

연결망 분석을 활용한 인문사회기반 융합연구 구조에 관한 연구: 네트워크 중심성과 중개자 역할을 중심으로

Research Networking in Convergence Relations: A Network Analytic Approach to Interdisciplinary Cooperation

양창훈*, 허정은**

가톨릭관동대학교 공공행정학과*, 한국연구재단 인문사회연구총괄기획팀**

Chang Hoon Yang(cy8064@cku.ac.kr)*, Jungeun Heo(prettyheo@nrf.re.kr)**

요약

본 연구는 인문사회기반 융합연구 지원과제를 대상으로 연구 분야간 협력적 연계관계 구조와 그 속성을 분석하고자 하였다. 학제간 연구협력은 공동의 문제를 해결하는데 있어서 개별 연구 분야들이 보유한 지식, 정보, 자원 등을 다른 분야들과 결합하고 공유하는 상호 협력적인 연구 활동이라고 볼 수 있다. 2009년부터 2015년까지 한국연구재단이 지원한 183개 융합과제를 대상으로 98개의 연구 분야를 추출하고 이를 관계형 네트워크 데이터로 구축하여 분석을 수행하였다. 분석 결과, 다양한 분야들이 상호 연계되어 군집을 형성하고 이를 통해 협력적 융합연구 활동이 고르게 분포되는 구조적 속성을 확인할 수 있었다. 둘째, 외향 및 내향 연결 중심성이 높은 분야들이 전체 년도구간에서 학제적 연구협력의 주요 기능을 담당하는 것으로 판단되었다. 셋째, 연결자(Liaison)의 중개 역할이 전체 네트워크에서 이종 지식과 정보의 흐름을 증대하는 연구 분야의 대표적인 특성이라는 점도 확인되었다. 본 연구는 학제간 연구협력 네트워크의 구조적 속성을 파악하고 융합연구에 있어서 네트워크 방법론의 적용이 가지는 정책적 함의를 제시하였다.

■ 중심어 : | 융합연구 | 학제간 연구협력 | 연결망 구조 | 중개자 역할 | 네트워크 분석 |

Abstract

Interdisciplinary convergence research is widely seen as a collaborative research between different disciplines, which is often driven by common agenda or problems in pursuit of a particular common objective. Thus, the purpose of interdisciplinary cooperation in convergence research is to bring each discipline's unique perspective together with the academic expertise of researchers in order to share common problems that cannot be solved effectively without research partnership. We present empirical evidence on how interdisciplinary research relationships are formed to facilitate research networking in convergence relations. In particular, we used network analysis to investigate how interdisciplinary linkages and convergence research networks has formed over time. We found that the convergence research networks were implemented by the interdisciplinary convergence research support program as intended. We did find that research field with high indegree and outdegree in a network played critical roles on the dynamics and degree of interdisciplinarity. Finally, we could find evidence that the role of liaison brokers triggered relational dynamics in interdisciplinary research collaboration.

■ keyword : | Convergence Research | Interdisciplinary Collaboration | Network Topology | Brokerage | Network Analysis |

I. 서론

급격하고 다양한 환경의 변화와 함께 우리 사회가 안고 있는 문제들을 해결하기 위하여 과학기술을 중심으로 한 학제간 융합연구의 중요성이 부각되고 있다. 하지만 복잡하고 광범위해지고 있는 개인과 사회 문제에 대한 접근과 해결방안은 과학기술적 접근만으로는 한계가 있으며, 최근에는 이러한 한계를 극복하기 위해 과학 기술과 인문사회의 융합을 통한 새로운 인간중심적 문제 진단과 해결방안을 탐색하고자 하는 노력이 추진되고 있다. 주요 선진국의 경우 인간·사회 문제에 대해 창조적이고 합리적인 해결방안을 모색하고자 기존 과학기술 중심의 연구개발 사업에 인문사회 분야와의 융합을 확대하는 정책을 마련하여 추진하고 있다.

미국의 국립과학재단(National Science Foundation, NSF)은 2004년부터 ‘인문학과 사회과학을 위한 사이버 인프라스트럭처 위원회(Commission on Cyberinfrastructure for the Humanities and Social Sciences)’를 구성하여 과학기술 분야의 혁신을 촉진하는데 있어 인문학과 사회과학의 역할과 필요성을 강조하고, 정부, 의회, 민간, 대학 간 파트너십을 통해 인문학과 사회과학을 위한 사이버인프라스트럭처의 전략적 구축을 지원하고 있다 [1]. 그리고 2013년 ‘지식, 기술, 그리고 사회의 융합 (Converging Knowledge, Technology, and Society, CKTS)’이라는 과학정책 보고서를 통해 융합연구의 영역을 과학기술뿐만 아니라 공동체와 인간의 역할 영역으로 확대하기 위한 플랫폼을 제시하였다[2]. 또한 미국 국립인문학재단(National Endowment for the Humanities, NEH)도 2008년 ‘디지털 인문학단(Office of Digital Humanities, ODH)’을 설립하여 인문학과 디지털기술의 학제간 공동연구지원을 강화하고 있다[3]. 유럽의 경우, 2004년부터 ‘유럽지식사회를 위한 융합기술(Converging Technologies for the European Knowledge Society, CTEKS)’이란 의제를 마련하여 과학기술과 인문사회 세부분야를 포괄하는 융합연구의 협력(cooperation)을 강조하고, 이를 유럽의 글로벌 경쟁력 강화를 위한 연구혁신 지원 프로그램인 ‘제7차 프레임워크 프로그램(7th Framework Programme, FP7)’과 ‘Horizon 2020(2014-2020)’

프로그램에 지속적으로 반영하고 있다[4-6].

우리 정부도 과학기술적 접근만으로 해결할 수 없는 개인과 사회의 주요 문제를 과학기술과 인문·사회·예술의 다양한 융합을 통한 새로운 접근과 방법으로 종합적 해결을 탐색하고 대안을 제시하기 위한 목적으로 2014년 ‘창조경제실현을 위한 융합기술발전전략[7]’을 마련하고 2016년부터 ‘과학기술·인문융합연구사업[8]’을 시범적으로 추진하고 있다. 하지만, 국내 과학기술·인문 융합 관련 정부의 연구비 비중은 전체 R&D 투자액의 0.3%정도에 불과하며(‘13-’15년 기준), R&D 투자의 상당부분이 인문사회 중심의 기초연구와 인재양성 등 기반구축 관련 사업에 집중되어 있어서 공공이 해결해야 하는 문제에 대하여 종합솔루션을 제시하는 실질적인 과학기술·인문융합 연구개발 활동은 미흡한 상황이다 [9].

이와 같은 최근의 과학기술과 인문사회 분야와의 융합연구 시도는 전통적인 기술적 경쟁우위만으로는 급변하는 현대사회에서 야기되는 복잡한 인간·사회 문제를 해결하고 새로운 혁신과 부가가치를 창출하는데 있어서 한계를 지닌다는 인식을 반영한다. 따라서 인간·사회 문제와 밀접하게 연관된 분야를 중심으로 인간중심적 가치 추구를 위한 새로운 혁신영역과 연구개발 환경을 과학기술과 인문사회와의 융합을 통해 창출하는 노력이 필요하다고 본다. 이를 위해 한국연구재단은 2009년부터 인문사회기반 ‘학제간융합연구지원사업’을 마련하여 과학기술과 인문사회 분야간 융합연구 활동을 지원하고 있다.

이에 본 연구는 네트워크 분석기법을 활용하여 현재 우리나라 인문사회기반 융합연구의 학제간 연계 속성이 어떤 구조적 특성(topology)을 지니고 있는지를 탐색하고자 한다. 네트워크 분석은 여러 개체들 사이의 관계 속에서 표출되는 연계적 속성(relational property)을 이해하고 해석하는 방법론적 분석틀이다[10]. 본 연구에서는 2009년부터 2015년까지 한국연구재단이 지원한 183개 융합과제를 대상으로 총 98개 융합연구 분야에 대한 협력적 연계관계를 분석함으로써 학제간 융합연구의 연계적 속성을 이해하고 연구 분야들간 관계 구조의 특성을 파악하고자 한다. 또한 융합연구 네트워크

에서 개별 연구분야가 갖고 있는 중개자 속성이 학제간 협력 활동에 어떻게 작용하는지 이해하고자 한다.

II. 이론적 논의

1. 융합연구를 위한 협력체계

융합연구 협력체계에 대한 일반적 논의는 공통적으로 당면한 문제들을 해결하기 위한 다양한 학문간의 협동적 접근방식의 조정이라는 측면에서 이해되고 있으며[11-16], 이는 연구 분야간 상호연계와 결합을 통해서 새로이 창출되는 유기적 형태의 연구협력 연계 구조를 의미한다고 볼 수 있다. 하지만 융합연구를 형성하는 연구협력 체계의 특성을 유기적인 상호연계 관계로 설명하기 위한 실증적 분석과 평가는 미흡한 실정이다.

기존 연구들은 일반적인 연구개발의 관점에서 융합연구를 위한 협력체계에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대한 분석을 제시하고 있다. 첫 번째 요인은 연구협력을 통한 파급효과(spillovers)이다. 연구협력을 통한 파급효과는 경제분석에서 전통적으로 활용되어온 방법으로 연구개발 비용과 위험의 공동 분담, 규모의 경제 달성, 그리고 표준화 선점이라는 측면에서 경쟁보다 협력이 강조된다고 보고 있다[17-22]. 두 번째는 가치창출을 위한 협력 구축과 이를 통한 역량, 지식, 자원 등의 결합이다. 공동연구 협력은 각각의 영역 내에서 오랜 시간에 걸쳐 누적적으로 형성된 역량, 지식, 자원 등을 상호보완적으로 공유할 수 있는 기회를 제공함으로써 새로운 가치창출과 효율적 활용을 도모할 수 있다고 본다[23-26]. 마지막 요인으로는 협력적 공동연구를 통해서 독립적 영역이 갖는 한계에서 벗어나 새로운 영역과 방법을 탐구할 수 있으며, 환경변화에 맞게 연구 활동을 변화·발전시킬 수 있는 급진적 학습(radical learning)의 기회가 유발된다고 보고 있다[27][28].

이처럼 대부분의 연구가 융합연구를 위한 연구협력과 그 체계에 대한 요인 분석에 초점이 맞춰져 있고, 융합연구 협력체계의 유기적인 연계 구조와 그 속성을 분석한 연구는 미미한 것으로 나타났다. 이는 기존 연구들이 융합연구 협력의 속성(attributes)을 설명변수와의

상관관계로 규명하고자하는 기본적인 접근방식 때문이라고 볼 수 있다. 하지만 네트워크 분석은 융합연구의 협력적 연계 구조를 분석대상 개체 간의 관계로부터 파생되는 창발적 속성(emergent property)에 기반을 두고 분석한다. 네트워크 분석을 이용하여 융합연구의 협력적 연계관계를 분석한 국내 연구들로는 산업공학 분야의 융합연구 인용관계 분석[29], 출연연구기관의 융합기술 분야간 연계구조 분석[30], 보건의료 분야 융합연구의 연계관계 특성 및 키워드 분석[31], 융합기술분야 연구자 네트워크의 공저자 분석[32], 그리고 첨단융합기술개발사업의 연구관계 구조 분석[16] 등으로 한정되고 있다. 이들 선행 연구는 대부분 융합연구의 협력적 연계관계를 전체적 혹은 집합적 관점에서 논의하기 보다는 특정 학문이나 기술분야의 융합구조 특성에 초점을 맞추고 있다. 이러한 이유로 본 연구는 우리나라 과학기술과 인문사회 분야의 융합연구 지원과제를 대상으로 연구협력의 연계 속성과 구조적 특성을 집합적이고 전체적인 관점에서 측정·분석하고자 한다. 이는 학제간 융합연구의 실질적 구조 및 특성을 이해하는데 도움이 될 뿐만 아니라 향후 과학기술과 인문사회 분야와의 융합연구 영역을 도출하고 지원방향을 설정하기 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것이라 본다.

본 연구에서 정의하는 융합연구란 공동의 문제를 해결하기 위해 다양한 분야의 연구자들이 학제적 경계 안에서 자신이 보유한 정보와 지식 그리고 자원 등을 다른 연구자와 결합하고 공유하는 상호 협력적인 학제간 연구 활동이라고 볼 수 있다. 특히 연구협력의 요인들 중 생산성 측면을 연구한 Porac 외[33]에 따르면, 이러한 학제간 협력은 단일 학제 안(within-discipline)에서 일어나는 협력에 비해 문제해결을 통한 연구생산성 제고에 긍정적 영향을 미친다고 설명하였다. 이에 대하여 Somerville & Rapport[34]는 학제간 협력에 비해 단일 학제 안에서 생성된 개별적 지식은 파편적이므로 문제 해결을 위한 연구 활동에 적용하는데 있어서 한계가 있음을 설명하였다. 또한 Rowland[35]는 학제간 연구협력은 경쟁적이고 수단적인 활동이기 보다는 개방적이고 비판적인 탐구활동이므로 오늘날 당면한 복잡하고, 예측하기 어려우며, 불확실한 문제를 이해하고 논의하

는데 있어서 필수적이라고 설명하고 있다. 종합해 보면, 최근의 연구경향은 융합연구에 관한 논의에 있어서 공동이 당면한 문제의 해결을 위한 학제간 상호 연계와 결합, 그리고 이를 통한 연구협력 네트워크가 매우 중요한 역할을 하고 있음을 시사하고 있다.

2. 네트워크 특성에 따른 학제간 연계관계

학제간 협력을 통한 융합연구는 다양한 연구자, 연구기관, 연구 분야 등이 상호 연계되고 결합되는 동태적이고 유기적인 특성을 지니며, 이러한 연계관계를 통해서 형성되는 다양한 형태의 네트워크는 융합연구에서 일어나는 지식의 흐름과 정보의 교환이 어떤 경로를 통해서 이루어지는지를 파악하게 해준다. 즉 융합연구에서 일어나는 다양한 유형의 학제간 연계관계의 구조는 네트워크의 특성을 의미하며, 이러한 관계를 형성하는 연계적인 속성을 통해서 융합연구를 이해할 수 있다.

네트워크의 구조적 특성은 기본적으로 노드(nodes)와 연계관계(tie)로 표현된다. 노드는 구조적 변수, 즉 분석대상을 나타내고 연계관계는 분석대상간의 연결을 의미한다. 노드와 연계관계를 통해 형성되는 네트워크는 분석대상 자체의 특성보다는 학제간 상호작용을 통해서 나타나는 다양한 연구협력 활동의 구조적 특성, 즉 위상(topology)에 주목함으로써 전체적 차원에서 학제간 협력을 분석하고 이를 체제론적 관점에서 바라보게 해준다[36]. 따라서 융합연구 네트워크 안에서 나타나는 상호연계와 결합은 다양한 분야간에 일어나는 상호작용의 동태성을 나타내주며, 이는 연구협력 체제를 학제적 영역 안에서 수행되는 개별 연구 활동의 단순 조합으로 보는 것이 아니라, '전체는 부분의 합보다 크다'는 것을 전제로 하는 창발적 속성을 보여주는 것이다[37]. 본 연구에서 네트워크란 개인과 사회가 당면한 주요 문제를 새로운 접근과 방법으로 해결하기 위하여 협력적 연구 활동을 통해 융합연구를 수행하는 연구 분야들의 집합으로 본다.

이러한 융합연구 네트워크에서 노드, 즉 연구 분야간에 상호 연계가 이루어지는 상대적 위치는 계량적으로 분석될 수 있는데, 이러한 관계적 속성을 나타내는 개념이 중심성(centrality)이다[38-40]. 중심성은 네트워

크 안에서 형성되는 모든 연계관계들 중에서 학제간 지식과 정보의 교류가 일어나도록 역할을 담당하거나 상호 협력적으로 연계되도록 지속적으로 영향을 미치는 특정한 유형의 경로(path)를 의미한다. 이러한 경로를 통해서 네트워크는 상호 밀접히 얽혀있는 연계관계로 구축되는 것이고, 이는 네트워크 이론에서 지식이 공유되고 거대 집단에서 정보가 전달되는 중요한 수단으로 간주된다[16].

3. 융합연구와 학제간 연구협력 네트워크 구조

연구 분야간 상호 협력관계를 통해서 형성되는 네트워크의 연계적 속성은 일반적으로 중심성 지표에 의해서 설명될 수 있다. 중심성은 전체 융합연구 네트워크에서 특정 연구 분야가 다른 분야들과 상호 연계되는 최단 거리의 경로(shortest-length path)를 의미하며, 이는 네트워크에서 중심에 위치하는 상대적인 정도를 나타낸다. 융합연구 네트워크의 중심성 지표는 다음의 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 연결(degree) 중심성은 융합연구에 있어서 특정 연구 분야가 다른 분야와 연계되는 정도를 나타내는 것으로서 네트워크 안에서 특정 연구 분야가 협력적 연구 활동에 미치는 잠재적 영향력 또는 중요성을 의미한다.¹⁾ 둘째, 근접(closeness) 중심성이란 네트워크 내에서 특정 연구 분야가 다른 분야에 얼마나 근접해 있는가를 나타내는 것으로, 연구 분야들간에 직·간접적으로 연계되는 경로의 거리가 짧을수록 상호 의존도가 높아져 융합연구를 위한 협력 가능성이 증대된다고 볼 수 있다.²⁾ 마지막은 매개(betweenness) 중심성으로 연구 분야간 상호 연계관계를 구축하는데 있어서 특정 분야의 중계자(intermediary) 역할을 나타내는 것이다.³⁾ 이는 네트워크 내에서 직접

- 1) 연결 중심성은 $\sum C_{ijk}$: C_{ijk} 는 연구 분야 i 와 j 가 직접적으로 연계된 표준화 중심성 지수를 나타내며, k 는 학제간 융합연구 네트워크에서 연계빈도를 나타낸다.
- 2) 근접 중심성은 $\text{Min}D_{ij}$: D_{ij} 는 연구 분야 i 와 j 간에 형성된 연계 관계 수를 나타내며, 네트워크 내에서 직·간접적으로 연계되는 최단 거리 합의 역수로 정의됨.
- 3) 매개 중심성은 $\sum(D_{ij} + D_{ji}) / \sum \sum(D_{ij})$: D_{ij} 는 연구 분야 i 와 j 의 연계관계의 수를 나타내며, 네트워크 내에서 직접적으로 연결되지 않는 연구 분야들 사이의 최단경로에 위치한 횟수의 총합을 의미함.

적인 연계관계가 형성될 수 없는 분야들 ‘사이’에 특정 연구 분야가 위치하여 매개하는 정도를 의미하며, 매개성이 높을수록 융합연구나 학제간 협력이 일어날 수 있도록 지식과 정보의 교환을 제어하거나 조정한다고 볼 수 있다.

이러한 중심성 지표의 개념은 네트워크의 구조적 특성을 파악하는데 도움을 주지만 각각의 연구 분야들이 융합연구를 위한 협력 네트워크 형성에 미치는 구체적인 역할을 설명하는 데에는 한계가 있다. 그 이유는 모든 연구 분야들은 특정 학문분야에 편재되어있고, 학문 분야간에는 독립적이고 배타적인 특성이 존재하기 때문이다. 따라서 연구 분야의 학제적 특성에 대한 고려 없이 네트워크 내에서의 위치 정도만을 측정하는 중심성 지표만을 가지고 융합연구에서 개별 연구 분야들이 갖는 역할과 특성을 규명하는 것은 적합하지 않다. 이에 본 연구에서는 중개 역할(brokerage role)에 대한 추가 분석을 통해서 융합연구 협력 네트워크에서 학제적 특성에 따른 각 연구 분야의 구체적인 역할을 이해하고자 한다. 융합연구는 다양한 연구 분야와의 지속적인 연계관계를 통해 형성된다고 볼 수 있으며, 따라서 각 분야들을 매개하는 중개자 역할은 협력적인 융합연구 활동이 촉진되는데 있어서 각 학문 간의 연구 분야가 어떤 역할을 수행하고 있는지를 파악하게 해준다. Gould & Fernandez[41]는 노드가 소속된 군집(clique)의 특성을 반영하여 네트워크 구조에서 중개자 역할의 유형을 [표 1]과 같이 구분하고 있다. 즉 학제간 융합연구의 연계관계 속에서 나타나는 개별 연구 분야(ego)의 구조적 중개 역할은 학제적 특성에 따라 조정자, 문지기, 대표자, 자문가, 연결자 등으로 나타나며, 이는 각각 연구협력을 위한 지식과 정보의 흐름과 자원의 교환에 영향을 미친다.⁴⁾

표 1. 학제간 연구협력 네트워크의 중개 역할 유형

조정자	문지기	대표자	자문가	연결자

*②: 중개자, →: 협력관계, () O ⊙: 학문분야

1) 조정자(Coordinator)

조정자는 자신과 동일한 학문분야에 속한 연구 분야들을 상호 연계시켜주는 역할을 수행한다. 즉 연구 분야 ②가 동종 학문분야에 속한 ① 그리고 ③과 연구협력 관계를 맺고 있는 경우 ①과 ③은 조정자 역할을 수행하는 ②를 통해 새로운 연계관계를 맺음으로써 연구협력의 가능성이 높아지게 된다. 이 경우, ①은 동종 학문분야에 속한 중개자 ②에게 정보와 자원을 제공하고, 이는 다시 협력적 연계관계를 맺고 있는 ③에게 전달된다. 따라서 ②는 ①과 ③사이에서 정보와 자원의 흐름 및 교환을 내부적으로 조율하는 역할을 수행하게 된다.

2) 문지기(Gatekeeper)

문지기는 정보의 흐름과 자원의 교환을 통제하는 역할을 수행한다. 즉 이종 학문분야에 속한 (1)과 ②가 연구협력 관계에 있고 ②는 자신과 동일 학문분야에 속한 ③과 연계관계를 맺고 있는 구조이다. 이 경우 ③은 동종 분야에 속한 중개자 ②를 통하여 이종 학문분야인 (1)이 보유한 새로운 정보와 자원을 전달받을 수 있게 된다. 이런 연계구조에서 ③은 새로운 정보와 자원을 제공받기 위해서 (1)과 밀접히 연계되어 있는 중개자 ②와 협력적 관계를 맺음으로써 연구협력을 더욱 공고히 할 수 있다. 따라서 ②의 문지기 역할은 수요적인 방식(pull mechanism)의 융합연구 형태와 관련 있으며 [42], 협력적 연구 활동에 필요한 정보와 자원을 축적하고 전달하며 왜곡된 정보의 접근을 제어하는 역할을 수행하게 된다.

3) 대표자(Representative)

대표자란 자신과 동일한 학문분야를 이종 분야에 연계시키는 역할을 수행한다. 즉 중개자 ②는 자신과 동

4) 중개 역할은 ${}_iR_j$, ${}_jR_k$, and $\overline{{}_iR_k}$: ${}_iR_j$ 는 연구 분야 i 가 협력관계 R 을 통해 j 와 연계되었음을 나타내며, $\overline{{}_iR_k}$ 는 연구 분야 i 와 k 사이에는 직접적인 연계관계가 형성되지 않았음을 의미함. 이러한 연계관계는 연구 분야 i, j, k 가 소속된 학문분야의 구성에 따라 다섯 가지의 중개 역할 유형이 도출됨.

일한 학문분야에 속한 ①이 보유한 정보와 자원을 획득하여 이중 학문분야인 (3)에게 전달하는 구조이다. 이 경우 문지기 역할과는 달리 ①은 대표자 ②를 통해서 자신이 보유한 정보와 자원을 이중 학문분야인 (3)과 공유할 수 있는 연구협력 관계를 구축할 수 있다. 따라서 융합연구에서 대표자의 역할은 공급추동 방식(push mechanism)과 관련이 있다[41]. 여기서 ②는 대표 중개자로서 자신이 속한 학문분야의 정보와 자원을 다른 학문분야에 전파하여 이중 학문분야간에 형성된 협력적 공백을 메움으로써 융합연구가 촉진되도록 하는 역할을 수행하게 된다.

4) 자문가(Consultant)

자문가란 자신과는 상이한 학문분야에 속한 동종 연구 분야들을 상호 연계시켜 주는 역할을 수행한다. 즉 (1)과 (3)은 동일 학문분야에 속해 있지만 상호간 연구협력이 전혀 이루어지지 않았던 연구 분야들이며, 이 분야들은 상이한 학문분야에 속하지만 중개 역할을 수행하는 ②에 의해서 새로운 연구협력 관계를 맺게 되는 구조이다. 따라서 ②는 (1)이 보유한 정보와 자원을 (3)과 공유할 수 있도록 새로운 관점의 연구협력 환경을 제공해 줌으로써 동일 학문분야간 연계관계를 통해 융합연구가 이루어지게 한다. 이 경우, 자문가 ②는 융합연구에 필요한 정보의 흐름을 제공하거나 연구협력이 촉진될 수 있도록 유용한 자원을 획득하거나 활용하는데 있어서 조언을 제공해 주는 역할을 수행하게 된다.

5) 연결자(Liaison)

연결자는 독립적인 연구 분야들간에 상호 보완적이고 의존적인 협력적 연구연계가 이루어지도록 정보의 흐름과 자원의 교환을 연결시키는 중개 역할을 수행한다. 즉 연구 분야 (1), ②, ③이 모두 상이한 학문분야에 속해있는 융합연구 연계구조이며, 중개자 ②는 (1)과의 연구협력을 통해서 생성된 정보와 자원을 또 다른 학문분야인 ③이 보유한 정보나 자원과 연결시켜 융합연구를 위한 상호 협력적 관계를 구축한다. 따라서 이러한 협력적 연계구조에서는 서로의 정보와 자원의 공유가 촉진됨으로써 각각의 학문분야에서 독립적으로 수행되

던 연구 활동이 상호 보완적인 역할을 수행하게 된다. 이 경우, 연결자 ②는 이중 분야간 정보의 흐름과 자원의 교환이 상호 의존적인 관계 형성을 통해 균형을 이룰 수 있도록 중개하는 역할을 수행하게 된다.

본 연구에서는 중심성 및 중개 역할 분석을 통하여 연구 분야간 융합연구의 협력적 관계구조를 파악하고, 네트워크 구조가 융합연구에 있어서 어떤 유기적 연계 속성을 갖는지를 분석하고자 한다.

III. 연구방법 및 설계

1. 연구대상과 자료수집

1.1 학제간융합연구지원사업 개요

학제간융합연구지원사업은 복잡한 사회문제에 대한 창조적이고 합리적인 해결 방안 마련을 목적으로 추진되는 인문사회분야의 대표적인 융합연구지원 사업이다.

학제간융합연구지원사업은 씨앗형과 새싹형 등의 세부사업으로 구성되어 있으며, 씨앗형은 사전 기획을 통한 아젠다 개발 중심의 학제간 융합연구 사업이고, 새싹형은 범공동체적인 사회문제 해결을 위한 지원 사업으로 다년차 공동 확대연구를 통한 학제간 융합분야를 지원한다. 이 두 세부사업은 상이한 목적과 지원규모를 갖지만 인문사회와 이공계 분야의 융합을 통한 사회문제 진단 및 합리적 해결 방안 제시, 새로운 학문 영역 창출이라는 거시적 목적을 달성하기 위하여 전략적 지원이 이루어지고 있다. 이러한 목적은 개별 학제의 경계를 넘어 서로 다른 학문의 이질적 특성을 융합하고, 창조적인 연구 성과의 창출을 통해 이루어진다고 본다.

1.2 데이터 개요

학제간융합연구지원사업의 경우, 연구과제 신청 시 인문사회분야와 이공분야 연구자를 포함하여 연구팀을 구성하도록 하고 있으며, 한국연구재단 「학술연구분야분류표」의 대분류를 기준으로 인문사회(인문, 사회과학, 자연과학 중 생활과학 일부, 예술·체육, 복합학 등)와 이공(자연과학, 공학, 의학약, 농수해양 등)으로 분류하여 특정분야 전공자 비율이 2/3를 초과하거나 단

일분야 연구자로서 연구팀을 구성할 수 없도록 정하고 있다. 또한 신청과제의 학문분야도 1, 2, 3순위로 구분하여 1순위와 2순위는 「학술연구분야분류표」를 기준으로 인문사회분야와 이공분야에서 반드시 하나씩 선택되도록 하며, 3순위는 선택 입력사항으로 두고 있다.

2. 네트워크 분석 데이터 개요

학제간 융합연구지원 과제를 대상으로 연구 분야간 협력적 연계관계 구조를 분석하기 위해서 본 연구는 다음의 두 가지 연구 문제를 제시하였다. 첫째, 융합연구를 위한 학제간 연구협력 네트워크에서 중심성이 높은 융합연구 분야는 무엇인가? 둘째, 학제간 융합연구가 일어나도록 중개 역할을 수행하는 연구 분야들은 어떤 구조적 속성을 지니는가?

제시된 연구 문제에 따라 학제간 융합연구에 대한 네트워크 분석을 수행하기 위해 수집된 자료들을 관계형 데이터(relational data)로 변환시켜 융합연구의 유기적 협력관계 속성을 연결망 구조로 구축하였다. 이는 융합연구에서 각 분야들이 어떻게 연계되고 있는가를 단순히 파악하기 보다는 학제간 협력을 통한 융합연구는 어떤 유기적 관계를 형성하고 있는지를 분석하고자 함이다. 즉 학제간 연계구조는 융합연구를 형성하는 학제간 연구협력의 구조적 특성을 나타낸다. 이는 지원과제의 학문분야를 연구책임자의 전공분야와 연계시켜 연결망으로 구축해 볼 수 있다. 따라서 각 연구 분야들은 융합연구를 위한 상호 협력적인 상관관계를 형성하게 된다.

본 연구에서는 학제간 협력을 통한 융합연구 활동의 유기적 연계 속성을 분석하기 위해 학제간융합연구지원사업을 대상으로 지원과제별 연구책임자의 전공분야와 해당 학문분야 자료를 관계형 네트워크 데이터인 1-mode 행렬로 구축하였다. [표 2]의 a는 수집된 자료의 원시데이터(raw data) 형태로 4개의 지원과제(P1-P4)와 과제별 연구책임자의 전공분야(D1-D4) 그리고 해당 과제의 학문분야(D1-D5)를 나타내고 있다.

학제간 융합연구 협력 네트워크에서 D_m 을 전공한 연구책임자가 학문분야 D_i 와 D_j 에 해당하는 지원과제 P_k 를 수행하였을 경우, 연구 분야간에 융합연구를 위한 상호 협력적 관계가 형성된 것으로 보며, b에서 보는바

와 같이 행(rows)에는 전공분야(ego) 그리고 열(columns)에는 학문분야(alter)가 배열된 연구 분야간 연계의 수를 나타내는 1-mode 행렬을 구축할 수 있다. 일례로, 지원과제 P2에서는 전공분야 D2가 학문분야 D1 그리고 D4와 연계되어 융합연구를 수행함을 알 수 있고, 또한 학문분야 D2는 전공분야 D1, D3, D4에 의해서 협력적 융합연구의 대상이 되는 분야가 됨을 알 수 있다. 이와 같이 연구 분야간에 연계가 있으면 1로 그리고 연계가 없으면 0으로 표기하고, 융합연구 과제를 수행하는 분야(out-tie)와 융합연구의 대상이 되는 분야(in-tie)를 파악할 수 있도록 수집된 자료를 방향성이 존재하는 관계형 데이터(directed relational data)로 변환시켜 학제간 융합연구 협력 네트워크의 유기적 연계구조와 그 속성을 분석할 수 있다.⁵⁾ 본 연구에서는 네트워크 데이터 분석을 위해 UCINET6을 활용하였으며, 그 결과를 Net-Draw프로그램을 활용하여 시각적인 소시오그램으로 나타내었다.

표 2. 관계형 네트워크 데이터 구축의 예

a. 원시데이터			b. 1-mode 행렬					
지원 과제	전공 분야	학문 분야	학문 분야	D1	D2	D3	D4	D5
			전공					
P1	D1	D1, D2	D1	0	1	0	0	0
P2	D2	D1, D4	D2	1	0	0	1	0
P3	D3	D2, D3	D3	0	1	0	0	0
P4	D4	D2, D4, D5	D4	0	1	0	0	1
			D5	0	0	0	0	0

IV. 분석결과

1. 융합연구 협력 네트워크의 중심성 분석

2009년부터 2015년까지 학제간융합연구지원사업을

5) 관계형 네트워크 데이터에 방향성을 설정한 경우, 융합연구를 위한 협력적 연계의 방향이 하나의 연구 분야에서 다른 분야 쪽으로 향하는 것(⊙ ← ① → ⊙)을 외향(out-degree) 중심성이라고 하며, 이를 측정하여 해당 연구 분야의 융합연구가 다른 분야로까지 확산되는 정도를 파악할 수 있음. 또한 내향(in-degree) 중심성은 다른 분야들로부터 협력적 연계가 이루어지는 정도(⊙ → ① ← ⊙)를 나타낸 것으로, 해당 분야가 얼마나 융합 수용성이 높은지를 파악할 수 있음.

통해 수행된 융합연구는 어떤 협력적 연계구조로 나타나는지를 네트워크 분석을 통해 탐색해 보았다. 동 기간 동안 총 856개의 과제가 신청되었으며, 이 중 183개의 과제만이 융합연구지원 과제로 최종 선정되었다. 183개 지원과제별 전공분야와 학문분야를 분석한 결과, 「학술연구분야분류표」의 중분류를 기준으로 62개의 전공분야와 92개의 학문분야 등 중복 분야를 제외하고 총 98개의 융합연구 분야가 도출되었다. 따라서 네트워크 노드는 183개 지원과제를 통해 도출된 98개 연구 분야이며, 연계관계는 연구 분야간 협력적 연계빈도를 나타낸다. 융합연구 중심성을 측정한 [표 3]에 따르면, 전체적인 네트워크 중심성(network centralization)은 외향 중심성 4.26% 그리고 내향 중심성 4.61%로써 학계간 융합연구가 소수의 연구 분야 사이에서만 한정적으로 집중되어 일어나기 보다는 다양한 분야간에 협력적 연계가 분산적으로 이루어지는 네트워크 구조임을 나타낸다.

연결 중심성 지수를 살펴보면, 융합연구를 중심으로 수행하는 분야로는 컴퓨터학과 교육학(4.81), 경영학(4.30), 역사학(2.58), 지리학(2.23), 신문방송학(2.06) 등의 순으로 나타났다. 이들은 외향 연결 중심성(out-degree centrality)이 높은 분야들로 다양한 분야와의 협력적 연구 활동을 주도하여 지식과 정보를 교류하는 분야를 의미한다.⁶⁾ 또한 융합연구의 주요 협력 대상이 되는 연구 분야로는 컴퓨터학(5.15), 과학기술학(2.41), 산업공학(2.23), 교육학 및 전자·정보통신공학(2.06) 등으로 내향 연결 중심성(in-degree centrality)이 높은 분야들은 융합연구에 필요한 적용가능 지식이나 정보의 제공이 가능하여 다른 연구 분야가 주도하는 융합과제에 참여하는 협력적 연계빈도가 높은 분야로 간주된다.⁷⁾

6) 융합연구 과제를 직접적으로 수행하지 않는 것으로 나타난 연구 분야는 총 36개로 가정의학, 감성과학, 공학일반, 과학기술학, 교통공학, 금속공학, 기타공학, 기타사회과학, 기타의약학, 기타인문학, 기타자연과학, 농업경제학, 대기과학, 문학, 문헌정보학, 물리치료학, 방사선과학, 산부인과학, 신경과학, 신경외과학, 안전공학, 예술일반, 원자력공학, 음악학, 응급의학, 의공학, 자연과학일반, 재활의학, 제어계측공학, 조경학, 중국어와 문학, 지구과학, 지역학, 통계학, 해양학, 환경공학 등으로 나타남.

7) 융합연구의 대상이 되지 않는 것으로 나타난 분야는 총 11개로 기타 예술체육, 농공학, 무역학, 무용, 생화학, 수의학, 일본어와 문학, 프

매개 중심성(betweenness centrality)의 경우에도 컴퓨터학(16.8), 경영학(10.32), 교육학(9.79), 체육(6.97), 역사학(6.92), 철학(6.58) 등 주로 연결 중심성이 높은 분야들이 중심적으로 연구협력을 매개하는 것으로 나타났다. 이는 융합과제를 매개로 한 연구 활동에 있어서 이들 분야들의 유기적 연계와 협력 여부가 전체 융합연구 네트워크의 활성화 정도에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다. 전체 매개 중심성도 15.78%로 나타나 융합연구에서의 중개 역할이 연결 중심성이 높은 분야들을 중심으로 분산되어 이루어지고 있음을 확인해 주고 있다.

전체적인 네트워크의 연계관계를 나타내는 근접 중심성에서는 대부분의 연구 분야들이 유사한 중심성 지수를 갖는 것으로 나타나 융합연구 협력 네트워크가 상호 밀접히 연계되는 구조임을 보이고 있다. 이 중 외향 근접 중심성은 지리학(7.10)이 전체적인 네트워크에서 융합과제 수행을 위해 다른 분야들과 밀접히 연계되는 정도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이는 지리학이 융합과제에 필요한 지식이나 정보를 다른 연구 분야에 신속히 전달할 수 있는 위치에 있는 분야임을 의미하고, 그 다음으로 행정학(6.96), 토목공학(6.76), 일본어와 문학(6.04), 농공학(6.03) 분야 등의 순으로 나타나고 있다. 특히 표에는 나타나지 않지만 교육학(5.88)과 컴퓨터학(5.86)도 다른 분야들과 연계되는 거리가 짧아 융합연구를 위한 지식과 정보의 제공 가능성이 높은 것으로 확인되었다. 내향 근접 중심성을 살펴보면, 환경공학, 통계학, 교통공학, 가정의학 등은 대부분(외향)연결 중심성이 높지 않은 분야들로서 직접적으로 융합과제를 주도하지는 않지만 다른 분야들에 의해서 협력적 연계관계를 맺게 될 가능성이 높은 분야들이며, 따라서 융합과제를 수용하는데 있어서 유리한 위치에 있는 분야라고 볼 수 있다.

융합연구의 유기적인 구조적 특성은 그림1에서 확인할 수 있다. 외향 및 내향 중심성이 높은 연구 분야들이 네트워크의 중앙에 위치하고, 중심성이 낮은 기타 분야들이 연계관계를 형성하여 주변부에 위치하는 형태로 거대한 단일 군집을 형성하고 있다. 따라서 인문사회기

랑스어와 문학, 행정학, 화학, 회계학 등으로 나타남.

반 학제간 융합연구는 다양한 연구 분야들이 연계되어 융합에 필요한 지식과 정보가 상호 밀접히 교류되는 분산형 형태의 네트워크 구조임을 확인할 수 있다.

표 3. 네트워크 중심성 지표 상위 연구 분야

연결 중심성		매개 중심성		근접 중심성	
외향	내향	중심성	외향	내향	
컴퓨터학/교육학 4.81	컴퓨터학 5.15	컴퓨터학 16.80	지리학 7.10	환경공학/통계학 2.38	
경영학 4.30	과학기술학 2.41	경영학 10.32	행정학 6.96	교통공학/가정의학 2.37	
역사학 2.58	산업공학 2.23	교육학 9.79	토목공학 6.76	대기과학 2.36	
지리학 2.23	교육학/전자·정보통신공학 2.06	체육 6.97	일본어외문학 6.04	과학기술학 2.34	
신문방송학 2.06	정신과학 1.89	역사학 6.92	농공학 6.03	지역개발 2.33	
생활과학 1.89	디자인/기타인문학 1.55	철학 6.58	기타예술체육 5.98	관광학/정책학 2.32	

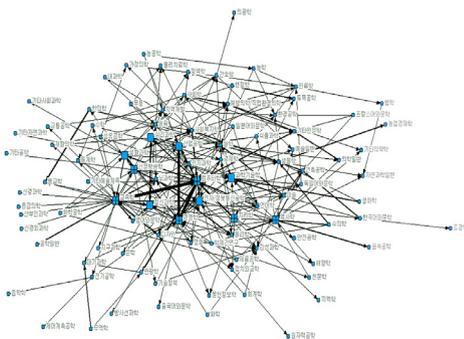


그림 1. 연구 분야간 네트워크: 2009-2015

일례로 [그림 2]를 살펴보면, 중심성이 가장 높은 공학 분야의 컴퓨터학의 경우 사회과학 분야의 교육학, 경영학, 신문방송학, 심리과학; 자연과학 분야의 생활과학; 그리고 인문학 분야의 언어학 등 다양한 학문단의 분야들과 상호 연계관계(양방향)가 형성되어 학제간 융합연구를 수행하고 있다(네모 형태). 또한 컴퓨터학이 주축이 되어 수행하는 융합연구 분야(out-tie)로는 사회과학 분야의 관광학, 정치외교학, 지역개발; 인문학

분야의 문학; 공학 분야의 산업공학, 안전공학, 전자·정보통신공학; 자연과학 분야의 생물학; 복합학 분야의 감성과학과 인지과학; 그리고 예술체육 분야의 영화 및 예술일반 등이 있으며(원 형태), 컴퓨터학을 협력적 연계 대상으로 선정하는 연구 분야(in-tie)로는 사회과학 분야의 경제학, 사회복지학, 지리학; 인문학 분야의 철학, 역사학, 영어와 문학, 일본어와 문학; 예술체육 분야의 체육, 무용, 기타예술체육; 그리고 복합학 분야의 학제간 연구 등임을 확인할 수 있다(삼각 형태). 그리고 각 분야들은 직·간접적 협력관계로 연계되는 동태적 네트워크 구조를 보이고 있다.

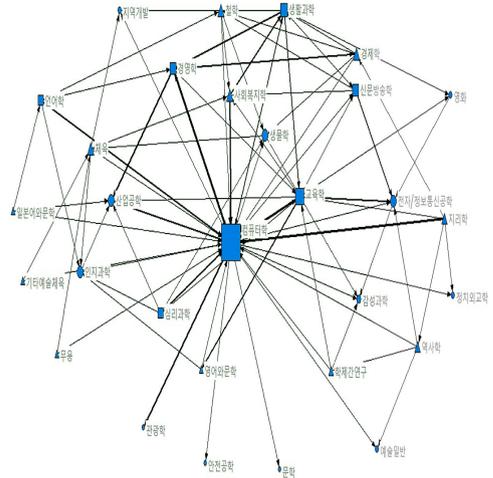


그림 2. 컴퓨터학 분야 학제간 융합연구 네트워크

2. 융합연구 협력 네트워크의 중개자 역할 분석

인문사회기반 융합연구는 다양한 연구 분야들간의 지속적인 연계관계를 통해 형성되고 있으며, 따라서 학제간 융합연구 활동이 촉진되는데 있어서 각 연구 분야가 상호 협력적 연계구조 속에서 어떤 역할을 수행하고 있는지를 파악할 필요가 있다. 이를 위해 98개 분야에 대한 중개자 역할을 분석하고 그 특성을 규명하였다.

2009년부터 2015년까지 융합연구가 수행된 연구 분야들의 중개자 역할을 분석한 결과[표 4], 총 98개 분야 중 47개의 분야(48%)만이 중개자 역할을 수행하고 있으며, 나머지 51개 분야는 전혀 중개 역할을 수행하지

않는 것으로 나타났다.⁸⁾ 또한 중개 역할을 수행하는 47개 분야 중 13개 분야만이 평균 중개 점수(13.5)를 상회하는 것으로 파악되었다.⁹⁾

표 4. 학문분야별 중개 역할 유형

	조종자	문지기	대표자	자문가	연결자	총 합
사회과학 (13)	14.00	56.03	31.00	13.50	121.53	236.07
공학 (8)	0.33	8.83	5.50	20.00	121.92	156.58
인문학 (5)	1.00	9.00	7.33	14.00	48.45	79.78
예술체육 (4)	3.50	7.00	12.50	8.25	42.25	73.50
자연과학 (5)	0.33	1.00	4.33	9.83	29.00	44.50
의약학 (6)	2.00	5.00	0.00	2.50	14.50	24.00
복합학 (4)	0.33	0.00	4.33	0.50	11.62	16.78
농수해양 (2)	0.00	0.50	2.00	0.50	0.50	3.50
총 합 (47)	21.49	87.36	66.99	69.08	389.77	634.71
평균	0.46	1.86	1.43	1.47	8.29	13.50

중개 역할별 평균값을 비교해보면, 인문사회 분야의 학제간 연구협력은 연결자(8.29)의 중개 역할을 통해 가장 중심으로 일어나고 있음을 알 수 있다. 그 다음으로 문지기(1.86), 자문가(1.47), 대표자(1.43) 역할은 유사한 평균값을 갖는 것으로 나타났으며, 동종 학문분야간에 연구협력을 증가하는 내부적 조정자(0.46)의 역할은 가장 미흡한 것으로 나타났다.

8) 중개자 역할을 수행하지 않는 것으로 파악된 51개 연구 분야는 예술 일반, 의공학, 건축공학, 과학기술학, 대기과학, 문헌정보학, 중국어와 문학, 지구과학, 환경공학, 관광학, 공학일반, 불교학, 산부인과학, 신경과학, 신경외과학, 영어와 문학, 응급의학, 재활의학, 통계학, 감성과학, 기타예술체육, 농공학, 교통공학, 방사선과학, 무역학, 무용, 물리치료학, 자연과학일반, 가정의학, 기타인문학, 농업경제학, 생화학, 기타사회과학, 기타자연과학, 수의학, 기타공학, 금속공학, 기타 의약학, 해양학, 일본어와 문학, 음악학, 제어계측공학, 문학, 원자력공학, 지역학, 안전공학, 프랑스어와 문학, 조정학, 행정학, 화학, 회계학 등으로 나타남.

9) 중개자 역할 분석 결과, 47개 연구 분야의 중개 점수 평균값은 13.5이며, 13개 분야만이 평균값을 상회하는 것으로 나타남. 상위 13개 분야는 컴퓨터학, 교육학, 경영학, 체육, 철학, 역사학, 신문방송학, 생활과학, 사회복지학, 디자인, 지역개발, 산업공학, 생물학 등으로 나타남.

대분류 기준으로 사회과학 분야의 13개 연구 분야가 총체적으로 가장 높은 중개 역할(236.07)을 수행하는 것으로 나타났으며, 공학(156.58), 인문학(79.78), 예술체육(73.50) 등이 그 뒤를 따르고 있다. 특히 사회과학 분야는 학제간 융합연구에서 상호 독립적인 이종 연구 분야들을 중개하는 연결자 역할(121.53)을 많이 수행하고 있으며, 그 다음으로 문지기(56.03)와 대표자(31.0)의 역할을 담당하는 것으로 나타났다. 하지만 조정자와 자문가의 역할은 상대적으로 미약한 것으로 파악되었다. 공학 분야의 경우 8개의 연구 분야들이 전체 네트워크에서 연결자(121.92)의 역할을 가장 중점적으로 수행하는 것으로 나타났으며, 문지기, 대표자, 조정자의 역할은 매우 미흡한 것으로 파악되었다.

둘째, 연구 분야별로는 컴퓨터학(119.8)을 중심으로 교육학(56.5), 경영학(51.4), 체육(47.5), 철학(39.5) 등이 학제간 융합연구에서 핵심적인 중개자 역할을 수행하는 것으로 나타났다(표 5). 특히 상위 13개 분야 중 경영학을 제외한 모든 분야들이 연결자 중개 역할을 중점적으로 수행하는 것으로 파악되었다. 역할 유형별로는 조정자 및 문지기 역할은 경영학(7.0과 33.5) 그리고 대표자 역할은 체육(12.5)과 교육학(9.0)이 주도하고 있는 것으로 나타났다. 또한 자문가 역할은 컴퓨터학(16.4)과 철학(11.0), 그리고 연결자 역할은 컴퓨터학(103.3), 교육학(41.0), 철학(25.0) 분야가 중심으로 수행함을 알 수 있다.

일례로, 경영학의 경우 사회과학의 연구 분야들을 동종 또는 이종 학문분야와 연계시켜주는 핵심적 역할을 수행하고 있으며, 컴퓨터학과 철학은 이종 학문분야에 속한 연구 분야들간의 중개역할을 담당하는 것으로 파악되었다. 또한 체육은 예술체육 분야의 연구 분야들을 이종 학문분야와 연계시켜주는 역할, 그리고 교육학은 동종 또는 이종 연구 분야들을 다른 학문분야와 연계시켜주는 중개 역할을 수행하는 것으로 파악되었다.

독자적인 중개 역할을 수행하는 기타 분야로 사회과학 분야의 심리과학과 의약학 분야의 정신과학 그리고 자연과학 분야의 수학은 자신과는 상이한 학문분야에 속한 연구 분야들을 연계시켜 주는 자문가 역할을 수행하고 있으며, 따라서 기존에 융합연구가 이루어지지 않

있던 분야들간에 새로운 연구협력 관계를 맺을 수 있도록 필요한 지식과 정보를 제공하거나 활용할 수 있도록 조연해 주는 역할을 담당하고 있다.

표 5. 상위 연구 분야 중개 역할 유형(평균값)

조정자	문지기	대표자	전문가	연결자
평균값 0.46	평균값 1.86	평균값 1.43	평균값 1.47	평균값 8.29
경영학 7.0	경영학 33.5	체육 12.5	컴퓨터학 16.4	컴퓨터학 103.3
체육 3.5	체육 7.0	교육학 9.0	철학 11.0	교육학 41.0
간호학 / 지역 개발/ 지리학 2.0	교육학 5.5	지리학 7.0	생활 과학 6.5	철학 25.0
	역사학 4.5	지역 개발 5.0	체육 6.0	역사학 20.8
	간호학/ 신문 방송학/ 정책학 4.0	언어학 4.5	심리 과학 4.0	신문 방송학 19.4
	전자·정보통신공학 3.8	사회복지학/사회학 4.0	신문 방송학 3.33	체육 18.5
	철학 3.5	학제간 연구 3.5	산업공학/역사학 3.0	디자인 18.0
사회복지학 / 교육학 / 언어학 / 정치외교학 1.0	지역 개발/ 산업공학 3.0	생물학 2.8	사회복지학/사회학/정신과학 2.5	생활과학 15.5
	경영학/농학/산업공학/한국어와문학/화학공학 2.0			사회복지학/생물학 11.5
	정치외교학 2.0	화학공학	수학 2.0	인류학 10.0
		물리학 1.5		경제학 9.5
				지리학 9.0

또한 사회과학 분야의 정책학과 공학 분야의 전자·정보통신공학은 동종 학문분야와의 연구협력을 위해 이종 학문분야의 지식과 정보를 전달하고 통제하는 문지기 역할을 수행하는 것으로 나타났다. 이와는 반대로 사회과학 분야의 사회학; 인문학 분야의 한국어와 문학; 공학의 화학공학; 자연과학 분야의 물리학; 복합학

분야의 학제간 연구; 농수해양 분야의 농학은 자신이 속한 학문분야의 지식과 정보를 다른 학문분야에 매개하여 융합연구가 촉진될 수 있도록 하는 대표자의 역할 특성을 갖는다. 마지막으로 사회과학 분야의 경제학과 인류학 그리고 예술체육 분야의 디자인은 이종 연구 분야들을 상호 매개하여 이질적 정보와 자원이 공유되게 함으로써 융합연구에서 상호 보완적이고 의존적인 협력 관계가 형성되도록 하는 연결자 역할을 담당하는 것으로 나타났다.

종합해 보면, 인문사회기반 융합연구에서는 동일 학문분야에 속한 분야들간의 상호 연계를 통하여 연구협력이 일어나기 보다는 독립적인 연구 분야들간에 학제적 연구협력 관계가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 따라서 조정자의 역할보다는 연결자의 중개 역할이 이종 분야간 정보의 흐름과 자원의 교환을 상호 보완적이고 의존적인 관계로 형성되도록 하는데 중심적이었다라고 볼 수 있다. 특히 사회과학 분야의 경영학, 교육학, 사회복지학, 신문방송학, 지역개발; 공학 분야의 컴퓨터학과 산업공학; 인문학 분야의 역사학과 언어학; 자연과학 분야의 생물학과 생활과학; 그리고 예술체육 분야의 체육과 디자인 등이 학제간 융합연구에서 지식과 정보의 흐름을 중개하는 주요 연구 분야임을 알 수 있다. 하지만 의약학, 복합학 그리고 농수해양 분야에서는 학제간 연구협력을 위한 중개 역할이 미흡하다는 것을 확인할 수 있다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 네트워크 방법론을 활용하여 2009년부터 2015년까지 한국연구재단이 지원한 학제간융합연구지원사업의 과제를 중심으로 연구 분야간 협력적 연계관계 구조 및 융합의 특성을 분석해 보고자 하였다.

첫째, 본 연구에서 나타난 학제간 융합연구는 다양한 분야들이 상호 연계되어 군집을 형성하고 이를 통해 협력적 융합연구 활동이 고르게 분포되는 분산적인 구조적 속성을 확인할 수 있었다. 하지만 이를 통해 학제간 융합연구가 바람직한 네트워크의 구조 형태를 가지고

있다고 판단하기는 어렵다. 분산형 형태의 네트워크 구조인 경우 융합연구의 유연성을 확보할 수 있어서 특정 분야가 네트워크에서 제외된다 할지라도 연구협력이 지속될 수 있다는 장점을 가진다. 하지만 비효율적 또는 미약한 연계관계 구조를 가질 경우 지식이나 정보의 교류가 확산될 수 있는 통로가 되지 못할 가능성도 존재한다. 물론 특정 분야에 지나치게 집중된 네트워크 구조는 탄력적 협력의 가능성에 제약이 될 수도 있지만 융합연구에 필요한 지식과 정보의 흐름을 효율적으로 관리할 수 있다는 장점도 있다. 따라서 융합연구사업의 지원 목적과 전략에 따라 학제간 협력의 활성화 수준과 연구 성과를 추가적으로 분석하고, 이를 통해 어떤 네트워크 구조가 효과적인지를 판단할 수 있다면 융합연구의 기대효과를 유도하고 관리하는데 있어서 실질적인 도움이 될 것이다.

둘째, 융합연구를 중심으로 수행하는 분야는 외향 및 내향 연결 중심성이 높은 분야들로 전체 년도구간에서 학제적 연구협력의 주요 기능을 담당하는 것으로 판단되었다. 하지만 융합연구 활동의 중심성이 특정 연구 분야에 편중되어 있다는 것은 네트워크의 중심부와 주변부에 위치한 분야들간 연구협력의 범위가 협소하다는 의미이고, 이는 융합사업의 초기 단계에서 특정 목적을 위해 단기적으로 집중적 지원이 이루어졌기 때문이라고도 볼 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 장기적 차원에서 새롭고 다양한 융합연구가 시도될 수 있는 전략을 개발하고 잠재적 융합관계를 발굴하고 지원할 수 있는 방안에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

셋째, 연구 분야간 협력적 연계가 촉진될 수 있는 최단 경로거리를 의미하는 근접 중심성의 경우, 전체적인 융합연구 네트워크 형태가 상호 밀집히 연계되는 협력적 연계 구조라고 볼 수 있다. 이는 연구 분야들간 상호 의존도가 높아져 융합연구를 위한 협력의 가능성이 증대되었음을 시사한다. 하지만 융합연구에서 나타나는 상호 의존성은 개별 분야들이 보유한 연구협력 역량에 의해서 영향을 받는 것이므로, 연구 분야에 대한 질적 우수성을 분석하고 연구 인프라 구축을 위한 안정적인 지원방안과 연구협력 역량을 결집할 수 있는 사업 형태

나 실행방안을 도출하는 노력이 선행되어야 할 것이다.

넷째, 학제간 융합연구에서 중개 역할을 수행하는 연구 분야들은 일반적으로 연결 중심성이 높은 분야임을 알 수 있었다. 특히 중개자 역할에 대한 분석 결과에 따르면, 조정자 및 문지기 역할은 경영학, 대표자 역할은 체육, 자문가 및 연결자 역할은 컴퓨터학 분야가 중심적으로 수행하는 것으로 나타났다. 향후 융합연구 활동을 촉진하고 새로운 지식과 정보 교류의 흐름을 활성화하기 위해서는 연구 분야가 갖는 다양한 매개적 속성을 추출하여 네트워크에서의 역할과 위치가 융합연구에 어떤 영향을 미치는지를 살펴보고, 협력적 연계과정에 전략적으로 활용하는 방안을 검토해야 할 것이다.

본 연구는 인문사회기반 융합연구의 연계관계를 네트워크 방법론을 통해 분석하고, 이를 통해 학제간 연구협력에 있어서 중요한 함의를 제시하고 있다. 하지만 다음과 같은 문제로 일반화의 한계를 가질 수 있다. 첫째, 학제간융합연구지원사업을 연구의 대상으로 설정하였으나 한국의 인문사회기반 융합연구를 포괄하기에는 부족한 점이 있다. 따라서 본 네트워크 분석의 결과를 융합연구 협력의 구조적 특성으로 일반화하기에는 제한이 따른다. 둘째, 한국연구재단을 통해 취합한 융합연구 데이터는 심사단계와 선정단계를 거치면서 정책적인 편향성(bias) 및 기획의도 등 외생변수를 완벽히 통제할 수 없기에 분석결과 해석의 일반화에 한계가 따른다. 마지막으로, Gould & Fernandez[41]의 논문에서도 밝히고 있듯이 네트워크 구조에서 모든 중개자 역할을 5가지 유형으로 구분하여 분석하는 것은 타당하지 않을 수 있다. 실제 분석 결과에서도 경영학은 조정자와 문지기 역할 그리고 컴퓨터학은 자문가와 연결자 역할 등 중복적인 중개 역할을 수행하는 것으로 파악되었다. 후속 연구에서는 중개 역할 자체에 대한 해석보다는 중개 역할에 있어 중복된 영역을 확인하고 이러한 역할이 어떤 의미를 갖는지를 분석해 융합연구에 대한 이해를 증진시키는 것이 필요하다고 본다.

이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 학제간 융합연구의 구조를 형성하는 다양한 연구 분야들간의 유기적이고 동태적인 협력적 연계관계 속성을 실증적으로 파악했다는 점에서 학술적으로나 실증적으로 의의를 지

니고 있다고 판단할 수 있다. 향후 학제간 융합연구의 특성과 연구협력 관계 네트워크의 속성을 다각적 차원에서 이해하기 위해서는 관련 선행연구를 대상으로 개별 연구 분야들이 갖는 융합연구의 특성을 좀 더 세부적으로 분류하고 이를 다양한 차원에서 수집·분석·유형화시켜 유의미한 분석지표를 도출시키는 노력이 필요하다.

참고 문헌

- [1] ACLS(American Council of Learned Societies), *Our cultural commonwealth: The report of the American Council of Learned Societies Commission on Cyberinfrastructure for the Humanities and Social Sciences*, New York: ACLS, 2006.
- [2] M. C. Roco, W. S. Bainbridge, B. Tonn, and G. Whitesides (des.), *Converging Knowledge, technology, and society: Beyond convergence of nano-bio-info-cognitive technologies*, New York: Springer, 2013.
- [3] NEH(National Endowment for the Humanities, Office of Digital Humanities), *Guidelines for Digital Humanities Implementation Grants*(<http://www.neh.gov/files/grants/>), 2014.
- [4] R. A. Nordmann, *Converging Technologies-Shaping the Future of European Societies*, Brussels, Belgium: European Commission, 2004.
- [5] EC(European Commission), *FP7-Tomorrow's answers start today(7th Framework Programme)*, European Commission, Community Research, 2006.
- [6] EC(European Commission), *HORIZON 2020 in brief*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.
- [7] 국가과학기술심의회 운영위원회, *창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(안)*, 서울: 미래창조과학부, 2014.
- [8] 미래창조과학부, *인문학과 과학기술이 함께 본다. 과학기술로만 풀기 어려운 개인·사회문제에 대한 인간중심 연구개발(R&D) 추진-과학기술·인문 융합 연구사업 '16년도 시범사업 본격 추진*, 2016.
- [9] 김보림, “과학기술·인문 융합연구 정책동향 및 사례,” 한국과학기술연구원 융합연구정책센터, 융합 WeeklyTIP, 제32권, 2016.
- [10] R. A. Hanneman and M. Riddle, *Introduction to social network methods*, Riverside, CA: University of California, 2005.
- [11] N. Rosenberg, “Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910,” *Journal of Economic History*, Vol.23, No.4, pp.414-446, 1963.
- [12] F. Kodama, “Technology fusion and the new R&D,” *Harvard Business Review*, Vol.70, No.4, pp.70-78, 1992.
- [13] J. Pennings and P. Puranam, “Market Convergence and Firm Strategy: New Directions for Theory and Research,” ECIS Conference, Eindhoven, Netherlands, 2001.
- [14] N. Corrocher, F. Malerba, and F. Montobbio, “The Emergence of New Technologies in the ICT Field: Main Actors, Geographical Distribution and Knowledge Sources,” *Economic Quantitative Methods*, Vol.37, pp.1-30, 2003.
- [15] A. G. Nystrom and F. Hacklin, “Operator Value-Creation through Technological Convergence: The Case of VoIP,” 16th European Regional Conference, International Telecommunications Society, Porto, Portugal, 2005.
- [16] 허정은, 양창훈, “네트워크 분석을 통한 융합연구 구조 분석: 첨단융합기술개발사업을 중심으로,” *기술혁신학회지*, 제16권, 제4호, pp.883-912, 2013.
- [17] B. S. Tether, “Who Cooperates for innovation, and why: an Empirical analysis,” *Research Policy*, Vol.31, pp.947-967, 2002.
- [18] R. Amir, “Modelling imperfectly appropriable R&D via spillover,” *International Journal of Industrial Organization*, Vol.18, No.7, pp.1013-1032,

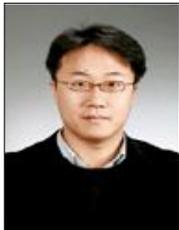
- 2000.
- [19] R. De Bondt, "Spillovers and innovative activities," *International Journal of Industrial Organization*, Vol.15, No.1, pp.1-28, 1997.
- [20] J. Hagedoorn and J. Schakenraad, "A comparison of private and subsidized R&D partnerships in the European information technology industry," *Journal of Common Market Studies*, Vol.31, No.3, pp.373-390, 1993.
- [21] Z. Griliches, "The search for R&D spillovers," *Scandinavian Journal of Economics*, Vol.94, pp.29-47, 1992.
- [22] M. L. Katz and J. A. Ordover, "R&D Cooperation and competition," *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, pp.137-203, 1990.
- [23] Y. Katsoulakos and D. Ulph, "Endogenous spillovers and the performance of research joint ventures," *Journal of Industrial Economics*, Vol.46, pp.333-354, 1998.
- [24] D. J. Teece, "Profiting from technological innovation: Implication for integration, collaboration, licensing and public policy," *Research Policy*, Vol.15, No.6, pp.285-305, 1986.
- [25] D. J. Teece, "Competition, cooperation and innovation: Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress," *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol.18, pp.1-25, 1992.
- [26] D. K. Sinha and M. A. Cusumano, "Complementary resources and cooperative research: A model of research joint ventures among competitors," *Management Science*, Vol.37, No.9, pp.1091-1106, 1991.
- [27] J. Mata and M. Woerter, "Risky innovation: the impact of internal and external R&D strategies upon the distribution of returns," *Research Policy*, Vol.42, No.2, pp.495-501, 2013.
- [28] C. Ciborra, "Alliances as learning experiences: Cooperation, competition and change in the high-tech industries," In L. K. Mytelka (ed.), *Strategic partnerships and the world economy*, London: Pinter, pp.51-77, 1991.
- [29] 정보권, 이학연, "융합 학문으로서의 산업공학: 학술지 인용 네트워크 분석을 활용한 산업공학의 학문적 융합 구조 탐색," *대한산업공학회지*, 제42권, 제3호, pp.182-197, 2016.
- [30] 김홍영, 정선양, "출연연구기관 융합기술 연구네트워크 구조 분석," *기술혁신학회지*, 제18권, 제4호, pp.693-718, 2015.
- [31] 한경주, 정명진, *네트워크분석을 통한 보건의료 융합연구과제의 특성분석 및 융합연구 분야별 주요 키워드 도출*, 서울: 한국보건산업진흥원, 2014.
- [32] 이증만, 최민석, "융합기술전문가의 공동연구에 대한 사회적 연결망 분석," *한국콘텐츠학회논문지*, 제10권, 제6호, pp.415-428, 2010.
- [33] J. F. Porac, J. B. Wade, H. M. Fischer, J. Brown, A. Kanfer, and G. Bowker, "Human capital heterogeneity, collaborative relationships, and publication patterns in a multidisciplinary scientific alliance: a comparative case study of two scientific teams," *Research Policy*, Vol.33, No.4, pp.661-678, 2004.
- [34] M. A. Somerville and D. J. Rapport, *Transdisciplinarity: recreating integrated knowledge*, Oxford, UK: EOLSS Publishers Co. Ltd, 2000.
- [35] S. Rowland, *The enquiring university: compliance and contestation in higher education*, Maidenhead, Berkshire, UK: The Society for Research into Higher Education/Open University Press, 2006.
- [36] C. H. Yang, H. W. Han, and J. Heo, "A network analysis of interdisciplinary research relationships: the Korean government's R&D grant program," *Scientometrics*, Vol.83, pp.77-92, 2010.
- [37] S. A. Kauffman, *At home in the universe: The search for the laws of self-organization and*

- complexity*, New York: Oxford University Press, 1995.
- [38] L. C. Freedman, "Centrality in social networks: Conceptual clarifications," *Social Network*, Vol.1, pp.215-239, 1979.
- [39] D. Knoke and J. H. Kuklinski, *Network analysis*, Beverly Hills, CA: Sage, 1982.
- [40] J. Scott, *Social network analysis: A Handbook*, London: Sage, 1991.
- [41] R. V. Gould and R. M Fernandez, "Structures of mediation: a formal approach to brokerage in transaction networks," *Sociological Methodology*, Vol.19, pp.89-126, 1989.
- [42] B. Leadbeater, "The fickle fates of push and pull in the dissemination of mental health programs for children," *Canadian Psychology*, Vol.51, pp.221-230, 2010.

저 자 소 개

양 창 훈(Chang Hoon Yang)

정회원



- 2008년 : George Washington University (Ph.D. Public Policy)
- 2009년 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 공공행정학과 조교수

<관심분야> : 계량정보분석, 네트워크분석, 정책분석

허 정 은(Jungeun Heo)

정회원



- 2000년 : University of Florida (Ph.D. Statistics)
- 2003년 ~ 현재 : 한국연구재단 인문사회연구총괄기획팀 팀장

<관심분야> : 성과분석, R&D 기획 및 평가