

수학적 모델링 맵으로 살펴본 수학적 모델링에 관한 국내 연구 동향

최경아¹⁾

본 연구의 목적은 관점, 영역, 수준으로 구성된 삼차원 수학적 모델링 맵을 활용하여 수학적 모델링에 관한 국내 연구를 되돌아보고, 향후 수학적 모델링 연구에 대한 시사점을 주는 데 있다. 그 결과, 수학적 모델링에 관한 국내 연구는 응용 관점, 개념과 교실 영역, 중등학교 수준에 집중되어 있었고, 앞으로 개념 형성 관점, 시스템 영역, 대학교 및 교사(교육) 수준에서의 다양한 연구가 요구됨을 알 수 있었다.

주요용어 : 수학적 모델링, 수학적 모델링 맵, 관점, 영역, 수준

I. 서론

수학적 모델링은 실세계 상황을 수학적 모델과 연결 짓는 과정을 의미하며, 많은 선행 연구를 통해 수학적 모델링 지도의 필요성이 주장되고 있다. Pollak(2007)은 수학적 모델링이 실세계 상황을 다루기 때문에 다양한 세계의 경험을 가능하게 하며, Swan, Turner, Yoon, & Muller(2007)와 Bahmaei(2011)는 수학적 모델링 활동 과정에서 수학에 대한 깊은 이해가 촉진된다고 하였다. 또한 김해운(2014), Niss & Højgaard(2011), Swan, Turner, Yoon, & Muller(2007)는 수학적 모델링을 수학교과 역량의 하나로 구분하여 그 중요성을 강조하였다.

이를 반영하듯, 수학적 모델링에 관한 국제적 논의를 위한 연구 공동체인 ICTMA(The international Conferences on the Teaching of Mathematical Modeling and Applications)가 1983년에 설립되었고, 14번째 ICMI(The International Commission on Mathematical Instruction) study와 NCTM(National council of teachers of mathematics)의 2016년 APME(Annual perspectives in mathematics education)의 논제가 될 만큼 관심이 지속되고 있다.

수학적 모델링에 관한 국제적 관심은 국내 연구로 이어져 1990년대 이후 수학적 모델링 관련 학위논문이 150편 이상에 달하고 있고, 2015 개정 수학과 교육과정에서도 수학적 모델링을 문제해결을 위한 교수·학습 방법의 한 가지로 제시하고 있다. 이러한 다양한 국내 연구와 관심에도 불구하고, 수학적 모델링 관련 국내 연구가 연구 영역과 대상에 있어서 제한적이라고 지적되고 있다(황혜정, 2007; 오영열, 2013).

이에 본 연구는 1990년대 이후로 현재까지 연구되어온 수학적 모델링에 관한 국내 연구를 되돌아보

* MSC2010분류 : 97M10

1) 안산서초등학교 (kachoi@ginue.ac.kr)

고자 하였다. 수학적 모델링 관련 국내 연구를 메타 분석한 연구에는 황혜정(2007), 오영열(2013)의 연구가 있다. 황혜정(2007)의 연구는 수학적 모델링의 의미와 과정, 연구 분야 등에 대해 상세하고 다루고 있으나, 2005년도까지의 연구 결과만을 취급하고 있어 최근 연구 동향을 반영하지 못하고 있다. 또한 오영열(2013)의 연구는 초등학생을 대상으로 한 수학적 모델링 국내 연구가 미비함을 지적하면서 국내 학술지에 게재된 3편의 연구 사례를 다루고 있으나 분석 대상이 매우 제한적이어서 국내 연구의 전반적인 동향을 확인하기 어렵다.

따라서 본 연구는 수학적 모델링에 관한 최근까지의 동향을 확인하고자 1990년부터 2017년까지의 국내 학술지와 학위 논문을 분석 대상으로 하였다. 또한 국내 수학적 모델링 연구의 연구 대상과 연구 관점 등에 대한 전반적인 흐름을 확인하고자, Borromeo Ferri(2015)와 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 연구를 바탕으로 한 수학적 모델링 맵을 재구성하고, 이를 분석틀로 작동하여 분석하였다. 이러한 분석을 통해 수학적 모델링 연구를 위한 향후 과제에 대한 시사점을 도출할 수 있었다.

II. 수학적 모델링에 관한 선행 메타 연구

본 장에서는 지금까지 연구되어 온 수학적 모델링에 관한 국·내외 메타분석 연구를 확인한다. 우선 선행 메타분석 연구를 탐색하는데 앞서 수학적 모델링의 의미를 살펴보았다.

1. 수학적 모델링의 두 가지 관점에서 본 수학적 모델링의 의미

수학적 모델링에 대한 관점은 학자마다 다양하지만(Kaiser & Shiraman, 2006), 수학적 모델링의 이중적 역할(Niss, 2008; Niss, Blum & Galbraith, 2007)로 인해 <표 II-1>과 같이 2가지의 관점으로 크게 구별할 수 있다.

<표 II-1> 수학적 모델링의 두 가지 관점

연구자 \ 관점	응용 관점	개념 형성 관점
Niss (2008)	수학 외적 맥락에 수학을 활용하는 것	수학 학습을 지지
Julie & Mudaly(2007)	내용으로서의 모델링 (modelling as a content)	수단으로서의 모델링 (modelling as a vehicle)

Niss(2008)는 수학의 교수·학습에 있어서 모델링의 이중적 역할로 수학 외적 맥락에 수학을 활용하는 역할과 수학 학습을 지지하는 역할로 구분하였다. 이는 Julie & Mudaly(2007)가 수학적 모델링 관점을 수단으로서의 모델링(수학적 개념, 절차, 추론 등의 학습을 위해 맥락과 수학적 모델을 사용하는 것, p. 504)과 내용으로서의 모델링(특정한 수학적 개념, 절차 등의 결과 없이 자연과 사회적 현상

에 대해 수학적 모델을 구성하는 것, p. 504)으로 구분한 것과 일치한다.

본 연구에서는 이 두 가지 관점을 수학의 활용을 강조한다는 점에서 응용 관점, 수학 지식의 학습을 강조한다는 점에서 개념 형성 관점으로 구분하였다. 이들 관점에서의 수학적 모델링의 의미를 살펴보면, 응용 관점의 Bliss & Libertini(2016)는 “수학적 모델링은 실세계 현상 속에서 표현, 분석, 예측을 만들기 위해 수학을 사용하고, 또는 그 반대로 통찰을 제공하는 것(p. 8)” 이라고 정의하고 있고, 개념 형성 관점에 해당하는 Doorman & Gravemeijer(2009)는 “추상으로 설명되며, 더 추상적인 수학 지식을 발전시키는 장기간의 과정(p. 138)” 이라고 보고 있다. 즉 응용 관점에서의 수학적 모델링은 실세계 현상(타 교과, 일상생활)을 설명할 수 있는 수학적 모델을 기존의 수학적 지식을 활용하여 구축하는 것이고, 개념 형성 관점에서의 수학적 모델링은 실세계 현상 속에서 수학을 발견하고 새로운 수학적 지식을 구축하는 것과 관련됨을 알 수 있다.

2. 수학적 모델링에 관한 국내 메타분석

수학적 모델링에 관한 국내 메타분석 연구에는 박진형, 이경화(2014), 오영열(2013), 황혜정(2007)의 연구가 있다.

박진형, 이경화(2014)의 연구는 국외 학술지 5곳에서 수학적 모델과 모델링을 다루는 논문을 분석하여 수학적 모델의 용어 사용 방법(대상, 관계 등을 수학적으로 표현하는 것, 개인이 구성한 인지적 표현을 설명하는 것, 수학적 개념이 내재된 구체적이고 조작적인 대상 등)과 수학적 모델의 역할(매개체, 개념적 시스템, 응용, 사회적 비판, 혼합)을 유형화하였고, 수학적 모델이 사용된 연구를 과제 유형(진정성 있는 과제, 문장제, 내적 문제 해결, 과제가 없는 경우), 기술 활용 유무, 학교급 등을 통계적으로 분석하였다.

오영열(2013)은 초등학생을 대상으로 한 국내·국외 학술지 연구 사례를 지도내용, 학습 요소, 실험 대상, 모델링 과제 등으로 정리하면서, 초등학생을 대상으로 한 국내 연구가 미비하고, 특정 대상과 영역에 집중되어 있음을 지적하고 있다.

황혜정(2007)은 1990년대부터 2005년까지의 국내 학술지에 게재된 연구과 학위 논문을 수학적 모델링의 의미, 수학적 모델링 과정, 수학적 모델링의 효과, 연구 영역 등에 관해 분석하여, 수학적 모델링의 의미와 과제의 명료화의 필요성과 연구 영역 및 대상의 다양화가 요구됨을 제언하고 있다.

3. 수학적 모델링에 관한 국외 메타분석

수학적 모델링에 관한 국외 메타분석 연구에는 Borromeo Ferri(2006), Kaiser & Sriraman(2006), Geiger & Frejd(2015)의 연구가 있다.

Borromeo Ferri(2006)와 Kaiser & Sriraman(2006)는 수학적 모델링에 관한 선행 연구를 분석하여 수학적 모델링을 유형화하였다. Borromeo Ferri(2006)는 수학적 모델링 과정에 초점을 맞추어, 수학적 모델링 과정에 포함되는 요소를 실세계 상황(Real situation, RS), 상황 모델(situation model, SM), 상황의 정신적 표상(mental representation of situation, MRS), 실세계 모델(real model, RM), 수학적 모델(mathematical model, MM)로 보고, 수학적 모델링 과정에 포함된 형태에 따라 수학적 모델링을 4가지 유형(SM/MRS와 RM을 구분하는 것, SM/MRS와 RM이 혼합된 것, SM/MRS와 RM 사이의 구별이 없는 것, SM/MRS와 RM의 구분 없이 RS에서 MM으로 이어지는 것)으로 구분하고 있다. Kaiser & Sriraman(2006)은 주요 목적, 내용, 바탕이 되는 이론 등을 기준으로 수학적 모델링의 관점

을 현실적(응용적) 모델링(realistic or applied modelling), 맥락적 모델링(contextual modelling), 교육적 모델링(Educational modelling), 사회-비판적 모델링(Socio-critical modelling), 인식론적(이론적) 모델링(Epistemological or theoretical modelling)으로 유형화하였다,

Geiger & Frejd(2015)는 ICTMA 10(2003)부터 ICTMA 14(2011)까지의 회보와 2007년 ICMI study에 게재된 논문을 대상으로 연구의 지향점(순수 이론, 응용 이론, 전문적 논의)과 이론적 다양성(국소적, 일반적 접근)에 따라 통계적으로 분석하여, 순수 이론에 관한 연구가 상대적으로 부족하며, 사회학적, 사회언어학적, 기호학적, 비판적 수학교육 등과 관련된 연구가 앞으로 연구되어야 할 분야임을 보이고 있다.

이들 국내, 국외 선행 메타분석 연구를 확인해본 결과, 국외 수학적 모델링 연구를 대상으로 한 메타분석 연구에서는 연구 성과를 전반적으로 취급하여 수학적 모델과 수학적 모델링을 유형화하거나 최근 연구 동향을 확인할 수 있었다. 하지만 국내 수학적 모델링 연구를 대상으로 한 메타 분석 연구는 분석 대상이 제한적이거나 최근 동향을 확인하기 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 수학적 모델링에 관한 국내 연구를 특정 연구 대상에 한정하지 않고, 최근까지의 전체적인 연구 동향을 확인하고자 한다.

III. 수학적 모델링에 관한 국내 연구 분석 방법

1. 국내 연구 선정 방법

본 연구에서 수학적 모델링에 관한 국내 연구는 네 개의 체에 의해 최종적으로 선정되었다.

첫 번째 체는 논문명과 발행연도이다. 학술연구정보서비스(www.riss.kr) 데이터베이스를 이용하여 국내 연구 중에서 ‘수학적 모델링(논문명)(검색어 A)’, ‘모델링(논문명) + 수학(논문명)(검색어 B)’, ‘모델링(논문명) + 수학(주제어)(검색어 C)’을 검색어로 입력하여 1990년부터 2017년까지의 학위논문과 KCI등재 학술지에 게재된 국내학술지 논문을 추출하였다.

두 번째 체는 연구 내용이다. 수학교육관련 내용이 아닌 과학, 의학 등과 관련된 연구와 연구 제목과 연구자가 동일한 연구는 제외하였다.

세 번째 체는 논문의 접근 가능성이다. 학술연구정보서비스를 통해 선정된 연구 성과물 중에서 비공개로 된 연구 성과물이 국회전자도서관과 같은 다른 경로를 통해서도 내용 확인이 어려운 경우는 분석 대상에서 제외하였다.

네 번째 체는 학위논문과 학술지의 내용 중복성이다. 학술지에 게재된 논문의 경우, 학위논문을 요약하거나 학위논문의 일부 내용을 제시한 경우가 있었다. 이러한 경우에는 학술지 논문 자료를 중복 자료로 보고 분석 대상에서 제외하였다.

이러한 네 개의 체로 선정된 최종 분석 대상은 학위논문 147건과 학술지 논문 29건이다. 그 과정을 정리하면 [그림 III-1]과 같다.

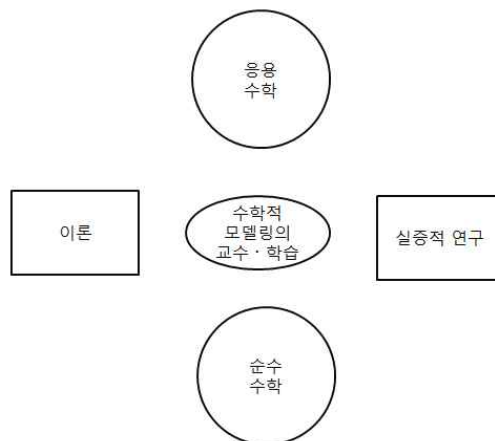


[그림 III-1] 연구 대상 선정 과정

2. 본 연구에서의 분석 방법

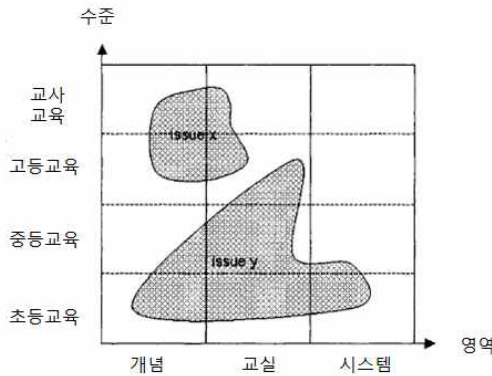
본 연구에서는 분석틀로 Borromeo Ferri(2015)의 수학적 모델링 맵과 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 응용과 모델링의 실세계(reality)를 통합한 삼차원의 모델링 맵을 구성하여 활용하였다.

Borromeo Ferri(2015)는 수학적 모델링의 교수·학습에 초점을 4개의 부분으로 구분하는데, 한 축은 응용 수학과 순수 수학을 양끝으로, 다른 축은 수학적 모델링의 이론적 배경에 해당하는 이론과 이론을 적용하는 실증적 연구를 양끝으로 하고 있다. Borromeo Ferri는 이를 수학적 모델링 맵(mathematical modeling map)이라고 명명하였고, 수학적 모델링 교수·학습은 이 두 축의 양끝을 계속적으로 이동하고 있음을 설명하고 있다.



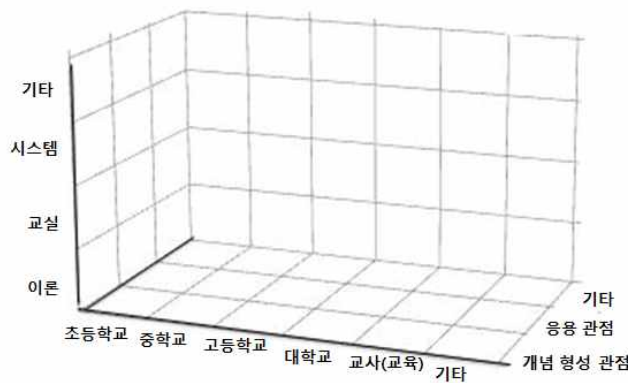
[그림 III-2] 수학적 모델링 맵 (Borromeo Ferri, 2015, p. 278)

Niss, Blum & Galbraith(2007)는 수학적 모델링에 관한 논의의 이슈(issue)를 구성하는 이차원의 응용과 모델링의 실세계(reality)를 제안하였다. 이 응용과 모델링의 실세계에서, 첫 번째 차원은 영역으로 개념(수학적 모델링의 의미, 과정 등), 교실(교수·학습 활동, 교수활동 계획 등), 시스템(제도적, 정치적, 사회적, 물리적 환경)으로 구성되며, 두 번째 차원인 교육적 수준은 초등교육, 중등교육, 고등교육, 교사교육으로 구분된다. 이러한 영역과 수준의 이차원에서 수학적 모델링에 관한 논의²⁾는 다루어진다.



[그림 III-3] Niss, Blum & Galbraith(2007, p. 15)

Borromeo Ferri(2015)와 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 틀은 수학적 모델링의 응용, 개념 형성 관점이 반영되어 있고, 연구 대상자 수준과 영역을 확인할 수 있기 때문에, 수학적 모델링의 전반적인 연구 동향을 확인하기에 적절한 틀로 판단되었다. Borromeo Ferri(2015)의 응용 수학-순수 수학, 이론-실증적 연구의 두 축과 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 수준과 영역의 두 축에서, Borromeo Ferri(2015)의 이론과 실증적 연구의 축은 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 개념, 교실, 시스템의 의미와 연결되므로 제외하고, [그림 III-4]와 같이 세 가지 축으로 구성된 분석틀을 고안하였다. 이때, 영역에서 ‘개념’이라는 용어는 ‘개념 형성 관점’의 용어와 혼란을 줄 수 있고, Borromeo Ferri(2015)의 ‘이론’이라는 용어를 사용할 경우 그 의미가 더 명확할 것으로 판단하여 ‘개념’ 대신 ‘이론’을 선택하였다.



[그림 III-4] 본 연구에서의 수학적 모델링 맵

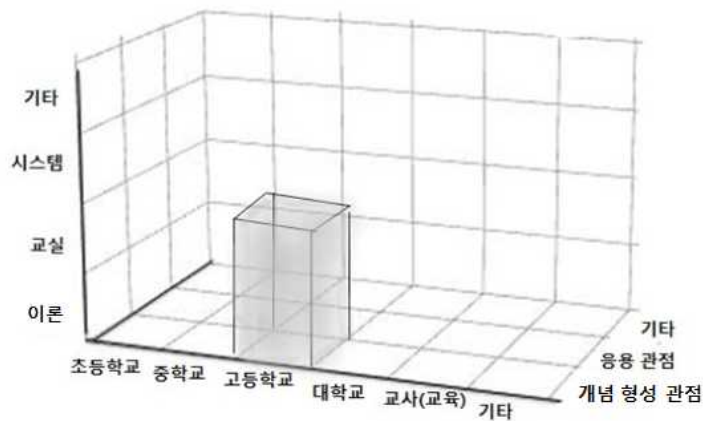
2) Niss, Blum & Galbraith(2007)는 14번째 ICMI Study의 이슈(issue), 문제(problem), 질문(question)이 응용과 모델링의 “실세계 공간(reality space)”에 위치하고 있다고 설명하고 있다.

각각의 축의 세부 구성 요소를 정리하면 다음과 같다.

첫 번째 축은 Borromeo Ferri(2015)의 순수 수학-응용 수학에 관련된 축으로, 수학적 모델링에 대한 관점 축이다. Niss(2006)가 수학적 모델링의 관점을 수학 외적 맥락에 수학을 활용하는 것과 수학 학습을 지지하는 것으로 구분한 것을 본 연구에서는 응용 관점과 개념 형성 관점으로 보았다. 이를 반영하여 관점 축은 응용 관점, 개념 형성 관점, 기타로 구분하였다. 응용 관점은 수학 이론을 새롭게 지도하기보다는 기존에 학습한 수학 이론을 적용하는 수학적 모델링을 제시한 연구에 해당하고, 개념 형성 관점은 새로운 수학적 아이디어를 생산하기 위해 수학적 모델링을 활용하는 연구에 해당한다. 또한 기타는 수학적 모델링에 관한 특정한 관점을 확인하기 어려운 수학적 모델링에 관한 이론적, 실제적 연구를 포함하는 것으로, 최지선(2017)이 수학적 모델링의 다양한 관점을 설명하고 초등교사가 수학적 모델링을 어떻게 인식하고 있는가를 조사한 연구가 이에 해당된다.

두 번째 축은 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 영역에 Borromeo Ferri(2015)의 ‘이론과 실증적 연구’ 축의 용어를 활용하여 구성된 축으로, 이론, 교실, 시스템, 기타로 된다. 이론은 수학적 모델링의 의미, 과정 및 결과에 대한 논의를 다룬 경우이고, 교실은 수학적 모델링의 교실 실행과 관련된 계획, 학생 결과물, 교수·학습 자료 개발에 관한 연구가 해당된다. 시스템은 제도적, 정치적, 사회적 환경 및 교과서 분석, 교사 인식 등 환경적 요소에 관한 연구를 의미한다. 기타는 개념, 교실, 시스템에 해당되지 않는 것으로, 이종걸(2016)의 전염병 모델 개발과 같이 특정 주제에 대한 수학적 모델을 구축하는 연구가 그 예이다.

마지막 축은 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 수준에 해당하는 것으로 연구 대상이 되는 학년에 관한 축이다. 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교, 교사(교육)로 구분하였고, 기타는 이러한 학년별 구분을 따르지 않는 경우이다. 예를 들어, 최경아(2017)는 수학적 모델링에 대한 선행 연구를 수학 교과 역량의 측면에서 정리하였는데, 이 연구는 특정 학년을 대상으로 하고 있지 않기 때문에 ‘기타’에 해당한다.



[그림 III-5] 수학적 모델링 맵에서의 강향임(2013) 논문의 위치

수학적 모델링 맵의 분석 사례를 보이기 위하여, 수학적 모델링 맵에서의 강향임(2013)의 연구의 위치를 분석하여 나타내면 [그림 III-5]와 같다. 강향임(2013)의 연구인 “발생적 모델링을 활용한 미적분

개념의 구성”의 내용을 보면, 발생적 모델링이라는 개념을 정의한 후, 미적분 개념을 구성하기 위한 교수·학습 경로를 제시하고, 이를 실제 수업에 적용하여 그 결과를 확인하고 있다. 이는 미적분이라는 수학 개념을 이끌어 낸다는 점에서 “개념 형성 관점”, 발생적 모델링이라는 개념을 세우고, 결과를 확인했다는 점에서 “이론, 교실” 영역, 마지막으로 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 한 연구이기 때문에 “고등학교”에 해당한다.

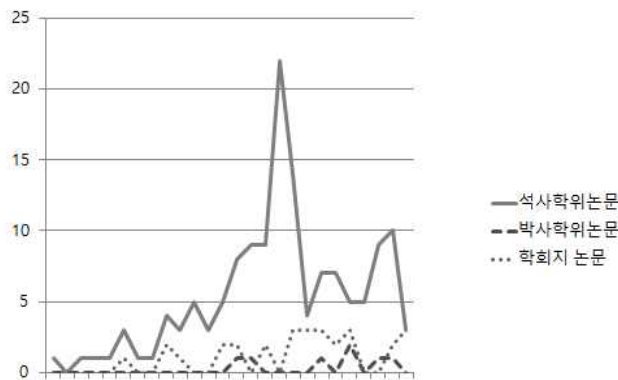
IV. 연구 결과

1. 수학적 모델링 연구의 일반적 동향

수학적 모델링에 관한 연구의 각 연도별 논문 수를 석사학위논문, 박사학위논문, 학회지 논문으로 구별하여 정리하고, 그 연구 동향을 확인하였다.

<표 IV-1> 연도별 논문 건수

연도 구분	1992- 1996	1997- 2001	2002- 2006	2007- 2011	2012- 2016	2017	합계
석사 학위 논문	4	12	30	56	35	3	140
박사 학위 논문	0	0	2	1	4	0	7
학회지	0	4	4	11	7	3	29
합계	4	16	36	68	46	6	176



연도별 논문 건수 그래프

수학적 모델링에 관한 연구는 석사학위논문 140건, 박사학위논문 7건, 학회지 논문 29건으로 석사학위논문 주제로 많이 다루어져 왔다. 또한 2002년부터 2016년까지 많은 연구들이 행해지고 있으며, 세부적으로는 2008년과 2009년 수학적 모델링 연구는 각각 22건, 17건으로 가장 높은 건수를 보였다. 이

는 수학적 모델링이 2004년에 열린 14번째 ICMI study conference의 논제로 채택되고, 이 결과물이 책으로 발간되면서 수학적 모델링에 관한 국제적 관심이 높아진 것으로 추측할 수 있다.

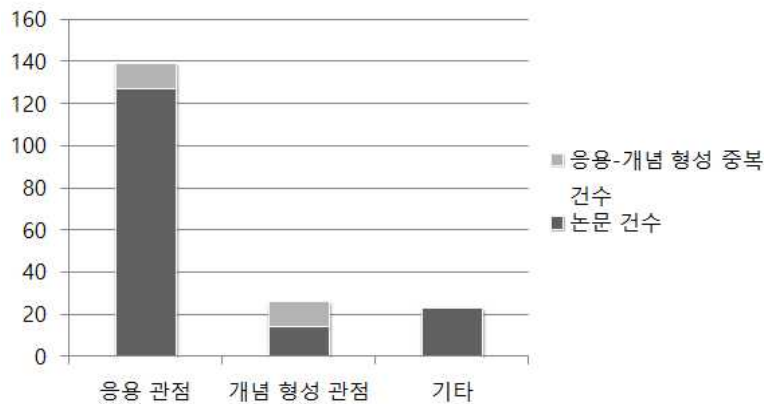
2. 수학적 모델링 맵의 축에 따른 분석 결과

1) 관점 축에 따른 분석 결과

국내 연구에서 수학적 모델링을 응용 관점과 개념 형성 관점으로 구별하여 설명하는 연구는 거의 없었다. 따라서 국내 연구를 응용 관점, 개념 형성 관점을 구분하는 데 있어 중요한 요소로 작용한 것은 연구에서 수학적 모델링 이론이나 수학적 모델링 문제를 제시하는 목적을 확인하는 것이었다. 이러한 기준에 따라 분류한 결과, 응용 관점과 개념 형성 관점을 모두 포함하고 있는 연구와 응용 관점이나 개념 형성 관점을 명확하게 드러내지 않는 연구로 구별할 수 있었고, 전자는 응용 관점과 개념 형성 관점으로 중복 처리하였고, 후자는 기타로 분류하였다.

<표 IV-2> 관점 축에 따른 논문 건수

구분 \ 관점	응용 관점	개념 형성 관점	응용 - 개념 형성 관점	기타	합계
논문 건수	127	14	12	23	176



관점 축 논문 건수 그래프

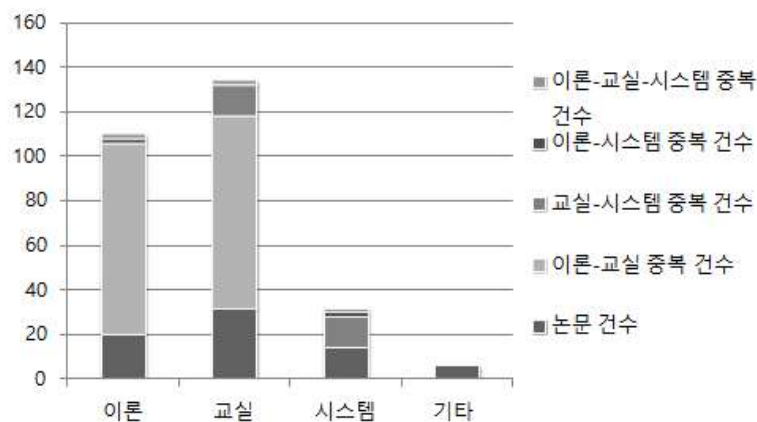
관점 축에 따른 분류에서 <표 IV-2>와 같이 응용 관점의 연구 빈도가 높은 것을 알 수 있었다. 연구자들은 수학적 모델링을 적용하여 새로운 수학적 개념을 생산하기 보다는 실생활 문제를 토대로 기존 수학 지식을 활용하기 위해 수학적 모델링을 주로 도입하였다. 즉 수학적 모델링 활동을 통해 문제해결력을 향상시키거나, 응용 활동의 교수·학습 방법으로 적용하여 학습된 지식에 대한 이해를 깊게 하는 데 활용하였다.

2) 영역 축에 따른 분석 결과

수학적 모델링 맵에서 영역 축은 이론, 교실, 시스템 및 기타로 구성된다. 논문을 작성하는 과정에서 해당 주제에 관한 이론적 배경을 다루는 것은 일반적이다. 따라서 수학적 모델링에 관한 논문은 대부분은 수학적 모델링에 관한 이론을 다룬다고 할 수 있다. 하지만 연구자는 단순히 수학적 모델링에 관한 선행 이론을 정리한 것은 이론 영역으로 분류하지 않았고, 연구 문제에 집중하여 수학적 모델링에 관한 새로운 의미나 과정을 다룬 경우나 수학적 모델링 실천에 따른 결과를 도출한 경우 등은 이론 영역으로 분류하였다. 영역 축에서도 이론, 교실, 시스템 등 어느 하나의 영역만을 다루지 않고, 중복하여 포함하는 경우가 많았다. 그 결과를 정리하면 <표 IV-3>과 같다.

<표 IV-3> 영역 축에 따른 논문 건수

영역 구분	이론	교실	시스템	이론- 교실	교실- 시스템	이론- 시스템	이론- 교실- 시스템	기타	합계
논문 건수	20	32	14	86	14	2	2	6	176



영역 축 논문 건수 그래프

<표 IV-3>에서 보듯이, 국내 수학적 모델링 연구는 주로 이론, 교실 영역을 다루고 있다. 이때 이론은 수학적 모델링에 대한 새로운 이론이나 과정을 다루기보다는 수학적 모델링 수업을 구안하고 이를 적용하였을 경우, 문제해결력, 수학적 태도 등의 결과를 확인함으로써 수학적 모델링 적용의 결과를 확인하는 연구가 대부분이었다. 안중수(2012)가 고등학교 1학년을 대상으로 한 함수 단원의 교수·학습 자료를 구성하고, 이를 적용하여 학업성취도, 불안도, 학습 태도 등에 미치는 영향을 조사한 연구는 이론과 교실 영역에 해당한다.

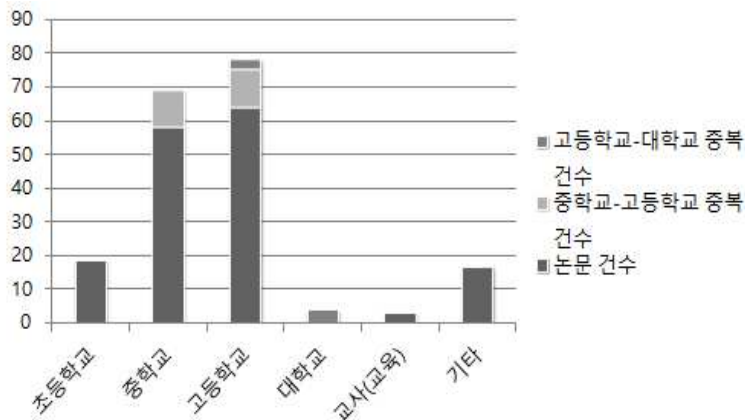
또한, 시스템 영역은 수학적 모델링을 둘러싼 환경적 요소를 다루는 연구에 해당하는 데 연구의 대부분은 현행 교과서나 교육과정을 분석하여 시사점을 찾은 경우였다. 수학적 모델링에 관한 초등교사의 인식을 조사하는 최지선(2017)의 연구와 같이 제도, 사회에 대해 논한 연구는 드물었다.

3) 수준 축에 따른 분석 결과

수학적 모델링 맵의 수준 축은 연구 대상자의 학교급별 구분에 따른 것으로 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교, 교사(교육), 기타로 구별된다. 이때 고준호(2010)가 함수 단원의 수학적 모델링 지도의 예를 중, 고등학교를 모두 제시한 것과 같이 학교급별로 중복되는 경우가 있었다. 그 결과를 정리하면 <표 IV-4>와 같다.

<표 IV-4> 수준 축에 따른 논문 건수

수준 구분	초등학교	중학교	고등학교	대학교	교사(교육)	중-고등 학교	고등- 대학교	기타	합계
논문 건수	19	58	64	1	3	11	3	17	176



수준 축 논문 건수 그래프

국내 수학적 모델링 연구는 중등 수준의 연구가 많았고, 대학교, 교사(교육)에서의 수학적 모델링에 관한 연구는 매우 미비하였다. 황혜정(2007)이 수학적 모델링에 관한 국내 연구 메타분석에서 수학적 모델링에 관한 연구 대상이 중등학교 일부에 지나지 않는다고 지적한 것과 같이 여전히 중등학교에서 연구가 치중되고 있었다. 하지만 2009년부터 초등학교를 대상으로 한 수학적 모델링에 관한 연구도 19편에 달하고 있어 수준 축이 다양화되고 있음을 알 수 있다.

4) 세 축에 따른 분석 결과

본 연구에서 수학적 모델링에 관한 국내 연구를 분석하기 위해 활용한 수학적 모델링 맵은 수학적 모델링 연구의 주요 논점을 파악하는 데 도움을 줄 수 있고, 세 개의 축의 구성 요소로 이루어진 공간은 연구 내용을 시각적으로 확인 가능하게 하였다. 하지만 이를 통계적 수치로 확인하는 데는 어려움이 있어, <표 IV-5>와 같이 관점 축과 영역 축의 구성 요소의 조합으로 만들어진 12개의 쌍에 대한 수준 축의 구성 요소별 논문 건수를 정리하였다.

수학적 모델링에 관한 국내 연구는 중, 고등학교를 대상으로 응용 관점에서 이론, 교실을 영역으로

한 연구에 집중되어 있음을 확인할 수 있다. 또한, 대학교, 교사(교육)에 관한 연구가 기본적으로 부족하기 때문에, 이들 집단의 관점과 영역 축에 관련된 연구 대부분이 이루어지고 있지 않음을 알 수 있다.

<표 IV-5> 세 축에 따른 논문 건수

수준 관점-영역	초등학교	중학교	고등학교	대학교	교사(교육)	기타
응용 - 이론	16	33	40	2	1	4
응용 - 교실	17	46	52	1	1	2
응용 - 시스템	0	12	9	1	0	0
응용 - 기타	0	0	0	0	0	5
개념 형성 - 이론	3	11	4	0	0	2
개념 형성 - 교실	3	14	6	0	0	1
개념 형성 - 시스템	0	1	1	0	0	1
개념 형성 - 기타	0	0	0	0	0	0
기타 - 이론	0	4	4	0	0	4
기타 - 교실	0	4	6	0	0	2
기타 - 시스템	1	3	3	0	1	0
기타 - 기타	0	0	0	0	0	1

* 한 연구에 대해 각 축의 구성 요소가 중복하여 포함된 경우 각각의 건수로 계산

* 표의 음영의 진하기는 건수 범위에 따라 구별(■ 30건 이상, ■ 11-20건, ■ 1-10)

V. 결론

본 연구는 수학적 모델링에 관한 최근 동향을 확인하고자, Borromeo Ferri(2015)의 수학적 모델링 맵과 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 모델링에 관한 이슈를 나타내는 실세계(reality)를 통합하여 관점, 영역, 수준 축으로 이루어진 삼차원의 수학적 모델링 맵을 구성하고, 이에 따라 수학적 모델링에 관한 국내 연구를 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 수학적 모델링에 관한 국내 연구 대부분은 석사학위논문에서 이루어졌고, 2008년과 2009년 39건의 연구를 보이며 가장 높은 관심의 대상이 되었다. 특히 2008년과 2009년은 ICMI의 논제로 다루어지고, 결과물이 책으로 발간되어 수학적 모델링에 관한 국제적 관심이 높아진 시기의 결과이기 때문에, 2015 개정 수학과 교육과정에 수학적 모델링에 관한 내용이 새롭게 언급된 지금의 시점에서 앞으로 수학적 모델링에 관한 연구가 다양해질 수 있음을 예상할 수 있다.

둘째, 수학적 모델링에 관한 국내 연구는 주로 응용 관점에서 접근하고 있다. 연구자가 수학적 모델링에 관한 관점을 정확하게 밝히는 경우는 많지 않았으나, 수학적 모델링을 취급하는 상황이 기존의 지식을 활용하여 응용하는 과제를 제시하고 있어 수학적 모델링을 응용 관점의 측면에서 활용하고 있음을 알 수 있었다.

셋째, 수학적 모델링에 관한 국내 연구는 주로 수학적 모델링 수업을 구안하고, 이를 학교 현장에 적용하여 그 효과를 확인하는 연구가 많았다. 또한 이들 연구에서 다루고 있는 모델링 과제는 선행

연구를 일부 변경하거나 유사한 문제를 활용하는 경우가 많았는데, 이는 수학적 모델링 과제를 다루고 있는 교재의 부족(Antonous, 2007; Pollak, 2014)과 과제 개발의 어려움(최지선, 2017)에서 기인한 것으로 보인다.

넷째, 수학적 모델링에 관한 국내 연구는 중등학교에 관한 연구가 가장 많았고, 초등학교 학생을 대상으로 한 연구는 점차 증가하고 있으나, 대학생, 교사(교육)를 대상으로 한 연구는 여전히 미비하다.

지금까지의 수학적 모델링 맵에 따른 분석을 통해, 수학적 모델링에 관한 국내 연구가 응용 관점, 이론과 교실 영역, 중등학교 수준에 집중되어 있음을 확인할 수 있었다. 또한 지금까지의 수학적 모델링에 관한 국내 연구 대부분은 수학적 모델링을 다각적 측면에서 이론적으로 깊이 있게 탐구하기 보다는 기존 수학적 모델링에 관한 연구를 적용하는 수준에서 머물렀던 것으로 보인다. Bliss & Libertini(2016)는 수학적 모델링은 모든 수준의 학교에서 지도되어야 하며, 오영열(2013), Blum & Niss(1991)는 수학적 모델링이 적용되기 위해서 교사는 수학적 모델링에 관한 충분한 지식이 있어야 한다고 하였다. 따라서 앞으로 수학적 모델링에 관한 연구는 수준의 다양화가 요구되며, 교사 지식에 대한 이해 및 확대를 위해 시스템 영역과 개념 형성 관점에서 활발한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 수학적 모델링 맵이라는 삼차원 분석틀을 활용하여 수학적 모델링에 관한 연구 동향을 파악하고, 하나의 연구가 수학적 모델링 맵에서 차지하는 위치를 시각적으로 확인할 수 있었다. 하지만 수학적 모델링 맵을 이해하는 데 고려해야 될 것은 본 연구의 목적이 수학적 모델링에 관한 연구 동향을 확인하는 것이기 때문에 각 연구를 관점, 수준, 영역을 명확하게 구분하였으나, 실제적으로는 Niss, Blum & Galbraith(2007)의 응용과 모델링의 실세계(reality)처럼 다양한 영역이 포함되는 아메바 형태([그림 III-2])를 보일 것이라는 점이다. 그렇더라도 본 연구는 앞으로 수학적 모델링에 관한 국내 연구의 향후 과제가 무엇인가에 대한 시사점은 준 것으로 보인다.

참고 문헌

- 강향임 (2013). **발생적 모델링을 활용한 미적분 개념의 구성**. 박사학위 논문. 한국교원대학교: 청주.
- 고준호 (2010). **수학적 모델링을 활용한 수학기초에 관한 연구(함수 단위 중심으로)**. 석사학위 논문. 인천대학교: 인천.
- 김해운 (2014). **수학과 핵심역량에 관한 연구-중학교 수학을 중심으로**. 박사학위 논문. 성균관대학교: 서울.
- 박진영, 이경화 (2014). 수학교육에서 모델의 활용에 대한 국외 문헌 연구. **수학교육학연구**, 24(3), 285-310.
- 안종수 (2012). 함수 단원의 수학적 모델링 자료를 활용한 수업이 학생들의 학습능력 향상에 미치는 영향. **한국학교수학회논문집**, 15(4), 747-770.
- 오영열 (2013). 초등수학에서의 수학적 모델링 적용 필요성에 대한 연구. **한국초등수학교육학회지**, 17(3), 483-501.
- 이종걸 (2016). **Mathematical Models of Emerging Infectious Diseases in the Republic of Korea: 2009 A/H1N1 Influenza and 2015 Middle East Respiratory Syndrome**. 박사학위 논문. 건국대학교, 서울.
- 최경아 (2017). 수학 교과 역량 관점에서의 수학적 모델링에 관한 선행 연구 탐색. **한국학교수학회**

- 문집, 20(2), 187-210.
- 최지선 (2017). 수학적 모델링 수업에 대한 초등 교사의 인식. *수학교육학연구*, 27(2), 313-328.
- 황혜정 (2007). 수학적 모델링 이해-국내 연구 결과 분석을 중심으로-. *학교수학*, 9(1), 65-97.
- Antonius, S. et al. (2007). classroom activities and the teacher. Blum, W., Galbraith, P., Henn, H., Niss, M. (Eds). *Modelling and applications in mathematics education - the 14th ICMI study*. NY: Springer. 295-308.
- Bahmaei, F. (2011). Mathematical modelling in Primary school, advantage and challenges. *Journal of Mathematical modelling and application*, 1(9), 3-13.
- Bliss, K. & Libertini, J. (2016). What is mathematical modeling? In Bliss. K. et al. (Eds). *Guidelines for assessment & instruction in mathematical modeling education(GAIMME)* (pp. 7-21), Consortium for Mathematics and Its Applications(COMAP) & Society for Industrial and applied Mathematics(SIAM).
- Blum, W. & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subject-state, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 37-68.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM Mathematics Education*, 38(2), 86-95.
- Borromeo Ferri, R. (2015). Moving within a mathematical modelling map. In Stillman, G. A., Blum, W. & Biembengut, M. S. (Eds), *Mathematical modelling in educational research and practice cultural, social and cognitive influences* (pp. 277-282). Switzerland: Springer.
- Doorman, L. M. & Gravemeijer, K. P. E. (2009). Emergent modeling: discrete graphs to support the understanding of change and velocity. *ZDM Mathematics Education*, 41(1), 199-211.
- Geiger, V. & Frejd, P. (2015). A reflection on mathematical modelling and applications as a field of research: theoretical orientation and diversity. In Stillman, G. A., Blum, W. & Biembengut, M. S. (Eds), *Mathematical modelling in educational research and practice cultural, social and cognitive influences* (pp. 161-171). Switzerland: Springer.
- Julia, C. & Mudaly (2007). mathematical modeling of social issues in school mathematics in south africa. Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, Hans-Wolfgang & Niss, M. (Eds). *Modelling and applications in mathematics education-the 14th ICMI Study* (pp. 503-510). NY: Springer.
- Kaiser, G. & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM Mathematics Education*, 38(3), 302-310.
- Lesh, R. & Doerr, H. M. (2013). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In Lesh, R. & Doerr, H. M. (Eds). *Beyond constructivism: models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp 3-33). NY: Routledge.
- Niss, M. (2008). Perspectives on the balance between applications and modelling and 'pure' mathematics in the teaching and learning of mathematics. In Menghini, M, Furinghetti, F, Giacardi, L. & Arzarello, F. (Eds). *The first century of the international commission on mathematical instruction(1908-2008) : reflecting and shaping the world of mathematics education* (pp. 69-90). Istituto della Enciclopedia Italiana.
- Niss, M., Blum, W. & Galbraith, P. (2007). Introduction, in modeling and applications in

- mathematics education. In Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, Hans-Wolfgang & Niss, M. (Eds). *Modelling and applications in mathematics education-the 14th ICMI Study* (pp. 3-32). NY: Springer.
- Niss, M. & Højgaard, T. (Eds.). (2011). *Competencies and Mathematical learning: ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark*. Roskilde: Roskilde universitet (IMFUTA tekst).
- Pollak, H. (2007). Mathematical modelling—a conversation with Henry Pollak. In Blum, W., Galbraith, P., Henn, H. & Niss, M. (Eds). *Modelling and applications in mathematics education - the 14th ICMI study*. NY: Springer. 109-120
- Pollak, H., Garfunkel, S. (2014). A view of mathematical Modeling in Mathematical Education. the program in Mathematics and education Teachers College Columbia University, In Dickman, B. & Sanfratello, A (Eds). *Proceeding from the Teacher College Mathematical Modeling Oktoberfest* (pp. 6-12). NY: The Program in Mathematics and Education Teachers College Columbia University.
- Swan, M., Turner, R., Yoon, C. & Muller, E. (2007). The modelling on learning mathematics. In Blum, W., Galbraith, P., Henn, H. & Niss, M. (Eds). *Modelling and applications in mathematics education - the 14th ICMI study* (pp. 275-284). NY: Springer.

Trends in Korea research on mathematical modeling investigated by mathematical modeling map

Choi, Kyounga³⁾

Abstract

The purpose of this paper is to review the domestic research on mathematical modeling by using three dimensional mathematical modeling map composed of perspective axis, domain axis, level axis, and to give direction to mathematical modeling research. The findings of this study show that the domestic research on mathematical modeling focuses on application perspective, notions and classroom domain and secondary level, and that we need various studies with concept formation perspective, system domain, tertiary level, and teacher(education) level on the future work about mathematical modeling.

Key Words : mathematical modeling, mathematical modeling map, perspective, domain, level

Received August 31, 2018
Revised October 29, 2018
Accepted October 30, 2018

* 2010 Mathematics Subject Classification : 97M10
3) Ansanso Elementary School (kachoi@ginue.ac.kr)