

Analysis of Mathematics Education Research Trends through Semantic Network Analysis

Myeong-Seon Yeom¹⁾ · Bon-Hyung Gu¹⁾ · Ga-Hyeon Lim¹⁾ · Kwang-Ho Lee^{*1)}

¹⁾Korea National University of Education

언어 네트워크 분석을 통한 국내 수학교육 연구 동향 분석

염명선¹⁾ · 구본형¹⁾ · 임가현¹⁾ · 이광호^{*1)}

¹⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

This study analyzed the papers published in 7 domestic professional journals from 1963 to 2019 through the semantic network method to find out the trend of domestic mathematics education research. For a total of 4,559 research titles, the Netminer 4.0 program was used to analyze the wordcloud and degree centrality for each research period to examine the main features and process of change. As a result, in the research periods from 1963 to 1989, the early stages of the study, many researches on teacher-centered instruction was conducted, and many studies related to secondary education were conducted. Moreover, the researches on macroscopic perspectives were conducted main focus. In the 1990s, researches related to elementary school were focused on learning, and the interest in studying students' problem solving ability was increased. In the study of the 2000s, the proportion of student-related research was higher than others, and case studies on teaching and teaching methods were more specific and subdivided. In the studies from 2010 to 2019, qualitative studies such as textbook analysis, class cases, gifted students, and problem solving were increased steadily. Based on these results, it was found that the studies on middle and high schools need to be conducted more in order to further develop the direction of domestic mathematics education research.

Key words : Math education research trends, semantic network analysis

* Corresponding Author : Kwang-Ho, Lee, paransol@knue.ac.kr

Received July 23, 2020; Reviewed July 31, 2020 Corrected September 4, 2020; Accepted September 8, 2020

© 2020. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. Introduction

우리나라 수학교육 연구는 그동안 많은 양적인 성장과 함께 질적인 성장을 이루어 왔다. 1963년 <수학교육> 학술지가 처음 발간된 이래로 1990년대부터는 현대의 수학교육연구 방식을 갖추면서 국내 연구가 급격하게 증가하였고 현재까지 눈부신 성과를 이뤄냈다(Pang et al., 2019; Song et al., 2013). 이러한 결과는 수학교육 연구의 성장과 함께 축적된 연구물들을 분석하고 반성하며 앞으로의 발전 방향에 대해 논의하는 노력이 지속적으로 이루어졌기 때문이다. 예를 들어, Pang et al.(2019)은 1963년부터 2019년까지 게재된 국내 7개의 학술지 논문을 대상으로 연구시기, 연구주제, 연구방법, 연구대상 측면에서 분석하여 국내 수학교육 연구의 발전 과정을 종합적으로 고찰하였다. 또한 Shin(2020)은 2000년부터 2019년까지 국내 KCI 등재지에 게재된 7종의 학술지와 국외 SSCI 등재지에 게재된 5종의 학술지 논문을 대상으로 토픽모델링을 활용하여 국내외 수학교육의 연구 동향을 포괄적으로 비교하여 분석하였다. 이러한 노력은 연구자들이 그동안의 연구들을 되돌아보며 주로 어떤 연구들이 이루어져 왔고, 우리나라 수학교육 연구의 향후 발전 과정은 무엇인지 함께 논의해 볼 수 있는 장을 마련하였는데 의의가 있다. 이러한 시점에서 지금까지 이루어진 수학교육 연구의 발전 양상과 변화 과정을 좀 더 실증적이고 객관적으로 분석하여 향후 국내 연구에 실천적인 방향과 시사점을 제공하는 것은 의미 있는 일이다.

국내에서 수학교육에 관한 연구는 여러 학술지와 학술대회, 학위 논문 등을 통해서 활발히 이루어지고 있다. 이 중에서도 학술지에 게재된 연구는 연구 성과에 대한 검증이 이루어진 것이고 대량의 연구가 집적된 것이기 때문에 연구 동향을 분석하는 데는 적합하다. 국내 수학교육 동향에 관한 연구는 크게 수학교육 연구의 전반적인 동향을 분석한 연구와 특정 주제나 대상을 중심으로 동향을 분석한 연

구가 있다. 예를 들어, 전자의 경우, 국내 학술지를 중심으로 수학교육 연구의 동향을 분석한 연구(Pang et al., 2019)와 국내외 학술지 중심으로 수학교육 연구 동향을 비교한 연구(Shin, 2020), 석사학위 논문을 중심으로 우리나라 수학교육 연구 동향을 분석한 연구(Choi & Song, 2001) 등이 있다. 후자의 경우, 학교급에 따라 초등수학교육 연구 동향 분석(Kwon & Choi, 2008; Kim & Pang, 2017; Ha, Pang, & Ju, 2010), 중등수학교육 연구 동향 분석(Park, 2003; Park & Kim, 2011), 대학수학교육 연구 동향 분석(Kwon & Ju, 2003)이 있다. 특정 주제를 중심으로 분석한 연구로는 초기 대수 교육 연구 동향과 과제 연구 동향 분석(Han & Kwon, 2018), 초등수학교과서 연구 동향 분석(Pang & Kim, 2017; Hwang & Pang, 2012), 수학학습에서 정의적 영역에 관한 국내 동향 분석(Kim & Cho, 2016), 수학교사 교육 연구 동향 분석(Sunwoo & Pang, 2019) 등이 있다.

그러나 위의 연구들은 주로 내용분석을 기반으로 범주들을 설정해 놓고, 논문들의 내용을 분석한 후 범주에 넣은 결과를 바탕으로 연구의 동향을 분석하였다(Moon & Cho, 2019; Yeon, 2019). 이러한 방법은 연구의 특성과 분류 기준에 따라 연구주제, 연구방법, 연구대상, 수학내용 등에 대해 연구흐름과 동향을 보다 면밀하게 파악할 수 있는 반면, 연구자가 임의로 만든 분석 범주에 의존적이고 노동비용이 많이 들며 외적 타당성이 제한되어 있다는 한계점이 있다(Cho & Jo, 2017). 이러한 한계점을 극복하기 위해 최근 방대한 텍스트(text)로부터 유의미한 정보를 추출(mining)하는 컴퓨터 기반의 새로운 기술이 활용되고 있다(Shin, 2020). 여기에는 키워드 네트워크(keyword network) 분석²⁾, 텍스트 마이닝(text mining)³⁾, 워드클라우드(wordcloud) 방법⁴⁾ 등이 있다. Jung & Choi(2020)는 키워드 네트워크 분석 방법을 통해 2003년부터 2019년까지의 국내 학술지에 게재된 발명교육 관련 연구 동향을 분석하였고, Yang(2019)은 2009년부터 2018년까지 게재된

2) 키워드 네트워크(keyword network) 분석이란, 중요한 특정 단어와 다른 단어들이 서로 어떤 의미로 연결되었는지 분석하는 것을 말한다.

3) 텍스트 마이닝(text mining)이란, 비정형 텍스트 데이터에서 새롭고 유용한 정보를 찾아내는 과정이나 기술을 의미한다.

4) 워드클라우드(wordcloud)란, 특정 단어의 빈도나 중요성을 글자의 크기로 나타낸 이미지를 말한다.

총 450편 논문에 대해 키워드 네트워크 분석을 통해 교육 평가 연구 동향을 파악하였다.

반면에 수학교육에서 이러한 기법을 활용한 연구는 부족한 실정이다. 몇몇 진행된 연구로 Shin(2020)은 2000년부터 2019년까지 7종의 KCI 등재지에 게재된 3,114편의 국내 수학교육 논문과 5종의 SSCI 등재지에 게재된 1,636편의 해외 수학교육 논문을 토픽모델링⁵⁾을 활용하여 비교·분석하였다. 또한 Kim & Kim(2018)은 2017년 국제 수학교육 학술대회에서 발표된 논문 1,201편을 대상으로 언어 네트워크 분석법을 이용하여 국제 수학교육 연구 동향을 분석하였다. Moon & Cho(2019)는 <한국초등수학교육학회지> 창간호부터 2018년까지 게재된 378편의 논문을 대상으로 키워드 네트워크 분석을 통해 초등수학교육 연구 동향을 분석하였다. 이와 같은 연구는 특정 기간의 논문을 대상으로 하거나 한 개의 학술지를 대상으로 하였기 때문에 우리나라 수학교육 연구의 전반적인 흐름을 파악하는 데는 약간의 한계점이 있다.

따라서 국내 수학교육 연구의 전반적인 흐름과 동향을 분석하고 보다 객관적이고 실증적인 분석을 위해서는 연구대상을 확장하고 연구방법을 고려할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 연구대상을 1960년대 초창기부터 현재까지 국내 대표적인 학술지 7개로 확장하고, 언어 네트워크 분석법을 활용하여 총 4,559편의 논문 제목을 분석하였다. 구체적으로 각 시기별로 어떤 주제가 연구 되었는지 특징과 변화 양상을 살펴보고, 향후 국내 수학교육 연구의 발전적인 방향을 논의하고자 한다. 각 시기는 1963년부터 1989년까지, 1990년부터 1999년까지, 2000년부터 2009년까지, 2010년부터 2019년까지로 구분하였다. 이렇게 구분한 이유는 1990년대부터 수학교육 연구가 급격하게 증가하였기 때문에(Pang et al., 2019) 그 이전을 연구초창기로, 그 이후에는 10년을 주기로 구분하였다. 우리나라 교육과정의 주기는 최근에 급격한 사회 변화로 인해 필요할 때마다 바뀌는 수시 개정으로 이루어지고 있지만 과거에는 10년 주기로 바뀌었다. 뿐만 아니라 Pang et al.(2019)에서도 1960년대부터 2010년대까지 국내 수학교육

연구주제에 대한 변화를 10년 주기로 분석하였다. 또한 10년이라 함은 어느 한 분야에서 개인적으로 전문성이 충분히 발휘되는 기간이므로 본 연구에서도 1990년대, 2000년대, 2010년대와 같이 10년을 주기로 구분하여 각 시기별 연구 동향은 어떠하며 어떻게 변화되어 왔는지 살펴보았다. 더불어 각 시기를 통틀어 국내 수학교육에서 여전히 강조되고 있는 주제는 무엇인지도 탐색하였다. 논문 제목을 분석한 이유는 저자들이 연구 내용을 가장 함축적으로 제시 하는 것이 논문 제목이고(Buxton, 1987) 연구주제를 명확하게 표현하고 있기 때문이다(Kwon & Hyun, 2004). 본 연구의 목적은 언어 네트워크를 활용하여 각 시기별로 국내 수학교육 연구 동향을 분석함으로써 우리나라 연구의 전반적인 흐름과 변화 양상을 살펴보고 향후 발전적인 연구 방향에 대해 시사점을 제공하는 것이다.

II. Background

1. Semantic Network Analysis

언어 네트워크 분석(semantic network analysis)이란, 언어로 된 텍스트들을 네트워크 분석대상으로 하여, 개별 텍스트를 구성하는 다양한 개체들의 관계적 특성을 분석하는 방법을 말한다(Lee, 2018). 언어 네트워크 분석 방법은 텍스트로 표현된 메시지에서 어떤 특성을 나타내는 개념들을 추출하고, 그들 간에 형성되는 의미적 관계의 속성들을 파악하고자 할 때 매우 유용하다(Lee, 2014). 전통적인 텍스트 분석이 지면상의 내용을 분석하거나 주요 단어의 노출 빈도 등을 계량화하는데 그쳤다면, 언어 네트워크 분석은 그 지면상에 나타난 키워드의 빈도뿐만 아니라 주요 키워드들 간의 관계를 파악하여 지면에서 바로 드러나지 않은 숨은 관계를 파악함으로써 단순한 통계적 비교를 넘어 의사소통 언어의 관계를 살펴보고 내재된 의미를 알아볼 수 있다(Jung, Jo, & Park, 2018). 특히 신문, 영상과 같은 미디어가 전달해주는 내용 이면의 주요 언어들

5) 토픽모델링(topic modeling)이란, 자연어 처리 기술(natural language processing)을 사용하여 방대한 문서 집합에서 특정 문서가 내포하고 있는 잠재적 주제인 토픽(topic)을 범주화(clustering)하는 분석법이다.

간의 관계를 파악하여 보도 내용의 내면에 숨어 있는 의미와 전달자의 의도를 보다 심도 있게 파악할 수 있다.

언어 네트워크 분석은 일반적인 네트워크 분석과 마찬가지로 행위자에 해당하는 노드(nodes)와 그들 간의 관계에 해당하는 링크(links)로 구성되어 있다. 언어 네트워크 분석의 경우 텍스트 속의 주요 개념이나 단어가 노드(nodes)에 해당하고, 그 개념과 단어 간의 관계가 링크(links)에 해당한다. 텍스트에 나타난 주요 키워드들 간의 관계를 분석함으로써 그 텍스트의 핵심 개념이 무엇이고, 매개 역할을 하는 단어나 키워드가 무엇인지 중심성 분석(centrality analysis)을 통해 파악할 수 있으며, 그 텍스트의 구조와 그것에 담긴 의미를 보다 체계적으로 이해할 수 있다(Park & Jung, 2013). 또한 단어 간의 응집성 분석(cohesion analysis)을 통해 텍스트가 전달하고자 하는 내용을 몇 가지로 군집화(grouping)하여 계량화하거나 시각화하여 보여줄 수 있다. 많이 활용되는 중심성 지표로는 연결 중심성(degree centrality), 매개 중심성(betweenness centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 아이겐벡터 중심성(eigenvector centrality)을 들 수 있다(Park et al., 2018). 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

연결 중심성은 한 노드에 연결되어 있는 노드의 수를 나타내며 연결된 노드의 수가 많을수록 연결 중심성이 높아진다. 또한 높은 연결 중심성은 다른 노드들과 직접적으로 연관되어 있음을 나타낸다. 연결중심성은 내향중심성과 외향중심성으로 나타낼 수 있다. 내향중심성(In-Degree Centrality)은 네트워크 내 각 노드가 다른 노드로부터 받는 연결의 정도이고, 외향중심성(Out-Degree Centrality)은 반대로 각 노드가 다른 노드에게 주는 연결의 정도를 의미한다(Choi, 2016). 예를 들어, 내향중심성의 측면에서 ‘개발’이라는 단어가 기준 개발, 도구 개발, 평가 개발, 학습 자료 개발 등의 단어와 결합하여 의미를 구성하는 경우 ‘개발’을 중심으로 다른 단어들이 결합하기 때문에 내향연결중심성이 높다고 할 수 있다. 반대로, 외향중심성의 측면에서 ‘학습’이라는 단어가 학습 자료, 학습 지도, 학습 과정, 학습 방안, 학습 능력, 학습 태도 등의 단어와 결합하여 의미를 구성하는 경우 ‘학습’을 중심으로 다른 단어

와 결합하기 때문에 외향연결중심성이 높다고 할 수 있다. 매개 중심성은 네트워크 내에서 한 노드와 다른 노드들 사이에서 중재자 역할의 정도를 측정하는 방법으로, 한 노드가 연결망 내의 다른 노드들 사이의 최다 경로 위에 위치할수록 그 노드의 매개 중심성이 높아진다. 이러한 매개 중심성이 높을수록 여러 단어들을 이어주는 영향력이 큰 키워드 역할을 하게 된다. 근접 중심성은 각 노드간의 거리를 근거로 하는 지표로 한 노드로부터 다른 노드에 도달하기 위해 필요한 최소 단계 합의 역수로 정의하며, 근접 중심성이 높을수록 네트워크에서 중앙에 위치하게 된다. 근접 중심성이 높다는 것은 네트워크 내에서 다른 행위자들보다 가장 빠른 경로를 통하여 전체 네트워크에 내재되어 있는 자원이나 정보에 접근할 수 있음을 의미한다(Park et al., 2018). 아이겐벡터 중심성은 위세 중심성 또는 고유벡터 중심성이라고도 표현한다. 연결된 노드의 개수뿐만 아니라 연결된 노드가 얼마나 중요한지도 함께 고려함으로써 연결 중심성 개념을 확장한 것이다(Kwak, 2014). 이는 연결된 상대방의 중요성에 가중치를 두는 지표로서 네트워크 내 강자와의 단 하나의 연결이 다른 여러 행위자와 관계를 맺고 있는 경우보다 자신의 영향력을 증가시킬 수 있다는 개념이다. 이러한 중심성 지표를 네트워크 간 비교를 위해 활용하는 경우에는 각 네트워크의 노드 수 차이, 네트워크 규모에 의한 거리 차이 등에 의해 상대적 중심성이 활용된다.

이와 같은 언어 네트워크 분석의 유용성을 종합해 보면 다음과 같다. 첫째, 언어 네트워크 분석은 텍스트를 해체한 후, 이를 다시 조합하여 텍스트가 전달하고자 하는 행간의 의미를 파악함으로써 표면적으로 분명히 드러나지 않는 주요 의미를 파악하는데 유용하다. 둘째, 네트워크 분석을 통해 여러 종류의 네트워크 중심성(network centrality)이 높게 나타난 개념을 찾아냄으로써, 전체 텍스트가 전달하고자 하는 의도와 의미를 이해할 수 있다. 셋째, 특정 개념이 얼마나 많이 등장하였는지에 그치지 않고, 그 개념이 다른 개념들과의 관계에서 어떤 역할을 하는지, 또는 단어들이 특정 패턴으로 배열되어 있는가에 대한 구조적 분석을 통해 특정한 의미의 순환구조, 특정 개념들 간의 공동의미 구성 등을 파

약할 수 있다. 마지막으로 질적 방법과 양적 방법을 동시에 적용할 수 있는 장점이 있다(Lee, 2014).

2. Research Trends in Mathematics Education Research

국내에서 이루어진 수학교육 연구동향 분석 연구는 주로 연구시기, 연구주제, 연구방법, 연구대상을 기준으로 분석하는 경향이 있다(Kim & Pang, 2017; Pang et al., 2019). 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 연구주제와 관련하여 선행연구를 살펴보면 수학교육에 대한 전반적인 연구 동향을 분석한 경우와 특정 주제나 대상을 중심으로 분석한 경우가 있다(<Table 1> 참조).

먼저 전반적인 수학교육 연구 동향에 관하여 분석한 연구를 살펴보면, Pang et al.(2019)은 1963년부터 2019년까지 국내 7개 학술지에 등재된 총 4,559편의 논문을 분석하여 우리나라 수학교육 연구에 대해 연구시기, 주제, 방법, 대상 측면에서 종합적으로 검토하였다. 연구결과 국내 수학교육 연구는 1990년대부터 여러 학술지의 발간과 더불어 양적인 성장을 이루었고, 2000년대 이후에는 논문의 형식과

내용이 체계화 되면서 질적인 성장을 이루었다. 또한 가장 활발히 연구가 이루어진 주제는 수업 및 지도 방안에 대한 연구와 학습자의 인지적·정의적 특성 및 능력에 관한 연구이고, 교육공학 및 교구, 평가에 대한 연구가 상대적으로 적다는 것을 밝혔다.

다음으로 연구자가 관심 있는 특정 주제를 대상으로 분석한 연구들을 살펴보면, Pang & Kim(2019)은 1999년부터 2019년까지의 가치에 대한 연구 동향을 분석하기 위하여 구글 스칼라에서 검색한 논문 66편을 분석하였다. 그 결과 수학 교육적 가치가 수학적 가치보다 더 많은 빈도로 다루어졌고, 가치 연구는 대개 프로젝트 중심으로 진행되었으며 프로시딩(Proceedings)에 게재된 논문과 출간된 논문들이 양적으로 증가하였다는 것을 확인했다. 또한 Sunwoo & Pang(2019)은 2000년부터 2018년까지 <한국수학교육학회>의 학술지에 게재된 220편의 수학 교사교육에 대한 논문을 분석하였는데 그 결과, 국내 수학 교사교육 연구는 2000년대 후반부터 급격히 증가하였는데 특히 교사 지향에 대한 연구가 가장 많이 이루어졌음을 밝혔다.

특정 대상 측면에서 초등수학을 대상으로 연구 동향을 분석한 Kim & Pang(2017)의 연구는 2010년

<Table 1> Research trends related to the research topics

	Authors	Period	Researches
Research Trends	Choi, Song(2001)	1990~1999	1990s Master Thesis(65 Universities)
	Kim, Kim(2018)	2017	1,201 papers at International Conference in 2017
	Pang et al.(2019)	1963~2019	4,559Papers published in 7 Mathematics domestic Journals
	Sin(2020)	2000~2019	3,114papers on 7 KCI Journals 1,636 papers on 5 SSCI Journals
Specific topics	Choi, Kim(2016)	2005~2015	103 papers on KCI
	Pang, Kim(2017)	2012~2016	123 papers on domestics 7 Journals
	Han, Kwon(2018)	2000~2017	89 papers in 6 journals about early algebra
	Pang, Kim(2019)	1999~2019	66 Google scholar papers
	Sunwoo, Pang(2019)	2000~2018	220 Teacher education 3KCI Journals
Specific Researches	Kwon, Choo(2008)	1998~2006	235 papers on 3 Journals and University of Education Journals
	Ha, Pang, Choo(2010)	2005~2009	383 papers on 8 Journals
	Kim, Pang(2017)	2010~2016	596 papers on 8 Journals
	Moon, Cho(2019)	1997~2018	378 papers on Jou. of elem. Math. Edu. in Korea
	Park(2003)	2000~2003	Mathematics education on secondary school, <JRME>
	Park, Kim(2011)	2005~2009	383 papers, on Jou. Res. Math Edu., School Mathematics. <JRME>, <ESM>
	Kwon, Choo(2003)	1963~2002	School Mathematics

부터 2016년까지 7년간 국내 8종의 학술지 논문 596편을 대상으로 연구주제, 방법, 대상, 수학내용영역, 교과역량별 동향을 분석하였다. 연구 결과, 연구 주제 측면에서 학습자의 인지적·정의적 특성과 능력, 교육과정과 교과서 분석, 수업 및 지도방안과 관련된 연구의 비중이 높았고 평가와 교육공학, 교육 관련 연구의 비중은 낮았다. 또한 방법측면에서 학생에 대한 연구가 많았고, 수학내용영역 중 수와 연산 관련 연구가 높은 비중을 차지했음이 드러났다. 교과역량측면에서는 문제해결 관련 연구가 많이 나타났고, 창의·융합, 추론, 의사소통, 태도 및 실천, 정보처리 역량 순으로 균형 있게 연구되었으나 각 역량별 하위요소에 대해 분석한 연구는 국한되었음을 밝혔다.

둘째, 연구방법 측면에서 살펴보면 국내 수학교육 동향 연구는 <Table 2>와 같이 주로 크게 양적연구, 질적연구, 혼합연구로 분류하였으며 각각의 하위요소로 세분화하였다(Kim & Pang, 2017; Pang et al., 2019)

위의 연구에서 2018년도 이전의 연구는 내용분석을 기반으로 연구자가 고안한 분석틀을 개발하여 연구 동향을 분석하였고(Pang et al., 2019; Han & Kwon, 2018), 연구의 특성과 분류 기준에 따라 연구자가 임의로 만든 분석 범주에 의존적이고 시간과 비용이 많이 들며 외적(external) 타당성이 제한되어 있다는 한계점이 있다(Cho & Jo, 2017). 이를 극복하기 위한 방법으로 언어 네트워크 분석 방법을 이용한 경우로, Moon & Cho(2019)는 연구대상을 <한국초등수학교육학회지>로 특정하여 연구 동향과 지식 구조를 살폈으나, 다른 학술지에 속한 초

등수학교육 관련 연구들을 대상 논문으로 포함시키지 못하여 다수의 전문 학술지에서 드러난 연구 동향을 전반적으로 살피는데 한계점을 가졌다. Shin(2020)은 2000년부터 2019년까지의 20년간 수학교육 전문 학술지에 게재된 논문을 대상으로 국내외 연구 흐름을 조망하기 위해 수학교육 연구의 전반적인 연구주제를 비교·대조하였다. 연구결과, 국내외적으로 예비교사 관련 연구는 비중이 높은 편이나, 수업 연구(lesson study)를 통한 교사 공동체의 활용과 현직교사의 전문성 신장에 관한 연구는 비교적 높지 않다고 밝혀 현직교사의 재교육 관련 연구의 필요성을 시사했다. 하지만 토픽모델링은 논문이 가지는 맥락에 대해 완전한 이해를 보장하지 못한다는 점에서 연구의 한계를 지닌다.

이에 본 연구에서는 1963년부터 2019년까지 국내 7종의 학술지에 게재된 논문을 분석함으로써 연구기간과 분석 대상을 확장하여 국내 수학교육 연구들의 동향을 보다 폭넓게 종합적으로 살펴보고자 한다.

III. Method

1. Object

본 연구는 1963년도부터 2019년까지 이루어진 국내 대표적인 7개 학술지의 KCI 등재(후보)된 수학교육 관련 논문 4,559편의 논문 제목을 수집하여 분석 대상으로 하였다(<Table 3> 참조). 자료 수집은 Pang et al.(2019)의 자료를 활용하였다. 그렇게 한

<Table 2> Research trends related to research methods(Pang et al., 2019, p. 713)

Researches	Kwon, Choi (2008)	Park, Kim(2011)	Kim et al.(2014)	Kim, Pang(2017)	Pang et al.(2019)
Literature	Pedagogical	Philoso. Pedago.			Crit., Synth. Analy.
		Invest.		Invest.	Invest.
Quantitative	Quantitative	Quasi-e Causal-Correla.	Quantitative	Quasi-e Causal-Correla.	Quasi-e
		Develo.			Quantitative
Qualitative	Qualitative	Con. an. Case	Qualitative	Con. an. Case	Devel.
		Ethno. Action		Ethno. Action	Case
		Ground		Ground	Action
Mixed	Mixed	Mixed	Mixed	Mixed	Qualitative
					Mixed

이유는 본 연구와 Pang et al.(2019)의 연구가 분석 시기와 연구대상 면에서 동일할 뿐만 아니라 방대한 자료를 본 연구의 저자들이 수집하기에는 한계가 있었으며 선행연구의 자료를 활용하는 것이 시간과 노동 비용 면에서 효율적이었기 때문이었다. 차이점은 분석방법이다. Pang et al.(2019)은 총 4,559편의 논문을 4가지 분석기준 즉, 연구시기, 연구주제, 연구방법, 연구대상에 따라 해당하는 항목에 1회씩 빈도를 표시하였다. 이와 달리 본 연구의 분석 방법은 방대한 자료를 실증적이고 객관적으로 분석하고자 언어 네트워크 분석법을 활용하였다.

<Table 3> The number of research papers to be analyzed per journals(Pang et al., 2019, p714)

Order	Name of journal	Num. of papers
1	Jou. of Edu. Re. in Math.	857
2	School Mathematics	701
3	Mathematics Education	884
4	Ele. Math. Education	295
5	Research on Math. Edu.	839
6	J. E. Math. Edu. in Kor.	390
7	J. Kor. Sch. Math. Soc.	593
	Total	4,559

2. Analytical Procedures and Methods

본 연구는 언어 네트워크 분석 프로그램인 NetMiner 4.0(Cyram, 2004)을 활용하였다. 언어 네트워크 분석은 개념 사이의 연결을 분석하여 시각적으로 제시함으로써 개념과 개념 사이의 관계를 파악할 수 있게 해주며, 관계의 강도까지도 확인할 수 있게 해준다(Kim & Kim, 2018). 워드클라우드와 키워드 빈도수 분석 결과만으로는 단어들이 어떤 의미로 쓰였는지 알 수 없기 때문에 언어 네트워크 지도(semantic network map)를 통해 노드와 노드가 서로 어떤 연관이 있는지, 어떻게 연결되어 있는지 그 관계를 살펴봄으로써 단어의 특정한 의미를 파악하고자 하였다. 다시 말해, 언어 네트워크는 각 노드들의 의미 관계를 살펴볼 수 있는 지표가 될 수 있다는 것이다.

분석은 시기별로 초창기인 1963년부터 1989년까지, 그 다음에는 10년 단위로 1990년부터 1999년까지, 2000년부터 2009년까지, 2010년부터 2019년까지로 구분하여 분석하였다.

먼저 연구시기별로 어떤 주제들의 연구가 이루어졌는지 경향성을 파악하기 위해 논문 제목에서 언급되는 단어들을 대상으로 워드클라우드 분석과 키워드 분석을 실시하였다. 워드클라우드에서는 단어의 크기가 클수록 빈도수가 높고 중요하게 다루어졌다는 것을 의미한다. 다음으로, 단어들 간의 공출현 정도 및 연결 정도를 파악하기 위해 네트워크 분석을 실시하였다.

분석 절차로 첫 번째 단계는 분석 대상 데이터를 수집하기 위해 우리나라에서 학술지가 발간되기 시작한 1963년부터 2019년까지 국내 7종의 학술지에 게재된 수학교육 관련 논문 총 4,559편의 제목을 수집하였다. 두 번째 단계는 데이터 전처리 과정(pre-processing)을 수행하였다. 전처리는 불필요한 단어들을 제거하거나 의미가 같은 단어들을 하나의 단어로 처리하는 등의 정제 작업을 말한다. 단어의 형태는 명사로 제한하였다.

<Table 4> Pre-processing

Section	Words with similar meaning	Conjoin
Exception List	‘수학’, ‘수학과’, ‘산수’, ‘중심’, ‘연구’, ‘교육’	Delete
	‘초등학교’, ‘국민학교’	‘초등’
	‘중학교’, ‘중등학교’	‘중등’
Thesaurus	‘고등학교’, ‘고교’	‘고등’
	‘영재’, ‘영재아’, ‘영재교육’, ‘영재교육원’	‘영재’
	‘예비교사’, ‘예비수학교사’, ‘예비초등교사’	‘예비’
Defined Words	‘교육과정’, ‘문제해결’, ‘학년군’, ‘전문성’	

<Table 4>와 같이 NetMiner 4.0 프로그램 분석을 반복적으로 실행하여 빈도수가 높은 단어인 ‘수학’, ‘수학과’, ‘산수’, ‘중심’, ‘연구’, ‘교육’은 제외하였다. 이 단어들을 포함시킬 경우 결과 해석에 편향적인 영향을 줄 우려가 있으므로 이를 제외한 나머지

단어들의 교육적인 의미를 파악하고자 이 단어들을 제외하였다. 더불어, 의미가 같다고 생각되는 단어들은 유의어 사전에 등록하여 하나의 단어로 처리하였다. 구체적으로 ‘초등학교’, ‘국민학교’는 ‘초등’으로, ‘중학교’, ‘중등학교’는 ‘중등’으로, ‘고등학교’, ‘고교’는 ‘고등’으로 처리하였다. 일반적으로 중학교와 고등학교는 ‘중등’이라는 용어를 사용하지만 본 논문에서는 중학교와 고등학교를 구분하기 위하여 예외적으로 중학교는 ‘중등’으로 고등학교는 ‘고등’이란 용어로 사용하였다. 또한 ‘영재’, ‘영재아’, ‘영재교육’, ‘영재교육원’은 ‘영재’로, ‘예비교사’, ‘예비수학교사’, ‘예비초등교사’는 ‘예비’로 하였다. 그리고 ‘교육과정’, ‘문제해결’, ‘학년군’, ‘전문성’ 등의 단어들은 프로그램 분석 시 단어가 분리되어 단어 형태를 그대로 유지할 필요가 있다고 생각되었기 때문에 지정어(defined words)에 추가하였다. 예를 들어, ‘교육과정’이란 단어가 ‘교육’과 ‘과정’으로 분리될 경우 본래의 ‘교육과정’이란 의미에서 벗어나 다른 의미로 해석될 우려가 있으므로 하나의 단어로 처리할 필요가 있었다. 이러한 전처리 작업의 과정을 거쳐 <Table 5>에서와 같이 1963년부터 1989년까지의 논문에서는 총 238개의 키워드를 추출하였고, 1990년부터 1999년까지 키워드 652개, 2000년부터 2009년까지 키워드 1,310개, 2010년부터 2019년까지 키워드 1,583개를 추출하였다.

<Table 5> The number of papers and keywords by research periods

Period	Number of papers(%)	Number of keywords
1963-1989	142(3.12)	238
1990-1999	677(14.85)	652
2000-2009	1,760(38.60)	1,310
2010-2019	1,980(43.43)	1,583
Total	4,559(100.0)	3,783

※ Calculate the result rounded up to the third digit after the decimal point

세 번째 단계는 1-mode 네트워크 분석을 위한 적정 수의 키워드를 추출하기 위해 window size와 link frequency를 다양하게 설정하여 여러 번 분석

을 수행함으로써 가장 효율적인 키워드 수를 추출하고자 하였다. 그 결과 <Table 6>과 같이 시기별로 적절한 수의 키워드를 추출하였다. 여기에서 window size란, 단어와 단어가 출현하는 범위를 설정하는 것을 말하며, link frequency는 생성되는 단어와 단어 쌍의 반복 횟수를 의미한다. 즉, 일련의 나열된 노드 중에서 특정 노드들의 쌍이 반복되는 횟수를 설정하여 분석하는 것이다.

<Table 6> The number of keywords extractions according to window size and link frequency by research periods

Period	Window size	Link frequency	Number of keywords (Extracted)
1963-1989	3	2More & E.	238(38)
1990-1999	3	5More & E.	652(49)
2000-2009	3	10More & E.	1,310(71)
2010-2019	3	10More & E.	1,583(81)
Total(1963-2019)			3,783(239)

<Table 6>에서 보는 바와 같이 1963년부터 1989년까지는 window size를 3, link frequency를 2이상으로 설정하였다. 이것은 단어의 범위를 3단어 이내에서 2회 이상 함께 출현하는 단어를 추출하는 것이다. 이때 단어 간 연결에 방향성을 부여하면 단어들이 연결되는 선후 관계를 파악할 수 있기 때문에 방향성이 있는 것으로 설정하여 총 238개의 키워드 중 38개를 추출하였다. 1990년부터 1999년까지는 window size를 3, link frequency를 5이상으로 설정하여 총 652개의 키워드 중 49개를 추출하였다. 2000년부터 2009년까지는 window size를 3, link frequency를 10이상으로 설정하여 총 1,310개의 키워드 중 71개를 추출하였다. 마지막으로 2010년부터 2019년까지는 window size를 3, link frequency를 10이상으로 설정하여 총 1,583개의 키워드 중 81개를 추출하였다. 각 시기별 window size는 3으로 동일하게 설정하였지만 link frequency를 다르게 설정한 것은 점차적으로 논문 수가 증가함에 따라 가장 효율적인 키워드 수를 추출하고자 한 것이다. 만일

link frequency를 각 시기별 2이상으로 동일하게 설정한다면 2000년대와 2010년대 추출 키워드 수가 너무 많아져서 언어 네트워크 지도를 한 눈에 파악하는데 어려움이 있고 복잡하기 때문이다.

또한 키워드들 간에 어떤 관계와 의미가 있는 지 파악하기 위해 방향성을 설정하여 내향중심성(In-Degree Centrality)과 외향중심성(Out-Degree Centrality)을 살펴보고, 링크의 굵기를 다르게 하여 시각화하였다.

IV. Results

1. Trends in Mathematics Education Research in Korea by Research Periods

각 시기별 국내 수학교육 연구의 주요 주제와 변화 양상을 살펴보기 위해 논문 제목에서 가장 많이 언급되는 단어들을 분석하였다. <Table 5>에서 알 수 있듯이 2000년대부터는 논문 제목의 전체 키워드 수가 급격히 증가하였는데 그 이유는 1963년에 발간된 <수학교육> 학술지와 1991년에 발간된 <수학교육학연구>를 제외한 나머지 5개의 학술지가 1990년대 후반기에 등장함에 따라(<Table 3> 참조) 이 시기에 수학교육 관련 연구가 본격화되기 시작하면서 논문의 수가 증가하였기 때문으로 보인다.

1) A Study on Mathematics Education Research from 1963 to 1989

[Figure 1]은 1963년부터 1989년까지 142편의 논문 제목에서 추출한 238개의 키워드에 대한 워드클라우드 분석 결과이고, <Table 7>은 window size를 3으로, link frequency를 2이상으로 설정하여 추출한 상위 38개의 키워드 분석 결과를 나타낸 것이다. 키워드 빈도는 2이상으로 설정하였지만 이 시기 여기에 해당되는 키워드 수는 38개로 나타났다. 논문 수가 다른 연구시기에 비해 상대적으로 적기 때문에 추출한 키워드 수도 적었다. 분석 결과 [Figure 1]과 <Table 7>에서 알 수 있듯이 1963년부터 1989년까지의 연구에서 빈도수 상위 단어는

‘지도, 학습, 교육과정, 고등, 문제, 중등’ 순으로 나타났다. 이 시기에 ‘지도’라는 단어가 다른 단어에 비해 월등히 크게 나타났다.



[Figure 1] 1963–1989 Wordcloud analysis results

<Table 7> Analysis of the top 38 keywords in the research titles from 1963 to 1989

Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency
‘지도’	24	‘비교’	5	‘사용’	3
‘학습’	16	‘구조’	5	‘사고’	3
‘교육과정’	15	‘활용’	4	‘교구’	3
‘고등’	14	‘형성’	4	‘계산’	3
‘문제’	12	‘프로그램’	4	‘취급’	2
‘중등’	11	‘방안’	4	‘보조’	2
‘국제’	7	‘개발’	4	‘대학교’	2
‘개념’	7	‘평가’	3	‘나라’	2
‘학교’	6	‘컴퓨터’	3	‘기초’	2
‘올림픽아드’	6	‘체계’	3	‘극한’	2
‘문제점’	6	‘집합’	3		
‘교재’	6	‘직관’	3		
‘개선’	6	‘입시’	3		
‘조사’	5	‘실태’	3		

다음 순서로 ‘학습, 교육과정, 고등, 문제, 중등’은 비슷한 크기로 나타났다. 이는 당시 연구자들이 교육과정 개정과 관련하여 학습을 강조하면서 교육과정의 내용과 방법을 구성하는 연구에 많은 관심을 가지고 있었을 뿐만 아니라, 고등과 중등에 관련된 연구들이 많이 이루어진 것으로 보인다. 또한 고등, 중등, 교육과정, 국제 등 이 시기의 전체적인 키워드를 살펴볼 때 연구의 특징은 미시적인 시각보다는 거시적인 시각으로 연구가 이루어졌음을 확인할 수 있다.

2) A Study on Mathematics Education Research from 1990 to 1999

[Figure 2]는 1990년부터 1999년까지 677편 논문 제목에 대한 키워드 652개 중에서 상위 500개의 키워드를 워드클라우드를 분석하여 제시한 것이고, <Table 8>은 window size를 3으로, link frequency를 5이상으로 설정하여 추출한 49개의 키워드 중에서 상위 42개의 키워드 분석 결과를 나타낸 것이다.

[Figure 2] 1990~1999 Wordcloud analysis results

[Figure 2]와 <Table 8>에서 보는 바와 같이 1990년부터 1999년까지의 연구에서 빈도수 상위 키워드는 ‘학습, 지도, 초등, 개발, 활용, 교육과정, 중등, 평가, 학생, 문제해결’ 순으로 나타났다. 1990년대는 ‘학습’이라는 단어의 빈도수가 115로 가장 높게 나타났고, 뒤이어 ‘지도’가 높게 나타났다. 이 시기에 눈에 띄는 단어로 ‘초등, 교수, 이해, 학생, 문제해결’ 등의 키워드가 새롭게 등장하였다. 또한 이 시기에는 컴퓨터 프로그램을 활용하거나 계산기를 활용한 연구에 대하여 관심이 증가하였고 내용 영

<Table 8> Analysis of the top 42 keywords in the research titles from 1990 to 1999

Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency
‘학습’	115	‘문제’	38	‘이해’	18
‘지도’	73	‘교수’	33	‘교육학’	17
‘초등’	64	‘기하’	28	‘증명’	17
‘개발’	55	‘비교’	28	‘교과’	16
‘활용’	55	‘능력’	25	‘한국’	16
‘교육과정’	52	‘컴퓨터’	25	‘소고’	15
‘중등’	52	‘학년’	25	‘통계’	15
‘평가’	50	‘교과서’	24	‘확률’	15
‘학생’	50	‘자료’	23	‘수리’	14
‘문제해결’	44	‘영역’	20	‘계산기’	13
‘개념’	41	‘함수’	20	‘유형’	13
‘고등’	39	‘과정’	19	‘개선’	12
‘방법’	39	‘신장’	19	‘용어’	12
‘방안’	39	‘프로그램’	19	‘러시아’	11

역 측면에서 수리, 기하, 통계와 확률 영역에 대한 연구가 이루어졌다.

3) A Study on Mathematics Education Research from 2000 to 2009

[Figure 3]은 2000년부터 2009년까지 1,760편의 논문 제목에 대한 1,310개의 키워드 중에서 상위 500개의 키워드를 워드클라우드를 분석하여 제시한 것이고, <Table 9>는 window size를 3으로, link frequency를 10이상으로 설정하여 추출한 71개의 키워드 중에서 상위 42개의 키워드 분석 결과를 나타낸 것이다.

[Figure 3] 2000~2009 Wordcloud analysis results

<Table 9> Analysis of the top 42 keywords in the research titles from 2000 to 2009

Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency
‘학습’	341	‘교육과정’	107	‘내용’	62
‘초등’	312	‘과정’	106	‘능력’	62
‘학생’	261	‘문제해결’	106	‘탐구’	61
‘활용’	195	‘교과서’	94	‘함수’	61
‘지도’	168	‘이해’	91	‘수준’	60
‘개발’	159	‘평가’	91	‘프로그램’	59
‘교수’	134	‘방법’	89	‘기하’	55
‘수업’	132	‘비교’	80	‘창의성’	55
‘개념’	127	‘영향’	75	‘신장’	51
‘방안’	123	‘고등’	72	‘분수’	44
‘중등’	121	‘자료’	71	‘사고’	43
‘학년’	118	‘이용’	67	‘통계’	43
‘교사’	117	‘영역’	65	‘조사’	39
‘영재’	114	‘지식’	63	‘태도’	39

[Figure 3]과 <Table 9>에서 보는 바와 같이 2000년대 연구에서 빈도수 상위 단어는 ‘학습, 초등, 학생, 활용, 지도, 개발, 교수(teaching)’ 순으로 나타났다. 이 시기에는 ‘학습’이란 키워드가 341회로 나타나 여전히 강조되고 있고, 뒤이어 ‘초등’이란 키워드가 312회 출현하여 그 중요성이 1990년대 비해 증가하였다. 또한 이 시기에는 ‘교사, 수업, 영재, 과정, 창의성’ 등의 키워드가 새롭게 등장하였고 ‘교수, 수업, 방안’이란 키워드도 눈에 띈다. 이는 수업 및 지도 방안에 관한 연구가 점차 세분화 되고 영재, 창의성 관련 연구가 2000년대에 들어서면서 관심을 보인 것으로 해석된다.

4) A Study on Mathematics Education Research from 2010 to 2019

[Figure 4]는 2010년부터 2019년까지 1,980편의 논문 제목에 대한 1,583개의 키워드 중에서 상위 500개의 키워드를 워드클라우드로 분석하여 제시한 것이고, <Table 10>은 window size를 3으로, link frequency를 10이상으로 설정하여 추출한 81개의 키워드 중에서 상위 42개의 키워드 분석 결과를 나타낸 것이다.



[Figure 4] 2010~2019 Wordcloud analysis results

<Table 10> Analysis of the top 42 keywords in the research titles from 2010 to 2019

Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency
‘초등’	589	‘교육과정’	138	‘문제’	92
‘학생’	414	‘과정’	134	‘내용’	91
‘학습’	270	‘비교’	131	‘과제’	83
‘교과서’	256	‘평가’	131	‘지식’	80
‘교사’	256	‘인식’	129	‘수준’	75
‘수업’	256	‘개념’	116	‘정의’	75
‘활용’	210	‘교수’	108	‘함수’	74
‘학년’	190	‘문제해결’	107	‘교과’	72
‘개발’	159	‘이해’	107	‘능력’	70
‘예비’	157	‘활동’	105	‘프로그램’	67
‘중등’	153	‘영향’	103	‘사고’	66
‘사례’	148	‘영역’	98	‘통계’	65
‘영재’	141	‘방안’	95	‘조사’	64
‘지도’	141	‘고등’	92	‘학업성취도’	62

[Figure 4]와 <Table 10>에서 알 수 있듯이 2010년대 연구에서 빈도수 상위 단어는 ‘초등, 학생, 학습, 교과서, 교사, 수업’ 순으로 나타났다. ‘초등’이 589회 출현으로 가장 빈도수가 높은 것으로 보아 최근 초등 대상의 연구가 매우 활발히 진행되고 있다는 것을 알 수 있다. 반면 중등은 153회, 고등은 92회로 나타난 것으로 보아 초등 관련 연구에 비해 상대적으로 중등과 고등 관련 연구들이 비교적 많이 이루어지지 않은 것으로 보인다. 이 시기에 눈에

띄는 키워드로 ‘학생’ 414회, ‘학습’ 270회, ‘교과서’ ‘교사’, ‘수업’ 256회로 각각 2순위, 3순위, 4순위로 나타났다. 이는 최근 연구의 흐름이 교사 중심 수업 보다는 학생 중심 수업으로 그 경향성이 바뀌었음을 보여준다. 또한 ‘교과서’라는 키워드가 다른 시기에 비해 눈에 띄게 부각되었는데 이는 2009 개정 교육과정과 2015 개정교육과정으로 인한 수시 개정에 따라 교과서 분석 연구가 많이 수행되었음을 확인할 수 있다. 전체적으로 보면 연구 주제들이 수업 사례, 영재, 문제해결, 과제, 지식, 함수, 통계, 학업 성취도 등 다양하고 세분화되어 나타난 것으로 보인다. 최근 질적 연구가 증가하면서 연구 주제가 더욱 구체화되고 세분화 되는 경향을 띄는 것임을 유추할 수 있다.

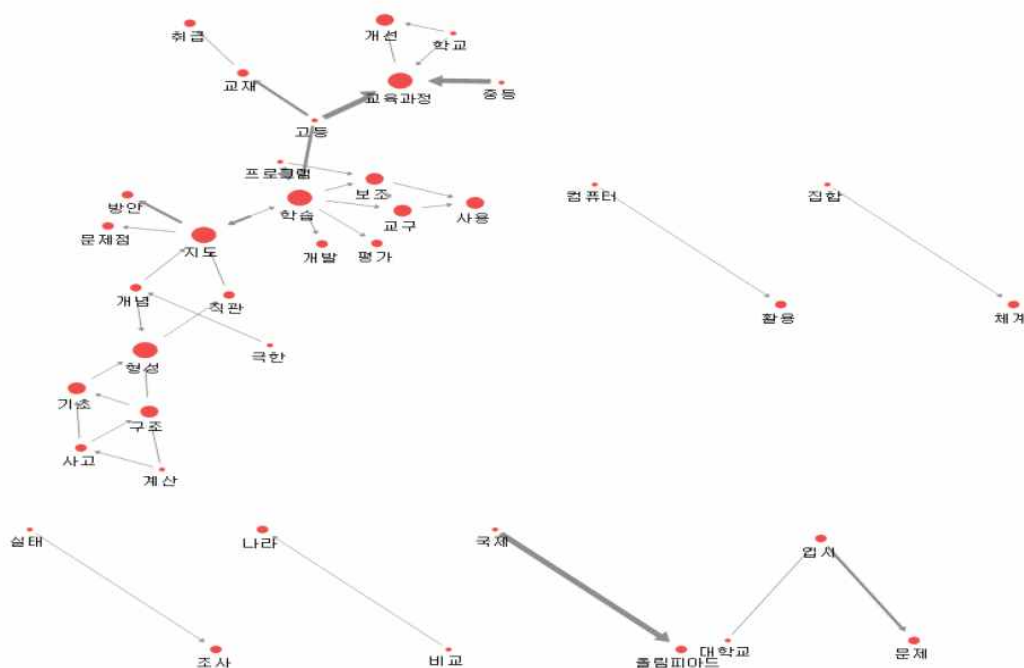
2. Results of Semantic Network Analysis by Research Periods

본 연구에서는 각 시기별 연구 경향을 좀 더 면밀하게 살펴보기 위해 언어 네트워크를 분석하여 시기별로 언어네트워크 지도(semantic network map)를 제시하였다([Figure 5], [Figure 6], [Figure 7], [Figure 8] 참조). 여기에서 노드는 네트워크를

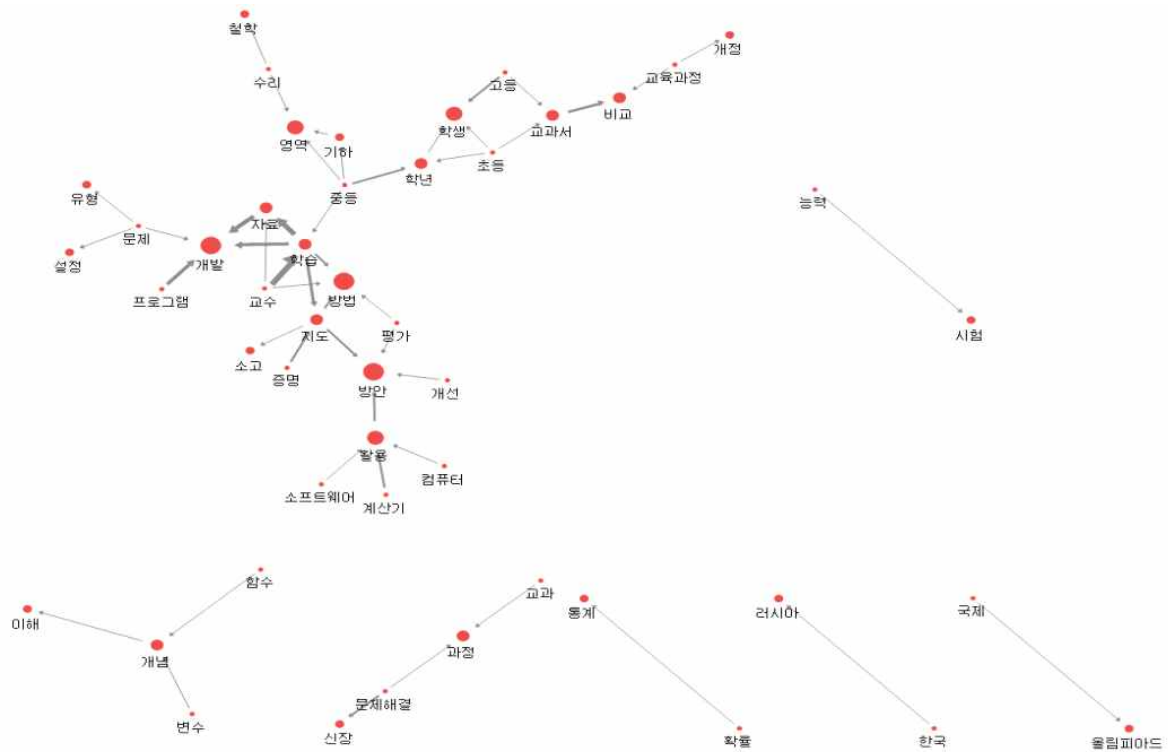
구성하는 점인데 점의 크기가 클수록 빈도수가 높다는 것을 말한다. 링크는 노드와 노드를 연결하는 선으로 링크의 굵기는 연결된 강도가 강하다는 것을 뜻한다.

먼저, [Figure 5]는 1963년부터 1989년까지 142편의 논문 제목에 대한 언어 네트워크 분석 결과이다. [Figure 5]를 살펴보면 ‘학습’과 ‘지도’가 중심에 위치해 있어 다른 노드들과 연결을 이루고 있다. 구체적으로 ‘지도’는 ‘학습-지도, 지도-방안, 지도-문제점’ 등과 같이 연결되어 있는 것으로 보아 어떻게 가르쳐야 하는지 교사중심의 지도에 주로 관심을 보이는 것으로 판단된다. 또한 ‘국제’는 ‘올림픽아드’와, ‘입시’는 ‘대학교, 문제’라는 노드와 쌍을 이루어 의미 있는 관계를 맺고 있는데, 이는 국제 올림픽아드 관련 연구와 대학 입시 문제 관련 연구가 이 시기에 활발히 이루어졌음을 알 수 있다. 그리고 ‘교육과정’은 ‘고등’이라는 노드와 연결되어 높은 중심성 지수를 나타내는데, 이는 2차 교육과정(1963~1973)부터 4차 교육과정(1981~1987) 시기에 고등학교 수학의 경우 ‘공통수학’, ‘수학1’, ‘수학 2’라는 과목이 신설되어 교과서마다 체계적으로 단원을 정리했기 때문으로 보인다.

다음으로 [Figure 6]은 1990년부터 1999년까지



[Figure 5] 1963–1989 Semantic network map



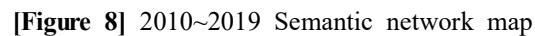
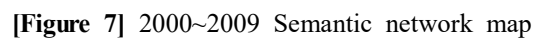
[Figure 6] Semantic network map in 1990~1999

677편의 논문 제목에 대한 언어 네트워크 분석 결과이다. [Figure 6]에서 먼저 ‘개발’이라는 키워드를 중심으로 살펴보면, ‘개발’은 ‘문제-개발, 자료-개발, 학습-개발, 프로그램-개발’ 등과 같이 연결되어 교육 공학의 발달과 함께 새로운 교수 학습 이론에 관심을 가지고 다양한 개발과 관련된 연구가 이루어진 것으로 추측할 수 있다. 또한 ‘활용’이라는 키워드를 중심으로 살펴보면, ‘컴퓨터, 소프트웨어, 계산기’ 등과 같이 연결되어 있는 것으로 보아 컴퓨터를 활용한 공학 도구 활용에 대한 연구가 이 시기에 시작되었음을 짐작할 수 있다. 아울러 이전 시기에 비해 초등, 교수, 이해, 문제해결, 학생과 관련된 노드들이 새롭게 등장하였고 이 시기에 학생에 대한 연구가 관심을 받기 시작한 것으로 보인다. ‘수리’와 ‘기하’는 ‘영역’이라는 노드와 연결되어 그 위상을 드러냈고, ‘통계’는 ‘확률’과 연결되어 독립된 영역으로 연구가 진행되었음을 알 수 있다.

[Figure 7]은 2000년부터 2009년까지 1,760편의 논문 제목에 대한 언어 네트워크 분석 결과이다. 이 시기에 가장 큰 군집을 이루는 첫 번째 집단은 ‘학

습’, 두 번째로 ‘개발’, 그리고 세 번째로 ‘학생’이다. 먼저 ‘학습’이란 노드와 연결된 노드들은 1990년대에 6개에서 2000년대에 들어 16개로 증가하였는데 이는 학습의 의미가 포괄적이면서도 세분화되어 변화되었다는 것을 추측할 수 있다. 여기에는 1990년대 말에 국내 5종의 학술지가 추가적으로 발간되어 학교현장에서 학생중심 학습을 강조하고 그 의미를 학습 과정, 소집단 학습, 협동 학습, 협력 학습 등으로 다각도로 들여다보며 관련 연구가 이루어졌음을 짐작할 수 있다. 그리고 ‘학습-태도’와 ‘학습-능력’으로 분화되어 이를 관찰하고 측정하려는 노력이 있었다는 것을 알 수 있다. 그리고 ‘영재, 창의성, 학습 부진, 정의적, 교실 문화, 수행평가’라는 키워드가 수학교육 연구 분야에 새롭게 등장했다. 특히 평가의 경우 ‘서술, 개발’과 연결되는 것은 이 시기에 ‘수행평가’라는 용어가 새롭게 등장하여 평가 방법의 변화를 시도하려는 노력으로 보인다.

[Figure 8]은 2010년부터 2019년까지 1,980편의 논문 제목에 대한 언어 네트워크 분석 결과이다. 이 시기에 가장 큰 군집을 이루는 집단은 ‘학생’과 ‘초



에 관한 연구가 관심을 보인 것으로 짐작된다. 또한 ‘나라, 한국, 일본, 싱가포르, 미국’ 등과 같이 나라 간의 비교 연구와 ‘교과서, 교육과정’ 분석에 관한 문헌연구가 많이 이루어졌음을 알 수 있다. 교사는

현직, 예비, 인식, 지식, 전문성과 연결되어 있는데 이는 교사를 ‘현직교사, 예비교사’로 구분하여 해당 교사의 인식, 지식, 전문성의 차이를 살펴봄으로써 현직교사와 예비교사로서 성장을 돕는 연구가 이루어졌음을 알 수 있다. 그리고 이 시기에 새롭게 등장하는 연결 노드 쌍은 ‘교과-역량’이다. 수학적 과정에서 내용과 기능이 결합된 ‘역량’이라는 키워드가 ‘교과 역량’으로 명명되었고, 2015 개정 수학과 교육과정에서 수학교과 역량을 강조함에 따라 연구

에서도 새로운 주목을 받게 된 것으로 보인다. 한편 ‘영역’의 경우 기하, 도형, 수리 등과 연결 짓던 형태가 ‘수’와 ‘연산’으로 분화되어 새롭게 연결된 것으로 나타났는데 이는 ‘수와 연산’ 영역 관련 연구의 빈도가 높아짐을 알 수 있다. 더불어 ‘오류’는 ‘오류-유형’으로 연결되어 수학 수업에서 학생들의 이해, 문제해결을 넘어서 학생들의 오류 유형을 유목화하려는 노력이 엿보인다.

<Table 11> Degree centrality index of top 20 keywords by research periods

1963-1989			1990-1999			2000-2009			2010-2019							
Order	Key	In-Cen	Key	Out-Cen	Key	In-Cen	Key	Out-Cen	Key	In-Cen	Key	Out-Cen	Key	In-Cen	Key	Out-Cen
1	교육과정	0.08	학습	0.13	개발	0.08	중등	0.08	개발	0.1	학습	0.14	개발	0.1	초등	0.12
2	지도	0.08	고등	0.08	방법	0.08	학습	0.08	학습	0.1	초등	0.1	학생	0.11	학생	0.11
3	학습	0.08	지도	0.08	방안	0.08	교수	0.06	학생	0.08	학생	0.07	초등	0.1	교사	0.07
4	형성	0.08	개념	0.05	영역	0.06	문제	0.06	방안	0.05	중등	0.05	교과서	0.07	중등	0.07
5	개선	0.05	계산	0.05	학생	0.06	지도	0.06	영역	0.05	교수	0.04		교사	0.05	교과서
6	교구	0.05	구조	0.05	활용	0.06	초등	0.06	개념	0.04	개념	0.02	수업	0.05	수업	0.05
7	구조	0.05	보조	0.05	개념	0.04	고등	0.04	방법	0.04	교육과정	0.02	영역	0.05	영재	0.05
8	기초	0.05	사고	0.05	과정	0.04	교육과정	0.04	활용	0.04		분수	0.02	인식	0.05	교육과정
9	보조	0.05	프로그램	0.05	교과서	0.04		교육학	0.04	과정	0.02	영재	0.02	조사	0.05	한국
10	사용	0.05	학교	0.05	비교	0.04	문제해결	0.04	교사	0.02	지도	0.02	평가	0.03	개념	0.02
11	개념	0.02	교구	0.02	자료	0.04	수리	0.04	능력	0.02	확률	0.02	교육과정 문제해결	0.02	개정	0.02
12	개발	0.02	교육과정	0.02	지도	0.04	평가	0.04	비교	0.02	활용	0.02		0.02	고등	0.02
13	교재	0.02		교재	0.02	학년	0.04	개념	0.02	영향	0.02	개선	0.01	방안	0.02	교수
14	나라	0.02	국제	0.02	학습	0.04	개선	0.02	이해	0.02	계산기	0.01	비교	0.02	국가	0.02
15	문제	0.02	극한	0.02	해설	0.04	계산기	0.02	자료	0.02	고등	0.01	사례	0.02	미국	0.02
16	문제점	0.02	기초	0.02	개정	0.02		교과	0.02	지도	0.02	공간	0.01	영재	0.02	수
17		방안	0.02	대학교	0.02	기하	0.02	교과서	0.02	지식	0.02	교과서	0.01	영향	0.02	수준
18	사고	0.02	비교	0.02	러시아	0.02	국제	0.02	학년	0.02	교구	0.01	예비	0.02	예비	0.02
19	올림픽 피아드	0.02	실태	0.02		설정	0.02	기하	0.02	감각	0.01	교사	0.01	이해	0.02	정의
20	입시	0.02	입시	0.02	소고	0.02	능력	0.02	교과서	0.01	교실	0.01	자료	0.02	지도	0.02

3. Results of Degree Centrality Analysis by Research Periods

연결 중심성(degree centrality)은 하나의 단어가 다른 단어들과 연결되는 정도를 나타내는 분석 지표로서, 한 노드와 연결될 수 있는 전체 노드에서 실제로 연결되어 있는 노드의 비율로 계산된다(Lee, Shin, & Ha, 2015). 이에 본 연구에서는 연결 중심성을 탐색하여 각 주요 단어들의 관계를 해석하고자 하였다. 연결 중심성이 높으면 다른 단어들과 연관성이 높다고 해석할 수 있다.

연구시기별 상위 20개 키워드의 연결 중심성 지수 분석 결과는 <Table 11>과 같다.

첫째, 1963년대부터 1989년까지 연구에서 내향중심성(In-Degree Centrality) 상위 단어는 ‘교육과정’, ‘지도’, ‘학습’, ‘형성’, ‘개선’ 순으로 나타났고, 외향중심성(Out-Degree Centrality) 상위 단어는 ‘학습’, ‘고등’, ‘지도’, ‘개념’, ‘계산’ 순으로 나타났다. 내향중심성이 높다는 것은 그 단어를 설명하는데 다양한 단어들이 사용되었음을 나타내고, 외향중심성이 높다는 것은 다른 단어들에 미치는 영향이 크다고 볼 수 있다. 이 시기에는 ‘교육과정’, ‘지도’, ‘학습’을 중심으로 다른 단어들을 연결하여 연구가 이루어졌음을 알 수 있다.

둘째, 1990년부터 1999년까지 연구에서 내향중심성 상위 단어는 ‘개발’, ‘방법’, ‘방안’, ‘영역’, ‘학생’ 순으로 나타났고, 외향중심성은 ‘중등’, ‘학습’, ‘교수’, ‘문제’, ‘지도’ 순으로 나타났다. 이 시기에는 ‘개발’, ‘방법’, ‘방안’, ‘영역’, ‘학생’을 중심으로 다른 단어들을 연결하여 연구가 이루어졌고, 외향중심성 상위에 ‘중등’, ‘고등’, ‘초등’이 있는 것으로 보아 학교 급별 연구가 이루어졌음을 알 수 있다. 여전히 ‘학습’은 중요하게 생각되는 문제이고, ‘학생’, ‘교수’와 관련한 연구가 이루어지기 시작함을 확인할 수 있다.

셋째, 2000년부터 2009년까지 연구에서 내향중심성 상위 단어는 ‘개발’, ‘학습’, ‘학생’, ‘방안’, ‘영역’ 순으로 나타났고, 외향중심성은 ‘학습’, ‘초등’, ‘학생’, ‘중등’, ‘교수’ 순으로 나타났다. 이 시기에는 ‘개발’, ‘학습’, ‘학생’, ‘방안’, ‘영역’을 중심으로 다른 단어와 연결하여 연구가 이루어졌고, ‘학습’, ‘초등’, ‘학생’, ‘중등’, ‘교수’와 관련된 다양한 연구가 이루어졌음을

확인할 수 있다. 여전히 ‘학습’은 중요하게 다루어지는 문제이고, 이전 시기와의 차이점은 ‘학생’ 관련 연구가 중요하게 다루어졌으며, ‘초등’ 관련 연구가 증가하였고, ‘영재’ 관련 연구가 시작되었음을 확인할 수 있다.

넷째, 2010년부터 2019년까지 연구에서 내향중심성 상위 단어는 ‘개발’, ‘학생’, ‘초등’, ‘교과서’, ‘교사’ 순으로 나타났고, 외향중심성은 ‘초등’, ‘학생’, ‘교사’, ‘중등’, ‘교과서’ 순으로 나타났다. 여전히 ‘개발’, ‘학생’ 관련 연구가 중심을 이루었고, 이전 시기와의 차이점은 ‘교사’, ‘교과서’ 관련 연구가 많은 비중을 차지하였음을 확인할 수 있었다. 이밖에 ‘정의적’ 영역에 대한 연구가 관심이 높아지고 있다는 것도 알 수 있었다. ‘평가’의 내향중심성 지수가 높아진 것으로 보아 다양한 평가 방법 및 학업성취도 평가와 관련된 연구가 다수 이루어졌음을 파악할 수 있다.

V. Conclusion and Educational Implications

본 연구는 언어네트워크 분석 방법을 통해 1963년부터 2019년까지 각 시기별 국내 수학교육 연구의 특징을 분석함으로써 국내 수학교육 연구에 관한 전반적인 흐름을 살펴보고 향후 발전적인 방향을 모색하고자 하였다.

본 연구 결과를 토대로 결론 및 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 중등에 관련된 연구가 좀 더 활성화 될 필요가 있다. 각 시기별 워드클라우드 분석 결과를 비교해 볼 때, 1963년부터 1989년까지 연구에서는 ‘고등’과 ‘중등’이란 키워드가 크게 나타났고 ‘초등(국민)’이란 키워드는 작게 나타났다([Figure 1] 참조). 그런데 1990년대([Figure 2] 참조), 2000년대([Figure 3] 참조)로 가면 갈수록 초등이 점차적으로 크게 보이며 2010년대부터 최근([Figure 4] 참조)에는 초등이 가장 크게 부각되고 있는 것으로 나타났다.

초등과 중등에서 연구 비율과 경향성이 유사하다는 Pang et al.(2019)의 연구 결과와 달리 본 연구에서는 중등에 비해 초등 관련 연구가 높은 비중을

차지하며 다른 키워드들과 많이 연결되어 있고 중심성도 높게 나왔다. 전반적인 흐름으로 보면 중등 관련 연구들이 초등에 비해 상대적으로 많이 이루어지지 않는 것처럼 보인다. 이런 측면에서 중등에서의 연구들이 좀 더 활발히 이루어질 필요가 있음을 시사한다.

둘째, 연구 방향과 방법측면에서 볼 때 거시적인 시각에서의 연구를 좀 더 확장시킬 필요가 있다. 예를 들어, 이전시기에는 국제 문제 관련 연구, 교육과정에서 본 큰 틀에서의 연구, 고등, 중등이란 큰 틀도 보였는데 최근에는 연구 주제들이 점차 세분화 되어 가고 있다. 그 한 예로는, 2000년대 들어 ‘교사’와 관련한 연구가 점차 중심에 위치하고 있는데 교사 양성, 교사의 전문성 등 수업을 실행하는 교사에 많은 관심을 가지게 되었을 뿐만 아니라 ‘교사’라는 노드와 연결된 링크 수가 점점 많아지는 것을 통해 해당 분야의 연구가 더욱 세분화 되고 다양한 연구가 진행되었다는 사실을 알 수 있다.

이것은 구체적으로 교수 관행에 대한 연구 등을 통해 수학 수업을 깊이 있게 분석하는 연구가 확산되었다는 Pang et al.(2019)의 연구결과와도 일맥상통한다. 국내 수학교육 연구의 전반적인 흐름에서 살펴볼 때 최근 연구에서 질적 연구가 많이 이루어지다 보니 미시적인 시각에서 상당히 세부적인 내용으로 연구가 진행되고 있는 것으로 보인다. 미시적인 시각에서의 연구는 주제 맥락 속에서 연구자가 보고자 하는 것을 면밀하게 탐구할 수 있는 장점이 있다. 이러한 연구의 방향도 필요하지만 큰 틀에서 보는 거시적인 시각도 필요하다. 그런 측면에서 거시적인 시각에서의 양적연구도 이제는 좀 더 확장되기를 기대한다.

셋째, 학생이 어떻게 학습하는가에 주목할 필요가 있다. 본 연구 결과 우리나라 수학교육 연구 초창기부터 현재까지 학습은 상위 세 번째의 키워드에 포함되었다. 각 시기별로 ‘학습’은 그 주체에 따라 의미가 강조되고 변하여 왔는데 연구 초창기에 ‘학습’은 ‘지도’와 양방향으로 연결되어 있는 것을 볼 때 학습해야 할 지식과 지식 전달의 주체와의 관계로서 강조되고 있고, 1990년대에는 ‘방법’과 연결되어 개념 형성에 효과적인 도구로서의 의미를 갖는다. 사회적 구성주의가 강조되는 2000년대에는 ‘소집단 학

습’과 ‘협력 학습’으로 연결되어 개념 형성 과정에서 개인 내 인식보다 개인 간 인식을 염두에 두고 연구했다는 것을 알 수 있다. 큰 변화는 2000년부터 2019년까지 연구에서 학습의 의미가 학생과 연결되는 것을 볼 때 학습의 의미가 학생의 이해를 강조하는 연구로 변화되었음을 알 수 있다.

이는 ‘학생의 이해’를 강조하면서 학습자의 인지적·정의적 영역에 대한 연구와 학생과 교사가 상호작용하는 과정에 대한 연구가 증가했다고 보아야 한다. Pang et al.(2019)의 연구에서 학습자의 인지적·정의적 특성 및 능력에 관한 연구가 많은 비중을 차지하며 ‘학생’과 ‘지도’ 키워드가 어떻게 가르칠 것인가와 더불어 학생들이 어떻게 수학을 학습하는가에 대한 관심이 높아졌다는 연구결과와도 일치한다. 이런 측면에서 국내 수학교육 연구가 학생의 학습이 어떻게 의미 있게 일어날 수 있는지 지속적인 방법을 찾아가기를 기대한다.

본 연구의 제한점을 바탕으로 향후 수학교육 동향 분석과 관련하여 언어 네트워크 분석을 활용한 후속 연구의 필요성을 제안하면 다음과 같다.

먼저 본 연구는 국내 학술지 7개를 대상으로 언어 네트워크 분석을 실시함에 있어 논문 제목에서 키워드를 추출하였기 때문에 연구개요, 연구목적, 연구결과가 드러나는 초록을 포함시키지 못했다. 논문 제목에서 키워드를 중심으로 연구주제를 분석하는 것은 연구내용의 핵심주제를 파악할 수 있고 가장 일반적인 키워드를 선정하여 전반적인 연구의 흐름을 분석할 수 있었다. 하지만 단순히 핵심 키워드의 존재 여부를 통해 연구 동향의 특징을 온전히 드러내기에는 한계가 있다. 따라서 연구 동향 분석과 관련된 후속 연구에서는 연구 내용이 집약된 초록을 포함시킨다면 국내 수학교육 분야의 연구 동향을 보다 심도 있고 폭넓게 파악할 수 있을 것이다.

다음으로 본 연구는 시기별로 국내 수학교육연구 동향의 흐름을 분석하였기 때문에 국외의 수학교육 연구와 비교하여 시사점을 제공하는 데에는 한계가 있다. 이로 인해 세계 수학교육연구 동향의 관점에서 한국 수학교육 연구 동향의 흐름이 어떠한지 비교하기가 어려웠다. 특히, 수학교육은 그 시대의 문화, 시대적 상황, 공학의 발전, 사회적 요구의 영향

을 받기 때문에, 이러한 요인들에 대해서도 종합적으로 고려해야 할 필요가 있다. 국내와 국외의 시대별 연구 동향을 비교하여 공통점과 차이점을 알아보고, 2020년대에 필요한 연구주제와 연구방향에 관한 시사점을 제공할 필요가 있다. 추후 다양한 언어 네트워크 분석 기법을 활용하여 국내외 연구 동향에 대해 분석한다면 수학교육의 연구 동향에 관한 이해가 더욱 심층적으로 이루어질 것으로 기대한다.

References

- Buxton, A. B. (1987). Titles revisited. *Journal of documentation*, 43(1), 65-68.
- Cho, N. O., & Jo, K. R. (2017). Search trend and knowledge structure of counseling research through keyword network analysis. *Korea Journal of Counseling*, 18(2), 1-19.
- Choi, J. M. (2016). Analysis of mutual citation networks of administrative journals and policy-related journals using the centrality index. *Journal of Digital Convergence*, 14(9), 301-308.
- Choi, T. Y., & Song, B. K. (2001). Movement of research in mathematics education in 1990's : Focused on the master's theses in Korea. *The Mathematical Education*, 40(1), 77-92.
- Ha, S. H., Pang, J. S., & Ju, M. K. (2010). Research trends in elementary mathematics education: Focused on the papers published in domestic journals during the recent 5 years. *The Mathematical Education*, 49(1), 67-83.
- Han, C. R., & Kwon, O. N. (2018). Domestic research trends and tasks on early algebra education: Focused on the elementary school mathematics. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 22(2), 115-142.
- Hwang, H. M., & Pang, J. S. (2012). Research trends of mathematics textbooks: Focused on the papers published between 2006 and 2011 in domestic journals. *The Mathematical Education*, 51(3), 247-263.
- Jung, D. H., & Choi, Y. H. (2020). Trend of invention education research through keyword network analysis. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 24(1), 116-126.
- Jung, D. H., Jo, A. L., & Park, G. J. (2018). A case study of language network analysis for concept-based textbook analysis. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(12), 1-19.
- Kim, D. J., Bae, S. C., Kim, W., Lee, D. H., & Choi, S. H. (2014). Trends of mathematics education research and mixed methods: Focusing on domestic mathematics education journals for the last 10 years. *Communications of Mathematical Education*, 28(3), 303-320.
- Kim, I. S., & Cho, H. J. (2016). Analyzing research trend of affective aspects in mathematics in Korea. *Communications of Mathematical Education*, 30(1), 67-83.
- Kim, S. H., & Kim, S. M. (2018). Exploring recent trends in mathematics education using language network analysis: Focusing on papers presented at the 2017 International Mathematics Education Conference. *School Mathematics*, 20(4), 591-608.
- Kim, Y. K., & Pang, J. S. (2017). Research trends in elementary mathematics education: Focused on the papers published in domestic journals during the recent seven years. *Education of Primary School Mathematics*, 20(1), 19-36.
- Kwak, K. Y. (2014). *Social Network Analysis*. Seoul: Cheonglam.
- Kwon, D. B., & Hyun, Y. S. (2004). *Humanities and social science research methods*. Seoul: Hakjisa.
- Kwon, J. E., & Choi, J. H. (2008). An analysis of trends in elementary mathematics education research: Focussing on mathematics education journals in Korea. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 12(2), 149-163.
- Kwon, O. N., & Ju, M. K. (2003). Research trends and tasks in collegiate mathematics education. *The Mathematical Education*, 42(2), 229-245.

- Lee, J. K., Shin, S., & Ha, M. (2015). Comparing the structure of secondary school students' perception of the meaning of 'experiment' in science and biology. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 997-1006.
- Lee, S. S. (2014). Analyze the contents of academic papers using the language network analysis method. *Korean Society for Information Society*, 31(4), 49-68.
- Lee, S. S. (2018). *Use and limitations of network analysis methods*. Seoul: Chunglam.
- Moon, S. Y., & Cho, J. S. (2019). Trend analysis of the journal of elementary mathematics education in Korea through keyword network analysis. *The Korea Society of Elementary Mathematics Education*, 23(4), 459-479.
- Park, C. S., & Jung, J. W. (2013). Text network analysis-social awareness network. *Journal of Governmental Studies*, 19(2), 73-108.
- Park, J., Kim, J. H., Cho, W. S., & Lee, J. B. (2018). High school "career and career" curriculum text network analysis. *The Journal of Career Educational Research*, 31(1), 63-80.
- Park, K. M. (2003). An analysis of the secondary mathematics education research trends in Korea by comparing the papers on <The Mathematical Education> and those on <Journal for Research in Mathematical Education>. *The Mathematical Education*, 42(2), 219-228.
- Park, S. Y., & Kim, W. K. (2011). A comparative analysis on research trends of secondary mathematics education between Korea and overseas. *The Mathematical Education*, 50(3), 285-308.
- Pang, J. S., & Kim, S. M. (2017). Research trends of mathematics textbooks: Focused on the papers published in domestic journals during recent five years. *Journal of Korea Society Educational Studies in Mathematics School Mathematics* 19(2), 249 ~ 265.
- Pang, J. S., & Kim, S. M. (2019). An analysis of the trends of value research: Focused on mathematical values and mathematics educational values. *The Mathematical Education*, 58(4), 609-625.
- Pang, J. S., Sunwoo, J., Cho, S. M., Lee, Y. J., Kim, E. K., Kim, Y. Y., ..., Lee, H. N. (2019). Domestic research trends of mathematics education: An analysis of journals published from 1963 to 2019. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 29(4), 709-739.
- Shin, D. J. (2020). A comparative study of domestic and international research trends of mathematics education through topic modeling. *The Mathematical Education*, 59(1), 63-80.
- Song, S. H. et al. (2013). *The Korean society of mathematical education 2013 year book research methods in mathematics education*. Seoul: KyungMoonSa.
- Sunwoo, J., & Pang, J. S. (2019). Domestic research trends of mathematics teacher education: focused on the journals published since 2000 by the Korean society of mathematics education. *The Mathematical Education*, 58(1), 121-138.
- Yang, G. S. (2019). Analysis of recent research trends in educational evaluation research through keyword network analysis. *Journal of Educational Evaluation*. 32(4), 625-647.
- Yeon, J. M. (2019). Search for research trends and knowledge structures of creativity education research through keyword network analysis. *Korean Society for Creativity Education*, 18(4), 1-22.
- [저자의 소속과 직위]
 염명선: 한국교원대학교, 대학원생, 제1저자
 구본형: 한국교원대학교, 대학원생, 공동저자
 임가현: 한국교원대학교, 대학원생, 공동저자
 이광호: 한국교원대학교, 교수, 교신저자