

## 「EBS 外国為替指値市場におけるキャンセル行動の分析」

滋賀大学経済学部ファイナンス学科教授

吉田裕司

### 1. はじめに

外国為替市場の最大シェアを占める EBS 社(ICAP の子会社)の市場プラットフォームは、指値注文と IOC(immediate or cancel)注文で構成される指値注文市場(limit order market)システムである。各金融市場には特有の制度やシステムがあり、東証の株式市場や大阪取引所の先物・オプション市場と異なる点もあるが、指値注文市場としては全ての金融・証券市場に共通する部分も多くある。この大阪取引所の『先物・オプションレポート』で外国為替市場の指値市場分析を紹介することも的外れではないと考えられる。

EBS の注文データベースは、発注・キャンセル・約定が発生する度に、ミリ秒単位で時系列に記録されている。株式市場と比較すると丸 24 時間稼働している上に、通貨ペアがわずか 50 程度であるので、個別銘柄単位では非常に厚みのある市場となっている。研究目的で我々が入手しているデータベースでは、個別の金融機関を識別できないようにしてはあがるが、個々の注文には 20 桁の識別コードが割り当てられ、発注時点と(キャンセルもしくは約定による)終結時点の情報をマッチング出来るようになっている。

本レポートでは、まず、株式市場を対象として発展している「発注行動」の理論分析並びに実証研究の主要なポイントを整理する。次に、発注行動の当然の帰結として注文の「キャンセル行動」が考えられるが、まだ十分な研究がされていないことを指摘した上で、外為市場における筆者の共同研究の一部を紹介させて頂く。

### 2. 発注行動について

指値注文市場における注文行動に関しては、幾つもの理論が提唱されているが、特に重要なのは発注・約定が順次行われる市場の特徴を捉えた Foucault(1999)や Parlour(1998)が最初に行った動学的な分析である。Foucault(1999)は、每期、1名のトレーダーが指値注文か成行注文かの選択を行う枠組みを用いて、トレーダーが自分の後に参加するトレーダーの行動を読み込んで発注・取引を行うというゲーム論的な市場均衡の分析をした。真の価値を  $v$  とする資産に関して、異なる評価をする二タイプのトレーダーを考える<sup>1</sup>。ハイ・タイプは資産を  $(v + \sigma)$  と高く評価し、ロー・タイプは資産を  $(v - \sigma)$  と低く評価する。実務に携わる金融関係者の方にとっては、あまりにも単純な設定であると思われるかもしれないが、数学的に均衡解を得るためには単純化は必要であることをご了承いただきたい。

すなわち、トレーダーは、確実に執行される成行注文から得られる利益(ゲーム論の用語では利得)と、指値注文をした時に得られる(より有利な価格であるが、一定の割合で約定さ

---

<sup>1</sup>トレーダー間に評価差が存在することは本質的なことで、この評価差が「取引の利益(gain from trade)」をもたらし、そもそも取引をすることの意義を与える。

れないリスクを考慮した)期待利益を比較して、より高い利益を得られる発注方法を選択するのである。期待利益は、(1)式から(4)式のように、執行できたときの利益に執行(約定)確率を乗じたものである。成行注文の執行確率は $\rho_M$ 、指値注文の執行確率は $\rho_L$ である。均衡において、資産を高く評価するハイ・タイプは買い注文を行い、資産を低く評価するロー・タイプは売り注文を行う。市場価格は、ビッド( $P^{Bid}$ )とアスク( $P^{Ask}$ )の二つだけとなる。成行注文では相手サイドの価格、指値注文では自分サイドの価格での取引となる。

売り注文の期待利益:

- (1) 成行注文  $\rho_M(P^{Bid} - (v - \sigma))$ 、
- (2) 指値注文  $\rho_L(P^{Ask} - (v - \sigma))$ 、

買い注文の期待利益:

- (3) 成行注文  $\rho_M(v + \sigma - P^{Ask})$ 、
- (4) 指値注文  $\rho_L(v + \sigma - P^{Bid})$

このような単純な設定からも、トレーダーの発注行動にとっての重要なエッセンスは得られる。それぞれのトレーダーが同じ戦略を用いる均衡解では、成行注文と指値注文の期待利益が等しくなることが要求される。すなわち、 $\rho_M(P^{Bid} - (v - \sigma)) = \rho_L(P^{Ask} - (v - \sigma))$ と、 $\rho_M(v + \sigma - P^{Ask}) = \rho_L(v + \sigma - P^{Bid})$ を満たすように指値価格( $P^{Bid}$ と $P^{Ask}$ )が決定される。この連立方程式をビッド価格とアスク価格について求めると、(5)式と(6)式が得られ、アスク価格がビッド価格より高いことが確認でき<sup>2</sup>、それぞれの価格が執行確率( $\rho_M, \rho_L$ )と資産評価の差( $\sigma$ )によって決定されていることが明確になる。

$$(5) P^{Bid} = v - \frac{\rho_M - \rho_L}{\rho_M + \rho_L} \sigma$$

$$(6) P^{Ask} = v + \frac{\rho_M - \rho_L}{\rho_M + \rho_L} \sigma$$

注文板に複数の指値価格があることを取り込んだ理論モデルには、Hollifield et al. (2004)、Foucault et al. (2005)、Roçu(2009)等があり、それぞれに細かい設定の差異はあるものの、基本的な考え方は上記と同様である。トレーダーは、成行注文の期待利益に加えて、複数の指値価格における期待利益を比較して、最も高い期待利益の注文方法を選択するのである。所与のビッド(アスク)の下で、新たな価格で注文される指値価格を  $P^{Bid+1}(P^{Ask+1})$  で表し、その執行確率を  $\rho_L(+1)$  と示すことにする。

<sup>2</sup> 当然であるが、成行注文の執行確率は100%と考えることが出来るので、指値注文より執行確率が高く、 $\rho_M - \rho_L$ がプラスだからである。

売り指値注文の期待利益:

$$(7) \quad \rho_L(+1)\{(P^{Ask+1} - (v - \sigma))\},$$

買い指値注文の期待利益:

$$(8) \quad \rho_L(+1)\{(v + \sigma) - P^{Bid+1}\},$$

均衡条件として、トレーダーがどちらの指値価格でも同じ期待利益を望めるようにするためには、(7)式と(2)式(買い注文の場合は(8)式と(4)式)が等しくなるようにすればよい。すると、(5)式と(6)式のビッドとアスクに加えて、新しい指値価格は次の通りとなる。

$$(9) \quad P^{Bid+1} = v - \frac{\rho_M - \rho_L}{\rho_M + \rho_L} \sigma - \frac{\rho_L - \rho_L(+1)}{\rho_L(+1)} \sigma = P^{Bid} - \frac{\rho_L - \rho_L(+1)}{\rho_L(+1)} \sigma$$

$$(10) \quad P^{Ask+1} = v + \frac{\rho_M - \rho_L}{\rho_M + \rho_L} \sigma + \frac{\rho_L - \rho_L(+1)}{\rho_L(+1)} \sigma = P^{Ask} + \frac{\rho_L - \rho_L(+1)}{\rho_L(+1)} \sigma$$

(9)式は、新しい買い指値注文が注文板において優先順位が劣位であるとする、執行確率が低い( $\rho_L(+1) < \rho_L$ )ため、新しい買い指値価格は必ずビッドより低くなり、その差はそれぞれの執行確率( $\rho_L, \rho_L(+1)$ )と資産評価の差( $\sigma$ )に依存していることを示している。売り指値価格については、(10)式が同様のことを示している。

先行研究では、均衡解を得るために細かな仮定が設けられているが、あえて詳細を省いて説明をしてきた。発注行動の実証分析を行う上で重要な点は、トレーダーの発注における選択(成行注文か指値注文、またどの価格における指値注文)は、執行確率に強く依存していることである。発注の実証分析を行う研究では、この執行確率に影響を与えるものとして、注文板の情報、注文スピード(一定時間における注文数)、ビッド・アスク・スプレッド等を説明変数として利用した分析が行われている。

### 3. キャンセル行動について

さて、執行確率が成行注文以外では100%以下であることが前提とされているが、執行されない注文は理論モデルではどのように考えられているのであろうか。それぞれの研究論文によって理論モデルの設定が異なるが、1)次の期に約定されなければ自動的にキャンセルされる(Foucault, 1999)、2)キャンセルできないが、最終期までに約定されない場合は自動的にキャンセルされる(Parlour, 1998)、3)キャンセル可能であるが均衡結果としてキャンセルされない(Roçu, 2009)等がある。実際の市場ではトレーダーが自発的に高い頻度でキャンセルしていて、特にプログラム・トレーダーやアルゴリズム・トレーダーの取引が顕著である近年におけるキャンセル率は相当高くなっているが、そういう側面は捉えられていない。

注文行動の理論分析では、ゲーム論的な均衡解を得るために、多くの単純化が必要であるため、キャンセル行動に関しては上記のような極端な仮定を設ける必要がある。なぜなら、キャンセル行動を認めてしまうと、順番にトレーダーが発注するモデルにおいて、以前のトレーダーがどのタイミングでキャンセルするかをモデル化するのが困難だからである。しかし、均衡解を求めなくて良いのであれば、キャンセル行動は、上記の発注行動の分析から推測することは容易である。すなわち、(1)~(4)および(7)(8)式の期待利益から、発注した時より後で、1)新たなニュースの到来により資産の真の価値( $v$ )が変化した場合や、2)他のトレーダーによる後からの発注によって注文板が変化し、それぞれの執行確率( $\rho$ )が変化した場合、最適な発注行動が変更されることが考えられる。1)に関しては、イベント分析の実証方法を用いることが可能であるが、毎分・毎秒にニュースが到来するものでもなく、高いキャンセル率を説明するのには十分だとは言えない。すると、2)の発注後の注文板の変化が、トレーダーにキャンセル行動を取らせると考える方が妥当的である。

現在改訂中の Susai and Yoshida (2015b)において、まさにこのキャンセル分析を、EBS 外為市場(ユーロ・米ドルと米ドル・円)の注文データを用いて行っている。具体的には、個別の注文に関して、発注時点の時刻とキャンセル時点の時刻から「市場滞在時間(life-time)」を計測して、キャンセル行動を分析対象としている。市場滞在時間に影響を与えるものとして、発注時点の注文板の状態からキャンセル時点の注文板の状態への変化を数量化したものをを用いている。先行研究においては、発注時点の注文板情報を用いた発注分析は多くあるが、注文の市場退出時点の情報はもちろん、注文板情報の変化を捉えた分析は、我々の知るところ我々の研究論文以外まだ存在していない<sup>3</sup>。主要な分析結果は以下の通りである。注文板における当該注文より価格優先順位の高い注文量の変化は、統計的に有意に当該注文の市場滞在時間に影響を与える。また、その影響程度は、発注時点の当該注文の注文板での価格優先順位によって大きく異なる。すなわち、「トレーダーは発注後の市場の変化を注文板から捉えて、キャンセル(発注の変更)の判断をしている」ことを数量化できた。

このキャンセル行動がより顕著に表れるのは、ユーロ・米ドルや米ドル・円のような主要な外為市場よりも、豪ドル・円のようなクロス市場である。BIS(国際決済銀行)による 2010 年の triennial survey では、直物取引の 31.5%がユーロ・米ドルで占められている。米ドルを介する取引である、米ドル・円と豪ドル・米ドルは、それぞれ 12.3%と 5.6%を占めるのに対して、クロス取引である豪ドル・円取引はわずか 0.9%のみである。Susai and Yoshida(2014)は 2010 年 9 月の一日分の EBS の注文データにおいて、米ドル・円取引と豪ドル・米ドル取引のキャンセル率の比較をしている。表 1 では、米ドル・円取引において 1 秒以内のキャンセル率が全体の 36.8%であること自体、株式市場のものよりも高く驚きではあるが、豪ドル・円取引においては、1 秒以内のキャンセル率は 58.6%にまで至っている。

<sup>3</sup> Lo et al. (2002)がニューヨーク証券取引所の株式注文の詳細な分析を行い、執行やキャンセルまでの市場滞在時間を計測している。しかし、計量分析の対象となっているのは執行された注文のみである。当然、分析がより複雑な注文板の変化などは捉えていない。

0.1秒以内のより短い時間に限定すると、豪ドル・円取引の特殊性がより顕著になる。米ドル・円取引のキャンセル率が1.6%なのに対して、豪ドル・米ドル取引のキャンセル率は25.0%もある。

**表1. 1秒以内にキャンセルされた注文 (2010年9月8日)**  
 数値は該当する0.1秒区間でキャンセルされた注文数。出所: Susai and Yoshida 2014, Table 10.7。

	豪ドル/円	米ドル/円
0.1	116,081	5,010
0.2	38,549	1,418
0.3	40,610	72,942
0.4	17,763	8,018
0.5	14,760	6,220
0.6	12,000	5,326
0.7	8,815	3,935
0.8	9,286	3,648
0.9	7,286	3,180
1.0	7,272	3,271
一日の注文数	464,669	307,215
1秒以内	58.6%	36.8%

一方、Susai and Yoshida (2015a)では、指値注文ではなくIOC注文に着目した分析も行っている。指値注文とは違うという意味で、株式市場の成行注文(market order)の役割を担うと考えられるが、全く異なる性質を持つものである。成行注文は「確実な約定」を得る代わりに、「有利な執行価格」を犠牲にするものである。しかし、IOC注文には確実な約定はなく、不利な価格を受け入れる必要もない。図1には、豪ドル・米ドル市場におけるIOC注文のほとんどが約定に至っていないことを示している。2010年9月8日にIOC注文は4176回あったが、そのうちの76%が約定に至っていない(Susai and Yoshida, 2015a, Table 13.1)。我々の研究上の表現では、IOC注文は、市場滞在時間を0秒にした指値注文である。

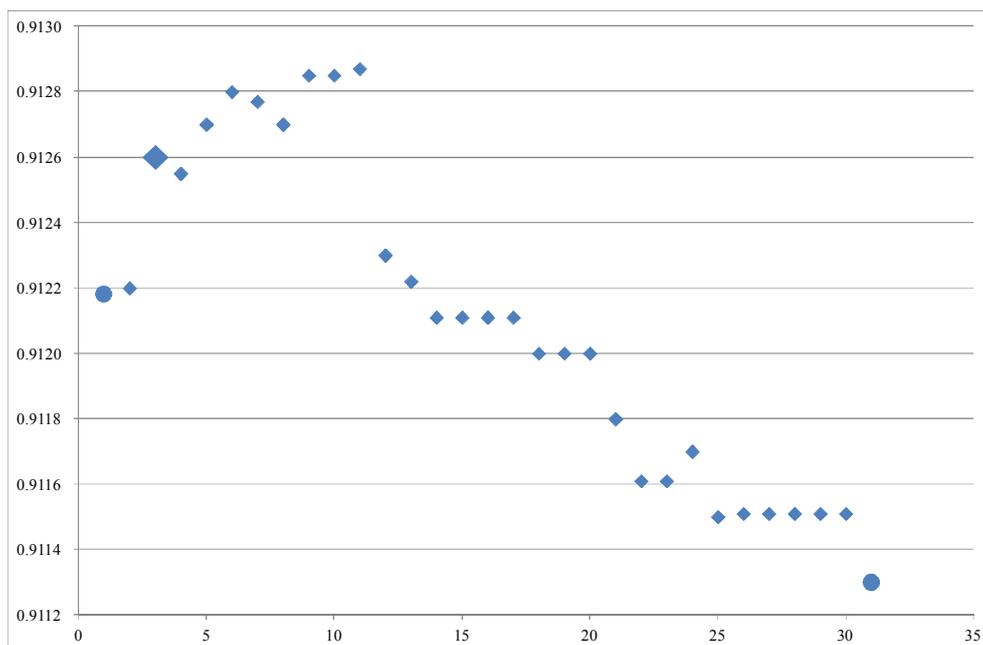
#### 4. さいごに

1990年代から高頻度取引データが実証分析に用いられるようになり「発注行動」に関する研究は盛んに行われてきた。トレーダーの自発的な投資行動である「キャンセル行動」の研究も同様に重要であるはずだが、キャンセルを取り込む理論モデルの困難さと、実証分析のためのデータ整備が一段と複雑であるため、研究分野としてはまだまだ未開拓の領域となっている。近年のアルゴリズム取引の台頭を背景として、金融・証券市場の指値市場におけるキャンセル率は上昇していることを考えると、この分野における研究の進展が

待ち望まれる。

**図1. IOC 売り注文の例 (豪ドル/米ドル、2010年9月8日)**

●は約定した IOC 売り注文。◇は約定されなかった IOC 売り注文。最初の IOC 注文が 23:57:01.410 に発注され、図で最後(31番目)の IOC 注文は 00:10:43.025 に発注された。最初と最後の注文は約定されたが、間の 29 個の IOC 注文は約定に至らなかった。横軸は順番だけで時間を示すものではないことに注意。出所: Susai and Yoshida (2015a), Figure 13.3.



**謝辞:** 本レポートは、科研費 B26285070 の研究成果の一部を利用している。

**参考文献**

Foucault, T., 1999, Order flow composition and trading costs in a dynamic limit order market. *Journal of Financial Markets*, 2, 99-134.

Foucault, T., Kadan, O., and Kandel, E., 2005, Limit order book as a market for liquidity. *Review of Financial Studies*, 18(4), 1171-1217.

Hollifield, B., Miller, R.A., and Sandås, P., 2004, Empirical analysis of limit order markets, *Review of Economic Studies*, 71, 1027-1063.

Lo, A.W., MacKinlay, A.C., and Zhang, J., 2002, Econometric models of limit-order executions, *Journal of Financial Economics*, 65, 31-71.

Parlour, C.A., 1998, Price dynamics in limit order markets. *Review of Financial Studies*, 11(4), 789-816.

Roçu, I., 2009, A dynamic model of the limit order book. *Review of Financial Studies*, 22(11),

4601-4641.

Susai, Masayuki and Yoshida, Yushi, 2014, Algorithm Trading in Asian Currency FX Markets, in D. L. K. Chuen and G. N. Gregoriou eds. Handbook of Asian Finance, Vol. 2, 185-205, Academic Press.

Susai, Masayuki and Yoshida, Yushi, 2015a, We missed it again! Why do so many market orders in high-frequency FX trading fail to be executed?, in G.N.Gregoriou eds. The Handbook of High Frequency Trading, 215-235, Academic Press.

Susai, Masayuki and Yoshida, Yushi, 2015b, Life-time of limit orders in the EBS foreign exchange market, (国内外の学会・ワークショップにて多数発表済み)

本資料に関する著作権は、株式会社大阪取引所にあります。

本資料の一部又は全部を無断で転用、複製することはできません。

本資料は、デリバティブ商品の取引の勧誘を目的としたものではありません。