
국내 제조업 기업의 기술혁신 요인 및
기술파급효과 분석: 가산자료 모형을 이용하여
(Determinants of Technological Innovation and Spillover
Effects: Using Count Data Model)

장 정 인* · 유 승 훈** · 곽 승 준***

< 목 차 >

- I. 서 론
- II. 선행연구
- III. 연구에 사용된 자료 및 변수
- IV. 분석 모형
- V. 실증분석 결과
- VI. 결 론

Summary : This study investigates the determinants of output of a manufacturing firm's innovative activity (the number of patent applications) and spillover effects using a count data model. This paper attempted a negative binomial distribution in order to take into account unobserved heterogeneity. The results of our study suggested that Firm size, R&D intensity, technical network activity, and online business performance have significantly positive effects in the Korean manufacturing industry. Moreover, there are significantly positive spillover effects in the same industry sector.

* 고려대학교 BK21 교육연구단 연구전임강사(e-mail: jeongin@korea.ac.kr)

** 호서대학교 경상학부 부교수(e-mail: shyoo@office.hoseo.ac.kr)

*** 고려대학교 경제학과 교수(e-mail: sjkwak@korea.ac.kr)

Keywords : Patent, Negative Binomial Model, Spillover Effects, Technological Innovation.

I. 서론

지난 40여 년간 한국의 산업구조는 노동집약적 산업에서 기술집약적 산업으로 급속히 변화해왔다. 산업구조의 변화와 사회경제적 환경의 변화로 인해, 기술혁신정책은 시기별 정책 수정을 필요로 하게 되었다. 특히, 1990년대 이후 정부의 특허법 강화로 인해 국내 특허출원 및 등록건수가 급증하게 되어 국내 기술정책의 대 변혁기를 맞게 되었다.

이러한 상황에서, 특정 산업부분의 기술 혁신활동에 초점을 둔 실증분석 연구는 정책입안자에게 매우 유용한 정보를 제공할 수 있다. 따라서 본 연구는 가산자료 모형(count data model)을 이용하여 국내 제조업 기업의 기술혁신 활동(특허 출원수)의 결정요인을 분석해 보고자 한다. 이를 위해 과학기술정책연구원에서 조사한 2002년도 한국 기술혁신조사 자료를 사용하고자 한다. 또한, 본 연구에서는 기술혁신의 세 가지 범주인 기술적 신제품 혁신(technologically new product innovation), 제품의 기술적 개선(technologically improving product-innovation), 기술적 공정혁신(technological process-innovation) 중에서 신제품 혁신에 초점을 두어 분석하고자 한다. 이때, 기업의 특허 수는 지식(knowledge)이나 기술 혁신의 대리변수(proxy variable) 역할을 한다. 외생적 성장 이론에 의하면, 인적자본의 축적 또는 지식의 축적이 성장률을 결정한다(Romer, 1990). 지식의 대표적인 대리변수로는 R&D 투자액과 특허자료가 있다. 특허자료는 기술변화를 분석하는데 유용한 경제변수로 사용되고 있다(Griliches, 1998).¹⁾

본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 주제에 대해 분석해 보고자 한다. 첫째, 기업의 특허권 수는 기업의 특성변수와 어떤 관련성이 있는가? 즉, 기업의 기술혁신 요

1) 한편, 특허자료는 기술혁신활동자체를 모두 포함하지 못할 수 있고, 특허로 등록된 혁신기술이 실제로 사용되지 않을 가능성이 있다는 면에서 한계점도 지닌다. 이 같은 점들을 보완하기 위해서는 기업의 기술혁신 활동 횟수, 신제품 출시 횟수 등의 변수들을 사용할 수 있다.

인들을 분석해 보기 위해 기업규모, 자본집약도, R&D투자 집중도, 수출액, 기업의 조업연수, 기업의 네트워크 활동여부, 온라인 활동여부 등의 변수들과 특허출원수와의 관계를 분석한다. 둘째, 산업 내에서 특허로 인한 기술적 파급효과가 존재하는가? 존재한다면 어떤 종류의 파급효과인가? 기업의 특허출원은 혁신기술의 독점적이고 배타적인 이용권을 부여받는 대신 해당 혁신기술의 내용이 공개되는 결과를 낳는다. 즉, 특허제도는 지식에 배제성을 부여하면서도 지식의 확산을 유도하는 제도이다. 본 연구에서는 후자인 지식의 파급효과(spillover)에 초점을 맞추어 특허로 인한 지식 확산이 기업의 특허활동을 촉진 또는 위축시키는지 여부를 살펴보고자 한다.

한편, 기업의 특허출원 자료는 0 이상의 값을 가지며, 자료의 총합이 비음(-)인 가산자료(non-negative integers, count data)이다. 이러한 자료를 분석하기 위해서는 일반적인 회귀모형 보다는 가산자료 모형을 사용할 필요가 있다. 가장 일반적인 가산자료 모형은 포아송 모형(Poisson model)이다. 전통적인 포아송 분포는 가산자료의 분산이 평균을 초과하는 과산포(over-dispersion)문제를 반영하지 못한다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 과산포의 원인이 되는 관측되지 않는 이분산성을 고려하기 위해 음이항 분포(negative binomial distribution)를 적용하고자 한다.²⁾

이후 이어질 본 연구의 내용은 다음과 같다. 다음 절에서는 특허자료를 이용한 국내외 선행연구를 조사하여 정리한다. 제3절에서는 분석에 사용된 특허자료와 기업특성 변수들에 대한 설명을 다루었으며, 추정모형으로 사용된 다양한 가산자료 모형의 소개는 제4절에 제시하였다. 5절에서는 모형의 추정결과를 제시하였으며, 마지막 절은 결론으로 할애하였다.

II. 선행연구

본 절은 기업의 기술혁신활동에 대한 결정요인을 분석한 문헌들과 특허로 인한 지식 파급효과에 대한 실증적 문헌들을 간략히 정리하고자 한다.

R&D 지출액을 기술혁신활동 변수로 사용한 연구들은 다음과 같다. 이병기(1996)

2) 기업의 R&D 지출자료에서 나타난 영과잉 문제를 준모수적 모형으로 추정한 사례로는 Yoo and Moon (2006)이 있다.

는 제조업 중 1990~95년 기간에 일관성 있게 R&D 투자가 이루어진 204개 상장기업을 대상으로 기업의 R&D 투자 결정요인을 분석하였는데, 기업규모가 커짐에 따라 R&D 투자는 증가하나 그 증가율은 둔화되는 것으로 나타났다. 성태경(2003)은 제조업에 속한 상장사 337개 기업에 대한 1999년 자료를 사용하여 기업규모와 기술혁신활동(R&D 지출액)의 관계를 실증적으로 분석하였는데, 기업규모는 R&D 투자에 양의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 유승훈·정군오(2003)는 매출액 상위권에 속하는 KOSDAQ 벤처기업을 대상으로 하여 기업규모와 R&D 투자의 관계를 분석한 결과, 매출액과 종업원 수와 같은 기업규모 변수는 그 값이 클수록 R&D 투자의 크기도 늘어나는 것으로 나타났다.

특허권 자료를 이용하여 기업의 기술혁신에 대해 분석한 연구 사례는 매우 다양하다. Galende and de la Fuente(2003)는 기업의 내부적 기술혁신 요인을 유형적 요인(기업규모, 부채, R&D 투자액)과 무형적 요인(인적자원, 상업적 자원, 조직적 자원), 그리고 기업전략(다각화전략, 내부화전략)으로 구분하고 있다. 다수의 연구들이 특허권이 기업의 유형적 요인인 R&D 투자액의 함수이며, 두 변수 간에 유의하게 양의 상관관계가 존재함을 보이고 있다(Pakes and Griliches, 1984; Hausman et al., 1984, 1986; Crepon and Duguet, 1997; Hall and Ziedonis, 2001; Sakakibara and Branstetter, 2001). 한편, 국내 연구사례로는 다양한 연구가 이루어지지 않은 실정이다. 김태기·장선미(2004)는 1984년에서 1999년까지 국내 140개 제조업기업의 특허자료를 대상으로 분석한 결과, R&D 투자액, 기업규모, 자본집약도 등의 유형적 요인들이 모두 기업 특허수에 양의 효과를 미치고 있음을 보였다. 강성진·서환주(2005)는 1990~2000년 동안의 국내 전산업 기업 특허 패널자료를 이용하여 분석하였는데, 기업의 특허수가 R&D 집약도, 자본집약도, 수출액비중, 인적자본 투자액 등의 기업 유형 및 무형 요인들과 유의한 양의 상관관계에 있음을 발견했다.

한편, 지식의 파급효과가 개별 기업 특허획득에 중요한 결정요인임을 다룬 연구들은 다음과 같다. Cincera(1997)는 지식의 파급효과를 경쟁적 파급효과(competitive spillover)와 확산적 파급효과(diffusion spillover)로 분류하였다. 경쟁적 파급효과는 산업 내 특허획득 기업이 많을수록 나머지 개별 기업들은 기술 선점 경쟁에서 실패했기 때문에, 더 이상 기술경쟁으로 인한 자기기업의 기대이윤이 상승하지 않을 것으로 보고, 기술혁신활동 및 특허활동을 줄이게 된다고 보는 견해이다. 다시 말해, 특

허의 경쟁적 파급효과는 음(-)의 파급효과를 가져다준다(Loury, 1979). 반면, 확산적 파급효과는 기업의 특허활동이 산업 내에서 지식의 확산효과 및 학습효과를 가져와 각 개별기업에게 기술혁신 및 특허활동을 촉진한다고 보는 견해이다. 즉, 특허의 확산적 파급효과는 산업 내 특허권이 기업들에게 지속적으로 양(+)의 파급효과를 가져다준다(Griliches, 1992). 강성진·서환주(2005)에 의하면, 미국기업, EU 기업, 국내기업의 특허출원이 국내 개별기업의 특허출원에 대해 경쟁적 파급효과를 보이는 것으로 나타났으나, 일본기업과 국내 공공기관 및 국내 대학의 특허출원은 확산적 파급효과를 보이는 것으로 나타났다.

Ⅲ. 연구에 사용된 자료 및 변수

1. 자료

본 연구에서는 과학기술정책연구원에서 발간한 '2002년도 한국의 기술혁신조사: 제조업' 자료를 사용하였다. 기술혁신조사는 기업을 측정단위로 한 경제 전반에 대한 기업혁신 활동 관련 조사 자료이다. 이 자료는 기술혁신활동의 포괄적인 투입요소(input)뿐만 아니라 기술혁신활동 과정(throughput)과 성과(output)요소를 연계시킬 수 있는 거의 유일한 통계자료라고 볼 수 있다. 특히 기업의 재무현황, 기업규모 등의 일반현황에 대한 자료와 기술협력 현황, 연구개발 활동 등과 같은 기업의 혁신활동과 관련된 세부 자료를 연계시킬 수 있다는 장점이 있다. 기술혁신조사는 상대적으로 선행 혁신지표로서 많은 잠재력을 가지고 있으나 마찬가지로 한계도 가지고 있다. 따라서 지속적인 개선논의를 통해 변화발전하고 있다.

기술혁신조사(Korean Innovation Survey)는 OECD의 Oslo Manual의 정의에 따라 기술혁신 실적에 대해 설문조사를 실시하였다.³⁾ 기술혁신을 '기술적 신제품 혁신', '제품의 기술적 개선', 그리고 '기술적 공정혁신'으로 분류하여 각 유형별로 기업의 혁신활동을 조사하고 있다. 기술적 신제품 혁신은 기술적 특성이나 용도가 기존

3) OECD가 1992년 기술혁신조사를 위한 국제 기준 지침서인 Oslo Manual을 발간한 후 OECD와 EU 회원국은 2차에 걸친 기술혁신조사(Community Innovation Survey)를 실시했으며 현재 3차 조사인 CIS-3를 시행하고 있다.

제품과 확연히 다른 제품이나 서비스를 상업화에 성공하여 회사의 매출에 영향을 준 경우를 의미한다. 기존제품의 기술적 개선은 기존 제품이나 서비스의 기술적 성능이 확연히 달라진 경우를 의미한다. 예를 들어 고성능 부품이나 원료를 사용하거나 하부시스템의 부분적 개선이 이루어진 경우를 의미한다. 기술적 공정혁신은 생산성 및 품질 향상이나 생산비용 절감을 위해 기술적으로 개선된 생산 공정이나 제품납품방식을 수용한 경우를 의미한다. 본 연구에서는 제조업 기업의 기술적 신제품 혁신에 초점을 두어 기업의 혁신활동 실적 및 결과물인 특허출원자료를 사용한다. 기술혁신 조사의 모집단은 2000년 이전에 설립된 전국 10인 이상으로 구성된 제조업체를 대상으로 했으며, 총 3,775개 기업의 자료가 수록되어있다.⁴⁾ 본 연구에서는 이들 중 중요한 질문에 응답을 하지 않는 무응답 자료들을 분석대상에서 제외시키고 1,296개의 가용자료만을 사용하였다. <표 1>에서 알 수 있듯이, 전체 분석 대상 기업의 74%가 특허 출원수가 0인 것으로 나타났다. 즉, 특허출원을 하지 않은 기업이 다수를 차지하고 있어 0의 응답 분포가 다수이므로 특허 출원수의 분포나 결정요인을 모형화 및 분석할 때에는 이를 충분히 반영할 수 있는 모형을 적용할 필요가 있다.

<표 1> 특허출원수에 대한 기업 응답분포

특허 출원수		기업수	비중(%)
비특허 기업	0	962	74.2%
특허 기업	1	101	7.8%
	2	92	7.1%
	3	39	3.0%
	4	27	2.1%
	5	18	1.4%
	6	8	0.6%
	7	6	0.5%
	8	5	0.4%
	9	3	0.2%
	10 이상	35	2.7%
계		1,296	100%

4) 조사대상 시점은 2000년 1월부터 2001년 12월까지 만 2년이며 자료의 수집 시점은 2002년이다.

2. 변수

본 연구에서 사용된 변수들, 즉 기업 특허출원의 결정요인으로 고려하고자 하는 변수들은 총 10개이며 각 변수들에 대한 정의는 <표 2>에 요약하였다. 이들 변수들은 기술혁신조사 자료의 면밀한 검토과정과 기업의 기술혁신활동과 관련된 각종 문헌조사를 통하여 선정되었다. 각 변수를 고려하게 된 배경과 각 변수들의 특징에 대해 설명하면 다음과 같다.

먼저, 기업규모에 대한 변수가 포함된다. Schumpeter(1942)는 일반적으로 대규모 기업이 생산, 마케팅, 금융 능력, R&D 투자활동 면에서 신기술 개발에 이점을 가지고 있다고 보았다. 한편, 이에 대해서는 서로 다른 의견들이 존재해 왔다. Scherer and Ross(1990)는 소규모 기업이 기술혁신활동에 필요한 고용인원을 조정하는데 있어 더욱 효율적이고, R&D 사업을 수행하는데 있어서도 대기업에 비해 훨씬 덜 복잡한 구조를 가진다고 보았다. 한편, 기업 규모 변수로는 기업 고용자수, 자산규모, 매출액 등이 주로 사용되고 있다. 본 연구에서는 기업 규모와 기업 특허수와의 관계를 분석해 보기 위해 기업규모의 대리변수로 가장 많이 사용되는 기업의 매출액 자료를 사용한다.

둘째, 기업의 유형적 자산의 하나인 자본집약도를 들 수 있다. Hall and Ziedonis(2001)는 미국 반도체 산업을 대상으로 한 특허분석을 통해 자본집약적인 기업일수록 특허수가 많음을 밝혔다. 본 연구에서는 자본집약도 변수로 기업의 자본액을 고용자수로 나눈 1인당 자본액을 사용한다.

세 번째로 고려한 변수는 기업의 R&D 투자 집중도이다. R&D 투자 활동이 기업의 기술혁신 의지와 기술혁신 능력을 반영하는 하나의 지표가 될 수 있기 때문에, 이 변수는 기술혁신과 관련된 실증연구에 광범위하게 사용되어왔다. Audretsch and Vivarelli(1994)는 기업의 특허수가 R&D 투자수준과 외부적 기술협력활동에 의존함을 보였다. 본 연구에서는 기업의 규모효과를 제거하기 위해 연간 R&D 투자액을 해당 기업의 연간 매출액으로 나누어 주어 표준화한 변수인 R&D 투자 집중도를 사용한다.

넷째, 본 연구의 주요 분석주제인 특허의 과급효과를 살펴보기 위해 해당 기업이 속한 동종 산업 기업들의 평균 특허수를 사용한다. 이때, 순수한 동종 산업 내 기술

파급효과를 알아보기 위해, 평균 특허수를 구하는 과정에서 해당 기업 자신의 특허수는 제외한다.

다섯째, 기업의 전략요인을 분석하기 위해 매출액 대비 수출액 변수를 포함한다. 내수시장보다 훨씬 경쟁이 치열한 해외시장에 수출하는 제품을 생산하는 기업이라면 기술혁신활동에 보다 적극적일 것이므로 수출기업은 기술혁신 및 특허획득에 긍정적 영향을 미칠 것으로 볼 수 있다(유승훈·박두호, 2005).

여섯째, 기업의 조업 연수를 고려한다. Colombo and Mosconi (1995)는 기업의 연령이 높을수록 더 많은 축적된 경험을 가지고 있는데, 이것이 학습효과를 통해 기업의 기술 습득에 긍정적인 영향을 유발함을 검증하였다.

일곱째, 기업의 온라인 활동 여부를 포함한다. 온라인 시스템을 기업 운영 도구로 사용하게 될 경우, 기업의 네트워크 참여자들 사이의 지식확산효과가 더 클 것으로 판단되기 때문이다. 본 연구에서는 이메일, 온라인을 통한 정보수집활동, 기업 웹사이트 구축, 온라인상의 판매구현(B2C), 온라인을 통한 기업 간 거래(B2B), 오프라인과 온라인을 결합한 기업 활동(e-enterprise) 등의 수행여부를 나타내는 더미변수를 온라인 활동변수로 사용한다.

여덟째, 기업의 기술 협력 및 네트워크 활동을 고려한다. Love and Roper(1997)는 미국 제조업기업을 대상으로 한 연구에서, 기업의 네트워크 집중도는 기술혁신활동에 긍정적인 영향을 미침을 보였다. 본 연구에서는 네트워크 활동 변수로 기업의 타기업 및 조직과의 협력활동 여부를 나타내는 더미변수를 사용하였다.

아홉째, 특허출원 기업들이 수도권에 집중되어 있는지 여부를 검토하기 위해 응답기업이 수도권에 소재하는지 여부를 의미하는 더미변수를 고려한다. 여기서 수도권은 서울, 인천, 경기지역을 의미한다. 수도권에 각종 인프라 및 각종 우수 기술 인력이 집중되어 있기 때문에 수도권에 위치한 기업이 지방에 위치한 기업보다 기술혁신활동 수행이 용이할 것으로 판단된다.

마지막으로, 벤처기업여부가 기업 특허출원에 영향을 미치는지를 살펴보기 위해 VENTURE라는 더미변수를 상정한다.⁵⁾

5) 한 익명의 심사위원은 기업의 특허활동은 업종별 특성에 따라 다른 양상을 보일 수 있음을 지적하였다.

<표 2> 분석에 사용된 변수의 정의 및 기초통계량

변 수	내 용	평 균	표준편차
Y	특허출원건수 2000년-2001년 사이의 기간동안 기업의 신기술 제품에 대한 특허출원건수	1.52	9.57
ln(SIZE)	기업규모 ln(1999년부터 2002년 사이의 연간 평균 매출액) (단위 : 100억 원)	0.82	1.75
ln(K)	자본집약도 ln(자본/고용자수)	2.97	1.27
ln(R&D)	R&D 투자 집중도 ln(R&D 투자/ 연간 매출액)	0.82	1.75
ln(SPILL)	파급효과 ln(자기기업의 특허출원수를 제외하고 계산한 동종 산업의 평균 특허출원수.)	-0.48	1.04
EXPORT	수출 집중 전략 (연간 수출액/ 연간 매출액)	0.27	0.58
ln(AGE)	기업의 조업연수 ln(2002 - 조업 시작 년도)	2.42	0.80
ONLINE	온라인 비즈니스 활동 경험 여부 (이메일, 온라인을 통한 정보수집활동, 기업 웹사이트 구축, 온 라인상의 판매구현(B2C), 온라인을 통한 기업 간 거래(B2B), 오프라인과 온라인을 결합하여 원활하게 기업 활동을 추진 (e-enterprise) 등) (0=아니오, 1=예)	0.93	0.25
NETWORK	타 기업이나 기관과 협동으로 기술혁신활동 수행 여부 (0=아니오, 1=예)	0.38	0.48
METRO	서울 및 수도권 지역 소재 기업여부 (0=아니오, 1=예)	0.55	0.50
VENTURE	벤처기업 지정 여부 (0=아니오, 1=예)	0.34	0.47

IV. 분석 모형

1. 지식생산함수와 포아송 모형

특히 자료처럼 이산적인(discrete) 특징을 지닌 자료를 다루는 가장 기본적인 방법은 포아송 회귀 모형을 적용하는 것이다. 개별 기업의 특허 출원수를 y_i 라고 할 때, 포아송 모형은 다음과 같이 표현된다.

$$Pr(y_i) = \frac{\exp(-\lambda_i) \lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad (1)$$

$$E[y_i | X_i] = V[y_i | X_i] = \lambda_i$$

이때, λ_i 는 포아송 분포의 조건부 평균과 분산을 의미하며, 이 모수는 설명변수 X_i 에 의해 결정된다.

본 연구에서 사용될 지식생산함수는 기존 문헌에서 가장 널리 사용되고 있는 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 함수 형태를 상정하였으며, 다음 식 (2)와 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln \lambda_i &= X_i' \beta \\ \ln \lambda_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln(SIZE) + \beta_2 \ln(K/L) + \beta_3 \ln(RD) \\ &\quad + \beta_4 EXPORT + \beta_5 \ln(SPILL) + \beta_6 \ln(AGE) \\ &\quad + \beta_7 ONLINE + \beta_8 NETWORK + \beta_9 METRO \\ &\quad + \beta_{10} VENTURE \end{aligned} \quad (2)$$

포아송 분포는 평균과 분산이 같다는 특성 때문에 대부분의 실증연구들에서 분산이 평균을 초과하는 과산포 문제가 발생한다. 이러한 과산포 문제의 주원인은 관측되지 않는 이분산성이다(Cameron and Trivedi, 1998). 다음 소절부터는 이러한 이분산성을 고려한 음이항 모형에 대해 간략히 소개한다.

2. 음이항 모형

음이항 모형은 관측되지 않는 이분산성을 의미하는 모수 v_i (*i.i.d.* 이고 설명변수들과 상관관계가 없다고 가정함)를 포아송 파라메타 λ_i 에 포함시키고 있다. 음이항 모형은 다음 식 (3)과 같이 요약된다.

$$f(y_i | \lambda_i^*) = \frac{\exp(-\lambda_i^*) (\lambda_i^*)^{y_i}}{y_i!} \quad (3)$$

$$\lambda_i^* = \exp(X_i' \beta + \epsilon_i) = \lambda_i v_i \quad \text{단, } v_i = \exp(\epsilon_i)$$

v_i 가 감마 분포(gamma distribution)를 갖는다고 할 때, 종속변수 y_i 의 한계 분포(marginal distribution)는 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} h(y_i | \lambda_i) &= \int f(y_i | \lambda_i, v_i) g(v_i) dv_i \\ &= \frac{\Gamma(\omega_i + y_i)}{\Gamma(\omega_i) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{\omega_i}{\omega_i + \lambda_i} \right)^{\omega_i} \left(\frac{\lambda_i}{\omega_i + \lambda_i} \right)^{y_i} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{단, } E[y_i] = \lambda_i, \quad V[y_i] = \lambda_i + \frac{1}{\omega_i} \lambda_i^2$$

두 가지 유형의 음이항 모형은 $\omega_i = a^{-1}(\lambda_i)^k$ (단, $a > 0$ 이고 k 는 상수)라는 지수 파라메타(index parameter)로 구성된다. 따라서 음이항 분포의 평균과 분산의 관계는 $V[y_i] = E[y_i] + a(E[y_i])^{2-k}$ 이 된다. 이때, $k=1$ 로 놓을 경우($\omega_i = a^{-1}\lambda_i$)를 제1유형 음이항 모형(NB1)이라고 하며, 식 (4)는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$h(y_i | \lambda_i, a) = \frac{\Gamma(a^{-1}\lambda_i + y_i)}{\Gamma(a^{-1}\lambda_i) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{a^{-1}\lambda_i}{a^{-1}\lambda_i + \lambda_i} \right)^{a^{-1}\lambda_i} \left(\frac{\lambda_i}{a^{-1}\lambda_i + \lambda_i} \right)^{y_i} \quad (5)$$

$$\text{단, } E[y_i] = \lambda_i, \quad V[y_i] = \lambda_i + a\lambda_i = \lambda_i(1+a)$$

또한, 제2유형 음이항 모형(NB2)은 $k=0$ (즉, $\omega_i = \alpha^{-1}$)으로 설정한 모형이며, 아래 식 (6)과 같이 표현된다.

$$h(y_i | \lambda_i, \alpha) = \frac{\Gamma(\alpha^{-1} + y_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})\Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\lambda_i}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{y_i} \quad (6)$$

$$\text{단, } E[y_i] = \lambda_i, \quad V[y_i] = \lambda_i(1 + \alpha\lambda_i)$$

$\alpha > 0$ 이고, $\lambda_i > 0$ 이므로, 음이항 분포는 항상 분산이 평균을 초과한다. 즉, 음이항 분포는 가산 자료의 과산포 문제를 반영한다. 이때, α 는 본 모형에서 추정될 산포 파라메타(dispersion parameter)이다.

3. 과산포 검정

앞서 살펴본 바와 같이, 음이항 모형은 $\alpha = 0$ 일 때(평균과 분산이 같아 과산포가 나타나지 않음) 포아송 모형으로 축약된다. 따라서 귀무가설 $H_0: \alpha = 0$ 의 우도비 검정(likelihood ratio test, LR)은 과산포 검정을 의미한다. 우도비 검정식은 다음과 같다.

$$LR = -2[L_1 - L_2] = -2 \sum_{i=1}^n [\log f_1(y_i | X_i) - \log f_2(y_i | X_i)] \quad (9)$$

이때, L_1 은 제약하의 우도함수 값이고, L_2 는 비제약 우도함수 값을 의미한다. 예를 들어, 귀무가설이 $H_0: \alpha = 0$ 이라면, 포아송 함수의 우도함수 값은 L_1 이 되고, 음이항 우도함수 값이 L_2 가 된다. 이때, 귀무가설이 기각될 경우, 이 자료가 과산포를 보이고 있으므로 포아송 모형이 아닌 음이항 모형이 보다 적합함을 확인할 수 있다.

V. 실증분석 결과

본 연구에서 수행된 실증분석 결과는 <표 3>과 <표 4>에 요약하였다. 각 모형의 파라메타들은 최우추정법을 통해 추정하였으며, *wald*-통계치를 이용해 추정식의 통계적 유의성을 검사하였다.

먼저, 포아송 모형의 추정 결과, 분산-평균 비율이 57.8로 나타나 과산포 문제가 심각하게 존재함을 알 수 있었다. 이러한 과산포 문제를 해결하기 위해서 두 음이항 모형, NB1과 NB2모형을 적용하였다. 분석결과, NB1과 NB2모형 둘 다 VENTURE, SIZE, R&D 집중도, SPILL, METRO, NETWORK, 그리고 ONLINE 변수의 계수들이 모두 통계적으로 유의하게 양의 부호를 보였다.

순차적으로 변수들이 추가된 6개의 모형 추정결과에서, R&D 투자 집중도는 모두 유의하게 양의 부호를 갖는 것으로 나타났다. 기존 문헌에서는 R&D 투자가 특허출원을 촉진하기도 하지만, 역으로 기업의 특허출원이 R&D 투자활동을 견인한다는 의견도 있다. 이러한 상호 관계는 패널자료 분석을 통해 확인해볼 필요가 있다.

또한, 기술의 확산적 파급효과를 알아보기 위한 변수 SPILL은 음이항 모형 추정 결과에서 통계적으로 유의하게 양의 부호를 보였다. 따라서 이 같은 결과는 한국의 제조업 기업들에게는 특허제도가 경쟁적 기술파급효과보다는 확산적 파급효과가 더 중요한 영향을 미치고 있다고 해석될 수 있다. 한편, 기업의 수도권 지역 소재여부를 나타내는 METRO 변수도 양의 값을 보여, 수도권 지역 소재 여부가 기업의 특허출원에 긍정적인 효과를 미치는 것을 알 수 있다. 또한, 기업간의 기술 협력활동 여부를 나타내는 NETWORK와 온라인 기업활동 여부를 나타내는 ONLINE, 그리고 벤처기업 여부를 나타낸 VENTURE 변수의 추정계수는 모두 양의 부호를 가지는 것으로 보아, 이들 변수들이 모두 기업 특허출원에 긍정적인 영향을 미치고 있다고 확인할 수 있었다.

만약 과산포 파라메타 $\alpha = 0$ 이라면 음이항 모형은 포아송 모형으로 축약된다. 그런데 <표 3>과 <표 4>에 제시된 α 의 추정치는 모두 유의수준 1%와 5% 수준에서 통계적으로 유의하게 양의 값을 갖는 것으로 나타났다. 두 음이항 모형의 LR 검정값도 $\alpha = 0$ 이라는 귀무가설을 통계적으로 유의하게 기각하고 있다. 따라서 포아

송 모형에서 다루지 못했던 특허자료의 과산포 문제를 음이항 모형이 충분히 반영하고 있음을 알 수 있었다.

한편, 기업의 수출전략 변수인 EXPORT는 각 모형별 추정치가 유의하지 않았다. 즉, 제조업 기업의 수출위주 전략이 기업 특허출원과 뚜렷한 상관관계를 가지지는 않음을 알 수 있었다. 다만, 기업의 연령을 나타내는 AGE의 추정계수는 대부분의 추정 모형에서 음의 값을 보이고 있어, 신규기업일수록 2000년에서 2001년 사이 특허출원수가 더 많아짐을 알 수 있고, 이는 대부분이 신생기업인 벤처기업 계수의 추정결과와도 상응하는 결과라고 볼 수 있다.

<표 3> 음이항모형(NB1)의 추정결과

변수	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4	모형 5	모형 6
Constant	-2.141 (0.39)**	-2.050 (0.41)**	-2.572 (0.48)**	-2.623 (0.49)**	-2.745 (0.49)**	-3.155 (0.51)**
ln(SIZE)	0.245 (0.04)**	0.256 (0.04)**	0.252 (0.04)**	0.230 (0.04)**	0.232 (0.04)**	0.246 (0.04)**
ln(K)	0.021 (0.05)	0.014 (0.05)	0.015 (0.05)	0.015 (0.05)	0.018 (0.05)	0.012 (0.05)
ln(R&D)	0.251 (0.04)**	0.247 (0.04)**	0.244 (0.04)**	0.229 (0.04)**	0.224 (0.04)**	0.182 (0.04)**
EXPORT	0.003 (0.10)	0.002 (0.10)	-0.004 (0.10)	-0.011 (0.10)	-0.007 (0.10)	0.007 (0.07)
ln(SPILL)	0.130 (0.05)*	0.131 (0.05)*	0.126 (0.05)*	0.130 (0.05)*	0.117 (0.05)*	0.093 (0.06)
ln(AGE)	-	-0.069 (0.07)	-0.060 (0.07)	-0.089 (0.07)	-0.101 (0.07)	-0.026 (0.08)
ONLINE	-	-	0.566 (0.28)*	0.630 (0.28)*	0.631 (0.28)**	0.540 (0.28)
NETWORK	-	-	-	0.589 (0.11)**	0.597 (0.11)**	0.546 (0.11)**
METRO	-	-	-	-	0.207 (0.11)	0.137 (0.11)
VENTURE	-	-	-	-	-	0.676 (0.12)**
α	13.468 (1.50)**	13.467 (1.49)**	13.438 (1.49)**	13.070 (1.44)**	13.012 (1.44)**	12.863 (1.42)**
관측치 수	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296
로그 우도 값	-1505.1	-1504.6	-1502.3	-1488.0	-1486.3	-1470.3
Wald-통계	168.8	170.4	173.9	203.4	207.4	236.1
[p-값]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]
LR-검정	6085.1	6070.3	6027.0	5741.8	5677.8	5388.4
(H0 : $\alpha = 0$)						
[p-값]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]

주) 각 추정계수 옆의 괄호에 있는 값들은 표준오차를 나타내며, **과 *는 각각 유의수준 1%와 5%에서 유의함을 의미한다.

<표 4> 음이항모형(NB2)의 추정결과

변수	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4	모형 5	모형 6
Constant	-4.754 (0.52)**	-4.687 (0.53)**	-5.349 (0.62)**	-5.021 (0.63)**	-5.244 (0.63)**	-5.955 (0.61)**
ln(SIZE)	0.442 (0.05)**	0.512 (0.06)**	0.514 (0.06)**	0.437 (0.07)**	0.443 (0.06)**	0.448 (0.06)**
ln(K)	0.112 (0.06)	0.091 (0.06)	0.075 (0.06)	0.101 (0.06)	0.106 (0.06)	0.080 (0.06)
ln(R&D)	0.474 (0.06)**	0.470 (0.06)**	0.467 (0.06)**	0.411 (0.06)**	0.396 (0.06)**	0.333 (0.06)**
EXPORT	0.190 (0.23)	0.171 (0.23)	0.139 (0.22)	0.339 (0.24)	0.303 (0.24)	0.102 (0.21)
ln(SPILL)	0.264 (0.09)**	0.249 (0.09)**	0.244 (0.09)**	0.269 (0.09)**	0.217 (0.09)*	0.176 (0.09)*
ln(AGE)	-	-0.277 (0.12)*	-0.286 (0.12)*	-0.248 (0.12)*	-0.247 (0.12)*	-0.121 (0.11)
ONLINE	-	-	0.765 (0.36)*	0.649 (0.36)	0.543 (0.37)	0.559 (0.35)
NETWORK	-	-	-	0.705 (0.17)**	0.739 (0.17)**	0.791 (0.17)**
METRO	-	-	-	-	0.393 (0.17)*	0.277 (0.18)
VENTURE	-	-	-	-	-	1.037 (0.18)**
α	6.915 (0.52)**	6.843 (0.51)**	6.777 (0.51)**	6.507 (0.49)**	6.423 (0.49)**	5.961 (0.46)**
관측치 수	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296
로그 우도 값	-1474.8	-1472.2	-1470.1	-1461.5	-1459.0	-1442.2
Wald-통계	338.6	337.8	342.9	356.1	362.5	398.9
[p-값]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]
LR 검정	6145.6	6135.3	6091.2	5794.7	5732.3	5444.7
(H0 : $\alpha = 0$)						
[p-값]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]	[0.00]

주) 각 추정계수 옆의 괄호에 있는 값들은 표준오차를 나타내며, **과 *는 각각 유의수준 1%와 5%에서 유의함을 의미한다.

VI. 결론

본 연구는 기업의 특허자료를 이용하여 국내 제조업기업의 기술혁신 요인들을 분석하고 기술파급효과를 살펴보기 위해 다양한 가산자료 모형을 적용한 실증분석 연구이다. 기업의 특허출원수는 0이상의 이산적인 값만을 가지는 가산자료이므로 이러한 특성을 반영하고자 포아송 모형과 음이항모형(NB1, NB2)을 적용하였다. 본 연구에서 발견된 실증분석 결과 및 시사점들은 다음과 같이 요약된다.

첫째, 기업규모변수(SIZE)의 계수추정치는 각 추정모형에서 양의 부호를 나타내었다. 이 같은 결과는 기존의 연구결과들과는 기존의 국내 연구결과들과 일치한다. 다만, 규모변수를 고용자수 등의 여타 변수로 대체하여 좀 더 엄밀한 검토를 할 필요가 있으며, 역U자 가설의 검증도 필요하다고 판단된다. 둘째, R&D 투자 집중도는 기업의 특허출원수에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 기존 문헌들의 연구결과와 부합된다. 셋째, 신규기업일수록 특허출원수가 많은 것으로 나타났다. 이는 특허출원수 자료가 기업의 총 특허출원수가 아니라, 해당기간(2000년~2001년)동안의 출원수만을 포함하고 있다는 점에 일부 기인한다고 보여진다. 즉, 기업연령이 높은 기업이 총 특허수가 많더라도 최근 특허출원은 신규기업에서 더 활발히 진행되는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 이 같은 결과는 벤처기업 여부가 기업 특허출원에 긍정적인 영향을 미친다는 본 연구의 추정결과와도 부합한다. 넷째, 국내 제조업 기업 간에 발생하는 특허를 통한 기술의 파급효과는 경쟁적 효과보다 확산적 파급효과가 더 큰 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 제조업 기업들의 기술혁신활동이 산업 내에서 정보를 공개하고, 신기술에 대한 학습기회를 제공하는 역할을 함으로써 동종 산업의 기술혁신활동을 촉진시키고 있다고 해석할 수 있다. 또한, 일부 모형에서 수도권지역에 위치한 기업이 기타 지역에 위치한 기업보다 특허를 출원할 가능성이 더 높은 것으로 나타났다. 마지막으로, 기업 간 기술협력 및 네트워크 활동이나 온라인 활동 여부도 기업의 특허생산에 긍정적인 효과를 가져다주는 것으로 나타났다. 따라서 기업의 기술혁신을 촉진하기 위해서는 개별 기업들이 관련기업 간 공동개발 및 전략적 기술협력이 보다 활성화될 수 있는 여건을 마련하는 것이 필요하다.

이 같이 본 연구에서 도출된 분석 결과들은 현재 국내 제조업의 기술혁신요인들을 식별하고 보다 폭넓은 정책수단 개발을 필요로 하는 과학기술정책 결정자들뿐만

아니라 기술혁신활동을 수행하고 있는 해당 제조업 기업들에게도 유용한 시사점을 제시해 줄 수 있을 것이다.

본 연구의 분석 방법론적 기여점은 바로, 특허출원자료에 다양한 음이항 모형을 적용함으로써, 가산자료의 과산포 문제를 고려하여 기술혁신 요인변수들을 식별하고자 하였다는 점이다. 음이항 모형은 관측 불가능한 이분산성을 고려한 모형으로서, 교통사고 발생건수, 기술혁신 활동건수 등의 자료와 같은 0의 응답이 다수를 차지하는 가산자료 분석에 유연성 있게 활용될 수 있는 모형이다. 제조업의 기술혁신 활동과 관련하여 음이항 모형의 적용은 국내에서는 본 연구에서 거의 처음으로 시도되었다는 점에서 타 연구와의 차별성을 찾아 볼 수 있다. 본 연구의 또 다른 기여점은 특허의 파급효과 변수를 모형에 포함시켜, 제조업에서의 기술혁신이 확산적 파급효과를 가진다는 사실을 확인할 수 있었다는 점이다.

한편, 기업특성 및 기술혁신활동에 대한 지속적인 자료 축적 및 추정방법의 보완을 통해 향후 진일보된 분석들이 이어진다면 더욱 유익한 시사점들을 도출할 수 있을 것으로 기대한다. 특히 국내 산업간 또는 국가 간 비교를 대상으로 하는 패널 모형의 적용이나 반모수적 추정모형 등의 보다 신축적인 추정모형을 고려하는 것도 향후 시도해 볼만한 연구 주제가 될 수 있다.

참고문헌

- 강선진·서환주 (2005), “기업특허출원자료를 활용한 기술혁신요인 및 기술파급효과 분석”, 『경제학연구』, 제53권 제3호, pp. 121-151.
- 김태기·장선미 (2004), “기업의 연구개발투자가 특허에 미치는 영향 : 한국 제조업기업을 대상으로”, 『기술혁신연구』, 제12권 1호, pp. 1- 24.
- 성태경 (2003), “기업규모와 기술혁신활동의 연관성 : 우리나라 제조업에 대한 실증적 연구”, 『중소기업연구』, 제25권, 제2호, pp. 305-325.
- 유승훈·박두호 (2005), “기술혁신 횟수의 분포함수 추정: 혼합모형을 적용하여”, 『한국기술혁신학회지』, 제8권3호, pp.887-910.
- 유승훈·정군오 (2003), “코스닥 벤처기업의 R&D 투자에 관한 분석”, 『벤처경영연구』, 제6권, 제3호, pp. 3-26.

- 이병기(1996), 「한국기업의 연구개발투자 결정요인과 기술정책」, 연구보고서, 한국 경제연구원.
- 과학기술정책연구원 (2002), 「2002년도 한국의 기술혁신조사: 제조업」.
- Andretsch, D. and M. Vivarelli (1994), "Small firms and R&D spillovers: evidence from Italy", *CEPR Discussion Paper*, 927.
- Cameron, A.C. and P. K. Trivedi (1986), "Econometric models based on count data: comparisons and application of some estimators and tests", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 1, pp. 29-54.
- Cincera M. (1997), "Patents, R&D, and technological spillovers at the firm level: some evidence from econometric count models for panel data", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 12, pp. 265-280.
- Clombo, M. and R. Mosconi (1995), "Complementary and cumulative learning effects in the early diffusion of multiple technologies", *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 43, No.1, pp. 13-48.
- Crepon, B. and M. Duguet (1997), "Estimating the innovation function from patent numbers: GMM on count panel data", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 12, pp. 243-263.
- Feldman, M. (1994), "Knowledge Complementarity and innovation", *Small Business Economics*, Vol. 6, pp. 363-372.
- Galende, J. and J. M. de la Fuente (2003), "International factors determining a firm's innovative behavior", *Research Policy*, Vol. 32, pp. 715-736.
- Ginarte, J. C. and W. G. Park (1997), "Determinants of patents rights: a cross national study", *Research Policy*, Vol. 26, pp. 283-301.
- Greene, W. H. (2000), *Econometric Analysis*, 4th edition, Prentice Hall.
- Griliches, Z. (1992), "The research for R&D spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94, pp. 29-48.
- Griliches, Z. (1998) (ed.), *R&D, Patent and Productivity*, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press.
- Hall, B. H. and R. H. Ziedonis (2001), "The Patent paradox revisited: firm strategy and patenting in the U.S. semiconductor industry, 1979-1995",

- RAND Journal of Economics*, Vol. 32, No.1, pp.101-128.
- Hausman, J., B. H. Hall, and Z. Griliches (1984), "Econometric models for count data with an Application to the patents-R&D relationship", *Econometrica*, Vol. 52, No.4, pp.909-938.
- Hausman, J., B. H. Hall, and Z. Griliches (1986), "Patents and R&D: is there a lag?", *International Economic Review*, Vol. 27, pp.265-283.
- Loury, G. (1979), "Market structure and innovation", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 93, pp. 395-410.
- Love, J. and S. Roper (1999), "The determinants of innovation: R&D, technology transfer and networking effects", *Review of Industrial Organization*, Vol. 15, pp. 43-64.
- Pakes, A. and Z. Griliches (1984), "Patents and R&D at the firm level: a first look", in: Z. Griliches (ed.), *R&D, Patent and Productivity*, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press.
- Romer, P. (1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, pp. 71-102.
- Sakakibara, M. and L. Branstetter (2001), "Do stronger patents induce more innovation? Evidence from the 1988 Japanese patent law reforms", *RAND Journal of Economics*, Vol. 32, No.1, pp.77-100.
- Scherer, F. M. and D. Ross (1990), *Industrial Market Structure and Economic Performance*, Boston, Houghton-Mifflin.
- Shumpeter, J.A. (1942), *Capitalism, Socialism, and Democracy*, New York, Harper.
- Yip, K. C. H. and K. K. W. Yau (2005), "On modeling claim frequency data in general insurance with extra zeros", *Insurance: Mathematics and Economics*, Vol. 36, pp.153-163.
- Yoo, S. H. and Moon, H. S. (2006), "A semi-parametric modeling of firms' R&D expenditures with zero values", *Scientometrics*, Vol. 69, pp.57-67.

□ 논문 접수: 2006년 11월 9일/ 최종 수정본 접수: 12월 29일