

# 為替市場における裁定機会の解析 II

## Arbitrage Opportunities Observed in the Foreign Exchange Markets

山田健太<sup>1,2\*</sup>      伊藤隆敏<sup>3</sup>      高安秀樹<sup>4</sup>      高安美佐子<sup>5</sup>  
Kenta Yamada<sup>1,2</sup>      Takatoshi Ito<sup>3</sup>      Hideki Takayasu<sup>4</sup>      Misako Takayasu<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 東京大学工学系研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

<sup>2</sup> JST さきがけ

<sup>2</sup> PRESTO, Japan Science and Technology Agency

<sup>3</sup> 政策研究大学院大学

<sup>3</sup> National Graduate Institute for Policy Studies

<sup>4</sup> ソニー CSL

<sup>4</sup> Sony Computer Science Laboratories

<sup>5</sup> 東京工業大学大学院総合理工学研究科

<sup>5</sup> Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

**Abstract:** We introduce two kinds of arbitrage opportunities in the foreign exchange market by using high-frequency data over 12 years; one is negative spread arbitrages and the other is triangle arbitrages. We already showed the relationship between the occurrence of the arbitrage and volatility, the number of deals and the number of computer traders[1]. In this paper, we take into account an execution risk in our arbitrage analysis. We found the expected profit of the arbitrage declines year by year. We assume this result caused by increasing of the algorithm traders which can detect arbitrage opportunities much faster than human traders.

## 1 introduction

効率的市場仮説に基づき、裁定機会は存在しないと考える経済学者も多い。しかし、前回の発表では、秒単位で記録された、外国為替市場の高頻度データを観測すると、ネガティブスプレッド裁定機会と三角裁定機会の2つの裁定機会が観測されることを示した。これらの裁定機会の出現確率は減少傾向にあり、1999年には数パーセントあった出現確率は2009年度には0.1パーセント程度に減少した。裁定機会の出現確率は、マーケットのボラティリティー、取引回数、市場に存在するアルゴリズムトレーダー数を用いて説明することができ、ボラティリティーが高く(市場が荒れている)、取引回数が多い時(市場が活発)、裁定機会は発生しやすい。また、アルゴリズムトレーダーが増えると裁定機会の出現確率は減少する[1]。これは、人間であれば裁定機会が発生したことを発見するまでに数秒かかるが、アルゴリズムトレーダーは即座に発見するため、裁定機会の生存時間が短くなることに起因する。昨今、アルゴリズムトレーダーに代表されるハイフリークエン

シートレーダー(HFT)の是非は、研究者、実務家から大きな関心を集めているが、裁定機会は、アルゴリズムトレーダーによって変化した最も分かりやすい例の一つである。本発表では、さらに現実的な解析を目指し、約定リスク(execution risk)を考慮した裁定機会の解析を紹介する。

## 2 裁定機会

銀行などの金融機関のディーラーは、この価格以下なら買いたいという買値(ビッド)やこの価格以上なら売りたいという売値(アスク)を提示し、外国為替市場にはこれらの注文が集まり、最も高いビッドをベストビッド、最も安いアスクをベストアスクと呼ぶ。つまり、ベストビッドは今すぐその価格で売ることのできる価格であり、ベストアスクは今すぐその価格で買うことのできる価格である。ニュースなどで、1ドル103.10-103.12円と表示される場合、103.10円がベストビッドであり、103.12円がベストアスクであり、ベストビッドとベストアスクの乖離は(ビッドアスク)スプレッドと

\*E-mail: yamada@sys.t.u-tokyo.ac.jp

呼ばれる。ネガティブスプレッドとは、スプレッドが負の値を持つケースであり、つまりベストビッドの方がベストアスクよりも高くなる場合である。本来、ベストアスクよりも高いビッド注文が入るとすぐに約定が発生するためこのようなケースは起きないと考えられる。しかし、今回解析した ICAP 社提供の為替電子取引プラットフォーム「EBS」では、銀行間にクレジットラインが引かれており、クレジットラインのない銀行間での取引は成立しない。例えば、円ドル市場で A 銀行のディーラーが 103.55 円の買い注文（ビッド）を出し、B 銀行のディーラーが 103.50 円の売り注文（アスク）を出した時、二つの銀行間にクレジットラインがない場合は約定は発生せず、ビッドの価格がアスクの価格を上回り、ネガティブスプレッドが発生する。もし、C 銀行が A 銀行、B 銀行両方とクレジットラインがある場合、C 銀行は、1 ドルを 103.50 円で買い、103.55 円で売ることができ利益を得る。この場合、EBS 上での最低取引単位 1 本（100 万ドル）で 500 ドルの利益が得られる。図.1 に 1 秒間隔でベストビッドとベストアスクの価格が更新される EBS のデータから観測されたネガティブスプレッド裁定機会の例を示す。横軸は秒単位の時間であり、縦軸はレートを表し、赤線はベストビッド、青線はベストアスクである。ほとんどの時間でベストアスクの価格の方がベストビッドよりも高いが、15～17 秒の 2 秒間ネガティブスプレッドが確かに観測されている。

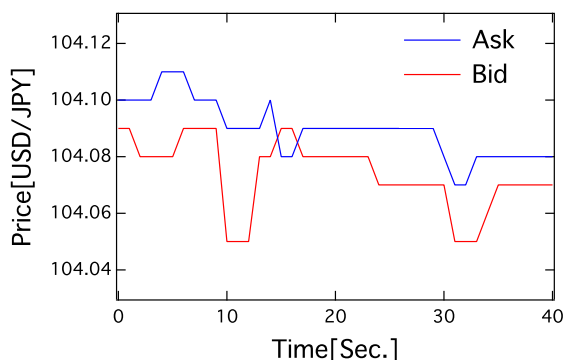


図 1: ネガティブスプレッド裁定機会の例。

饗庭らは、1999 年の 2 ヶ月間のデータから三角裁定機会が全時間の約 6.4% 存在することを示した [1]。三角裁定機会とは、為替市場において、今持っている円を円 ドル ユーロ 円、または、円 ユーロ ドル 円と交換した時に元の資産よりも増えている機会である。つまり、三角裁定ではユーロ経由で購入したドルが、ドル円市場で、購入額よりも高く売れる場合である。図.2 に EBS データから観測された三角裁定機会の例を示す。赤線は、USD/JPY 市場のベストビッドの価格であり、青線は EUR を介したアスクの価格で

あり、10～13 秒の 3 秒間と 22～24 の 2 秒間の 2 ヶ所で三角裁定機会が観測されている。1 秒刻みのベストビッド、ベストアスクのデータを用いて三角裁定機会の発生確率の経年変化を調べると、1999 年には数%存在していた三角裁定機会は、2010 年には 0.1% 程度に減少する。

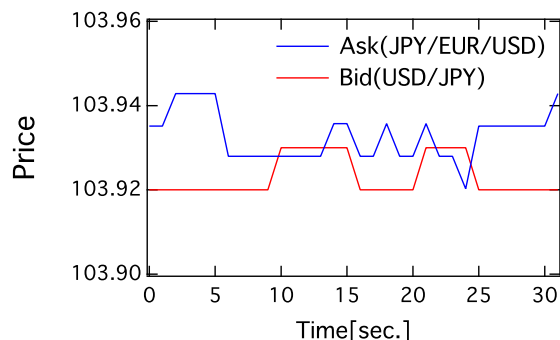


図 2: 三角裁定機会の例。

### 3 約定リスクを考慮した裁定機会

本解析の約定リスクは、裁定をとるために複数の通貨ペアにオーダーを入れたが、一部の通貨ペアでしか約定できなかった場合を指す。例えば、ドル円市場のネガティブスプレッド裁定が発生した場合に、ディーラーがベストビッドとベストアスクの価格でそれぞれ、売り注文と買い注文を出したが、売り注文しか約定せず、買い注文は約定しなかった場合などである。このような状況が起こる原因としては、「裁定を狙っているライバルが自分よりも先に約定してしまった」、「裁定を狙っていないディーラーが先に取引を行ってしまった」、「ベストアスクを提示していたディーラーがキャンセルした。」などいくつか考えられる。これにより、偏ったポジションをとることになり、これを解消する際に損失が発生する恐れがある。

そこで、この約定リスクを考慮した上での裁定条件を以下の手順で計算する（ネガティブスプレッドの場合）。

1. ネガティブスプレッド裁定を取りにいて成功した場合の利益の平均値、一部のみ約定し（ビッド、アスクの片側のみの約定）、1 秒後にポジションを解消した場合の利益または損失の平均値を年度毎に計算する。
2. ネガティブスプレッド裁定を取れる、取れない（ビッド、アスクの片側のみの約定）確率を推定：ここで見積もられる NSA を取れる確率は、他のディーラーと競争した場合に必ず負ける最も低い（悪い）ケースを想定しているが、実際は競争に勝

てる場合もあるので、裁定機会をとれる確率は推定確率よりも高いと考えられる。

3. 1 と 2 を組み合わせ、約定リスクと取引コストを考慮した裁定機会の利益の経年変化を計算する。

三角裁定機会も同様の手順で計算される。

## 4 結果

3 節の手順に従って計算された、ネガティブスプレッド裁定機会の期待利益の経年変化を図. 3 に示す。縦軸は 1 回あたりの対数収益率であり、 $10 \times 10^{-6}$  は 1 本 (100 万ドル) に対して 10 ドルの利益を平均的に得ることを表す。1999 年のドル円市場のネガティブスプレッドが出現頻度は、1 日あたり約 100 回である。

図. 3 の期待収益率は減少傾向であり、特に 2005、2006 年の前年からの下落は大きく、2009 年度は負の値となっている。これは、アルゴリズムトレーダーの出現によって、発生した裁定機会は、すぐにライバルのトレーダーに取られてしまい、約定リスクが大きくなったためであると考えられる。

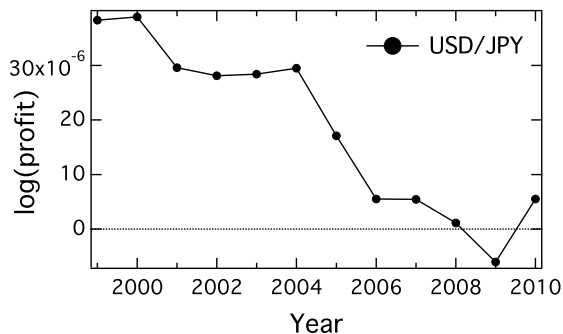


図 3: 約定リスクを考慮したネガティブスプレッド裁定機会の期待利益の推移 (USD/JPY)。

## 参考文献

- [1] Yukihiro Aiba, Naomichi Hatano, Hideki Takayasu, Kouhei Marumo and Tokiko Shimizu, Physica A 310 (2002) 467-479.
- [2] Takatoshi Ito, Kenta Yamada, Misako Takayasu, Hideki Takayasu, "Free Lunch! Arbitrage Opportunities in the Foreign Exchange Markets", NBER Working Paper No. 18541 (2012).