

토픽모델링을 활용한 국내외 수학교육 연구 동향 비교 연구

신동조(고려대학교 영재교육원, 연구교수)

A comparative study of domestic and international research trends of mathematics education through topic modeling

Shin, Dongjo(Korea University Gifted Education Center, sdlov20@gmail.com)

초록

본 연구는 2000년부터 2019년까지 7종의 KCI 등재지에 게재된 3,114편의 수학교육 논문과 5종의 SSCI 등재지에 게재된 1,636편의 수학교육 논문의 연구 동향을 텍스트 마이닝 기술의 하나인 토픽모델링을 사용하여 비교·분석하였다. 연구 결과, 국내외 수학교육 연구는 16개의 유사한 주제와 7개의 상이한 주제로 분류할 수 있었다. 연구 결과, 예비교사와 관련된 주제는 국내외 수학교육 연구에서 모두 높은 비중을 차지하고 있는 연구주제였다. 현직교사 재교육에 관한 연구주제는 국내 연구에서는 하나의 독립된 주제로 나타나지 않았지만, 해외 연구에서 많은 관심을 받는 주제로 나타났다. 해외 수학교육 연구에 비해 국내에서는 수학적 역량에 관한 연구의 관심이 높았지만, 이는 문제해결역량과 창의·융합역량에 치중되는 경향이 있었다. 반면, 해외 수학교육에서는 정체성과 공정성에 관한 연구가 강조되었다.

Abstract

This study analyzed 3,114 articles published in KCI journals and 1,636 articles published in SSCI journals from 2000 to 2019 in order to compare domestic and international research trends of mathematics education using a topic modeling method. Results indicated that there were 16 similar research topics in domestic and international mathematics education journals: algebra/algebraic thinking, fraction, function/representation, statistics, geometry, problem-solving, model/modeling, proof, achievement effect/difference, affective factor, preservice teacher, teaching practice, textbook/curriculum, task analysis, assessment, and theory. Also, there were 7 distinct research topics in domestic and international mathematics education journals. Topics such as affective/cognitive domain and research trends, mathematics concept, class activity, number/operation, creativity/STEAM, proportional reasoning, and college/technology were identified from the domestic journals, whereas discourse/interaction, professional development, identity/equity, child thinking, semiotics/embodied cognition, intervention effect, and design/technology were the topics identified from the international journals. The topic related to preservice teacher was the most frequently addressed topic in both domestic and international research. The topic related to in-service teachers' professional development was the second most popular topic in international research, whereas it was not identified in domestic research. Domestic research in mathematics education tended to pay attention to the topics concerned with the mathematical competency, but it focused more on problem-solving and creativity/STEAM than other mathematical competencies. Rather, international research highlighted the topic related to equity and social justice.

* 주요어 : 연구 동향, 비교 연구, 수학교육 연구, 토픽모델링, 텍스트 마이닝

* **Key words** : research trends, comparative study, mathematics education research, topic modeling, text mining

* **Address** : Gifted Education Center, Korea University, 315 Lyceum, 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, South Korea

* **ZDM Classification** : C10

* **2000 Mathematics Subject Classification** : 97-02

* **Received**: January 8, 2020 **Revised**: February 11, 2020 **Accepted**: February 17, 2020

I. 서론

수학적 사고와 수학 학습에 관한 연구는 비교적 오랜 역사를 가지고 있지만 수학교육 연구의 초석이 세워진 것은 수학교육 관련 전문학술지가 등장한 1960년대라고 할 수 있다(Inglis & Foster, 2018). 1968년 Springer에서는 최초의 해외 수학교육 전문학술지 <Educational Studies in Mathematics(이하 ESM)>를 창간하였고, 1970년 전미수학교사협회(National Council of Teachers of Mathematics, 이하 NCTM)에서 창간한 <Journal for Research in Mathematics Education(이하 JRME)>은 수학교육 연구를 대표하는 학술지로 자리매김했다. 국내의 경우, 1963년 한국수학교육학회에서 창간한 <수학교육>이 체계적인 국내 수학교육 연구의 토대가 되었다고 할 수 있다. 이후 국내외 수학교육 연구의 수가 급격히 증가하면서 현재 수학교육 연구는 양적인 성장을 이루었다(Pang et al., 2019).

수학교육 연구의 양적 성장과 함께 수학교육 학술지의 질(quality)과 영향력을 평가하려는 시도가 있었다. 예를 들어, Williams, Leatham(2017)은 20개의 해외 수학교육 관련 학술지를 면밀히 평가하여 수학교육 학술지 질에 관한 정보를 수학교육 연구자와 연구기관에 제공하였다. 학술지의 질적 평가 자료는 연구소 및 대학에서 임용, 정년보장(tenure), 승진을 위한 객관적인 지표로 사용되고 있다는 점에서 중요하다(Starbuck, 2005). 국내 교육 분야에서 유능한 연구 인력을 평가하는 지표로 한국연구재단에서 제공하는 한국 학술지 인용색인(Korea Citation Index, 이하 KCI)과 미국 Thomson Reuters에서 제공하는 사회과학 학술지 인용색인(Social Science Citation Index, 이하 SSCI) 등이 광범위하게 사용되고 있다. 2020년을 기점으로 수학교육 분야에는 5종의 SSCI 등재 학술지와 7종의 KCI 등재 학술지에서 높은 질의 연구결과가 보고되고 있다.

이러한 수학교육 연구의 성장과 함께 수학교육 연구를 메타적으로 분석하고 반성함으로써 후속연구에 시사점을 제공하고자 하는 노력이 있었다. 이러한 연구는 주로 수학교육 연구의 특정 주제 및 영역에서 연구동향을 분석하고자 하였다. 예컨대, 교육과정과 교과서에 대한 연구동향(Kim, Kim, & Kwon, 2012; Kwon, Kim, & Kim,

2011; Pang & Hwang, 2012), 교사교육과 역량에 대한 연구동향(Pang, Kwon, & Sun, 2017; Song & Pang, 2013; Sun & Pang, 2019), 통계 및 초기 대수에 관한 연구동향(Han & Kwon, 2018; Lee & Kim, 2015; Tak & Lee, 2017), 정의적 영역에 대한 연구동향(Cho & Kim, 2016; Pang & Kim, 2019), 테크놀로지와 컴퓨팅 사고력에 대한 연구동향(Bray & Tangney, 2017; Shin & Choi-Koh, 2019), 교실 담론 및 상호작용에 대한 연구동향(Cho, Kwon, Bae, & Lee, 2014; Ryve, 2011)가 그러하다.

하지만 특정 주제에 관한 연구동향은 다른 주제와의 연결성을 파악하는데 한계점을 가진다(Pang et al., 2019). 이에 Pang 외(2019)는 <수학교육> 학술지가 창간된 1963년부터 2019년까지 4,559편의 국내 논문을 연구 시기별, 주제별, 대상별, 방법별로 종합하여 국내 수학교육 연구의 전체적인 흐름을 조망하고 후속연구를 위한 방향을 제안하였다. 또한, Park, Kim(2011)은 2005년부터 2009년까지 국내의 대표적인 수학교육 전문학술지 <수학교육>, <수학교육학 연구>, <JRME>, <ESM>에 게재된 382편의 중등수학교육 관련 논문을 연구 분야, 방법, 주제별로 비교·분석하였다. 이는 국내외 수학교육 연구동향을 직접적으로 비교함으로써 국내 후속연구에 시사점을 제공하였다는데 의미가 있으나, 5년이라는 다소 짧은 연구 기간과 분석대상을 국내의 4종의 학술지로 제한하였다는 점에서 한계를 지닌다. 이에 Pang 외(2019)가 수행한 방대한 작업을 국내외 모든 수학교육 전문학술지를 포함하여 확장한다면 국내외 연구의 흐름을 조망하고 후속연구를 위한 방향을 모색하는데 상당히 의미 있는 연구가 되겠지만 이는 시간과 비용에 많은 제약이 뒤따른다. 최근 이러한 제약에서 벗어나 방대한 텍스트(text)로부터 의미 있는 정보를 효율적으로 추출(mining)하는 컴퓨터 기반의 기술이 개발되어 활용되고 있다. 이러한 기술 중 하나로 주목받고 있는 것이 토픽 모델링(topic modeling)이다. Inglis, Foster(2018)은 토픽모델링을 사용하여 1968년부터 2015년까지 <JRME>와 <ESM>에 게재된 1,933개 논문에서 28개의 연구주제를 추출하여 주제별 연구 동향을 비교·분석하였다. 이에 본 연구에서는 토픽모델링을 사용하여 광범위한 연구동향을 분석하는데 소요되는 시간과 비용의 한계를 극복하고 국내외 수학교육 연구동향을 보

다 포괄적으로 비교·분석하고자 하였다. 이를 통해 국내외 수학교육에서 의미 있는 연구주제를 파악하고, 이러한 연구주제의 변화를 비교·대조함으로써 향후 국내 수학교육 연구 방향에 발전적인 시사점을 제공하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 수학교육 연구동향

수학교육 연구동향 분석 연구는 주로 특정 수학교육 연구주제에 대한 국내 연구동향을 파악하고자 수행되었고 해외 수학교육 연구동향을 분석하거나 국내외 수학교육 연구동향을 비교·분석한 연구는 상대적으로 미흡했다. 2010년 이후 진행된 수학교육 관련 연구동향 분석을 종합하면 [Table 1]과 같다.

수학교육 학술지에 게재된 논문 전체에 대한 연구동향을 분석한 연구와 달리 특정 주제의 연구동향을 분석한 연구는 보통 10년 내외 80개~150개의 논문을 대상으로 연구대상, 연구주제, 연구방법에 따라 해당 주제의 연구동향을 파악하고자 하였다. Ha, Pang, Ju(2010)의 연구결과에 따르면, 2005년부터 2009년까지 초등수학교육에서는 수업설계 및 방법, 학습자의 인지적·정의적 특성, 교육과정 및 교과서분석에 관한 연구가 전체 연구주제의 70% 정도를 차지하였고, 평가, 교육공학 및 교수, 교사교육에 관한 연구는 상대적으로 미흡하게 실시되었다.

2000년부터 2018년까지 국내에서 진행된 교사교육에 대한 연구동향 결과를 살펴보면, 교사의 신념, 성향, 선호도, 가치, 인식 등에 관한 연구가 가장 많이 수행되었으며, 예비교사 교육에 관한 연구가 현직교사의 전문성 신장에 관한 연구보다 월등히 많이 수행된 것으로 나타나 현직교사의 재교육에 관한 연구의 필요성을 시사하였다 (Sun & Pang, 2019).

Pang 외(2019)는 1960년대부터 2010년대까지 국내 수학교육 연구주제에 대한 변화를 10년 주기로 분석하였다. 분석 결과를 살펴보면, 1960년대부터 1980년대까지 일반 연구와 교육과정 및 교과서분석에 관한 연구가 가장 많이 진행되었으며, 1990년대부터 2000년대에는 수업 및 지도 방안에 관한 연구의 관심이 높아졌다. 2000년대부터 2010년대는 학습자의 인지적·정의적 특성과 능력에 관한 연구가 활성화되었고, 교육과정 및 교과서분석, 수업 및

[Table 1] Prior papers on the analysis of research trends

	Author (year)	Research papers reviewed (period)
Domestic	Ha et al. (2010)	383 papers on elementary education (2005~2009)
	Kwon et al. (2011)	124 papers on curriculum (2000~2010)
	Min, Yoo, & Ko (2011)	463 papers on gifted education (2000~2010)
	Pang & Hwang (2012)	90 papers on textbook (2006~2011)
	Kim et al. (2012)	124 papers on curriculum (2000~2010)
	Han (2013)	123 papers on STEAM program (2011~2013)
	Song & Pang (2013)	79 papers on teacher knowledge (1999~2012)
	Cho et al. (2014)	95 papers on classroom interaction (1994~2013)
	Cho & Kim (2016)	103 papers on affective aspect (2005~2015)
	Kim (2016)	105 papers on problem solving (2009~2015)
	Kim & Pang (2017)	596 papers on elementary education (2010~2016)
	Tak & Lee (2017)	99 papers on statistics education (2000~2016)
	Han & Kwon (2018)	89 papers on early algebra (2000~2017)
	Sun & Pang (2019)	220 papers on teacher education (2000~2018)
International	Pang et al. (2019)	4,559 papers on mathematics education (1963~2019)
	Ryve (2011)	108 papers on mathematical discourse (1968~2009)
	Bray & Tangney (2017)	139 papers on integration of technology (2012~2016)
	Inglis & Foster (2018)	1,993 papers on mathematics education (1968~2015)
Both	Pang & Kim (2019)	66 papers on mathematical value (1999~2019)
	Park & Kim (2011)	382 papers on secondary education (2005~2009)
	Lee & Kim (2015)	180 papers on statistics education (2009~2013)
	Pang et al. (2017)	138 papers on teacher noticing (2010~2017)
	Shin & Choi-Koh (2019)	97 papers on computational thinking (2006~2019)

지도 방안, 교사교육에 관한 연구 역시 2010년대 높은 관심을 받았던 연구주제로 분석되었다(Pang et al., 2019).

2010년 이후 국내외 수학교육 연구동향을 광범위하게

비교·분석한 연구는 드물게 수행되었다. Park, Kim(2011)은 2005년부터 2009년까지 국내외 수학교육 연구를 수정된 PME(Phycology of Mathematical Education) 분류 틀에 맞춰 연구동향을 분석하였다. 그 결과, 국내 연구는 수학 개념과 문제해결력에 관한 연구가 많이 수행되었던 반면 해외의 경우 수학적 의사소통과 교사의 지식·신념에 관한 연구가 많이 연구되었다. 교수-학습과정에 대한 연구는 국내외에서 모두 많이 수행된 것으로 나타났다(Park & Kim, 2011). 이후 국내외 수학교육 연구동향을 비교하는 연구가 시도되었지만 주로 특정 분야 및 영역에 국한되어 수행되었기 때문에 장기간에 걸쳐 국내외 수학교육 연구동향을 종합적으로 비교·분석할 수 있는 연구의 필요성이 제기된다.

2. 토픽모델링

토픽모델링은 자연어 처리 기술(natural language processing)을 사용하여 방대한 문서 집합에서 특정 문서가 내포하고 있는 잠재적 주제인 토픽(topic)을 범주화(clustering)하는 분석법이다. 여기서 문서 집합은 말뭉치(corpus)라고 하며 여러 편의 논문, 신문 기사, 비정형화된 문자 메시지 집합 등을 포함한다. 토픽모델링을 가능하게 하는 방법 중에서 가장 많이 사용되고 있는 방법은 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, 이하 LDA)이다. LDA는 문서가 내포하고 있는 주제들을 확률에 기반하여 추정하는 비지도 학습(unsupervised learning)이다. LDA에서 비지도 학습이란 인간이 사전에 문서 집합을 특정 주제에 따라 분류할 수 있는 틀과 방법을 제공하지 않고 기계(컴퓨터)가 단어의 동시출현 빈도 등에 기반하여 문서 집합을 몇 개의 주제로 분류하는 것을 의미한다(Blei, 2012). 사전정보나 이미 정의된 개념으로부터 시작하지 않고 문서 집합이 가지고 있는 주제들을 도출한다는 점에서 정성연구의 근거이론(grounded theory)과 유사한 정량연구 방법이라 할 수 있다(Inglis & Foster, 2018). 이하에서는 LDA의 개념과 LDA를 사용하여 연구동향을 분석한 선행연구에 대해 살펴본다.

1) 잠재 디리클레 할당

LDA 알고리즘의 기본 가정은 각각의 문서(논문)¹⁾에는

여러 개의 주제(topic)가 서로 다른 비율(중요도)로 포함되어 있고, 각각의 주제에는 그 주제를 설명하는 여러 개의 단어가 서로 다른 비율(중요도)로 포함되어 있다는 것이다. 그리고 논문 내 특정 주제를 설명하는 단어가 높은 빈도로 등장한다는 것은 해당 주제가 논문의 핵심 주제임을 가정한다(Blei, 2012; Blei, Ng, & Jordan, 2003). [Fig. 1]은 LDA 모델에서 하나의 논문이 생성되는 과정(generative process)을 나타낸다. 여기서 원으로 나타나는 노드(node)는 확률 변수, 화살표는 노드 간에 영향 관계, 직사각형은 직사각형 내 과정이 각각 N, D, K 만큼 반복되는 것을 의미한다. 각 변수가 나타내는 의미는 아래와 같다.

β_k : k 번째 주제에 대한 단어들의 확률분포로 η 를 모수로 하는 디리클레 분포에서 표집($k = 1, 2, \dots, K$)

θ_d : d 번째 논문에 대한 주제들의 확률분포로 α 를 모수로 하는 디리클레 분포에서 표집($d = 1, 2, \dots, D$)

$Z_{d,n}$: d 번째 논문에서 n 번째 단어에 대한 주제 배당($n = 1, 2, \dots, N$)으로 θ_d 를 모수로 하는 다항분포를 따르고 1과 K 사이의 숫자 중 하나에 대응

$W_{d,n}$: d 번째 논문에서 n 번째 단어의 할당으로 β_k 를 모수로 하는 다항분포를 따름

K : 논문 집합이 가지는 주제의 총 개수

N : 논문 집합이 가지는 단어의 총 개수

D : 논문의 총 개수

여기서 검은색으로 표기된 $W_{d,n}, N, D$ 는 관찰 가능한 변수(observed variable), 붉은색으로 표기된 $\theta_d, \beta_k, Z_{d,n}$ 는 추정해야 할 잠재 변수(latent variable), 파란색으로 표기된 K, α, η 는 연구자에 의해 사전에 정의되어야 하는 변수를 의미한다.

LDA 모델을 이론적으로 설명하기 이전에 LDA가 가정하는 논문 생성 과정에 대해 간략히 살펴보자. 예를 들어, ‘교사의 지식과 신념’이라는 논문을 쓰기 위해서 연구자는 먼저 ‘교사의 지식’과 ‘교사의 신념’이라는 주제와 추가적인 주제(예: ‘교사교육’, ‘측정 및 평가’ 등)를 선정한다. 연구자는 각 주제에 대한 중요도를 설정하고 이를 논문에 반영할 계획을 세운다(예: ‘교사의 지식’ 40%, ‘교사

¹⁾ LDA 모델에서 document는 보통 ‘문서’로 번역되어 사용되지만,

본 연구에서 문서는 논문을 의미하기 때문에 이하에서는 ‘문서’라는 단어를 ‘논문’으로 대신하여 사용한다.

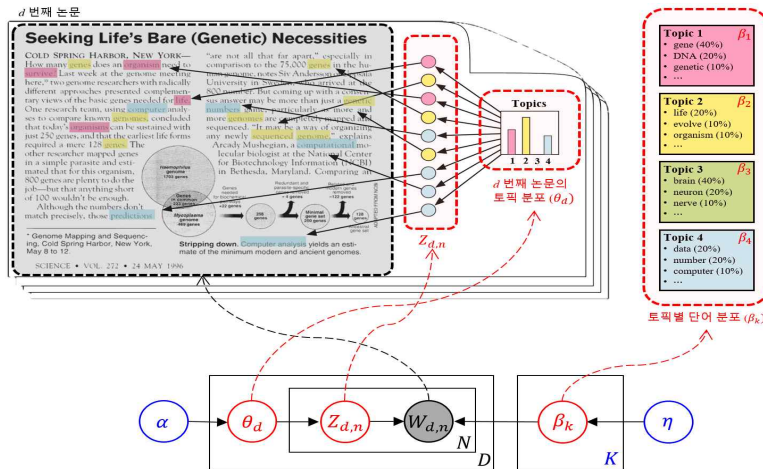
의 신념' 40%, '교사교육' 10%, '측정 및 평가' 10%). 이는 [Fig. 1]에서 θ_d 에 해당한다. 이후, 각 주제를 설명하는 단어들 이 서로 다른 중요도로 정해진다(예: '교사의 지식'이라는 주제를 설명하는 단어 '지식', 'PCK', 'MKT' 등에 대한 중요도가 정해짐). 이는 [Fig. 1]에서 β_k 에 해당한다. 논문에 나타나는 단어는 θ_d 와 β_k 가 가지는 확률분포에서 표집되고 이 과정을 반복하면서 하나의 글(논문)이 완성된다.

이 과정을 Blei(2012)의 설명에 기반하여 이론적으로 살펴보면, 먼저 모수가 η 인 디리클레 분포에서 각각의 주제에 대한 단어들의 확률분포 β_k 가 K 개 결정된다. [Fig. 1]은 연구자가 주제의 총 개수 K 를 4로 정의했을 때 4개의 주제에 대한 단어분포를 나타낸다. 첫 번째 주제에 대한 단어분포를 나타내는 β_1 은 gene, DNA, genetic과 같은 단어로 이루어졌다는 점에서 '유전'에 관한 주제를 의미한다고 할 수 있으며, $\beta_2, \beta_3, \beta_4$ 는 각각 '진화', '신경', '데이터'에 관한 주제라고 할 수 있다. 각 주제에 대한 주제명은 LDA 분석 결과로 나타나는 주제별 단어분포 등에 기반하여 연구자에 의해 결정된다는 것이 LDA 모델의 특징이다. 또한, 모수가 α 인 디리클레 분포로부터 각각의 논문이 어떠한 주제들로 구성되어 있는지 보여주는 논문별 주제들의 확률분포 θ_d 가 결정된다. [Fig. 1]의 θ_d 는 그러한 D 개의 확률분포 중 하나로, 해당 논문은 두 번째 주제('진화')에 대해 기술되었을 가능

성이 가장 높고 세 번째 주제('신경')와는 확률적으로 무관함을 보여준다. θ_d 의 분포에서 주제를 무작위로 추출하는 과정이 $Z_{d,n}$ 이며, $Z_{d,n}$ 가 1일 때, 첫 번째 주제('유전')에 대한 단어분포 β_1 에서 하나의 단어가 표집되어 문서에 기술된다. 이는 논문에서 하나의 단어가 생성되는 과정이고, 이 과정이 N 번 반복되면 하나의 논문이 생성되며, 논문 생성 과정이 D 번 반복되면 논문 전체 집합(예: 동향분석에서 분석대상이 되는 논문 전체)이 생성된다. LDA 모델은 관찰가능한 단어 $W_{d,n}$ 로부터 위에서 설명한 과정을 역순(reversing)하여 주제별 단어분포 β_k 와 논문별 주제 분포 θ_d 를 추정하는 방법이다.

2) 토픽모델링을 활용한 연구동향 분석

토픽모델링은 문서(논문)에 대한 완벽한 이해를 기대할 수 없다는 점에서 분명한 한계를 가진다. 하지만 전통적인 내용 분석(content analysis) 연구방법이 갖는 시간과 비용의 문제를 줄일 수 있어 대규모의 논문을 분석하는데 효율적이고, 연구자의 주관적인 분석으로 발생하는 신뢰성의 문제를 해결하고 재현가능성을 어느 정도 담보할 수 있다는 점에서 교육 분야에서도 많은 주목을 받고 있다(Kim & Kim, 2019). Shin(2019)은 토픽모델링을 활용하여 1969년부터 2019년까지 국어 문법 교육과 관련된 8,568편의 국내 학술지 및 학위 논문의 연구동향을 분석하였고, Shin, Ha, Lee(2018)는 2008년부터 2017년까지 과



[Fig. 1] LDA process with an example(reconstructed from Blei[2012, p. 78])

학교교육에서 ‘재미’와 관련된 1,173편의 국내 학술지 논문을 분석하여 과학교육에서 재미의 의미와 가치를 파악하였다. 수학교육 분야에서 토픽모델링이 사용된 연구는 Jin, Ko(2019)의 연구와 Choi, Kwak(2019)의 연구가 있다. Jin, Ko(2019)는 2016년부터 2018년까지 5종의 국내 수학교육 학술지에서 추출된 460편의 논문을 5개의 주제로 분류하였으며 각 주제에 대한 3년간 연구동향을 분석하였다. Choi, Kwak(2019)은 1990년부터 2018년까지 3종의 해외 수학교육 학술지 <JRME>, <ESM>, <Journal of Mathematical Behavior>에 게재된 2,556편의 논문의 주제별 추이를 5년 간격으로 분석함으로써 해외 수학교육 연구의 동향을 파악하고 후속연구에 대한 시사점을 제공하였다. 선행연구에서는 수학교육 분야의 연구 동향을 국내 또는 해외 학술지로 한정하여 개별적으로 수행하였다는 점에서 국내외 수학교육 연구의 직접적인 비교·분석에 한계를 가진다. 본 연구는 토픽모델링을 사용하여 지난 20년간 국내외 수학교육 관련 연구동향을 비교·대조하고 국내 수학교육 후속연구에 대한 방향과 시사점을 제공하고자 한다.

III. 연구방법

1. 분석대상

본 연구에서는 2000년 1월부터 2019년 12월까지 국내 수학교육 학술지 7종에 게재된 논문 중 한국학술지인용색인(www.kci.go.kr)에 등록된 3,125편의 KCI 등재(후보)지 논문과 해외 수학교육 학술지 5종에 게재된 논문 중 Web of Science 인용색인(www.webofknowledge.com)에 등록된 1,652편의 SSCI 등재(후보²⁾)지 논문의 영문초록을 수집하였다. <수학교육>과 <JRME> 학술지를 제외한 국내외 수학교육 전문학술지가 2000년 이후 각각 KCI 등재(후보)지와 SSCI 등재지로 선정되었다는 점에서 논문 수집 시작 시기를 2000년으로 설정하였다. LDA 방법을 사용하여 국내외 연구동향을 보다 직접적으로 비교하기

위해서 단어의 모든 전처리 과정을 동일하게 하는 것이 중요하다. 이를 위해 본 연구는 국내외 논문에서 공용언어로 기술된 영문초록만을 사용하였고, 영문초록이 누락된 11편의 국내 논문과 16편의 해외 논문을 제외한 3,114편의 국내 논문과 1,636편의 해외 논문을 최종 분석대상에 포함하였다. 수학교육과 과학교육 관련 연구를 동시에 포함하는 SSCI 학술지 <International Journal of Science and Mathematics Education>은 분석대상에서 제외하였다. 최종 분석에 포함된 학술지별 논문 수는 [Table 2]와 같다.

[Table 2] The number of papers reviewed for each journal

Index	Journal	Count
KCI	The Mathematical Education	557
	The Journal of Educational Research in Mathematics	545
	School Mathematics	618
	Communications of Mathematical Education	431
	Education of Primary School Mathematics	181
	Journal of Elementary Mathematics Education in Korea	321
	Journal of the Korean School Mathematics	461
	total	3,114
SSCI	JRME	322
	ESM	641
	MTL ³⁾	151
	JMTE ⁴⁾	124
	ZDM ⁵⁾	398
	total	1,636

2. 분석방법

토픽모델링을 실시하기 전 텍스트 마이닝의 중요한 단계인 언어 전처리 과정(pre-processing)을 수행하였다. 먼저, 영문초록에서 명사와 형용사를 제외한 품사를 삭제하였다. 다시 말해, 지시대명사(예: this, these 등), (비)인칭대명사(예: I, he, she, it 등), 접속사, 전치사, 부사, (조)동사, 관사 등은 논문의 주제를 파악하는데 무의미하다고 생각하여 제외하였다. 주로 감정 분석(semantic analysis)

²⁾ 사실 SSCI에는 등재후보지로 번역되는 개념은 없다. 하지만 Thomson Reuters에서 학술지가 SSCI 등재지에 선정되기 위해서는 먼저 Emerging Sources Citation Index(ESCI)에 선정되어 매년 평가를 받아야 한다. 그리고 Web of Science에서 SSCI 학술지 논문과 더불어 ESCI 학술지에 게재된 논문에 대한 정보를 제공한다는 점에서 본 연구에서는 ESCI를 KCI 등재후보지와 상응하는 개념으로 생각하고 분석대상에 포함하였다.

³⁾ <Mathematical Thinking and Learning>

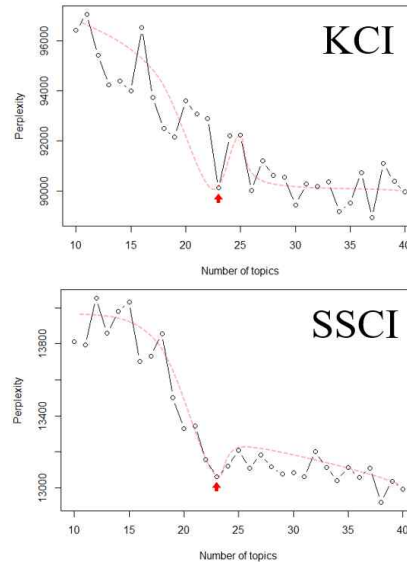
⁴⁾ <Journal of Mathematics Teacher Education>

⁵⁾ <Zentralblatt für Didaktik der Mathematik>

에 사용되는 형용사를 포함한 이유는 수학교육 관련 중요한 의미를 주는 형용사가 다수 존재하기 때문이다. 예컨대, covariational, proportional, (ir)rational, algebraic, statistical, equitable, spatial, pedagogical, inductive, deductive, preservice, secondary, elementary 등이 그러하다. 이후, 4,750편의 영문초록에서 출현빈도가 5 미만인 명사와 형용사를 제외한 모든 단어를 확인한 후 무의미하다고 생각되는 단어(예: enough, chapter, thing, different, important 등)를 제외하였다. 복수형으로 나타난 명사는 모두 단수형으로 변환하였고, 영문 초록에서 빈번하게 등장하는 단어(예: study, article, finding, result, conclusion 등)를 제외하였다. 동의어는 하나의 단어(예: pupil, learner, student는 모두 student로 변환)로 변환하였는데, 이는 LDA 알고리즘이 이러한 단어의 맥락을 고려하지 못하기 때문이다. 이러한 전처리 과정 이후 몇 차례 토픽모델링 시뮬레이션을 시행하였고 거의 모든 논문에 포함되어 의미상 불필요하다고 생각되었던 두 개의 단어 ‘수학’(mathematics)과 ‘교육’(education)을 최종 삭제하였다. 논문에서 명사와 형용사를 추출하기 위해 통계 프로그램인 R에서 제공하는 udpipe 패키지를 사용하였다.

LDA 기반 토픽모델링은 R에서 제공하는 topicmodels 패키지를 사용하였다. 토픽모델링에서 논문 집합이 가지는 주제의 총 개수 K 는 사전에 정의되어야 한다는 단점이 있다. 주어진 논문 집합에서 최적의 K 값을 찾는 방법에 대해 일치된 견해는 없지만 일반적으로 사용되는 지표는 혼잡도(perplexity) 지수이다(Blei et al., 2003). 본 연구에서는 <JRME>와 <ESM>에 게재된 논문을 대상으로 토픽모델링을 실시한 Inglis, Foster(2018)의 연구에 기반하여 가능한 K 값을 10에서 40으로 설정하여 혼잡도 지수의 변화를 살펴보았다. 혼잡도 지수가 낮을수록 적합한 모델을 의미하지만(Blei et al., 2003), 보통 K 값이 증가하면 혼잡도 지수가 감소하므로 감소율이 크게 줄어드는 시점의 K 값을 선정하는 것이 일반적이다(Inglis & Foster, 2018). 그 결과, 국내 논문과 해외 논문 모두 K 값이 23까지는 혼잡도 지수가 급격히 감소하는 경향을 보였지만 23에서 40까지의 감소율은 두드러지게 나타나지 않아 23을 가장 적합한 주제 개수로 설정하였다(Fig. 2] 참고). 디리클레 분포의 모수 α 는 0.1로 설정하였고,

표집방식은 깃스 샘플링(Gibbs sampling), 반복시행 횟수 2,000으로 설정하여 LDA를 실행하였다. KCI와 SSCI 학술지의 연구동향을 비교하기 위해 모든 전처리 과정과 변수값 설정을 동일하게 진행하였다.



[Fig. 2] The perplexities of topic models stem from KCI and SSCI journals

LDA 기반 토픽모델링을 통해 국내 논문과 해외 논문에서 각각 23개의 주제를 도출한 뒤, 각 주제를 구성하고 있는 상위 10개의 단어와 해당 주제를 대표하는 논문들을 검토하여 적절한 주제명을 결정하였다. 예를 들어, 국내 학술지에서 상위 10개의 단어 집합이 {student, thinking, algebraic, pattern, algebra, school, expression, sign, difficulty, understanding}으로 구성된 주제는 그 주제명을 ‘대수와 대수적사고’로 결정하였다. 이후, 3,114편의 국내 논문과 1,636편의 해외 논문의 연구주제를 분석하였다. 전통적인 동향분석 연구에서 사용하는 코딩 방식(예: 각 논문에 1회 또는 0.5회 주제 빈도 할당)과 달리, 본 연구에서는 LDA 분석 결과 나타나는 논문별 주제 분포를 사용했다. 예를 들어, A 논문이 3개의 주제로 이루어져 있고 주제 비율이 ‘대수와 대수적사고’ 40%, ‘성취 효과와 성취 차이’ 40%, ‘정의적 영역’ 20%였다면, 각각 0.4, 0.4, 0.2회씩 빈도를 표시하였다.

IV. 결과 분석 및 논의

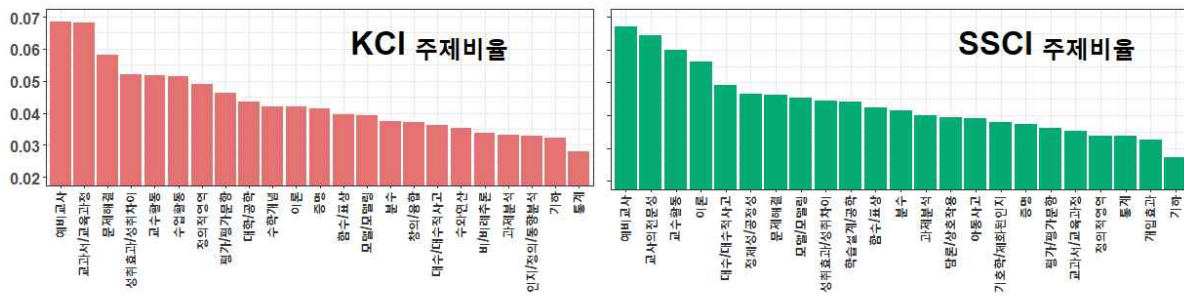
국내의 연구주제를 비교한 결과 16개의 유사한 주제와 7개의 상이한 주제가 있었다. 국내의 유사한 주제는 LDA 결과로 도출된 주제별 단어분포가 유사한 것을 의미한다. 이하에서는, 이 주제들에 대한 탐색과 국내의 유사한 주제와 상이한 주제의 연도별 변화에 대해 살펴본다.

1. 국내의 유사한 연구주제

국내의 유사한 연구주제는 ‘대수와 대수적사고’, ‘분수’, ‘함수와 표상’, ‘통계’, ‘기하’, ‘문제해결’, ‘모델과 모델링’, ‘증명’, ‘성취 효과와 성취 차이’, ‘정의적 영역’, ‘예비교사’, ‘교수 활동’, ‘교과서와 교육과정’, ‘과제분석’, ‘평가와 평가 문항’, ‘이론’이 있었다([Table 3] 참고). 국내에는 {student, algebraic, thinking}이 해외에는 {student, algebraic, reasoning}이 핵심 단어로 나타난 주제는 동일한 주제명인 ‘대수와 대수적사고’를 부여했다. Kim(2002)의 ‘대수적 사고와 대수 기호에 관한 고찰’이 이 주제를 가장 잘 대표하는 국내 논문으로 나타났고, 해외 논문으로는 초등학교 3학년 학생을 대상으로 조기 대수(early algebra) 프로그램의 효과성을 검토한 Blanton 외(2015)의 연구가 대표적이었다. ‘분수’ 주제에 관한 국내외 연구의 공통 단어 집합은 {number, fraction, student, unit, understanding, operation, division, multiplication}으로 분수뿐만 아니라 곱셈과 나눗셈에 관한 연산도 이 주제에 포함되었다. 대표적인 해외 연구로는 분수의 나눗셈을 사용하여 직사각형의 길이를 구하는 과제에서 나타나는 학생들의 전략에 관한 연구(Yim, 2010)가 있었고, 국내 연구로는 Kim, Whang(2012)에 의해 수행된 ‘자연수와 분수

연산에 대한 학생들의 이해 분석’에 관한 연구가 있었다. ‘함수와 표상’ 관련 연구 역시 국내외의 수학교육 분야에서 관심을 보였던 주제였다. 공통 단어 집합은 {function, student, representation, concept, understanding, process}였고, 주로 함수, 극한, 미적분 개념에서 나타나는 학생들의 사고과정 및 기호와 표상의 사용에 관한 연구가 포함되었다. 대표적인 연구로는 Choi, Jeong, Kim(2012)의 ‘속도의 관점에서 매끄러운 곡선의 의미 분석’에 관한 국내 연구와 실무한과 가무한에서 시각화와 기호사용의 역할을 조명한 Kidron, Tall(2015)의 해외 연구가 있었다.

‘통계’와 ‘기하’ 역시 국내외의 수학교육 논문에서 나타난 유사한 연구주제로 분류되었지만 의미하는 맥락에서 차이가 존재했다. 예를 들어, ‘통계’ 주제에 관해 국내 연구와 해외 연구에서 나타난 단어 집합은 각각 {statistical, probability, data, statistics, sample, concept, distribution, student, variability, literacy}와 {student, data, statistical, informal, thinking, sample, inference, statistics, reasoning, literacy}였다. 두 개의 단어 집합 모두 통계에 관한 주제를 의미하지만, 전자는 확률과 통계의 개념이해를 의미하는 반면 후자는 통계적 사고와 추론에 초점을 두는 경향이 있었다. ‘기하’에 관련된 주제에서 {figure, spatial, geometric, ability}와 같이 기하와 관련된 국내외 공통 단어가 존재하였지만, 해외 연구에서는 {visual, space}와 같은 공간에 관련된 단어를 포함했고 국내 연구에서는 {area, measurement, unit}과 같은 측정에 관한 단어를 포함했다. Yim, Yim, Kim(2019)의 ‘평면도형의 둘레와 넓이, 입체도형의 겹넓이와 부피에 대한 초등학교 6학년 학생들의 수행 능력 조사’에 관한 국내 연구와 3차원 기하적 추론의 유형과 공간지각 능력과의 관계를 기



[Fig. 3] Topic distributions from KCI and SSCI journals

[Table 3] The 16 similar topics in KCI and SSCI journals and top 10 words that characterize each topic

KCI		SSCI	
topic	word (top 10)	topic	word (top 10)
Algebra and algebraic thinking	student , thinking, algebraic , pattern , algebra , school , expression, sign, difficulty, understanding	Algebra and algebraic reasoning	student , algebraic , reasoning, algebra , school , level, linear, change, understanding , pattern
Fraction	number , fraction , student , unit , understanding , strategy, operation , part, division , multiplication	Fraction	fraction , division , multiplication , number , unit , algorithm, decimal, operation , student , understanding
Function and representation	function , student , representation , graph, visual, calculator, concept , understanding , process , linear	Function and representation	student , representation , function , concept , understanding , limit, definition, image, connection, process
Statistics and probability	statistical , probability, data , statistics , sample , concept, distribution, student , variability, literacy	Statistics and inference	student , data , statistical , informal, thinking, sample , inference, statistics , reasoning, literacy
Geometry and measurement	area, figure , spatial , measurement, unit, sense, student, visualization, geometric , ability	Geometry	geometry, spatial , visual, geometric , task, ability , space, transformation, geometrical, figure
Problem solving	problem , solving , student , process , ability , word , error, solution , situation, grade	Problem solving	problem , student , solving , strategy, solution , word , performance, model, primary, process
Model and modeling	model , modeling , process , teaching, learning, principle, activity , step, situation , theory	Model and modeling	model , modeling , process , knowledge, student, activity , situation , development, theoretical, structure
Proof and geometry	proof , geometry, triangle, angle, school, student , construction , theorem, reasoning , statement	Proof and argument	proof , student , argument, example, argumentation, statement , construction , reasoning , conjecture, scheme
Achievement effect and difference	group , student , achievement , effect , class, attitude, ability, difference , experimental, school	Achievement effect and difference	student , school , achievement , difference , level, grade, curriculum, test, group , effect
Affective factor	student , factor , school, achievement, difference, level, anxiety , attitude, efficacy , belief	Affective factor	belief , student , interest, experience, factor , efficacy , ability, effect, value, anxiety
Preservice teacher	teacher , preservice , knowledge , teaching , elementary , program , school, experience, secondary , pedagogical	Preservice teacher	teacher , preservice , knowledge , teaching , course, elementary , school, secondary , program , pedagogical
Teaching practice	teacher , student , classroom , teaching , instruction, practice , development, class , instructional, learning	Teaching practice	student , teacher , classroom , practice , class , teaching , lesson, opportunity, video, question
Textbook and curriculum	textbook , curriculum , school , elementary, grade, unit, element, revision, country, difference	Textbook and curriculum	textbook , curriculum , framework, opportunity, Chinese, text, example, school , difference , reform
Task analysis	task , level, student , cognitive , process, justification, demand , difficulty , structure, reasoning	Task analysis	task , student , error, reasoning , design, cognitive , demand , response, difficulty , answer
Assessment and item	assessment , item , evaluation, test , standard, achievement, school, student, question, response	Assessment and item	assessment , quality, test , instrument, instructional, measure, item , validity, instruction, response
Theory and history	knowledge, history, subject, structure, teaching , theory , social, concept , development , view	Theoretical perspective	theory , theoretical, framework, perspective, development , teaching , learning, practice, concept , view

Note: The words in bold type indicate common words that appeared from both KCI and SSCI topics.

술한 Pittalis, Christou(2010)의 해외 연구가 이러한 미묘한 차이를 보여주는 대표적인 연구로 나타났다. [Fig. 3]에 나타난 주제별 비율을 살펴보면, 국내외 모두 ‘대수와 대수적사고’, ‘분수’, ‘함수와 표상’에 관한 연구가 ‘기하’와 ‘통계’에 관한 연구보다 많은 관심을 받고 있음을 보여준다.

‘문제해결’, ‘모델과 모델링’, ‘증명’에 관한 주제 역시 국내외에서 관심을 받는 공통 연구주제였다. ‘문제해결’에 관한 국내외 공통 단어 집합은 {problem, solving, student, process, word, solution}으로 주로 문장제 문제에서 학생들의 문제해결 과정과 답안에 대한 주제로 분석되었고, 특히 국내 연구에서 많은 연구가 진행되었다 ([Fig. 3] 참고). ‘모델과 모델링’에 관한 주제는 국내외 공통 단어 집합 {model, modeling, process, activity, situation}으로 구성되었다. ‘모델과 모델링’ 주제는 실제 상황을 추상적인 수식으로 모델링하는 과정과 추상적인 수학 개념을 구체적인 모델로 표현하는 활동에 관한 연구를 모두 포함했다. ‘증명’에 관한 연구 역시 국내외에서 공통으로 관심을 받는 주제였다. 증명에 관한 국내외 공통 단어 집합은 {proof, student, construction, reasoning, statement}였는데, 국내 연구에서는 주로 삼각형(triangle, angle)의 증명과 관련된 주제가 다루어진 반면 해외에서는 수학적 논증(argument, argumentation)에 관한 연구가 이 범주에 포함되었다. 대표적인 연구로는 ‘유클리드 기하학에서 삼각형의 합동조건의 도입 비교’에 관한 국내 연구(Kang, 2010)와 학생들이 만들어낸 수학적 논증을 통한 증명을 수학과 대학생들이 어떻게 인식하는지를 분석한 해외 연구(Selden & Selden, 2003)가 있었다.

국내외 수학교육 연구에서 학생의 수학적 성취와 정의적 영역에 관한 연구주제도 많은 관심을 받았다. 국내외에서 {group, student, achievement, effect, difference, school}을 공통 단어 집합으로 가지는 주제는 ‘성취 효과와 성취 차이’로 주제명을 정하였다. 이 주제에는 주로 학생들의 수학적 성취에 효과적인 교수 설계에 관한 연구와 집단 간 성취 차이에 관한 연구가 포함되었다. ‘정의적 영역’에 관한 주제는 주로 학생의 정의적 영역(믿음, 태도, 흥미, 자아효능감, 불안)과 정의적 영역에 영향을 주는 요인(factor)에 관한 연구가 다루어졌다. 국내 연구의 경우 성취(achievement) 역시 이 주제의 핵심 단어로 포함되었는데, 이는 수학적 성취와 정의적 영역 사이의 관계를 조

명하려는 연구가 다수 포함되었던 것으로 분석되었다. 예컨대, 고등학생의 수학적 성취와 수학적 불안 사이의 상관관계를 분석했던 연구(Lew & Hwang, 2019)가 그러하다.

수학교사와 관련된 국내외 공통 연구주제는 ‘예비교사’와 ‘교수 활동’이 있었다. ‘예비교사’에 대한 국내외 공통 단어 집합은 {teacher, preservice, knowledge, teaching, elementary, program, school, secondary, pedagogical}로 대부분의 단어가 일치했다. 이 주제에서는 주로 초·중등 예비교사 교육 프로그램과 예비교사의 지식에 관련된 연구가 포함되었다. ‘예비교사’에 대한 주제는 국내에 모두 가장 높은 비율로 나타나는 연구주제였다([Fig. 3] 참고). 예비교사 교육에 대한 주제 이외에 ‘교수 활동’에 대한 국내외 공통 단어 집합은 {teacher, student, classroom, teaching, practice, class}로 수학 수업에서 나타나는 다양한 교수 활동에 관한 주제를 다루었다. 이 주제에는 주로 교사가 학생들의 수학적 사고에 주목하는 활동, 학생의 참여와 학습을 유도하는 교수법, 교사와 학생이 만드는 교실 규범에 관한 연구가 포함되었다.

문헌과 문항 분석에 관한 국내외 공통 주제는 ‘교과서와 교육과정’과 ‘과제분석’이 있었다. ‘교과서와 교육과정’에 대한 국내외 연구는 주로 교과서 및 교육과정에 기술된 수학적 내용, 용어, 기타 요소 등의 분석과 개정 교육과정 간 비교 또는 국가 간 교과서 비교에 관한 연구였다. ‘과제분석’ 주제에 관한 국내외 공통 단어 집합은 {task, student, cognitive, demand, difficulty, reasoning}으로, 주로 특정 수학 과제에 나타난 학생의 인지적 어려움을 분석하는 연구가 이 범주에 포함되었다. 국내 연구에는 수학 과제에 나타난 인지적 요구의 수준(level)과 구조(structure)를 분류하는 연구가 포함되었고, 해외의 경우 특정 과제에 대한 학생들의 답안(response, answer)분석과 오류(error) 및 전략 분석에 관한 연구가 포함되는 경향이 있었다. ‘과제분석’에 관한 대표적인 국내 연구로는 고등학교 1학년 교과서의 2,000개 이상의 수학 과제를 낮은 인지적 노력 수준과 높은 인지적 노력 수준으로 분류한 Kim, Kim(2013)의 연구로 나타났다. 대표적인 해외 연구로는 Kospentaris, Spyrou, Lappas(2011)의 연구가 있었다. Kospentaris 외(2011)는 넓이 보존 개념에 대한 학생들의 다양한 풀이를 이끌어내기 위해 6개의 과제를 설계하고 이를 통해 학생들이 사용한 전략을 분석하는

연구를 수행하였다.

‘평가와 평가문항’에 대한 국내외 공통 단어 집합은 {assessment, item, test, response}였다. 국내의 경우 학생과 성취(student, achievement)에 대한 평가문항과 평가 기준(standard)의 개발 및 활용에 관한 연구가 주를 이루었고, 해외에서는 수업(instruction)과 교수의 질(instructional quality)에 대한 평가문항의 개발, 활용, 신뢰도와 타당도 검증에 관한 연구가 주로 진행되었다. 마지막으로, ‘이론’에 관한 국내외 공통 단어 집합은 {theory, concept, development, view, teaching}으로 주로 수학 교수·학습에 관한 이론, 수학 지식발달과 교수법에 관한 이론적 접근에 관한 주제를 다루었다. 이 주제에 관한 국내 연구에서는 과거 국내 수학자에 대한 재조명과 수학사(history)에 관한 주제를 포함했다는 점에서 해외 연구와의 차이점이 존재했다.

2. 국내외 상이한 연구주제

23개의 연구주제 중 7개의 주제에 관해서는 국내 연구와 해외 연구간 상이한 단어분포가 나타났다. 국내 연구에서 나타난 주제로는 ‘인지·정의적 역량과 동향분석’, ‘수

학 개념’, ‘수업 활동’, ‘수와 연산’, ‘창의·융합’, ‘비와 비례 추론’, ‘대학 및 공학’이 있었고, 해외 연구에서는 ‘답론 및 상호작용’, ‘교사의 전문성’, ‘정체성과 공정성’, ‘아동 사고’, ‘기호학과 체화된 인지’, ‘개입 효과’, ‘학습설계와 공학’과 관련된 연구주제가 나타났다([Table 4] 참고).

국내 연구주제에서 나타난 ‘수와 연산’과 해외 연구주제에서 나타난 ‘아동 사고’는 {number, addition, subtraction}에 관한 주제라는 점에서 유사한 주제로 분류할 수 있다. 하지만 국내 연구는 주로 초등학교(elementary) 학생들이 덧셈과 뺄셈을 계산(calculation)하는 원리(property)와 오류(error)에 초점이 맞춰진 반면 해외 연구는 미취학 아동(young, kindergarten)이 덧셈과 뺄셈 과정에서 나타나는 전략(strategy), 사고(thinking), 이해(understanding)를 다룬다는 점에서 유사한 주제로 분류하지 않았다. 또한, ‘대학 및 공학’과 ‘학습설계와 공학’이라는 연구주제는 공학이라는 연결점이 존재하지만, 전자에 해당하는 국내 연구는 주로 공과대학 학생들을 대상으로 하는 대학 수학에 관한 주제인 반면 후자에 해당하는 해외 연구는 수학 수업 설계에서 공학 도구사용에 관한 주제라는 점에서 차이가 있었다. 국내 연구주제

[Table 4] The distinct topics in KCI and SSCI journals and top 10 words that characterize each topic

KCI		SSCI	
topic	word (top 10)	topic	word (top 10)
Affective/cognitive domain and trends	domain, affective, competency, cognitive, school, curriculum, trend, country, international, domestic	Discourse and interaction	discourse, student, classroom, language, group, teacher, communication, interaction, dialogue, explanation
Mathematical concept	concept, student, definition, understanding, school, limit, image, sequence, misconception, teaching	Professional development	teacher, practice, professional, lesson, development, teaching, classroom, program, video, PD
Class activity	student, activity, lesson, class, communication, elementary, grade, school, process, learning	Identity and equity	identity, practice, student, social, critical, equity, experience, policy, justice, cultural
Number and operation	number, error, operation, student, school, calculation, elementary, addition, subtraction, property	Child thinking	child, young, task, addition, number, thinking, strategy, subtraction, understanding, kindergarten
Creativity and STEAM	program, student, creativity, creative, school, ability, thinking, STEAM, flexibility, fluency	Semiotics and embodied cognition	semiotic, activity, gesture, system, interpretation, body, process, cultural, sign, meaning
Proportional reasoning	student, strategy, grade, reasoning, ratio, rate, proportional, proportion, change, quantity	Intervention effect	skill, group, intervention, effect, performance, control, knowledge, level, experimental, comparison
College and technology	technology, course, college, university, system, curriculum, student, computer, class, science	Design and technology	design, issue, learning, digital, technology, project, principle, development, process, theoretical

중 ‘수업 활동’에 관한 주제가 의사소통(communication)을 포함한다는 점에서 해외 연구주제인 ‘담론 및 상호작용’과 유사한 점이 있었다. 하지만 ‘담론 및 상호작용’에 대한 해외 연구는 교실에서 일어나는 대화와 담론(discourse, student, classroom, language, group, teacher, communication, interaction, dialogue, explanation)에 초점이 맞춰져 있다는 점에서 읽기 활동, 쓰기 활동, 프로젝트 학습, 토론 학습, 거꾸로 학습 등 다양한 의미의 활동(activity)을 포함하는 ‘수업 활동’과는 큰 차이가 있었다. 국내에서 수행된 연구에서 ‘수학 개념’에 관한 주제가 나타났는데, 이는 특정 수학 개념에 대한 학생의 이해(understanding)와 오개념(misconception)뿐만 아니라 교사의 지도 방법(teaching)을 포함했다. 이 주제에 관한 대표적인 연구에는 주로 극한(limit), 수열(sequence), 무한, 정적분 등에 관한 개념이해와 지도 방안이 있었다.

국내의 수학교육 연구에서 가장 큰 대조를 보이는 주제는 ‘인지·정의적 역량과 동향분석’, ‘창의·융합’, ‘비와 비례추론’, ‘교사의 전문성’, ‘정체성과 공정성’, ‘기호학과 체화된 인지’였다. 먼저, ‘인지·정의적 역량과 동향분석’, ‘창의·융합’과 ‘비와 비례추론’은 국내 연구에서 나타난 연구 주제이다. [Table 4]에서 알 수 있듯이, 동향분석에 관한 연구는 독립적인 하나의 주제로 나타나지 않고 인지적 역량과 정의적 영역과 관련된 단어 집합(domain, affective, competency, cognitive)와 함께 나타난 것이 특징적이다. 이 주제에 가장 대표적인 연구는 Pang 외(2019)가 수행한 ‘국내 수학교육 연구의 동향분석 -1963년부터 2019년까지 게재된 국내 수학교육 학술지 논문을 중심으로’이다. 또한, 국내 수학교육 연구는 창의성과 소위 STEAM으로 대변되는 융합 교육 프로그램에 관한 연구가 하나의 연구주제로 나타나는 것이 해외 연구와 대조되는 점이다. 이는 국내에서 수학적 창의성과 융합 교육에 관한 관심이 해외에 비해 높다는 것을 의미한다. 마지막으로, 해외 연구에서 명확하게 나타나지 않았던 ‘비와 비례추론’에 관련된 단어 집합(student, strategy, grade, reasoning, ratio, rate, proportional, proportion, change, quantity)가 국내 연구에서 하나의 독립된 주제로 나타났다. 대표적인 연구로 초등학교 5학년과 6학년 학생의 비례추론 능력을 과제유형별로 비교·분석한 Chong, Jung(2016)의 ‘초등학교 5학년과 6학년의 비례추론 능력

분석’이 있었다.

해외 수학교육 연구에서만 나타났던 특징적인 주제는 ‘교사의 전문성’, ‘정체성과 공정성’, ‘기호학과 체화된 인지’가 있었다. 수학교사와 관련된 주제에서 ‘예비교사’와 ‘교수 활동’에 관한 주제는 국내외에서 모두 관심 분야였지만([Table 3] 참고), 현직교사 재교육과 관련된 ‘교사의 전문성’ 주제는 해외 연구에서만 독립적인 주제로 나타났다. 교사의 전문성 신장을 위해 교사들 간의 협력적인 수업 연구(lesson study)에서 공동체 효과를 논의한 Takahashi, McDougal(2016)의 연구와 수업 비디오 시청을 통해 교수 활동에 대한 반성과 발달을 다룬 Geiger, Muir, Lamb(2016)의 연구가 대표적이다. ‘정체성과 공정성’에 관한 연구는 주로 다문화 국가에서 관심을 받은 주제이다. 이 주제는 국내 연구와는 대조적으로 해외 수학교육 연구에서 하나의 독립된 주제로 나타났으며, 비판이론(critical theory)에 근거하여 수학 교실에서 나타나는 소수 인종의 정체성(identity), 공정(equity), 사회정의(social justice)에 관한 연구가 포함되었다. ‘기호학과 체화된 인지’에 관한 연구 역시 국내에서는 눈에 띄지 않은 해외 연구 분야였다. 물론 국내에서도 기호학에 관한 연구와 집중 세미나를 통해 수학교육의 현상을 기호학적으로 분석하려는 노력이 있었지만 이는 해외에 비해 많은 관심을 받지 못하고 있음을 시사한다.

3. 국내외 유사한 연구주제의 연도별 변화

국내의 유사한 연구주제의 연도별 변화를 그래프로 나타내면 [Fig. 4]와 같다. 여기서 세로축에 해당하는 주제 비율은 해당연도에 게재된 논문에서 각각의 주제가 다루어진 실제 비율을 나타내고, 곡선은 비선형 시계열 자료에서 변화를 추정하기 위해 사용하는 국소적 회귀선(local regression line)을 의미한다. 수학 내용 영역별로 살펴보면, ‘대수와 대수적사고’에 관한 연구주제는 전반적으로 국내보다 해외에서 많이 다루어졌으며 특히 2000년대 초·중반에 많은 관심을 받았다. ‘함수와 표상’에 관한 주제는 해외의 경우 증감의 경향이 2006년과 2011년을 기점으로 반복적으로 나타났고 국내의 경우 이러한 경향이 반대로 나타났다. ‘분수’와 관련된 주제는 2000년대 초중반에 해외에서 많은 관심을 받았고, 특히 2005년에는 해외 연구 주제의 20%를 차지할 정도로 많은 관심을 받았다. 2010

년대에는 ‘분수’에 대한 국내외 연구 비율이 비교적 비슷하게 나타났다. ‘기하’와 ‘통계’에 관한 주제는 국내외 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다.

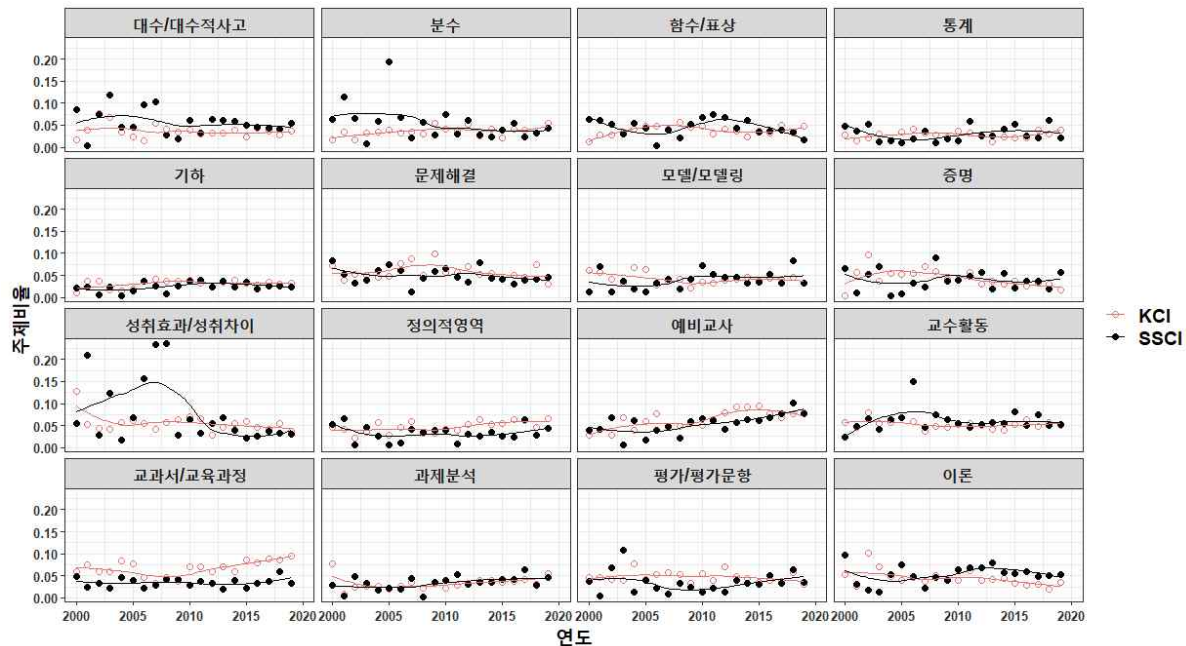
‘문제해결’에 관한 주제는 전반적으로 큰 차이는 없었지만 2000년대 중후반에 국내에서의 관심이 높아지는 경향이 있었다. 2010년 이후 ‘증명’에 관한 국내외 연구 비율은 유사한 경향을 보였고, 국내의 경우 2003년에 가장 높은 비율을 나타낸 뒤 감소하는 경향을 나타냈다. 국내에서 ‘모델과 모델링’에 관한 주제는 2000년 초중반에 상대적으로 높은 비율로 연구되었고, 해외에서는 2001년, 2010년, 2008년에 높은 비율을 보였지만 증감의 경향성이 뚜렷하게 나타나지 않았다.

‘성취 효과와 성취 차이’에 관한 연구는 국내외에서 뚜렷한 차이가 나타났다. 국내의 경우 2000년에 전체 연구의 10% 이상을 차지했지만, 그 후 5% 내외로 줄어드는 경향을 보였다. 반면, 국외의 경우 2001년, 2007년, 2008년에 전체 연구의 20% 이상의 높은 비율을 보이다 이후 급격히 감소하는 모습을 보였다. ‘정의적 영역’과 ‘교과서와 교육과정’에 관한 주제는 전반적으로 해외보다 국내에서 더 많은 관심을 받았고 ‘교과서와 교육과정’의 경우 2010년 이후 국내에서의 관심이 지속적으로 증가하는 경향을

보였다. ‘과제분석’에 관한 주제는 국내의 비슷한 경향을 보였고, ‘예비교사’에 관한 주제는 국내외 모두 증가하는 경향을 보여 예비교사에 관한 연구의 관심이 높아지고 있음을 시사했다. ‘교수 활동’에 관한 주제는 2006년 해외 연구주제의 15%를 차지한 것을 제외하면 국내의 연구에서 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다. ‘평가와 평가 문항’에 관한 주제는 2003년 해외 연구의 10% 이상의 높은 비율을 차지했지만 전반적으로 국내에서 더 많은 관심을 받은 것으로 나타났다. ‘이론’에 관한 주제는 2002년 국내 연구주제의 10%를 차지했지만 이후 비중이 줄어드는 경향을 보였고, 해외의 경우 2000년대 중반 이후에도 지속적인 관심이 이어지는 것으로 나타났다.

4. 국내외 상이한 연구주제의 연도별 변화

국내의 상이한 연구주제의 연도별 변화를 그래프로 나타낸 결과는 [Fig. 5]와 같다. 해외 연구와 비교하여 국내에서는 연도별 주제 비율의 변화가 크지 않은 것으로 나타났다. 먼저, ‘비와 비례추론’과 ‘인지·정의적 역량과 동향분석’에 관한 관심은 매년 조금씩 증가하는 경향을 보인 반면 ‘수와 연산’에 관한 주제는 지난 20년간 5% 이내로 큰 변화 없이 다루어졌다. ‘수학 개념’과 ‘대학과 공학’



[Fig. 4] Trends of similar topics in KCI and SSCI journals

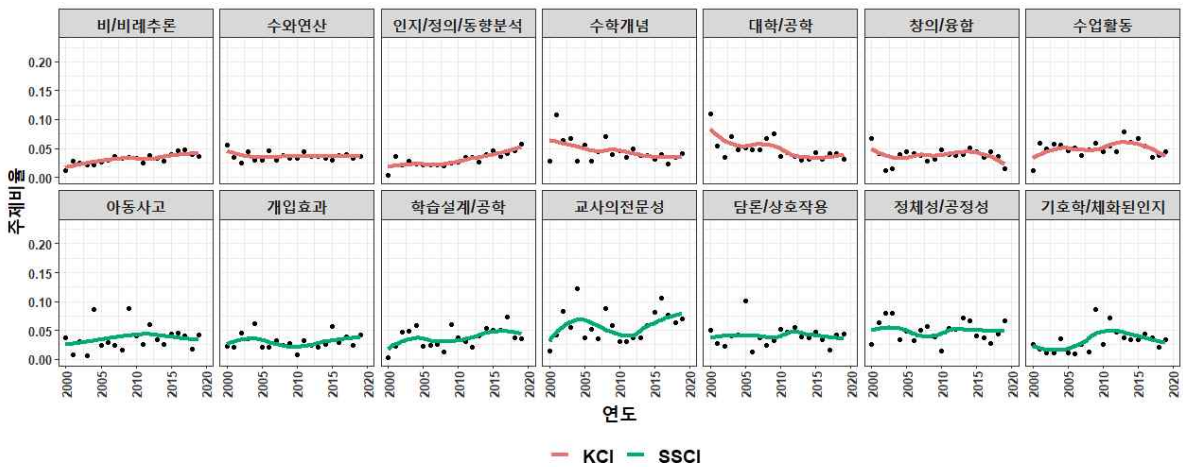
에 관한 주제는 2000년 초반에 많은 관심을 받았지만 이후 전반적으로 감소하는 경향이 나타났다. ‘창의·융합’에 관한 연구 역시 전체 주제의 5% 비율로 꾸준히 진행되었지만 2017년을 기점으로 감소는 경향을 보였다. ‘수업 활동’에 관한 주제는 국내에서 많은 관심을 받고 있는 연구 주제 중 하나지만(Fig. 3] 참고), 2013년을 기점으로 연구에 대한 관심이 조금씩 감소하는 경향을 보였다.

해외의 경우 연도별 주제 비율의 변화가 전반적으로 크게 나타나면서 일관된 증감의 경향성이 뚜렷하게 나타나지 않았다(Fig. 5] 참고). 가장 눈에 띄는 주제는 ‘교사의 전문성’에 관한 주제이다. 지난 20년간 해외에서는 현직교사 재교육을 통한 전문성 신장에 관한 주제가 많은 관심을 받았고 2010년 이후 전문성 신장에 관련된 연구가 확산되는 경향을 보였다. 지난 20년간 ‘학습설계와 공학’에 관한 관심도 전반적으로 증가하는 경향이 나타났다. ‘아동 사고’에 관한 주제는 2004년과 2009년에 10%에 가까운 비율로 많은 관심을 받았지만 2012년 이후 점차 감소하는 모습을 보였고, ‘담론 및 상호작용’에 관한 연구도 2005년을 제외하고는 ‘아동 사고’와 비슷한 경향성을 나타냈다. 교사와 연구자의 ‘개입 효과’에 관한 관심은 전반적으로 높게 나타나지 않았지만 2010년부터 조금씩 증가하는 경향을 보였다. ‘담론 및 상호작용’에 관한 주제는 2005년 10%의 비율로 연구가 진행된 것을 제외하면 전반적으로 5% 이하로 진행되었다. ‘정체성과 공정성’에 관한 주제의 비율은 증감을 반복하다 2017년부터 다시 관심이

증가하는 모습을 보였다. 마지막으로, ‘기호학과 체화된 인지’에 관한 연구는 2008년까지 거의 관심을 받지 못했지만 2009년 이후로 관심이 증가한 것으로 나타났다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 토픽모델링을 사용하여 2000년부터 2019년까지 7종의 국내 수학교육 전문학술지와 5종의 해외 수학교육 전문학술지에 게재된 4,750편의 논문의 연구 주제를 비교·분석하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 국내 수학교육 연구와 해외 수학교육 연구는 각각 23개의 주제로 분류할 수 있었고, 이러한 주제는 수학교육 연구에서 중요한 비중으로 차지하는 주제라 할 수 있다. 이 중 16개의 주제 ‘대수와 대수적사고’, ‘분수’, ‘함수와 표상’, ‘통계’, ‘기하’, ‘문제해결’, ‘모델과 모델링’, ‘증명’, ‘성취 효과와 성취 차이’, ‘정의적 영역’, ‘예비교사’, ‘교수 활동’, ‘교과서와 교육과정’, ‘과제분석’, ‘평가와 평가문화’, ‘이론’은 국내의 수학교육 연구에서 모두 관심을 가지고 있는 주제였다. 반면, ‘인지·정의적 역량과 동향분석’, ‘수학 개념’, ‘수업 활동’, ‘수와 연산’, ‘창의·융합’, ‘비와 비례 추론’, ‘대학 및 공학’에 관련된 주제는 국내 연구에서 나타난 연구주제였고, ‘담론 및 상호작용’, ‘교사의 전문성’, ‘정체성과 공정성’, ‘아동 사고’, ‘기호학과 체화된 인지’, ‘개입 효과’, ‘학습설계와 공학’과 관련된 주제는 해외 연구에서 나타난 연구주제였다. 분석 결과를 토대로 국내



[Fig. 5] Trends of distinct topics in KCI and SSCI journals

수학교육 연구의 발전 방향을 제안하면 다음과 같다.

첫째, 수학적 역량에 대한 균형 있는 연구가 필요하다. 현대 수학교육은 수학 개념이해 및 지식 습득과 더불어 수학적 역량 함양을 목표로 한다. 이에 2015 개정 수학과 교육과정에서는 6가지 수학적 역량(문제해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보처리, 태도 및 실천)을 명시하여 강조하고 있다(Ministry of Education, 2015). Pang 외(2019)에 따르면, 지난 50년간의 국내 수학교육 연구는 학생의 수학적 역량과 이를 위한 수업 지도에 많은 관심을 가졌다. 본 연구에서도 ‘인지·정의적 역량과 동향분석’에 관한 연구주제의 비중이 꾸준히 증가하는 모습을 보였고, ‘문제해결’과 ‘창의·융합’이 국내 연구의 독립적인 주제로 나타났다는 사실은 Pang 외(2019)의 연구결과를 뒷받침한다.

하지만 문제해결과 창의·융합 역량 이외에 다른 역량에 관한 연구가 강조되고 있는지에 살펴볼 필요가 있다. 먼저, 추측·분석·정당화·반성의 과정을 통한 추론역량은 본 연구의 ‘증명’에 관한 주제와 유사한 의미를 지닌다. 하지만 수학 내용 영역에 관한 주제에서 대수적 추론(algebraic reasoning)과 통계적 추론(statistical reasoning and inference)을 강조하는 해외 연구와는 달리 국내 연구는 대수적 사고와 확률·통계적 개념이해를 강조하는 경향이 있어 수학적 추론에 관한 연구의 필요성을 시사한다. 또한, 국내 연구주제 중 ‘수업 활동’이 의사소통(communication)에 관한 주제를 포함한다고 할 수 있지만 여기서 말하는 수업 활동은 수업에서 행해지는 다양한 수업 활동을 모두 포함한다는 점에서 교육과정에서 말하는 의사소통 역량과는 차이가 있다. 오히려 해외 연구에서 나타난 ‘담론 및 상호작용’에 관련된 주제가 의사소통 역량과 관련 있는 주제라 할 수 있다. 이는 Park, Kim(2011)의 국내외 연구동향 분석 결과와 유사하다. 정보처리와 태도 및 실천 역량 역시 직접적으로 관련된 주제가 나타나지 않았다. 이는 문제해결과 창의·융합 역량과 더불어 다른 역량에 대한 균형 잡힌 연구의 필요성을 의미한다. 하지만 본 연구의 결과를 바탕으로 수학적 역량에 관한 연구동향을 설명하기에는 한계가 있다. 후속연구에서는 수학적 역량에 대한 연구동향을 종합적으로 분석함으로써 수학적 역량 연구에 대한 방향과 시사점을 제공하기를 기대한다.

둘째, 수학 수업에 참여하는 학생과 교사의 ‘정체성과 공정성’에 관한 관심과 연구의 확산이 필요하다. NCTM에서는 오래전부터 수학 학습에서의 공정성(equity)을 학교 수학을 위한 6가지 핵심 원리 중 하나로 명시하여 모든 학생이 그들의 개인적 특성, 배경, 신체적 결함과 관계 없이 높은 기대와 지원, 그리고 효과적이고 수준 높은 교육을 받도록 하였다(NCTM, 2000). 공정성에 관한 원리는 2014년 NCTM의 규준집 <Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All>에서도 지속적으로 강조되었다(NCTM, 2014).

오래전부터 다문화로 중심으로 만들어진 국가에서 정체성과 공정성에 대한 높은 관심은 당연한 결과라 할 수 있다. 하지만 최근 우리나라도 이주민의 증가로 인해 다문화 국가로 접어들어 가는 상태이다. 이에 국내 수학교육에서도 사회정의의 주제로 한 연구가 시작되었지만 아직 수학교육에서 학생의 정체성과 공정성, 그리고 사회정의의를 위한 수학교육의 필요성에 대한 인식과 관심이 미흡한 실정이다(Park, 2019). 학생의 배경에서 가지게 되는 편견과 낮은 기대가 학생들의 수학 학습의 기회를 제한하고 불공정한 교육을 초래할 수 있다. 이에 우리나라 수학교육에서 정체성과 공정성의 의미를 규명하고, 단순히 공평한 교육의 기회를 제공하는 것을 넘어 수학 학습이 사회문제를 해결하고 사회정의의를 위한 교육이 되도록 많은 관심과 노력이 필요한 시점이다.

셋째, 현직교사의 전문성 신장에 관한 구체적인 방안과 프로그램 개발에 관한 연구가 필요하다. ‘예비교사’와 관련된 주제는 국내외 수학교육 연구에서 가장 높은 비중을 차지하고 있는 주제였다. 반면, 현직교사의 재교육을 통한 ‘교사의 전문성’ 신장에 관한 주제는 국내외 연구에서 큰 차이를 나타냈다. 국내의 경우 ‘교사의 전문성’에 관한 주제가 독립된 연구 주제로 나타나지 않았던 반면 해외에서는 가장 많은 관심을 받는 주제 중 하나였다([Fig. 3] 참고). 다시 말해, 국내 수학교육 연구에서 예비교사 교육에 관한 관심은 증가하였지만 현직교사의 전문성 신장에 관한 관심은 비교적 크지 않았다는 것을 의미한다. 이는 2000년부터 2018년까지 국내 교사교육 연구동향을 분석한 Sun, Pang(2019)의 연구결과와 일맥상통한다. 나아가 Sun, Pang(2019)은 현직교사에 관한 국내 연구가 교사의 지식, 지향, 관행에 관한 실태 분석에 제한되

어 있다는 점에서 교사의 전문성 신장에 관한 연구의 필요성을 시사했다.

해외의 경우, 수업 연구(lesson study)를 통한 교사 공동체의 활용과 전문성 신장에 관한 연구(예: Takahashi & McDougal, 2016)는 오랜 역사를 가지며, 학생의 수학적 사고를 이끌어내고 이를 수업시간에 활용할 수 있는 교사의 능력이 강조됨에 따라 2010년 이후 교사의 주목(teacher noticing)을 통한 전문성 신장에 관한 연구가 급격히 증가하였다. 반면 국내에서는 현직교사의 주목에 관한 연구가 매우 부족한 편이다(Pang et al., 2017). 다가올 미래에는 지식전달 수준의 수업을 제공하는 교사가 필요함에 대해 의문이 제기될지도 모른다. 이러한 시대적·사회적 상황에서 수학교사의 전문성 신장에 대한 투자와 관심이 병행되기를 기대한다.

본 연구는 지난 20년간 국내외 저명한 수학교육 전문 학술지에 게재된 논문을 대상으로 수학교육 연구의 전반적인 연구주제를 비교·대조함으로써 국내외 연구 흐름을 조망하고 국내 수학교육 연구의 후속 과제를 제안하였다. 또한, 본 연구는 최근 컴퓨터 성능 향상과 고도화된 텍스트 마이닝(text mining) 기술의 발달로 방대한 양의 논문의 연구동향을 분석했다는 점에서 의미 있는 시도라 할 수 있다. 하지만 본 연구에서 사용한 토픽모델링은 논문이 가지고 있는 맥락에 대한 완전한 이해를 보장하지 못하는 점에서 연구의 한계가 있다. 본 연구의 수행과정을 기반으로 향후 토픽모델링을 사용하는 연구에 다음과 같은 제언을 할 수 있다. 첫째, LDA 모델에서 매개변수 설정에 관한 연구자들 사이에 통일된 견해가 없다는 점은 LDA 기반 토픽모델링 연구가 풀어야 할 숙제이다. 둘째, 토픽모델링에서 단어 전처리 과정의 중요성에도 불구하고 이러한 과정의 부재 또는 소홀로 나타나는 문제점이 제기될 수 있다. 예를 들어, <JRME>에 게재된 Inglis, Foster(2018)의 연구에서 'Observations of classroom discussion'이 하나의 연구주제로 나타났는데, 이 주제를 대표하는 단어 중 하나가 it's였다. 이는 단어 전처리 과정에서 연구자가 삭제하지 못한 단어로 생각되지만, 이러한 사례는 토픽모델링을 사용한 많은 국내 선행연구에서 빈번하게 나타나고 있다. 셋째, LDA 모델을 사용하여 특정 문서(논문)에 대한 주제를 분류하는 과정에서 연구자는 각 문서에 가장 높은 비율을 나타내는 하나의 주제를

할당할지 LDA 결과 나타나는 주제 분포를 그대로 유지할지 판단해야 한다. 전자의 경우, 두 개 이상의 주제가 같은 비율로 가장 높게 나타나는 경우(예: Topic A 40%, Topic B 40%, Topic C 20%)와 다양한 주제가 균등하게 나타난 경우(예: Topic A 20%, Topic B 18%, Topic C 17%, Topic D 15% 등)에 이를 어떻게 판단할지에 관한 의문이 제기될 수 있다. 토픽모델링을 사용하는 후속연구에서는 이러한 문제점에 대한 심도있는 논의와 고찰이 요구된다.

참 고 문 헌

- Blanton, M., Stephens, A., Knuth, E., Gardiner, A. M., Isler, I., & Kim, J. S. (2015). The development of children's algebraic thinking: The impact of a comprehensive early algebra intervention in third grade. *Journal for Research in Mathematics Education*, 46(1), 39-87.
- Blei, D. M. (2012). Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84.
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993-1022.
- Bray, A., & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research - A systematic review of recent trends. *Computers & Education*, 114, 255-273.
- Cho, H. J., & Kim, I. S. (2016). Analyzing research trend of affective aspects in mathematics in Korea. *Communications of Mathematical Education*, 30(1), 67-83.
- Cho, H., Kwon, O. N., Bae, Y., & Lee, A. (2014). Analyzing research trend of interaction in mathematics classroom in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(6), 363-387.
- Choi, M. S., Jeong, D. R., & Kim, J. S. (2012). Analysis for the concept of smooth curve by velocity. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 22(1), 23-38.
- Choi, J., & Kwak, M. (2019). Topic changes in mathematics educational research based on LDA. *Journal of Education & Culture*, 27(5), 1149-1176.
- Chong, Y. O., & Jung, Y. K. (2016). 5th and 6th grade Korean students' proportional reasoning abilities. *School Mathematics*, 18(4), 819-838.
- Geiger, V., Muir, T., & Lamb, J. (2016). Video-stimulated recall as a catalyst for teacher professional learning.

- Journal of Mathematics Teacher Education*, 19(5), 457-475.
- 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., & 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.
- Han, H. (2013). The analysis of research trends on STEAM instructional program and the development of mathematics-centered STEAM instructional program. *Communications of Mathematical Education*, 27(4), 523-545.
- Inglis, M., & Foster, C. (2018). Five decades of mathematics education research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49(4), 462-500.
- Jin, M., & Ko, H. K. (2019). Analysis of trends in mathematics education research using text mining. *Communications of Mathematical Education*, 33(3), 275-294.
- Kang, M. K. (2010). A study on the comparison of triangle congruence in Euclidean geometry. *The Mathematical Education*, 49(1), 53-65.
- Kidron, I., & Tall, D. (2015). The roles of visualization and symbolism in the potential and actual infinity of the limit process. *Educational Studies in Mathematics*, 88(2), 183-199.
- Kim, H. M. (2016). An analysis of the research trend in Korea regarding mathematical problem solving. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 16(8), 831-850.
- Kim, S. J. (2002). A study on the algebraic notations and algebraic thinking. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 12(2), 229-245.
- Kim, M., & Kim, G. Y. (2013). The analysis of mathematical tasks in the high school mathematics. *School Mathematics*, 15(1), 37-59.
- Kim, J. W., & Kim, D. J. (2019). A Study on the research trends of social studies using text mining: Focused on academic papers after 2000. *Theory and Research in Citizenship Education*, 51(2), 35-70.
- Kim, R. Y., Kim, G. Y., & Kwon, N. Y. (2012). Trends in research design and methods: Research on elementary and secondary mathematics curriculum. *School Mathematics*, 14(3), 395-408.
- Kim, Y., & Pang, J. (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.
- Kim, K. M., & Whang, W. H. (2012). An analysis of students understanding of operations with whole numbers and fractions. *The Mathematical Education*, 51(1), 21-45.
- Kospentaris, G., Spyrou, P., & Lappas, D. (2011). Exploring students' strategies in area conservation geometrical tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 77(1), 105-127.
- Kwon, N. Y., Kim, R. Y., & Kim, G. Y. (2011). Trends in research on mathematics curriculum: An analysis of research topics. *The Mathematical Education*, 50(4), 507-520.
- Lee, E. H., & Kim, W. K. (2015). A comparative analysis on research trends of statistics education between Korea and overseas. *The Mathematical Education*, 54(3), 241-259.
- Lew, K. H., & Hwang, S. W. (2019). A study on the correlation between mathematics anxiety and mathematics achievement in high school students. *The Mathematical Education*, 58(3), 337-346.
- Min, K. A., Yoo, M. H., & Ko, H. K. (2011). An analysis of research trend in domestic mathematics gifted education. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 14(3), 389-413.
- Ministry of Education. (2015). *Mathematics curriculum*. Ministry of Education.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. Reston, VA: Author.
- Pang, J. S., & Hwang, H. M. (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.
- 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., Kwon, M. S., & Sun, W. J. (2017). Trends and issues in research on noticing in mathematics education. *School Mathematics*, 19(4), 795-817.

- Pang, J. S., Sun, W. 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.
- Park, M. G. (2019). Research trends of mathematics education for social justice. *Communications of Mathematical Education*, 33(2), 141-161.
- 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.
- Pittalis, M., & Christou, C. (2010). Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial ability. *Educational Studies in mathematics*, 73(2), 191-212.
- Ryve, A. (2011). Discourse research in mathematics education: A critical evaluation of 108 journal articles. *Journal for Research in Mathematics Education*, 42(2), 167-199.
- Selden, A., & Selden, J. (2003). Validations of proofs considered as texts: Can undergraduates tell whether an argument proves a theorem?. *Journal for Research in Mathematics Education*, 4-36.
- Shin, M. S. (2019). Analysis of study trends in Korean grammar education using topic modeling and network analysis. *Grammar Education*, 36, 95-134.
- Shin, D. J., & Choi-Koh, S. S. (2019). A study on investigation about the meaning and the research trend of computational thinking(CT) in mathematics education. *The Mathematical Education*, 53(4), 483-505.
- Shin, S., Ha, M., & Lee, J. K. (2018). Rediscovering the interest of science education: Focus on the meaning and value of interest. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 38(5), 705-720.
- Song, K., & Pang, J. (2013). Domestic research trends of teacher knowledge in mathematics. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 16(1), 265-287.
- Starbuck, W. H. (2005). How much better are the most-prestigious journals? The statistics of academic publication. *Organization Science*, 16(2), 180-200.
- Sun, W. J., & Pang, J. (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*, 53(1), 121-138.
- Tak, B., & Lee, K. H. (2017). An analysis of research trends on statistics education in Korea from 2000 to 2016. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 27(2), 269-289.
- Takahashi, A., & McDougal, T. (2016). Collaborative lesson research: Maximizing the impact of lesson study. *ZDM*, 48(4), 513-526.
- Williams, S. R., & Leatham, K. R. (2017). Journal quality in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 48(4), 369-396.
- Yim, J. (2010). Children's strategies for division by fractions in the context of the area of a rectangle. *Educational Studies in Mathematics*, 73(2), 105-120.
- Yim, Y., Yim, Y. E., & Km, S. M. (2019). A study on the performance of sixth-grade elementary school students about the perimeter and area of plane figure and the surface area and volume of solid figure. *The Mathematical Education*, 53(2), 283-298.