

# 企業間電子商取引ネットワークのコミュニティ解析

(株)日立製作所 日立研究所 池田 裕一<sup>1</sup>  
新潟大学 理学部 飯野 隆史, 家富 洋

企業間電子商取引データを解析して、金融危機が実体経済に与えた影響を検討した。その結果、金融危機により、注文数は減少するが企業数は変化しない事、ネットワークの大きい構造変化がない事、各コミュニティは多数の企業へ発注する企業を中心とする寡占状態である事が分かった。

## 1 はじめに

2008年9月の米国大手金融機関の破綻は、グローバル経済へ深刻な影響を及ぼした。日本経済への影響は、自動車と電機を中心に非常に大きい。本研究では、金融危機前後の企業間取引ネットワークの変化に着目して、金融危機が実体経済へ与えた影響をミクロな観点から検討する。

## 2 データ解析

### 2.1 データの概要

金融危機が実体経済へ与えた影響をミクロな分布の観点から検討するためには、金融危機前後における月次の実体経済のミクロデータが必要である。そのようなデータとして、企業間電子商取引サービスのデータを用いた。この電子商取引サービスは日本最大の規模であり、日本企業約1万社が参加している。本研究では、金融危機直前の2008年9月時点と危機後の12月時点での注文数データを解析した。表1に、注文数と企業数の変化を示す。本図から、金融危機により、注文数は変化率-29.2%で大きく減少したが、企業数は変化率-2.4%であまり変化していないことが分かる。

表 1: 電子商取引の企業数と注文数の変化

|     | 企業数   | 注文数       |
|-----|-------|-----------|
| 9月  | 9,429 | 2,234,544 |
| 12月 | 9,203 | 1,582,008 |
| 変化率 | -2.4% | -29.2%    |

<sup>1</sup>E-mail:yuichi.ikeda.ze@hitachi.com

## 2.2 注文数分布

9月時点の発注数分布を、図1に示す。分布のテール部分はべき分布であり、その指数は $\mu = 0.445$ である。指数 $\mu < 1$ では注文数シェアと企業番号の2次元プロットに悪魔の階段が現れる事が知られており、寡占状態が示唆される。指数は、9月時点の $\mu = 0.445$ から12月時点では $\mu = 0.665$ となり、分布のテールが短くなった。これは、金融危機による实体经济の後退に対応する。

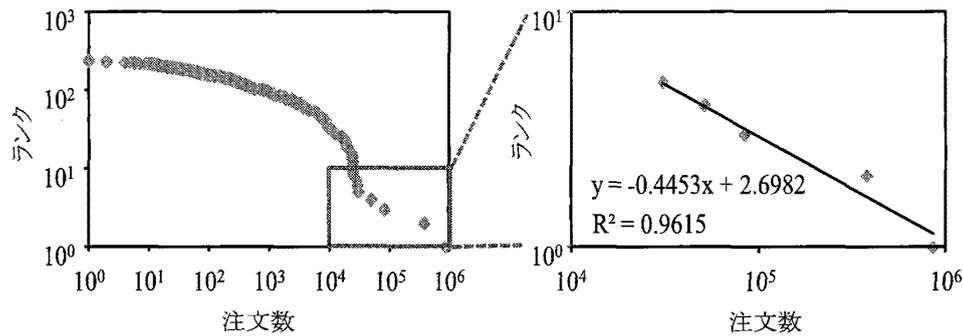


図 1: 9月時点の発注数分布

## 2.3 コミュニティ解析

企業間電子商取引データから得られる取引ネットワークは、図2(a)から分かるように、企業をノードとするネットワーク構造から全体構造を把握することは困難である。そこで、コミュニティ解析によってネットワークの全体構造を、コミュニティをノードとするネットワークと、各コミュニティの内部構造を示す企業ネットワークのように階層的に把握する。コミュニティ解析では、重み付きモジュラリティ変化 $\Delta Q_{ij}$ を最大にするようにネットワーク全体をノードのかたまりに分割する [1]。ただし、本研究では、分割の順番によらない二分割法を用いた。

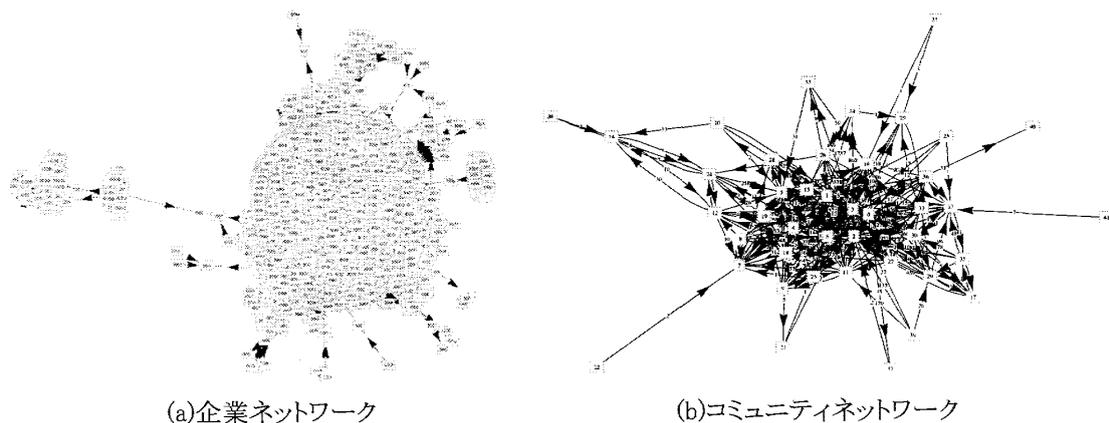


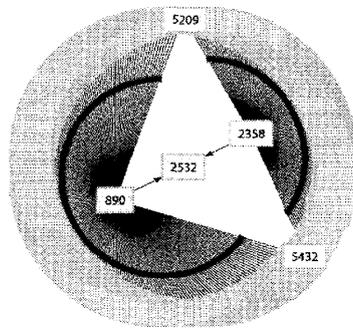
図 2: 企業間電子商取引ネットワークの全体像

コミュニティ構造の結果、2008年9月時点、12月時点ともに、41個のコミュニティに分割された。図2(b)に、コミュニティ解析で得られたコミュニティネットワークを示す。表2に、金融危

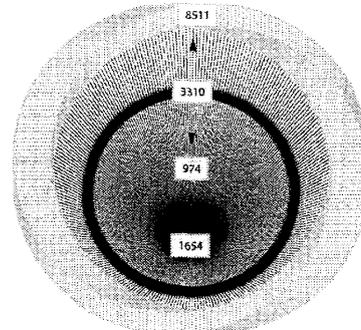
機前後での上位5つのコミュニティの変化を示す。ネットワーク全体と同様に、各コミュニティにおいても企業数は変わらないが、注文数は大きく減少している。更に、コミュニティの企業ネットワーク構造を、図3に示す。多くのコミュニティでは、本図のように、多数の企業へ発注する少数の企業を中心とする寡占状態である。前節での注文数分布の議論から示唆される寡占状態を確認することができた。

表 2: 金融危機前後での上位5つのコミュニティの変化率

| コミュニティ番号 | 9月の企業数 | 企業数変化 | 外への注文数変化 | 内での注文数変化 |
|----------|--------|-------|----------|----------|
| 1        | 1095   | -1.3% | -33.8%   | -33.9%   |
| 4        | 356    | -2.0% | -18.9%   | -18.6%   |
| 7        | 287    | -2.1% | -25.3%   | -25.8%   |
| 8        | 285    | -6.0% | -40.7%   | -41.1%   |
| 9        | 265    | -4.5% | -26.4%   | -26.0%   |



(a) コミュニティ6



(b) コミュニティ9

図 3: コミュニティ内部の企業ネットワーク

### 3 逆パーコレーションモデル

前節で明らかになった、金融危機前後での取引ネットワーク変化の特徴を再現する簡単なモデルを検討する。そのモデルとして、次のような逆パーコレーションモデルが適切である [2].

- ノード（企業）またはリンク（注文）除去の確率（割合）を与える。
- 与えられた除去確率で、ノードまたはリンクを除去する。
- ノードまたはリンク除去により、取引ネットワークは数多くのクラスター（非連結成分）に別れる。
- 幅優先探索法を用いて、各クラスターのサイズとパス長を求める。

金融危機による企業数変化は小さいので、ノード除去は良いモデルとなり得ないが、比較のためにノード除去のシミュレーションを行った。その結果を、図4(a)(b)に示す。取引ネットワークは、除去確率が発注数に比例する選択的ノード除去について脆弱であることが分かった。

次に、リンク除去のシミュレーション結果を、図4(c)(d)に示す。除去確率が発注数に比例する選択的リンク除去は、金融危機により注文数が大きく変化しても企業数が大きく変化しない事をよく再現できた。取引ネットワークは、選択的リンク除去について堅牢である。

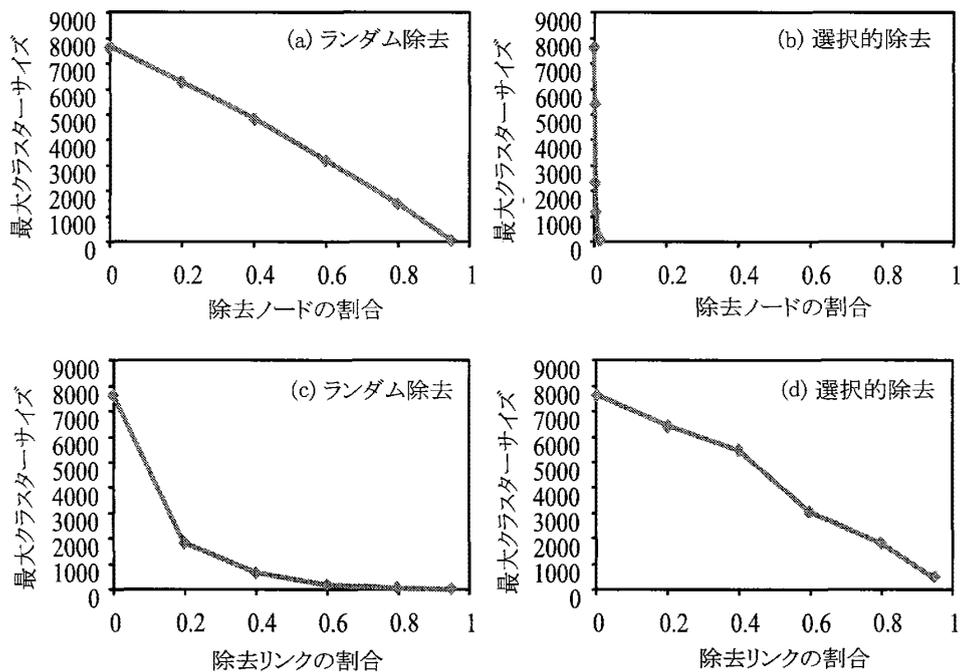


図 4: 逆パーコレーションモデルの結果

## 4 まとめ

企業間電子商取引データを解析して、金融危機が実体経済に与えた影響をミクロな観点から検討した。その結果、金融危機により、注文数は減少するが、企業数は変化しない事が分かった。取引ネットワークの構造は、金融危機前後で大きく変化しない。また、各コミュニティは、多数の企業へ発注する企業を中心とする寡占状態である事が明らかになった。更に、金融市場から取引ネットワークへの影響は、選択的リンク除去がよいモデルであることが分かった。取引ネットワークは、選択的リンク除去について堅牢であるが、選択的ノード除去については脆弱である。

## 参考文献

- [1] M. E. J. Newman, Phys. Rev. E **69** (2004), 066133.
- [2] R. Albert, H. Jeong, A.-L. Barabasi, Nature **406** (2000), 378.