する売買注文量（図 1 参照）を，あるアスク・ビッドの組が存在した時間 w で重みをつけて平均し，さらに，1 指値注文あたり注文株数で割って規格化することによって算出する．ある時刻にアスク・ビッドにある指値注文量の和を depth，1 指値注文あたり株数を σ とすると，市場の厚み d は次のように書ける．

$$d = \frac{\sum (w \times \text{depth})}{\left(\sum w\right) \sigma}.$$

ここで，1 注文あたりではなく，1 指値注文あたり株数によって割るのは，成行注文には 1 注文あたりの注文量が見かけ上小さくなる要因があるからである．たとえば，10 単位の買い成行注文が到着したときに，アスクに 5 単位しか売り指値注文が存在しなかったとする．このとき 10 単位の買い成行注文はもともと 1 つの注文だったにもかかわらず，アスクの 5 単位と次の呼値の 5 単位の 2 つ（以上）の注文に分割されて記録されてしまう．したがって，成行注文は 1 注文あたりの注文量が見かけ上小さくなる．そこで，指値注文のみを用いて市場の厚みを計算する．

2.2.4 売買回転率

本研究で対象とする流動性の他の指標には売買回転率がある．これは出来高/発行済株式数のことである．東証における株取引は，取引開始時と終了時には板寄せによって行われる．そこで，出来高から取引開始時・終了時の出来高は除いて（つまりザラ場中の出来高のみを用いて）計算することにする．また，発行済株式数は株式分割・増資によって変わることがある．以上を考慮して，売買回転率 r は次の式で算出する．ある日 t のザラ場中の出来高を s_t，発行済株式数を S_t とすると，

$$r = \frac{\sum_t s_t}{\sum_t S_t}.$$

2.2.5 スプレッド縮小率

最後に，市場の回復力の指標として提案されているスプレッド縮小率について述べる．

村永によれば，市場の回復力を的確に測定することは，様々な議論があり困難である[5]．本研究では村永の手法を検証するため，スプレッド縮小率の平均値を測定した．ここで縮小率は直前のスプレッドとの比の対数とし，スプレッドが拡大したときは計算対象外とする．ただし，直前のスプレッドが呼値の最小単位の 2 倍以上開いている場合のみを算出対象とする．なぜなら，最小単位そのもの，つまり，アスクとビッドが

1 呼値単位しか変わらないときは，スプレッドはそれ以上縮小しようがないからである．

2.3 主成分分析

本研究では，まず，スプレッド縮小率以外の流動性の指標を統合して流動性を示す指標を作ることにした．これを**流動性の統合指数**と呼ぶことにする．本研究の「流動性の統合指数」はつねにスプレッド縮小率を除くものとする．スプレッド縮小率を除くのは，スプレッド縮小率が流動性の指標となっていることを確認することが本研究の目的だからである．

このような指数を作るにはどのようにすればよいだろうか．多変量データの持つ情報から少数の典型的な統合指数を作る手法を主成分分析という．また，元の指標に適当な重みをつけて線形結合したものを主成分という．元の指標を最もよく説明できる主成分を第 1 主成分，次によく説明できる主成分を第 2 主成分，･･･と呼ぶ．重みは元の指標をなるべく説明できるように，そして，各主成分の相関がないように決められる．分析を行う前に主成分の意味を決めることはできず，元の指標との関係から主成分の意味が決められる．小さな主成分は解釈不能になることが多く，むしろ誤差として処理すべき場合もある．

本研究では，流動性の指標を元に主成分分析を行い，得られた主成分を解釈した．主成分抽出の手法はいくつかある．本研究では変数を標準化してから用い，また固有値が 1.0 以上になる主成分を抽出することとした．そして，ある銘柄が各主成分にどのぐらい関係があるかという指標（主成分得点）を各銘柄ごとに求め，それとスプレッド縮小率の相関を計算した．

3. 結　　果

村永は，ある程度流動性の高い銘柄に対して，スプレッド縮小率と 1 日あたり取引回数の相関が高いことを示し，スプレッド縮小率が流動性指標と見なせることを示した．

そこで，本研究では，まず，流動性の低い銘柄も含めて同様の分析を行い，スプレッド縮小率が流動性指標と見なせることを示す．ただし，スプレッド縮小率の比較対象とする流動性指標としては，村永が用いた 1 日あたり取引回数ではなく，売買回転率と流動性の統合指数の 2 つを用いることとする．

売買回転率を用いた理由は次の 2 点である．1 つは，1 回あたりの取引株数が一定，かつ，発行済み株式数が一定という仮定のもとで，売買回転率と 1 日あたり取引回数は比例関係にあることである．もう 1 つは，1 日あたり取引回数が同じ 1,000 回だったとしても，1 回に 10 万株の取引と，1 株の取引では流動性はまったく異なるからである．

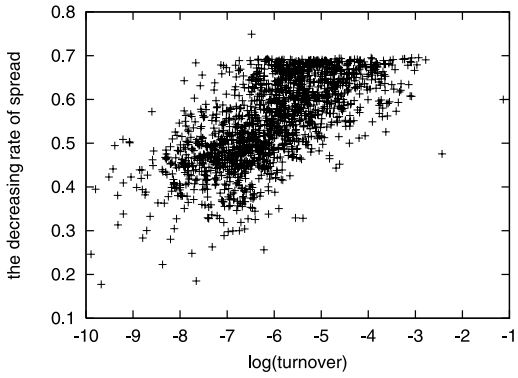

図 2 各銘柄ごとに求めた売買回転率とスプレッド縮小率の関係．縦軸がスプレッド縮小率，横軸が各銘柄ごとに求めた売買回転率である

Fig. 2 Relation between the turnover ratio and the decreasing rate of spread for each stocks. The horizontal axis represents the turnover ratio. The vertical axis represents the decreasing rate of spread.

さらに，2.2 節で論じたように，1 日あたり取引回数や売買回転率だけではとらえきれない流動性概念がある．そこで，主成分分析によって流動性の統合指数を作成し，それとスプレッド縮小率を比較した．

次節では，まず，売買回転率とスプレッド縮小率の相関について述べる．

3.1 売買回転率とスプレッド縮小率

図 2 は，各銘柄ごとに求めた売買回転率とスプレッド縮小率の関係である．横軸は売買回転率の対数，縦軸はスプレッド縮小率である．両者の相関は 0.656 となり，これは 1%有意である．なお，スプレッド縮小率には 0.7 前後に上限があるように見えるが，これについては，3.4 節で述べる．

両者の相関は十分高いので，全銘柄を対象としてもスプレッド縮小率を流動性指標と見なして問題なさそうである．しかし，流動性は様々な概念からなるため，売買回転率だけではやや不安が残る．そこで，本研究では，主成分分析を用いて新たに流動性指標を定義し，それとスプレッド縮小率の相関を調べた．

3.2 相 関 分 析

「流動性の統合指数」を作る際に用いた，流動性の指標は log(Kyle's λ)，log(spread)，log(market depth)（市場の厚み），log(turnover ratio)（売買回転率）の 4 種である．

主成分分析は複雑な相関関係にある多数の指標から少数の無相関な変数を取り出す手法である．そこで，主成分分析を行う前に，流動性の各指標の相関係数を

表 1 東証 1，2 部の各銘柄ごとに求めた流動性の各指標の相関係数
Table 1 Correlation coefficients of liquidity measures for each stocks of the first and second section of Tokyo Stock Exchange.

liquidity measures	log(Kyle's λ)	log(spread)	log(market depth)	log(turnover ratio)
log(Kyle's λ)	1	0.654	−0.846	−0.579
log(spread)	0.654	1	−0.433	−0.283
log(market depth)	−0.846	−0.433	1	0.561
log(turnover ratio)	−0.579	−0.283	0.561	1

求めた．もともとの指標が無相関に近いと主成分分析を行う意味がないからである．

流動性が高い銘柄と低い銘柄では各指標はどのような値をとる傾向があるかを考える．まず，流動性が高い銘柄では注文数が多いので，スプレッドは小さく，市場の厚みは大きくなることは簡単に予想できる．市場の厚みが大きくなるならばアスク・ビッドは動きにくくなり，Kyle の λ は小さくなる．売買回転率は，取引が活発に行われる銘柄では大きいだろう．以上の考察から指標間の相関係数の符号が予想できる．

表 1 は流動性の各指標の相関係数を表にまとめたものである．すべての変数間で 1%有意な相関を持ち，その符号は予想どおりである．そこで，主成分分析を用いて，意味のある指標を抽出することを考える．

3.3 主成分分析

表 2 は，主成分分析を行った結果得られた，主成分得点を計算する際の重み（主成分得点係数行列）である．つまり，流動性の統合指数計算時の各流動性指標の重みである．得点は，この係数と各流動性指標の線形結合で計算される．固有値が 1 を超えたのはこの表で示される 1 成分のみである．この成分で分散の 67.9%を説明できる．

この成分は流動性であると解釈される．一般に流動性が高い銘柄では，Kyle の λ は小さく，スプレッドは小さく，市場の厚みは大きく，売買回転率は上昇するからである．表 2 より，この指標は Kyle の λ と市場の厚みの影響が大きいことが分かる．この表を用いて作られた因子得点を「流動性の統合指数」と呼ぶことにする．

こうして，流動性の各指標から流動性の統合指数を作ることができた．

3.4 スプレッド縮小率と流動性

各銘柄ごとに，流動性の統合指数とスプレッド縮小率を求めて図示したものが**図 3** である．両者の相関係数は 0.820 となり，これは有意水準 1%で有意であった．この図では，右に行くほど流動性は大きくなる．

流動性が高い銘柄にはスプレッド縮小率に上限があるように見える．これは呼値が離散的であるため

表 2 東証 1，2 部の各銘柄から求めた 4 つの流動性の指標に対する主成分分析の固有値．「予想される符号」は，主成分が流動性の指標となっていると仮定したときに予想される，主成分に対する，各指標の符号を示す
Table 2 Eigenvalues from a principal components analysis of four liquidity measures for each stocks of the first and second section of Tokyo Stock Exchange. "Sign" means the signs of each index against the principal component in which case we expect that the principal component represents liquidity.

	主成分	予想される符号（sign）
log(Kyle's λ)	−0.350	−
log(spread)	−0.260	−
log(market depth)	0.326	+
log(turnover ratio)	0.268	+

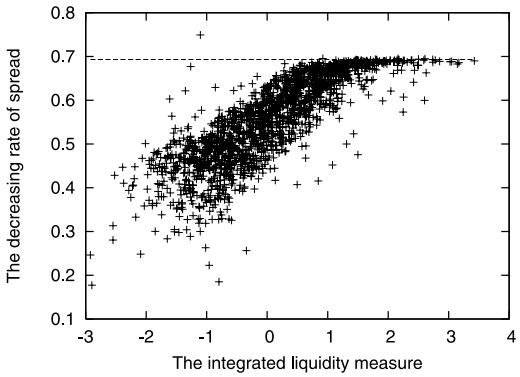

図 3 各銘柄ごとに求めた流動性の統合指数とスプレッド縮小率の関係．縦軸がスプレッド縮小率，横軸が各銘柄ごとに求めた流動性の統合指標である．破線はスプレッド縮小率の上限値である．これは log 2 に等しい
Fig. 3 Relation between the integrated liquidity measure and the decreasing rate of spread for each stocks. The horizontal axis represents the integrated liquidity measure. The vertical axis represents the decreasing rate of spread. The dashed line represents the upper limit of the decreasing rate of spread. This value is log 2.

である．流動性が十分高い銘柄では，指値注文がぎっしりと並び，たまにアスク・ビッドが動いたとしても 1 単位しか動けない．仮に，今，アスクとビッドの間が 2 単位開いていたとする．このとき，スプレッドは $\log(\mathrm{bid}+2)-\log(\mathrm{bid})$ となる．次の瞬間アスク

表 3 流動性の各指標を目的変数，流動性の統合指数を説明変数として単回帰したときの，決定係数
Table 3 Adjusted coefficients of determination by simple linear regression analysis using each five liquidity measures as dependent variable and the integrated liquidity measure as independent variable.

	決定係数
log(Kyle's λ)	0.904
log(spread)	0.498
log(market depth)	0.783
log(turnover ratio)	0.528
decreasing rate of spread	0.672

とビッドの間に売り指値注文が到着すると，アスクは更新されてビッド +1 に等しくなる．スプレッドは $\log(\mathrm{bid}+1)-\log(\mathrm{bid})$ まで縮小する．したがって，

$$\begin{aligned}\text{decreasing rate of spread} &= -\log\frac{\log\frac{\mathrm{bid}+1}{\mathrm{bid}}}{\log\frac{\mathrm{bid}+2}{\mathrm{bid}}}\\ &= -\log\frac{\log(1+\frac{1}{\mathrm{bid}})}{\log(1+\frac{2}{\mathrm{bid}})}\\ &\approx \log 2 \approx 0.69.\end{aligned}$$

この値がスプレッド縮小率の実質的な上限となる．

ただし，原理的にこの値を超えられないわけではない．たとえば，アスクとビッドの間が 3 単位開いていたときに，ビッド +1 の呼値に売り指値注文が到着したとすると，スプレッド縮小率は $\log 3$ 程度になる．これは売り指値注文がビッドに近い呼値に到着したことによる．したがって，$\log 2$ を超えることは可能である．にもかかわらず，図 3 で $\log 2$ がほぼ上限になっているのは，アスクとビッドの間に到着する売り（買い）指値注文はアスク（ビッド）付近に到着しやすいということを示している．

次に，流動性の各指標を流動性の統合指数でそれぞれ単回帰した．**表 3** は単回帰によって得られた決定係数の一覧である．

表 3 を見ると，スプレッド縮小率は他の流動性の指標と比べて決して劣らない精度となっていることが分かる．流動性の統合指数は Kyle の λ，スプレッド，市場の厚み，売買回転率から作られた指標であるから，この 4 指標の決定係数が高いのは当然である．ところが，スプレッド縮小率の決定係数は，スプレッドや売買回転率の決定係数を上回っている．したがって，スプレッド縮小率はスプレッドや売買回転率よりはるかに良い流動性指標といえるだろう．

4. ま と め

本研究の結果は以下の 2 点にまとめられる．

- スプレッド縮小率が流動性の指標の 1 つになっていることが確認できた．
- 流動性が低くなるとともにスプレッド縮小率は小さくなった．

この結果は村永[5] をほぼ支持するものである．

ただし，異なるところもある．村永の結果では流動性が高くなるにつれてスプレッド縮小率はほぼ一定の傾きで増加していく．ところが，本研究の結果ではスプレッド縮小率が 0.6 よりも小さいときには傾きが一定であるが，スプレッド縮小率が 0.6 よりも大きくなると傾きは緩やかになり 0.69 程度になると，スプレッド縮小率はほぼ一定になってしまう（図 3 参照）．つまり，流動性が十分に高いと，スプレッド縮小率は流動性指標としての意味をなくしてしまう．

そのような場合には，新たに市場の回復力の指標を考える必要がある．たとえば，単位時間に，アスクとビッドの間に到着する指値注文量の平均値という指標が考えられる．この指標なら流動性が高くても市場の回復力の指標になりうる．というのは，アスクとビッドの間が 2 単位開いていたときに，スプレッド縮小率はほぼ $\log 2$ という値しかとりえないが，「単位時間に，アスクとビッドの間に到着する指値注文量の平均値」なら流動性が高い銘柄ほど大きな値をとることが予想できるからである．

一方，極端に流動性が低い銘柄の場合，市場の回復力はスプレッド縮小率では定義できない．なぜなら，そのような銘柄ではアスク・ビッドが存在しないような状況が頻繁に起こり，スプレッドが計算できないからである．したがって，極端に流動性が低い銘柄では，たとえばアスク・ビッドが存在する時間などのような指標で，市場の回復力を代替するとよいかもしれない．

次に，「流動性が低くなるとともにスプレッド縮小率は小さくなる」という結果は何を意味するのかを考える．今，トレーダがある程度確実に株を買いたいと思っていて，指値注文を行おうとしているとする．そのようなトレーダはアスクとビッドの間に指値注文を行うだろう．売り成行注文が入れば即座にその指値注文が執行されるからである．では，このトレーダはアスクとビッドの間のどのあたりに注文を行うのだろうか．

流動性が低い銘柄では，スプレッドは大きくなる傾向があるので，そのような銘柄のトレーダにとっては選択肢が増す．つまり，ビッドに近い方に指値注文を行うかアスクよりも少し安いところに指すかという意志決定を行わなければならない．「流動性が低くなるとともにスプレッド縮小率は小さくなる」という結果は，スプレッドが大きいときには，トレーダは買い指

値をビッドの近くに置き，売り指値を行いたいときには売り指値をアスクの近くに置くということを意味している．いいかえると，トレーダは比較的慎重に指値注文を行うのである．

この結論は現実的な市場モデルを作る際に参考になる．今後は，この結論を明示的に市場モデルに組み込むか，あるいは自発的にこの結論が得られるような市場モデルを作るといった方向性が考えられる．ここでは，前者の可能性について考えてみたい．

5. 今後の市場モデルの 1 つの方向性

市場モデルには様々なものがあるが，ここでは Smith らのモデル[9] について紹介する．トレーダがあたかも何も考えていないかのように注文を出したりキャンセルを行ったりすると仮定した市場モデルをゼロインテリジェンスモデル（ZIM）という．この単純な仮定のもとで，彼らはスプレッド・価格の拡散係数を解析的に表現することができた．さらに，Farmer らはその理論をロンドン証券取引所の 11 銘柄に適用し，理論値と実測値がよく一致することを確かめた[2]．スプレッド・価格の拡散係数についてはトレーダは何も考えていないという近似で十分高い予言ができるのである．

もちろん，Smith らの ZIM では定量的には説明できない現象もある．たとえば，「··· 株注文すると平均的には価格が ··· 円動く」という関係をマーケットインパクトという．マーケットインパクトは Kyle の λ を拡張したものにあたる．ZIM では，マーケットインパクトは定量的には説明できなかった．

そこで，今後は ZIM 以降のモデルを考える必要があるかもしれない．指値注文はランダムに到着しているわけではないという報告はたくさんある[3),11),12)]．また，指値注文がキャンセルされる事象が起こる確率はアスク・ビッドからの距離によるという結果が得られている[10]．トレーダの行動はゼロインテリジェンスではないのである．

流動性は，企業規模（たとえば時価総額）のような指標の影響が大きい[7] のは直感的にも納得できる．なぜなら，企業規模が大きければその企業はある程度知名度があり，その銘柄を対象に取引を行うトレーダも増え，指値注文も増えるだろうと思われるからである．

しかしながら，企業規模のほかに，トレーダの行動も流動性に大きく影響している．たとえば，マネックス・ビーンズ・ホールディングス（8698），パシフィックゴルフグループインター（2466）といった企業は時価総額 2,000 億円前後（2006/9/8 現在）とそれほど大きな企業ではないが，スプレッド縮小率はそれぞれ

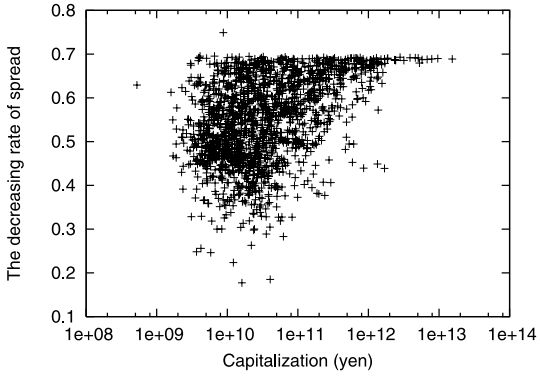

図 4 各銘柄のスプレッド縮小率と時価総額の関係．縦軸がスプレッド縮小率，横軸が時価総額（円）である

Fig. 4 Relation between the decreasing rate of spread and the capitalization for each stocks. The horizontal axis represents the capitalization (yen) and the vertical axis does the decreasing rate of spread.

0.691（全銘柄中 18 位），0.687（同 62 位）であり本研究の対象銘柄の中ではかなり大きい．また，**図 4** は各銘柄のスプレッド縮小率と時価総額の関係を見たものである．全体としては確かに 1%有意な相関がある（相関係数は 0.41）があまり高くはなく，時価総額が 1,000 億円付近ではスプレッド縮小率が 0.3 前後のものからほとんど最大値になっているものまで非常に多様である．

同程度の企業規模なのになぜ流動性が極端に異なることがあるのか．その理由は今のところ不明だが，流動性には，時価総額ばかりでなく，トレーダの行動も大きな影響を与えているということになる．

流動性の高い市場の設計は市場研究の主な目的の 1 つである．そこで，ゼロインテリジェンスモデル以上の高い予測力を持つ市場モデルを構築するためには，トレーダの行動にもっと現実的な仮定を置くことが必要となる．そのような仮定のもとで様々な市場モデルを研究すれば，高い流動性を持つ市場をどのように設計すればよいかという問題に対してはっきりした結論を出すことができるだろう．

謝辞 岸本一男先生ならびに岸本研究室の皆様からは，日本の株式市場のデータと貴重なご助言をいただきました．この場をお借りしてお礼を申し上げます．

参 考 文 献

1) Engle, R.F. and Lange, J.: Measuring, Forecasting and Explaining Time Varying Liquidity in the Stock Market, *NBER Working Paper*, No.6129 (1997).
2) Farmer, J.D., Patelli, P. and Zovko, I.I.:

The Predictive Power of Zero Intelligence in Financial Markets, Supplementaty Information, *PNAS USA*, Vol.102, No.6, pp.2254–2259 (2005).
3) Bouchaud, J.-P., Mezard, M. and Potters, M.: Statistical properties of the stock order books: Empirical results and models, *Quantitative Finance*, Vol.2, No.4, pp.251–256 (2002).
4) Fleming, M.J.: Measuring treasury market liquidity, *FRBNY Economic Policy Review*, pp.83-99 (Sep. 2003).
5) 村永　淳：本邦株式市場の流動性に関する動学的考察—東京証券取引所のティック・データ分析, *IMES Discussion Paper*, No.2000-J-18 (2000).
6) Kyle, A.S.: Continuous Auctions and Insider Trading, *Econometrica*, Vol.53, No.6 (1985).
7) 大村敬一，宇野　淳：株価と売買高，早稲田商学，No.376 (1998).
8) ロス・M・ミラー：実験経済学入門—完璧な金融市場への挑戦，日経 BP 社 (2006).
9) Smith, E., Farmer, J.D., Gillemot, L. and Krishnamurthy, S.: Statistical Theory of the Continuous Double Auction, *Quantitative Finance*, Vol.3, No.6, pp.481–514 (2003).
10) Mike, S. and Farmer, J.D.: An empirical behavioral model of price formation (2005). http://arxiv.org/abs/physics/0509194
11) 宇野　淳，大村敬一：インベストメント・サイエンス・セミナーマーケットマイクロストラクチャーによる実証分析第 7 回　指値注文戦略：ブックと注文フローのダイナミクス，証券アナリストジャーナル，1999 年 3 月号，pp.92–119 (1999).
12) 宇野　淳，大村敬一，谷川寧彦：指値注文の執行確率 (00-05, 2000). http://www2.econ.osaka-u.ac.jp/library/global/dp/list.html

(平成 18 年 12 月 16 日受付)
(平成 19 年 6 月 29 日再受付)
(平成 19 年 7 月 20 日採録)

木村　博道（学生会員）
昭和 50 年生．平成 17 年筑波大学大学院システム情報工学研究科社会システム工学専攻博士前期課程修了．現在，同博士後期課程に所属．

秋山　英三（正会員）
昭和 44 年生．平成 10 年東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻博士課程修了．博士（学術）を取得．平成 9 年から日本学術振興会特別研究員．平成 11 年から慶應義塾大学理工学部未来開拓学術研究プロジェクト助手．平成 12 年 9 月から米国サンタフェ研究所ポスドク研究員．平成 13 年 8 月から筑波大学社会工学系講師．現在，筑波大学大学院システム情報工学研究科准教授．進化ゲームの研究に従事．共著に「『社会的ジレンマ』をゲーム理論で解く」（中山幹夫・武藤滋夫・船木由喜彦編，有斐閣）等．日本物理学会，日本経済学会各会員．