

外国為替市場の ネットワーク的可視化と状態計量

佐藤彰洋

京都大学大学院情報学研究科数理工学専攻

aki@i.kyoto-u.ac.jp

キヤノングローバル戦略研究所 The Canon Institute for Global Studies

2011年1月7日 経済ネットワーク研究会

京都大学大学院情報学研究科 佐藤彰洋

自己紹介



佐藤 彰洋(Aki-Hiro Sato)

博士(情報科学)

出身 大阪府

京都大学大学院情報学研究科数理工学専攻助教

URL: <http://amech.amp.i.kyoto-u.ac.jp/~aki/>

1999年1月－2001年3月	日本学術振興会特別研究員(東北大学電気通信研究所)
2001年3月	東北大学大学院情報科学研究科博士課程修了
2001年4月－2007年3月	京都大学大学院情報学研究科数理工学専攻 助手
2007年4月－	京都大学大学院情報学研究科数理工学専攻 助教

キヤノングローバル戦略研究所 The Canon Institute for Global Studies

2011年1月7日 経済ネットワーク研究会

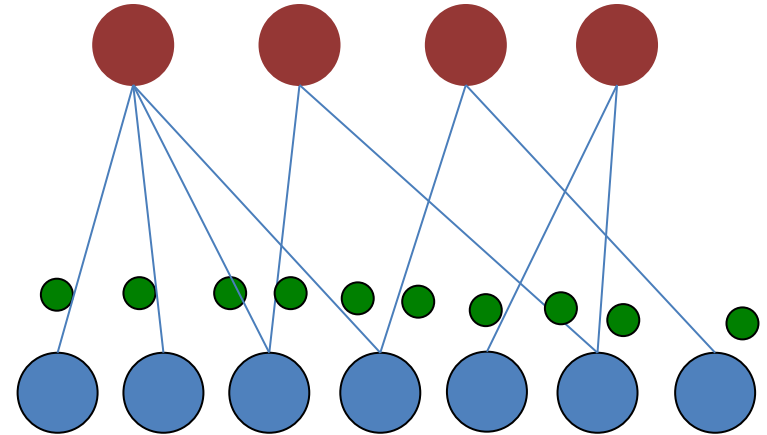
京都大学大学院情報学研究科 佐藤彰洋

参考文献

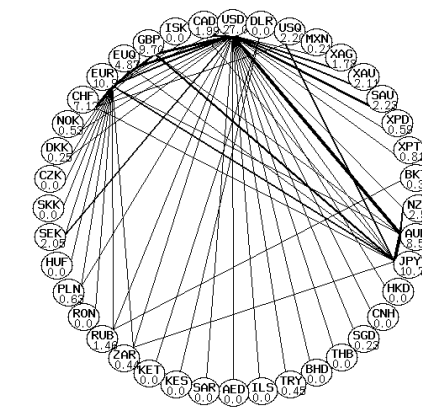
- [1] 佐藤彰洋, 経済物理学入門【第17回】データで見詰める過去、現在、未来: 外為市場の取引パターンを解剖する, 金融財政ビジネス, 2010年11月25日 第20124号・合併号, pp. 4,5--9
- [2] Aki-Hiro Sato, "Comprehensive Analysis of Information Transmission among Agents: Similarity and Heterogeneity of Collective Behavior", Agent-Based in Economic and Social Systems VI: Post-Proceedings of The AESCS International Workshop 2009, Agent-Based Social Systems 8, Springer(Tokyo), Eds. by S.-H. Chen et al. (2010), pp. 1--17.
- [3] A.-H. Sato, M. Nishimura, and J.A. Hołyst, "Fluctuation scaling of quotation activities in the foreign exchange market", Physica A, 389 (2010) 2793—2804.

研究内容

- 高精度の外国為替市場の注文、取引に関するデータを用い、その状態をネットワーク的観点から可視化・定量化
- 外国為替市場の参加者の行動を取引される通貨ペアと市場参加者からなる2部グラフとしてモデル化
- ネットワーク構造の特徴づけと比較を通じて、外国為替市場の構造変化をとらえる
- ゆらぎのスケーリング則を用いノードに到着する担架体の動きを特徴づける

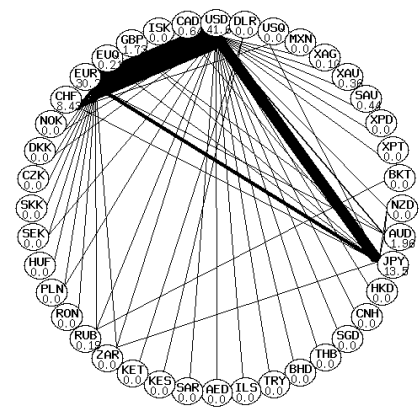


20101101 [UTC]
Hc = 0.676502152444; Hcp = 0.468580636359



#2358238

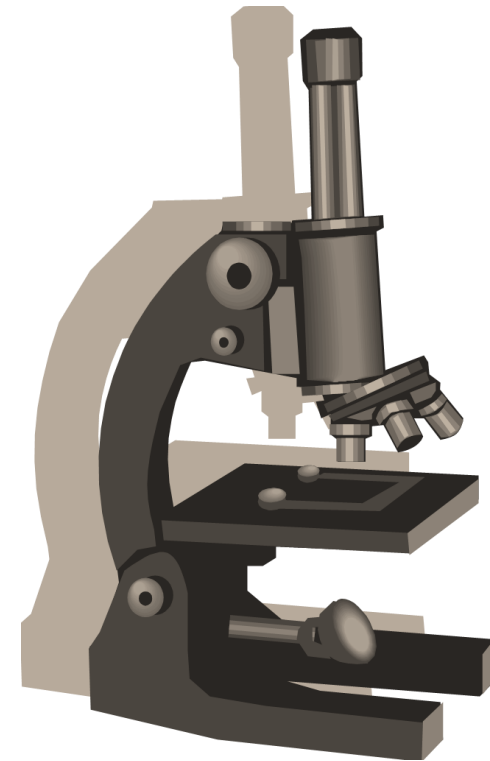
20101101 [UTC]
Hc = 0.406836779234; Hcp = 0.249955779197



#190022

概要

- はじめに
- 外国為替市場
- ネットワーク中心性
- ゆらぎのスケーリング則
- まとめと今後の課題



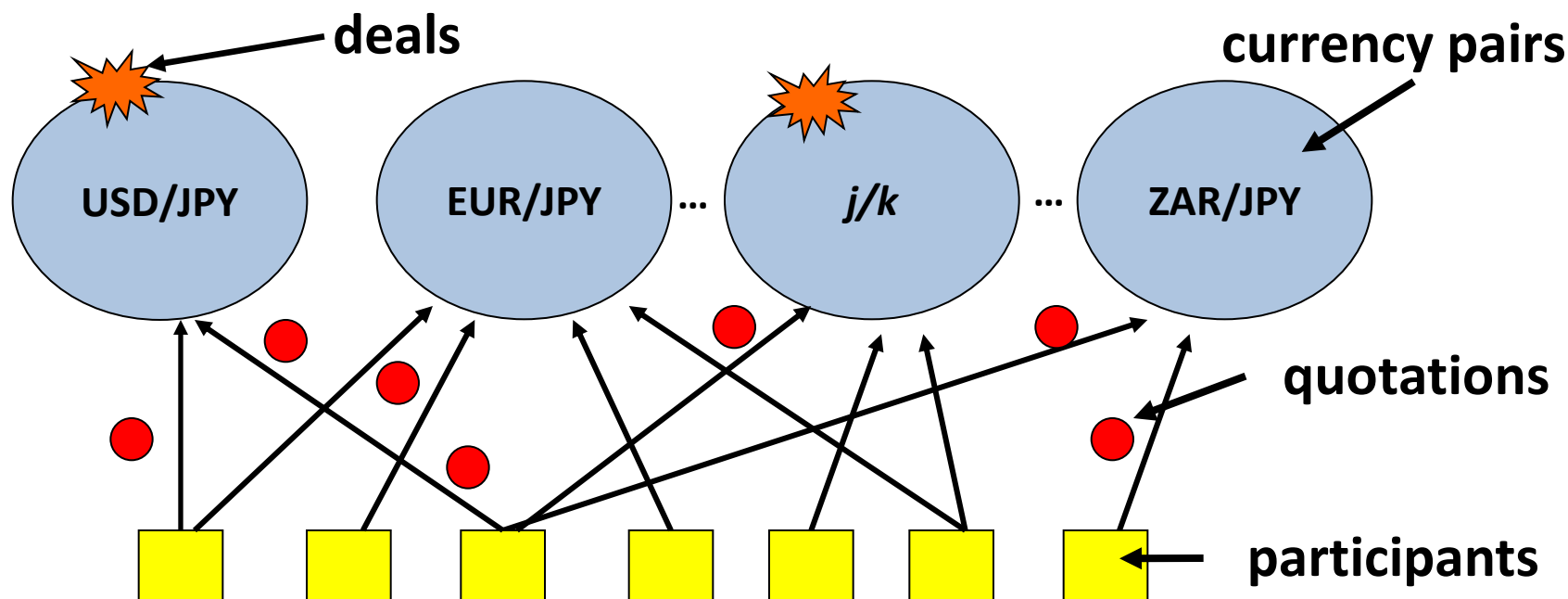
動機

- 高度化しグローバル化している現代社会であっても、少人数で暮らす原始社会と同様に、社会が自然の一部であることは変わらない
- 今後もわれわれの社会が持続的かつ安定的に維持されていくためには、自然の諸法則に従い活動していく必要がある
- 社会運営を考えるためには、憶測に基づいた思考ではなく、現実のデータに基づいた高精度の社会理解が必要と思われる

目的

- 経済物理学の観点に立ち、社会を人間関係と人間をとりまく機械の複合体と考え、マンーマシンシステムとして捉える
- マンーマシンシステムの観点から、人間の社会・経済活動を社会システム内部におけるエネルギー消費・物質伝播・情報伝播の観点から理解を図る
- 環境物理学・社会物理学・経済物理学との連携を深め「社会の物理」(Physics in Society)の発展に貢献する

外国為替市場の2部グラフ表記



$f_{jk}(t)$: N 種類の通貨からなる通貨ペア j/k の

時刻 $[t\Delta, (t+1)\Delta]$ 間の注文行動/約定頻度 ($j = 1, \dots, N; k = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$)

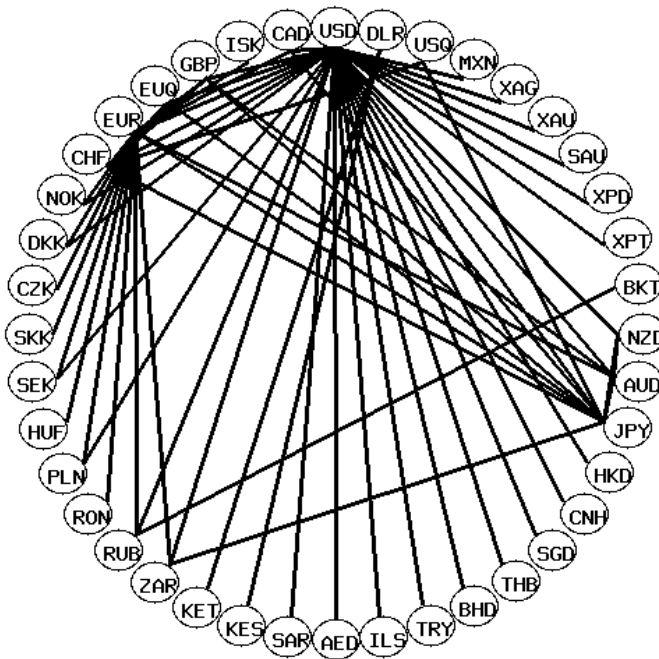
分析対象データ

データプロバイダ: ICAP EBS

期間: 2008年6月1日~2010年11月31日

総レコード数: 246,312,541 records

40 currencies, 61 currency pairs



AED: アラブ首長国連邦・ディルハム
AUD: オーストラリア・ドル
BHD: バーレーン・ディナール
BKT: USD-EURバスケット通貨
CAD: カナダ・ドル
CHF: スイス・フラン
CNH: 中華人民共和国・元
CZK: チェコ・コルナ
DKK: デンマーク・クローネ
EUR: 欧州連合・ユーロ
EUQ: 欧州連合・ユーロ(小)
GBP: イギリス・ポンド
HKD: 香港・ドル
HUF: ハンガリー・フォロント
ILS: イスラエル・シユケム
ISK: アイルランド・クローナ
JPY: 日本・円
KES: ケニア・シリング
KET: ケニア・シリング(小)
MXN: メキシコ・ペソ
NOK: ノルウェー・クローネ
NZD: ニュージーランド・ドル
PLN: ポーランド・ズロティ
RON: ルーマニア・レイ
RUB: ロシア・ルーブル
SAR: サウジアラビア・リヤル
SGD: シンガポール・ドル
SEK: スウェーデン・クローナ
SKK: スロバキア・コルナ
TRY: トルコ・リラ
THB: タイ・バーツ
USD/DLR: アメリカ・ドル
USQ: アメリカ・ドル(小)
ZAR: 南アフリカ・ランド
XAG: 銀
XAU: 金
SAU: 金(小)
XPD: パラジウム
XPT: プラチナ

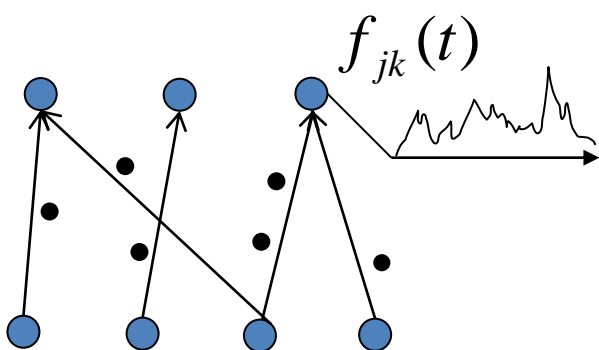
キヤノングローバル戦略研究所 The Canon Institute for Global Studies

2011年1月7日 経済ネットワーク研究会

京都大学大学院情報学研究科 佐藤彰洋

Q. ネットワークの構造に関する知識なしで、観測可能な量のみを用いて中心性を見積もるにはどうすればよいか？

A. もし網羅的に粒子流量を計測することができるならば、観測量から担架体の存在確率を推定することが可能



計量方法

Menezes and Barabási (PRL, 93 (2004) 068701).

$f_{jk}(t)$: 単位時間当たりの通過粒子数
 ($j = 1, \dots, N; k = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$)

$$A_{jk} = \frac{\sum_{t=1}^T f_{jk}(t)}{\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N f_{jk}(t)} \left(0 \leq A_{jk} \leq 1; \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N A_{jk} = 1 \right)$$

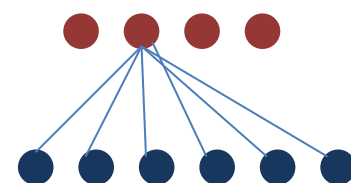
$$K_j = \sum_{k=1}^N A_{jk} \left(0 \leq K_j \leq 1; \sum_{j=1}^N K_j = 1 \right)$$

ネットワークエントロピー

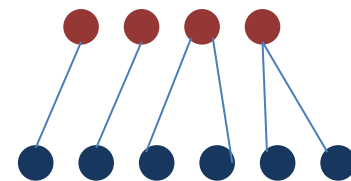
ネットワーク中心性の偏り方をネットワーク全体で定量化

$$H_{cp} = -\frac{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N A_{jk} \log A_{jk}}{\log N(N-1)} \quad (0 \leq H_{cp} \leq 1)$$

$$H_c = -\frac{\sum_{j=1}^N K_j \log K_j}{\log N} \quad (0 \leq H_c \leq 1)$$



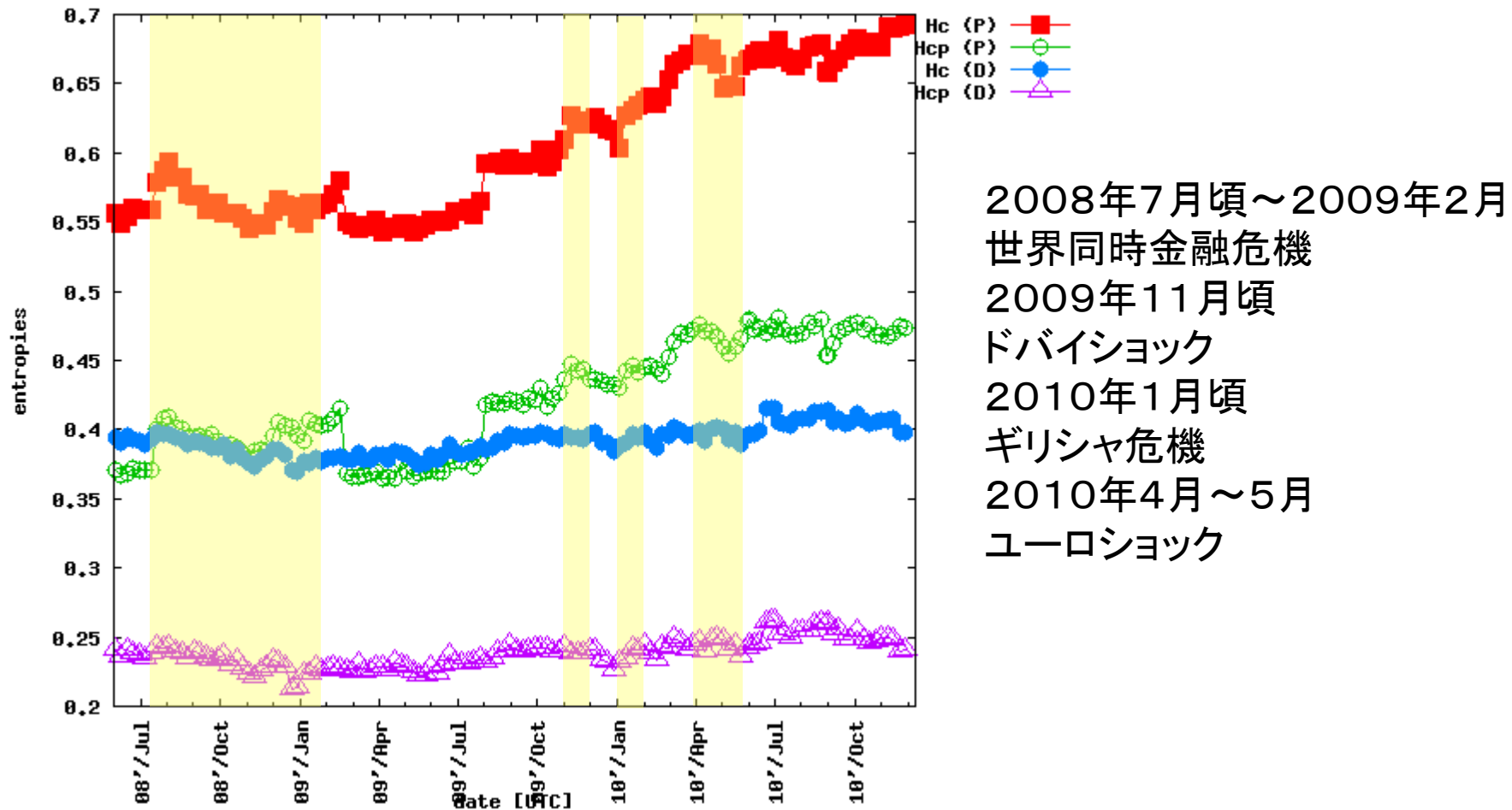
H_{cp}/H_c : 小



H_{cp}/H_c : 大

H_{cp}/H_c が小さい のとき、ネットワークは単一ノードがほとんどのリンクを占めている
 H_{cp}/H_c が大きいとき、ネットワーク上のノードは均等にリンクを占めている

次数中心性に対するエントロピー



2つの期間でのネットワーク中心性の比較

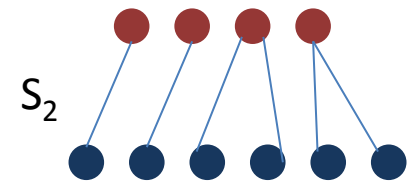
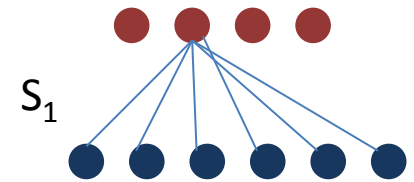
Jensen-Shannon divergence:

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

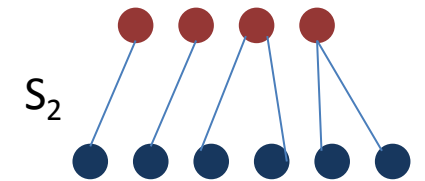
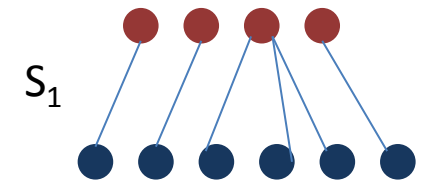
$$H_A(A_{jk}(S)) = - \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N A_{jk}(S) \log A_{jk}(S)$$

$$D_c(S_1, S_2) = H_K \left(\frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 K_j(S_l) \right) - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 H_K(K_j(S_l))$$

$$H_K(K_j(S)) = - \sum_{j=1}^N K_j(S) \log K_j(S)$$

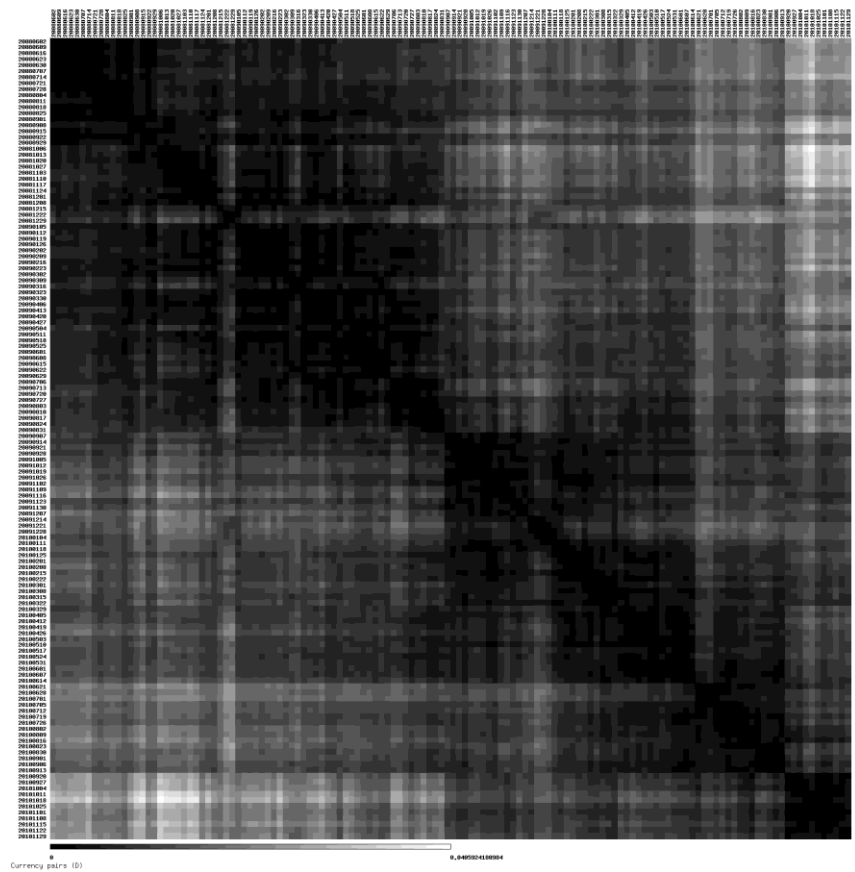
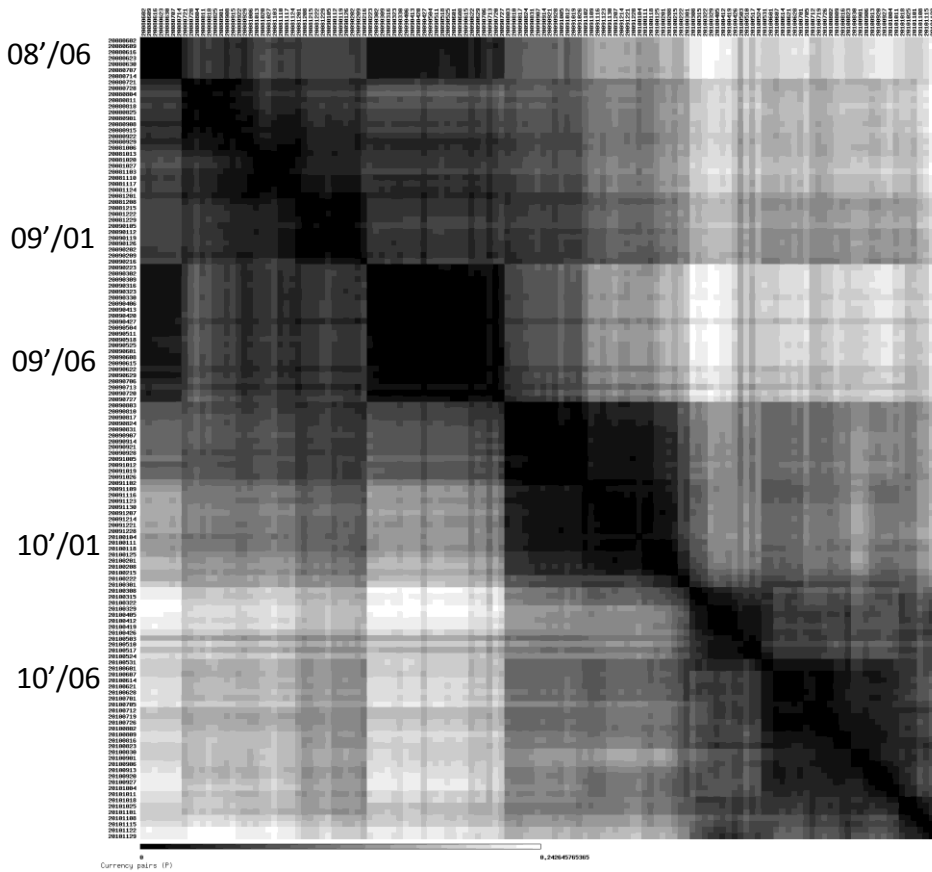


D_{cp}/D_c : 大 (似てない)

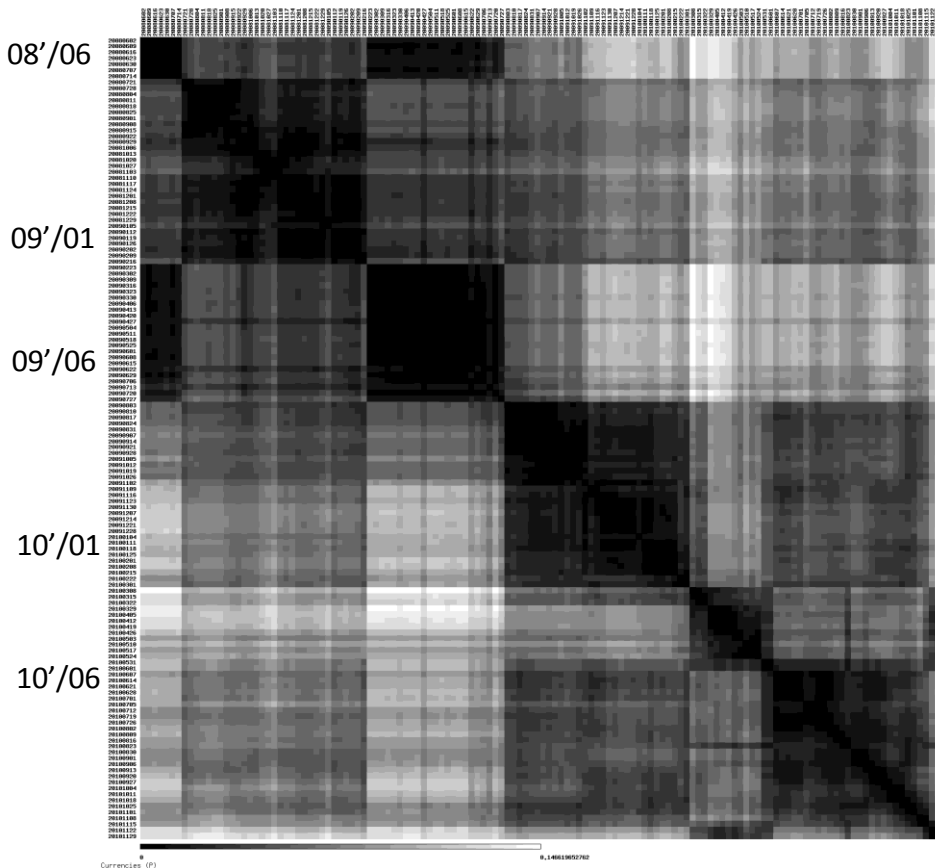


D_{cp}/D_c : 小 (似てる)

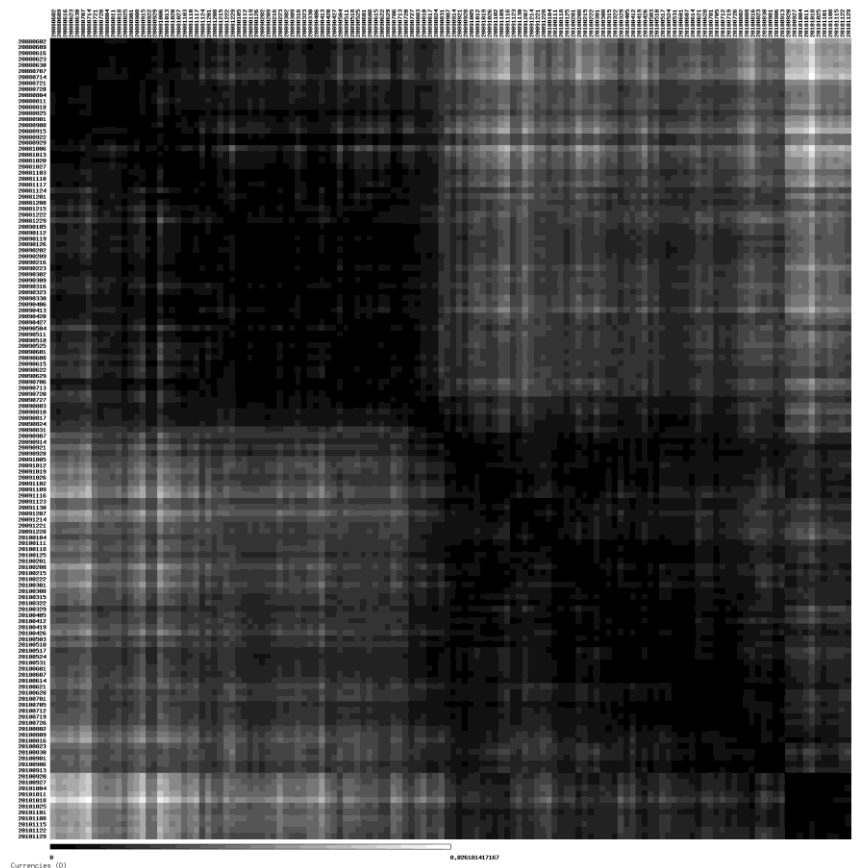
ネットワーク類似性(通貨ペア)



ネットワーク類似性(通貨)



注文



取引

ゆらぎのスケーリング則

ゆらぎのスケーリング指数(α の値)は体系の挙動と関係すると考えられている

$$\sigma_{jk} = C \langle f_{jk} \rangle^\alpha \quad (1/2 \leq \alpha \leq 1)$$

ほとんどのネットワークは以下の二つのクラスに分類可能

$\alpha = 1/2$ の時、担体の移動は独立的に生じる

$\alpha = 1$ の時、担体の移動は共通性がある

ネットワーク上の担体の移動ダイナミクスが巨視的に定量できる

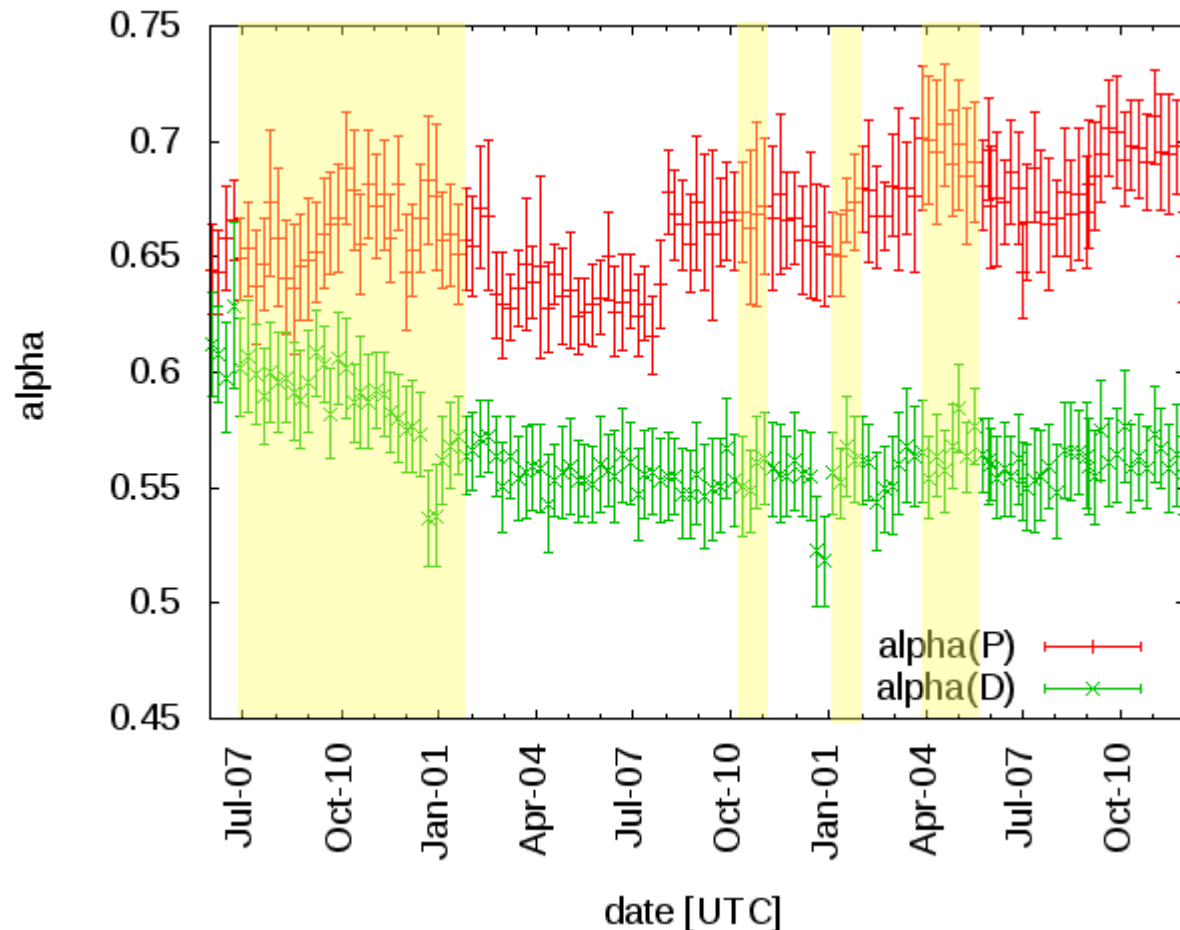
解析手順

時間平均 (一週間分) $T=7200$ [min]

$$\langle f_{jk} \rangle = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T f_{jk}(t)$$
$$\sigma_{jk}^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(f_{jk}(t) - \langle f_{jk} \rangle \right)^2$$

$$\sigma_{jk} = C \langle f_{jk} \rangle^\alpha \quad (1/2 \leq \alpha \leq 1)$$

べき指数の変遷



2008年7月頃～2009年2月
世界同時金融危機
2009年11月頃
ドバイショック
2010年1月頃
ギリシャ危機
2010年4月～5月
ユーロショック

結論

- 外国為替市場の高精度データを用いて、注文・取引の状態をネットワーク的に可視化した
- 注文行動頻度および約定頻度から、外国為替市場の通貨・通貨ペアネットワーク中心性を計量し、ネットワークエントロピーにより構造の定量化、比較を行った
- 注文行動頻度および約定頻度時系列からゆらぎのスケーリング指数を週ごとに計量した
- スケーリング指数の値は週により異なる値をとる

結論

- 通貨・通貨ペアに対するネットワーク中心性を用いることにより、外国為替市場のネットワーク構造の変化を特徴づけることができる
- ネットワーク状態を比較することにより変化の兆しをとらえることが可能となる
- 注文行動頻度のスケーリング指数を調べることにより、金融市場の情報伝達の状況が定量化できる
- 本提案手法を高精度データに適用することにより、外国為替市場の通貨取引の様子を直接高頻度で見詰めることが可能

今後の課題

- 網羅的な外国為替市場の状態計量を持続的に行うための観測・計量プラットフォームの構築
- 外国為替市場参加者の行動と本提案手法との体系的な比較研究

謝辞

- 本研究は日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B)「エージェント間情報伝達構造の網羅的分析」(21760059) の財政支援を受けて行われた。ここに謝意を表す。