

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：34407

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22730321

研究課題名（和文） 産業構造の複合的ネットワーク分析とその数理モデル構築

研究課題名（英文） Analyses of complex networks of industries and formulations of the growing models

## 研究代表者

井上 寛康 (Inoue Hiroyasu)

大阪産業大学・経営学部・准教授

研究者番号：60418499

## 研究成果の概要（和文）：

企業はさまざまな関係性を周囲と形成しうが、それら関係性は種類が多様なだけでなく、その組み合わせが企業に影響を与えているはずである。そこで本研究では、企業の複合的ネットワークの構造分析の検証を行った。

本研究では企業における異なる関係性データを利用して複合的ネットワークを作成した。ここで関係性データとは、特許の共願関係、論文の共著関係、取引関係である。ネットワークの構造分析手法は近年急速に発達しているが、ここでは  $p^*$  モデルを利用する。 $p^*$  モデルは確率モデルであり、ある構造が確率的に有意に現れるかを判別できる。この手法により、日本の重点4分野において構成されているネットワークはそれぞれに特徴を持つことがわかった。たとえば特許と論文の共願・共著関係においては、どちらかを専門的に行うプレイヤーが見つかった。

取引と特許共願関係についてみると、企業間の取引・特許共願関係の構築可能性は、他の重要と思われるそれぞれの企業の業種や規模よりも、取引・特許共願関係がすでに構築されている、あるいはいないことがその反対の関係があるかないかにより強く影響を与えることがわかった。これらの知見はリンクの有無や数だけを問題にしてきた、従来の重回帰分析では求められえない知見である。

## 研究成果の概要（英文）：

Companies create various kinds of relationships with each other. The relationships must be not independent but dependent. Also, the relationships affect with companies. Therefore, to know the behavior of the relationships of companies, I investigated networks where companies are nodes and various kinds of the relationships are links.

Here, I used co-authorships of patents and co-authorships of papers that were written by company workers. Many methods have been invented to analyze networks. I chose  $p^*$  model from them.  $p^*$  model is a probabilistic model that can detect probabilistically significant structures. On the basis of the model, I found four important Japanese industries have different structures respectively. For example, there is a structure where a person publishes papers or patents specifically.

As another analysis, I used transactions and patent co-authorships. These relationships are more strongly connected than other variables, such as sectors or scales of companies. This was acquired by Bayesian networks and cannot be acquired by ordinally least square analyses.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
22年度	900,000	270,000	1,170,000
23年度	500,000	150,000	650,000
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経営学・経営学

キーワード：経営学・技術経営・ネットワーク

### 1. 研究開始当初の背景

我が国は長期の不況に陥っているが、これは世界経済全体の影響というよりもむしろ日本を取り巻く環境が以前とは大きく異なっているためと思われる。特に日本を支える製造業において、中国への工場の移転や集約で、国内製造業の活力が衰えるのみならず、海外生産拠点での低コスト製品との競争もあり、国内の事業者は極めて厳しい状況にある。このような状況を受けて各企業は事業の「選択と集中」により、本業での競争力を確保するよう努めてきた。結果として、各企業の持つ事業に多様性がなくなり、新たな産業・市場を生み出す力は低下している。

こうした中で、新産業・新市場を創造するには、自社内の経営資源だけでなく、外部の経営資源の有効活用が極めて重要になる。これを受けて、日本では経済産業省を中心とした産業クラスター計画を2001年から実行している。この産業クラスター計画では「顔の見えるネットワーク」をキーワードに、企業のみならず大学・公的研究機関・政府機関などの人々の間で、相互の知り合いを増やす施策が試みられている。この施策の評価においては、各人の知り合いの数がどれくらい増えたかを把握するにとどまっている。このような評価方法は、ネットワークの構造が持つ力を極めて小さく評価している。最近の研究結果では、ネットワーク構造がネットワーク参加者のパフォーマンスに大きな影響を与えることと、ネットワークを複数使い分ける必要性が示されている。

ネットワークの重要性は以前から認識されており、産業構造におけるネットワークを分析した研究は多くある。特に日本の自動車産業における製造過程の取引のネットワークはよく研究されている。最も基礎的な研究として、企業が他のいくつかの企業から部品を調達しているかという分析がある。この研究は企業のオープン化等の傾向を知ることができるがネットワークの構造についてほとんど知ることができない。構造に踏み込んだ研究として著名なのは藤本氏の一連の研究であり、階層性やオープン性などの重要な発見を行った。しかしながら、これら研究は取引関係のみの単一層ネットワークを扱っている。単一ではなく複数の関係を取り扱っている先行研究もあり、産や学の組織間が、フォーマルあるいはインフォーマルな関係性という異なる関係性で、いかにつながって

いるかを分析したものがある。この研究は多種類の関係性を扱ってはいるものの、それを1つのリンクとして関係性の区別をなくしてしまっている。これは単一層のネットワーク分析と同じである。これらの従来研究と違い本研究は、1) 多種類の関係性を同時に扱い、複合的なネットワークで得られる構造的な特徴を分析する。また2) これまでの研究では数百程度の企業数の分析であったが、数千から数万のノードが含まれる大規模ネットワークを扱う。3) これによりサンプルの数が足りずにこれまで不可能であった確率モデルの構築と特定の構造の有意性の議論が可能となる。

### 2. 研究の目的

本研究では複合的ネットワークの構造を明らかにする。具体的に複合的ネットワークとは、企業とそれに関係する公的研究機関および大学を含んだ組織をノードとし、論文の共著・特許の共願・取引の異なる関係性をリンクとしてもつネットワークである。構造を明らかにするには、単なる統計量（ノードが持つリンクの数（次数）、群れ具合など）の分布を得るだけではなく、たとえば、特許の共願でハブ化した企業は、その後コンソーシアムでもハブ化する傾向にあるのか、あるいはその逆の因果関係にあるのかなどの、ネットワーク間の構造的な補完関係（依存関係）を明らかにするという意味である。またこれを大規模データで行い産業全体を把握する。さらに業種間の比較により業種の特徴を明確にするとともに、産業構造に対する従来の理解の検討も行う。

### 3. 研究の方法

本研究では企業とそれを取りまく組織について、複数の異なる関係性データを利用して複合的ネットワークを作成する。

特許データから企業を特定するための名称、住所などを共同出願関係とともに入手する。他の関係性データとの間で同一の企業を特定するために、これら識別子が必要である。

企業の取引関係は株式会社東京商工リサーチから購入した2006年時点での約80万社のデータを用いる。特許データ同様に、関係性と識別のデータを取り出す。

論文の共著関係を得るためのデータは、CiNiiから得る。これは論文データのウェブサービスであり、ここから必要なデータを

(Web Crawler と呼ばれるプログラムで) 機械的に入手する

上記のような異なる関係性からなる複合的ネットワークを作成した。このとき企業の同一性の判断 (名寄せ) が非常に重要かつ困難である。これまでの研究代表者の研究結果として、名称だけでは名寄せがほぼ不可能であり、名称と住所を合わせなければならないとわかった。なおかつ住所の表記にゆれが存在するため、住所を緯度と経度に変換し、測地線上の距離の近さをもって同一かどうかを判断する。

ネットワークの構造分析手法は近年急速に発達しているが、そのうちの p\*モデルを利用する。p\*モデルは確率モデルであり、ある構造が確率的に有意に現れるかを判別できる。ここで構造とは (たとえば三角形などの) ネットワークのリンクの形 (トポロジー) である。本研究では複数の種類のリンクで形成される構造を取り扱う。この分析によって、形成されやすい構造が産業ごとに浮き彫りにされる。その結果として、産業ごとの特徴があるのかどうかや、従来の産業構造の理解が正しいかどうか、たとえば自動車産業は階層的かつクロズドであったが最近ではオープン傾向にある等、取引だけでなく他の関係も含めて議論することが可能である。重要な点はこの p\*モデルが大規模ネットワークの分析も難なく可能なことである。

#### 4. 研究成果

日本の重点4分野、バイオ、ナノテクノロジー、IT、環境技術について、特許と論文の共願関係について調べた。このとき、これら著作の主体は企業の研究・開発者である。p\*モデルによって、それぞれの分野で図1のような構造が有意に現れるか調べた。図2および図3がその結果である。

これら4つの分野では、論文と特許の共著関係は有意に関係があることがわかった。バイオにおいてのみ Role interlocking が見つかった。この解釈の1つは科学的知見を技術的展開につなぐゲートキーパーが有意に存在するということである。Transitivityによって特許共願の専門家、あるいは論文共著の専門家を見つけることができる。そのような構造は IT と環境技術において有意に存在することがわかった。

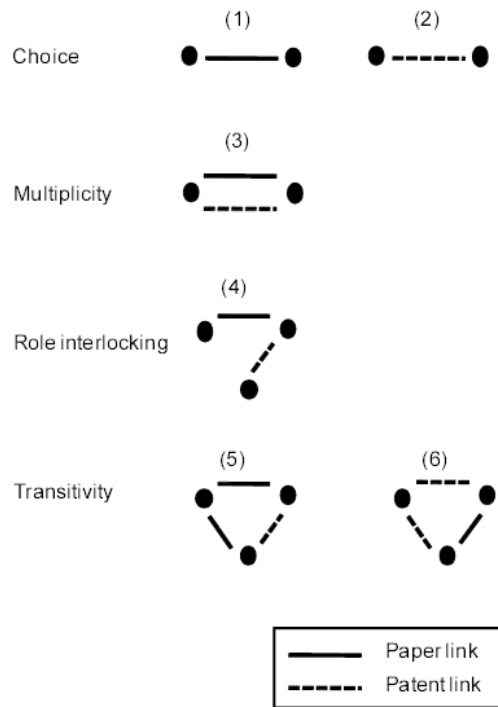


図1：p\*モデルによって調べた構造

Bio			
Model	$G_{PT}^2$	Variables	Partial regression coefficient
1. Choice	2,107.5	(1)	18.8
		(2)	17.9
2. Multiplicity	1,887.2	(3)	* 2.7
3. 1 + Multiplicity	* 1,771.6	(1)	18.5
		(2)	17.0
		(3)	* 3.2
4. 3 + Role interlocking	* 1,743.8	(1)	18.6
		(2)	16.9
		(3)	* 2.9
		(4)	* 0.1
5. 4 + Transitivity	* 1,632.7	(1)	31.8
		(2)	49.9
		(3)	* 2.2
		(4)	* 0.1
		(5)	* 0.3
		(6)	* 0.2

Nano			
Model	$G_{PT}^2$	Variables	Partial regression coefficient
1. Choice	2,835.4	(1)	19.0
		(2)	18.6
2. Multiplicity	2,818.6	(3)	* 1.0
3. 1 + Multiplicity	* 2,787.9	(1)	18.9
		(2)	18.5
		(3)	* 1.0
4. 3 + Role interlocking	2,775.2	(1)	18.8
		(2)	18.5
		(3)	* 1.3
		(4)	* -0.1
5. 4 + Transitivity	* 2,712.0	(1)	19.0
		(2)	18.8
		(3)	* 0.9
		(4)	* -0.1
		(5)	* 0.2
		(6)	* 0.1

図2：バイオとナノテクノロジーの分析結果

IT			
Model	G <sub>DT</sub> <sup>2</sup>	Variables	Partial regression coefficients
1. Choice	1,430.9	(1)	18.5
		(2)	16.6
2. Multiplicity	1,505.6	(3)	*1.7
		(1)	18.4
		(2)	15.8
3. 1+Multiplicity	*1,337.0	(3)	*3.1
		(1)	18.4
		(2)	15.8
		(4)	0.0
4. 3+Role interlocking	1,337.0	(1)	18.4
		(2)	15.8
		(3)	*3.1
		(4)	0.0
		(5)	0.2
		(6)	*2.1
5. 4+Transitivity	*1,229.6	(1)	27.2
		(2)	24.0
		(3)	*1.2
		(4)	0.0
		(5)	0.2
		(6)	*2.1

Env			
Model	G <sub>DT</sub> <sup>2</sup>	Variables	Partial regression coefficients
1. Choice	1,875.3	(1)	18.9
		(2)	16.9
2. Multiplicity	2,005.4	(3)	*1.4
		(1)	18.8
		(2)	16.0
3. 1+Multiplicity	*1,746.3	(3)	*3.0
		(1)	18.9
		(2)	16.0
		(4)	0.0
4. 3+Role interlocking	1,746.0	(1)	18.9
		(2)	16.0
		(3)	*2.9
		(4)	0.0
		(5)	*0.2
		(6)	*1.0
5. 4+Transitivity	*1,703.0	(1)	23.3
		(2)	20.3
		(3)	*2.5
		(4)	0.0
		(5)	*0.2
		(6)	*1.0

図3：ITと環境技術の分析結果

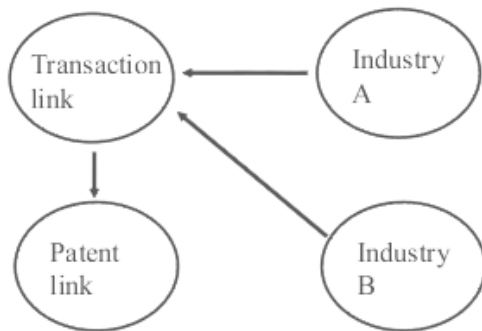


図4：獲得されたベイジアンネットワーク

つづいて、日本の企業間で起きた取引と共同出願の「関係」を調べた。取引に関するデータには961,363の企業と7,808,760の取引が含まれた。共同出願に関するデータには54,197の企業と154,205の共同出願が含まれた。これらの2つのネットワークを1つにまとめ、多重ネットワークとした。そのときノード数は975,607であった。この多重ネットワークの大まかな構造を調べるため、次数分布について調べた。つづいて、産業連関表とそれを模した新たな2つの表を作成し、

比較した。スピアマンの順位相関係数を計算したところ、取引金額よりも取引件数の方が共同出願により影響を与えているであろうことが推測された。したがって、単純に従来の金額による産業連関表から知のスピルオーバーが起きていることを推測するよりも、取引件数に基づいて推測する方がより望ましいことがわかった。つづいて、特定の部分構造が有意に現れるかどうかを検証するために、ERGモデルに基づく分析を行った。

それらの部分構造はChoice, Multiplicity, Reciprocity, Multi-reciprocityとTransitivityである。この分析では多重ネットワークを産業大分類で分割した。MultiplicityとReciprocityはすべての産業で確認できたが、Multi-reciprocityとTransitivityは一部の産業にだけ確認され、それら産業間での共通性は確認できなかった。最後に、取引と共同出願はどちらが先に現れるのかということ进行分析するため、ベイジアンネットワークを用いた。図4がその結果である。変数として、Industry AとB, Patent link, Transaction linkを用いた。得られた構造から次のことがわかった。(1) Transaction linkとPatent linkは相関がある。(2) Transaction linkとIndustry AとBは相関がある。(3) もしTransaction linkが判明していれば、Patent linkとIndustry AとBは独立である。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- ① Hiroyasu Inoue: ``Analyses of Compound Structures of Groups that Produce Intellectual Property'', Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 15, No. 2, pp180-187, 2011/03.
- ② 井上寛康: ``効率的な経営資源活用策を探る—特許から見た研究ネットワーク'', 金融財政ビジネス, Vol. 10077, pp. 4-9, 2010/05.
- ③ 井上寛康: ``組織間発明に着目した組織と発明者の特許出願数の比較'', 大阪産業大学経営論集, Vol. 11, No. 3, pp. 59-71, 2010/6.
- ④ 井上寛康: ``取引の流れによるイノベーション波及の理解'', 大阪産業大学経営論集, Vol. 12, No. 1, pp. 55-72, 2011/02.
- ⑤ 井上寛康, 玉田俊平太: ``取引と特許共同出願の関係について'', RIETIディスカッションペーパー, 11-J-024, 2011.

〔学会発表〕(計5件)

- ① Hiroyasu Inoue: ``Analysis of a

Multi-layered Network Based on Transaction and Joint-patent Application', Sunbelt XXXI, 2011/02.

- ② H. Inoue: ``An Analysis of Transaction and Joint-patent Application Networks'', Econophysics Colloquium 2010, 2010/11.
- ③ H. Inoue: ``Analyses of Industrial Affinity in Networks of Patents and Transaction'', Sunbelt XXX, 2010/7.
- ④ 井上寛康: ``空間情報が付与された組織間の共同出願特許によるネットワーク'', 応用地域学会第24回大会, 2010/12.
- ⑤ 井上寛康: ``多重ネットワークによる企業間イノベーション分析: 経済を動かすのはニーズかシーズか'', 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 SSI2010, 2010/11.

[その他]

<http://prodigium.jp/personal/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

井上 寛康 (INOUE HIROYASU)

大阪産業大学・経営学部・准教授

研究者番号: 60418499