

経済ネットワーク

大西 立顕

キヤノングローバル戦略研究所 研究員

2009年12月17日(木)

Outline

- 1 背景と目的
- 2 企業間取引ネットワーク
- 3 ネットワーク構造からみた企業の特徴
- 4 今後の研究

背景

様々な分野で電子化が進展
数百万や数千万という超大規模な経済データの蓄積
コンピュータ能力の向上

目的

スーパーコンピュータを用いた超並列計算により
超大量多様な経済データを科学的に分析



従来の経済学的手法では把握できなかった経済事象
を明らかにする



数理学と経済学の知見を融合

→ 経済現象のメカニズム解明，現実的な理論構築，迅速で正確な実体経済把握，効果的な制度・政策の提言

特徴

良質な大規模データの収集・利用

制度・秘匿性・研究費の問題
緊密な協力により解決し，世界に先駆けて行う

経済分析でのスパコン利用

超並列計算が有効かつ必須
先導性が高く，インパクトのある成果が期待できる

数理学と経済学の知見の融合

大規模データの解析 と 発見された事実の意味付け
経済物理学，統計物理学，非線形数理，
マクロ経済学，国際金融などの多角的視点から分析

これまでの研究

外国為替市場の高頻度ティックデータ

1998年～2008年まで USDJPY の mid-quote で 約 4000 万点

価格変位のベキ分布，価格変動と需給の関係，価格変動の非定常性，連検定による市場の安定性評価

日本企業約 100 万社間の取引ネットワーク

企業規模のベキ分布，リンク数のスケールフリー性，相転移によるネットワーク機能の評価，ページランクによる企業評価，特徴的な三体相互作用のモチーフ

フラクタル構造 (部分を拡大すると全体と相似)

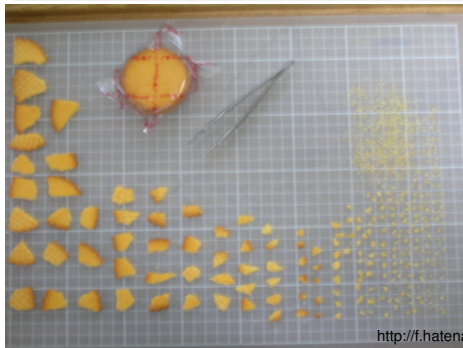
どのスケールでみても同じ構造

クッキーを砕くと

数個の大きな破片と無数の小さな破片に分かれる

その小さな破片を拡大すると、やはり

数個の大きな破片と無数の小さな破片が観測できる



<http://f.hatena.ne.jp/images/fotolife/r/rikunora/20091214/20091214000127.png>

桁違いの数を比較する

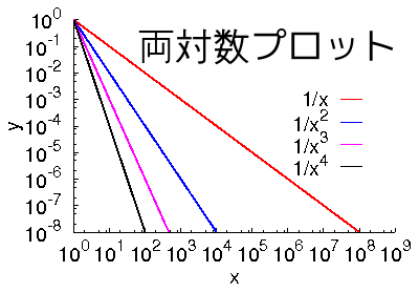
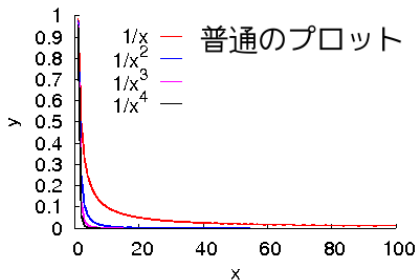
対数 log をとる

10 を何回かけたものか

$$1000000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^6$$

$$38282474 = 10 \times 10 \times 10 \times \dots = 10^{7.58\dots}$$

$$1000000000 \text{ と } 10000000000 \iff 10^9 \text{ と } 10^{10}$$



足し算的に変化する現象

掛け算的に変化する現象

$$y = x^{-a} \iff \log(y) = -a \log(x)$$

Outline

- 1 背景と目的
- 2 企業間取引ネットワーク
- 3 ネットワーク構造からみた企業の特徴
- 4 今後の研究

企業間取引の有向ネットワークのデータ

経済産業研究所提供，東京商工リサーチ社調査 (2005)
ノード… 企業 (961,318 ノード)
有向リンク… 取引 (3,667,521 リンク)

買い手 → 売り手

向きは資金の流れ

反対の向きはモノの流れ

但し，個人，政府，海外の会社は除く → 国内の企業間取引に限定

各企業の属性

売上高，従業員数，評点，業種，所在地，…

T2K オープンスパコン HITACHI HA8000 クラスタシステム (東京大学情報基盤センター) を用いて計算した (MPI による並列化)

スケール・フリー ネットワーク

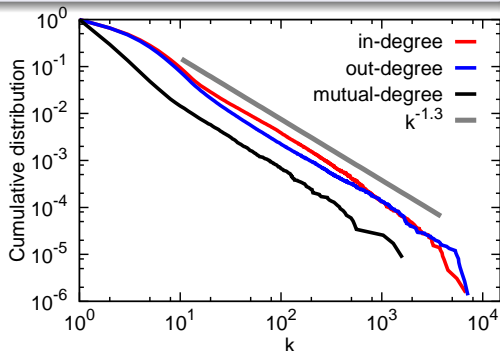
ノード当たりのリンク数がベキ分布

リンク数の累積分布

in-degree $\textcircled{i} \leftarrow$
(入リンク)

out-degree $\textcircled{i} \rightarrow$
(出リンク)

mutual-degree $\textcircled{i} \leftrightarrow$
(相互リンク)



ほとんどの企業は数社の企業としか取引していない一方、
何千社もの企業と取引するハブ企業がごく少数存在

経済活動

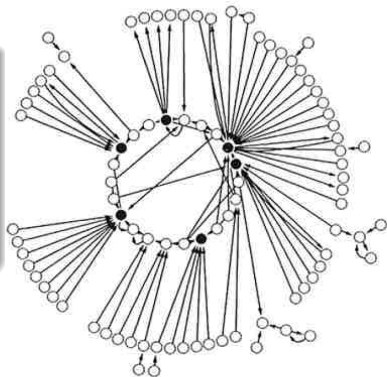
人間活動と生命活動と同じメカニズムで動いている

業種内の企業間ネットワーク

(養鶏業の例、○は企業、→は取引関係を示す。●はハブ企業)

ハブとなる大企業が
経済全体の鍵

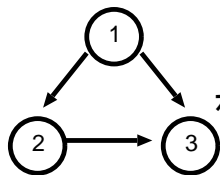
しかし、必ずしも大企業だけが
重要な役割を果たしている
とは限らない



Outline

- 1 背景と目的
- 2 企業間取引ネットワーク
- 3 ネットワーク構造からみた企業の特徴
- 4 今後の研究

有向ネットワークの4つの特徴量



を調べる $\Rightarrow M = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{終点} \\ (1) & (2) & (3) \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{始点} \\ (1) \\ (2) \\ (3) \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$ を調べる

\Rightarrow **最大固有ベクトル**と**最大特異ベクトル**を調べる
しかし、大規模非対称行列(100万×100万)のため困難

そこで、扱いやすい形に変形した M についての

M^T の最大固有ベクトル... PageRank p_a

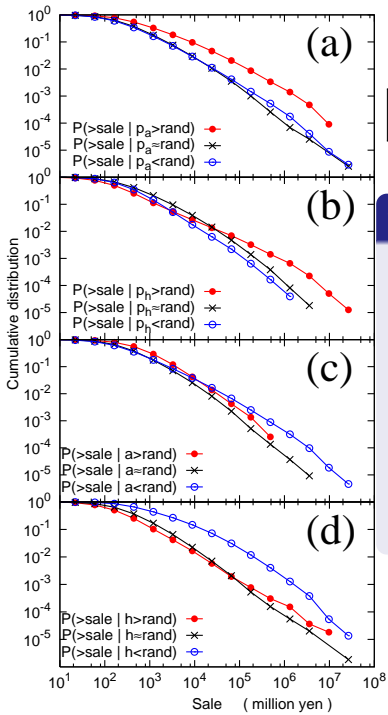
M の最大固有ベクトル... PageRank p_h

M の最大右特異ベクトル... オーソリティ a

M の最大左特異ベクトル... ハブ h を調べる

(S. Brin and L. Page, 1998, J. Kleinberg, 1999)

種類別の売上高の累積分布



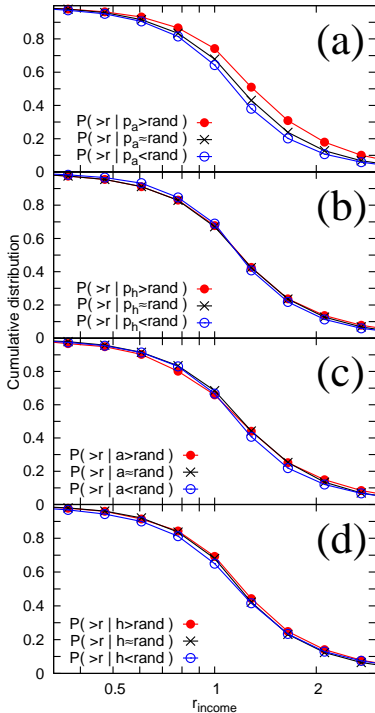
企業スケールが大きい企業

ランクの上位

- (a) $p_a > rand$: お金の流量が大
- (b) $p_h > rand$: モノの流量が大
- (c) $a < rand$: 売り手として優位
- (d) $h < rand$: 買い手として優位

となるリンク構造をもつ

申告所得・従業員数・利益金でも同様



種類別の r_{income} の累積分布

企業成長率が大きい企業

p_a ランクの上位

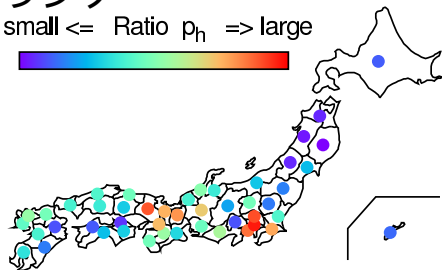
(a) $p_a > rand$: お金の流量が大
となるリンク構造をもつ

r_{sale} や $r_{profit+}$ でも同様

本社所在地を都道府県別に分類

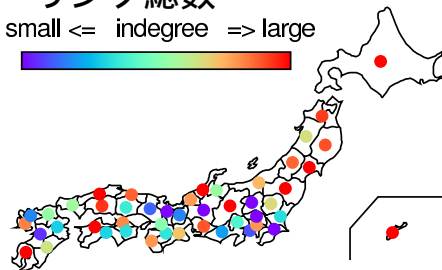
ランク

small \Leftarrow Ratio p_h \Rightarrow large



リンク総数

small \Leftarrow indegree \Rightarrow large



ページランクは都道府県の特徴を反映

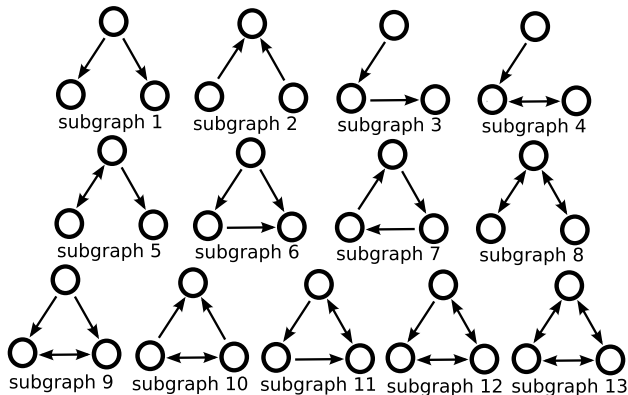
都市圏がランクの上位

リンク総数のような単純な計算では得られない

ページランクを用いると

リンク構造から企業価値をうまく計算できる

有向ネットワークの3体相互作用は13種類



ループ・仲介・合流・分岐などの流れ構造を表現

どの部分グラフが出現しやすいか？(構成する部品は？)

R. Milo et al., Science (2002)

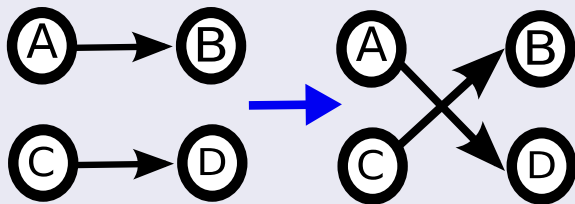
リンク数保存のランダムネットワーク

リンクをランダムにつなぎかえる

各ノードの2体相互作用：

入リンク数 $\circ\leftarrow$ ，出リンク数 $\circ\rightarrow$ ，相互リンク数 $\circ\leftrightarrow$
は，実ネットワークと同じ

Markov-chain Monte Carlo switching algorithm



リンク数 \times 100 回行う R. Milo et al., cond-mat (2003)

ランダムネットワークを 1,000 個作成して比較

Outline

- 1 背景と目的
- 2 企業間取引ネットワーク
- 3 ネットワーク構造からみた企業の特徴
- 4 今後の研究

今後の研究

不動産価格の分析

← 不動産バブル崩壊

リクルート社の週刊住宅情報誌の物件別の売買情報
(土地売買：1,624,471件，マンション売買：740,230件)

為替・株式・商品市場の分析

← 金融危機，価格崩落，資源インフレ

EBS社・米国NY市場の銘柄別株価・CME

の高頻度ティックデータ

企業ネットワークの分析

東京商工リサーチ，帝国データバンク