

平成 22 年 5 月 11 日現在

研究種目：若手研究 B
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20730268
 研究課題名（和文） 科学的知見がイノベーションに与える影響に関する多重ネットワーク分析による研究
 研究課題名（英文） A multi-network analysis of how science findings affect innovations

研究代表者
 井上寛康（INOUE HIROYASU）
 大阪産業大学・経営学部・講師
 研究者番号：60418499

研究成果の概要（和文）：

本研究では「科学的知見がイノベーションに発展する際に、どのように産と学が連携を成熟させていくのかという過程を、多重ネットワーク分析により解明すること」を目的とした。具体的には、同一の研究開発者間における論文共著関係のネットワークと特許共同出願関係のネットワークからなる多重ネットワークを採取し、その分析を行った。結果として、分野により協業のスタイルが異なる可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：

The objective of this research is to investigate how firms and universities or research institutes develop their cooperation by a multi-network analysis. Concretely, I created a database that includes a paper co-authors' network and a joint patent applicants' network. As a result, it has been revealed industries have their own configurations of cooperations in multi-networks.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

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：技術経営・産学連携・イノベーション・特許・論文

1. 研究開始当初の背景

科学的知見の貢献がなかったならばイノベーションの 10%は起きなかったか、あるいは大きく遅れたといわれるように、科学的知見がイノベーションおよび経済成長の原動力になっていることは広く認知されており、政府の学術研究支援の大きな動機となっている。こ

れに沿う形で日本では、第一次、第二次科学技術基本計画のもとで、大学と公的研究機関を対象に 1990 年から 10 年間に 40 兆円以上が費やされた。そしてこの効果を、近年の経済低迷からの回復という目に見える形で求められている。このような学と産の活動の連携を促す政策として、2001 年以降の産業クラス

ター計画が位置づけられる。この計画で重要とされているのは、学を中心としたネットワーク構築である。政府（官）が環境を整備する役割も重要であるが、本研究では「科学的知見がイノベーションに発展する際に、どのように産と学が連携を成熟させていくのかという過程を、新しい分析手法である多重ネットワーク分析により解明すること」を目的とした。

イノベーションが科学的知見にいかにかに依拠しているかについては、報告者の共同研究者である玉田らなどの先行研究がある。これらの研究は、イノベーションを測る上で効果的な指標である特許が、科学的知見を記した論文をいかに参照しているかを、文献計量学的に分析したものである。これらの研究は、特許がいかにかに論文を引用しているかという関係性を分析するものであり、特許と論文を用いる点では本研究と同じである。しかし、産および学の間関係の発展過程に本研究の焦点があるのに対し、これら研究は特許が論文をいかに参照しているかという書誌的、技術的な関係性に分析の焦点がある点で異なる。

産業クラスター計画がネットワークの構築を掲げているため、そのネットワークの分析がいくつか行われている。これらの研究は、産や学等の組織、あるいは個人の間でフォーマル、インフォーマルなネットワークがどのように形成されているかを調査し、その上でネットワーク上のさまざまな特徴（ノードにリンクがいくつつながっているか、ネットワークは群れを形成しているか）を分析している。これら一連の研究はすべて一層のネットワークによって行われている。一方で、本研究では、産と学が（科学的知見の継承を示す）論文の共著ネットワークが、いかに（イノベーションにつながる）特許の共同出願ネットワークに発展するのかという、多重のネットワーク分析を行った点で異なる。加えて本研究は、ネットワークを構成するノードの数が10万を越えるような大規模ネットワークを扱った。この点で従来の産業クラスター研究とは異なる。

産学連携に焦点を当て、その科学的知見がいかにかにイノベーションにつながるのかについての先行研究では、特許および論文のデータを用いており、かつ産と学の関係性について、共著論文や共同出願特許を用いているものもある。先行研究では、ネットワークにおけるノードが保持するリンクの数をカウントし、それと他の指標との線形的因果関係を探っている。この分析には重回帰分析を主体とした分析を行っている。しかしこれではネットワ

ークとしての分析が十分ではない。より強力なネットワーク分析として、ネットワークの構造から数理的に決定できるコミュニティ抽出や高次の構造的な役割（媒介中心性など）の分析、また前述のように多重のネットワーク分析が可能である。

2. 研究の目的

本研究では「科学的知見がイノベーションに発展する際に、どのように産と学が連携を成熟させていくのかという過程を、新しい分析手法である多重ネットワーク分析により解明すること」を目的とした。

3. 研究の方法

ネットワークはノードと呼ばれる点とそれをつなぐリンクからなる。本研究では論文著者のネットワークと発明者のネットワークを用いた。このとき論文の著者と発明者は同一のノードである。すなわち、このネットワークは多重であり2種の異なるリンクがノード間に存在する。

発明者ネットワークの元となるデータは、日本の公開特許公報において1993年1月から2002年12月の10年間に記載された4,998,464件の特許データである。発明者ネットワークにおいて、ノードは発明者である（ただし論文著者ネットワークと共通である。）。また、リンクは発明者間で共同で1つでも特許が出願されていれば形成される。

次に、論文著者ネットワークの元となるデータは、国立情報学研究所が提供するCiNiiの2009/02/15時点での論文データであり、12,039,089件の論文が対象である。論文著者ネットワークにおいて、ノードは論文著者である（ただし発明者ネットワークと共通である。）また、リンクは論文著者間で共同で1つでも論文が執筆されていれば形成される。

このネットワークの分析方法として、ネットワークにおいてある部分構造が支配的であるかを、確率的モデルにおける尤度を基準に判断するp*モデルを用いた。p*モデルとは、我々の社会における関係性の網（ネットワーク）において、ある人（あるいは物）とある人（物）の関係が、他の（どのような人の関係であるかを問わない）関係にどのように影響を与えるのか、その背後にあるモデルをあぶりだすものである。端的にいえば、どのような部分構造が現れやすいネットワークであるかを求めるための道具である。

p*モデルはMarkov random graphとして、Frankらによって初めに議論された。p*モデルは今日に至るまで、多くの社会ネットワーク分析で活用されている有用な分析手法である。

4. 研究成果

平成 20 年度は、ネットワーク構築のためのデータベース構築を行った。当初の予定では、論文データとして Thomson ISI 社の Web of Science を使用する予定であったが、論文が国際雑誌に限られているため、これを変更し独自に入手した。その後、2つの多重ネットワークを採取し、その分析を行った。1つは半導体産業における 73 名の発明者/論文執筆者ネットワークであり、もう1つはバイオ製薬産業における 127 名のネットワークである。これらにおいて、多重ネットワーク依存モデルを用いた分析を行った。

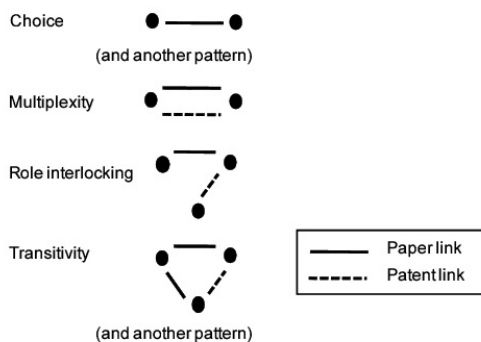


図 1

図 1 は分析を行った部分構造である。これら部分構造は論文と特許のリンクの組み合わせである。この 4 つのパターンが確率的に有意に表れるか、 p^* モデルにより検証した。

表 1 は分析結果であり、左の列からモデル、 -2 対数尤度である。上の結果は半導体産業、下の結果はバイオ製薬産業の結果である。モデルが有意なものであるかは対数尤度の差から知ることができる。

表 1

Yamaguchi-3	
Model	G_{PL}^2
1. Patent choice, paper choice	3006.7
2. Patent choice = paper choice	3353.7
3. 1 + Multiplexity	2932.5
4. 3 + Role interlocking	2826.0
5. 4 + Transitivity	2328.6

Morishita-2	
Model	G_{PL}^2
1. Patent choice, paper choice	9984.7
2. Patent choice = paper choice	10048.9
3. 1 + Multiplexity	8629.1
4. 3 + Role interlocking	7268.7
5. 4 + Transitivity	5856.1

どちらの結果も Patent choice, paper choiceの方が Patent choice=paper choiceより優れている。

すなわち特許と論文のリンクについて、発生する確率は別々と捉えるほうが、モデルの精度がよい。 $(-2$ 対数尤度は正の数であり、小さいほうがよいモデルである。)これはそれぞれのリンクの発生確率が異なることに単に起因する。

重要であるのは、

Model 1 と 2 の -2 対数尤度の差の大きさである。Yamaguchi-3 については有意差を超えているが、Morishita-2 については、超えていない。1つの解釈としては、半導体分野と遺伝子治療薬分野を比較すると、論文と特許の生産を両方向うグループの存在は後者の方がより可能性が高いということになる。

このモデル 1 に対して、Multiplexity を足したのがモデル 3 であるが、ここでも結果は異なる。Yamaguchi-3 の方はモデル 1 と 3 が有意な差でないのに対して、Morishita-2 の方は有意な差になっている。これは、論文と特許の生産を両方向うグループの存在が高いという前述の内容を補強している。このモデル 3 が有意であるということは、1つのネットワークでのリンクの存在が、他方のネットワークでの同じノード間のリンクの存在を刺激することを示している。

モデル 1, 2, 3 のこの結果は、技術分野によって協業の傾向が異なることを明確に表している。

つづくモデル 4 の Role interlock およびモデル 5 の Transitivity はどちらのデ

一タにおいても有意という結果である。モデル 4 を解釈すれば、ある人物がいて、論文か特許を出すパートナーがいる場合、それと異なる生産（論文なら特許、特許なら論文）を行う別のパートナーがいる確率が高いということになる。すなわち、周囲に 2 つの集団（集団か 1 人かはわからない）が異なる役割を果たしており、適宜参加する集団を替えているともいえる。

さらに、モデル 5 を解釈すれば、3 人が集団を構築する際、ある人を中心に論文あるいは発明が行われるが、それをもに行った別の 2 人が、それと異なる生産を行う可能性が高いということになる。モデル 5 はモデル 4 との対比で考えるとわかりやすい。

モデル 4 では論文と特許の両方を生産する（リーダー的な）人がある形であるが、モデル 5 では論文か特許かのどちらかを専門的に生産する（エキスパート的な）人がいて全体として両方が生産される形である。

平成 21 年度は、研究開発者の空間をイノベーションがどのように広がっていくかについて調べた。これは、大きなイノベーションが起きると大量の特許が生まれることが指摘されているが、その詳しいメカニズムがわかっていないためである。本研究ではネットワーク上現れやすい構造を手がかりとして分析を行った。研究遂行上難しいポイントは、研究開発者をどのように区切るかということである。区別しない全体の傾向を知ることもちろん可能であるが、そのような一般的な話から得られることは少なく、分野によって区切る必要がある。ところが、1 人の研究開発者がどの分野に属するかということは、どのような分野の区切りにするかというだけでなく、その研究開発者が複数の分野に属しうることから困難である。本研究では、特許の技術分野を中心として切り分けた。当初はバイオと半導体産業だけであったが、その後、広範な分野、広範な人数の分析を行った。

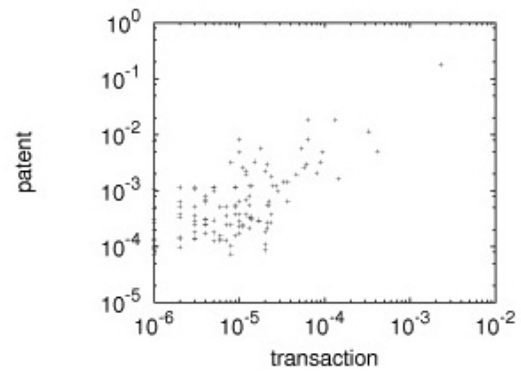


図 2

図 2 は予備的に行った分析の結果であり、産業連関表の要領で産業間の共同出願特許と取引の件数の流れの表を作り、ある産業からある産業への特許と取引の流れには関係があるのかを示した図である。この図からわかるように正の相関があり、相関係数は 0.71 であった従来の金額ベースの産業連関表ではこのような対応は見られなかった。ネットワークのリンク、すなわち部分的なつながりの構造が強く産業間で構築されているという証拠である。この結果は論文と特許という多重のネットワークを同様に扱う本研究課題にとって重要な結果である。

本研究では発明者が公的研究機関・大学（いわゆる学）と企業（いわゆる産）のどちらに属するかを区別し、分野ごとにその協調の構造が異なるかについて調べた。

特許の IPC のセクションレベルには 8 つの分野がある。そのすべてにおいて、組織の種別を問わず、異なる組織に属する発明者間での発明はその特許数が活性化することがわかった。とくにそのうちの生活必需品の分野において、組織間の発明を経験した発明者はその後の出願特許数が増加する効果が最も高く、逆に固定構造物の分野ではその効果が最も低いことがわかった。このような差が現れる原因として推測されるのは、その分野での発明において必要とされる暗黙知・ノウハウの量にあるのではないかということである。一度暗黙知を共有することができればその経験を最大限活かす方向に発明者が望むことが予想される。このような仮説について今後の研究を通じて検討していきたい。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 6 件）

- ① H. Inoue, W. Souma, and S. Tamada: "Analysis of cooperative research and development networks on Japanese

patents", Informetrics, Vol.4, pp.89-96, 2010.

- ② 井上寛康, 相馬亘, 玉田俊平太: ``共同研究開発の過程理解に向けた特許のネットワーク分析とモデル構築'', 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.4, pp.1563-1570, 2008/4.
- ③ 井上寛康: ``大規模データに対するべき分布性の確認方法'', 大阪産業大学経営論集, Vol.11, No.2, pp.39-50, 2010/02.
- ④ 井上寛康: ``取引ネットワークに依拠した企業の振る舞いの分析—ソフトウェア産業における現状—'', 大阪産業大学経営論集, Vol.11, No.1, pp.1-11, 2009.
- ⑤ 井上寛康: ``知的生産集団のコンフィギュレーションの分析—半導体分野と遺伝子治療薬分野のネットワークの例—'', 大阪産業大学経営論集, Vol.10, No.3, pp.13-24, 2009/5.
- ⑥ 井上寛康: ``共同出願特許ネットワークにおける高クラスターリング係数再現モデルの検証'', 大阪産業大学経営論集, Vol.10, No.2, pp.19-36, 2009/2.

[学会発表] (計5件)

- ① H. Inoue: ``Analyses of procurement networks in automobile and software industries'', Complex'09, 2009/11.
- ② H. Inoue: ``Verifications of Growing Models for Cooperative R&D Network'', Econophysics Colloquium 2008, 2008/8.
- ③ 井上寛康: ``参加企業数に基づいた産業連関表の構築とその検討'', 情報処理学会創立50周年記念全国大会, 2010/03.
- ④ 井上寛康: ``特許の共願関係から見た技術分野ごとの産学連携の分析'', 第6回ネットワーク生態学シンポジウム, 2009/12.
- ⑤ 井上寛康: ``科学的発見と発明を行う集団は相互に影響するのか—共著論文と共同出願特許の多重ネットワーク依存モデル分析—'', 第5回ネットワーク生態学シンポジウム, 2009/3.

[図書] (計2件)

- ① 井上寛康: ``イノベーションネットワークと地理モデル'', 臨時別冊・数理科学SGCライブラリ「ネットワーク科学への招待—世界の“つながり”を知る科学と思考—」青山秀明, 相馬亘, 藤原義久共編著, 2008.
- ② 玉田俊平太, 井上寛康, 産学連携によるイノベーション, 「ビジネス・イノベーションシステム」土井教之編著, 日本評論社版, pp.149-178, 2009/03.

[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・講師
研究者番号: 60418499