

과학논문과 특허를 통한 과학기술 지식흐름의 특성분석

An Analysis of Patterns of Knowledge Flows of Science and Technology Using Scientific Papers and Patents

박 현 우* 한국과학기술정보연구원 책임연구원 (hpark@kisti.re.kr)
성 응 현 한신대학교 정보통계학과 정교수 (soh@hs.ac.kr)

ABSTRACT

This paper is an empirical study to analyze the flow of knowledge in science and technology in order to predict technology innovation. Here, we use the information of scientific papers and patents to look into the characteristics of how knowledge is created in science, technology and industry. Based on the characteristics we find, we are able to understand the relationships between science and technology, and technology and industry. In this paper, we adopt multivariate analysis of variance (MANOVA) using scientific papers in SCI database and US patents filed by Korean inventors in order to analyze the patterns of knowledge flows of science and technology. Finally, we present the direction for future study by using the research results.

Keywords : Knowledge Flow, Technology Innovation, Science Diffusion, Science Absorption, Technology Diffusion, Technology Absorption

1. 서 론

과학의 진보와 발명이 기술혁신을 촉진하고, 기술혁신이 궁극적으로 경제발전에 기여한다는 사실은 많은 학자들에 의해 실증적으로 검증되었다. 지식기반사회의 도래에 따라 과학지식에 기반을 둔 산업분야를 국가의 성장동력으로 삼아 국가경쟁력을 강화하려는 각국의 노력도 치열하다. 선진국은 장기적 경제발전을 이끄는 기술변화의 동력으로서 과학지식에 대해 주목하고 과학지식과 기술지식 간의 상호작용을 중요하게 다루고 있다.

특히 1980년대 이후 과학과 기술간 상호작용을 규명하려는 다양한 방법들이 연구되었다. 여러 선진국들

은 특허에 인용된 과학논문을 이용하여 자국의 기술 발전을 이끈 과학적 기반을 규명하기 위한 연구를 수행하였다(Breschi, Lissoni and Malerba, 2003; Gittelman and Kogut, 2003; Hall, Jaffe and Trajtenberg, 2001; Karki, 1997; Meyer, 2000b, 2002a, 2002b; Narin et al., 1997; Pavitt, 1998; Schmoch, 1993). 그러나 한국의 경우 과학과 기술간 상호작용이 국가경쟁력의 향상에 중요한 영향을 미친다는 사실에도 불구하고 기술과 산업의 발전에 영향을 미치는 과학적 기반에 관한 연구는 거의 이루어지지 못하였다. 단지 미국특허를 이용하여 한국인 특허에 인용된 비특허문헌의 수나 SCI 과학논문의 수를 연도별 과학연계지수로 발표하는 수준에 머물고 있다. 첨단기술 분야의 경우 과학관련도가 높다는 것을 알고 있을지라도 한국의 첨단기술 개발과 관련된 학문분야의 범위, 기술분

* 제1저자
논문접수일 : 2007년 11월 21일; 게재확정일 : 2008년 6월 3일

야별 또는 학문분야별 과학논문과 특허 간 상호작용에 대해 거의 분석된 바가 없다.

과학논문과 특허 간의 관계에 대한 연구는 주로 미국이나 유럽을 대상으로 이루어지고 있다. 따라서 한국의 기술발전을 이끌고 있는 과학적 기반이 어떤 것이고, 한국의 기술과 강력한 연계를 맺고 있는 학문분야는 무엇인지, 그리고 과학집약도가 높은 한국 기술이 얼마나 많이, 그리고 얼마나 신속하게 타 기술분야로 인용되고 있는지에 관한 연구가 필요하다.

본고는 과학논문과 특허정보의 분석을 통해 한국의 기술개발 또는 기술지식 생산활동이 과학활동과 지식흐름을 통해 연계되고, 이것이 산업영역에 파급되는 관계를 실증적으로 분석하고자 하는 것이다. 한국인 특허에 인용, 활용된 과학지식의 양이 기술분야별로 차이가 있는지, 과학논문이 특허의 혁신가치에 영향을 미치는지를 규명함으로써 과학기술 지식흐름과 기술혁신의 연계관계를 밝히고자 한다.

이러한 연구결과는 국가적으로 산업혁신을 통한 경제발전을 추진하는 과정에서 어떤 학문 또는 기초과학 분야를 지원하는 것이 단기적으로 기술발전과 산업파급에 효과성을 높일 수 있는지, 그리고 장기적으로 강력한 경제기반을 확보하기 위한 정책적 목적화에 취약한 분야를 개선하기 위해 어떤 분야를 지원해야 하는지를 확인할 수 있도록 도울 수 있을 것이다. 이처럼 과학논문과 특허 간의 상호작용 분석을 통해 과학기술 지식흐름을 파악하는 것은 산업분야의 연구개발에 영향을 미칠 것으로 예측되는 학문분야를 지원해야 하는 정책결정자에게 특히 중요하다고 할 수 있다. 또한 이를 위한 과학기술정책과 산업정책을 통합·연계된 차원에서 수립하고 시행할 수 있는 바람직한 방향을 제시하도록 도울 수 있을 것이다.

II. 과학기술 지식흐름 연구의 배경

과학지식이 새로운 기술의 발명에 실질적으로 기여하고 있다는 사실에도 불구하고 이들의 기여도 범위 및 특징을 측정하는 방식에 있어서는 진전이 거의

없었다. 이는 다량의 암묵지와 형식지의 흐름이 다양하게 발생하며, 이것을 망라적으로 식별하여 설명하기가 어렵기 때문이다. 더욱이 과학적 진보가 신기술의 발명으로 응용되기까지 지식이 흐르는 데 많은 시간이 소요되기 때문일 것으로 추정된다. 과학에서 기술로의 지식흐름을 추적하는 가장 분명한 방법은 특허에 인용된 과학논문을 분석하는 것이다(Schmoch, 1993). 과학논문과 특허 간의 지식흐름이 발생하는데 영향을 미치는 요소로는 출원기관과 발명자, 기술분야, 시간적 요소 등을 들 수 있다(노경란, 2006).

1. 지식흐름의 주체

지식흐름의 주체인 인적요소는 지식흐름에 있어서 가장 중요한 요소이다. 인적요소에 의한 지식흐름은 과학논문 상호 간, 특허 상호 간 또는 과학논문과 특허 간의 인용관계를 통해 가시화될 수 있다.

특허데이터를 이용하여 발명자 수준에서 과학과 기술 간의 지식흐름을 파악할 수 있다. 발명자 또는 출원기관이 지니고 있는 배경은 과학논문과 특허 간의 지식흐름에 영향을 미친다. 발명자의 배경이 대학과 같은 학계에 속한 연구자인지 아니면 산업계에 속한 연구자인지에 따라 특허활동의 패턴은 달라진다. 대학이 출원한 특허는 기업이나 개인이 출원한 특허보다 과학논문을 더 많이 인용하는 경향이 있다. Meyer (2002b)에 따르면 대학 연구자들은 기업 연구소에 근무하는 연구자들보다 과학논문을 더 많이 인용하였다. 반면에 기업 연구소에 근무하는 연구자들은 과학논문보다 특허를 더 많이 인용하였다.

발명자 소속기관의 유형 이외에 출원기관의 규모도 특허에서의 과학논문 인용에 영향을 미친다. 출원기관이 대기업, 중소기업, 연구소 중 어느 곳인지에 따라 특허에서의 과학논문 인용빈도가 달라진다. 또한 대기업 소속 발명자의 경우 소규모 기업에 소속된 연구자보다 많은 연구개발 활동을 수행하며, 산업에 기반한 기초연구를 많이 수행한다. 이에 따라 대기업에서는 논문발표가 많이 이루어지며, 학술연구와 긴

밀한 관계를 유지한다(Pavitt, 1998; Meyer, 2000).

지식흐름을 매개하는 주체인 발명자 또는 출원기관에 의해 지식흐름이 발생하는 경우는 다음과 같다(Meyer, 2002b). 첫째, 연구자가 학계와 산업계에서 적극적인 활동을 보임으로써 개인단위에서 긴밀한 과학-기술간 지식흐름이 발생한다. 둘째, 대학의 산·학 연구기관에 소속된 박사과정 학생을 통해 지식흐름이 발생한다. 동일 주제분야에 종사하는 이들은 업무를 통해 박사학위 논문이라는 학문적 성과와 특허라는 기술적 성과를 동시에 얻게 된다. 셋째, 특허활동과 과학활동에 적극적인 공공연구기관에 의해 지식흐름이 발생한다. 넷째, 기업에 소속된 과학자가 연구개발 결과로서 과학논문과 특허를 모두 산출함으로써 과학과 기술 간에 지식흐름이 발생한다.

지식생산자인 인적자원을 통해 이루어지는 지식흐름은 공동협력을 통해서도 발생한다. 산업계 연구자들이 발표한 과학논문 중 44~56%가 대학 내 연구자와 공동으로 수행된 것이었다(Meyer, 2002a). 기업들은 자사 연구자들의 생산성 증진을 위해 외부기관과 협력하기를 원하며, 대학이나 공공연구기관과 공동으로 수행한 연구결과로부터 지식재산권을 획득하기를 원한다(Gittelman and Kogut, 2003). 이러한 측면에서 기업 내 과학자들은 과학적 발견과 기술적 혁신이라는 두 세계의 교량역할을 하면서 기업이 특허를 생산하도록 한다.

2. 지식흐름의 대상

지식의 생산으로부터 활용에 이르기까지 지식흐름의 규칙적인 패턴을 발견하기 위해 특허에 수록된 기술분야를 대상으로 연구가 이루어졌다. 이들 연구에서는 선행기술로 인용된 특허가 속한 기술분야의 지식이 신규 특허에 나타난 새로운 지식을 창출하는 데 기반이 되며, 신규 특허가 속한 기술분야로 지식이 흘러간다는 점을 밝히고 있다.

과학과 기술 간의 지식흐름을 측정하고자 하는 대부분의 연구들은 학문분야와 기술분야 간 상호작용이

발생하는 영역을 발견하고 상호작용이 발생하는 정도를 측정하는 데 중점을 두고 있다. 그리고 학문분야와 기술분야 간의 지식흐름을 측정하기 위한 분석단위로 분류코드를 사용하고 있다.

과학의 대리변수로 SCI DB에 수록된 과학논문을 이용하듯이, 학문분야를 측정할 때 SCI DB의 학문분야를 분석단위로 활용하고 있다. SCI 과학논문이 주로 이용되는 이유는 특허에 인용된 과학논문을 추출하는 데 수작업으로 처리해야 하는 부분이 많고 인력과 비용이 많이 소요되기 때문이다. 또한 The Patent Board(전 CHI Research)가 특허에 인용된 SCI 과학논문만을 추출하여 구축한 데이터베이스를 이용하기 때문이다.

특허의 기술분야는 특허의 표제면에 기술되는 국제특허분류(IPC)나 각국의 특허분류표에 의해 표현된다. 국제특허분류 코드인 IPC는 국제적으로 통용되는 표준화된 기술분류체계이므로 각국의 특허 간 지식흐름을 파악할 때 유용하며, 과학논문과 특정 특허가 분류된 기술을 연결짓는 데 사용된다. 모든 국가의 특허에 공통적으로 부여되는 국제특허분류 제 7판은 섹션 8개, 클래스 118개, 서브클래스 630개, 서브그룹 67,000여 개의 코드로 구성되며, 서로 상이한 계층구조를 가지고 있다.¹⁾ 기술분야의 지식흐름을 측정할 때 IPC 서브클래스에 해당하는 IPC 코드 4자리를 주로 사용하는데, 이는 IPC 6자리 또는 IPC 8자리를 사용할 경우 과학기술 연계구조의 복잡성이 지수함수적으로 증가할 수 있기 때문이다(Verbeek et al., 2002).

따라서 유럽연합(EU)은 학문분야와 기술분야간 상호작용을 측정하기 위해 IPC 코드에 기반하여 기술

1) 현재 특허기술에 대한 표준분류인 국제특허분류(IPC)는 제8판으로 개편되어 2006년 1월 1일부터 시행되고 있다. 2005년까지 사용된 국제특허분류 제7판과 달리, 현행 제8판에서 특히 눈에여 볼 점은 점점 세분화되고 변화하는 기술동향과 인터넷에 의한 선행기술 검색환경 변화를 반영하고 있다는 점이다. 전체적으로는 기존 국제특허분류 제7판의 기술분야 67,634개에서 68,727개로 기술분야의 개수는 1.6%만 증가하였지만, 내용면에서는 최근의 기술동향을 반영하여 기존 제7판 기술분야의 약 10%에 달하는 7,000여 개의 기술분야에 변동이 있었다.

위주로 30개 분야로 재분류하여 OST/INPI/ISI 기술 분류표를 개발하였다. 이 특허기술분류표는 EU의 지원 아래 프랑스 과학기술통계국(Observatoire Science et Technology : OST)과 프랑스 특허청(Institute Nationale Propriete Industrielle : INPI), 독일의 프라운호퍼 ISI(Fraunhofer Institute for Systems of Innovation Research : FhG-ISI)에 의해 개발되었으며, 전기 전자, 도구 및 장치, 화학 및 바이오기술, 제조공정, 기계류, 소비재 등의 6개 분야로 크게 구분된다.

또한, 기술지식의 산업분야로의 파급현상을 분석하기 위해서는 피인용특허와 인용특허 간의 연계관계를 수립할 필요가 있다. 이를 위해서는 독일 Fraunhofer ISI(Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research), 프랑스 OST(Observatoire des Sciences et des Techniques), 그리고 영국의 SPRU(Science and Policy Research Unit, University of Sussex) 등 3개 연구기관이 협력작업을 수행하여 EU집행위원회(European Commission)에 제출한 보고서의 분류를 따른다. 여기에서는 625개 IPC 분류와 44개의 제조업 분류가 연계되어 있다.²⁾

3. 지식흐름의 속도

과학적 지식이 신기술 발명으로 응용되기까지 지식이 흐르는 데는 많은 시간이 소요된다. 그리고 지식흐름의 발생빈도와 속도는 시간과 공간에 따라 달라진다.

보통 특허가 가장 많이 인용되기까지는 등록된 이후 5년 이상이 소요된다. 일반적으로 70% 이상의 특허가 전혀 인용되지 않거나 1~2회 인용될 뿐이다. 다른 특허에 의한 인용빈도가 높은 특허 중 상위를 차지하는 특허는 5회 정도 인용된 것이며, 소수의 특허만이 집중적으로 인용되고 있다. 6회 이상 인용되는 특허는 전체 특허 중 최다 인용특허 10% 이내에

해당된다(Karki, 1997).

유럽특허의 경우 50% 이상의 특허가 최소한 3년전 특허를 인용하고 있는 것으로 나타났다(Breschi, Lissoni and Malerba, 2003). 반면 미국특허의 경우 인용특허와 피인용특허간 인용시차가 유럽특허보다 훨씬 큰 것으로 나타났다. 미국특허의 경우 등록특허에 선행기술로 인용된 특허 중 50% 이상이 평균 10년 전의 특허임이 발견되었다. 그러나 특허가 다른 특허에 의해 받게 되는 인용빈도는 시간이 지남에 따라 안정화되어 갔다(Hall, Jaffe and Trajtenberg, 2001).

지식흐름의 속도에 관한 연구는 주로 특허와 특허간의 인용시차를 대상으로 이루어졌으며, 특허와 과학논문간 인용시차를 측정 한 연구는 아직 소수에 불과하다. Narin et al.(1997)이 바이오기술 분야의 특허와 생명공학 분야의 과학논문간 인용시차를 측정 한 바에 따르면, 바이오기술과 관련된 특허의 경우 과학논문에 대한 인용시차가 과학논문과 과학논문 간의 인용에서 소요되는 시간만큼이나 짧았다. 의약품 및 의료관련 특허의 경우 특허 등록시점으로부터 4~6년 전에 발표된 논문을 가장 많이 인용하고 있었으며, 이것은 생의학 분야의 과학논문에서 발생하는 논문간 인용시차보다 1~2년 정도 느린 것이었다.

III. 분석모형과 변수설정

1. 분석모형

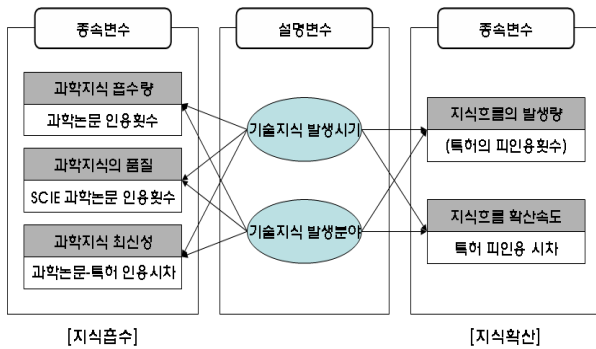
본고는 과학과 기술의 지식흐름 패턴이 기술분야에 따라 어떻게 차이가 있는지를 분석하고자 하는 것으로서, 이를 위해 미국특허 내의 한국인 특허, 이 한국인 특허에 인용된 과학논문, 한국인 특허를 인용하고 있는 다른 미국특허를 이용한다. 과학논문을 인용하고 있는 특허가 다른 특허로부터 받게 되는 인용빈도 및 인용시차 등을 이용하여 과학과 기술 간의 지식흐름에서 그 발생량 및 속도가 어떻게 관련되는지를 밝히고자 한다.

본고는 특허에 인용된 과학논문이 특허가 기초하

2) OST/INPI/ISI 기술분류기준에 대해서는 OECD(1994)를 참조할 수 있으며, IPC와 산업분류의 연계에 대해서는 Sch-moch et al.(2003)을 참조할 수 있다.

고 있는 과학적 기반을 파악할 수 있게 한다는 이론적 전제를 기초로 한다. 특허가 다른 특허에 의해 인용된다는 것은 특허가 그만큼 가치를 지니고 있다는 것이며, 다른 특허로부터 받는 인용빈도를 이용하여 지식흐름의 발생량을 파악할 수 있다. 따라서 과학논문을 인용한 한국인 특허가 다른 미국특허에 의해 인용되는 데 있어 과학논문이 어떤 관련을 맺고 있는지를 밝혀낼 수 있다. 지식의 흡수, 생산, 확산이라는 일련의 지식흐름 과정에서 지식의 흡수대상에 속하는 영역으로 과학논문을 설정하였으며, 이러한 과학논문을 인용하고 있는 특허를 또 다른 특허가 인용·활용함으로써 지식이 확산된다고 보았다.

이 연구는 과학논문이 특허 A에 인용되고, 이 특허 A가 또 다른 특허 B에 인용되는 과정에서 기술 지식의 발생시기(특허등록시기)와 발생분야(기술분야)에 따라 특허 A에 인용된 과학논문의 지식확산 패턴과 특허 A를 인용한 다른 특허 B의 지식흡수 패턴이 어떻게 차이가 있는지를 [그림 1]에서와 같이 밝히고자 한다.



[그림 1] 분석모형

이 그림에서와 같이 먼저 지식흐름의 발생시기와 발생분야를 설명변수로 설정한다. 그리고 미국특허청에 등록된 한국인특허에 인용된 과학논문 정보를 기초로 지식흡수 패턴의 차이를 설명하기 위한 종속변수에는 과학지식의 흡수량, 과학지식의 품질, 과학지식의 최신성 등이 포함되며, 한국인특허를 인용한 타 미국특허에 대한 정보를 기초로 하여 지식확산 패턴

의 차이를 설명하기 위한 종속변수로는 지식흐름 발생량과 확산속도가 포함된다.

지식흐름의 발생량과 확산속도를 측정하기 위해 과학논문을 인용한 특허 A가 등록된 이후에 다른 특허 B 등에 의해 인용되는 횟수와 평균 피인용시차를 산출하였다. 특허가 등록된 이후의 피인용횟수는 특허 A가 선행기술로서 다른 특허 B 등의 표제면에 인용된 횟수이다. 특허 A의 피인용횟수는 특허 A가 보유한 기술적 중요도에 관한 정보를 담고 있으며, 기술을 발명한 혁신자에 대한 경제적 가치를 나타낸다(Hall, Jaffe and Trajtenberg, 2001; Gittelman and Kogut, 2003). 이 연구에서는 1990년부터 2004년까지 미국 특허청에 등록된 한국인 특허 가운데 과학논문을 인용하고 있는 특허들을 분석대상으로 한다. 그리고 이들 특허가 등록된 이후 2006년까지 이들 특허를 인용하고 있는 다른 미국특허를 추출하여 인용 횟수와 인용시차를 산출한다. 특허와 특허간에 발생하는 인용관계는 특허의 가치에 영향을 미치고 있으므로, 특허에 인용된 과학논문이 특허의 혁신가치와 관련되어 있는지를 분석할 수 있다.

2. 연구가설 및 변수설정

2.1 변수의 설정

과학기술 지식흐름의 특성분석을 위한 연구가설을 검정하고 관계를 분석하기 위해 변수의 조작적 정의가 필요하다. 우선, 미국특허 중 한국인 등록 특허가 인용한 과학논문을 통해 한국인 특허의 과학지식 흡수량, 과학지식의 품질 및 과학지식의 최신성을 한국인 특허의 등록시기와 기술분야별로 분석한다. 특허에 인용된 과학논문은 기술의 과학연관도와 과학집약도를 나타내는 데 사용된다. 특허에 인용된 과학논문의 수는 기술이 과학과 얼마나 밀접한 관련성을 지니고 있는지를 보여주며, 과학과 기술간 상호작용을 설명하는 데 사용될 수 있다. 또한 특허에 인용된 과학 논문은 기초연구의 경제적 유용성을 보여준다.³⁾

3) 학문영역에 대한 인접도가 높은 기술분야에 속한 특허는 기

학술지를 평가할 때 다른 논문에 의해 인용이 많이 발생할수록 가치있는 정보를 담고 있다고 가정한다. 마찬가지로 특허에 인용된 과학논문은 그 바탕을 이루고 있는 지식의 품질을 반영할 수 있다. 과학적 탐구를 통해 산출된 과학논문이 발명의 품질을 개선시킨다면 과학논문을 인용한 특허는 다른 특허에 의해 더 많이 인용될 유리한 조건을 갖게 될 것이다 (Sorenson and Fleming, 2004). 특허에 인용된 과학논문에 대한 품질을 정의하기 위해 SCIE DB에 수록된 과학논문이 상대적으로 우수한 품질을 지니고 있다고 가정한다. SCIE DB를 제작하는 Thomson은 동일 학문분야에서 영향력이 높은 학술지를 선정하여 DB를 구축하고 있으며, 학술지의 인용빈도를 측정하여 학술지의 영향력을 발표하고 학술지의 품질을 정기적으로 심사하여 이 학술지를 DB에 포함시킬 것인지 제외할 것인지를 결정한다. 따라서 이 연구에서는 SCIE DB에 수록된 과학논문이 그 외의 논문에 비해 상대적으로 높은 품질을 가지고 있다고 가정한다. 우수한 품질을 지니고 있는 것으로 여겨지는 SCIE 과학논문이 특허 간 발생하는 인용을 예측할 수 있는 요소로 작용하는지를 살펴보고자 한다.

과학논문의 출판년도와 특허의 출원년도 간의 인용시차는 과학적 지식이 과학논문으로부터 특허에 이르기까지 소요된 시간을 의미한다. 과학논문이 생산되어 공개되는 시점을 기준으로 각 특허에 인용된 과학논문에 대한 평균 인용시차를 구한다. 특허에 인용된 과학논문과 인용특허 간의 인용시차를 측정함으로써 특정 영역에 존재하는 지식흐름의 구조적 측면을 나타낼 수 있다(Meyer, 2002). 인용시차는 기존의 지식이 흡수, 확산되는 속도를 나타낸다. 인용시차가 짧다는 것은 과학논문과 기술 간 상호작용의 속도가 빠르고 기술발전의 속도가 빨라서 지식의 흐름이 가속화된다는 것을 의미한다. 또한 과학논문과 특허 간

의 인용시차가 짧다는 것은 과학의 자본화 또는 상업화가 활발히 이루어지고 있음을 나타낸다. 즉, 과학논문의 경제적 효과가 가시화되는 데 오랜 시간이 소요되지 않는다는 것을 의미한다.

또한, 한국인 특허가 등록된 이후 지식흐름이 발생하는 현상을 분석하기 위해 지식흐름의 발생량과 지식흐름의 속도를 종속변수로 사용한다. 이는 이들 종속변수의 변화가 설명변수인 지식 발생시기와 발생분야에 따라 차이가 있는지를 분석하는 것이다. 종속변수인 지식흐름의 발생량을 측정하기 위해 한국인 출원 미국특허가 등록된 이후에 다른 특허에 의해 인용된 횟수와 인용되기까지 소요된 시간을 측정한다.

특허의 피인용횟수는 특허가 등록된 이후 다른 특허에 의해 인용된 횟수이다. 특허인용에 깔린 핵심 아이디어는 특허가 다른 특허에 의해 많이 인용될수록 이 특허는 중요한 기술적 진보를 담고 있을 것이라는 것이다. 다른 특허에 의해 가장 많이 인용된 특허는 혁신과 유의미한 상관관계를 맺고 있으며, 이 특허의 출원 이후에 발생하는 많은 특허들의 기반이 된다. 즉, 인용이 많이 되는 특허는 중요한 최초의 발명내용을 담고 있는 성향이 강하다(Karki, 1997). 특허의 피인용횟수는 특허의 가치를 결정하는 중요한 요소로 인식되었다. 특허의 피인용횟수는 특허받은 발명이 지니고 있는 기술적 영향력을 나타내는 지표이다. 일반적으로 다른 특허에 의해 인용된 횟수가 많은 특허는 평균 이상의 기술적 영향력을 지닌 특허로 간주된다.

또한 특허가 다른 특허에 의해 인용되기까지 소요된 시간을 측정한다. 특허가 등록되어 공개되는 시점을 기준으로 인용특허와 피인용특허 간의 인용시차를 구하였다. 특허가 발생하는 인용시차를 측정함으로써 특정영역에 존재하는 지식흐름의 속도를 파악할 수 있다.4)

초연구 분야에 속하는 과학논문을 많이 인용한다(Karki, 1997). Harhoff, Scherer and Vopel(2003)은 과학논문을 포함하여 비특허문헌이 특허의 경제적 가치에 유의미한 긍정적 영향을 미친다는 것을 발견하였다.

4) 유럽특허의 경우 절반 이상의 인용정보가 최소 3년전에 등록된 특허였다(Breschi et al., 2003). 미국특허는 유럽특허보다 더 오래된 특허를 인용하며, 등록된 이후 가장 많이 인용되는 시점은 평균 5년이였다. 특허의 피인용횟수 분포는 시간이 지남에 따라 수평적으로 안정화되어 간다(Hall, Jaffe and Trajtenberg, 2001).

2.2 연구가설

본고에서는 앞의 [그림 1]의 분석모형에서와 같이 한국인 특허가 등록된 시기와 기술분야가 한국인 특허에 인용된 과학논문의 수, 과학논문의 품질, 그리고 과학논문의 최신성에 어떻게 관계가 있는지, 그리고 한국인 특허가 다른 미국특허에 의해 인용되는 횟수와 인용되는 속도에 어떤 영향을 미치는지를 분석하기 위해 다음과 같은 가설이 고려될 수 있다.

가설 1 : 기술지식에 활용된 과학지식의 흡수량, 품질 및 최신성은 기술지식의 발생시기에 따라 차이가 있다.

가설 2 : 기술지식에 활용된 과학지식의 흡수량, 품질 및 최신성은 기술지식의 발생분야에 따라 차이가 있다.

가설 3 : 기술지식 흐름의 발생량과 확산속도는 기술지식의 발생시기에 따라 차이가 있다.

가설 4 : 기술지식 흐름의 발생량과 확산속도는 기술지식의 발생분야에 따라 차이가 있다.

가설 1은 설명변수인 한국인 특허의 등록시기가 세 개의 범주로 구분된 종속변수인 과학논문 인용횟수, 과학논문 품질 및 과학논문 최신성과 관련있는지를 검증하는 것이다.

가설 2는 설명변수인 한국인 특허의 기술분야가 세 개의 범주로 구분된 종속변수인 과학논문 인용횟수, 과학논문 품질 및 과학논문 최신성과 관련있는지를 검증하는 것이다.

가설 3은 설명변수인 한국인 특허의 등록시기가 두 개의 범주로 구분된 종속변수인 특허 피인용횟수의 발생량과 피인용 속도에 관련있는지를 검증하는 것이다.

가설 4는 설명변수인 한국인 특허의 기술분야가 두 개의 범주로 구분된 종속변수인 특허 피인용횟수의 발생량과 피인용 속도에 관련있는지를 검증하는 것이다.

여기에서 과학지식의 품질을 측정하기 위한 대리 변수로서 한국인 특허에 인용된 SCIE 과학논문의 수를 이용하며, 과학지식의 최신성은 과학논문의 발행년도와 이 과학논문을 인용한 특허의 출원년도를 계산한 과학논문과 특허 간의 인용시차를 측정하여 각각 사용한다.

IV. 데이터의 수집과 분석기법

1. 데이터의 수집, 처리 및 표준화

본고에서는 과학논문과 특허 간의 지식흐름과 상호작용을 측정하기 위해 특허에 인용된 과학논문을 이용하였다. 미국특허의 표제면은 미국특허나 타국특허를 포함한 선행특허에 대한 인용정보와 비특허문헌에 대한 인용정보를 담고 있다. 한국인이 출원하여 등록된 미국특허의 표제면 ‘Other References’ 아래에 수록되어 있는 비특허문헌에는 학술지, 학술회의자료, 단행본, 기타 매뉴얼이나 규격 등과 같이 등록특허 이외에 다양한 정보들이 포함되어 있다. 본 연구에서는 이들 비특허문헌 중 학술지와 학술회의자료(프로시딩)에 수록된 과학논문을 별도로 추출하여 필요한 지식흐름 규명을 위한 과학지식 데이터로 사용한다.

고려대상 데이터를 연구목적에 맞게 분석에 사용할 수 있도록 하기 위하여, 전체 비특허문헌 중 이 연구에 필요한 과학논문이 수록되어 있는 학술지와 학술회의자료 이외의 단행본, 매뉴얼, 규격이나 카탈로그 등을 제거하였다. 과학논문은 과학커뮤니티 내에서 과학적 발견을 전달하기 위한 가장 기본적인 수단으로 사용되며 과학활동을 대표한다. 이러한 점에서 비특허문헌 중 과학논문을 식별하는 것이 과학논문과 특허 간의 상호작용을 파악하는 데 가장 중요한 일이다. 따라서 과학지식과 기술지식 간의 상호작용을 분석하기 위해 특허에 인용된 과학논문의 서지정보를 입수하여 이 서지정보에 대한 표준화 작업을 수행하였다. 과학논문을 표준화하는 작업은 매우 노동

집약적이고 많은 시간을 필요로 하는 과정이다.

미국특허의 표제면에는 과학논문에 대한 서지정보가 제시되어 있으나, 많은 경우 저자명, 발행년도, 논문제목, 학술지명 또는 학술회의자료명, 권·호수, 수록 쪽수의 순서로 규칙적으로 기술되어 있지 않기 때문에, 프로그램을 작성하여 자동으로 표준화하기 위한 작업을 수행하는 일이 가능하지 않다. 또한 여기에 수록되어 있는 과학논문에 대한 서지정보가 불완전할 뿐만 아니라 부정확하기 때문에 다른 서지 데이터베이스로부터 과학논문에 대한 정확한 서지정보를 별도로 입수하는 노력을 기울여야 했다.

따라서 특허 표제면의 과학논문에 포함된 키워드들을 검색어로 사용하여 Web of Science, INSPEC, Compendex 등의 색인초록 데이터베이스를 검색하였다. 이를 통해 저자명, 발행년도, 논문제목명, 학술지명 또는 학술회의자료명, 권·호수, 수록 쪽수, ISSN 등을 입수하고, 학술지명과 학술회의자료명을 일관성 있게 통일시켰다. 이러한 과정을 통해 1990년 이후 특허에 인용된 과학논문의 서지정보에 대한 검증과정과 수정을 거친 후 특허에 인용된 과학논문 14,969건을 얻게 되었다.

학문분야와 기술분야 간의 상호작용을 분석하기 위해 과학논문을 수록하고 있는 학술지에 대해 SCIE 주제분야 코드를 부여하였다. 과학논문과 특허 간의 분야별 상호작용 구조를 생성하기 위해 SCIE 학술지 주제분야 코드와 특허의 IPC 4자리를 이용하여 상호교차표를 작성하였다. 한편 기술분야와 산업분야의 연계관계를 파악하기 위해 1990년부터 2004년까지 미국특허청에 등록된 한국인특허에 대해 2006년까지 전방인용(forward citation)이 이루어진 다른 미국특허를 추출하였다. 그리고 이들 다른 미국특허에 인용된 피인용 한국인특허의 IPC 4단위를 기준으로 기술분류를 수행하고 한국인특허를 인용한 다른 미국특허들 역시 IPC 분류에 기초하여 산업분류를 수행한 후 기술과 산업으로 구성된 빈도행렬을 작성하였다.

이상과 같이 1990년부터 2006년까지 미국특허청에 등록된 특허를 대상집단으로 하여 분석에 적용할

수 있는 형태로 데이터를 처리하여 표준화하는 과정은 매우 여러 단계에 걸쳐 이루어졌다. 이러한 과정을 거쳐 본 연구의 목적에 따른 분석에 적용하기 위해 최종적으로 추출된 자료의 내용을 보면 <표 1> 및 <표 2>와 같다.

<표 1> 미국특허청 등록 한국인 특허에 인용된 과학논문 데이터의 추출정보

항 목	내 용
특허번호	한국인 특허의 미국특허번호
등록시기	1990~1994, 1995~1999, 2000~2004세 기간으로 구분
출원년도	한국인 특허의 출원년도
등록년도	한국인 특허의 등록년도
IPC 분류	한국인 특허의 해당 국제표준분류(IPC)
기술 대분류	OST/INPI/ISI 특허기술분류의 대분류
기술 소분류	OST/INPI/ISI 특허기술분류의 소분류
전방인용 시차 (출원기준)	학술문헌 발간년도와 특허출원년도 간의 시차
전방인용 시차 (등록기준)	학술문헌 발간년도와 특허등록년도 간의 시차
비특허문헌 유형	비특허문헌(NPL)의 유형 구분
전방인용 횟수	전방인용(forward citation) 횟수
발간년도	피인용 학술문헌의 발간년도
SCIE 여부	피인용 학술논문지의 SCIE 해당 여부
SCIE 분류	피인용 학술논문지의 SCIE 학문 분류

분석에 적용된 데이터는 미국특허청에 출원된 한국인 특허 중 과학논문을 인용하고 있는 특허 4,275건, 이 특허에 인용된 과학논문 14,969건(이중 SCIE 논문 9,206건), 이 특허를 인용한 타 미국특허 18,591건(총 22,596회 인용) 등이다.

〈표 2〉 과학논문을 인용한 한국인특허 중 타 미국특허에 인용된 특허

항 목		내 용
한국인 특허	특허번호	한국인 특허의 미국특허번호
	등록년도	한국인 특허의 등록년도
	IPC 분류	한국인 특허의 해당 국제표준분류(IPC)
	기술 대분류	OST/INPI/ISI 특허기술분류의 대분류
	기술 소분류	OST/INPI/ISI 특허기술분류의 소분류
타 미국 특허	특허번호	한국인특허를 인용한 타 미국특허번호
	출원년도	타 미국특허번호의 출원년도
	등록년도	타 미국특허번호의 등록년도
	IPC 분류	타 미국특허번호의 해당 국제표준분류
	산업분류	ISI/OST/SPRU 산업분류
인용 시차	출원기준	인용특허의 출원년도 기준 전방인용 시차
	등록기준	인용특허의 등록년도 기준 전방인용 시차

2. 지식흐름 패턴 분석기법

지식흐름 특성분석을 위해 우선 미국특허청에 등록된 한국인 특허를 중심으로 한 과학지식 흡수패턴과 기술지식 확산패턴이 등록시기와 기술분야에 따라 유의한 평균차이가 있는지의 여부를 검정하기 위해 다변량 분산분석(MANOVA : Multivariate Analysis of Variance)을 적용하고자 한다. 그리고 다변량 분산분석 결과 과학기술 지식 흡수패턴 혹은 확산패턴이 등록시기와 기술분야에 따라 유의한 평균차이가 있다면, 그 유의한 평균차이를 발생시키는 과학기술 지식흐름 변수들의 상대적인 중요도와 선형결합을 탐색하기 위해서 MANOVA 후속분석으로 다변량 기법인 정준판별분석(Canonical Discriminant Analysis)을 수행하고자 한다. 여기에서는 이러한 분석기법의 적

용방법에 대해 설명하고자 한다.

본 연구에서는 과학기술 지식흐름의 연계관계 분석을 위해 과학지식의 흡수와 기술지식의 확산으로 나누어 다변량 분석기법을 적용하여 다음과 같이 4가지 측면에서 지식흐름 패턴을 분석하고자 한다.

첫째, 미국특허청에 등록된 한국인 특허의 과학논문 인용횟수, 과학논문 품질, 과학논문 최신성 등 3개 변수의 평균벡터가 등록시기별로 유의한 평균차이가 있는지 여부를 다변량 분산분석을 통하여 검정하고자 한다. 특허등록 시기는 미국특허청에 등록된 한국인특허 중 분석대상으로 하고 있는 기간(1990년~2004년)을 5년 간격으로 구분한 시기 1(1990~1994년), 시기 2(1995~1999년), 시기 3(2000~2004년) 등 3개의 시기로 범주화한다. 이와 같은 경우, 특허등록 시기별 자료는 <표 3>과 같다. 여기에서 y_{ij} , $i = 1, 2, 3$, $j = 1, 2, \dots, n_i$ 는 i -번째 시기에서 3개 변수를 포함한 j -번째 관측 벡터인 $y_{ij} = [y_{ij1}, y_{ij2}, y_{ij3}]'$ 를 나타낸다. y_{ijk} 에서 i 는 i -번째 범주, j 는 j -번째 관측 표본, k 는 k -번째 변수를 나타낸다. 그리고 i -번째 범주는 평균벡터(mean vector)가 $\mu_i = [\mu_{i1}, \mu_{i2}, \mu_{i3}]'$ 이고, 공분산행렬(covariance matrix)이 Σ 인 다변량 정규분포(multivariate normal distribution)에 따른다고 가정하며, $N(\mu_i, \Sigma)$ 로 표시한다. 즉, y_{ij} 는 i -번째 정규 모집단 $N(\mu_i, \Sigma)$ 에서 추출된 j -번째 표본이다.

〈표 3〉 시기별 한국인특허의 과학지식 흡수패턴 자료구조

범주	시기 1 $N(\mu_1, \Sigma)$	시기 2 $N(\mu_2, \Sigma)$	시기 3 $N(\mu_3, \Sigma)$
표본	y_{11}	y_{21}	y_{31}
	y_{12}	y_{22}	y_{32}
	\vdots	\vdots	\vdots
	y_{1n_1}	y_{2n_2}	y_{3n_3}

둘째, 미국특허청에 등록된 한국인특허의 과학논문 인용횟수, 과학논문 품질, 과학논문 최신성 등 3개 변수의 평균벡터가 기술분야별로 유의한 차이가 있는지 여부를 다변량 분산분석을 통해 검정한다. 분야는

<표 4> 분야별 한국인특허의 과학지식 흡수패턴 자료구조

범주	기술 1 $N(\mu_1, \Sigma)$	기술 2 $N(\mu_2, \Sigma)$	기술 3 $N(\mu_3, \Sigma)$	기술 4 $N(\mu_4, \Sigma)$	기술 5 $N(\mu_5, \Sigma)$	기술 6 $N(\mu_6, \Sigma)$
표본	y_{11}	y_{21}	y_{31}	y_{41}	y_{51}	y_{61}
	y_{12}	y_{22}	y_{32}	y_{42}	y_{52}	y_{62}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	y_{1n_1}	y_{2n_2}	y_{3n_3}	y_{4n_4}	y_{5n_5}	y_{6n_6}

기술 1(전기전자기술), 기술 2(도구 및 장치), 기술 3(화학, 의약품, 바이오기술), 기술 4(공정기술), 기술 5(기계공학, 기계류), 기술 6(소비재)이고, 이에 대한 다변량자료의 구조는 <표 4>와 같다. 여기에서 y_{ij} , $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, $j = 1, 2, \dots, n_i$ 은 i -번째 기술 분야에서 3개 변수를 포함한 j -번째 관측벡터인 $y_{ij} = [y_{ij1}, y_{ij2}, y_{ij3}]'$ 를 나타낸다.

<표 5> 시기별 한국인특허의 기술지식 확산패턴 자료구조

범주	시기 1 $N(\mu_1, \Sigma)$	시기 2 $N(\mu_2, \Sigma)$	시기 3 $N(\mu_3, \Sigma)$
표본	x_{11}	x_{21}	x_{31}
	x_{12}	x_{22}	x_{32}
	\vdots	\vdots	\vdots
	x_{1n_1}	x_{2n_2}	x_{3n_3}

셋째, 특허의 등록시기별로 기술지식 확산패턴에 대한 평균차이 여부를 다변량기법으로 분석한다. 기술지식 확산패턴은 미국특허청 등록 한국인특허가 다른 특허에 의해 인용된 피인용횟수(x_1)와 피인용시차(x_2) 등 2개 변수를 고려한다. 특허등록 시기 범주에 대한 기술지식 확산패턴 분석을 위한 자료는 <표 5>와 같다. 여기에서 x_{ij} , $i = 1, 2, 3$, $j = 1, 2, \dots, n_i$ 은 i -번째

시기에서 2개 변수를 포함한 j -번째 관측 벡터인 $x_{ij} = [x_{ij1}, x_{ij2}]'$ 를 나타낸다.

넷째, 기술분야별로 기술지식 확산패턴에 대한 평균차이 여부를 평가하기 위해서 동일한 다변량 기법을 적용한다. 기술분야별 기술지식 확산패턴 변수의 다변량분석을 위한 자료는 <표 6>과 같다. 여기에서 x_{ij} , $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, $j = 1, 2, \dots, n_i$ 은 i -번째 기술분야에서 2개 변수를 포함한 j -번째 관측 벡터인 $x_{ij} = [x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3}]'$ 를 나타낸다.

V. 과학기술 지식흐름의 특성분석

여기에서는 과학기술 지식흐름의 특성과 속도를 파악하기 위해 한국인 특허 중 과학논문을 인용한 특허 4,275건과 이를 인용한 타 미국특허 18,591건(총 22,596회 인용), 그리고 과학논문 중 SCIE 논문을 인용한 특허 2,971건과 이를 인용한 타 미국특허 10,906건을 대상으로 하여 분석을 수행하였다.

1. 과학기술 지식흐름의 패턴분석

과학기술 지식흐름의 패턴분석을 위해 미국특허청

<표 6> 분야별 한국인특허의 기술지식 확산패턴 자료구조

범주	기술 1 $N(\mu_1, \Sigma)$	기술 2 $N(\mu_2, \Sigma)$	기술 3 $N(\mu_3, \Sigma)$	기술 4 $N(\mu_4, \Sigma)$	기술 5 $N(\mu_5, \Sigma)$	기술 6 $N(\mu_6, \Sigma)$
표본	x_{11}	x_{21}	x_{31}	x_{41}	x_{51}	x_{61}
	x_{12}	x_{22}	x_{32}	x_{42}	x_{52}	x_{62}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	x_{1n_1}	x_{2n_2}	x_{3n_3}	x_{4n_4}	x_{5n_5}	x_{6n_6}

등록 한국인특허를 중심으로 과학지식 흡수패턴과 기술지식 확산패턴의 시기와 분야별 평균차이 여부의 검정을 위해 다변량분산분석(MANOVA : Multivariate Analysis of Variance)을 적용한다. MANOVA 결과 지식흡수 혹은 지식확산 패턴이 등록시기와 기술분야에 따라 유의한 평균차이가 있을 경우, 그 평균차이를 발생시키는 과학기술 지식흐름 변수들의 상대적인 중요도와 선형결합을 탐색하기 위해 후속분석으로 정준판별분석(Canonical Discriminant Analysis)을 수행한다.

1.1 과학지식 흡수의 다변량분석

(1) 시기별 지식흡수 분석

여기에서는 미국특허청에 등록된 한국인특허의 과학논문 인용횟수, SCIE 논문 인용횟수, 과학논문과 특허간 인용시차 등 3개 변수의 평균벡터가 특허의 등록시기별로 유의한 평균차이가 있는지의 여부를 다변량 분산분석을 통하여 검정하고자 하였다. 특허등록 시기는 1990~1994년(시기 1), 1995~1999년(시기 2), 2000~2004년(시기 3) 등 3개로 구분하였다. 다변량 분산분석에서 과학지식 흡수패턴을 구성하고 있는 세 개 변수의 평균벡터가 특허등록 시기에 따라 유의한 평균차이가 있는지의 여부를 표본을 통해 검정하기 위해서 다음과 같은 가설을 설정하였다.

귀무가설 : 시기별로 과학지식 흡수패턴의 평균벡터에 유의한 차이가 없다

$$(H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3)$$

대립가설 : 과학지식 흡수패턴의 평균벡터는 시기에 따라 유의한 차이가 있다.

$$(H_1: 적어도 \mu_i \neq \mu_j)$$

다변량 분산분석을 수행하기 전에 시기별 과학지식 흡수패턴의 세 가지 변수에 대한 요약통계를 보면 <표 7>과 같다. 등록시기별로 흡수패턴 변수의 변화를 살펴보면 다음과 같다. 과학논문 인용횟수(y_1)와 SCIE 논문 인용횟수(y_2)인 경우 등록시기가 최근에

접근함에 따라 평균적으로 증가하는 경향이 있고, 반면에 인용시차(y_3)는 평균적으로 감소하는 경향이 있음을 알 수 있다.

<표 7> 시기별 한국인특허의 과학지식 흡수패턴 요약통계

변 수	등록시기	평균	표준편차	표본크기
과학논문 인용횟수 (y_1)	1	3.28	3.597	112
	2	3.50	3.705	921
	3	5.01	11.262	1758
SCIE 논문 인용횟수 (y_2)	1	2.40	2.642	112
	2	2.65	3.187	921
	3	3.69	8.218	1758
과학논문-특허 인용시차 (y_3)	1	9.781	6.7604	112
	2	9.308	6.2371	921
	3	9.071	5.7242	1758

이제부터 다변량 분산분석을 통해 귀무가설과 대립가설 중 어떤 가설에 대한 근거가 충분한지의 여부를 검정하였다. 다변량 분산분석에 대한 검정방법은 가장 널리 적용되는 Wilks' Λ 검정, Pillai's trace 검정, Hotelling's trace 검정, Roy's largest root 검정 등 네 가지 방법이 있다. Wilks' Λ 의 우도비 검정통계량(likelihood ratio test statistic)은 범주내 제곱합과 교차행렬(within sum of squares and products matrix)인 $E = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} (\mathbf{y}_{ij} - \bar{\mathbf{y}}_i) (\mathbf{y}_{ij} - \bar{\mathbf{y}}_i)'$ 와 범주간 제곱합과 교차행렬(between sum of squares and products matrix)인 $H = \sum_{i=1}^3 n_i (\bar{\mathbf{y}}_i - \bar{\mathbf{y}}) (\bar{\mathbf{y}}_i - \bar{\mathbf{y}})'$ 를 비교한 $\Lambda = |E|/|E+H|$ 을 사용한다. 여기에서 $\bar{\mathbf{y}}_i$ 는 i -번째 범주의 표본평균 벡터이고, $\bar{\mathbf{y}}$ 는 모든 범주에 대한 표본평균 벡터를 의미하며, $|E|$ 는 행렬 E 의 행렬식(determinant)을 의미한다.

$E^{-1}H$ 의 고유값(eigen value)이 $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ 일 때 Pillai's trace 검정통계량은 고유값의 함수인 $V = \sum_{i=1}^3 \lambda_i / (1 + \lambda_i)$ 이고, E^{-1} 는 행렬 E 의 역행렬(inverse matrix)이다. Hotelling's trace 검정통계량은 $U = \sum_{i=1}^3 \lambda_i$ 이고, Roy's largest root 검정통계량은 $\theta = \lambda_1 / (1 + \lambda_1)$ 이다. 상기와 같은 다변량 분산분석

의 검정통계량은 변환을 통해서 귀무가설이 참일 때 F -분포에 근사하게 된다. 네 가지 검정통계량에 대한 근사 F -검정 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 시기별 과학지식 흡수패턴의 MANOVA 검정결과

구 분		F-값	자유도	p-값
등록 시기	Pillai의 트레이스	3.472	6.000	.002
	Wilks의 랍다	3.476	6.000	.002
	Hotelling의 트레이스	3.480	6.000	.002
	Roy의 최대근	6.712	3.000	.000

등록시기별 다변량 분산분석을 수행한 결과 네 가지 검정통계량의 유의확률인 p -값이 0.02정도로 유의수준 $\alpha = 0.05$ 보다 상당히 작은 0에 가까운 값으로 나타났다. 따라서 특허등록 시기별로 과학지식 흡수패턴의 평균벡터가 같다는 귀무가설을 기각할 수 있는 상당한 근거를 제공한다고 판단된다. 즉, 등록 시기별로 과학지식 흡수패턴에 유의한 평균차이가 있다는 대립가설을 강하게 주장할 수 있는 충분한 근거가 된다.

위에서 등록 시기별로 과학지식 흡수패턴에 유의한 평균차이가 있다는 것으로 확인하였다. 이제부터 MANOVA 후속분석으로 평균차이를 발생시키는 데 기여한 변수의 상대적인 중요도와 더불어 판별함수를 추정하고자 한다. 판별함수는 세 가지 변수의 선형결합으로서, $z = a_1 y_1 + a_2 y_2 + a_3 y_3$ 로 표시된다. 만일 변수가 표준화되었다면 판별함수에서 변수 y_i 의 계수인 a_i 의 부호는 영향의 방향을 의미하고, 그 절대값 크기는 상대적 영향력을 의미한다.

정준판별분석 결과 판별함수는 $E^{-1}H$ 의 첫 번째 고유값 λ_1 에 대응되는 고유벡터(eigen vector)를 종속변수 계수로 결합한 $z = 1.075 y_1 - 0.121 y_2 - 0.308 y_3$ 로 구해졌다. 판별분석 결과 등록 시기별로 과학지식 흡수패턴 평균차이에 공헌하는 상대적인 영향력은 과학논

문 인용횟수(y_1)가 가장 크고, SCIE 논문 인용횟수(y_2)는 가장 낮은(미미한) 것으로 나타났다. 그리고 과학논문-특허 간 인용시차(y_3)는 보통보다 낮게 나타났다. 특히, 상대적인 영향력은 과학논문 인용횟수(y_1)가 과학논문-특허 간 인용시차(y_3)보다 3배 이상 큰 것으로 나타났다. 결론적으로 한국인 특허의 등록시기별 과학지식 흡수패턴 평균차이는 과학논문 인용횟수(y_1)와 인용시차(y_3)의 차이에 의하여 설명될 수 있는 것으로 나타났다.

(2) 기술분야별 지식흡수 분석

여기에서는 미국특허청에 등록된 한국인 특허의 과학논문 인용횟수, SCIE 논문 인용횟수, 과학논문과 특허간 인용시차 등 3개 변수의 평균벡터가 6개 기술분야에 따라 유의한 차이가 있는지의 여부를 다변량 분산분석을 통해 검정하였다. 기술분야는 전기전자기술(기술 1), 도구 및 장치(기술 2), 화학, 의약품, 바이오기술(기술 3), 공정기술(기술 4), 기계공학, 기계류(기술 5), 소비재(기술 6) 등이다. 다변량 분산분석에서 과학지식 흡수패턴을 구성하고 있는 3개 변수의 평균벡터가 기술분야 범주에 따라 유의한 차이가 있는지의 여부를 검정하기 위해서 다음과 같은 가설을 설정하였다.

귀무가설 : 기술분야에 따라 과학지식 흡수패턴의 평균 벡터에 유의한 차이가 없다.

$$(H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6)$$

대립가설 : 기술분야에서 과학지식 흡수패턴의 평균벡터가 유의한 차이가 있다.

$$(H_1: \text{적어도 } \mu_i \neq \mu_j)$$

기술분야별 과학지식 흡수패턴 변수에 대한 요약통계는 <표 9>와 같다. 기술분야별 흡수패턴 변수의 변화를 보면 다음과 같다. 과학논문 인용횟수(y_1)와 SCIE 논문 인용횟수(y_2), 인용시차(y_3)는 기술 2(도구 및 장치), 기술 3(화학, 의약품, 바이오기술), 기술

4(공정기술)에서 상대적으로 높은 평균을 가지는 것으로 나타났다. 반면, 기술 1(전기전자기술), 기술 5(기계공학, 기계류), 기술 6(소비재) 분야에서 상대적으로 낮은 평균을 가지는 것으로 나타났다.

<표 9> 분야별 한국인특허의 과학지식 흡수패턴 요약통계

변 수	기술분야	평균	표준편차	표본크기
과학논문 인용횟수 (y_1)	1	3.07	8.324	1379
	2	6.01	15.151	398
	3	6.15	7.250	723
	4	4.71	5.410	249
	5	3.62	5.008	37
	6	3.50	2.082	4
SCIE 논문 인용횟수 (y_2)	1	2.13	6.644	1379
	2	3.96	8.799	398
	3	5.16	6.493	723
	4	3.47	3.124	249
	5	2.46	3.694	37
	6	3.00	2.160	4
인용 시차 (y_3)	1	7.941	4.3598	1379
	2	8.741	5.1819	398
	3	11.797	7.8332	723
	4	9.397	6.0509	249
	5	7.673	5.1421	37
	6	5.625	3.1731	4

다음으로, 표본 자료에 대한 다변량 분산분석을 통하여 귀무가설과 대립가설 중 어떤 가설에 대한 근거가 충분한지 여부를 검정하였다. Wilks' Λ 검정, Pillai's trace 검정, Hotelling's trace 검정, Roy's largest root 검정 등 네 가지 방법에 의해 검정을 수행한 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 분야별 과학지식 흡수패턴의 MANOVA 검정결과

구 분		F-값	자유도	p-값
기술 분야	Pillai의 트레이스	27.504	15.000	.000
	Wilks의 람다	28.623	15.000	.000
	Hotelling의 트레이스	29.651	15.000	.000
	Roy의 최대근	81.165	5.000	.000

기술분야에 대한 과학지식 흡수패턴의 다변량 분산분석을 수행한 결과 네 가지 검정통계량의 유의확률인 p -값이 거의 0에 가까운 값으로 나타났다. 따라서, 기술분야에 따라 과학지식 흡수패턴이 같다는 귀무가설을 기각할 수 있는 충분한 근거를 제공한다고 판단된다. 따라서 기술분야에 따라 한국인 특허의 과학지식 흡수패턴에 유의한 평균차이가 있다는 대립가설을 강하게 주장할 수 있는 근거가 된다.

MANOVA 후속분석으로 추정된 판별함수는 $z = -1.673 y_1 + 2.082 y_2 + 0.778 y_3$ 로 분석된다. 판별함수에 의하면 기술분야의 흡수패턴 평균차이를 구분하는데 공헌한 상대적인 영향력은 과학논문 품질인 SCIE 논문 인용횟수(y_2), 과학논문 인용횟수(y_1), 인용시차(y_3)의 순으로 큰 것으로 나타났다. 결론적으로 한국인 특허의 기술분야별 과학지식 흡수패턴의 유의한 평균차이는 SCIE 논문 인용횟수(y_2)와 과학논문-특허 인용시차(y_3)의 합과 과학논문 인용횟수(y_1) 간의 차이에 의하여 설명될 수 있다.

1.2 기술지식 확산의 다변량분석

(1) 시기별 지식확산 분석

앞에서는 특허등록 시기와 기술분야별로 한국인 특허의 과학지식 흡수패턴에 대한 평균차이를 분석하였다. 여기에서는 한국인 특허의 등록시기에 따라 기술지식의 확산패턴에 대한 평균차이가 있는지의 여부를 다변량 기법을 이용하여 분석한다. 기술지식의 확산패턴을 분석하기 위해 미국특허청에 등록된 한국인 특허가 다른 특허에 의해 인용된 피인용횟수(x_1)와 피인용시차(x_2) 등 2개의 변수를 고려하였다. 다변량 분산분석에서 한국인 특허의 기술지식 확산패턴을 구성하고 있는 2개 변수의 평균벡터가 특허의 등록시기에 따라 유의한 평균차이가 있는지의 여부를 검정하기 위해서 다음과 같은 가설을 설정하였다.

귀무가설 : 시기별로 기술지식 확산패턴의 평균벡터에 유의한 차이가 없다.

$$(H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3)$$

대립가설 : 기술지식 확산패턴의 평균벡터는 시기에 따라 유의한 차이가 있다.

$$(H_1: \text{적어도 } \mu_i \neq \mu_j)$$

한국인 특허의 등록시기별 기술지식 확산패턴에 대한 두 개 변수에 대한 요약통계는 <표 11>과 같다. 등록시기별 기술지식 확산패턴 변수의 변화를 살펴보면 다음과 같다. 피인용횟수(x_1)와 피인용시차(x_2)의 경우 등록시기가 최근에 접근함에 따라 평균적으로 감소하는 경향이 있음을 알 수 있다.

<표 11> 시기별 한국인특허의 기술지식 확산패턴 요약통계

변 수	등록시기	평균	표준편차	표본크기
피인용 횟수	1	10.36	12.905	184
	2	9.62	11.570	1261
	3	4.91	7.064	1742
피인용 시차	1	15.033	52.7177	184
	2	6.020	12.0171	1261
	3	5.270	36.3188	1742

다음으로, 다변량 분산분석을 통하여 귀무가설과 대립가설 중 어떤 가설에 대한 근거가 충분한지 여부를 검정하였다. Wilks' Λ 검정, Pillai's trace 검정, Hotelling's trace 검정, Roy's largest root 검정 등 네 가지 방법에 의한 검정 결과는 <표 12>와 같다.

<표 12> 시기별 기술지식 확산패턴의 MANOVA 검정결과

구 분		F-값	자유도	p-값
등 록 시 기	Pillai의 트레이스	53.367	4.000	.000
	Wilks의 람다	54.061	4.000	.000
	Hotelling의 트레이스	54.754	4.000	.000
	Roy의 최대근	103.169	2.000	.000

등록시기별 기술지식의 확산패턴에 대한 다변량 분

산분석 결과 네 가지 검정통계량의 유의확률인 p -값이 거의 0에 가까운 값으로 나타났다. 따라서 한국인 특허의 등록시기에 따라 기술지식 확산패턴이 같다는 귀무가설을 강하게 기각할 수 있는 충분한 근거를 제공한다고 판단된다. 따라서 등록시기에 따라 기술지식 확산패턴에 유의한 평균차이가 있다는 대립가설을 강하게 주장할 수 있는 근거가 된다.

MANOVA 후속분석으로 추정된 판별함수는 $z = 0.990 x_1 + 0.111 x_2$ 와 같이 분석되었다. 판별함수에 의하면 시기별 기술지식 확산패턴 평균차이를 구분하는 데 공헌한 상대적인 영향력은 피인용횟수(x_1)가 피인용시차(x_2)보다 약 9배 큰 것으로 나타났다. 결론적으로 한국인 특허의 등록시기별 기술지식 확산패턴의 평균차이 대부분은 피인용횟수(x_1)에 의하여 설명될 수 있는 것으로 분석된다.

(2) 기술분야별 지식확산 분석

앞에서는 시기별로 한국인 특허의 기술지식 확산패턴에 대한 평균차이가 있는지의 여부를 다변량 분산분석을 이용하여 분석하였다. 여기에서도 앞에서와 마찬가지로 기술분야별로 기술지식 확산패턴에 대한 평균차이 여부와 변수의 영향력을 평가하기 위해 동일한 다변량 기법을 적용하였다. 다변량 분산분석에서 기술지식 확산패턴을 구성하고 있는 2개 변수의 평균벡터가 기술분야 범주에 따라 유의한 차이가 있는지 여부를 검정하기 위해 다음의 가설을 설정한다.

귀무가설 : 기술분야별로 기술지식 확산패턴의 평균벡터에 유의한 차이가 없다.

$$(H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6)$$

대립가설 : 기술지식 확산패턴의 평균벡터는 기술분야에 따라 유의한 차이가 있다.

$$(H_1: \text{적어도 } \mu_i \neq \mu_j)$$

한국인 특허의 기술분야별 기술지식 확산패턴의 요약통계는 <표 13>과 같다. 요약통계에 의하면 피인용횟수(x_1)와 피인용시차(x_2)의 평균은 기술 1(전

기전자기술)과 기술 2(도구 및 장치)에서 상대적으로 높고, 다른 기술분야에서는 상대적으로 낮게 나타났다. 그리고 피인용횟수(x_1)의 평균이 가장 낮은 기술 분야는 기술 3(바이오기술)이었고, 피인용시차(x_2)의 평균이 가장 낮은 기술분야는 기술 6(소비재) 분야로 나타났다.

<표 13> 분야별 한국인특허의 기술지식 확산패턴 요약통계

변 수	기술분류	평균	표준편차	표본
피인용 횟수	1	8.04	10.777	2057
	2	6.95	8.748	477
	3	3.41	4.706	384
	4	5.57	7.651	196
	5	4.57	3.899	60
	6	4.83	5.114	12
피인용 시차	1	6.134	32.2281	2057
	2	8.199	41.6095	477
	3	4.825	8.8905	384
	4	4.187	4.9619	196
	5	4.853	8.8249	60
	6	3.433	1.3757	12

기술분야별 기술지식 확산패턴에 대한 다변량 분산분석에서 네 가지 검정통계량을 이용한 검정 결과는 <표 14>와 같다. 기술분야에 대한 기술지식 확산패턴의 다변량 분산분석을 수행한 결과 네 가지 검정통계량의 유의확률인 p -값이 거의 0에 가까운 값으로 나타났다. 따라서, 기술분야에 따라 기술지식 확산패턴이 같다는 귀무가설을 기각할 수 있는 충분한 근거를 제공한다고 판단된다. 따라서 기술분야에 따라 과학기술지식 확산패턴에 유의한 평균차이가 있다는 대립가설을 강하게 주장할 수 있는 근거가 된다.

MANOVA의 후속분석인 정준판별분석으로 추정된 판별함수는 $z = 0.996 x_1 + 0.062 x_2$ 와 같이 분석되었다. 판별함수에 의하면 기술분야별 기술지식 확산패턴의 평균차이를 구분하는 데 공헌한 영향력은 대부분 피인용횟수(x_1)로 나타났다. 결론적으로 한국인 특허의 기술분야별 기술지식 확산패턴의 평균차이 대

부분은 시기별과 유사하게 피인용횟수(x_1)에 의하여 설명될 수 있다고 판단할 수 있다.

<표 14> 분야별 기술지식 확산패턴의 MANOVA 검정결과

구 분		F-값	자유도	p -값
기술 분야	Pillai의 트레이스	8.799	10.000	.000
	Wilks의 람다	8.850	10.000	.000
	Hotelling의 트레이스	8.901	10.000	.000
	Roy의 최대근	17.221	5.000	.000

2. 과학기술 지식흐름의 속도분석

여기에서는 과학기술 지식흐름이 얼마나 빠른 속도로 이루어지는지를 분석하고자 한다. 이를 위해 우선 과학지식이 확산되어 기술지식에 흡수되는 시간을 과학논문과 특허간의 인용시차를 이용하여 산출하며, 다음으로 기술지식의 확산속도는 특허가 다른 특허에 인용되는 시간을 산출하여 분석하고자 한다. 또한 이러한 지식확산속도에 대하여 기술분야별로 구분하여 그 차이를 분석하고자 한다.

2.1 과학지식의 확산속도 분석

특허에 인용된 과학논문의 발행년도와 특허의 등록년도 간의 평균 인용시차는 특허의 기술영역이나 잠재적 첨단기술 분야의 발전속도를 나타내는 지표가 된다. 이 지표는 특허에서 과학수명주기(science cycle time)로 불리는데, 인용특허와 피인용특허 간의 인용시차를 의미하는 기술수명주기(technology cycle time)에 대응하는 개념으로 사용된다(Verbeek et al., 2002).

과학논문을 많이 인용하고 있는 기술분야는 논문과 특허 간의 인용시차가 짧아지고 있으며, 이는 과학과 기술 간의 인접도가 강화되고 있음을 보여준다. 일반적으로 과학수명주기가 짧은 기술분야는 바이오기술, 유기화학, 반도체, 제어기술 분야이다. 한편 특

허 심사단계에서 기술과 관련된 과학적 배경정보가 포함되면서 인용시차가 길어지는 경우도 있다.

과학논문이 특허에 인용되기까지 소요되는 시간을 정밀하게 추적하기 위해서는 과학논문이 학술지에 수록되기 위해 최초로 제출된 시점을 기준으로 측정해야 한다. 그러나 과학논문 제출일자 정보의 입수를 위해 특허에 인용된 과학논문을 모두 입수하는 것이 물리적으로 불가능하므로, 선행연구(Narin, Hamilton and Olivastro, 1997; Malo and Geuna, 2000)에서 사용되었던 것처럼 특허의 출원년도와 과학논문의 발행년도를 이용하여 인용시차를 구하였다.

<표 15>에서 보는 바와 같이 과학논문과 특허 간의 평균 인용시차는 특허등록시기에 따라 1990년대 상반기 9.14년, 1990년대 하반기 7.43년, 2000년대 상반기 6.45년 등으로 크게 단축되고 있음을 보여준다. 즉, 1990~1994년 기간에 등록된 한국인 특허에 인용된 과학논문의 평균 인용시차는 약 9년이 넘었지만, 2000~2004년 기간에 등록된 특허에 인용된 과학논문의 평균 인용시차는 약 6.5년으로서, 1990년대 상반기에 비해 과학지식의 활용속도가 약 2.7년 빨라졌음을 알 수 있다.

과학논문과 특허 간의 인용시차가 기술분야 간 차이가 있는지를 파악하기 위해 분산분석(ANOVA)을

실시하였다. 분산분석 결과 <표 16>에서와 같이 특허의 기술분야 간 과학논문에 대한 인용시차의 p값은 .000으로서, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 보다 낮게 나타나 각 기술분야의 평균 인용시차가 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 17>은 특허 기술분야별 과학논문에 대한 평균 인용시차와 중앙값을 보여준다. 과학논문에 대한 인용시차가 기술분야별로 상이하게 나타났다. 첨단기술 분야는 기술발전 속도가 매우 빠르고 과학논문의 지원을 필요로 하는 분야로서, 최신 과학논문에 대한 접근성을 최대한 활용하고자 한다(Ascosta and Coronado, 2003).

한국인 특허에서 과학연계지수가 높은 반도체 분야의 경우 4.8년, 광기술은 6.2년, 의약품 7.9년, 바이오기술 8.2년이라는 과학논문과의 인용시차를 보이고 있다. 응용연구에 기반한 반도체나 광기술보다 기초연구에 기반한 의약품이나 바이오기술 분야에서 과학논문과 특허 간 인용시차가 길게 나타나고 있다. 이는 기초연구로부터 도출된 중요한 지식은 그 연구에 관여하지 않았던 과학자나 발명자에 의해 인용되며, 기초연구로부터 얻은 발견을 토대로 한 혁신은 종종 수십 년 뒤에 나타나기 때문으로 여겨진다(조황희, 박수동, 2000). 이와는 대조적으로 응용 및 개발연구와 특허

<표 15> 과학논문과 특허 간의 인용시차

기 간	평균 인용시차	과학논문수	표준편차	평균의 표준오차	최소값	최대값
1990~1994	9.14	513	9.80	0.43	0	67
1995~1999	7.43	3,989	7.27	0.11	0	72
2000~2004	6.45	10,459	6.65	0.07	0	78
합 계	6.80	14,961	6.98	0.06	0	78

<표 16> 기술분야별 과학논문과 특허간 평균 인용시차에 대한 분산분석

		제곱합	자유도	평균제곱	F값	유의확률
기술분야 간 인용시차	집단-간	35030.21	29	1207.94	26.00	.000
	집단-내	693367.06	14927	46.45		
	합 계	728397.27	14956			

<표 18> 기술분야별 피인용특허와 인용특허 간 평균 인용 시차에 대한 분산분석

		제공합	자유도	평균제곱	F값	유의확률
기술분야 간 인용시차	집단-간	288.142	27	10.672	2.925	.000
	집단-내	11513.272	3156	3.648		
	합 계	11801.414	3183			

라는 기술혁신 간에는 수개월 또는 불과 수개월의 짧은 기간에 많은 인용이 이루어지기도 한다.

<표 17> 기술분야별 과학논문과 특허간 평균 인용시차(과학논문 100건 이상 인용기술 대상)

	건수	평균	중앙값	표준편차
전기공학	508	6.09	4.00	6.601
시청각기술	236	5.87	4.00	5.152
정보통신	1,420	6.65	5.00	5.891
정보기술	1,420	5.95	5.00	4.656
반도체	2,309	4.83	4.00	4.530
광기술	2,445	6.21	5.00	4.531
제어기술	443	8.05	6.00	8.404
의료기술	115	7.50	5.00	9.162
유기화학	1,298	10.32	6.00	11.297
고분자	515	6.86	4.00	8.298
의약품	1,123	7.89	6.00	8.000
바이오기술	1,150	8.19	6.00	8.484
재료	303	8.53	6.00	8.351
식품화학	151	8.37	6.00	7.103
기초재료화학	332	6.60	5.00	6.833
화학공학	278	6.97	5.00	7.515
표면기술	505	5.36	3.00	6.237

2.2 기술지식의 확산속도 분석

인용특허(citing patent)와 피인용특허(cited patent) 간의 인용시차는 기술수명주기(technology cycle time)라고 불리는데,⁵⁾ 이 개념을 이용하여 특정 기술분야에 속한 하나의 특허가 특정 산업분야에 속한 다른 특허

에 인용됨으로써 기술지식이 확산되는 속도를 파악할 수 있다. 어떤 특허(피인용특허)가 다른 특허(인용특허)에 인용되기까지 소요되는 시간을 정밀하게 추적하기 위해서는 피인용특허가 공개되는 시점을 기준으로 측정해야 한다. 그러나 미국특허의 경우 2001년 이전까지 별도의 공개제도를 시행하지 않고 있어서 일관성 있는 데이터를 확보할 수 없기 때문에 피인용특허와 인용특허 모두 등록시점을 기준으로 인용시차를 구하여 적용하였다.

피인용특허와 인용특허 간의 인용시차가 기술분야 간 차이가 있는지를 파악하기 위해 분산분석을 수행하였다. 분산분석 결과 <표 18>에서와 같이 한국인 특허에 대한 타 미국특허의 인용시차는 기술분야별로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 19>는 기술분야별 기술지식의 확산속도를 파악할 수 있는 피인용특허와 인용특허 간의 평균 인용시차와 중앙값을 보여주고 있다. 특허에 대한 인용시차는 기술분야별로 상이하게 나타났다. 한국인 특허에서 과학연계지수가 높은 반도체 분야의 경우 3.75년, 광기술은 3.38년, 의약품 4.66년, 바이오기술 4.37년이라는 특허 간의 인용시차를 보였다. 응용연구에 기반한 반도체나 광기술보다 기초연구에 기반한 의약품이나 바이오기술 분야에서 특허 간의 인용시차가 길게 나타나고 있다.⁶⁾

5) 기술수명주기(technology cycle time : TCT)는 특허가 출원되었을 때 그것이 인용하고 있는 특허들의 연도 수의 중앙값으로 표시되며, 기술이 속한 기술군의 신기술 수용속도 또는 기술변화 속도를 의미한다(Narin, 1987). 따라서 이 지표는 특정 기술분야에서 기술혁신이 얼마나 빠른 속도로 이루어지고 있는지를 분석하기 위해 활용될 수 있다.

6) 여기에서 분석된 피인용특허와 인용특허간의 기술지식 확산속도는 엄밀한 의미에서 기술수명주기(TCT)와는 차이가

〈표 19〉 기술분야별 피인용특허와 인용특허 간 평균 인용시차(50건 이상 특허 피인용기술 대상)

	건수	평균	중앙값	표준편차
전기공학	157	4.226	4.000	2.3100
시청각기술	100	3.494	3.275	1.6778
정보통신	554	3.862	3.595	1.8705
정보기술	403	3.884	3.620	1.8690
반도체	842	3.754	3.500	1.8447
광기술	359	3.382	3.000	1.6467
제어기술	105	3.752	3.290	1.8553
유기화학	107	4.177	3.500	2.3737
고분자	70	4.359	4.000	2.2955
의약품	85	4.659	4.670	2.3105
바이오기술	62	4.368	4.000	2.1737
표면기술	90	3.856	3.610	1.7484

이러한 분석결과는 기술분야별 과학논문과 특허간의 평균 인용시차에 대한 분석결과와 유사한 패턴을 보여주고 있다. 즉, 과학지식의 확산속도가 상대적으로 빠른 시청각기술(5.87년), 정보기술(5.95년), 반도체(4.83년), 광기술(6.21년) 등의 경우 기술지식의 확산속도 역시 상대적으로 짧게 나타나고 있으며, 과학지식의 확산속도가 상대적으로 느린 의약품(7.89년), 바이오기술(8.19년) 등의 분야는 기술지식의 확산속도 역시 상대적으로 길게 나타나고 있음을 알 수 있다.

Ⅶ. 요약 및 결론

본고는 과학기술 지식흐름의 분석을 통해 기술혁신의 특성을 분석하기 위한 실증적 연구이다. 과학기술의 지식흐름을 분석하기 위해서는 먼저 과학과 기술지식의 흐름이 어떠한 특성을 가지고 있는지를 살

있다고 할 수 있다. 이를 테면 본 연구에서는 1990년부터 2004년까지의 미국특허청 등록 한국인특허에 대하여 2006년까지 인용된 자료를 기초로 분석되었기 때문에 2006년 이후에 인용되는 현상을 반영하지 못한다는 것이다.

펴볼 필요가 있다. 본 연구에서의 과학기술 지식흐름에 대한 분석은 크게 두 가지 측면에서 이루어졌다. 먼저, 과학논문으로 표현되는 과학지식이 특허로 대표되는 기술분야로 확산되어 기술지식의 생성에 기여하는 과학지식 확산패턴과 이 기술지식이 산업분야로 파급·활용되는 기술지식 확산패턴을 분석하였다. 다음으로, 과학기술 지식흐름의 속도가 기술분야에 따라 어떻게 다른지를 분석하였다.

먼저, 이러한 과학기술 지식흐름의 패턴분석은 한국인 특허기술을 기준으로 과학지식 흡수패턴과 기술지식 확산패턴 측면에서 분석되었다. 이 분석을 위해서는 지식흐름의 흡수와 확산패턴이 기술지식의 발생시기와 발생분야에 따라 유의한 차이가 있는지를 다변량 분산분석을 통해 검토하였으며, 유의한 차이를 발생시키는 과학기술 지식흐름 변수들의 상대적인 중요도와 선형결합을 탐색하기 위해 후속분석으로서 정준판별분석을 수행하였다.

한국인특허로 표현된 기술지식의 과학지식 흡수패턴의 특성에 대한 분석결과를 과학지식의 흡수량, 품질, 최신성 등의 측면에서 기술지식의 발생시기와 발생분야로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 기술지식 발생시기별 지식흡수 패턴의 분석결과를 보면, 과학지식의 흡수량과 품질을 나타내는 과학논문 인용횟수와 SCIE논문 인용횟수의 경우 발생시기가 최근으로 올수록 평균적으로 증가하는 경향이 있고, 반면 지식의 최신성을 나타내는 인용시차의 경우 평균적으로 감소(최신성의 증가)하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 그리고 지식의 발생시기별 지식흡수 패턴의 평균차이는 과학논문 인용횟수와 과학논문과 특허 간 인용시차의 차이에 의해 주로 설명될 수 있는 것으로 나타났다.

둘째, 기술지식 발생분야별 지식흡수 패턴의 분석결과를 보면, 과학논문 인용횟수, SCIE논문 인용횟수, 과학논문과 특허 간 인용시차에 있어서 도구 및 장치 분야, 화학, 의약품, 바이오기술 분야, 공정기술 분야 등에서 상대적으로 높은 평균값을 가진 것으로 나타났다. 즉, 이들 기술분야의 경우 상대적으로 많

은 과학지식과 높은 품질의 과학지식, 그리고 상대적으로 오래된 과학지식을 흡수하고 있는 것으로 해석된다. 그리고 이러한 지식흡수 패턴의 차이는 SCIE 논문 인용횟수와 과학논문-특허 간 인용시차의 합과 과학논문 인용횟수 간의 차이에 의해 설명될 수 있는 것으로 나타났다.

한국인특허로 표현된 기술지식의 확산패턴의 특성에 대한 분석결과를 지식의 확산량(특허 피인용수)과 시차(특허 피인용시차)의 측면에서 기술지식 발생시기와 발생분야별로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 기술지식 발생시기별 지식확산 패턴의 분석결과를 보면, 특허의 피인용수와 피인용시차의 경우 발생시기가 최근에 접근함에 따라 평균적으로 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 이는 기술지식의 발생시기가 오래될 수록 기존 특허에 대한 인용가능성이 높아지게 될 것이라는 당연한 결과를 반영하는 것이라고 할 수 있다. 그리고 기술지식의 발생시기별 확산패턴의 평균 차이는 대부분 피인용횟수에 의해 설명될 수 있는 것으로 분석되었다.

둘째, 기술지식 발생분야별 지식확산 패턴의 분석결과를 보면, 피인용횟수와 피인용시차의 경우 전기전자기술 분야와 도구 및 장치 분야에서 상대적으로 높은 것으로 분석됨으로써 이들 분야는 상대적으로 오래되고 많은 기술지식을 확산시키고 있는 것으로 나타났다. 또한 바이오기술의 경우 피인용횟수의 평균이 가장 낮아 가장 적은 기술지식이 타 분야로 확산되고 있고, 소비재의 경우 피인용시차가 가장 짧아 가장 최근의 기술지식이 타 분야에 확산되고 있는 것으로 나타났다. 그리고 기술분야별 기술지식 확산패턴의 평균적인 차이는 대부분 피인용횟수에 의해 설명되는 것으로 분석되었다.

다음으로, 과학기술 지식흐름의 패턴이 발생시기와 발생분야별로 어떻게 차이가 있는지에 대한 분석과 함께 지식흐름 속도 측면에서도 분석을 수행하였다.

과학지식의 확산속도를 기술분야별로 분석한 결과, 반도체의 경우 4.8년, 광기술 6.2년, 의약품 7.9년, 바이오기술 8.2년 등으로 나타났다. 한편, 기술지식 확

산속도를 분석한 결과에 따르면, 반도체 3.75년, 광기술 3.38년, 의약품 4.66년, 바이오기술 4.37년 등으로 분석됨으로써 과학지식의 확산과 유사한 기술분야별 추세를 보여주고 있다. 이러한 분석결과는 응용연구나 개발연구와 특허라는 기술혁신이 기초연구로부터 도출된 지식을 기반으로 한 혁신에 비해 상대적으로 단기간에 이루어지고 있음을 실증한 것이라고 할 수 있다.

이상에서 분석된 바를 통해 몇 가지 시사점을 얻을 수 있다. 우선 기술지식의 발생시기와 발생분야에 따라 과학지식의 흡수패턴과 기술지식 확산패턴에 차이가 있는 것으로 분석되었는데, 이러한 차이는 기술혁신의 발생이 시기와 기술분야에 따라 달리 나타나고 있음을 의미하는 것이다. 또한 기술분야별로 지식확산의 속도가 차이가 있는 것으로 분석되고 있는데, 이는 중장기적인 기초과학 지원이 기술혁신으로 연결되는 시간이 다르다는 점을 시사하는 것이다. 따라서, 기술혁신체제의 수립을 위한 기술분야별 접근방법이 달리 적용될 필요가 있음을 나타내는 것이라고 할 수 있다. 또한, 과학지식이 기술지식으로 전환되고 산업혁신으로 연결되는 과정과 특성이 분야별로 상당한 차이를 보이고 있어 기술혁신 정책의 효과성 확보를 위해 기술분야별 접근방식을 종합적으로 조정해야 할 필요성을 제기하는 것으로 해석할 수 있다.

참 고 문 헌

[국내 문헌]

- [1] 노경란 (2006), 특허분석을 통한 과학기술자의 과학논문 인용행태에 관한 연구, 연세대 박사학위논문.
- [2] 박현우 (2006), 과학기술 지식흐름과 기술혁신 추세분석 : 지식흐름 분석모델의 탐색적 연구, 지식경영연구, 한국지식경영학회, 제7권, 제2호, 13-34.
- [3] 박현우 (2007), 과학기술 지식흐름과 기술혁신의 연계분석모델 탐색, 한국과학기술학회 2007년 정기 학술대회, 6. 2.

[국외 문헌]

- [1] Acosta, M. and D. Coronado (2003), Science-Technology Flows in Spanish Regions : An Analysis of Scientific Citations on Patents, *Research Policy*, 32, 1783-1803.
- [2] Breschi, S., F. Lissoni and F. Malerba (2003), Knowledge Networks from Patent Citations? Methodological Issues and Preliminary Results, *DRUID Summer Conference on Creating, Sharing and Transferring Knowledge*, June 12-14, Copenhagen.
- [3] Gittelman, M. and B. Kogut (2003), Does Good Science Lead to Valuable Knowledge? Biotechnology Firms and the Evolutionary Logic of Citation Patterns, *Management Science*, 49(4), 366-382.
- [4] Hall, B. H., A. B. Jaffe, and M. Trajtenberg (2001), *The NBER Patent Citations Data File : Lessons, Insights and Methodological Tools*, National Bureau of Economic Research, Working Paper, No.8498.
- [5] Harhoff, D., F. M. Scherer and K. Vopel (2003), Citations, Family Size, Opposition and the Value of Patent Rights, *Research Policy*, 32, 1343-1363.
- [6] Karki, M (1997). Patent Citation Analysis : A Policy Analysis Tool, *World Patent Information*, 19(4), 269-272.
- [7] Malo, S. and A. Geuna (2000), Science-technology Linkages in an Emerging Research Platform : The Case of Combinatorial Chemistry and Biology, *Scientometrics*, 47, 303-321.
- [8] Meyer, M. (2000), Patent Citations in a Novel Field of Technology : What Can They Tell about Interaction between Emerging Communities of Science and Technology?, *Scientometrics*, 48(2), 151-178.
- [9] Meyer, M. (2002a), Tracing Knowledge Flows in Innovation Systems, *Scientometrics*, 54(2), 193-212.
- [10] Meyer, M. (2002b), Tracing Knowledge Flows in Innovation Systems : An Informetric Perspective on Future Research on Science-based Innovation, *Economic Systems Research*, 14(4), 323-344.
- [11] Narin, F., E. Noma, and R. Perry (1987), Patents as Indicators of Corporate Technological Strength, *Research Policy*, 16(2/4), 143-155.
- [12] Narin, F., K. S. Hamilton, and D. Olivastro (1997), The Increasing Linkage between US Technology and Public Science, *Research Policy* 26(3), 317-330.
- [13] OECD (1994), *The Measurement of Scientific and Technological Activities - Using Patent Data as Science and Technology Indicators*, Patent Manual, Paris : OECD.
- [14] Pavitt, K. (1998), The Social Shaping of the National Science Base, *Research Policy*, 27(8), 793-805.
- [15] Schmoch, U. (1993), Tracing the Knowledge Transfer from Science to Technology as Reflected in Patent Indicators, *Scientometrics*, 2(1), 193-211.
- [16] Schmoch, U., F. Laville, P. Patel, and R. Frietsch (2003), *Linking Technology Areas to Industrial Sectors*, Final Report to the European Commission, DG Research.
- [17] Sorenson, O. and L. Fleming (2004), Science and the Diffusion of Knowledge, *Research Policy*, 33, 1615-1634.
- [18] Verbeek, A., K. Debackere, M. Luwel, P. Andries, E. Zimmermann, and F. Deleus (2002), Linking Science to Technology : Using Bibliographic References in Patents to Build Linkage Scheme, *Scientometrics*, 54(3), 399-420.

● 저 자 소 개 ●



박 현 우 (Hyun-Woo Park)

홍익대학교에서 학사와 석사를 마친 후, 동 대학교에서 경영학박사, 고려대학교에서 이학박사를 취득하였다. 산업기술정보원 부연구위원, San Francisco 주립대 Research Associate를 거쳤으며, 현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원으로 재직 중이다. 관심분야는 과학계량분석, 기술혁신경영, 기술가치평가 등이며, 당해분야에서 저서 10여편, 연구보고서 약 20편, 학술지 게재논문 약 50편 등이 있다.



성 웅 현 (Oong-Hyun Sung)

성균관대학교 통계학과를 졸업하고, 미국 Ohio University에서 경영학 석사 및 Texas Tech University에서 경영통계학 박사학위를 취득하였다. 현재 한신대학교 정보통계학과 정교수로 재직 중이다. 주요 관심분야로는 다변량분석, 기술가치평가, 실물옵션, 기술경영 등이 있다.