

外国為替市場をめぐって¹

京都大学 大学院情報学研究科 数理工学専攻 佐藤 彰洋²

2008年6月2日から2009年7月31日までの外国為替市場の主要な電子ブローキングシステムで取引されたデータを用いて、外国為替市場参加者の注文行動および約定発生シェアと注文行動と約定発生率の集団行動同期を調べた。分析の結果、2008年7月中旬から2009年2月中旬頃まで外国為替市場の注文行動頻度の通貨シェア・通貨ペアシェアは、それ以前およびその以降と大きく異なるパターンを呈していたことが確認された。更に、そのパターン変化時期に前後して、多くの通貨ペアが関係する注文行動の大規模な集団同期現象が確認された。

1 はじめに

2008年7月中旬頃から発生したと考えられる世界同時多発的な金融危機は、その後世界各国の実体経済に波及し、世界恐慌以来の危機的状況を生み出した。この危機的状況を回避するために、主要20カ国の経済金融政策担当者(G20)は世界政府的連携を形成し、グローバルな対応を実践し続けている。そして、このG20の不断の努力により、執筆時点、この危機は回避されつつある。

2008年から2009年にかけて、目まぐるしく我々を取りまく環境が激変してきたことを、我々は体系の中から観測し、実世界での環境変化を部分情報から感覚的に感じとってきた。されとて、このような環境変化がいつ頃から芽生え、それがどのように進展していったのかを正確に表現することは難しく、まして全体的視点からこのことを知ることは人力では不可能と考えられる。他方、近年の情報通信技術の発展の結果、実世界の人間行動に関する網羅的かつ高精度のデータが収集され、これらの大規模データに対して大量の計算をある数理的ルールに基づき行うことにより、集団行動パターンの変化を通じて、環境変化を物理的な量として計量することが可能となりつつある。

本報告では、世界規模での金融危機の同時多発的発生時期前後の外国為替市場参加者の状態変化を市場参加者の集団行動の観点から定量化した実証分析結果を報告する。

2 分析方法

外国為替市場（特にインターバンク市場）は世界規模での通信ネットワークに基づく銀行間通貨交換に基づき形成されている。銀行トレーダーやブローカーなどの参加者は、電子ブローキングシステムあるいはボイスブローキングシステムを通じネットワークを形成し、自身が希望する通貨交換レートを提示（注文）しあい、取引条件が適合する参加者間で通貨交換（約定）を行っている。

¹この原稿は、2009年9月9日に京都大学基礎物理学研究所において開催された経済物理学2009特別セッション「世界同時不況」の口頭発表に基づいている。本研究会集会開催のための、統計数理研究所および京都大学GCOEプログラム「知識循環社会のための情報学教育研究拠点」の援助に謝意を表す。

²E-mail: aki@i.kyoto-u.ac.jp

本報告では, ICAP EBS 社³が提供する電子ブローキングシステムにおいてやりとりされた1秒解像度の注文と約定に関するデータを用いた. データ期間は2008年6月2日から2009年7月31日までであり, テキスト形式で約9,800万レコード(約4.1GB)のファイルである. 期間中に25種類の通貨と5種類の貴金属および1種類のバスケット取引が含まれており, 50種類の通貨(商品)間取引を含んでいた(図.1(左)参照). この期間中図.1(右)に示すように, USD/JPYは1ドル110円から90円まで約20%円高ドル安に推移した.

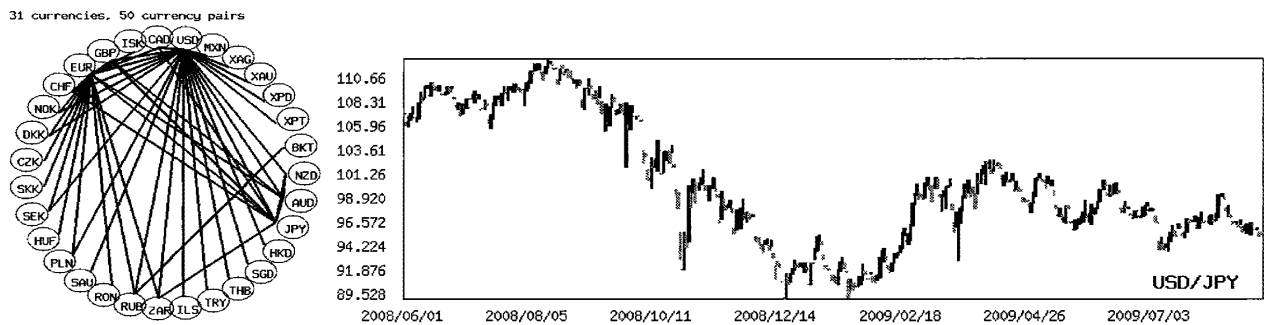


図 1: (左) データ期間中に含まれていた通貨と通貨ペア. (右)USD/JPY の注文価格 (best ask) の推移.

まず, 全観測期間中に1度でも見出された N 種類の通貨を1から N まで番号付けする. 観測期間 S において, 通貨 i と通貨 j の間に確認された注文(または取引)の総数を $f_{ij}(S)$ と表記すと, 通貨ペア i/j の期間 S におけるシェアは $A_{ij}(S) = f_{ij}(S) / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f_{ij}(S)$ と略記される. このシェアは定義から, $0 \leq A_{ij} \leq 1$; $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N A_{ij} = 1$ を満足する. 一方, 通貨 i に関する注文(または取引)の総数は $K_i(S) = \sum_{j=1}^N A_{ij}(S)$ と定義され, $0 \leq K_i(S) \leq 1$; $\sum_{i=1}^N K_i(S) = 1$ の性質を満す.

各期間 S におけるシェア分布の偏り具合は市場に参加するエージェントの興味・関心の偏り具合を表わしていると考えられるので, この偏り具合の変化は市場参加者の興味の変化すなわちエージェント集団への情報の到着⁴と関係すると思われる. この偏りの程度を最大値により規格化した情報エントロピーにより計量する.

$$h_{cp}(S) = - \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N A_{ij}(S) \log A_{ij}(S)}{\log N(N-1)}, \quad (1)$$

$$h_c(S) = - \frac{\sum_{i=1}^N K_i(S) \log K_i(S)}{\log N}. \quad (2)$$

図. 2にデータ期間中の規格化 Shannon エントロピーの変化を示す. 2008年7月中旬から注文シェアに対するエントロピーが急激に上昇したことが確認できる. これは, 注文行動(取引発生)がそれ以前に比べ, 複数の通貨ペア, 複数の通貨に広がったことを示唆している. この傾向は, 2009年2月中旬まで続いていたことが分る.

³ICAP EBS Platform は 40 カ国以上の 90 都市以上にある 820 のディーリングルームで, 2000 名以上のトレーダにより利用されている. <http://www.icap.com/>

⁴ここでいう「情報」とは Bateson の質的情報の定義を指す. Bateson は, メッセージとメッセージの受け手の組と考え, 受け手の状態変化を生じさせるメッセージが持つ仮想的な要素(意味)を情報と考えた [1]. Bateson は情報の最小単位を違いを生む違い (a difference which makes a difference) と定義している.

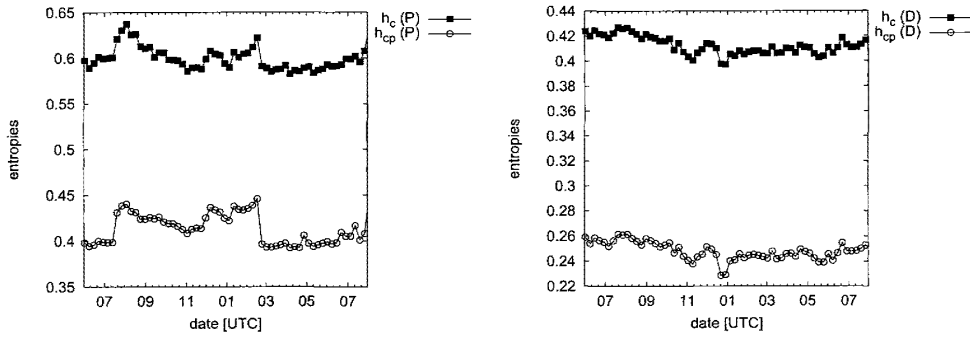


図 2: 通貨 (c) と通貨ペア (cp) の注文回数 (P) に対するシェアから計算した規格化平均情報量 (左) と約定 (D) に対するシェアから計算した規格化平均情報量 (右).

更に, 期間 S_1 と期間 S_2 とのシェアの類似度を Jensen-Shannon Divergence [2] を用いて計量する.

$$D_{cp}(S_1, S_2) = H_A\left(\frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 A_{ij}(S_l)\right) - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 H_A(A_{ij}(S_l)), \quad (3)$$

$$H_A(A_{ij}(S)) = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N A_{ij}(S) \log A_{ij}(S), \quad (4)$$

$$D_{cp}(S_1, S_2) = H_K\left(\frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 K_i(S_l)\right) - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 H_K(K_i(S_l)), \quad (5)$$

$$H_K(K_i(S)) = - \sum_{i=1}^N K_i(S) \log K_i(S). \quad (6)$$

図 3 に通貨と通貨ペアのシェアから計算したダイバージェンスを濃淡のマトリックスとして表記する. 注文に対しては, 2008 年 7 月中盤までと 2009 年 2 月中旬以降は似た傾向が続いているが, 2008 年 7 月から 2009 年 2 月まではこれまでにない注文シェアの分布傾向が続いていたことが読みとられる. 更に, 2008 年 12 月頃はその中でも特にこれまでと異なったパターンであったことがわかる. 約定のパターンはその期間を前後して大きく 2 つの相に分割されている.

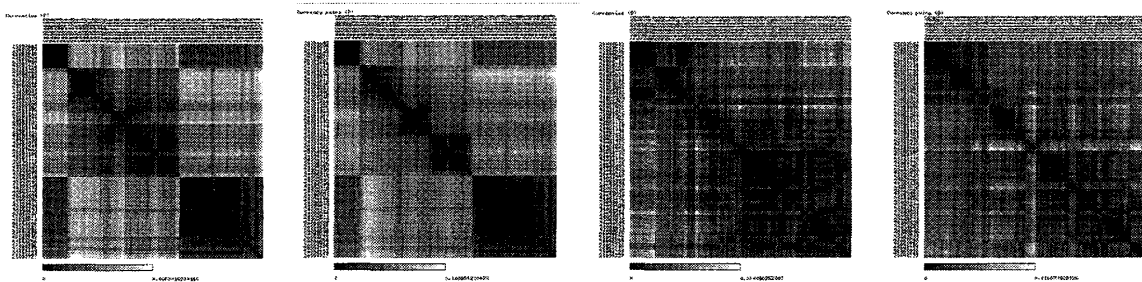


図 3: 通貨 (c) と通貨ペア (cp) の注文回数 (P) に対するシェアから計算したダイバージェンスと約定 (D) に対するシェアから計算したダイバージェンス. 黒に近い期間が類似度が高く白ほど似ていないことを意味する.

3 集団同期現象

外国為替市場で取引される各通貨ペアの1分間当りの注文行動回数, 約定発生回数の時系列を見ると, 短期間に回数がインパルス的に急上昇する現象が頻繁に確認される. この急上昇は外部環境の変化に誘発されて, 参加者の注文行動がそのタイミングで集中的に提示され行動が同期したことを意味する. この同期現象が, 外国為替市場で観測期間中に取引された全通貨ペアでどの程度一致して発生しているかを [3, 4] の方法を用いて計量した. 図. 4 に示すように大きくパターンが変化する前後の 2008 年 7 月頃と 2009 年 2 月頃に前後して, 多くの通貨ペアに関係する大規模な集団行動の同期現象が発生していたことが確認された.

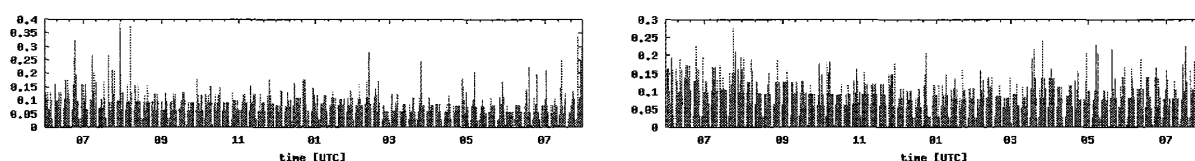


図 4: 1 分間当りの注文行動回数 (左) と約定発生回数 (右) のインパルス的な集団行動同調の発生割合.

4 おわりに

世界同時不況を誘発したと考えられる世界同時金融危機の前後で市場参加者の行動頻度が大きく変化したことをデータから読み取ることができた. 大きくパターンが変化している 2008 年 7 月中旬は原油価格が最高値 1 バレル 147.25 ドルで高止まりし, その後暴落に向いはじめた時期と一致している. 原油価格の暴落を契機として, これまで蓄積されてきた巨大なポジションが急速に解放されていく過程と, そのポジションの解放の終了が大きなパターン変化と対応していると思われる.

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金若手研究 (B) (#21760059) の財政的援助を受けて行われた.

参考文献

- [1] G. Bateson, Steps to an Ecology of Mind, University of Chicago, 2000 [Originally published in 1972].
- [2] J. Lin, IEEE Transaction on Informatin Theory **37** (1991), 145.
- [3] 佐藤彰洋, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用 **2**, No. 1 (2009), 98.
- [4] A.-H. Sato, New Advances in Intelligent Decision Technologies: Results of the First KES International Symposium IDT'09, Ed. by K. Nakamatsu, G. Phillips-Wren, L.C. Jain, and R.J. Howlett, Springer(Berlin) (2009) 595.