

## 為替市場における裁定機会の解析

### Arbitrage Opportunities Observed in the Foreign Exchange Markets

山田健太<sup>1\*</sup>  
Kenta Yamada<sup>1</sup>

伊藤隆敏<sup>2</sup>  
Takatoshi Ito<sup>2</sup>

高安秀樹<sup>3</sup>  
Hideki Takayasu<sup>3</sup>

高安美佐子<sup>4</sup>  
Misako Takayasu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 早稲田大学高等研究所

<sup>1</sup> Waseda Institute for Advanced Study

<sup>2</sup> 東京大学大学院経済学研究科

<sup>2</sup> Faculty of Economics, University of Tokyo

<sup>3</sup> ソニー CSL

<sup>3</sup> Sony Computer Science Laboratories

<sup>4</sup> 東京工業大学大学院総合理工学研究科

<sup>4</sup> Department of Computational Intelligence and Systems Science, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

**Abstract:** We introduce analysis of arbitrage opportunities in the foreign exchange market by using high-frequency data. We showed two kinds of arbitrage opportunities, negative spread arbitrages and triangle arbitrages, and we modeled the occurrence of the arbitrage with volatility, the number of deals and the number of computer traders. The market has changed over the last ten years. In particular an emergence of computer traders, which have trading algorithms in computers, is one of the biggest news in financial markets, and the computer traders can detect triangular arbitrages much faster than human traders. We also modeled the disappearance probability of triangular arbitrages within one second that is the minimum observation interval of our data by using volatility, the number of deals and the number of computer traders.

外国為替市場では、多くの時間で一物一価が成り立っており裁定機会は存在していないと考えられている。例えば、ロイターと ICAP などのブローカー間での価格差はほぼない。しかし、秒単位で記録されたデータをよく観測すると、一つのブローカー内でも裁定機会が存在することが確認できる [1][2]。

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

\*E-mail: yamada@aoni.waseda.jp

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。

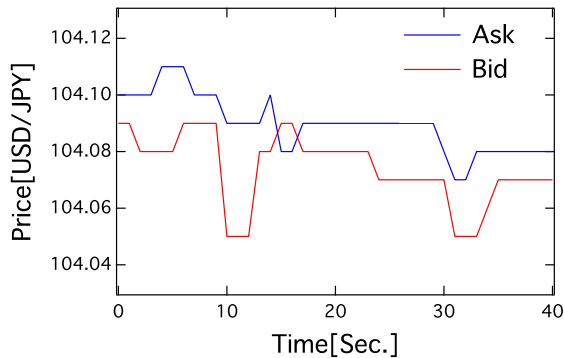


図 1: ネガティブスプレッド裁定機会の例.

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秒の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。

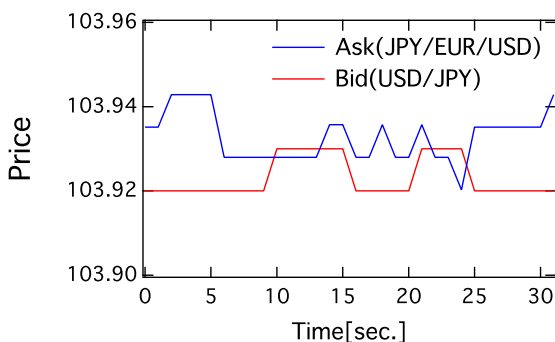


図 2: 三角裁定機会の例.

また、ネガティブスプレッド裁定機会や三角裁定機会の発生頻度をボラティリティ、取引頻度、コンピュータトレーダーの数をを用いて回帰分析したところ、ボラ

ティリティと取引頻度とは正の相関、コンピュータトレーダー数とは負の相関が統計的に有意に(有意水準1%)観測された。これは、ボラティリティや取引頻度が高い時は、裁定機会が発生頻度が高く、コンピュータトレーダーが増えると裁定機会の発生頻度が低くなることを意味する。

さらに、1秒後に裁定機会がなくなる確率をボラティリティ、取引頻度、コンピュータトレーダーの数をを用いて回帰分析を行うと、取引頻度とコンピュータトレーダー数とは正の相関、ボラティリティとは負の相関が観測される。つまり、取引頻度が高いとベストの価格が更新される確率が高いため1秒後に裁定機会がなくなる確率が上がる。また、コンピュータトレーダーが増えるとすぐに裁定機会を検知し裁定を取ってしまうので、裁定機会が1秒後になくなる確率が上がる。一方、ボラティリティが高い時は、おそらく裁定を取り損ねた時のリスクが高くなるので裁定機会が1秒後になくなる確率が下がる。

その他にも、ネガティブスプレッドが検出されたあとは、ビッド、アスクが同時に叩かれるダブルディールの確率が10倍~100倍程度上がり、三角裁定機会が検出されたあとは、3通貨ペアで同時に取引が発生するトリプルディールの確率も10倍~100倍程度上がる事が確認できる。これは、ディーラー(コンピュータトレーダー)が裁定機会を狙っており、裁定機会が検出されると即座に裁定を取りに行くため、ダブルディールやトリプルディールの発生確率が上がると考えられ、ディーラーが裁定機会を狙っている証拠である。

今後の展望としては、これらの統計性をディーラーの投資行動をモデル化したエージェントベースモデルやブローカーのサーバーに入ってくる注文を確率過程として記述するオーダーブックモデルなどのマイクロコピックモデルから説明を行う。

## 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).