

平成22年 3月31日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19730165
 研究課題名（和文）企業間研究開発（R&D）の戦略的ネットワーク形成に関する実証研究
 研究課題名（英文）Empirical Analysis of Strategic Formation of R&D Network
 研究代表者
 中嶋 亮 （NAKAJIMA RYO ）
 横浜国立大学・国際社会科学部・准教授
 研究者番号：70431658

研究成果の概要（和文）：本研究は最新のネットワーク理論の成果をふまえ、企業間の戦略的 R&D ネットワーク形成について米国の IT 産業を対象に実証分析をおこなった。その結果、企業間で R&D 提携が形成される際の原動力として(1)Closure Preference および(2) Preferential Attachment という選好が見られることが統計的に明らかになった。さらに、発明家の転職行動を Job Search モデルにより定式化し、理論的に予想される仮説を米国の特許データベースに基づき検証した。分析結果から、企業の R&D 活動に関する特許の生産性を高めるためには共同研究のネットワークを介した知識の移転が大きな役割を果たしていることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：In this study, I provided an empirical analysis of evolving networks of successful R&D collaboration in IT industry in the United States. Firstly, I analyzed the effect of existing network structure in the process of new R&D collaboration formation. I controlled for unobserved similarities among firms based on community structures with the network, and found a significant cyclic closure and preferential attachment effects. Secondly, I estimated the effect of patent inventors' collaboration networks on their productivity and mobility using U.S. patent application database. It is found that networked inventors are more productive and have longer tenure than non-networked inventors as the standard on-the-job-search model predicts. These results are consistent with the job search and match hypothesis between inventors and firms through collaboration networks.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	0	1,300,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	390,000	2,990,000

研究分野：産業組織論、労働経済学

科研費の分科・細目：経済学・経済政策

キーワード：特許、研究開発、ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

近年、研究開発内容の複雑化・高度化に伴い、企業内のクローズな自前主義的研究開発

から企業間のオープンなネットワーク型の研究開発へ移行する動きが見られている。これに呼応するように政策当局においても産

業クラスター政策に見られるような研究開発の外部連携を促進する政策が積極的に進められている。しかしながら、従来の実証研究は事例的分析が中心であり、詳細なマイクロデータを用いた定量的な分析は少ない。また、定量的研究についても、ほとんどが実態調査による横断面的な提携状況の共時的把握にとどまり、動的に発生する企業の研究開発提携行動についての通時的分析はほとんど存在しない。

2. 研究の目的

本研究では、ネットワーク理論分析の最新の成果をふまえ、R&Dネットワークにおける戦略的提携に注目し、企業の連鎖的な研究開発提携行動に関して実証分析を行う。さらに、社会学、物理学、および計算科学の関連分野からも最新の理論・実証分析の成果を取り入れ、精緻な実証分析により企業の研究開発提携ネットワーク形成メカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、まず、全米経済研究所(National Bureau of Economic Research)が公開している特許引用データベースおよび米国特許商標局(U.S. Patent Office)の保有している Patents BIB データベースから、特許記載の研究者を追跡し、共同研究者が存在する企業間で提携のリンクデータを構築している。その上で、S & P社のCOMPUSTAT データベースおよび Thomson and Reuters 社の SDC Platinum データベースから得られる企業属性(R&D規模、株価等)をR&D提携のデータと連結することで企業提携に関するパネルデータセットを得た。

そのデータセットをもとに、アメリカのIT産業を対象にして、前期のネットワーク構造を所与としたときに、今期に企業が新たにR&D提携を開始または解消する条件付き確率企業を決定する構造モデルを推定している。この推定方法は Kossinets and Watts (2006) が大規模な社会ネットワークの構造の動態分析に援用した最新の方法であり、この方法をR&Dネットワーク構造の分析に適用した例はない。

さらに前述の全米経済研究所公開の特許引用データベースから特許記載の研究者を Trajtenberg Shiff and Melamed (2006) が開発した Computer Matching Procedure 法により識別し、各発明家の企業が在籍履歴を追跡することで、発明家の在籍企業に関する詳細な個票データを構築することに成功した。そのデータセットをもとに、研究者の共著ネットワークが研究者の転職行動にあたる影響について実証分析を行った。

その実証分析に先立ち、研究者の転職行動

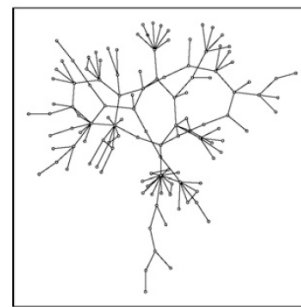
のモデルとして Jovanovic(1980)および Simon and Warner(1992)により Job Search and Matching Model を構築し、特許発明家の転職行動についての定性的な理論分析を行っている。

4. 研究成果

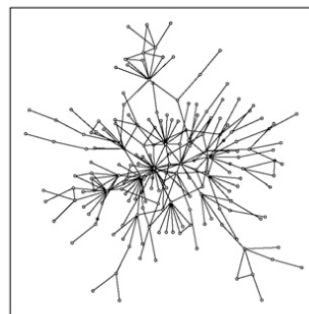
(1) 企業間の R&D ネットワーク形成

データ解析の結果、アメリカ合衆国の IT 産業の R&D ネットワークは以下の図1のように発達していったことが明らかになった。

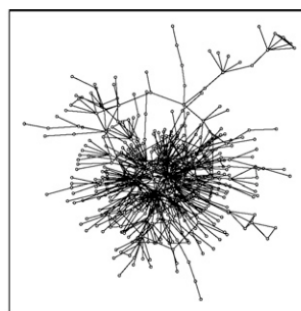
図1：IT産業のR&Dネットワークの変遷



(a) 1991



(b) 1993



(c) 1995

ネットワーク統計量の分析としては以下の表1のような結果が得られている。

この分析の結果、時間を通じて(1)拡大傾向にあり(2)短い鎖でつながる傾向にあり、(3)局所的に集積し(4)不均一になる傾向があきらかになった。

表 1 : R&D ネットワーク統計量

Year <i>t</i>	Network size <i>n</i>	Linked node fraction n_l/n	Average degree $\eta(G_t)$	Giant component fraction n_g/n_t
1985	1,503	0.12	1.42	0.07
1986	1,640	0.13	1.31	0.07
1987	1,791	0.14	1.38	0.12
1988	1,919	0.15	1.42	0.12
1989	2,059	0.15	1.33	0.13
1990	2,183	0.16	1.38	0.08
1991	2,282	0.16	1.50	0.33
1992	2,413	0.18	1.54	0.34
1993	2,672	0.19	1.65	0.36
1994	3,015	0.21	1.88	0.47
1995	3,318	0.25	2.09	0.52

Average distance $d(G_g)$	Clustering coefficient $C(G_t)$	Variance nodal centrality $\text{Var}(\phi)$
2.79	0.11	0.26
2.79	0.05	0.27
4.03	0.10	0.33
4.41	0.03	0.38
4.41	0.02	0.39
3.54	0.06	0.37
6.02	0.06	0.47
4.79	0.05	0.60
4.63	0.08	0.72
4.90	0.10	0.80
4.58	0.12	0.86

さらに、企業間の R&D 提携確率を以下のモデルに従って定式化し、提携の尤度に与える影響について分析した。

$$\text{Prob}(G_{ij}(t) = 1 | G_{ij}(s) = 0; s < t) = \text{Prob}(u_{ij}(t) > 0) \text{Prob}(u_{ji}(t) > 0).$$

ここで $G_{ij}(t)$ は企業 i と j 間に期間 t で R&D 提携が生じたことを示すダミー変数である。また $u_{ij}(t)$ は企業 i が企業 j と R&D 提携したことで得る期待利得であり、 $u_{ij}(t) > 0$ のとき実際に R&D 提携が行われると仮定している。この際、 $u_{ij}(t) > 0$ となる確率は以下の式で定式化されている。

$$\text{Prob}(u_{ij}(t) > 0) = F \left[\alpha + \beta W_{ij}(t-1) + \lambda \eta_j(t-1) + \sum_k \rho_k d_{ij}^{k-1}(t-1) \right]$$

式中 F は logistic 累積密度関数であり、 W_{ij} は企業 i および企業 j の属性、 η_j は企業 j の R&D 提携数、 d_{ij}^{k-1} は k 度の cyclic closure ダミーを表す。この定式化においてパラメータ λ は

preferential attachment 選好の大きさを表し、 ρ^k は cyclic closure effect の大きさを表している。

主要な推定結果は以下の表 2 で表される。

表 2 : R&D 提携モデル推定結果

	Market-listed companies (1)
CONSTANT	-11.7681*** (0.7349)
Research size $\log(RD)$	0.2203*** (0.0704)
$\log(NPATENT)$	
Research quality $\log(CUMPATENT + CITED)$	0.2078*** (0.0754)
Technological similarity TS	-2.5537* (1.0037)
TS^2	1.9821 (1.4185)
Research size similarity RS	6.2846*** (1.7398)
RS^2	-4.6214*** (1.6377)
Locational similarity LS	0.8560*** (0.1817)
TREND	0.0222 (0.0359)
Cyclic closure effect ρ	
Third degree ρ_3	2.5991*** (0.2489)
Fourth degree ρ_4	2.1358*** (0.2439)
Fifth degree ρ_5	2.2072*** (0.2869)
Sixth degree ρ_6	1.2148* (0.5245)
Preferential-attachment effect λ $\log(\eta)$	0.4946*** (0.1533)
Log-likelihood	-1090.4146
Sample size	185,619

この推定結果から企業間で R&D が形成される際の原動力として(1)Closure Preference および(2)Preferential Attachment という選好がみられることが統計的に明らかになっている。これらの企業の選好は上記の IT ネットワーク成長を特徴づける要因であることが明らかになった。

(2) R&D 生産性を高める発明家の転職行動について

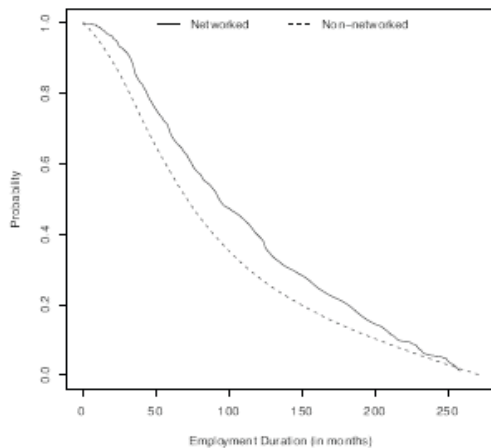
まず、Job Search and Matching Model による理論分析から、共著者ネットワークを使って転職した発明家は、共著者ネットワークを使わずに転職した発明家にくらべて、在籍期間が長く、生産性が高くなることが示されている。さらに、その生産性の有意性は時間とともに逓減するということが予想される。これは共著者ネットワークを通じて Job Match に関する

る情報を事前に入手することが可能となり、Job Match の向上を通じて、発明家の生産性の上昇と在籍期間の延長がもたらされるためと解釈される。

上記の理論モデルから導かれる命題を、上述の発明家の在籍企業に関する個票データで検証した。

発明家の転職後の在籍期間については、ノンパラメトリック duration 分析を行うことで検証した。結果は以下の図2に要約される。

図2：発明家在籍間ノンパラメトリック推定結果(共著ネットワーク使用者・非使用者)



上記の図において明らかなように共著者ネットワークを利用して転職した発明家(実線)はネットワークを利用せずに転職した発明家(波線)よりも有意に転職後の在籍期間が長くなることが明らかにされている。

さらに転職ネットワークが生産性に与える影響については、以下の定式化によるPoisson 回帰を行うことで検証した。

$$E(P_{if,t}|X_{if,t}, NET_{if}) = \exp(\alpha + X_{if,t}\beta + \rho NET_{if}),$$

ここで $P_{if,t}$ は発明家 i と企業 f の期間 t に発表した特許数(整数)となっている。また、 $X_{if,t}$ は発明家 i と企業 f の期間 t における属性変数であり、 NET_{if} は発明家 i が企業 f に転職した際に共著者ネットを使ったかどうかを示すダミー変数であり、共著者ネットワークを使った場合には 1、それ以外の場合には 0 であたえられる。パラメータ ρ は共著者ネットワークの使用が生産性に与える影響を計る指標と解釈される。

推定結果は以下の表3で与えられている。観察されない属性を考慮するために固定効果分析を行っている。

推定結果から、共著者ネットワークを使った転職と使わなかった転職では、前者は後者に比べて有意に発明特許についての生産性が高くなることが発見されている。

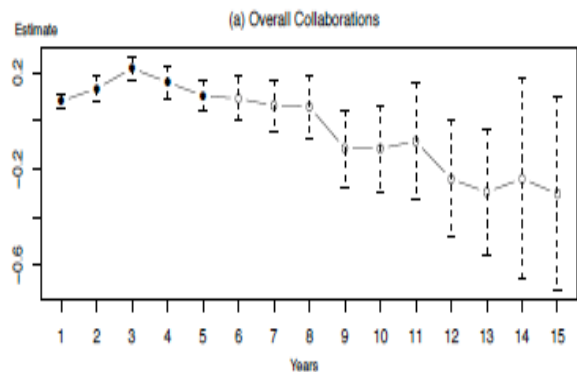
表3：共著者ネットワークが生産性に与える影響(Poisson 回帰推定結果)

	Overall (1)
Network referral dummy: ρ	0.1023*** (0.0169)
Referee's productivity	0.0012* (0.0006)
Past total productivity	0.0394*** (0.0029)
Firm's productivity	0.3045*** (0.0867)
Total research experience	0.0263 (0.0185)
(Total research experience) ²	0.0011*** (0.0001)
Within-firm research experience	0.0062 (0.0050)
(Within-firm research experience) ²	0.0007* (0.0004)
Log-likelihood	-236433.22
Observations	286,954

さらにその生産性に与える影響が転職後の期間とともにどのように変化するかについて図示したものは以下図3により、与えられている。

図から明らかなように、共著者ネットワークの生産性に与える影響は転職後の期間とともに低下し、理論モデルが予想する結果と合致することが明らかにされた。

図3：共著者ネットワークが生産性に対する効果 ρ と在籍期間の関係



以上の分析より、企業の R&D 活動に関する特許の生産性を高めるためには共同研究者のネットワークを介した知識および技術の移転が大きな役割を果たしていることが明らかになった。

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2件)

①Nobuyuki Hanaki, Ryo Nakajima, Yoshiaki

Ogura, "The Dynamics of R&D Network in IT Industry," Research Policy, 査読有, 39 卷, 2010, 386-399.

② Ryo Nakajima, Ryuichi Tamura, Nobuyuki Hanaki, "The Effect of Collaboration Network on Inventors' Job Match, Productivity and Tenure," Labour Economics, 査読有, 17 卷, 2010, 723-734.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中嶋 亮 (NAKAJIMA RYO)

横浜国立大学・国際社会科学研究科・准教授

研究者番号：70431658

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：