

수학교육 연구자의 공동출판 연결망

김성연(밴더빌트대학교)

I. 서론

2012년 교육과학기술부는 입시 대비 변별력 확보를 위한 수학교육을 미래 대비 사고력과 창의력을 키우는 수학교육으로 개선하고, 수학에 대한 흥미와 긍정적 인식을 높이기 위한 '수학교육 선진화 방안'을 발표하였다. 수학교육 선진화 방안의 핵심은 생각하는 힘을 키우는 수학, 쉽게 이해하고 재미있게 배우는 수학 그리고 더불어 함께하는 수학이다. 생각하는 힘을 키우는 수학은 수학과 타 교과 간 통합 교수학습을 통해 주변의 다양한 분야에 녹아있는 수학적 개념·원리들을 탐색·이해함으로써 수학의 유용성을 인식하고 통합적·입체적 시각 및 실생활에서의 문제해결능력을 배양하는 것을 주요 내용으로 하고 있다. 쉽게 이해하고 재미있게 배우는 수학은 기존 교과서에 수학적 의미, 역사적 맥락 및 실생활 사례 등을 스토리텔링(story-telling)방식을 통해 수학과 타 교과들을 유기적으로 연계하여 수학에 대한 이해와 흥미를 높이는 것을 내용으로 하고 있다(교육과학기술부, 2012).

또한 현 정부도 창의와 융합을 근간으로 창조경제시대에 필요한 창의성과 끊임없이 도전하는 열정을 갖춘 창의인재를 양성하기 위해 "창조경제를 견인할 창의인재 육성 방안(창의인재 육성 방안)"을 발표하면서 자기분야의 전문성과 함께 인문·과학기술·예체능을 섭렵하는 융합인재의 중요성을 강조하고 있다. 이 방안에 따르면 초·중등 교육에서는 융합형 프로젝트 형식의 수업이 이루어 Engineering, Art, and Mathematics) 교육' 콘텐츠를 확대할 예정이다(미래창조과학부, 2013). STEAM 교육은 2009 개정 교육과정의 핵심으로 학생들이 실생활에서 겪

을 수 있는 상황들을 학습 상황으로 제시함으로써 학생들의 흥미와 이해를 높이고, 과학기술 기반의 융합적 사고와 문제해결력을 배양하는 교육으로 정의하고 있다(김성원, 2012). 구체적으로 STEAM 교육은 과학, 기술, 공학, 예술, 수학으로 구성되어 있다. 공학은 교과가 따로 없고, 예술 교과는 음악과 미술을 지칭하므로 관련 과목은 과학, 기술, 수학, 음악, 미술 5개이다. 그러나 경우에 따라서 예술은 역사, 국어, 영어, 지리 등 인문 교양과목으로 확장할 수 있다. 예를 들면 사회 교과의 경우 선거와 투표, 선거구획정, 수요와 공급과 같은 정치·경제 관련 제도의 이론 속에, 음악 교과의 경우 음정, 리듬 속에, 미술 교과의 경우 선, 면, 구도 등 미술적 표현기법 속에, 그리고 체육 교과의 경우 각종 스포츠기구, 경기장, 대진표 속에 숨어 있는 수학 원리를 탐구하는 것들을 들 수 있다(교육과학기술부, 2012; 노석구 외, 2012).

STEAM 교육을 바람직한 방향으로 현장에 정착시키기 위한 노력으로 과학, 기술, 공학, 수학, 과학교육, 미술교육 등의 다양한 분야의 전문 연구진이 문헌 조사 및 이론 연구, 정기적인 연구 모임, 전문가 및 자문위원협의회, 세미나 및 토론회, 국외 STEM/STEAM 전문가로부터 자문을 받는 등의 연구가 진행되었다. 또한 현장 적용을 위한 이슈와 제한점을 논하기 위해서는 초·중등학교의 과학교사, 기술교사 등과 현장교사와의 면담 및 집담회를 갖기도 하였다(노석구 외, 2012). 뿐만 아니라 국가차원에서도 추론, 문제해결, 의사소통 등 수학적 과정 요소를 강화해 창의력을 신장할 수 있도록 하는 수학 교육 과정에 부합하기 위한 방향으로 학교 수학교육을 내실화하기 위한 다양한 대책을 마련하고 있다. 여기에는 수학 교육계 뿐만 아니라 학계, 산업계, 과학기술계 그리고 수학계의 자문·검토와 함께 교육현장의 적합성을 높이기 위해 일선 교사들도 참여하였다(교육과학기술부, 2012). 또한 대학에서는 STEAM 교육 실현을 위한 교육과정 개발 연구를 위해 교육대학교의 각 학과 교수진과 초등

* 접수일(2013년 09월 09일), 수정일(2013년 09월 27일), 게재확정일(2013년 11월 12일)

* ZDM분류 : A40

* MSC2000분류 : 97B99

* 주제어 : 공동출판, 사회연결망 분석, 수학교육 연구자

학교 현장의 요구사항을 반영하기 위해 초등교사 등이 함께 연구에 참여하였다(신영준, 2012). 학교에서는 교과 간 융합이, 그리고 학계에서는 '통섭'이나 '학제 간 연구'의 중요성이 그 어느 때보다도 강조되고 있다(강옥기 외, 2013; 박만구, 2013; 오은경, 2010; 이종학, 2013; 주미경 외, 2012; Drake & Burns, 2004). 이 연구는 이러한 시점에서 수학교육연구자들의 연구 활동도 시대가 강조하고 있는 '융합'의 트렌드에 맞추어 다양한 분야의 연구자들과 함께 공동연구를 수행하고, 그 결과물을 공동출판 형태의 논문으로 게재하고 있는지에 대한 현실적이며 실제적인 물음에서 출발하였다.

공동출판은 하나의 학술논문을 둘 이상의 연구자가 저술하는 활동으로 연구자들 간의 공식적인 협동의 한 유형으로 간주된다(Acedo et al., 2006; Bird, 1997). 공동출판이 증가하는 이유로는 학문분화, 기회시간비용, 연구의 질, 존재위기의식, 대학원생 지도, 승진 및 급여 결정 등이 경험적으로 제시되고 있다(Barnett et al., 1998; Cronin, 1996; Norris, 1993). 이러한 공동출판의 장점으로 김용학 외(2007)는 지식 자체가 고도로 복잡해짐에 따라, 그리고 지식·기술 환경이 급변하는 상황에서 새로운 지식을 생산하거나 신기술을 개발하는데 매우 효율적이며, 최연철(2012)은 다양한 문제의식을 가지고 있는 연구자들이 함께 고민하고 해결책을 모색해나가는 과정에서 혼자서는 풀기 어려운 문제를 풀어나갈 수 있으며 혼자서는 달성하기 어려운 목표를 달성할 수 있으므로 학문 발전의 초석이 될 수 있다고 하였다.

공동출판은 연구에 참여하는 연구자들 간의 사회적 거리가 가까운 유유상종 유형과 사회적 거리가 먼 이종연형 유형으로 나눌 수 있다. 유유상종 유형은 동일 학과나 동일 연구소에 속해 있는 경우에, 그리고 이종연형 유형은 인문과학계열의 연구자와 자연과학계열의 연구자 처럼 서로 다른 학계의 연구자들이 모여서 공동의 관심 주제에 대해 같이 연구를 진행하는 경우에 찾아볼 수 있다(목진휴, 2010; 최영훈, 이강춘, 2009).

공동출판 형태의 최종 산출문은 논문의 생산임이 분명하지만 저술과정에서 연구자들 간의 상호작용이 발생하게 된다(Bozeman & Rogers, 2002; Beaver, 2004). 이는 학술연구에 있어 공동출판 형태는 모종의 사회구조적 속성을 지닌다고 말할 수 있다. 따라서 공동출판에 참여

하는 연구자들 간의 저술행위와 관련된 사회적 관계는 공동출판에서 중요한 요인이 된다. 또한 공동출판을 통하여 후속적으로 기존 관계의 강화 또는 새로운 공동출판 관계의 형성으로 이루어질 수도 있다(Acedo et al., 2006). 즉 공동출판에 참여하는 연구자들 간의 사회적 관계의 구성이 현재 연구 자체는 물론 그 후의 연구 활동, 나아가 해당 학문분야의 연구 활동 전반에 영향을 줄 수 있다는 추론도 가능해진다(최영훈, 이강춘, 2009).

공동출판 형태에 대한 연구는 최근 이러한 사회적 관계를 설명하는데 유용한 시각을 제공하고 있는 사회연결망 분석을 통해 주로 이루어지고 있다. 사회연결망이란 다수의 연결 또는 연결되지 않은 개인(기관)으로 이루어진 사회적 관계를 의미한다. 이 때 연결 여부는 친구관계, 금융거래, 통신 빈도, 직무적 접촉, 정보 제공 등 관심 주제에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 사회연결망 분석은 이들 간의 구조를 파악하기 위한 방법으로서 다수의 노드(node)들과 이들을 연결하는 선인 링크(link)로 구성된 연결망(network)에 대한 수학적 분석기법이다. 공동출판 연결망 분석은 이러한 사회연결망 분석의 한 응용 사례로서 논문에 참여한 연구자들을 각각의 노드(node)로 설정하고 연구자들끼리 연결되어 있는 상호구조를 파악하기 위한 분석으로 볼 수 있다(이민희 외, 2011). 즉 공동출판 연결망 분석에서 노드(node)는 연구자 개인이 되고 연결선은 공동으로 연구에 참여하였을 경우에 생성된다.

이 연구는 통섭적 사고 강화를 위한 융합교육에 대한 중요성이 다른 어느 때보다도 강조되고 있는 현 시점에서 STEAM 교육을 핵심으로 삼았던 때를 기점으로 실제 학계에서의 수학교육 연구자들의 의도적인 학술논문 공동출판 연결망의 구조를 파악하고, 이를 바탕으로 수학교육학계에서 바람직한 학문공동체를 형성하기 위한 방향을 제안하는데 목적이 있다. 이 목적을 위해 2009개정 교육과정이 고시된 직후인 2010년부터 현 2013년까지 수학교육과 관련하여 한국연구재단 등재 학회지로 선정된 4개의 학회지 중 2인 이상의 연구자가 공동출판 형태로 논문을 출판한 경우를 분석하였다. 이러한 분석을 통하여 수학교육 연구자의 공동출판 연결망 구조에 대한 기초자료를 확보하고, 중앙성 지표 상위권 연구자와 공동출판 연구실적 상위권 연구자들의 연결망 형태를 비교

함으로써, 공동출판 연결망 구조에서의 개선점을 모색하고자 한다.

이 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 수학교육 연구자의 공동출판 연결망 구조는 어떠한가?

둘째, 중앙성 지표 상위권 연구자와 공동출판 연구 실적 상위권 연구자의 공동출판 연결망 구조는 어떠한가?

II. 이론적 배경

1. 연구자의 공동출판 연결망

사회연결망 분석 기법을 활용하여 학술논문이나 특허 등을 통한 연구자들 간의 관계를 공동출판 연결망이나 협력관계 연결망으로 파악한 연구들이 최근 증가하고 있다. 이 중 공동출판 연결망과 관련한 연구들을 진공별로 살펴보면 다음과 같다.

유아교육학과 관련하여서 최연철(2012)은 유아교육관련 학회지 4개에 논문을 게재한 공동저자들을 대상으로 사회연결망 분석을 실시하였다. 그 결과 유아교육학 분야의 연구자들은 평균적으로 5명의 연구자를 거치며 서로 이웃하고 있으며, 연구를 많이 하는 연구자들일수록 서로 간에는 폐쇄적일 가능성이 높다고 밝혔다.

통계학과 관련하여서는 이민희 외(2011)가 응용통계 연구에 논문을 게재한 연구자 간 공동 연구의 양상을 분석하였다. 그 결과 747명의 저자 중 288명이 하나의 하위 집단을 이루고 있고 나머지 저자들은 30명 이하의 소집단, 특히 4명 이하의 소집단에 대다수의 연구자가 포함되어 있는 것으로 나타남으로써 많은 연구자들이 단독으로 연구를 하거나 공동으로 연구를 하더라도 몇몇의 특정 연구자와만 공동출판을 수행하고 있다고 밝혔다. 또한 2000년과 2010년 두 해의 공저자 연결망을 분석한 결과 연구자들 간의 공동출판의 범위가 2000년에 비해 2010년에 다소 넓어졌으며, 같은 소속기관의 연구자 간에 공동출판이 상대적으로 활발하게 수행되고 있다고 밝혔다.

행정학과 관련하여 최영훈과 이강춘(2009)은 한국행정학보에 게재된 논문으로서 연구자가 2인 이상 참여한 294편을 대상으로 분석한 결과 공동출판은 소속을 달리

하는 연구자들 사이에서 주로 이루어지나, 소속을 달리 하는 경우라도 연구자들의 소재 지역은 서울이 주를 이루고 있다고 하였다. 또한 대학교수들 간의 공동출판이 지배적이며 사제시간에 공동출판 또한 증가하고 있으며, 여성들 사이에서 공동출판 경향이 매우 높게 나타나고 있다고 밝혔다.

기술교육학과 관련하여 강현무 외(2010)는 한국기술교육학회지에 게재된 학술논문을 중심으로 연구 집단의 지적 구조를 밝혔다. 그 결과 5편 이상의 논문을 발표한 고생산성 집단에 속한 연구자들도 협력 연구자가 평균 1~2명에 그치며, 기술교육학 연구 집단은 평균적으로 3~5명의 연구자를 거치면서 서로 협업하는 공동체임을 밝혔다. 또한 연구자수가 최소 5명 이상인 협력 연구 집단은 4개로 나타났으며, 특정 연구자에 의해서 주도되지 않고 연구주체가 다양하기 때문에 향후 새로운 연결망이 형성될 가능성이 높다고 하였다.

과학기술 분야에서 김용학 외(2007)는 공동출판형태로 논문을 게재한 연구자 수는 대부분 좁은 세상의 연결망에서처럼 분포되어 있으며, 경로거리는 무작위 연결망에서의 것과 비슷하다고 밝혔다. 또한 연결망의 구조적 특징은 연구 분야별로 차별화 되며, 대표적으로 생명공학기술 분야는 포괄적인 반면에 정보기술 분야는 분절적이라는 사실을 밝혔다. 구체적으로 건축학은 2.7, 산업공학은 3.3, 고분자공학은 4.4, 생물학은 5.3, 물리학은 5.6, 화학분야는 4.7~5.6으로 짧은 경로거리에 의해 연결된다고 하였다.

연구 분야별로 Newman(2004)도 공저자 연결망의 특성을 분석하였는데, 생물학과 물리학 분야는 4.6~5.9의 비교적 짧은 경로거리에 의해서 연결되는 좁은 세상을 구성하며, 나의 친구의 친구가 나의 친구가 될 확률로 이해할 수 있는 군집계수는 물리학이 가장 높고 생물리학이 가장 낮다는 사실을 밝혔다. 수학의 경우는 단독 저자의 논문 비율이 높고, 연결망에서 서로 연결되기 위해서는 약간 더 긴 경로거리인 7.6이 필요하다고 밝혔다.

이상에서 살펴본 바와 같이 연구자들의 공동출판 연결망 분석은 다양한 학문 분야에서 국내외적으로 이루어지고 있다. 그러나 현재까지 수학교육학과 관련하여서는 공동출판 연결망을 분석한 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 이 연구는 시론적 의미로 한국연구재단 등재 학

회지로 선정된 수학교육 관련 학회지에 공동출판 형태로 논문을 게재한 연구자들을 대상으로 수학교육 연구자들의 공동출판 연결망 구조를 밝히고자 한다.

2. 사회연결망 분석

사회연결망 분석은 사회 관계성의 형태 혹은 사회 연결망의 패턴으로서의 사회구조를 노드(node) 및 노드(node)들을 연결하는 링크(link)로 구성된 연결망(network)으로 도시하고, 이들 간의 상호작용 구조를 계량화해주는 수학적 분석 기법이다. 노드(node)는 사회 연결망 분석을 구성하는 분석의 최소단위로 개인, 기업, 그 외의 집합적 단위와 같은 사회적 실체들을 나타내는 행위자를 의미하며, 링크(link)는 이러한 행위자들 사이의 관계를 연결선으로 표시한 것을 의미한다(조일현, 2008). 일반적으로 사회연결망 분석의 특징은 첫째, 행위자와 그들의 행위자들은 상호의존적이며 둘째, 행위자간의 관계를 연결하는 것은 자원의 흐름과 전이를 위한 통로가 되며 셋째, 개인들에게 초점을 맞춘 연결망 모형에서는 연결망의 구조적 환경을 개인의 행위들이 촉진될 수 있도록 기회를 제공하는 역할을 하며 넷째, 연결망 모형은 행위자간의 관계에 대한 변화 양식으로 사회적 구조를 개념화한다는 것으로 요약할 수 있다(남창우, 2012; Wasserman & Faust, 1994).

사회연결망 분석에서 사용되는 주요 측정 지표로는 행위자들 사이의 전체적인 연결 정도를 측정하는 개념인 밀집성과 연결망에서 중앙에 위치한 정도를 나타내는 개념인 중앙성이 있다. 구체적으로 이 연구에서 제시한 컴포넌트, 밀도, 평균최단거리, 위세중앙성, 사이중앙성, 연결정도중앙성의 통계치에 대해 살펴보면 다음과 같다(김용학, 2011).

컴포넌트는 한 연결망에 소속된 노드(node)들끼리 하나의 연결망을 형성하는 하위 집단을 말하며, 밀도는 가능한 총 연결선 수 중에서 실제로 맺어진 연결선 수의 비율을 의미한다. 즉 식(1)과 같이 두 값의 비율로 밀도를 구할 수 있다. 여기서 G_k 는 k 연결망의 밀도, N 은 전체 연결망 내의 노드(node) 수, n 은 k 연결망 내의 노드(node) 수, Z_{ijk}^I 는 k 연결망에서 노드(node) i 로부터 다른 모든 노드(node) j 에게 가는 연결선 수 그리고 Z_{ijk}^O 는 k 연결망에서 노드(node) j 가 다른 모든 노드

(node)들 i 로부터 받는 연결선 수를 의미한다.

$$G_k = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (Z_{ijk}^I + Z_{ijk}^O)}{N(N-1)/2} \quad (1)$$

평균최단거리는 노드(node)를 연결해 주는 다양한 경로가 존재할 때 그 가운데에서 최단거리만을 산출하고, 전체 연결망 내에서 이러한 최단거리의 평균을 구한 값을 의미한다.

중앙성은 권력과 영향력이라는 개념과 연결되어 가장 많이 쓰이는 지표 가운데 하나이다. 이 중 위세중앙성은 '호랑이를 쫓아가는 여우에게 위엄이 이전'되는 것과 같이, 연결된 상대방의 중요성에 가중치를 주는 지표로서 식 (2)와 같다. 위세중앙성은 강자와의 단 하나의 연결이 다른 여러 행위자와의 관계를 맺고 있는 경우보다 자신의 영향력을 증가시킨다는 것을 반영한다. 여기서 P 는 가장 큰 고유값과 관련된 고유벡터로서 위세점수, 그리고 Z 는 직접 관계로 관찰된 $N \times N$ 행렬을 나타낸다.

$$P_i = \sum_{j=1}^{N-1} P_z Z_{ji}, \quad 0 \leq P_i \leq 1 \quad (2)$$

사이중앙성은 한 노드(node)가 다른 노드(node)들 사이에 위치하는 정도인 중개인 역할을 하는 정도를 측정하며, 한 노드(node)가 다른 노드(node)들 사이의 최단 경로위에 위치하면 할수록 그 노드(node)의 사이 중앙성은 높아진다. 표준화된 사이중앙성은 식(3)과 같다.

$$C^{sb}(p_m) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_{imj}}{(N^2 - 3N + 2)/2}, \quad i < j, i \neq j \quad (3)$$

여기서 $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_{ij}$ 는 노드(node) i, j 를 연결하는 최

단 경로의 수이고, $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_{imj}$ 는 노드(node) m 이 노드(node) i, j 사이의 최단 경로 위에 위치하는 경우의 수이다. 노드(node) i, j 를 잇는 최단 경로가 여러 개이고 임의적이라면 어느 경로가 사용될지의 확률은 동일하므로 m 이 등장한 경로가 사용될 확률은 $1/g_{ij}$ 가 된다. 즉 최단 경로에 여러 번 등장할수록 m 이 등장한 통로가 사용될 확률은 증가하게 된다.

연결정도중앙성은 특정 노드(node)가 다른 노드(node)에 직접적으로 연결된 총합이 얼마인가를 기초로 국지적

인 지역 중앙성을 나타내며, 식(4)와 같다. 여기서 Z_{ij} 는 노드(node) i 로부터 다른 모든 노드(node)들 j 에게 가는 연결선 수를, Z_{ji} 는 노드(node) j 가 다른 노드(node)들 i 로부터 받는 연결선 수를 의미한다.

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} + Z_{ji})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (Z_{ij})}, 0 \leq C_i \leq 1 \quad (4)$$

III. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 수학교육관련 학회지 중 한국연구재단 등재지로 선정된 4개 학회지에 공동출판 형태로 논문을 게재한 연구자들을 연구대상으로 선정하였다. 2013년 8월을 기준으로 한국연구재단 등재지로는 수학교육이라는 단어가 들어간 발행기관 총 3곳에서 출판하는 6종의 학술지가 이에 해당된다. 그러나 이 중 발간 목적이 다른 학회지들을 제외하고, 융합과 통합을 목표로 하는 2009 개정 교육과정을 고려하여 2010년 1월부터 2013년 4월에 출판된 4종으로 학술지를 한정하였다. 학회지별 논문 편수 및 연구자 수는 [표 1]과 같다.

[표 1] 학회지별 논문 편수 및 연구자 수
[Table 1] The number of papers and scholars in each journal

| 학회지명 | 논문(편) | 총 연구자수 | 중복제외 연구자수 |
|----------|-------|--------|-----------|
| 수학교육 | 95 | 199 | 122 |
| 수학교육 논문집 | 107 | 232 | 165 |
| 수학교육학 연구 | 90 | 171 | 102 |
| 학교수학 | 114 | 205 | 137 |
| 합계 | 406 | 807 | 526 |

2010년 1월부터 2013년 4월까지 출판된 논문은 총 406편으로 807명의 연구자가 참여하였으며, 이 중 중복

되는 연구자를 제외하면 총 526명의 연구자가 논문을 게재한 것으로 나타났다.

구체적으로 학회지별로 논문에 참여한 연구자 수에 따른 분석 결과는 [표 2]와 같다. 2명의 연구자가 공동출판 형태로 논문을 게재한 편수가 가장 많았으며, 다음은 단독연구의 순으로 나타났다. 또한 가장 많은 연구자가 참여한 공동출판의 경우 최대 12인이 포함된 것으로 나타났다.

[표 2] 연구자에 따른 학회지별 논문 편수
[Table 2] The number of papers written by each scholar in each journal

| 학회지명 \ 인 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | ... | 12 |
|----------|-----|-----|----|----|---|---|---|---|-----|----|
| 수학교육 | 29 | 42 | 18 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 수학교육 논문집 | 34 | 41 | 21 | 5 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 수학교육학 연구 | 36 | 42 | 7 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 학교수학 | 47 | 50 | 12 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 합계 | 146 | 175 | 58 | 13 | 4 | 5 | 3 | 1 | 0 | 1 |

이 연구에서는 수학교육 연구자들 간의 공동출판 연결망을 분석하고자 최소 2인 이상이 공동출판 형태로 논문을 게재한 연구자만을 연구대상으로 정하였다. 따라서 공동출판 형태의 논문 260편에 참여한 연구자들 중 중복된 연구자를 제외하여 총 354명을 최종적으로 연구대상으로 정하였다.

2. 자료 분석방법

이 연구에서는 연구대상인 한국연구재단 등재 학회지에 공동출판 형태로 논문을 게재한 수학교육 연구자에 대한 정보를 수집하기 위하여 한국연구재단 홈페이지(www.nrf.re.kr)에서 등재 학회지 목록을 확인한 후 다시 각각의 학술지 발행기관 홈페이지에서 발간 목적이 수학교과교육학과 부합되는지를 확인하였다. 이렇게 선정된 학회지의 논문들은 과학기술학회마을 홈페이지(www.kisti.re.kr)에서 검색하였으며, 이를 통해 수학교

육 연구자의 소속, 전공 그리고 직업에 대한 정보를 수집함으로써 데이터베이스를 완성하였다.

연구자들의 소속은 초중고대학교, 한국교육과정평가원 그리고 한국과학창의재단을 비롯해 총 148개로 나누었다. 전공은 대부분의 연구자들이 학교에 소속해 있었으므로 학과를 기준으로 나누었으며, 초등학교의 경우는 초등교육, 중학교와 고등학교의 경우는 수학교육, 한국교육과정평가원과 과학창의재단은 공동저자의 전공과 같게 총 8개로 코딩하였다. 각각은 수학교육, 초등교육, 응용수학, 수학, 교육학, 생명과학, 철학 그리고 공학으로 이루어져 있다. 직업은 교수, 교사, 학생 그리고 연구원으로 나누어 총 4개로 코딩하였다. 또한 검색과정에서 연구자들 중 동명이인인 경우는 학회지에 표시한 소속기관을 추적하여 그 여부를 확인하였으며, 각 연구자들은 수학교육, 수학교육연구, 학교수학 그리고 수학교육논문집순으로 최신 호부터 논문에 실린 순서로 1부터 354까지 번호를 부여하였다. 또한 연구자들 중 중간에 소속이나 직업이 바뀐 경우는 빠른 년도에서의 상태를 기준으로 코딩하였다.

이 연구는 Ucinet6.3과 Pajek3을 이용하여 수학교육 공동출판 연결망을 분석하였다. 복잡한 연결망의 구조를 축소하여 일정한 규칙성을 찾아내기 위해서는 그래프 기능이 뛰어난 Pajek3을, 그리고 이 연구에서 산출한 컴포넌트 분석, 밀도, 평균최단거리, 위세중앙성, 사이중앙성, 연결정도중앙성 등의 지표는 Ucinet6.3을 사용하였다(김용학, 2011).

IV. 결과 분석 및 논의

1. 수학교육 연구자의 공동출판 연결망

1) 전체 수학교육 연구자의 공동출판 연결망 구조

2010년 1월부터 2013년 4월까지 4개의 학회지에 공동출판 형태로 논문을 게재한 수학교육 연구자 354명간의 공동출판 연결망 분석 결과는 [표 3]과 같다. 연결망 밀도는 0.009로 나타났으며, 평균 최단거리는 5.100으로 나타났다. 이는 354명의 수학교육 연구자 중에서 임의로 2명의 연구자를 선택하였을 때 두 연구자들 간의 최단경로의 수가 5.100이라는 것을 의미한다. 즉 수학교육학 분야의 연구 집단은 평균적으로 약 5명의 연구자를 거치며

서로 이웃하고 있다고 해석할 수 있다.

[표 3] 수학교육 연구자의 연결망 구조

[Table 3] The network structure of mathematics education scholars

| 측정변수 | |
|-------------|-------|
| 최대 컴포넌트의 크기 | 149 |
| 컴포넌트의 개수 | 60 |
| 밀도 | 0.009 |
| 평균 최단거리 | 5.100 |

컴포넌트 분석결과 수학교육 연구자 354명 중 149명이 하나의 하위 연구 집단을 이루고 있고, 나머지 연구자들은 12명 이하의 소규모 연구 집단을 이루고 있는 것으로 나타났다. 구체적인 하위 연구 집단의 현황은 [표 4]에 제시되어 있다.

이를 통해 3명 이하의 소규모 연구 집단에 다수가 포함되어 있어 많은 연구자들이 공동출판 형태로 논문을 게재한다 하더라도 몇몇의 특정 연구자와만 공동출판 형태를 취하고 있음을 알 수 있다. 따라서 다음 분석을 위하여 수학교육 분야 연구자들이 가장 많은 하위 연구 집단의 구성원인 149명간의 연결망을 분석하였다.

[표 4] 하위 연구 집단 현황

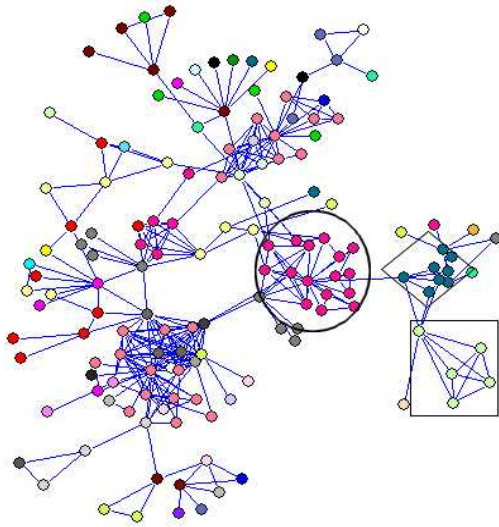
[Table 4] The status of each research subgroup

| | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 크기 | 149 | 11 | 9 | 8 | 7 |
| 수 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 비율 | 0.421 | 0.031 | 0.025 | 0.023 | 0.020 |
| 크기 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 수 | 2 | 5 | 5 | 9 | 31 |
| 비율 | 0.017 | 0.014 | 0.011 | 0.008 | 0.006 |

2) 주요 149명 연구자의 공동출판 연결망 구조

수학교육 분야 연구자들이 가장 많은 하위 연구 집단의 공동출판 연결망 분석 결과 밀도는 0.030으로, 그리고 평균 최단거리는 5.200으로 나타났다. 전체 354명의 연구자를 대상으로 한 분석 결과와 비교해보면 관찰된 밀도는 집단의 크기에 반비례하기 때문에 연구자들 간의 밀도는 높게 나타났다. 그러나 평균최단거리는 비슷하게

나타났는데, 이는 연구자 수가 354명에서 149명으로 줄어드는 과정에서도 연구자와 연구자를 연결해주었던 연결망이 사라지지 않았음을 의미한다.



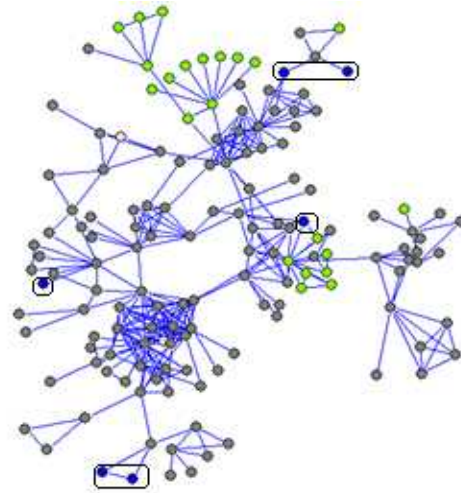
[그림 1] 연구자의 소속을 고려한 연결망 분포
[Fig. 1] The network distribution considering the affiliations of the scholars

연구자들의 소속, 전공, 그리고 직업을 구분하여 공동출판 연결망 분포를 나타내면 각각 [그림 1], [그림 2], 그리고 [그림 3]과 같다. 먼저 [그림 1]은 연구자의 소속을 고려한 수학교육 연구자의 공동출판 연결망 분포로서 각 색깔 별로 같은 소속의 연구자들을 구분한 것이다.

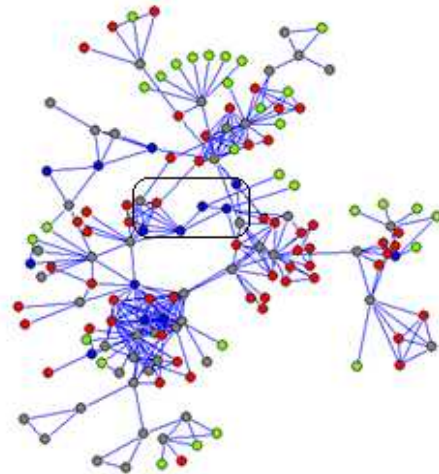
연결망이 같은 색깔로 구성되면 같은 소속의 연구자들끼리 공동출판 성향이 높음을 의미한다. 그 결과 원으로 표시된 이화여자대학교, 네모로 표시된 서울대학교 그리고 마름모로 표시된 고려대학교가 각 학교 내의 연구자들과 공동출판 형태로 논문을 게재하고 있음을 알 수 있다.

[그림 2]는 연구자들의 전공을 고려했을 때의 공동출판 연결망 분포이다. 대부분이 수학교육 전공자이며, 다음으로 초등교육 그리고 [그림 2]에서 사각형 형태로 표시한 응용수학 전공자 순으로 나타났다. 전체 네트워크에서는 수학 전공자가 일부 포함되었었지만, 주요 연구자를 대상으로 한 공동출판 연결망 분포에는 수학을 전

공한 연구자들은 포함되지 않는 것으로 나타났다.



[그림 2] 연구자 전공을 고려한 연결망 분포
[Fig. 2] The network distribution considering the majors of the scholars



[그림 3] 연구자 직업을 고려한 연결망 분포
[Figure 3] The network distribution considering the jobs of the scholars

[그림 3]은 연구자들의 직업을 고려했을 때의 공동출판 연결망 분포를 나타낸 것이다. 교수를 중심으로 대부

분 방사선 형태로 주변에 학생이나 교사가 포진해 있는 것으로 나타났다. 즉 교수 1인과 학생 여러 명이 공동출판 형태로 논문을 게재하는 성향이 강한 것으로 나타났다. 실제 교사로 코딩이 되어 있는 경우에도 현실에서는 대학원을 다니는 교사들로 유추해 볼 수 있고, 이런 점을 반영하면 결국 교수들끼리의 공동출판보다는 교수와 제자들 간의 도제식 공동출판 형태가 활발히 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 [그림 3]에서 사각형 형태로 표시한 중심부에는 연구원들이 대부분 위치하고 있음을 알 수 있다.

수학교육 연구자 149명의 공동출판 연결 정도를 분석한 결과는 [표 5]와 같다. 연결망의 가장 중심에 있는 수학교육 연구자를 판별할 수 있는 지표인 위세중앙성의 전체 평균은 0.030으로, 수학교육 연구자들을 연결시켜주는 정도를 나타내는 지표인 사이중앙성의 전체 평균은 309.832로, 그리고 특정 연구자에게 직접적으로 연결된 수학교육 연구자가 어느 정도나 되는 가를 측정하는 지표인 연결정도중앙성의 전체 평균은 4.470으로 나타났다.

[표 5] 주요 149명 수학교육 연구자의 연결 정도
[Table 5] The degree of connection among the 149 mathematics education scholars

| | 위세 중앙성 | 사이 중앙성 | 연결정도 중앙성 |
|------|-----------|-----------|-------------|
| 평균 | 0.030 | 309.832 | 4.470 |
| 표준편차 | 0.076 | 684.653 | 4.077 |
| 최대값 | 0.324 | 3702.838 | 23.000 |
| 최소값 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |

수학교육 연구자 149명의 공동출판 연결 정도를 나타내는 위세중앙성, 사이중앙성, 연결정도중앙성 지표별로 상위 5위 안에 속하는 연구자들은 [표 6]과 같다. 연결정도중앙성과 위세중앙성이 가장 높은 연구자는 128번 연구자이며, 위세중앙성과 연결정도중앙성은 각각 0.324와 23으로 나타났다.

149명 연구자의 평균 위세중앙성과 연결정도중앙성이 0.030과 4.470임을 고려하였을 때, 128번 연구자의 위세중앙성과 연결정도중앙성은 각각 약 10배 그리고 약 6배 높은 것으로 나타났다. 또한 다른 연구자들 사이의 연결

고리 역할을 나타내는 사이중앙성 지표는 38번 연구자가 높게 나타났으며 이는 149명 연구자의 평균인 309.832보다 약 12배 높은 것으로 나타났다.

[표 6] 3개 지표별 상위 5위 이내의 연구자
[Table 6] The top 5 scholars in each of the 3 indices

| 연구자 | 위세 중앙성 | 연구자 | 사이 중앙성 | 연구자 | 연결 정도 중앙성 |
|-----|-----------|-----|-----------|---------|-----------------|
| 128 | 0.324 | 38 | 3702.838 | 128 | 23.000 |
| 131 | 0.299 | 25 | 3454.517 | 32 | 17.000 |
| 50 | 0.285 | 60 | 3240.791 | 131, 25 | 16.000 |
| 130 | 0.280 | 236 | 2714.390 | 127 | 15.000 |
| 132 | 0.276 | 21 | 2429.000 | 50 | 14.000 |

2. 중앙성 지표 상위권 연구자와 공동출판 실적 상위권 연구자에 대한 분석

한국연구재단 등재지로 선정된 4개 학회지에 논문을 게재한 편수를 기준으로 상위 5위 안에 속하는 연구자와 각 연구자의 게재 논문 편수는 [표 7]과 같다.

[표 7] 최다 논문 발표 연구자 상위 5명과 논문편수
[Table 7] The top 5 scholars having the most published papers and the number of their published papers

| 최다논문저술연구자 | 논문편수 |
|-----------|------|
| 128 | 42 |
| 50 | 29 |
| 131 | 28 |
| 49 | 21 |
| 38, 60 | 17 |

이 연구는 공동출판 형태로 논문을 게재한 연구자들만을 대상으로 하므로 총 406편 중 단독으로 논문을 게재한 146편을 제외한 260편에 한정하여 산출한 결과이다. 또한 전체 공동출판 연결망을 구성하는 354명의 연구자를 대상으로 한 이 결과는 가장 큰 하위집단을 구성

하고 있는 149명의 연구자를 대상으로 한 순위와 일치하였다.

[표 8] 3개 지표별 상위 5위 이내 연구자의 논문편수
 [Table 8] The top 5 scholars having the highest values in each of the 3 indices and the number of their published papers

| 위세 중앙성 | 논문 편수 | 사이 중앙성 | 논문 편수 | 연결 정도 중앙성 | 논문 편수 |
|-----------|----------|-----------|----------|-----------------|----------|
| 128 | 42 | 38 | 17 | 128 | 42 |
| 131 | 28 | 25 | 10 | 32 | 15 |
| 50 | 29 | 60 | 17 | 131, 25 | 28,10 |
| 130 | 10 | 236 | 6 | 127 | 14 |
| 132 | 13 | 21 | 4 | 50 | 29 |

수학교육 연구자 149명 중 위세중앙성, 사이중앙성, 연결정도중앙성 지표별로 상위 5위 안에 속하는 연구자들이 게재한 논문 편수는 [표 8]과 같다. [표 7]과 [표 8]에서 음영으로 처리한 부분은 서로 중복되지 않는 연구자들을 나타낸다. 구체적으로 [표 7]의 49번 연구자는 공동출판 형태로 논문을 게재한 편수를 기준으로 본다면 상위 5위 안에 드는 연구자이다. 그러나 공동출판 연결망 분석결과인 3개 지표별 순위를 기준으로 했을 때는 5위 안에 들지 못했다. 이와 마찬가지로 [표 8]의 25번, 32번, 50번, 127번, 130번, 132번 그리고 236번 연구자는 공동출판 연결망 분석결과인 3개 지표 가운데 어느 하나의 지표에서는 상위 5위 안에 속하는 연구자이지만, 공동출판 형태의 논문 편수를 기준으로 한 경우에는 상위 5위 내에 속하지 못하는 것으로 나타났다.

V. 결론 및 제언

이 연구는 한국연구재단에서 등재지로 선정한 4개의 수학교육 관련 학회지 260편에 공동출판 형태로 논문을 게재한 354명의 연구자를 대상으로 수학교육 연구자의 공동출판 연결망을 분석하였다. 이를 바탕으로 연구결과와 시사점을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 전체 공동출판 연결망을 분석한 결과 수학교육

연구자들 간 평균 최단거리는 5.1로 나타났으며, 149명의 연구자로 구성된 대규모의 하위 연구 집단이 있음을 발견하였다. 즉 수학교육 연구 집단은 평균적으로 약 5명의 연구자를 거치면 서로 연결되는 비교적 좁은 세상을 구성하고 있다고 해석할 수 있다. 즉 한 분야에서 생산된 지식이 수학교육 연구자들 사이의 직접적인 상호작용을 통해서 다른 분야로 빠르게 퍼져 나갈 수 있다는 것을 의미한다. 수학교육은 단독 저자의 논문 비율이 높은 수학(Newman, 2004), 생물학, 물리학 분야보다는 짧은 경로거리에 의해서 연결되며(김용학 외, 2007), 교육학 분야의 유아교육(최연철, 2012)과 기술교육과(강현무 외, 2010)는 비슷한 경로거리를 유지하며, 화학분야와 공학분야 보다는 긴 경로에 의해서 연결되는 것으로 나타났다(김용학 외, 2007). 또한 전체 연결망의 경우 많은 하위 연결망으로 구성되어 있어 연결망의 중심을 찾아보는 것은 큰 의미가 없으므로, 모든 연구자가 연결되어 있는 하위 연구 집단에서 연결망의 중심을 파악할 필요성을 제시하였다.

둘째, 하위 연구 집단에 속하는 주요 수학교육 연구자 149명의 공동출판 연결망을 분석한 결과 평균 최단거리는 전체 공동출판 연결망 분석 결과와 비슷한 5.2로 나타났다. 이는 전체 공동출판 연결망이 하위 연구 집단으로 축소되는 과정에서도 연구자와 연구자를 연결해주었던 징검다리 역할을 하는 연구자들은 그대로 존재한다고 해석할 수 있다.

셋째, 주요 수학교육 연구자 149명을 대상으로 소속, 전공 그리고 직업을 구분하여 공동출판 연결망 분포를 살펴보았다. 그 결과, 소속의 경우 서울 지역에 위치하고 있는 이화여자대학교, 서울대학교 그리고 고려대학교가 각 학교 내의 연구자들과 공동출판 형태로 논문을 게재하는 성향이 높음을 알 수 있었다. 이는 소속을 달리하는 연구자들 사이에서 주로 공동출판 형태로 논문이 게재되고 있는 행정학 분야(최영훈, 이강춘, 2009)와는 다른 양상을 보이는 것으로 나타났다.

수학교육 연구자의 전공을 고려한 결과 대부분이 수학교육이었으며 다음으로 초등교육 그리고 응용수학 순으로 나타났다. 특이한 점은 전체 공동출판 연결망 분포에서는 수학을 전공한 연구자들이 포함되어 있었지만 주요 수학교육 연구자를 대상으로 한 공동출판 연결망 분

포에는 응용수학 전공자들만이 속하는 것으로 나타났다. 이는 현실에서 수학 전공자들은 수학교육 연구자들과의 공동출판 형태를 취하는 것이 아니라 수학 전공 내에서 공동출판 형태로 논문을 게재하고 있으며, 그 전공 내에서 나름대로 수학교육과 관련한 분야의 연구들을 수행하고 있다고 해석할 수 있다. 반면 응용수학 전공자들의 경우 같은 전공의 연구자들과의 공동출판 형태를 취한다 하더라도 반드시 수학교육 전공자와 함께 공동출판 형태로 논문을 게재하고 있었다. 논문의 초록을 구체적으로 살펴본 결과 대부분의 연구들이 컴퓨터와 같은 공학 도구를 활용한 주제들이었으며 이를 통해 두 학문분야가 공동출판 형태를 취하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 여전히 수학과에서도 컴퓨터를 활용한 전공 분야들이 있음에도 불구하고 수학과 수학교육은 공동출판 형태면에서 볼 때 단절되어 있는 이유를 살펴볼 필요가 있다. 이를 통해 수학과 수학교육 두 학문분야에서 공동출판 형태로 논문을 게재할 수 있는 공동연구가 실천될 수 있는 방안이 제안되어야 할 것이다. 또한 통합 교과서를 사용하는 1, 2학년 이외에도 초등학교 대부분의 학년에서 STEAM 교육이 자리매김하고 있는 추세(황민수, 2013)임에도 불구하고, 수학교육학계에서는 공학을 제외한 다른 전공과의 공동출판 형태의 논문은 소수에 불과하였다. 이러한 이유는 현재까지 수학교과와 관련한 융복합교육에서 수학교과의 역할은 그저 도구적 기능을 담당하는 경우가 많은 것을 한 이유로 들 수 있다(이희숙, 2010; 주미경 외, 2012; 홍영기, 2009; Horak, 2006). 패러다임을 형성하고 확산시키는데 학과나 학회 등이 제도적인 측면에서 큰 역할을 한다면, 공동출판 연결망은 미시적이고 비공식적인 측면에서 중요한 역할을 수행한다. Crane(1972)은 이렇게 연결된 집단을 ‘보이지 않는 동료집단’이라고 부르며, 이들이 지식을 생산하고 확산시키는데 핵심집단의 역할을 수행한다고 주장하였다. 즉 많은 지식은 연구자들 사이의 지속적인 상호작용에 힘입어 생산된다고 할 수 있다(김용학 외, 2007). 이러한 관점에서 수학교육연구자들과 다양한 학문분야의 연구자들이 연결을 맺을 수 있는 공동출판 연결망은 STEAM 교육이 학교 현장에서 효과적으로 운영되는데 기여할 수 있을 것이다.

수학교육 연구자의 직업을 고려한 결과 대부분이 방

사선 형태를 띠고 있었다. 방사선의 중앙에는 교수가 있으며 사방으로 학생들이나 교사가 뻗어나가 있는 형태로 공동출판 형태가 이루어지고 있었다. 특히 현실 상황을 반영하면 현직교사들의 경우 대부분 대학원에 재직 중일 확률이 클 것이다. 이러한 점을 고려할 때 우리나라의 수학교육 공동출판 형태는 교수와 그 교수의 제자들과의 도제식 연구가 행해지고 있다고 해석할 수 있다. 또한 주목할 점은 서로 다른 소 연결망 집단 간의 연결을 가능하게 하는 역할을 하는 연구자들이 연구원으로 나타났다는 것이다. 이는 과학기술 분야에서의 김용학 외(2007)의 연구결과에서처럼 수학교육 분야에서도 교수들이 논문을 게재한 편수는 많지만 대형 연구 과제 등이 정부기관이나 연구소 단위로 지원되면서 연구원들이 업적을 내기 위해 여러 개의 연구 과제를 수행하고 있다고 해석할 수 있다.

넷째, 공동출판 논문 편수를 기준으로 상위 5위에 속하는 연구자이지만, 수학교육 공동출판 연결망 분석 결과 주요 중앙성 지표가 높지 않은 경우가 있었다. 49번 연구자에 대해 구체적으로 분석해 본 결과, 공동출판 형태로 논문을 게재하는 연구자들이 계속해서 바뀌는 것으로 나타났다. 이와 같은 경우 다른 연구자들과의 연결망이 견고하다고 보기는 어렵다. 따라서 연구자 개인적인 측면에서는 논문편수가 늘어나겠지만 공동출판 연결망 분석 결과 제시되는 중앙성 지표는 낮을 수밖에 없을 것이다. 이처럼 공동 연구자가 자주 바뀌다보면 연구자들 간 유대관계가 약해지기 때문에 연구의 수행이 원활하게 이루어지지 않을 수 있으며 지속적으로 공동출판 형태를 취하기 어려울 수 있다. 반면에 새로운 관심과 연구 배경을 가진 다양한 연구자를 만날 기회가 많아지기 때문에 예전에는 시도하지 못했던 새로운 주제에 도전해 볼 수 있는 가능성이 커질 수도 있다.

다섯째, 공동출판 논문 편수를 기준으로 상위권에 속하지 못하지만 공동출판 연결망 분석결과 주요 중앙성 지표가 높게 나타나는 연구자들이 있었다. 특히 128번 연구자의 경우 위세중앙성 지표와 연결정도중앙성 지표에서 1위로 나타났다. 이는 128번 연구자의 경우 다른 연구자들과 공동출판 형태로 논문을 다수 게재하는 연구자이면서 동시에 공동출판 형태를 취했던 연구자들과 지속적으로 논문을 게재하고 있다고 해석할 수 있다. 이처

림 연구자들끼리 강한 연결망을 갖고 있는 경우에는 새로운 연구주제를 채택하는데 둔감할 수 있으며 학연으로 구성된 위계질서가 고착화될 수 있을 것이다. 반면에 강한 연결망 내에서 효율적으로 의사결정을 할 수 있으며 연구수행과정에서 발생하는 문제점들을 신속하게 해결할 수도 있을 것이다. 또한 128번과 공동출판 형태로 논문을 게재했던 연구자들을 분석한 결과 130번 연구자와 132번 연구자의 경우 단 한 번의 공동출판 이력에도 불구하고 위세중앙성 지표가 높게 나타났다. 이를 통해 위세중앙성 지표는 연결된 상대 연구자에 대한 중요성을 가중치로 반영하고 있음을 확인 할 수 있었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 수학교육연구자의 공동출판 형태는 강한 연결망을 가진 연구자들 사이에서 이루어진다는 유유상종 유형과 약한 연결망을 가진 연구자들 사이에서 이루어진다는 이종연형 유형으로 설명 할 수 있다(Kretschmer, 1997). 수학교육 분야에서도 최영훈과 이강춘(2009) 그리고 최연철(2012)의 제안처럼, 공동출판 논문 편수는 많지만 연결망 분석 결과 주요 중앙성 지표가 낮은 연구자들의 경우에는 직접적으로 상호 간 또는 각자의 공통되는 공동연구자를 통해서 간접적으로나마 비교적 안정된 연결망으로 발전할 수 있도록 유유상종 유형의 공동출판 형태를 추진할 필요가 있다. 반면에 공동출판 논문 편수는 많지 않지만 주요 중앙성 지표가 높은 연구자들의 경우에는 이질적인 연구자들과의 상호작용을 통한 지식 공유를 통해 쌍방 간 이득, 특히 보완적 지식을 얻을 수 있는 이종연형 유형의 공동출판 형태를 시도해야 할 것이다. 그러나 유유상종 유형의 단점은 이종연형 유형의 장점이 될 수 있으며, 또한 이종연형 유형의 단점은 유유상종 유형의 장점이 될 수 있다는 점을 고려해야 한다.

마지막으로 이 연구의 제한점과 후속연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다. 첫째, 이 연구는 최근 4년 내의 자료를 이용하여 수학교육 연구자의 공동출판 연결망 구조를 살펴보았으므로, 이를 각 학회지가 창간된 이후로 축적된 전체 수학교육연구자에 대한 공동출판 연결망으로 일반화하기에는 무리가 따른다. 따라서 후속 연구에서는 더 많이 누적된 자료를 활용하여, 각 교육과정별로 연결망의 성장과 변화와 같은 역동적인 측면에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다. 둘째, 이 연구는 4개의 학회

지를 동시에 고려하여 수학교육 연구자 전반에 대한 공동출판 연결망 구조를 살펴보았지만, 공동출판의 빈도 및 강도 그리고 유형이 각 학회지별로 다를 수 있다. 따라서 각 학회지의 특성을 고려하여 학회지별로 수학교육 공동출판 연결망을 분석해 볼 필요가 있다. 셋째, 이 연구는 수학교육 분야에 사회연결망 분석 기법을 도입하면서 전체 연결망 구조의 특징을 밝히는 탐색적 차원에 초점을 두었다. 따라서 후속 연구에서는 연결망의 성격, 공동출판을 통한 연결망의 전개 또는 확장 등에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

(감사의 글) 논문의 발전을 위해 조언을 해주신 염우식 교수님, 주언탁 선생님, 그리고 익명의 심사위원님들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 강우기, 김수철, 이환철 (2013). 수학교육 선진화 방안의 중학교 교과서 적용 실태 분석, 수학교육 52(2), 129-147.
- Kang, O., Kim, S., & Lee, H (2013). The research on the actual application of the national mathematics education advance plan to new mathematics textbooks, *The Mathematical Education* 52(2), 129-147.
- 강현무, 김정식, 이용순, 노태천 (2010). 기술교육학 연구 집단의 사회네트워크분석: 한국기술교육학회지에 게재된 학술논문을 중심으로, 기술교육학연구 10(1), 47-69.
- Kang, H., Kim, J., Lee, Y., & Rho, T. (2010). A study on the social network of the technological education in Korea-focused on the journal of KTEA, *The Journal of Technology Education* 10(1), 47-69.
- 교육과학기술부 (2012). '생각하는 힘을 키우는 수학', '쉽게 이해하고 재미있게 배우는 수학', '더불어 함께하는 수학'의 구현을 위한 수학교육 선진화 방안 발표.
- Ministry of Education and Science Technology (2012). The announcement of the "National Mathematics Education Advance Plan in 2012".
- 김용학 (2011). 사회 연결망 분석, 서울: 박영사.
- Kim, Y. (2011) *The analysis of social network*, Seoul: Pakyoungsa.

- 김성원 (2012). 융합인재교육(STEAM) 학습 평가 모형 개발. 융합인재교육(STEAM) 학술대회 논문집, 47-63. 서울: 한국과학창의재단.
- Kim, S. (2012). The development of an assessment model for STEAM learning. *The proceedings of the STEAM*, 47-63. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity.
- 김용학, 윤정로, 조혜선, 김영진 (2007). 과학기술 공동연구의 연결망 구조: 좁은 세상과 위치 효과, 한국사회학 41(4), 68-103.
- Kim, Y., Yoon, J., Cho, H., & Kim, Y. (2007). Structure of collaboration network among Korean scientists: small world and position effect, *Korean Journal of Sociology* 41(4), 68-103.
- 남창우 (2012). 사회 연결망 내에서 중앙성이 학습자의 학업성취와 온라인 협동학습태도에 미치는 영향, 열린교육연구 20(2), 51-73.
- Nam, C. (2012). The effects of students' centrality of their social network on their academic achievement and attitude toward online cooperative learning, *The Journal of Yeolin Education* 20(2), 51-73.
- 노석구, 박현주, 백윤수 (2012). 4C-STEAM의 학교 현장 적용을 위한 이슈와 제한점, 융합인재교육(STEAM) 학술대회 논문집, 65-72. 서울: 한국과학창의재단.
- Rho, S., Park, H., & Baek, Y. (2012). The issues and limitations to be aware of in the educational field of 4C-STEAM, *The proceedings of the STEAM*, 65-72. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity.
- 목진휴(2010). 정책연구자의 공동연구 연결망에 대한 연구, 국가정책연구 24(3), 135-157.
- Mok, J. (2010). A study of the collaborative research network among Korean policy scholars, *Chung-Ang Public Administration Review* 24(3), 135-157.
- 미래창조과학부 (2013). 창조경제를 견인할 창의인재 육성 방안.
- Ministry of Science, ICT and Future Planning. (2013). The plan to promote creative talents to raise creative economy.
- 박만구 (2013). 초등수학교육에서 창의성 신장을 위한 융합적 접근의 탐색-한국-초등수학교과서와 미국 Investigations를 중심으로, 수학교육 52(2), 247-270.
- Park, M. (2013). A study on the convergent approaches for creativity in elementary mathematics education-Focused on Korean elementary mathematics textbooks and investigation in the US, *The Mathematical Education* 52(2), 247-270.
- 신영준 (2012). STEAM 교육 실현을 위한 교·사대 교육과정 개발 연구: 교육대학교 교육과정. 한국과학창의재단.
- Shin, Y. (2012). Development of curriculum in national university of education for STEAM education. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity.
- 오은경(2010). 통섭 또는 이중 네트워크: 학제 간 연구를 위한 소통구조 분석, 서강인문논총 29, 265-301.
- Oh, E. (2010). Consilience of heterogeneous networks: An analysis of communication structure for the interdisciplinary studies, *Humanities Journal* 29, 265-301.
- 이민희, 박미라, 이효정, 진서훈 (2011). 공저자 네트워크를 활용한 응용통계연구 분석, 응용통계연구 24(6), 1259-1270.
- Lee, M., Park, M., Lee, H., & Jin, S. (2011). Analysis of papers in the Korean Journal of Applied Statistics by co-author networks analysis, *The Korean Journal of Applied Statistics* 24(6), 1259-1270.
- 이종학 (2013). 주제탐구형 자료가 과학고 수학영재의 문제해결 및 태도에 미치는 효과-확률, 통계 영역을 중심으로, 수학교육 50(4), 467-487.
- Lee, J. (2013). Effects of project based material on problem solving ability and attitude of mathematically gifted in science high school-Focusing of probability and statistics, *The Mathematical Education* 50(4), 467-487.
- 이희숙(2010). 과학탐구활동을 통합한 삼각함수단원의 수업자료 개발 및 적용에 관한 사례연구. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- Lee, H. (2010). A case study on the instructional material development for an integration of the trigonometric function unit and science inquiry activities and its application. Master's thesis, Ewha Womans University.
- 조일현(2008). 협동학습팀 내 사회연결망 지수가 학습 성과에 미치는 영향, 교육공학연구 24(4), 295-317.
- Cho, I. (2008). Effects of social network measures on

- individual and team performances in a collaborative learning situation, *The Korean Society for Educational Technology 24*(4), 295-317.
- 주미경, 문중은, 송환진 (2012). 수학교과와 융복합교육: 담론과 과제, 학교수학 14(1), 165-190.
- Ju, M., Moon, J., & Song, R. (2012). Convergence education in mathematics: Issues and tasks, *School mathematics 14*(1), 165-190.
- 최연철 (2012). 유아교육 연구자의 사회연결망 분석, 열린유아교육연구 17(2), 175-187.
- Choi, Y. (2012). A social network analysis on early childhood education scholars, *The Journal of Korea Open Association for Early Childhood Education 17*(2), 175-187.
- 최영훈, 이강춘 (2009). 학술논문 공동저술 유형 분석: 한국행정학보(1989-2008) 기고논문을 중심으로, 한국행정학보 43(3), 51-72.
- Choi, Y. & Lee, K (2009). An analysis of the type of co-author papers in Korean Public Administration Reviews, *Korean Public Administration Reviews 43*(3), 51-72.
- 황민수 (2013). 스토리텔링 수학, 융합(STEAM)형 교육으로 진행 중, 조선일보. 08/12/2013.
- Hwang, M. (2013). The progress of storytelling mathematics and STEAM, *Chosun ilbo*. 08/12/2013.
- 홍영기 (2009). 수학·과학 교과의 주제중심 통합프로그램의 효과, 통합교육과정연구 3(1), 42-66.
- Hong, Y. (2009). Designing the integrated mathematics and science program and its effectiveness, *Journal of Curriculum Integration 3*(1), 42-66.
- Acedo, F. J., Barroso, C., Casanueva, C., & Galan, J. L. (2006). Co-Authorship in Management and Organizational Studies: An Empirical and Network Analysis, *Journal of Management Studies 43*(5): 957-983.
- Barnett, A. H., Ault, R. W., & Kaserman, D. L. (1998). The rising incidence of co-authorship in economics: Further evidence, *Review of Economics and Statistics 70*(3), 539-543.
- Beaver, D. D. (2004). Does collaborative research have greater epistemic authorship? *Scientometrics 60*(3), 399-408.
- Bird, J. E. (1997). Authorship patterns in marine mammal science, 1885-1993. *Scientometrics 39*(1), 99-105.
- Bozeman, B. & Rogers, J. (2002). A churn model of scientific knowledge value: Internet researchers as a knowledge value collective, *Research Policy 31*, 769-794.
- Crane, D. (1972). *Invisible colleges: Diffusion of knowledge in scientific communities*, Chicago: University of Chicago Press.
- Cronin, B. (1996). Rates of return of citation, *Journal of Documentation 52*(2), 188-197.
- Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through the integrated curriculum*, VA: ASCD.
- Horak, V. (2006). A science application of area and ration concepts, *Mathematics Teaching in the Middle School 11*(8), 360-366.
- Kretschmer, H. (1997). Patterns of Behaviour in Coauthorship Networks of Invisible Colleges, *Scientometrics 40*(3), 579-591.
- Newman, M. E. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration, *PNAS 101*(1), 5200-5205.
- Norris, R. P. (1993). Authorship patterns in CNJR: 1970-1971, *Scientometrics 28*, 151-158.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*, New York: Cambridge University Press.

A co-authorship network analysis on mathematics education scholars

Sungyeun Kim

Peabody College, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee 37240, US

E-mail: sungyeun.kim@vanderbilt.edu

In this study, we investigated the structure of the mathematics education scholars' co-authorship relationship in papers registered at the National Research Foundation of Korea by social network analysis. The data were 354 scholars from 257 papers in 4 journals from 2009 to 2013 based on 'the 2009 revised Korean National Curriculum'. For the analysis, Pajek3 and UCINET6.3 were used. The results of this study were as follows: First, each of the mathematics education scholars is connected on average with about 5 paths of intermediate collaborators. Second, Analyses of the first component group found distinguishable scholar groups' characteristics depending on their affiliations, majors, and job statuses. Third, there were scholars having high values in network degree centrality measures despite not having high numbers in published papers. On the contrary, there were scholars having high numbers in published papers despite not having high values in network analysis. Finally, I suggested the directions for the future research with the limitations of this study.

* ZDM Classification : A40

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97B99

* Key words : co-authorship, mathematics education scholars, social network analysis