

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：12703

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H00995

研究課題名(和文) 外国為替市場の効率性と安定性に対する高速取引の影響：高頻度データによる分析

研究課題名(英文) Effects of High Frequency Tradings on Efficiency and Stability of the Foreign Exchange Markets: Analysis using High-frequency Data

研究代表者

伊藤 隆敏 (Ito, Takatoshi)

政策研究大学院大学・政策研究科・名誉教授

研究者番号：30203144

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,800,000円

研究成果の概要(和文)：外国為替市場では、1990年代から、電子ブローキングシステム(EBSとReuters)が主要通貨の取引の仲介をするようになった。2003年以降は、取引の発注を行う銀行のコンピューターが、取引仲介をするマッチング・コンピューターと直接つながるようになり、アルゴリズム取引が瞬時に行えるようになった。このようなアルゴリズム取引が市場取引に占める比重が大きくなるにつれて、これが市場の効率性にどのように影響を与えるかが、研究課題として注目されるようになった。裁定取引(ネガティブ・スプレッドや三角裁定)の利益機会の発生確率が減少して、発生した場合の持続時間が減少してきたことを統計的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アルゴリズム取引が主流になるにつれて、裁定取引の機会が失われてきたという意味で、市場が効率的になることが発見された。これは、アルゴリズム取引が市場のアノマリーを取り除き、効率的にしていることを示している。コンピューターによる取引指示、コンピューターによる売買のマッチングが、高頻度(1秒の100分の1単位)で行われるようになったことで効率的な市場が実現、売買の取引コストは削減されてきた。もちろん、市場の効率性はアノマリーが起きないことだけではなく、流動性が常に十分にあるのが、価格発見が速いのが、という基準もあり得る。このような発展的研究課題は次年度に行う。

研究成果の概要(英文)：In the foreign exchange market, the electronic broking system, EBS and Reuters, became dominant order-matching systems since the 1990s. After 2003, the bank dealers' computers became connected directly to the matching computer. Trading with an algorithm became popular as algorithmic trading takes place in a fraction of a second. As algorithmic trading became prevalent, researchers became interested in how it would affect the efficiency of the market. We found that arbitrage profit opportunities (negative spread and triangular arbitrage), taking into execution risk, became less likely to occur, and once it occurs it would disappear faster as more algorithmic traders are in the market.

研究分野：国際金融

キーワード：為替レート 高頻度取引 マイクロストラクチャー 仲値 裁定取引 取引実行リスク 流動性 価格発見

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

(1) 外国為替市場は、顧客から注文を受けて取引を実行する対顧客市場と、銀行と銀行が売買する銀行間取引に分けられる。このうち銀行間取引では、過去 30 年間に、市場構造(マーケット・マイクロストラクチャー)が大きく変化した。1980 年代までは、外国為替銀行間市場は、分散化した市場で、銀行と銀行の相対取引が基本であった。ある通貨を売りたい(あるいは買いたい)銀行のディーラーは、他の銀行に電話で買い(売り)レートを確認して取引をおこなう(ダイレクト・ディーリング)か、人間のブローカー(仲介者)が提示している買いレート(Bid)(あるいは売りレート(Ask))を利用して取引をおこなっていた。その後、外国為替市場の電子化は二段階で進んだ。

(2) 第一に、人間の声によるブローキング(売買注文マッチング)を、コンピューターによる電子取引システムが代替するようになった。このような電子ブローキングシステムが登場したのが、1990 年代初頭のことである。1990 年代後半までは、小口注文はコンピューター、大口注文は銀行間ダイレクト・ディーリングで取引が行われていた。4 大通貨(米ドル、日本円、独マルク、英ポンド)については、人間ブローカーは、2000 年までには、電子ブローキングに代替されてしまった。電子ブローキング会社はいくつかあったものが、1990 年代後半には、EBS とロイターの 2 社に集約された。

(3) 第二に、2005 年前後から、取引注文を出す銀行側ディーラーのコンピューター化がある。コンピューターにアルゴリズムを組み込むことで、銀行は自動的に売買シグナルを得ることになっていたが、2003 年から、銀行の発注コンピューターが、(2005 年からは、銀行以外の金融機関も)EBS やロイターのマッチング・コンピューターに直接、専用線でつなぐことが認められるようになった。アルゴリズムが自動的に市場の状態を読み込んで判断、発注するようになると、銀行の人間のディーラーの役割は大きく変化した。人間ディーラーが大きなポジションを持つことはなくなり、顧客の注文を受け付けて、それを取り次ぐだけの役割に縮小された。このような、人間から機械への代替が進むことで、外国為替市場における指値注文売買価格差(bid ask spread)、発注頻度、取引頻度、新しい情報に対する価格発見(price discovery)速度、などが大きく変化した。

(4) 2010 年代に入ると、EBS コンピューターにおける処理能力の高速化、取引単位(pip)の細分化と、アルゴリズム取引の高速・高頻度化が起きた。取引(売買注文のマッチング)が、人間ブローカーによって仲介されるか、銀行間直接取引で行われていたときには、取引の記録は分散しており、外国為替市場の価格形成や取引額の高頻度の分析は非常に困難であった。これが、EBS のデータが研究用に販売されるようになると、実際の取引で使われていたデータを研究に使用することが可能になり、研究の信頼度が上昇、研究対象が拡大した。また学術研究と実務家の情報や関心の格差が縮まった。

2. 研究の目的

主な研究目的は二つある。

(1) 第一の研究目的は、上述のような市場構造(マーケット・マイクロストラクチャー)の変化が、果たして市場を効率化したのか、という点である。効率化の定義、指標はいくつかある。①ビッド・アスク・スプレッド(売買指値差)の符号逆転や、三角裁定機会の出現など、理論的には異常な現象(アノマリー)の出現頻度の減少、出現継続時間は短縮する。②市場に新しい情報が伝達されたとき(たとえば中央銀行による利上げ)、その情報を反映する新均衡価格の発見(プライス・ディスカバリー)が迅速に行われるようになる。③仲値(銀行と顧客との間の取引に適用される)価格の決定が、銀行の不当な利益の発生につながっていない。

(2) 第二に、アルゴリズム取引の割合が高まると、市場への流動性の供給が増加するのか、あるいは、逆に流動性が枯渇する局面も発生しやすくなり不安定性を増すのか、という設問への回答も得ることができる。この研究は、政策的含意も大きい。

一般的には、人間(ディーラー、通貨当局)の関与が低くなることで、市場の安定性が損なわれるのではないかと、という問題提起もある。たとえば、為替レートの変動は、ごく短時間では、ランダム・ウォークではなく、モメンタムを持っている(一方向への動きが継続する)ことが知られている。銀行のアルゴリズムが同じような取引発注パターン(反応関数)を持っているとすると、この為替レートはモメンタムが増幅される可能性がある。高速で発注、取引発生が繰り返されるので、短時間のうちに大きな価格変動(フラッシュ・クラッシュ)が起きる可能性がある。このような問題提起に対して研究を進めたが、学術的な厳密さをもった成果にはならなかった。

短期のノイズについては人間のディーラー、中長期のミスアラインメントについては当局の介入が安定性に寄与するのではないかと、という仮説を立てることもできる。つまり、外国為替市場など、資産市場においては、市場は常に不安定性を抱えており、アルゴリズム取引はさらにその不安定性を増幅させる、という仮説である。このように、市場の流動性、価格や取引の安

定性が、電子ブローキングシステムの価格単位細分化や、高速アルゴリズム取引の拡大でどのように影響を受けるかを検討した。一般的に、平時にはアルゴリズム取引は流動性を増加させていることが分かった。

為替市場が大きく変動した時には、通貨当局が介入取引（財務省・中央銀行の資金を使って為替レートに影響を与えることを目的に取引）する。介入がどのような状況で行われたのか、効果をもったのか、も研究を行った。長期的には日本の介入は市場を安定化させるように行われていた。

3. 研究の方法

(1) 分析に使用したデータは、電子ブローキングシステム（EBS 社）の中に蓄積される高頻度（1秒の100分の1）の大量のデータセットを購入して、使用した。このデータセットには、各通貨ペアの、買い指値注文と数量、売り指値注文と数量、取引価格（買い指値か売り指値かを区別）と取引数量、が記録されている。このデータの解析のため、ドル円、ユーロ円、ユーロドル、の通貨ペアごとにデータを時系列に整理した。

(2) 整理された為替レートのデータを用いて、研究目的に応じて、他の市場データ、マクロデータとタイミングをマッチしていった。たとえば、仲値決めの研究では、日本とイギリスの仲値決めの制度の内容の調査と、実務家へのインタビュー調査、金融監督当局の対応の調査に基づき、仮説を立てて、実証分析に進んだ。マクロ統計発表日の為替市場の反応では、為替レートに影響するマクロ統計データの発表日、日時と、その統計の市場予想値（Bloomberg のコンセンサスサーベイ）と発表値との乖離のデータとタイミングをマッチすることで、実証分析に進んだ。為替市場の裁定機会の研究では、裁定機会の発生とその継続時間について、すべてのデータポイントで、裁定利益機会が発生しているかどうかを調べた。

(3) 研究代表者（伊藤隆敏）と研究分担者（山田昌弘）は研究全般について協力しながら、研究を進めた。伊藤が山田と相談しつつ、仮説を立てて、主に山田がデータ解析および、実証分析を行った。論文執筆は、伊藤と山田が共同で進めた。論文ドラフト完成後は、伊藤と山田が手分けして研究会等で発表して、コメントをもらい、それをもとに改訂を進めた。また、査読付き雑誌(journal)に投稿して、Referee のコメントをもらい、それに沿った改訂を行って、雑誌の掲載にこぎつけていった。

1

4. 研究成果

(1) [仲値決め] 本研究は、外国為替市場における高速取引の発達、市場の効率性と安定性に、どのように影響しているかを、取引プラットフォーム（EBS社）の高頻度データを分析することで、明らかにしていくことを目的にしている。第一の課題はロンドンと東京の仲値決めの時刻前後の外国為替市場の検討である。ロンドンの仲値（4pm WM/Reuters fixing）と東京の仲値（9:55am）前後の価格の動き、取引量の動きから、私的情報を保有する銀行が、仲値形成に影響を及ぼそうとしているかどうかを検証した（Ito and Yamada (2017a, 2017b), Ito and Yamada (2018)）。ロンドンの場合には、銀行の談合疑惑が起きて、金融監督当局からいくつかの銀行が訴えられた。この事件をきっかけに制度改革が行われたので、改革前と改革後を比較することにした。改革前は、仲値決めの前後の価格の動きに負の相関があることが観察されていた。また、仲値決めの1分間のうち前半に極端な取引量の増加がみられた。制度改革では仲値決め時間が5分間に延長されたが、取引量は5分間のあいだ均等になる傾向がみられた。これは銀行が談合の疑惑をかけられるのを嫌って、注文量を均等化したためと説明される。東京の仲値決めでは、銀行が個別に仲値決めることができるため、談合はない。ただし、東京の仲値決めの時間帯には、第一図のように、取引量が急激に増加して、売買の偏りが見られた。ドル買いの顧客がドル売りの顧客をはるかに上回ることが常態化しており、ドル高になる傾向が強い。これを念頭に置いて、各銀行は、自行の仲値決めが、ドル高にバイアスがかかるようにすることで利益を最大化することができるので、仲値決めの瞬間の価格のボラティリティを高めるインセンティブを、銀行が持つことが理解され、データでもそれが裏付けられた。また、東京の仲値は日米に金利差がある場合には金利差の2日分を上乗せして仲値を提示することが発見された。これは仲値適用の取引が当日であり、銀行のインターバンク取引が決済されるのが2日後であることに起因している。

(2) [民事裁判で証言した研究者との交流] 2019年3月にGRIPSで開催したEBSデータ国際会議では、アメリカから二人の学者を招待した。そのうちの一人であるMelvin教授はわれわれが分析したロンドンでの談合疑惑の結果として生じた民事裁判で、訴えられた銀行側の専門家証人としての経験を話して、伊藤・山田論文が非常に核心をついていると評価した。

(3) [市場の効率化と安定化] Ito, Takatoshi (2018)があるが、これは、外国為替市場が、EBSのマッチング・コンピューターの導入、銀行などのDealerのコンピューターとの接続、な

どによって外国為替市場が、裁定取引が瞬時のうちにできるという意味で、効率的になる一方、高速取引のなかで、一方的に急騰あるいは急落するというリスクがたかまっていることに警告を鳴らしている。

(4) [マクロ統計発表時の為替市場の反応] Yamada and Ito (2022) ではマクロ経済指標時における為替レートの変動について、指標発表のサプライズが為替レートへ織り込まれていく速さを計測することで市場の質を評価するという観点から、研究を行った。定期的な政府経済統計（例えばインフレ率、GDP）発表の前後における、為替レートと為替取引量の変化を分析することで、高頻度取引を行うトレーダーの存在が市場の質（流動性および価格発見）に与える影響を検証した。為替レートに大きな影響を与える新しい情報が市場に伝えられると、その発表情報のうち、予期されていなかった部分（サプライズ）に対して、トレーダーは反応して売買を行う。研究上の注目点は、買い指値と売り指値がどのように変化するか、取引が買い指値をヒットして行われる（売り圧力）のか、売り指値をヒットして行われる（買い圧力）のか、流動性（買い指値スプレッド）がどのように変化するか、サプライズへの反応が速くなるのかどうか、という点である。1998年から2017年までのユーロ・ドルの為替レート・取引量のデータを用いて、マクロ統計発表前後の流動性と価格発見を検討した。

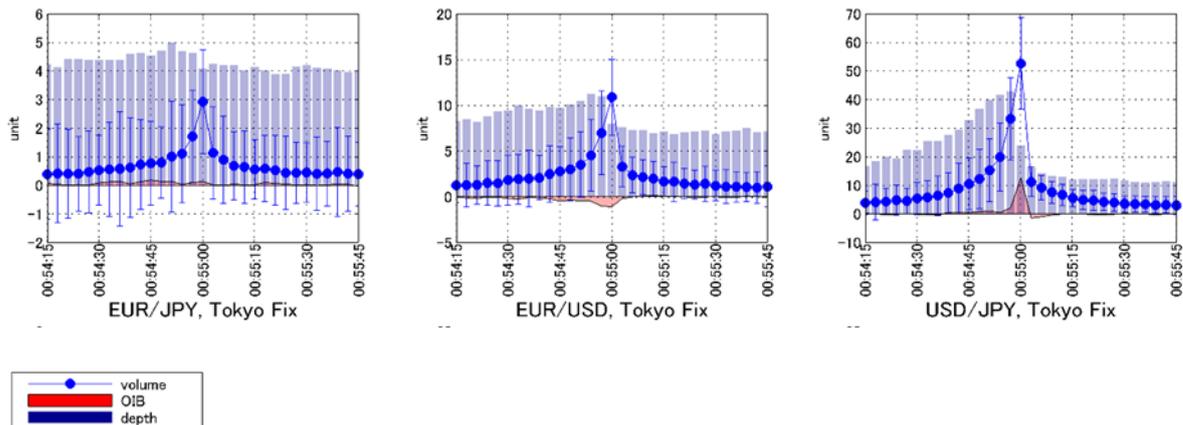
マクロ統計発表直前には流動性が減少し、発表後に新しい情報が消化された（価格発見）後では、流動性は回復する。これは理論どおりデータでも確認された。また2017年において流動性は統計発表後10秒以内に8割回復し、価格発見の6割が30秒以内に発生している。もっとも20年間に亘る経時的変化としては、価格発見の速度は多少早くなったといえるに過ぎず、流動性の回復についてはほとんど変わっていない。ただし取引量は年々低下しており、それをコントロールすると価格発見の速度は上がっていたといえる。高頻度取引による影響を示唆する発見としては、統計発表後に即座に指値注文を出すトレーダーの増加は必ずしも価格発見に貢献していないことがわかった。このような注文行動は高頻度取引トレーダーによるものである蓋然性が高いと考えると、高頻度取引トレーダーの増加が市場の質を一様に高めるとまではいえない。電子ブローキングシステムの発展と高頻度取引の活発化により市場の質が高まっているという一般的な予見に対し、この論文では、指標発表後にすぐに取引を始めるような市場参加者は、流動性は提供しているものの、必ずしも価格の発見には寄与していないという結果を、理論・実証を交えて報告している。この結果は、高頻度取引が必ずしも常に市場の効率性と安定性に寄与しているわけではないという含意を与える。

(5) [裁定取引] アルゴリズム取引が市場取引に占める比重が大きくなるにつれて為替市場が効率的になったか、という大きな課題のうち、裁定取引利益機会発生の頻度は減少してきたか、裁定利益機会が発生した場合に継続時間の短縮があったか、という点を中心に検討したのが、Ito, Yamada, Takayasu and Takayasu (2020)である。為替市場における裁定取引利益機会には、ネガティブ・スプレッド（買い指値が売り指値よりも高い）による利益や三角裁定の利益（円からドル、ドルからユーロ、ユーロから円という3回取引をすることで利潤が出る）がある。このような利益機会の存在を発見したトレーダー（銀行ディーラー）達は、すぐに取引を実行して利益を獲得しようとする。一番速く取引を実行するトレーダーは利益を得られる一方、出遅れたトレーダーは、取引が実行できない場合（利益も損失もなし）や、一部しか取引が実行できない場合（損失となる可能性が高い）がある。したがって、利益機会の発見と実行はスピード勝負となり、銀行コンピューターに搭載したアルゴリズム取引（高頻度取引、HFT）が自動的に実行されるようになることで、利益機会は消滅するようになる時間は短縮すると考えられる。

1999年から2010年までの、EBSのマッチング・コンピューターに蓄積された1秒単位のデータを検証した。銀行コンピューターがEBSに直接の接続を許されるようになるに従って、利益機会の出現頻度が減り、出現してもその継続時間が短縮したことが発見された。第2図では、1999年から2010年までのデータで、ドル円におけるネガティブ・スプレッドの発生回数、発生した時の1秒後に消滅している確率、発生時の取引回数と、価格の変動制をプロットしている。明らかに時間とともに、発生回数が減り、継続時間が短くなったことがわかる。

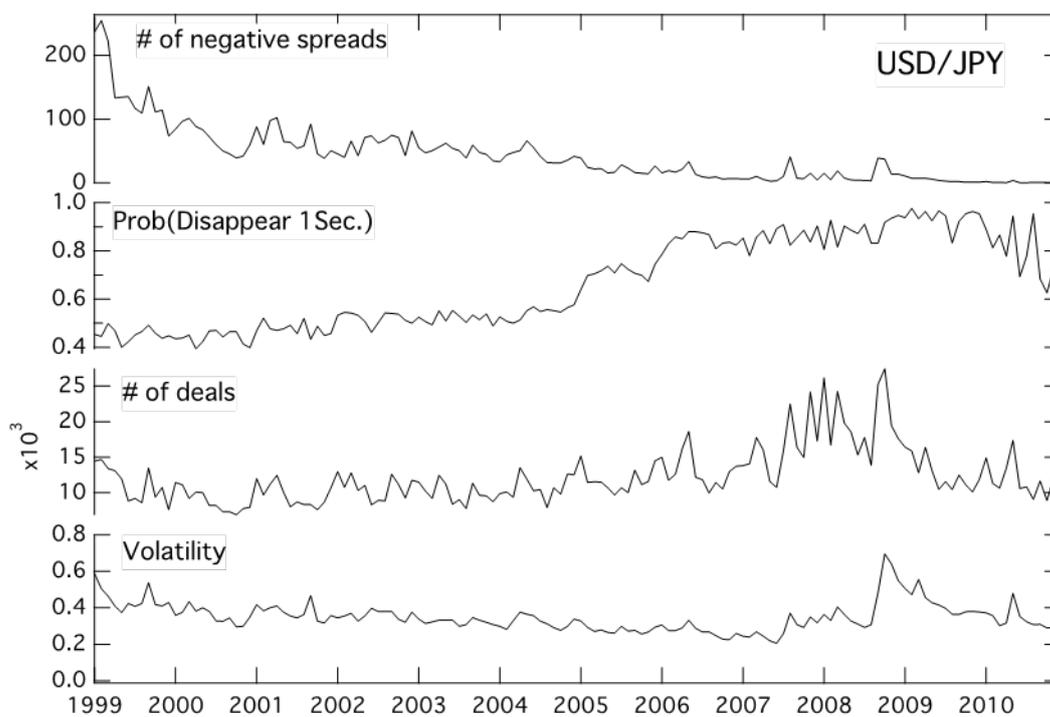
このような研究に対する批判は、利益機会がデータ上観察されたとしても、実際に取引を実行して利益を上げることができたとは限らないというものである。そこで、1秒後も同じ買い指値、売り指値が表示されていれば取引は実行できたという仮定のもとで、取引実行リスク（裁定取引の一部のみ実行されることで、）を勘案しても、アルゴリズム取引が主流になる前は、裁定利益が出ていたことを発見した。

第1図 東京仲値決め（9:55）前後90秒における取引量、売買注文不均衡と売買注文の厚み



+++++

第2図 負のスプレッドの発現回数、一秒後に消滅する確率の時系列変化



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takatoshi Ito and Tomoyoshi Yabu	4. 巻 no 26644
2. 論文標題 Japanese Foreign Exchange Interventions, 1971-2018: Estimating a Reaction Function Using the Best Proxy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NBER working papers	6. 最初と最後の頁 1-36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takatoshi Ito; Kenta Yamada; Misako Takayasu; Hideki Takayasu	4. 巻 no 26760
2. 論文標題 Execution Risk and Arbitrage Opportunities in the Foreign Exchange Markets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NBER working papers	6. 最初と最後の頁 1-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takatoshi Ito	4. 巻 13
2. 論文標題 Changing International Financial Architecture: Growing Chinese Influences?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Economic Policy Review	6. 最初と最後の頁 192-214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/aep.12217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ito, Takatoshi and Masahiro Yamada	4. 巻 80
2. 論文標題 Did the reform fix the London fix problem?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of International Money and Finance	6. 最初と最後の頁 75～95
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jimonfin.2017.10.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ito, Takatoshi and Masahiro Yamada	4. 巻 109
2. 論文標題 Puzzles in the Tokyo fixing in the forex market: Order imbalances and Bank pricing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of International Economics	6. 最初と最後の頁 214 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jinteco.2017.09.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ito, Takatoshi and Masahiro Yamada	4. 巻 23327
2. 論文標題 Did the Reform Fix the London Fix Problem?	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 NBER Working Paper	6. 最初と最後の頁 1 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3386/w23327	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 伊藤隆敏
2. 発表標題 アベノミクスの発射点と着地点
3. 学会等名 日本金融学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤隆敏、山田昌弘
2. 発表標題 Price discovery and Liquidity Recovery: Forex Market Reactions to Macro Announcement
3. 学会等名 日本金融学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤隆敏、鯉淵賢、佐藤清隆、清水順子
2. 発表標題 日本企業の為替リスク管理とインボイス通貨選択：平成30年度日本企業の海外現地法人アンケート調査結果概要
3. 学会等名 日本金融学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takatoshi Ito, Masahiro Yamada
2. 発表標題 Price discovery and Liquidity Recovery: Forex Market Reactions to Macro Announcement
3. 学会等名 4th Annual International Conference on High Frequency Exchange Rate Dynamics: Econophysics and Econometric Analysis Based on the EBS data sets (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takatoshi Ito and Masahiro Yamada
2. 発表標題 Price Discovery and Liquidity at Macro Statistics Announcement Time
3. 学会等名 3rd Annual International Conference on High Frequency Exchange Rate Dynamics: Econophysics and Econometric Analysis Based on the EBS data sets (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito, Takatoshi and Masahiro Yamada
2. 発表標題 Survey and research direction of econometric analyses with high-frequency (EBS) data
3. 学会等名 2nd International Conference on High Frequency Exchange Rate Dynamics: Econophysics and Econometric Analysis Based on the EBS data sets (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ito, Takatoshi
2. 発表標題 Did the Reform Fix the London Fix Problem?
3. 学会等名 Macro Lunch Workshop
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤隆敏
2. 発表標題 新しい国際金融システムの構築に向けて
3. 学会等名 統計研究会創立70周年記念シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ito, Takatoshi
2. 発表標題 The international financial architecture for the 21st century
3. 学会等名 the 16th H W Arndt Memorial Lecture（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 P. Hartmann, H. Huang, D. Schoenmaker, M. King, F. Capie, G. Wood, P. Tucker, D. Kohn, H.S. Shin, R. Berner, E. Nier, D. Tsomocos, U. Peiris, R. Espinoza, A. Kashyap, S. Cecchetti, C. Wyplosz, T. Ito, R. Aliber, M. Miller, O. Issing, A. Sheng, W. White, C. Goodhart, et al.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Cambridge University Press	5. 総ページ数 408 (240-259)
3. 書名 The Changing Fortunes of Central Banking	

〔産業財産権〕

〔その他〕

High Frequency Trading Research Conferences
http://www3.grips.ac.jp/~t-ito/j_hft.htm
 伊藤隆敏研究室 研究トピック
http://www3.grips.ac.jp/~t-ito/j_topics.htm
 伊藤隆敏研究室 研究トピック
http://www3.grips.ac.jp/~t-ito/j_topics.htm#topic_01

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山田 昌弘 (Yamada Masahiro) (60732435)	大阪大学・経済学研究科・准教授 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計3件

国際研究集会 4th Annual International Conference on High Frequency Exchange Rate Dynamics: Econophysics and Econometric Analysis Based on the EBS data sets	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 3rd International Conference on High Frequency Exchange Rate Dynamics: Econophysics and Econometric Analysis Based on the EBS data sets	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 2nd International Conference on High Frequency Exchange Rate Dynamics: Econophysics and Econometric Analysis Based on the EBS data sets	開催年 2017年～2017年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関