

특허 정보를 이용한 기업의 급진적 혁신에 관한 실증연구

전수연
국방기술품질원

An Empirical Study on the Relationship between Corporate and Radical Innovation based on Patent Information

Suyeon Jeon
Defense Agency for Technology and Quality

요약 본 연구에서는 급진적 혁신을 수행하는 기업의 특징을 특허 데이터를 중심으로 살펴보았다. 1980년도부터 특허 정보는 기업의 성과를 측정하기 위한 중요한 지표로 활용되어 왔지만, 급진적 혁신을 대표하기는 어려웠다. 따라서 본 연구를 통하여 특허 집약 산업(Patent Active Industry)인 제약 산업에서 특허 정보가 급진적 혁신 지표로서 활용 될 수 있는지 알아보려고 하였다. 분석을 위해 약 10년간의 FDA 승인 데이터, 국외 기업의 특허 데이터를 활용하였으며 네트워크 중심성 분석(Centrality Analysis)과 비모수적 분석법인 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon Signed Rank Test)을 실시하였다. 네트워크 분석 결과 급진적 혁신을 수행하는 기업의 경우 다른 기업들보다 대학 및 타 제약 기업과 협력 활동이 활발함을 시각적으로 확인 할 수 있었으며, 통계분석 결과 급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업 간 연결 중심성(Degree Centrality)과 근접 중심성(Closeness Centrality)에 차이가 있음을 확인 할 수 있었다. 본 연구의 결과는 기업의 연구개발 전략 및 정책 수립에 활용 될 것을 기대하며, 향후에는 기업의 급진적 혁신에 영향을 미치는 요소가 무엇인지 정량 분석이 가능할 것이다.

Abstract In this paper, we analyze features of radical innovative businesses using their patents. Although patents have been used to evaluate outcomes of businesses from the 1980s, it is challenging to use patents for radical innovations. We examined the possibility of taking advantage of patents for an indicator that represents a radical innovation in pharmaceutical industry. To this end, we collected FDA approval data from the U.S. Food and Drug Administration and patent data of 18 pharmaceutical companies. For analysis, we utilized the network centrality analysis and Wilcoxon signed ranked test, which is a non-parametric statistical hypothesis test used to compare two related samples. We observed that a radical innovative company typically cooperates with other research groups, such as universities and companies, and acts as a hub for connectivity in pharmaceuticals. Also, we found that there are differences in centrality between radical firms and non-radical firms. Thus, we expect that the results of this study will help in developing strategies for research and development of pharmaceutical companies and identifying factors affecting radical innovation in the future.

Keywords : Radical innovation, Patent statistics, Patent analysis, Network analysis, Pharmaceutical industry

*Corresponding Author : Suyeon Jeon(Defense Agency for Technology and Quality)

email: suyeon02938@gmail.com

Received July 6, 2020

Accepted October 5, 2020

Revised September 9, 2020

Published October 31, 2020

1. 서론

“특허 통계량(Patent Statistics)를 활용하여 어떠한 흥미로운 것들을 측정하여 유의미한 결과를 얻어낼 수 있을까?” 하는 의문점은 특허를 활용한 실증 연구에 있어서 가장 기초적인 질문 중에 하나이다[1]. 본 논문에서는 이러한 특허 관련 실증 연구의 기초적인 질문을 제약 산업의 급진적 혁신에 적용하고자 하였다. 노령화 시대에 평균 기대 수명과 헬스케어에 대한 관심이 증가함에 따라 제약에 대한 관심과 의존도는 점차적으로 증가하고 있다. 그래서 많은 제약 기업들은 차세대 신약을 개발해 내기 위해 연구 개발 예산을 확대해 나가고 있으며, 인수 합병 등을 통해 기업의 규모를 확장하는 추세이다. 한국 보건산업진흥원의 연구 보고서에 따르면 세계 상위 10대 제약기업의 최근 판매 비율이 32.5%에서 45.1%로 증가한 사실을 알 수 있다[2]. Sorescu 등(2003)은 신약을 발명하는 형태의 급진적 혁신이 복제약(Generic)을 만드는 점진적인 혁신보다 기업의 재무적인 성과를 더 창출하고 있음을 발견하였으며, 그 성과는 대략적으로 5배 정도임이 연구를 통해 증명되었다[3, 4]. 새로운 약을 개발하는 것은 제약 산업의 성장에 중요한 전략이나, 특정 질병을 치료하기 위한 새로운 화학적 물질을 찾아내고 그것을 약으로 발명하기 위한 과정은 매우 어렵다.

본 연구에서는 특허 정보를 기반으로 제약 산업에서 급진적 혁신을 수행하는 기업의 연구개발 형태의 특징을 알아보려 하였다. 이전 연구들의 대부분은 마케팅과 경영 연구에 초점을 두어 급진적 혁신에 대해 연구해왔으며, 분석 데이터는 주로 전문가 설문 조사에 근거하여 급진적 혁신에 대한 이론을 다루었다. 하지만 응답자에게 가이드라인 제시를 통한 설문 조사의 경우 신기술들이 상업적으로 성공한 뒤에야 혁신의 정도를 측정한다는 한계점이 존재한다[5]. 그래서 본 실증연구는 특허라는 연구개발 성과물 지표를 활용하여 특허에 포함된 정보가 기업의 급진적 혁신을 대표할 수 있는 지표가 될 수 있는지를 알아보려 하였다.

특허 분석의 경우 몇 가지 장점들이 존재한다. 우선 기업 단위의 분석이 가능하고, 특허는 상당히 긴 시간에 대해 대표성을 펼 수 있는 데이터이기 때문에, 기업의 혁신 활동에 있어서 기술적인 부분에 대한 자세한 정보를 포함하고 있다는 장점이 있다[6].

특허는 1980년대부터 기업의 성과를 예측하는데 중요한 지표로서 활용되어왔는데, Basberg(1987)는 기업의 연구개발 결과물을 예측하기 위해 특허 데이터가 유

용함을 입증하였다. 또한 Fig. 1에 나타낸 것처럼 특허와 혁신간의 관계를 제시하였다[7].

본 논문에서는 특허 정보 분석을 위해 제약 산업의 특허 데이터를 수집하였다. 제약 산업으로 분석 데이터를 한정하는 이유는 제약 산업은 신 후보물질(New Molecule Entity, NME)이 특허 출원을 통해 보호 될 수 있는 특허 집약 산업(Patent Active Industry) 중 하나이기 때문에 특허 정보의 활용성을 분석하기에 적합하다고 판단하였다.

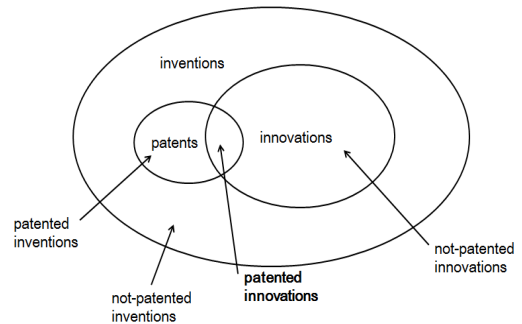


Fig. 1. Relationship between patents, inventions, and innovations[7]

2. 관련연구

2.1 급진적 혁신

타자기와 전보는 워드와 휴대폰 이라는 급진적 혁신으로 인하여 사라진 제품이다. 즉 급진적 혁신이란 전례 없던 성과(Unprecedented Performance Features) 혹은 상당한 영향으로 기존에 존재하던 시장에 변화를 만들어 내거나 새로운 것을 창출하는 제품, 프로세스, 서비스를 말한다[4]. 그래서 급진적 혁신의 경우 긴 시간동안 산발적으로 일어난다는 특징을 가지고 있다[4].

Schumpeter(1934)가 기업의 규모가 큰 기업일수록 혁신 활동을 더 집중적으로 수행한다는 연구를 수행한 이후 많은 연구가 대기업의 규모가 급진적 혁신을 유발하는 주요 요인 인가에 대해 고려해 왔다[8]. Sorescu 등(2003)도 풍부한 자원의 이점 때문에 시장에서 우세한 기업이 더 쉽게 급진적으로 혁신활동을 수행 할 수 있음을 알아내었다[3]. 또한, 경제 조직의 측면에서 기업의 규모와 급진적 혁신 사이에 중점을 두어 연구를 수행하기도 하였지만, 연구자들은 혁신에 영향을 미치는 기업의

규모에 대해서는 합의를 이루어내지 못했다[9].

그 다음 단계 연구로는 혁신에 영향을 미치는 조직 및 태도 요소에 대해 언급이 되었다. Acs 등(1991)은 처음으로 기업의 급진적 혁신에는 조직적인 요소가 더 영향을 미칠 수 있다고 주장하였다[10]. Chandy 등(1998)의 경우 회사의 자산 감소를 받아들일 수 있는 자세(Willingness to Cannibalize)가 제품의 급진적 혁신에 강력한 요인임을 증명 하였다[9]. 또한 Leifer(2001)은 급진적 혁신의 경우 적임자(Right People) 없이는 일어날 수 없는 활동임을 설명하였으며, 성공적인 혁신 활동에는 혁신 활동 초기 핵심 그룹이 필요하다고 주장하였다[4]. 비록 많은 연구들이 급진적 혁신의 유발요인을 찾아내기 위해 이루어지고 있지만, 여전히 급진적 혁신을 정의 내리기가 어렵고 불확실하며, 어느 시점의 새로운 발견들이 급진적이라고 할 수 있는지 정의를 내리는데 한계가 존재한다.

본 연구에서는 비교적 급진적 혁신을 구분하기에 명확한 제약 산업의 특허에 중점을 두어 급진적 혁신에 대해 연구하였다. 제약 산업에서의 급진적 혁신은 기존에 존재하지 않던 새로운 약을 개발하는 형태로 Table 1에서의 FDA 정의와 Sorescu 등(2003)이 제안한 혁신 분류법에 기반하여 제약 산업의 급진적 혁신을 구분하였다[3].

Table 1. FDA definition

FDA Definition		Description
Chemical Composition	New Molecule Entity(NME)	An active ingredient that has never been marketed in US.
	Update	A drug that is a new formulation, a new dosage of existing components, or a commercialized drug that has a new usage.
Therapeutical Potential	Priority review drug	A drug that appears to represent an advance over available therapy.
	Standard review drug	A drug that appears to have therapeutical qualities similar to those of an already marketed drug.

2.2 특허 통계량

특허 통계량과 관련한 연구는 1900년대부터 시작되었다. “How does one come to know whether patent statistics measure anything interesting?”은 특허 데이터를 활용한 모든 실증 연구에 있어서 가장 근본적인 질문 중에 하나이다[11]. 지금까지도 특허는 혁신을 측정하기 위한 간접적인 데이터로 다양한 분야에서 활용되고 있다. Comanor 등(1969)은 제약 산업에서의

혁신 활동을 나타내기 위해 특허를 사용하였으며, 특허의 수가 기업의 기술 진보와 연관이 있음을 연구하였다[12].

Igami 등(2013)은 디스크 드라이브 산업에 있어서 혁신성을 나타내는 직접적 지표로 특허를 사용하여 예측하는 것이 효율적임을 알아내었다[11]. 지적 자산이 중요해짐에 따라서 특허 정보에 대한 활용은 증가하고 있으며 진보하고 있다. Ernst(2001)은 독일의 기계 장비 제조 산업에서의 특허 출원이 2~3년 이내에 매출로 이어질 수 있음을 증명하였으며, 특허가 연구개발 활동과 연구 노력의 지표로 활용 될 수 있음을 제시하였다[13]. 또한 지식의 흐름과 관련하여 특허 인용 정보가 사용되고 있으며, Fung 등(2002)은 지식의 내, 외부 흐름을 나타내기 위하여 특허의 인용 정보를 활용하여 컴퓨터, 화학, 전기 전자 산업의 지식 흐름(Knowledge Flow)을 연구하였으며 산업 내 지식 스페일오버(Knowledge Spillover) 현상을 발견하였다[14]. Hu 등(2003)은 지식 확산(Knowledge Diffusion)의 지표로서 특허의 인용 정보를 활용하여 미국, 일본에서부터 한국, 대만으로의 지식의 흐름에 대해 연구하였다. 지식의 경우 무형의 자산이기 때문에 특허 데이터를 활용하는 것이 효율 적임을 증명하였다[15]. Leten 등(2007)은 분석에 특허 데이터를 사용하는 이점에 대해 제시하였다. 특허 정보를 활용하면 기업 단위의 상당히 긴 시간에 대한 분석이 가능하고, 특허에는 기업 혁신 활동의 자세한 정보를 포함하고 있어 분석에 유용하게 활용될 수 있다[6].

3. 본론

3.1 데이터 수집

본 논문에서는 제약회사의 급진적 혁신 수행 여부를 판단하기 위하여, Sorescu 등(2003)이 제안한 제약 산업에서의 급진적 혁신 분류법을 활용하였다. Sorescu 등(2003)은 Table 2에 나타난 것처럼 제약 산업에서의 혁신 분류를 매트릭스 형태로 제시하였다. 새롭게 발견한 화학적 조성(Chemical Composition)이 신물질 신약(New Molecular Entities) 인지 기존에 존재하던 물질의 업데이트 된 형태인지에 따라, 그리고 FDA 검토에 우선권을 갖는지 여부에 따라 점진적 혁신(Incremental Innovation), 시장의 변혁(Market Breakthrough), 기술적인 변혁(Technological Breakthrough), 급진적 혁신(Radical Innovation)의 4가지 단계로 분류하였다.

본 논문에 활용하기 위한 기업의 급진적 혁신의 여부의 경우에는 기업이 FDA에 의뢰한 신약의 화학적 조성이 신물질 신약이면서, FDA로부터 검토 우선권을 받은 경우, 급진적 혁신을 수행한 기업으로 판단하였다.

Table 2. Operationalization of Innovations [3]

		Therapeutical Potential	
		Standard Review	Priority Review
Chemical Composition	Update	Incremental innovation	Market breakthrough
	NME	Technological breakthrough	Radical innovation

기업의 급진적 혁신 여부를 판단하기 위한 기초데이터는 FDA 홈페이지에서 공개하고 있는 승인 정보를 활용하였다. Fig. 2에 나타난 것처럼 FDA 승인 정보의 경우 FDA 홈페이지를 통해 획득 하였으며, Sorescu 등 (2003)이 제안한 분류법에 따라 기업별 FDA 승인 현황을 조희하여 분석에 활용하였다. 만약 분석 대상에 포함되는 기업이 신물질 신약(New Molucule Entity)을 개발하면서, 검토 우선권(Priority Review)을 받았을 경우 급진적 혁신을 수행한 기업으로 분류하였다.

Approval Date	Drug Name	Active Ingredients	Submission Classification *	Review Priority **	Company
08/05/2010	SUPREP BOWEL PREP KIT NDA #022372	MAGNESIUM SULFATE, POTASSIUM SULFATE, SODIUM SULFATE	Type 4 - New Combination	Standard	BRAINTREE LABS
08/05/2010	LAMIVUDINE AND STAVUDINENDA #022541	LAMIVUDINE; STAVUDINE	Type 4 - New Combination	Standard	MACLEODS PHARMA
08/13/2010	ELLANDA #022474	ULIPRISTAL ACETATE	Type 1 - New Molecular Entity	Standard	LAB HRA PHARMA
08/26/2010	TEKAMILONDA #022545	ALISKIREN HEMIFUMARATE; AMLODIPINE BESYLATE	Type 4 - New Combination	Standard	NOVARTIS
08/30/2010	SUBOXONENDA #022410	BUPRENORPHINE HYDROCHLORIDE; NALOXONE HYDROCHLORIDE	Type 4 - New Combination	Standard	INDIVIOR INC
08/30/2010	LAMIVUDINE, NEVIRAPINE, AND STAVUDINENDA #022537	LAMIVUDINE, NEVIRAPINE, AND STAVUDINE	Type 4 - New Combination	Standard	MACLEODS PHARMA
08/31/2010	LUMIGANNDA #022184	BIMATOPROST	Type 5 - New Formulation of New Manufacturer	Standard	ALLERGAN

Fig. 2. FDA Approval Data(<http://www.fda.gov/>)

Table 3에 나타난 것처럼 분석에는 미국 제약 기업의 FDA 승인 정보와 특허정보를 활용하였다.

Table 3. US Pharmaceutical firm ranking based on sales

Rank	Pharmaceutical Firm	Sales in 2010 (unit: billion)	R&D expenses (unit: million)	Radical Innovation Firm
1	Pfizer	58.50	9,413	Y
2	Merck & co.	39.80	11,000	Y
3	Johnson&Johnson	22.40	4,432	N
4	Eli Lilly	21.10	4,880	Y
5	Abbott	19.90	3,724	N
6	Bristol-Myers Squibb	19.50	3,566	Y
7	Amgen	14.70	2,894	Y
8	Gilead Sciences	7.40	1,073	Y
9	Baxter International	5.60	915	N
10	Mylan	5.20	282	N
11	Genzyme	4.00	847	Y
12	Allergan	4.00	805	Y
13	Forest	3.90	1,054	N
14	Celgene	3.50	1,128	N
15	Biogen Idec	3.50	1,249	N
16	Cephalon	2.80	440	Y
17	Watson	2.60	296	N
18	Hospira	2.30	301	N

(source: <http://www.pharmexec.com/>)

수집된 데이터를 토대로 급진적 혁신을 수행한 기업과 수행하지 않은 기업 간의 비교 분석을 수행하였다. 분석에는 특허 정보를 활용하여 기업 내 발명자간 네트워크 분석을 실시하였다. 또한 네트워크 중심성 분석(Centrality Analysis)을 통해 도출된 노드별 중심성 지표 값을 활용하여 통계 분석을 실시하였다.

분석에 활용한 특허 정보는 미국 상위 제약 회사의 2002년부터 2012년까지의 특허 정보를 활용하였으며, 특허 정보는 Wintellips 사이트를 통해 수집하였다. 제약 산업의 경우 특허를 출원하더라도, 출원된 특허가 신약의 형태로 개발되기까지는 최소 7년에서 10년이 소요되므로, 기업의 연구 성과를 측정하기 위해서 최소 10년 간의 특허 정보를 수집하여 분석에 활용하고자 하였다.

3.2 네트워크 분석

급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업을 나누어 발명자간 협력 형태를 알아보았다. 협력형태를 알아보기 위하여 네트워크 분석을 활용하였으며, 분석 툴로는 KrKwic, Ucinet을 활용하였다. 네트워크 분석은 계

량적으로 분석된 정보를 노드(Node)와 링크(Link)로 표현하여 네트워크로 구축하고, 노드 간 연관 구조를 파악할 수 있는 방법론이다[16].

네트워크 분석결과 급진적 혁신을 수행한 기업과 그렇지 않은 기업 간에 발명자간 네트워크 협력 형태에 차이점이 있음을 확인 할 수 있었다.

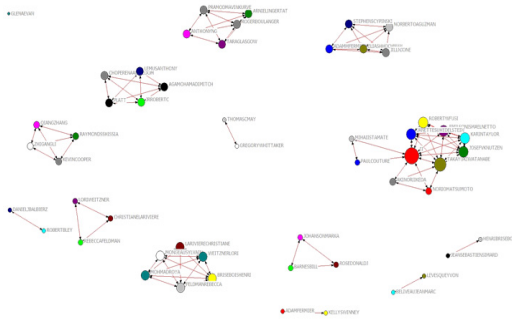


Fig. 3. The Network between inventors in non-radical innovation firm(3rd ranking)

Fig. 3에 나타난 것처럼 급진적 혁신을 수행하지 않은 미국 매출액 3위 기업의 경우 발명자간 연구 활동이 독립적으로 일어나고 있음을 확인 할 수 있다. 반면 급진적 혁신을 수행한 매출액 6위 기업의 경우 Fig. 4에 나타난 것처럼 발명자간 네트워크 구조가 밀집되어 있고, 노드 간 연결되어 있음을 시각적으로 확인할 수 있다.

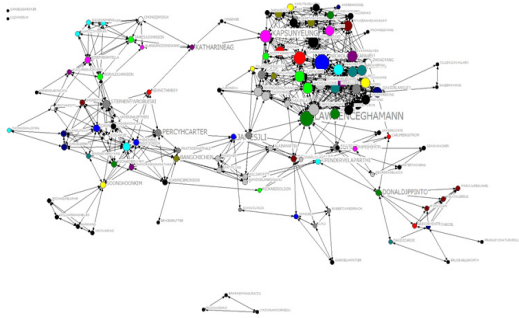


Fig. 4. The Network between inventors in radical innovation firm(6th ranking)

두 기업 이외에도 급진적 혁신을 수행한 기업과 수행하지 않은 기업 간의 발명자간 협력 형태의 차이는 시각적으로 다름을 확인할 수 있었다.

Fig. 5에 나타난 것처럼 왼쪽 부분은 급진적 혁신을 수행하지 않은 기업 내 발명자간 네트워크 형태이며, 오

른쪽(빨간색 박스)의 네트워크는 급진적 혁신을 수행한 기업의 발명자 네트워크 형태이다. 급진적 혁신을 수행한 기업이 더 혁신 활동을 수행하는 기업이라고 말할 수는 없지만, 급진적 혁신 활동을 수행하고 있는 기업은 발명자간 협업 활동이 더 활발히 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

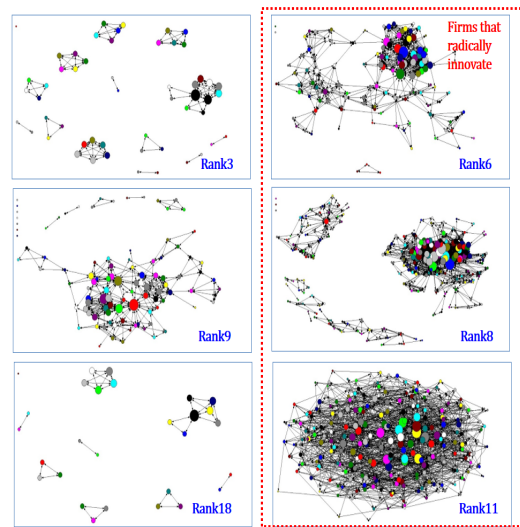


Fig. 5. The form of inter-inventor network of enterprises (Node = inventor)

비록 급진적 혁신을 수행한다고 하여 더 나은 성과를 창출하는 기업이라고 말할 수는 없다. 하지만, 특허출원 이후 10년 ~ 20년의 시간이 흐른 뒤에 신약이 개발될 수 있다는 제약 산업의 특성을 고려했을 때, 급진적 혁신을 수행하고 있는 기업들의 잠재 가치는 더 높을 수 있다고 생각한다.

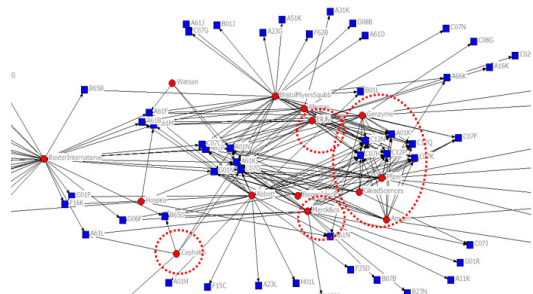


Fig. 6. The patent applications of companies that have carried out radical innovations

급진적 혁신을 수행하는 기업은 주로 어느 분야의 특허를 출원하는지 2-mode 네트워크 형태로 분석하였다. Fig. 6에 나타난 것처럼, 빨간색 노드는 급진적 혁신을 수행하는 기업이며, 파란색 노드는 특허를 출원한 산업분류를 나타낸다. 주로 급진적 혁신을 수행하는 기업은 IPC 산업분류 기준으로 분류코드 C(화학, 야금)에 해당하는 특허를 출원함을 확인 할 수 있었다.

Table 4. IPC Classifications

IPC code	Description
B07B	Separating solids from by sieving, screening, or sifting or by using gas currents; other by dry methods applicable to bulk material
B27N	Manufacture of specific wooden articles
C01D	Compounds of alkali metals
C07B	General methods of organic chemistry
C07F	Acyclic, carbocyclic, or heterocyclic compounds containing elements other than carbon, hydrogen, halogen, oxygen, nitrogen, sulfur.
C07J	Steroids
C08F	Macromolecular compounds obtained by reactions only involving carbon-to-carbon unsaturated bonds
C08H	Derivatives of natural macromolecular compounds

또한, Table 5에서 급진적 혁신을 수행하지 않은 기업의 경우 주로 IPC 산업분류 기준으로 A(생활 필수품), B(처리, 조작)에 해당하는 분야가 많았으며, C(화학, 야금)분야의 특허를 다수 출원하는 급진적 혁신 수행 기업과는 확연한 차이를 발견 할 수 있었다.

Table 5. IPC Classifications

IPC code	Description
A23	Foods or foodstuffs: their treatment, not covered by other classes
A45	Hand or travelling articles
A61	Medical or veterinary science: hygiene
A63	Sports; game; amusements
B01	Physical or chemical processes or apparatus in general
B04	Centrifugal apparatus or machines for carrying-out physical or chemical processes
B29	Working of plastics; working of substances in a plastic state in general
C02	Treatment of water

3.3 통계 분석

네트워크 분석을 통하여 도출한 노드별 중심성 지표를

통하여 노드가 네트워크 내에서 어느 정도의 영향력을 갖고 있는지 알아보고자 하였다. 즉, 급진적 혁신을 수행한 기업과 그렇지 않은 기업 간 중심성 지표가 통계적으로 차이가 있는지 분석하였다.

기업의 연구개발 투자비용이 혁신 정도에 영향을 미칠 수 있다고 판단하여, 기업의 연구개발 투자비용과 매출액 규모가 유사한 8위 기업과 9위 기업의 중심성 분석(Centrality Analysis)을 실시하였다.

중심성 분석에는 연결 중심성(Degree Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality)이 있으며 각의 산출법과 의미하는 법은 다음과 같다. 연결 중심성은 노드와 연결되어 있는 전체 노드 수의 합을 구할 때 사용하며[16], 그래프 내의 연결중심성의 비중을 구하기 위하여 Eq. (1)을 사용하여 산출하였다. 연결 중심성 지표를 통해 개발자 간의 협력 정도를 파악 할 수 있다.

$$C_d = \frac{\sum_{i=1}^g [C_D(n^*) - C_D(i)]}{[(N-1)(N-2)]} \quad (1)$$

Where, $C_D(n^*)$ denotes maximum value in the network, N denotes the total number of nodes

매개중심성은 네트워크 내에 한 노드가 다른 노드 사이에 위치하는 연결정도를 측정하는 것으로 매개자나 중계자의 역할을 하는 노드를 찾기 위해 활용된다[16]. 즉, 매개 중심성을 통하여 매개자나 중계자의 역할을 하는 개발자가 있는지 파악하는데 활용 될 수 있다. 매개 중심성의 산출 식은 Eq. (2)와 같다.

$$C_b(i) = \sum_{i \neq j \neq k, j < k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} \quad (2)$$

Where, j and k denote nodes in the network, $g_{j,k}$ denotes the number of shortest paths from j to k, and $g_{j,k}(i)$ is the number of shortest paths from j to k that i lies on

근접중심성은 Eq. (3)과 같이 노드 간 최단거리의 합을 통해 전체 네트워크에서 가장 중심이 되는 노드를 찾는 방법이며, 발명자 내 핵심 발명자가 존재하는지 파악하는데 활용 될 수 있다.

$$C_c(i) = \left[\frac{\sum_{j=1}^N d(i, j)}{N-1} \right]^{-1} \quad (3)$$

Where, d denotes distance, i and j denotes nodes in network, N denotes the total number of nodes

Table 6에서와 같이 분석에 활용된 표본(Sample)은 30보다 크지만, 표본의 수가 적어 정규성 가정을 따르지 않았다. 따라서 t-test에 상응하는 비모수적 분석법인 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon Signed Rank Test)을 실시하였다.

Table 6. Data Statistics

Variables		n	Mean	SD	Min	Max
Radical Firm	Degree Centrality	246	14.05	16.64	0	74
	Betweenness Centrality	246	66.16	258.57	0	2527
	Closeness Centrality	246	35.210	15.772	23.118	60.516
Non-Radical Firm	Degree Centrality	102	5.82	4.60	0	23
	Betweenness Centrality	102	68.61	136	0	960
	Closeness Centrality	102	3.940	3.148	2.311	10.404

가설의 설정은 다음과 같이 하였다. 첫 번째 귀무가설 (H_0)은 ‘급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업 간의 연결중심성이 같다’이며, 대립가설(H_1)은 ‘급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업 간의 연결중심성이 다르다’이다.

두 번째 귀무가설(H_0)은 ‘급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업 간의 매개 중심성이 같다’이며, 대립가설(H_1)은 ‘급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업 간의 매개 중심성이 다르다’이다.

세 번째 귀무가설(H_0)은 ‘급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업 간의 근접 중심성이 같다’이며, 대립가설(H_1)은 ‘급진적 혁신을 수행하는 기업과 그렇지 않은 기업 간의 근접 중심성이 다르다’이다.

Table 7. The results of Wilcoxon signed-rank test

Hypothesis		sign	obs	sum ranks	z	p
1	Degree Centrality is same between radical firm and non-radical firm	positive	76	4,603.5	6.606	0.000**
		negative	24	646.6		
		zero	2	3		
2	Betweenness Centrality is same between radical firm and non-radical firm	positive	48	2,845	0.840	0.401
		negative	43	2,342		
		zero	11	66		
3	Closeness Centrality is same between radical firm and non-radical firm	positive	102	5,253	8.768	0.000**
		negative	0	0		
		zero	0	0		

* p < 0.05, ** p < 0.01

분석결과 Table 7에 나타난 것처럼, 첫 번째 가설의 경우 z가 6.606, p value가 0.000이 나왔으며, 급진적 혁신을 수행한 기업과 그렇지 않은 기업 간의 연결 중심성(Degree Centrality)이 같다는 귀무가설을 1% 유의 수준에서 기각하였다. 따라서 급진적 혁신을 수행하는 기업과 수행하지 않는 기업 간의 연결 중심성에는 차이가 존재함을 알 수 있다.

두 번째 가설의 경우 z가 0.840이 나왔으며, 급진적 혁신을 수행한 기업과 그렇지 않은 기업 간의 매개 중심성(Betweenness Centrality)이 같다는 귀무가설을 5% 유의 수준에서 기각하지 못하였다. 따라서 급진적 혁신을 수행하는 기업과 수행하지 않는 기업 간의 매개 중심성에는 차이가 존재함을 확인 하지 못하였다.

세 번째 가설의 경우 z가 8.768이 나왔으며, 급진적 혁신을 수행한 기업과 그렇지 않은 기업 간의 근접 중심성(Closeness Centrality)이 같다는 귀무가설을 1% 유의 수준에서 기각하며, 급진적 혁신을 수행하는 기업과 수행하지 않는 기업 간의 근접 중심성에는 차이가 존재함을 알 수 있다. 네트워크 분석을 통해 도출한 노드의 중심성 지표를 통하여 급진적 혁신을 수행한 기업과 그렇지 않은 기업 간에 연구개발의 형태가 다를 수 있음을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

본 연구를 통하여 기업의 혁신 지표로 사용되어 왔던 특허 정보가 급진적 혁신을 위한 지표로 활용될 수 있는지, 특허 집약 산업인 제약 산업에 기반을 두어 알아보고자 하였다. 그 결과 급진적 혁신을 수행하고 있는 기업과 그렇지 않은 기업 간의 협력 정도에 차이가 있음을 네트워크 및 통계 분석을 통해 뚜렷이 확인 할 수 있었다.

기업 내에서도 급진적 혁신을 수행하는 기업이 연구자간 협력 활동을 활발히 하고 있음을 네트워크 분석을 통해 시각적으로 확인 할 수 있었으며, 네트워크 중심성 분석을 통하여 도출한 값이 통계적으로 유의한지 확인 할 수 있었다. 비록 기업이 급진적 혁신을 수행한다고 하여 높은 기업 성과(매출액)를 발생 한다고 할 수는 없다. 하지만, 특허 출원 이후 10년 ~ 20년의 시간이 흐른 뒤에 신약이 개발될 수 있다는 제약 산업의 특성을 고려했을 때, 급진적 혁신을 수행하고 있는 기업들의 잠재 가치는 더 높을 수 있다고 생각한다.

향후 연구로는 수집된 데이터를 보완하여 기업의 급진적 혁신에 영향을 미치는 요소가 무엇인지 패널 데이터 기반의 정량 분석이 가능할 것이다. 또한 Compustat 기업 재무 데이터를 통한 인과관계 분석을 통해 실제 급진적 혁신을 수행한 기업의 성과와 어떠한 관계가 있는지 분석이 가능할 것이다. 더 나아가 기업의 특허 인용 수, 출원 수, 발명자 수, 연구개발 비용 등에 따라 급진적 혁신에 영향을 미치는 요소는 무엇인지 정량적으로 확인할 수 있을 것이라 기대한다.

References

[1] M.Igami, "Patent Statistics as Innovation Indicators? Evidence from the Hard Disk Drive Industry", *The Japanese Economic Review*, Vol.70, Issue.13, 2019.
DOI : <https://doi.org/10.1111/jiere.12234>

[2] KHIDI. "Statistical Analysis Report", *KDI Journal of Health Industry Statistics*, 2010.

[3] A.B.Sorescu, R.K.Chandy, and J.C.Prabhu. "Sources and Financial Consequences of Radical Innovation: Insights from Pharmaceuticals" *Journal of Marketing*, Vol.67, pp.82-102. 2003.
DOI : <http://doi.org/10.1509/imkg.67.4.82.18687>

[4] R.Leifer. "Implementing Radical Innovation in Mature Firms: The Role of Hubs.", *The Academy of Management Executive*, Vol.15, No.3, pp.102-113. 2001

DOI : <https://doi.org/10.5465/ame.2001.5229646>

[5] K.B.Dahlin, D.M.Behrens, "When is an invention really radical? Defining and measuring technological radicalness", *Research Policy* 34, pp. 717-737, 2005.
DOI : <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.03.009>

[6] B.Leten, R.Belderbos, and B.V.Looy, "Technological Diversification, Coherence, and Performance of Frims." *Product Innovation Management*, Vol.24, pp. 567-579. 2007.
DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2007.00272.x>

[7] B.L.Basberg. "Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature." *Research Policy*, Vol.16, pp. 131-141. 1987.
DOI : [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(87\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0048-7333(87)90027-8)

[8] Schumpeter, J.A. "The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle", 1934.

[9] Rajesh K. Chandy, Gerard J. Tellis, "Organizing for Radical Product Innovation: The Overlooked Role of Willingness to Cannibalize", *Journal of Marketing Research* Vol 35, Issue 4, 1998.
DOI : <https://doi.org/10.1177/002224379803500406>

[10] Acs, J.Zoltan., B.D. Audretsch, and B.Carlsson. "Flexible technology and firm size." *Small Business Economics*, Vol. 3.4, pp. 307-319. 1991.

[11] M.Igami, J.Subrahmanyam, "Patent Statistics as an Innovation Indicator? Evidence from the Hard Disk Drive Industry", *The Japanese Economic Review*, Volume.70, Issue.3, pp.308-330, 2019.
DOI : <https://doi.org/10.1111/jiere.12234>

[12] W.S.Comanor, F.M.Scherer, "Patent Statistics as a Measure of Technical Change", *Journal of Political Economy*, Vol. 77, issue. 3, pp.392-98, 1969.
DOI : <http://dx.doi.org/10.1086/259522>

[13] H.Ernst. "Patent applications and subsequent changes of performance: evidence from time-series cross-section analysis on the firm level." *Research Policy*, Vol. 30, pp. 143-157. 2001.
DOI : [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00098-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00098-0)

[14] M.K.Fung, W.W.Chow. "Measuring the intensity of knowledge flow with patent statistics." *Economics Letters*, Vol.74, pp. 353-358. 2002.
DOI : [https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(01\)00558-4](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(01)00558-4)

[15] A.G.Z.Hu, A.B.Jaffe. "Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan." *International Journal of Industrial Organization*, Vol.21, pp.849-880, 2003.
DOI : [https://doi.org/10.1016/S0167-7187\(03\)00035-3](https://doi.org/10.1016/S0167-7187(03)00035-3)

[16] J.Kho, K.Cho, Y, "A Study on Recent Research Trend in Management of Technology Using Keywords Network Analysis", *Journal of Intelligent Information System*, Vol.19, No.2, pp.101-123, 2013.
DOI : <http://dx.doi.org/10.13088/jiis.2013.19.2.101>

전 수 연(Suyeon Jeon)

[정회원]



- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술
품질원 연구원

〈관심분야〉

기술전략 및 정책