

Exploring Elementary Mathematics Education Research Trends Using Language Network Analysis – Focusing on past 10 years domestic journals on number and operation area

Leena Kim¹⁾ · Jeong-Mi Park¹⁾ · Da-Som Song¹⁾ · Kwang-Ho Lee^{*1)}

¹⁾Korea National University of Education

**언어 네트워크 분석법을 이용한 초등수학교육 연구 동향 탐색
- 최근 10년간 수와 연산 영역을 연구한 국내 학술지를 중심으로**

김리나¹⁾ · 박정미¹⁾ · 송다솜¹⁾ · 이광호^{*1)}

¹⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

In this study, the language network analysis method is used to analyze the research of number and operation area in mathematics education conducted over the last 10 years from 2010. Based on 63 Korean articles, the data is collected using Biblio Data Collector, and analysis using 1-mode and 2-mode network techniques was performed simultaneously. As a result of this analysis, research trends focusing on number and operation in the recent 10 years of mathematics education research can be summarized as 'analysis of number and operation in the educational process'. Also, in the past 10 years, the main topics of number and operation in mathematics education were 'Study on the analysis of textbooks by grades in number and operation', 'Study on the connection between achievement standards and contents of the curriculum', and 'Learning effects of number and operation with children with disabilities'. Lastly, as compared with the results of this study and 'number and operation' of the 2015 revision curriculum mathematics content system, It has been found that studies on 'fractions', 'decimals', 'subtractions', and 'divisions' have not been done much.

Key words : Number and operations areas, language network analysis

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

Received June 27, 2020; Reviewed August 10, 2020 Corrected August 26, 2020; Accepted September 1, 2020

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

I. Introduction

초등수학교육 관련 연구에 대한 분석과 경향성 파악은 앞으로의 수학교육 연구의 방향성을 제안하는 일이어서 그 의미가 충분하다. 그러나 이전의 연구들은 2010년 이전의 연구를 대상으로 하고 있어, 최근의 잦은 교육과정 개정과 관련한 연구 동향을 살펴볼 필요가 있다(Kim & Pang, 2017).

최근 수학 교과서 연구 동향을 분석한 Pang & Kim(2017)에 따르면 수학과 내용 영역과 더불어 시대적 요구와 교육과정의 강조점을 연계하여 분석한 논문은 101편 중 11편에 불과하다. 이는 수학과 내용 영역에 대한 연구의 필요성을 드러내며, 수학과 내용 영역을 연구할 때 시대적 요구 및 교육과정 변천사의 연계가 필요함을 시사한다.

또한 Pang & Kim(2017)에 따르면, 수학과 내용 연구에서 주목할 또 다른 사항은 초등교육과정의 경우 선행 연구가 수와 연산 영역에 편중되어 있다는 사실이다. 수학과 내용 영역 중 수와 연산 영역은 수학과 교육에서 가장 기초가 되는 영역으로 이 영역의 학습내용은 기본적인 사회생활에 필요한 수 개념 형성과 그와 관련된 사칙계산 능력의 배양에 중점을 둔다(Ahn, 2009). 하지만 중등교육과정의 경우, 수학과 내용 영역에 대한 연구의 양이 많다고는 할 수 없으나 연구 결과물이 특정 내용 영역에 치우치지 않는다. 또한 연구 결과 수학과 내용 영역 전체에 대한 중등학교급 논문의 비중이 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 이는 초등수학교육과정 연구도 연구 분야의 다양성을 확보할 필요가 있음을 보여준다.

그러나 기존 연구에서 수학과 내용 영역에 대한 연구 동향을 살펴보고 앞으로의 연구 방향을 제시한 경우는 드물다. 따라서 초등학교급에서 수와 연산에 편중된 연구가 이루어지고 있는 까닭을 면밀히 살피고, 연구가 활발히 이루어지는 분야와 그렇지 않은 분야에 대한 분석을 통해 향후 수학과 내용 영역 연구의 방향성을 제시할 필요가 있다.

이에 본 연구는 언어 네트워크 분석 방법을 이용함으로써 수와 연산 영역의 연구 동향에 대한 실증적인 증거를 가지고 의미 있는 결론을 도출해보고자 한다. 언어 네트워크 분석법은 최근 다양한 분야

(기록학, 과학교육, 비교교육연구 등)에서 사용되고 있으며, 기존의 단어 빈도 분석을 이용한 양적 분석뿐 아니라 단어와 단어의 의미 연결을 통한 의미 구조도 파악할 수 있어, 많은 선행 연구들이 객관성과 정확성을 확보하기 위해 이 방법을 이용하였다(Cho, 2011; Lee & Ha, 2012; Shin & Lee, 2015; Song, 2016).

본 연구는 2010년부터 최근 10년 동안 이루어진 수학교육 연구에서 수와 연산 영역을 주제로 한 연구를 구체적으로 파악하고, 언어 네트워크 분석법을 활용하여 연구의 동향을 분석하고자 한다. 또한 이와 같은 언어네트워크를 통한 수와 연산 영역의 연구 동향 분석 결과를 바탕으로 향후 수학 내용 영역 연구에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

II. Materials and Methods

1. Subject of Study

본 연구는 2010년도부터 최근 10년간 이루어진 수학교육 연구 중 수와 연산 영역을 주제로 한 연구를 구체적으로 파악하고 이슈를 확인하기 위해 논문의 한글 초록을 수집하였다. 누구나 열람 및 접근이 가능한 공개된 문서 중 총 63개의 한글 논문을 KCI에서 수집하였다.

2. Procedure

본 연구의 대상은 비정형 데이터(unstructured data)로 구성된 텍스트 데이터이다. 이러한 비정형화된 데이터를 분석하기 위하여 일반적으로 4단계의 프로세스를 거친다. 첫 번째 단계는 비정형 데이터를 수집하고 두 번째 단계는 수집된 데이터에서 키워드를 추출하기 위해 데이터 집합을 준비한다. 세 번째, 주요 키워드 등을 추출하고, 네 번째, 세 번째 단계에서 추출한 키워드 중 최종 키워드를 선택하여 분류한다(Jung, 2010). 이를 위하여 언어 네트워크 분석 도구로 NetMiner 4.0(Cyram, 2004)을 활용하여 분석하였다. 또한 일반적인 4단계 프로세스를 기반으로 총 4단계의 분석 단계를 거쳐 연구하였다.

3. Data Collect

비정형 데이터를 수집하기 위하여 학술 문헌 데이터 수집 및 분석을 위한 확장 프로그램인 Biblio Data Collector를 사용하여 자료를 수집하였다. 2010년 1월 1일부터 2020년 5월 27일까지 제목에 ‘초등’을 키워드로 갖고 있으면서 ‘초등’, ‘수학’, ‘수와’, ‘연산’을 초록에 포함하는 논문을 찾은 결과 63편의 논문이 수집되었다. 제목에 ‘초등’을 포함하지 않은 경우 얻을 수 있는 자료는 101편이었다. 하지만 연구하고자 하는 범위와 맞지 않는 데이터가 수집되기에, ‘초등’이라는 키워드를 만족하는 자료만을 선별하였다.

자료를 수집한 후 데이터 집합 준비를 위한 전처리(Preprocess) 작업을 실시하였다. 전처리는 불필요한 단어들을 제거하거나 의미가 같은 단어들을 하나의 단어로 처리하는 등의 정제 작업을 말한다(Kim et al., 2015; Paranyushkin, 2011, 2012;). 수행한 작업의 절차는 다음과 같다. 우선 범위는 한글 초록으로 지정하였으며 단어의 형태는 명사와 형용사로 제한하였다. 또한 프로그램 분석을 여러 번 수행하여 빈도수, 중앙성 지수 등의 수치가 특히 높은 명사인 ‘초등’, ‘수학’, ‘연구’, ‘학교’를 제외하였다. 그 결과 1153개의 노드 중 277개가 제외되어 876개를 수집하였다.

4. Data Analysis

네트워크를 구성하는 노드가 동질적이라는 가정, 즉 1-mode network 분석에서 결정해야 하는 window size와 link frequency를 정하기 위하여 프로그램 분석을 여러 번 수행하였다. window size는 단어와 단어가 출현하는 범위, 다시 말해 창을 설정하는 것이다. 그리고 link frequency는 생성되는 단어와 단어 쌍의 반복 횟수이다. 이를 선정하기 위해 연구자는 여러 번 분석을 시행해 가장 효율적인 수치를 정하였다. 그 결과 초록을 대상으로 하여 window size를 200으로, link frequency를 200이상으로 설정하였으며 중앙성 분석을 위하여 방향성이 없는 것으로 설정하였다. window size=200, link

frequency ≥ 200 이라는 것은 일련의 나열된 200개의 노드들에서 특정 노드×노드의 쌍이 200번 이상 반복된 노드의 쌍들과 그들을 연결하는 링크를 통해 분석을 실행하라는 의미이다. 또한 내향, 외향성은 보지 않고 결점에 연결된 라인의 개수만 살펴본다.

언어 네트워크의 구조적 특성을 나타내는 지표를 확인하기 위해 properties의 Network를 통하여 노드의 개수, 링크의 수, 밀도, 지름의 지표들을 확인하였다. 노드들의 위상적인 구조를 나타내기 위하여 본 연구에서는 연결 정도, 연결 중심성, 근접 중심성, 사이 중심성, 아이겐벡터 중앙성을 살펴보았다.

마지막으로 하위 네트워크 분석을 통해 노드들의 의미 분석을 구체화하였다. 우선 이중 컴포넌트 분석을 통하여 분석의 결과를 시각화한 후, 응집성이 가장 높은 집단을 확인하기 위하여 K-core 분석을 실시하였다.

핵심어를 파악한 후 군집구조를 나타내기 위하여 연결망 결속 중 하나인 모듈성(Modularity)을 측정하였다. 모듈성은 네트워크 안에서 구분된 그룹 내에는 많은 연결이 있으며 그 그룹 간에는 적은 수의 연결이 있는 성질을 나타내는 척도이므로 이를 통하여 네트워크를 작은 그룹으로 분할하여 그룹별 주제를 나타내도록 하였다. 또한 네트워크를 구성하는 노드가 이질적이라는 가정하에 2-mode network 기법인 Topic Modeling을 활용하여 분석을 하였다.

기존의 876개의 데이터 중 필요 없는 데이터를 삭제하기 위하여 전처리 후 데이터를 대상으로 여러 번 처리 결과를 거쳐 TF-IDF Threshold ≥ 0.1 , Word length ≥ 1 로 설정하기로 하였다. TF-IDF Threshold는 단어 빈도와 역문서 빈도의 곱의 한계 값이며 Word length는 단어의 길이이다. 즉 모든 문서에 흔하게 나오는 단어를 걸러내는 작업을 통하여 2개의 단어가 제거되고 874개의 단어가 남았다. 또한 주제는 4개로 하며 한 주제에 따라오는 단어는 7개로 설정하였으며 $\alpha=0.1$, $\beta=0.01$ 로 설정하였다. α 는 문헌의 주제 분포가 밀집된 정도의 하이퍼파라미터 값이며 β 는 주제별로 단어가 모여 있는 정도의 하이퍼파라미터 값이다.

또한 window size=3, Link Frequency Threshold=1, Directed로 설정하여 분석하였다. 그 결과 63개의 Topic으로 proportion을 구하였다. 또한 최종적으로

남은 단어 25개에 대하여 4개의 주제와 하위 단어 7개에 관한 정보를 알 수 있었다. 이를 통하여 4개의 주제에 대한 단어의 구성을 통하여 문헌들의 내용에 대하여 알아보았다.

III. Results

1. Research Trends by 1-mode Network Method

최근 10년간의 KCI 등재 논문 중 수와 연산을 주제로 하는 수학교육 연구의 동향을 알아보기 위하여 우선, 가장 많이 언급되는 단어들을 분석하였다. 이 결과를 시각적으로 확인하기 위하여 워드 클라우드 분석을 한 결과가 [Figure 1]에 제시되어 있다. [Figure 1]은 수집된 876개의 노드 중 빈도수 상위 25%인 노드 219개 대한 클라우드 분석 결과이다. 빈도가 높을수록 단어의 크기가 크다.



[Figure 1] Cloud of the top 25% nodes with frequency

이는 노드의 빈도수를 나타낸 것으로 수와 연산을 주제로 한 수학교육 연구에서 어떤 단어들을 많이 사용하고 있는지 파악할 수 있다. 학습, 연산, 분석, 영역, 과정, 수, 교육, 결과, 학생 등 눈에 띄는 단어들이 있으나 빈도수만으로는 단어들의 의미와 쓰임은 알 수 없다. 따라서 이 단어들이 어떠한 노드들과 연관이 있는지를 파악하는 추가적인 데이터 분석이 필요하다.

1-mode network를 통하여 구조화시킨 데이터로 이들 단어의 관계성을 알아보기 위하여 properties를

알아보았다. 그 결과 노드 20개, 링크 41개, 밀도 0.216, 지름 4를 얻었다. 밀도는 네트워크에서 나올 수 있는 모든 링크의 개수와 실제 링크 개수의 비율을 의미한다. 즉 네트워크에 존재하는 모든 노드가 연결되어 있다고 가정한 링크의 개수를 실제 링크의 수로 나눈 것이 밀도가 된다. 따라서 876개의 노드 중 약 189개의 노드가 링크로 연결되어 있음을 뜻한다. 이는 노드들의 연관성이 어느 정도 확보됨을 말한다. 또한 지름이 4인 것은 노드들이 4단계를 거치면 연결이 된다는 것으로 노드들의 결합성이 높다고 볼 수 있다.

<Table 1> 1-mode keyword frequency

Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency
연산	154	교과서	94
수	148	내용	86
분석	143	개념	60
학습	141	교사	52
영역	131	중재	52
과정	120	문제	50
교육	118	사용	49
학년	106	장애	48
학생	102	효과	48
결과	99	아동	46

<Table 1>은 상위 20개 노드의 빈도이며 <Table 2>는 상위 20개 노드들의 연결 정도와 중앙성 지수들을 나타낸 것이다. 노드의 빈도와 연결 지수, 중앙성 지수가 항상 비례관계에 있지 않으므로 빈도수만으로는 노드 간의 관계를 해석할 수 없다. 따라서 연결 정도와 중앙성 지수를 함께 고려하여 의미를 분석하였다.

연결 정도는 한 결점과 연결되어 있는 다른 결점의 개수이다. 연결 중앙성 지수는 네트워크에서 많은 연결들의 중심에 있다는 것을 의미하며 즉 해당 노드와 연결된 링크가 많다는 것으로, 이 노드를 통한 인접 개념들의 확산이 용이하다는 것을 의미한다(Lee & Ha, 2012). 본 연구에서는 방향성이 없는 그래프로 보았기 때문에 이 경우 결점에 연결된 라인의 개수를 나타낸다.

<Table 2> Centrality coefficient and connection of each node

Nodes	Degree of Connection	Degree Centrality	Nodes	Closeness Centrality	Nodes	Eigenvector Centrality	Nodes	Betweenness Centrality
과정	11	0.579	연산	0.608	과정	0.442	과정	0.273
연산	9	0.474	과정	0.585	교육	0.409	연산	0.264
분석	8	0.421	분석	0.525	수	0.375	학습	0.257
교육	8	0.421	교육	0.525	연산	0.358	교육	0.082
수	7	0.368	학년	0.507	영역	0.337	학년	0.066
영역	6	0.316	수	0.507	분석	0.331	분석	0.066
학습	5	0.263	영역	0.491	결과	0.187	수	0.018
학년	4	0.211	학습	0.447	학년	0.166	영역	0.009
결과	4	0.211	결과	0.411	성취	0.137		
성취	3	0.158	학생	0.390	기준	0.137		
기준	3	0.158	교과서	0.390	내용	0.112		
학생	2	0.105	성취	0.380	학습	0.100		
장애	2	0.105	기준	0.380	교과서	0.097		
아동	2	0.105	내용	0.371	학생	0.088		
내용	2	0.105	연계	0.362	연계	0.061		
교과서	2	0.105	장애	0.310	아동	0.022		
효과	1	0.053	아동	0.310	장애	0.018		
연계	1	0.053	효과	0.304	효과	0.013		
스키마	1	0.053	스키마	0.053				
개념	1	0.053	개념	0.053				

<Table 2>에서 연결 지수가 가장 높은 노드는 ‘과정’이다. ‘과정’은 11개의 노드와 연결이 되어 있어 이 노드가 다른 노드들과의 직접적인 연결이 가장 많다고 볼 수 있다. 요즘 ‘과정중심 교육과정’이 대두가 되면서 그에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 과정에 대한 관심이 높다는 것을 확인할 수 있었다. 이때의 ‘과정’은 ‘교육과정’과는 다르다.

과정은 연결 중앙성 뿐만이 아니라 사이 중앙성도 가장 높게 나타났다. 사이 중앙성은 한 결점이 다른 결점들 사이의 경로를 최단거리로 연결하는 정도를 측정하므로, 다른 결점들 사이에서 중개 역할을 얼마나 하는지를 측정한다. 따라서 과정이라는 노드는 인접하는 노드들과의 중재자 역할을 가장 잘 수행하고 있다는 것을 알 수 있다. ‘~과정 분석을 위하여’, ‘수학적 과정의 적용을 위한~’, ‘문제해결 과정에서~’와 같이 과정이라는 단어는 다양한 단어와 함께 쓰이면서 그 용도가 다양했다. 이는 과정이라는 노드가 대부분의 수학적 용어와 긴밀히 조합되어 쓰이고 있음을 의미한다.

근접 중앙성의 경우 한 점과 다른 점들 사이의

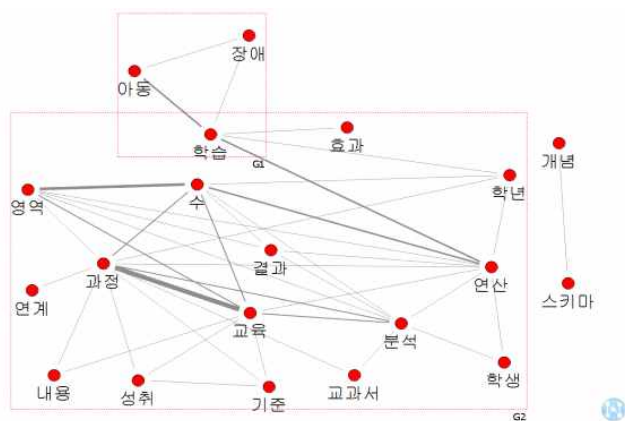
인접성 혹은 거리로 측정하며 한 곳에서 다른 곳으로 도달하기 위해 필요한 최선 단계의 총합을 나타낸다. 인접성은 거리의 역을 나타내기 때문에 경로 거리의 합이 가장 작은 결점이 중심을 차지하는 점이다. 연구 결과 ‘연산’의 근접 중앙성이 가장 높게 나타났다. 이로써 연결 전체의 중심이 ‘연산’이라는 것을 알 수 있었다.

아이겐벡터 중앙성의 경우 그래프에서 중심적인 역할을 하는 노드를 나타내주는 것이다. 그 노드는 과정, 교육, 수, 연산, 영역, 분석으로 다른 노드와의 수치 차가 확연하게 드러나, 이 6개의 노드는 그래프의 중심에 있는 핵심 단어라고 말할 수 있다. 또한 스키마와 개념의 경우 아이겐벡터 중앙성의 값이 0으로 중심 그래프와 이질적임을 나타냈다.

다시 말하면, 연결의 사이 중앙성은 과정, 연산, 분석, 교육, 수, 영역 순으로 높게 나타났다. 또한 이 6개의 노드는 아이겐벡터 중앙성도 높게 나타났다. 이는 위의 단어가 중심 개념이라는 것을 의미한다. 그리고 근접 중앙성은 그 중 연산이 가장 높게 나타났다. 즉, 연산은 다른 노드와의 거리가 짧은 연결의

중심이 되는 노드인 것이다. 그리고 20개의 노드 중 8개의 노드가 중개인의 역할을 하고 있다. 과정, 연산, 학습, 교육, 학년, 분석, 수, 영역이 그 역할을 하고 있는데 그 중 과정이 가장 큰 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 또한 이 8개의 노드는 적어도 4개 이상의 연결성을 갖고 있는 결과들의 모임이었다.

추가로 노드들이 어떻게 연결이 되어 있는지 시각적으로 이해를 돕기 위해 이중 컴포넌트 분석을 실시하였다. 이중 컴포넌트 분석의 결과는 아래의 [Figure 2]와 같다.



[Figure 2] Bi-component analysis

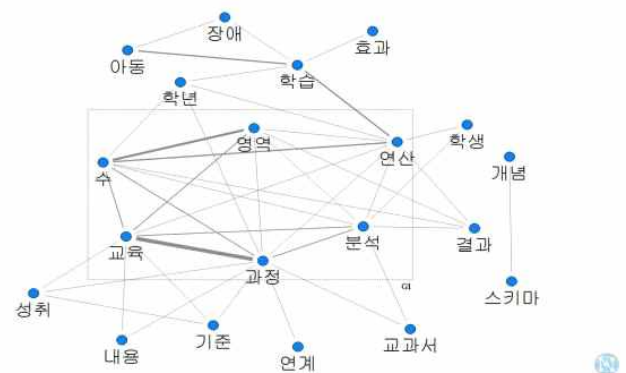
이중 컴포넌트 분석에 의하여 그룹은 총 3개로 나누어지며 스키마와 개념을 제외한 모든 개념들이 묶여있는 것을 알 수 있다. 그 그룹들은 다시 2개의 하위 그룹으로 묶이며 학습을 중심으로 하여 2개의 그룹이 생기는 것을 확인할 수 있다.

또한 사이 중앙성의 결과가 수치로 확인된 8개의 노드의 경우 다른 노드와의 중개인 역할을 충실히 하고 있음을 시각적으로 확인할 수 있다. 특히 상위 3개인 과정, 연산, 학습의 경우 특히 그 역할이 큰 것을 알 수 있다.

또한 노드의 크기가 큰 과정, 연산, 분석, 교육, 수, 영역의 경우 연결 중앙성, 아이젠벡터 중앙성의 값이 높으며 링크의 두께가 두꺼운 것일수록 두 노드의 관계가 높다. 교육과 과정, 수와 연산, 수와 영역, 학습과 연산, 교육과 영역의 경우 특히 관계가 높은 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 수학 교육의 수와 연산 영역에서는 과정을 가장 중시하고 있으며, 교육 과정의 분석을 중요하게 생각한다는

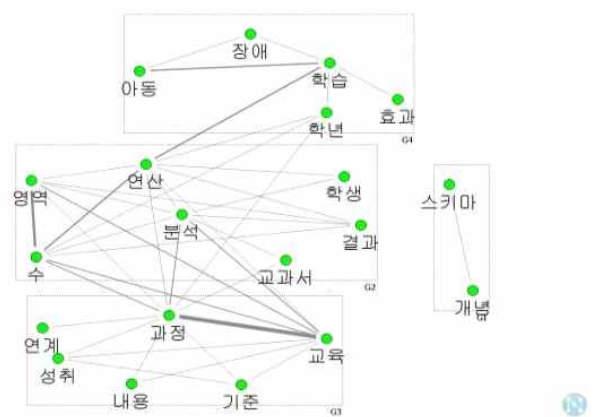
것을 나타낸다. 또한 ‘수의 영역’과 ‘연산의 학습’ 간 연계 정도가 높은 것을 알 수 있다.

그룹별로 살펴보면 G1 그룹의 경우 ‘장애 아동의 학습’에 대한 연구라는 것을 확인할 수 있다. G2 그룹의 경우 ‘교육 과정 중 수와 연산 영역의 분석’이 주된 내용이다. 이러한 노드 중 핵심적인 단어 군집을 추출하기 위하여 [Figure 3]과 같이 K-core 분석을 실시하여 주된 용어를 추출하는 과정을 통하여 핵심어에 대한 분석을 실시하였다.



[Figure 3] K-core analysis

그 결과 ‘수, 연산, 영역, 분석, 교육, 과정’의 응집력이 강한 것으로 나타났다. 이를 종합하면 ‘교육 과정 내 수와 연산 영역의 분석’이 핵심 키워드임을 알 수 있다. 다음으로 [Figure 4]와 같이 핵심 키워드를 중심으로 하위 요소의 구조를 파악하여 군집을 분할하기 위하여 모듈성을 확인하였다.



[Figure 4] Modularity analysis

모듈성 확인 결과 그룹이 더 세분화되었음을 알 수 있다. 컴포넌트의 결과와 같이 스키마와 개념은 하나의 그룹으로 묶였다. 또한 K-core의 결과에서 볼 수 있듯이 핵심어를 중심으로 그룹이 묶인 것을 볼 수 있다. G1 그룹은 ‘스키마와 개념(인지적 개념)’, G2 그룹은 ‘수와 연산 영역의 (학생에 따른) 교과서 분석 결과’로 정리를 할 수 있다. G3 그룹은 ‘교육 과정과 연계한 성취 기준과 내용’을 나타낸다. G4 그룹은 ‘장애 아동의 학년별 (연산) 학습 효과’를 주제로 잡을 수 있다.

다시 말하여 최근 10년간의 수학 교육 연구 분야 중 수와 연산 부분에 대한 논문을 분석해 본 결과 크게 4개의 분야로 압축됨을 알 수 있다. 다만 K-core의 결과에서 알 수 있듯이 핵심어를 포함한 그룹은 G2, G3으로 G1과 G4는 핵심 주제는 아니라는 것을 알 수 있다.

2. Research Trends by 2-mode Network Method

다음으로 2-mode 기법을 활용한 하위 네트워크 분석을 통해 노드들의 의미 분석을 구체화하기 위하여 Topic Modeling을 적용하여 분석을 하였다. [Figure 5]는 2-mode를 활용하여 데이터를 세팅한 후 워드 클라우드 분석을 한 결과이다.



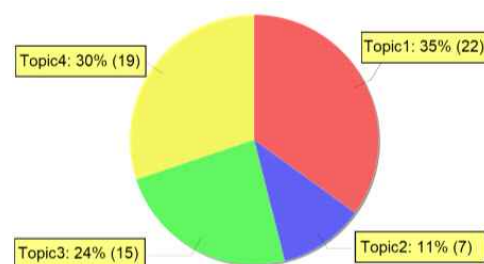
[Figure 5] Word cloud of 2-mode network

[Figure 1]과 비교하여 보았을 때 전체적으로 크게 다르지는 않지만 분석, 학생 빈도의 크기가 커짐을 알 수 있다. Topic Modeling을 위한 키워드 25개에 대한 빈도는 다음 <Table 3>과 같다.

<Table 3> 2-mode data conversion keyword frequency

Keywords (Nodes)	Frequency	Keywords (Nodes)	Frequency
수	134	효과	46
학습	124	교사	46
분석	122	장애	42
영역	120	아동	42
과정	108	곱셈	40
교육	107	활용	35
학년	91	관계	35
학생	90	적용	32
내용	77	등호	31
교과서	77	구성	27
개념	54	문항	24
중재	47	덧셈	20
문제	47		

그 결과 1-mode network를 통하여 구조화시킨 데이터의 변환 결과와 거의 같은 것을 알 수 있으나 ‘Filtered Words’ 단계에서 제외된 ‘연산’, ‘결과’로 인하여 약간의 차이가 발생했다. 다음으로는 이렇게 변환한 결과를 사용하여 4개의 토픽을 구성하였다. 1-mode network에서 그룹이 4개로 나뉘었기 때문에 2-mode network에서도 토픽이 4개로 구성될 것이라고 예상하였기 때문이다. 4개 토픽에 대한 비율은 [Figure 6]과 같다.



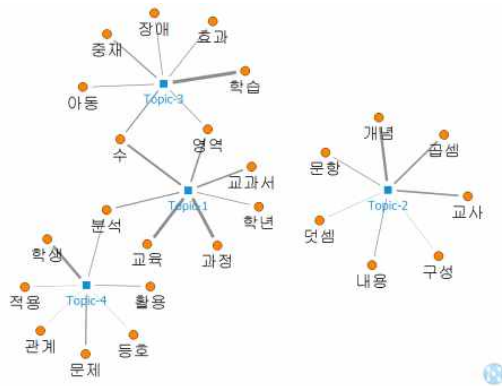
[Figure 6] Topic proportion

Topic1에는 총 22개의 노드가 포함되어 있으며 35%를 차지한다. Topic2에는 총 7개의 노드가 포함되어 있으며 11%를 차지한다. Topic3에는 총 15개의 노드가 포함되어 있으며 24%를 차지한다. Topic4에는 총 19개의 노드가 포함되어 있으며 30%를 차지한다. 이 결과들을 활용하여 4개의 주제에 관한 하위 노드 7개씩을 확률값의 상위 순서에 따라 추출하면 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Probability value of each word according to topic(in LDA)

	1st		2nd		3rd		4th		5th		6th		7th	
	Node	Prob	Node	Prob	Node	Prob	Node	Prob	Node	Prob	Node	Prob	Node	Prob
T1	교육	0.056	과정	0.055	수	0.044	교과서	0.04	영역	0.038	분석	0.035	학년	0.027
T2	개념	0.053	교사	0.041	곱셈	0.04	내용	0.029	문항	0.025	구성	0.021	덧셈	0.02
T3	학습	0.059	수	0.031	중재	0.03	영역	0.028	아동	0.027	장애	0.027	효과	0.025
T4	학생	0.053	문제	0.034	분석	0.025	활용	0.024	등호	0.021	관계	0.02	적용	0.018

<Table 3>과 <Table 4>의 결과를 활용하여 그린 Topic map은 [Figure 7]과 같다. 노드의 크기는 빈도의 크기를 나타내며 링크의 두께는 두 노드의 연관성의 정도를 나타낸다.



[Figure 7] Topic map

Topic1과 Topic3은 수, 영역을 공통으로 가지고 있으며 Topic1과 Topic4는 분석을 공통 노드로 가지고 있다. Topic1은 ‘교육 과정 내 수(와 연산) 영역의 학년별 교과서 분석’으로 정리할 수 있으며 Topic2는 ‘(연산의) 개념과 내용을 담기 위한 교사별 덧셈, 곱셈의 문항 구성 방법’으로 요약할 수 있다. Topic3은 ‘장애 아동의 수(와 연산) 영역 학습에 대한 효과를 위해 중재해야 할 것’으로 바꿔 말할 수 있다. Topic4는 ‘관계(적 이해)와 등호를 적용 및 활용한 문제를 위한 학생 분석’에 해당된다.

이 결과를 [Figure 4]의 모듈성 분석 결과와 비교하여 생각하여 보면 Topic1과 G2는 수와 연산 영역에 대한 교과서 분석이라는 측면에서 유사하며 Topic2와 Topic4는 교육 과정 내 성취 기준과 내용 중 일부를 설명한다는 점에서 G3의 하위 요소로 볼 수 있다. 또한 G1은 개념에 관한 내용이므로 Topic2의 하위 요소이며 Topic3의 경우 장애 아동의 연산 학습에 관한 내용으로 G4와 유사하다. 이를 그림으로 나타내면 [Figure 8]과 같다.



[Figure 8] Comparison of modular analysis results and topic modeling results

IV. Conclusions

본 연구는 언어 네트워크 분석법을 통해 2010년도부터 최근 10년간 이루어진 수학교육 연구 중 수와 연산 영역의 연구 동향을 파악하고자 하였다. 이를 위해 KCI에 등재된 63개의 논문 초록을 수집하여 1-mode Network 기법과 2-mode Network 기법을 활용한 분석을 동시에 수행하였다. 이를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 최근 10년간 이루어진 수학교육 연구 중 수와 연산 영역을 주제로 한 연구 동향은 ‘교육 과정 내 수와 연산 영역의 분석’으로 요약할 수 있다. 이와 같은 결론을 내릴 수 있었던 것은 출현 단어의 빈도와 더불어 단어와 단어 사이의 연결망 결속 및 중앙성을 통해 연결 고리를 확인하여 양적이면서 질적인 분석을 한 결과이다. 또한 하위 네트워크 분석으로 K-core의 결과를 살펴보면 응집성이 높은 핵심 단어 6개가 추출되는데, 이 노드는 분석 대상인 63편의 논문을 대표하는 단어라고 할 수 있다. 과거의 논문 동향 분석인 빈도수와 중앙성을 언급하는 수준에 하위 네트워크 분석을 추가하여 분석함으로써 전문성과 객관성을 높인 분석 결과를 얻을 수 있었다. 이를 통해 ‘교육과정에서의 수와 연산 영역에 대한 분석’이라는 주제가 기존 수학교육 관련 연구 시 가장 빈번하게 다루어졌음을 확인할 수 있다. 또한 최근 수학교육동향 연구에서 수학과 교육과정 연구의 비중이 높다는 점도 본 연구를 통해 드러났다.

둘째, 언어 네트워크의 두 가지 기법을 활용한 분석 결과를 토대로 최근 10년간 수학교육 중 수와 연산 영역 연구의 중심 주제 3개를 구성하였다. 첫 번째는 ‘수와 연산 영역에서의 학년별 교과서 분석에 대한 연구’, 두 번째는 ‘교육 과정의 성취 기준과 내용의 연계에 관한 연구’, 세 번째는 ‘장애 아동의 수와 연산 학습 효과’이다. 이는 1-mode Network의 단어의 빈도수뿐만 아니라 노드 간의 관계 해석을 위한 중앙성 지수 분석, 노드의 연결 정보를 이해하기 위한 바이컴포넌트 분석, 핵심적인 단어 군집 추출을 위한 K-core분석, 하위 요소의 구조를 파악하여 군집을 분할하기 위한 모듈성 분석의 결과와

2-mode Network의 Topic Modeling 기법 등 다양한 분석 방법을 활용한 결과이다. 이를 통하여 단어들의 관계를 위상적인 구조로 해석할 수 있었다. 이와 비교하여 연구 방법에 있어 범주별 분석을 실시한 Kim & Pang (2017)의 연구에서 두 번째로 높게 나타난 교육과정 및 교과서 연구 주제가 본 연구에서도 높게 나타남을 확인할 수 있으며 Ha et al. (2010)의 연구에서는 세 번째로 교육과정 및 교과서 연구 주제가 높게 나타난 것과 비교가 가능하다. 이는 수학 전체의 연구 결과와 수와 연산 영역의 연구 결과가 일치함을 시사한다.

셋째, 2015 개정 교육과정 수학과 내용 체계 중 ‘수와 연산’ 내용 체계와 본 연구의 결과를 비교한 결과, ‘분수’, ‘소수’, ‘뺄셈’, ‘나눗셈’에 관한 연구가 불충분한 것으로 나타났다. 이는 분석 결과 단어의 빈도수뿐만 아니라 중앙성 지수 또한 낮았으며 Topic Modeling에서도 단어가 출현하지 않았다는 데서 드러난다. 다만 이 결과는 수와 연산의 내용 체계 중 5~6학년 중 상당 부분이 연구되고 있지 못하다는 의미다. 초등 수학과 교육과정 중 수와 연산 영역에 대한 연구가 활발하고 다른 영역은 그만큼 다루어지지 않는다는 선행 연구의 결과를 고려할 때 연구 대상 영역의 편향은 수와 연산 영역 내에서도 존재함을 알 수 있다. 이는 영역 내 다른 분야에 대한 연구의 필요성을 역설한다. 이러한 현상의 원인을 밝혀내기 위해서는 단어 중심의 분석 이외에도 저자, 기관 등의 추가 정보를 활용한 분석을 하여 기존 연구와의 연결성과 더불어 새로운 동향을 파악하여야 한다. 따라서 후속 연구에서는 기존의 연구에서 나아가 분석 대상을 다양화하여 보다 넓은 범위의 동향 파악이 필요하다.

본 연구의 결과가 최근 수와 연산 관련 연구의 동향을 이해하는 계기가 되고, 앞으로 수학교육의 발전을 위한 후속 연구에 기여하기를 바란다. 다른 학문분야에 비해 수학교육학의 연구 방법에서는 언어 네트워크 분석이 활성화되어 있지 않다. 언어 네트워크 분석이 갖는 이점을 수학교육과 접목시켜 수학 수업 활성화에 이바지할 수 있는 많은 관련 연구들이 이루어지기를 바란다.

References

- Ahn, B. G. (2009). A Degree of Difficulty in Operations Area in Elementary Mathematics. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 13(1), 17-30.
- Barnett, G. A., & Woelfel, J. (1988). *Readings in Galileo system: theory, methods and applications*. Dobuque, IA: Kendall/ Hunt.
- Cho, Jane (2011). A Study for Research Area of Library and Information Science by Network Text Analysis. *Journal of Korean Society for Information Management*, 28(4), 65-83.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active Vision: The Psychology of Looking and Seeing*. Oxford, UK: Oxford University Press
- Frederiksen, J. R., Sipusic, M., Sherin, M., & Wolfe, E. W. (1998). Video Portfolio Assessment: Creating a Framework for Viewing the Functions of Teaching. *Educational Assessment*, 5(4), 225-297.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- 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. I., Kim S. U., & Yang I. H. (2016). An Analysis of Teachers' Examination Behavior in a Authorized Textbook Selection: Using an Eye-tracking Method. *Brain, Digital, & Learning*, 6(2), 49-65.
- Han, K. J. (2003). The Meaning and Research Agenda in Network Analysis as Social Science Methodology: Based on Semantic Network Analysis. *Research in Social Studies Education*, 10(2), 219-235.
- Heo, S. M. (2013). A Study on Changed Perceptions of Social Studies Teacher through Their Experiences in Instructional Criticism. *Journal of Social Studies Lesson Study*, 1(2), 19-38.
- Hwang, D. K., & Lee, G. N. (2018). An Analysis of Educational Needs of Smart Educational Competencies in Practical Arts Advanced Major Pre-Service Teachers in University of Education. *The Journal of Korean Practical Arts Education*, 24(4), 1-16.
- Jung, K. H. (2010). *A Study if Foresight Method Based on Textmining and Complexity Network Analysis*. Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning.
- Kim, S. H., & Kim, S. M. (2018). The International Research Trends of Mathematical Education by Language Network Analysis Method: Based on the Titles of 2017 International Conference. *School Mathematics*, 20(4), 591-608.
- Kim, S. Y., & Lee, S. Y., & Shin, J. H., & Choi, W. (2015). A Study of Secondary Mathematics Materials at a Gifted Education Center in Science Attached to a University Using Network Text Analysis. *Communications of mathematical education*, 29(3), 465-489.
- Kim, Y. K., & Pang, J. S. (2017). Research Trends in Elementary Mathematics Education: Focused on the Papers Published in Domestic Journals During the Resent Seven Years. *Education of Primary School Mathematics*, 20(1), 19-36.
- Lee, D. M. (2017). A Semantic Network Analysis of the Recent Trend of Primary Geography Education Research in South Korea. *The journal of the Korean association of geographic and environmental education*, 25(2), 1-14.
- Lee, J. K., & Ha, M. S. (2012). Semantic network analysis of science gifted middle school students' understanding of fact, hypothesis, theory, law, and scientificness. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(5), 823-840.
- Pang, J. S., & Kim, S. M. (2017). Research Trends of Mathematics Textbooks: Focused on the Papers

Published in Domestic Journals During Recent Five Years. *School Mathematics*, 19(2), 249-265.

Pang, J. S., & Kim, S. M. (2018). An Analysis of the Elementary Mathematics Textbooks on the Generalization of Properties of Numbers and Operations. *School Mathematics*, 20(1), 251-267.

Pang, J. S., Sun, W. J., Cho, S. M., Lee, Y. J., Kim, E. K., Kim, Y. Y., Park, Y. J., Kim, K. H., Hwang, J. N., & Lee, H. N. (2019). Domestic Research Trends of Mathematics Education: An Analysis of Journals Published from 1963 to 2019. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 29(4), 709-739.

Paranyushkin, D. (2011). *Identifying the pathways for meaning circulation using text network analysis. Published in 11 December 2011*, Nodus Labs. Germany, Berlin.

Paranyushkin, D. (2012). *Visualization of text's polysingularity using network analysis. Published in 15 January 2012*, Nodus Labs. Germany, Berlin.

Seo, H. J. (2018). *Analysis of Future Education Trends Using Semantic Network Analysis: Focusing on Academic Papers and Newspaper Articles*. Graduate School of Konkuk University.

Shin, S. I., & Lee, J. K. (2015). Analysis of College of Education Students' Career Counseling Network: Focus on the Case of Teachers College Students Majoring in Biology Education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(9), 487-508.

Son, D. W. (2008). *Social Network Analysis*. Seoul: KyungMoonSa.

Song, Y. W. (2016). Network Analysis on Associative Words and Definitions of 'Electricity' Terminology of Education University Students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(5), 791-800.

Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: methods and applications*. The Press syndicate of the university of Cambridge.

[저자의 소속과 직위]

김리나 : 한국교원대학교, 대학원생, 제1저자

박정미 : 한국교원대학교, 대학원생, 공동저자

송다솜 : 한국교원대학교, 대학원생, 공동저자

이광호 : 한국교원대학교, 교수, 교신저자