韓國數學敎育學會誌 시리즈 E <數學敎育 論文集>
http://dx.doi.org/10.7468/jksmee.2015.29.1.73
제 29집 제 1호, 2015. 2. 73-90

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E:
Communications of Mathematical Education
Vol. 29, No. 1, Feb. 2015. 73-90

GeoGebra 활용 문항 출제 연수를 통한 평가 문항 제작 사례 연구

양 성 현 (한국교육과정평가원)
허 난 (경기대학교)†

교사는 도형과 그래프를 포함하는 내용 영역에 대한 평가 문항을 제작하는데 있어서 문항이 포함하는 그림이 가지는 역할을 제대로 나타낼 수 있도록 도형과 그래프를 제시해야 한다. 본 연구는 2014 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수에 참여한 교사들이 GeoGebra를 활용하여 도형과 그래프를 작도하고, 이를 활용하여 문항을 수정하는 과정과 이 과정에서 나타난 문항 제작에 대한 사례를 제시하고 문항제작에 대한 교사들의 인식을 살펴보고자 한다. 9명의 교사들은 연수 후 작성한 설문에서 GeoGebra를 활용한 문항 제작 과정을 통하여 문항 출제에 대한 자신의 한계를 극복하였고 GeoGebra가 창의적 문항 개발의 도구적 역할을 할 수 있다고 언급하였다. 이와 같은 결과를 토대로 교사들의 평가 문항 제작 능력 제고에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

Ⅰ. 서론

일반적으로 평가는 학생들이 얼마나 잘 배우고 있는가와 교사는 어느 정도 효과적으로 잘 가르치고 있는가와 같은 학교교육의 근본적인 질문에 답을 찾고자 함이다(고상숙·고호경·박만구·한혜숙·홍예윤, 2012). 총괄평가는 일정한 기간 동안 정해진 일정 정도의 교과의 학습을 모두 마치고 나서 교과목 전체나 중요 내용과 관련하여 학업성취가 최종적으로 얼마나 달성되었는가를 확인하려는 것이 주요 목적이다(김성훈·김신영·김재철·반재천·백순근·서민원, 2010). 그러나 평가 문항을 제작하는데 있어서 특정 문항 유형 또는 특정 내용 영역을 배제하여 출제한다면 올바른 평가가 이루어질 수 없다(양성현·이환철, 2014).

평가는 학생이 특정한 수학 내용을 학습한 후에 치르는 시험 이상의 것이어야 한다. 평가는 교수·학습 개선을 위한 피드백을 제공해야 하며, 또한 의미 있는 수학 학습을 뒷받침할 수 있어야 한다. 평가는 교사가 교수학적 결정을 내릴 때 정보를 주고 안내하는 교수 활동의 필수적인 부분이어야 한다(교육과학기술부, 2008; 한국과학창의재단, 2011a). 박선화·박은아·서민희(2013)는 평가 문항의 제작에 있어서 성취기준에 근거하여 학생 능력을 타당하게 측정할 수 있는 문항을 개발해야 하며 성취기준, 교수·학습 상황과 연계된 평가 문항을 개발해야 한다고 하였다. 교사는 평가 문항을 제작하는데 있어서 이와 같은 평가의 목적과 기능을 달성할 수 있는 평가문항을 바르게 제작하여야 한다. 특히 도형과 그래프를 포함하고 있는 평가 문항에서 그림을 포함하고 있는 문항을 제작할 때 평가 문항이 가지는 의미를 제대로 표현할 수 있도록 문항에 포함된 그림이 가지는 역할을 제대로 표현한 평가 문항을 제작하여야 한다.

수학과 평가 문항 제작에 관련한 최근 연구로는 중등학교 수학과 평가 문항 컨설팅 내용을 중심으로 평가 문항 제작에 필요한 교사의 지식에 대한 연구(이석현, 2010), 전국연합학력평가에서 출제했던 문항들의 수정 과정

* 접수일(2014년 9월 29일), 심사(수정)일(1심: 2014년 10월 22일, 2심: 2014년 12월 15일, 3심: 2015년 1월 13일), 게재 확정일(2015년 1월 22일)
* ZDM 분류 : U59
* MSC2000 분류 : 97U60, 97U70
* 주제어 : 문항 제작, GeoGebra, 교사 연수
† 교신저자 : huhnan@kyonggi.ac.kr

과 구체적인 제작 과정을 언급한 바람직한 수학 평가 문항 제작에 대한 연구(신범영, 2010), 대학수학능력시험의 예시 문항과 문항제작시의 유의점을 제시하고 단계별 문항 제작의 실제를 안내하고 있는 수학과 평가 문항제작의 실제(전영주, 2012) 등이 있다. 이러한 연구들의 공통점은 출제 계획에서 내용 영역과 행동 영역을 안배하여 작성한 이원분류표에 근거하여 교사가 모든 문항을 출제할 수 있다는 가정 하에 이루어진 연구라 할 수 있다.

고정화(2010)는 2006년부터 2008년까지 실시된 국가수준 학업성취도평가 문항을 대상으로 문항 초안으로부터 문항 완성까지의 여러 단계에 걸쳐 수정·보완된 다양한 내용적, 형식적 측면을 분석하여 유목화하고, 각 항목에 대한 구체적인 예를 제시하였다. 교육평가나 수학교육평가에 대한 저서(고상숙 외, 2012; 성태제, 2004)를 살펴보면 문항에 대한 유형과 문항 제작에 대한 설명을 포함한 일반적 지침을 제공하고 있을 뿐 교사의 문항 출제에 대한 구체적인 사례를 찾기는 힘들다. 다시 말해, 교사의 구체적인 문항 제작 과정과 이로 인하여 변화되는 교사의 인식에 관한 연구는 미진한 상태이다.

전국적으로 시행되고 있는 대학수학능력시험, 전국연합학력평가, 국가수준 학업성취도 평가 등에서는 그래픽팀, 삽화팀, 편집팀과 같은 전문 인력이 문항에 관련한 그래프와 도형을 비롯하여 문항에 필요한 전문적인 삽화까지도 도움을 주고 있다. 그러나 학교현장에서 교사는 대부분 교사 스스로 그래프나 도형을 그려 문항을 제작하거나 동료교사의 도움을 받아 문항 제작을 하고 있다.

전영주(2012)는 좋은 문항은 평가의 성패를 좌우하는 준거가 되며 좋은 문항 제작은 성공적인 평가의 시발점이 될 수 있다고 언급하며 교사는 학업성취도 문항이나 수능 문항과 같은 기 검증된 문항들을 분석하여 문항을 바라보는 안목을 길러야 하고 아이디어를 내어 문항을 창작해 보아야 한다고 주장하였다. 그러나 교사 자신이 이러한 노력을 통하여 창의적인 문항을 스케치하였다 하더라도 그래프와 도형을 제대로 표현하지 못한다면 좋은 문항을 만드는데 있어서 한계에 봉착하게 될 것이다.

이에 본 연구에서는 '2014 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수'에 참여한 교사들이 GeoGebra를 활용하여 문항을 제작하고 대학수학능력시험 출제 매뉴얼(한국교육과정평가원, 2012)에 근거하여 문항을 수정·보완하는 과정에 대한 사례를 제시하고 연수 후 교사들이 작성한 설문을 바탕으로 문항 제작 과정에서 나타난 도형과 그래프 제작에 대한 교사의 인식이 어떠한가를 살펴보고자 한다. 이를 통하여 GeoGebra를 활용한 교사들의 평가 문항 제작 능력 제고에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

Ⅱ. GeoGebra를 활용한 문항 제작

1. GeoGebra를 활용한 작도

기하학의 작도 문제는 눈금 없는 자와 컴퍼스만을 이용하는 것으로 알려져 있다. 또한 대수적 방법은 주어진 문제가 자와 컴퍼스로 작도가 가능한 문제인지 확인하는 도구가 되며 작도가 가능한 경우에 구체적인 문제해결을 위한 암시를 제공해 준다(공선혜·한인기, 2008). 여기서 작도와 대수의 관계는 독립적이지만 보완적인 관계를 나타낸다 할 수 있다. 본 연구에서는 GeoGebra를 활용한 도형의 작도에 대수적 계산 과정을 접목하여 도형을 작도하여 이를 문항 제작에 활용하고자 한다.

연구에 적용한 수학학습 소프트웨어는 GeoGebra이며 프로그램의 선택 이유는 확장 가능성, 조작의 용이성, freeware 세 가지이다. GeoGebra는 기존의 DGS[1]가 지니고 있는 모든 인터페이스를 내장하고 있으며 GrafEq가 지니고 있는 모든 기능[2]도 내포하고 있는 교수학습 소프트웨어이다. 무엇보다도 가장 큰 장점은 조작의 용이성

1) Dynamic Geometry Software
2) 대수창에 함수를 직접 입력하면 기하창에서 입력한 함수를 시각적으로 확인할 수 있는 기능

이다. 3시간의 교사 연수를 통하여 중·고등학교 수학과 교육과정에서 사용가능한 전반적인 내용의 전달이 가능하며 함수 입력에 관한 10분 정도의 설명이면 고등학교 과정에서 다루어지는 모든 함수를 대수창을 이용하여 입력할 수 있다(양성현, 2012).

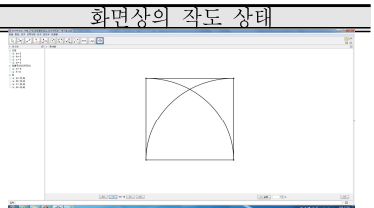
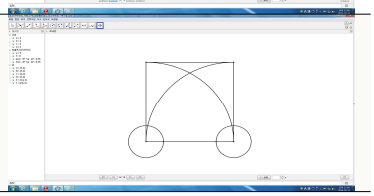
컴퓨터 소프트웨어를 적절히 사용한다면 수학화, 비교적 복잡한 상황의 모델링과 시뮬레이션, 컴퓨터 상에서의 표현의 명료화, 다양한 수학적 표상 사이의 번역, 역동적인 도형들의 변화 탐구 등의 기회가 많아지며 자신의 추론을 시각적으로 확인할 수 있게 한다(류희찬·조완영, 1999; 류현아, 2003). 이러한 소프트웨어의 역할은 학생에게 뿐만이 아니라 교사에게도 동일하게 적용될 수 있다. 교사 자신이 개발한 문제 상황 또는 기출된 문제에서 도형의 수치나 형태를 변형하여 문항을 출제하고자 할 때, 자신의 추론을 대수적 계산으로 확인하고 소프트웨어를 활용하여 시각적으로 재확인할 수 있다.

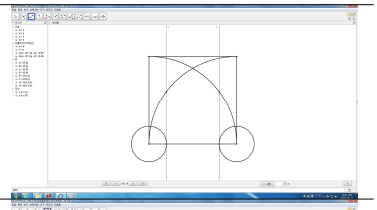
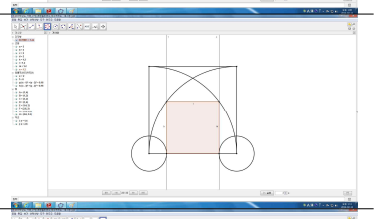
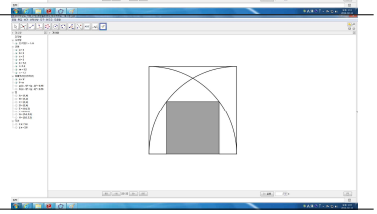
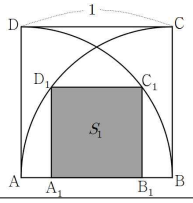
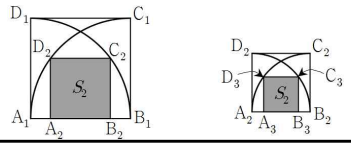
고전적 작도는 눈금 없는 자와 컴퍼스라는 제한된 도구를 조작하여 원하는 도형을 구성하는 것을 의미한다. 최근 컴퓨터를 이용한 환경에서 다양한 수학 교수·학습 소프트웨어에 기반한 작도를 활용한 교수·학습 전략과 사례에 관한 연구(류현아, 2003; 도종훈·김지선, 2009; 류희찬·윤옥교, 2011; 2012; 조혜연, 2013)들을 살펴보면, 교수·학습 소프트웨어의 인터페이스들을 활용하여 작도를 하였을 뿐 고전적 작도의 개념을 대부분 그대로 활용하고 있다. 본고에서 사용된 작도는 고전적 작도에 교수·학습 소프트웨어(GeoGebra)의 인터페이스와 대수적 계산을 접목하여 작도하는 것을 의미한다.

2. GeoGebra를 활용한 문항 제작

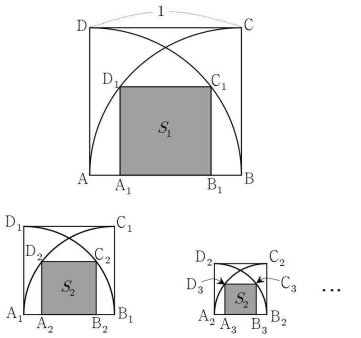
GeoGebra를 활용한 구체적인 문항 제작 과정의 예는 <표 Ⅱ-1>과 같다. <표 Ⅱ-1>은 2009학년도 수능 9월 모의평가 가형 17번 문항을 제작하는 과정을 교사의 입장에서 재구성한 것이다. <표 Ⅱ-1>에서 단계1, 단계3, 단계4는 고전적인 작도의 방식을 그대로 적용하고 있다. 단계5에서는 GeoGebra의 특정 기능(대상보이기, 설정사항)을 적용하고 있으며 단계6과 단계7에서는 아래한글의 특정 기능(글상자, 개체 선택, 개체 묶기)을 적용하여 도형의 완성도를 높이고 있다. <표 Ⅱ-1>에서 대수적 계산과 이를 활용한 단계는 단계2이다. 단계2.1에서는 점 A와 점 A_1 사이의 거리를 대수적으로 계산하였으며 단계2.2에서는 단계2.1에서 계산한 결과를 이용하여 원을 작도하고 있다.

<표 Ⅱ-1> GeoGebra를 활용한 문항 제작 과정

단계	작도 과정	화면상의 작도 상태
1	1.1 정사각형 ABCD를 작도한다. 1.2 호 ABD와 호 BCA를 작도한다.	
2	2.1 선분 AA_1의 길이를 k라 하고 삼각형 AB_1C_1가 직각삼각형임을 이용하여 다음 식을 얻어 k값을 구한다. 예1) $5k^2-6k+1=0$ ($\overline{AB}=1$인 경우) 예2) $5k^2-12k+4=0$ ($\overline{AB}=2$인 경우) 2.2 중심이 A,B이고 반지름이 $k=1/5$인 원을 각각 작도한다.	

3	3.1 선분 AB 와 2.2에서 작도한 두 원과의 교점을 A_1, B_1 이라 한다. 3.2 점 A_1, B_1에서 선분 AB 에 수직인 직선을 작도한다.	
4	4.1 호 ABD, 호 BCA와 3.2에서 작도한 직선과의 교점을 C_1, D_1이라 한다. 4.2 점 A_1,B_1,C_1,D_1을 연결하여 정사각형 $A_1B_1C_1D_1$을 작도한다.	
5	5.1 '대상보이기' 기능을 이용하여 2.2에서 작도한 두 원과 3.2에서 작도한 두 직선을 숨긴다. 5.2 '대상보이기' 기능을 이용하여 작도에 사용한 모든 점들을 숨긴다. 5.3 설정사항 기능에서 정사각형 $A_1B_1C_1D_1$에 원하는 음영을 삽입한다.	
6	6.1 'Print Screen' 기능을 활용하여 그림판으로 화면을 불러와 필요한 도형 부분을 잘라낸다. 6.2 '아래 한글'의 '글상자' 기능을 활용하여 점의 이름을 입력하고 '개체 선택'과 '개체 묶기' 기능을 이용하여 모든 도형을 하나의 개체로 인식하도록 한다.	
7	7.1 1.1부터 6.2까지의 과정을 반복하여 정사각형 $A_2B_2C_2D_2$와 정사각형 $A_3B_3C_3D_3$를 작도한다.	

17. 한 변의 길이가 1인 정사각형 ABCD가 있다. 그림과 같이 정사각형 ABCD 안에 두 점 A, B를 각각 중심으로 하고 변 AB를 반지름으로 하는 2개의 사분원을 그린다. 이 두 사분원의 공통부분에 내접하는 정사각형을 $A_1B_1C_1D_1$이라 하자. 정사각형 $A_1B_1C_1D_1$ 안에 두 점 A_1, B_1을 각각 중심으로 하고 변 A_1B_1을 반지름으로 하는 2개의 사분원을 그린다. 이 두 사분원의 공통부분에 내접하는 정사각형을 $A_2B_2C_2D_2$라 하자. 이과 같은 과정을 계속하여 n번째 얻은 정사각형 $A_nB_nC_nD_n$의 넓이를 S_n이라 할 때, $\sum_{n=1}^{\infty} S_n$의 값은? [4점]



① $\frac{3}{8}$ ② $\frac{9}{16}$ ③ $\frac{4}{5}$ ④ $\frac{9}{8}$ ⑤ $\frac{23}{16}$

[그림 II-1] <표 II-1>을 거쳐 제작한 문항 캡쳐 화면

[그림 Ⅱ-1]은 '아래 한글'을 이용하여 <표 Ⅱ-1>의 과정을 거쳐 완성한 문항을 캡쳐한 화면이다. [그림 Ⅱ-1]과 같이 GeoGebra의 인터페이스와 대수적 계산을 접목하여 교사는 간단하게 완성도가 높은 문항을 제작할 수 있으며 더 나아가 교사 자신이 생각하는 창의적 도형을 문항 제작에 적용할 수 있다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 경남교육청과 EBS, 한국교육과정평가원이 공동으로 주관한 '2014 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수'에 참여한 10명의 수학교사 중 사전과제를 제출하고 설문에 응답한 9명의 교사를 대상으로 이루어졌다. 연구 대상 교사들의 특성은 <표 Ⅲ-1>와 같다.

<표 Ⅲ-1> 연구 참여 교사

교사	성별	학력	교육 경력				학교 유형
			중학교	고등학교	기타(파견)	총 경력	
K1	남	석사	3	15		18	공립
K2	여	석사	4	8		12	공립
P1	남	학사		8	2	10	공립
P2	남	석사수료		5		5	사립
P3	여	석사	4	11		15	공립
S	남	학사		14		14	사립
L1	여	학사	1	10		11	공립
L2	여	석사수료	4	10		14	공립
H	여	석사		14		14	공립

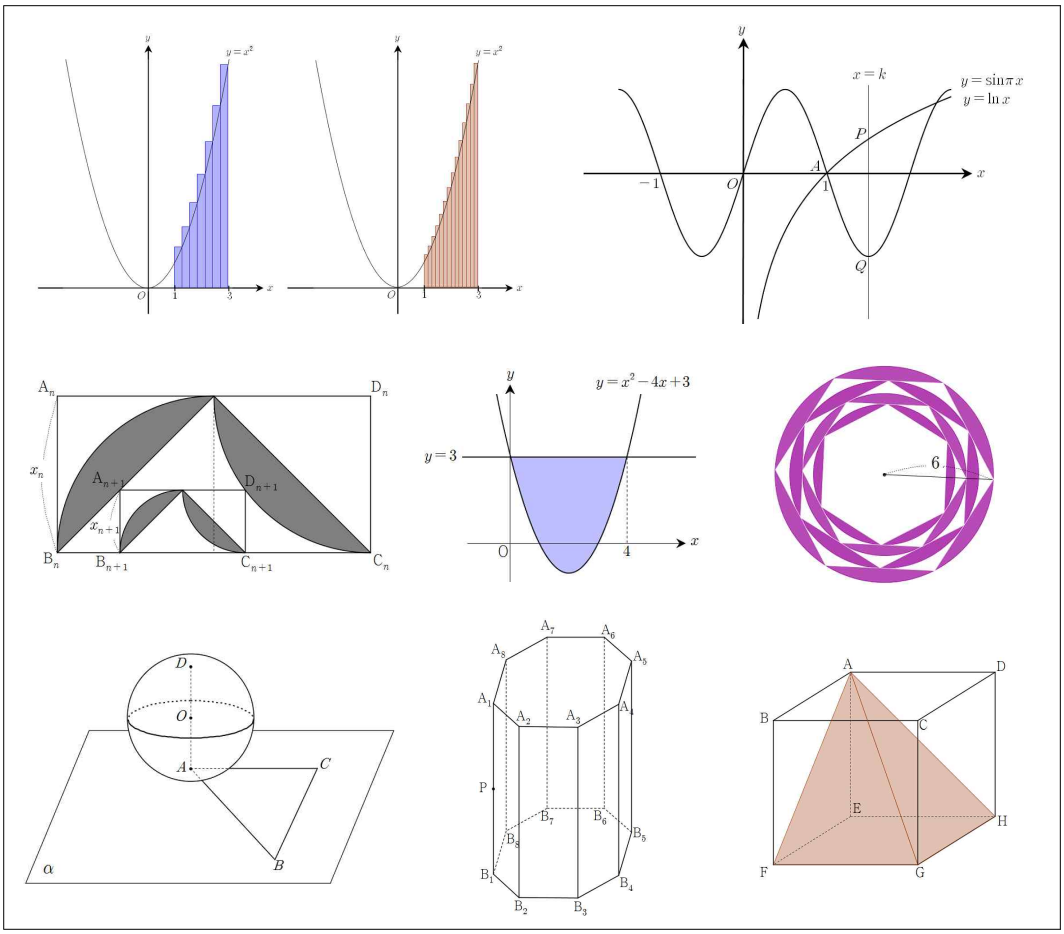
2. 연구 절차 및 내용

수능형 문항 출제 전문성 향상 연수는 3박 4일의 합숙형태로 총 30시간으로 진행되었으며 연수 내용은 <표 Ⅲ-2>과 같다.

<표 Ⅲ-2> 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수 세부 내용

통합 연수	· 대학수학능력시험의 성격과 출제 과정 · 문항 제작의 일반적 원리
수학과 교과 연수	· 수학과 문항 제작의 원리(연수교재 수록) · 대학수학능력시험 정답률 예측 및 분석 · 사전 과제 수능형 문항 제작 후 교차 검토 · 수능형 수학과 문항의 형식(기호, 정렬 방식, 합답형 답지 구성 방법 등) · GeoGerba를 활용한 도형 제작 및 문항 출제

GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수는 강의식 수업 2시간과 실습식 수업 3시간으로 총 5시간으로 진행되었다. 연수는 2기에 걸쳐 진행되었으며 각 기수에 5명의 교사가 배정되었으며 연수 강사는 본 연구의 연구자가 진행을 담당하였다. 연수 대상 교사들은 연수 입소 전 사전과제로 수능형 문항 5문제를 출제하여 연수에 참여하도록 과제를 부여 받았으며 연수교사의 제출 문항은 총 45문항이다(<표 Ⅲ-4> 참조).



[그림 Ⅲ-1] 연수 교사들을 대상으로 실습한 그래프와 도형

GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수 중 강의식 수업 2시간 중 전반부에는 수학 교수·학습에서 GeoGebra를 활용한 방안에 대한 다양한 적용 사례를 PPT자료와 함께 설명식 강의가 제공되었으며 후반부에는 GeoGebra의 기능 및 인터페이스에 대한 설명과 더불어 중·고등학교 수학과 교육과정에서 다루어지는 여러 형태의 함수를 대수창을 이용하여 입력해 보는 시간을 진행하였다.

실습식 수업 3시간 중 전반부는 대학수학능력시험 및 모의평가에서 출제되었던 문항을 중심으로 [그림 Ⅲ-1]와 같은 그래프와 도형을 본격적으로 실습하였으며 후반부에는 자신이 제출한 사전과제 문항의 그래프와 도형

을 GeoGebra를 활용하여 수정 · 보완하였으며 그 동안 교편생활을 하면서 자신이 출제를 하고 싶었으나 하지 못했던 그래프나 도형에 관하여 연수 담당 강사에게 질문을 하고 동료 연수자와 같이 제작해 보는 시간을 가졌다.

3. 설문 조사 및 분석

수능형 문항 출제 전문성 향상 연수 2주 후 연구자는 연수 참여 교사에게 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수와 GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 설문을 이메일을 통하여 실시하였으며 사전과제를 제출한 9명의 교사가 모두 답신을 하였다. 설문은 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 인적사항에 관련 5문항, 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수에 대한 평가 관련 8문항, GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제 관련 10문항으로 구성하였다.

설문 문항 중 GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제 관련 설문 문항을 요약 · 정리하면 <표 Ⅲ-3>와 같다. 이 중 문항제작에 대한 교사의 인식과 관련된 문항에 대한 답변 내용을 질적 분석하였다.

<표 Ⅲ-3> GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제 관련 설문 내용

구분	설문 번호	내 용
1	<설문14>	사전과제로 제시된 수능형 문항을 출제하는데 어떠한 어려움이 있었는가?
2	<설문15>	총괄평가(중간 · 기말)에서 문항을 출제하는데 있어서 교사들이 어려움을 겪는 요소(① 행정업무과다로 인한 시간 부족/② 내용 선정/③ 난이도 선정/④ 도형 및 그래프 제작/⑤ 공동출제/공동검토)를 순차적으로 기입
3	<설문16>	총괄평가(중간 · 기말)에서 <설문15>에 제시된 요소들 이외에 문항 출제하는데 있어서 어려운 점은 무엇인가?
4	<설문17>	도형 및 그래프 제작의 어려움으로 총괄평가(중간 · 기말)에서 출제하고자 하는 문항의 출제를 포기한 경험이 있는가?
5	<설문18>	'GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수'는 '수능형 문항 출제 전문성 향상 연수'의 일부분으로 포함되어야 한다고 생각하는가?
6	<설문19>	<설문18>에 대한 답변 이유
7	<설문20>	'GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수' 시간의 적절성 여부
8	<설문21>	<설문20>에 대한 적정 시간
9	<설문22>	'GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수' 중 연수담당자가 사용하였던 용어 중 '대수적 작도'와 '기하적 작도'란 표현에 대한 생각
10	<설문23>	'GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수'에서 느낀 점과 개선점

Ⅳ. 연구결과

1. 연수 참여 교사 사전과제 제출 문항 분석

연수자들에게 수능형 문항을 제작하여 제출하도록 사전과제를 제시하였으며 교사들이 제출한 사전과제 45문항을 B형(가형)을 기준으로 내용영역별로 분류하면 <표 Ⅳ-1>와 같다. 표에서 알 수 있듯이 과목별 출제 빈도가 가장 낮은 것은 '기하와 벡터'이고 그 중에서도 '공간도형과 공간좌표'를 내용영역으로 하는 문항은 한 문항도

없었다. 연수 참여한 9명의 교사가 제출한 사전과제 45문항 중 그래프와 도형이 포함된 문항은 8문항(17.8%)으로 대학수학능력시험과 모의평가에서 출제된 문항과 비교하여 그래프와 도형의 비율이 다소 적다는 것을 알 수 있다(<표 Ⅳ-2> 참고).

<표 Ⅳ-1> 연수 교사들이 제출한 사전과제 내용영역별 문항 수

과목	내용영역	교사									합계	
		K1	K2	P1	P2	P3	S	L1	L2	H	영역별	과목별
수학Ⅰ	행렬과 그래프			1			1	3	1		6	14
	지수함수와 로그함수		1			1(1)			1		3	
	수열	1									1	
	수열의 극한					1	1(1)	1		1	4	
수학Ⅱ	방정식과 부등식			2(1)					1	1(1)	4	16
	삼각함수			1							1	
	함수의 극한과 연속		3(1)	1		1			1(1)		6	
	미분법	1			2	1	1				5	
적분과 통계	적분법	1			1		2(1)			1	5	10
	순열과 조합	1			1					1	3	
	확률										0	
	통계	1						1			2	
기하와 벡터	일차변환과 행렬								1	1	2	5
	이차곡선				1	1(1)					2	
	공간도형과 공간좌표										0	
	벡터		1								1	

* ( )안의 수는 그래프와 도형을 포함하는 문항 수

최근 3년 동안 대학수학능력시험과 모의평가에서 출제된 문항 중 그래프와 도형이 포함된 문항의 비율은 <표 Ⅳ-2>과 같이 가형(B형)은 27.4%, 나형(A형)은 18.1%이다. 여기서 그래프는 좌표축과 함수의 그래프를 포함한 것을 의미하여 도형은 무한등비급수나 입체도형과 같이 특정 도형과 삽화를 포함한 문항 수이다.

<표 Ⅳ-2> 수능 및 모의평가 수학(수리) 영역 문항의 그래프와 도형의 빈도

가형(B형)						나형(A형)					
학년도	구분	그래프	도형	합계	백분위	학년도	구분	그래프	도형	합계	백분위
2012	6월	7	3	10	33.3	2012	6월	7	1	8	26.7
	9월	3	4	7	23.3		9월	2	1	3	10.0
	수능	3	4	7	23.3		수능	3	2	5	16.7
2013	6월	6	3	9	30.0	2013	6월	3	2	5	16.7
	9월	10	3	13	43.3		9월	5	2	7	23.3
	수능	2	4	6	20.0		수능	1	3	4	13.3
2014	6월	5	2	7	23.3	2014	6월	4	2	6	20.0
	9월	4	4	8	26.7		9월	2	4	6	20.0
	수능	4	3	7	23.3		수능	1	4	5	16.7
합계		44	30	74	27.4	합계		28	21	49	18.1

일반화하기에 적은 수의 표본이지만 이러한 결과는 교사들이 그래프와 도형이 포함된 문항을 제작하는데 어려움을 느끼고 있다는 사실을 보여주는 것으로 '사전과제로 제시된 수능형 문항을 출제하는데 어떠한 어려움이 있었는지'를 묻는 설문의 응답 결과를 통해서 이를 확인할 수 있었다. 이와 관련하여 응답한 내용은 다음과 같다.

K2교사: 그림을 그려서 다양한 문제를 내고 싶었지만 그림을 제대로 그리지 못해서 문항 출제 계획단계에서부터 배제하였음.
P2교사: 도형을 그리는 데 있어 어려움이 있기에 출제하기 쉽게 문장형 문제 위주로 출제할 수밖에 없었음.
P3교사: 내가 원하는 그래프와 무한등비급수에 나오는 도형 그림을 그릴 수 없어 교과서와 익힘책에 나오는 그림을 그대로 복사해서 사용했기에 문항 설계에 한계가 있었음.
S교사: 그래프와 도형을 그리는데 상당히 어렵고 시간이 많이 소요되었습니다.
L2교사: 그래프나 도형을 나타내는 데 서툴러서 문제출제에 한계가 있음.

<표 Ⅳ-3> 수능 및 모의평가 수학(수리) 영역 B형(가형) 내용영역별 그래프와 도형 포함 문항 수

과목	내용영역	2012학년도			2013학년도			2014학년도			합계		
		6월	9월	수능	6월	9월	수능	6월	9월	수능	영역별	총기출 문항수	백분위
수학Ⅰ	행렬과 그래프	1			1						2	18	11.1
	지수함수와 로그함수					2		1			3	21	14.3
	수열	1									1	20	5.0
	수열의 극한	2		1	1	1	1		1	2	9	17	52.9
수학Ⅱ	방정식과 부등식	1	1	1	1	1			1	1	7	18	38.9
	삼각함수		1			1		1			3	18	16.7
	함수의 극한과 연속	1	1	1	2	2	2	1	1	1	12	21	57.1
	미분법				1			1			2	21	9.5
적분과 통계	적분법	1	1	1	1	2	1	1	1	1	10	21	47.6
	순열과 조합	1	1			1	1				4	13	30.8
	확률										0	11	0.0
	통계										0	12	0.0
기하와 벡터	일차변환과 행렬			1		1					2	15	13.3
	이차곡선	2		1	2	1		2	2	1	11	21	52.4
	공간도형과 공간좌표		2	1		1	1			1	6	12	50.0
	벡터								2		2	11	18.2

교사들은 새로운 평가 문항을 제작하기보다는 기존의 문항을 변형하여 사용하며 새로운 문항을 제작하는데 어려움을 가지고 있다(김선희, 2006). 또한 양성현·이환철(2014)은 교사들의 그래프와 도형 제작의 어려움으로 인하여 지필평가 문항에서 기하적인 요소보다 대수적 계산 능력을 평가하는 문항의 출제 빈도가 높음을 지적하였다. 이러한 현상은 연수에 참여한 교사들의 사전과제에서도 동일하게 나타나고 있었다.

<표 Ⅳ-3>의 수능 및 모의평가 수리(수학) 영역의 내용영역별 그래프와 도형 포함 문항 수에서 나타나듯이 '기하와 벡터' 중 '공간도형과 공간좌표'는 도형과 그래프의 출제 빈도가 가장 높은 단원 중의 하나임에도 불구하고 사전과제에서는 가장 적은 문항이 제출되었다. 또한, '수열의 극한'과 '함수의 극한과 연속'도 도형과 그래프의 출제 빈도가 높은 단원 중의 하나이지만 연수에 참여한 교사들이 제출한 이 두 영역을 내용영역으로 하는 10문항 중 7문항이 단순한 대수적 계산을 요하는 극한값의 계산과 연속의 조건에 관련된 문항으로 국한되어 있었다.

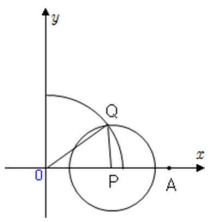
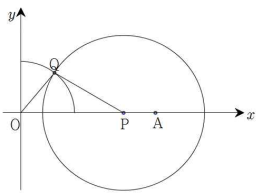
2. GeoGebra를 활용한 문항 수정 과정

이 절에서는 연수에 참여한 교사 중 K2교사, P3교사, S교사, H교사 4명이 연수를 통하여 습득한 수능형 문항에 대한 형식과 GeoGebra를 활용한 문항 제작을 통하여 자신이 제출한 사전과제를 수정·보완해 가는 과정에 대하여 살펴보고자 한다.

<표 Ⅳ-4>의 왼쪽 그림은 K2교사 제출한 사전과제 중 4번 문항이다. K2교사를 비롯하여 연수에 참여한 대부분의 교사들이 대학수학능력시험과 모의평가에서 문항을 출제할 때 가독성을 높이기 위하여 좌측정렬을 하고 있다는 사실을 인지하지 못하고 있었으며 수학과 문항 출제에서 기호를 표현하는데 있어서 이탤릭체와 로마체를 구분하지 않고 대부분 이탤릭체를 사용하고 있었다. 연수 대상 교사들은 세부적인 문항 형식에 관한 내용은 '수능형 수학과 문항의 형식[3]'에 관한 연수에서 수학기호 표현 방법, 수능형 문항의 정렬 방식, 합답형 답지 구성 방법 등을 연수받았으며 이에 근거하여 문항의 형식적 측면을 수정 · 보완하였다.

K2교사가 제출한 1차 제출 문항의 그림을 살펴보면 점 P를 중심으로 하는 원이 반지름이 3이고 원점을 중심으로 하는 원의 반지름이 2이라고 하였으나 주어진 조건과 그림과는 많은 차이를 보이고 있다. 대학수학능력시험과 모의평가에서는 문항을 출제하는데 있어서 최대한 실측비에 입각하여 그래프와 도형을 제시하고 있다. K2교사는 앞서 언급한 이탤릭체와 로마체의 구분, 좌측정렬과 같은 형식적 측면의 모든 내용을 수정·보완하고 더불어 윤문을 하였으며 끝으로 두 원의 반지름의 비가 2 : 3이 되도록 GeoGebra를 활용한 작도를 통하여 실측값에 비례하도록 수정하여 <표 Ⅳ-4>의 오른쪽 그림과 같은 최종 문항을 제출하였다.

<표 Ⅳ-4> K2교사의 1차 제출 문항과 최종 제출 문항

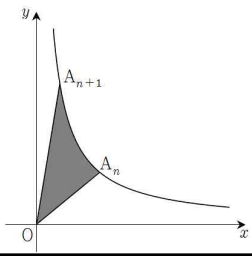
1차 제출 문항	최종 제출 문항
4. 그림과 같이 점P는 원점 O와 점 $A(5, 0)$사이를 움직이는 점이다. 점 P을 중심으로 하고 반지름의 길이가 3인 원을 그어 사분원 $x^2+y^2=4$ $(x \geq 0, y \geq 0)$와 만나도록 만들고, 이 교점을 Q라 한다. ∠QOP = θ라 할 때, 선분 OP의 길이를 $l_1(\theta)$, 선분 PA의 길이를 $l_2(\theta)$라 하자. 이 때, $\lim_{\theta \to 0} \frac{l_1(\theta) \cdot l_2(\theta)}{\theta^2}$의 값은?  ① $\frac{25}{6}$ ② $\frac{25}{2}$ ③ 25 ④ 50 ⑤ 100	4. 그림과 같이 좌표평면에 점 A(5, 0)가 있고, 선분 OA 위를 움직이는 점 P가 있다. 원 $x^2+y^2=4$과 점 P을 중심으로 하고 반지름의 길이가 3인 원이 제 1사분면에서 만나는 점을 Q라 하자. ∠QOP = θ라 할 때, 선분 OP의 길이를 $l_1(\theta)$, 선분 PA의 길이를 $l_2(\theta)$라 하자. 이때, $\lim_{\theta \to +0} \frac{l_1(\theta) \times l_2(\theta)}{\theta^2}$의 값은?  ① $\frac{25}{6}$ ② $\frac{25}{2}$ ③ 25 ④ 50 ⑤ 100

<표 Ⅳ-5>의 왼쪽 그림은 P3교사가 제출한 사전과제 중 5번 문항이다. 수능형 문항에 도형이나 그래프가 삽

3) 2009 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정 연구(한국과학창의재단, 2011b)의 <부록 2>수학과 교육과정 현행과 개정 시안의 비교표에 수록된 '용어와 기호', 수학기호 다시보기(박교식, 2008), 대학수학능력시험 출제매뉴얼 수학 영역(2012)에 근거하여 연수함.

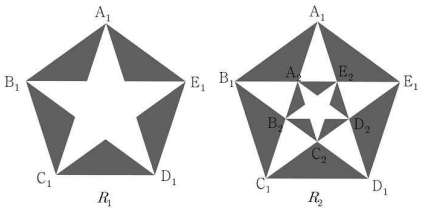
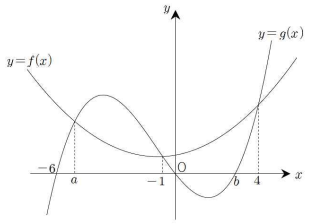
입되는 경우는 두 가지로 구분된다. 제시된 도형과 그래프 자체가 문제에서 하나의 조건으로 반드시 이를 이용하여 문제를 풀어야 하는 경우와 학생들의 문제에 대한 이해를 돕고자 도형과 그래프를 제시하는 경우이다. 후자의 경우는 문항의 완성도를 높임과 동시에 조건의 다의적 해석을 막아주는 역할도 할 수 있다. P3교사의 5번 문항의 경우는 후자에 속한다 할 수 있다. P3교사도 형식적 측면의 오류 내용의 수정·보완 및 윤문을 하였으며 대학수학능력시험과 모의평가에서의 형식을 따라 주어진 조건은 표로 만들어 삽입하였다. 문제에서 제시된 조건에 의하여 $a_1=3$이고 선분과 곡선으로 둘러싸인 부분의 넓이가 1이라는 조건에 의하여 대수적 계산 과정을 통하여 $a_2=3/e$, $a_3=3/e^2$, $a_4=3/e^3$, …을 계산하고 이 계산값을 이용하여 대수적 작도를 하였다. 점 A_n의 좌표는 $(a_2, 1/a_2)$로 점 A_{n+1}의 좌표는 $(a_3, 1/a_3)$을 취하여 그래프를 작도하고 문항에 첨부하여 <표 Ⅳ-5>의 오른쪽 그림과 같이 최종 문항을 제출하였다.

<표 Ⅳ-5> P3교사의 1차 제출 문항과 최종 제출 문항

1차 제출 문항	최종 제출 문항
5. 수열 $\{a_n\}$이 다음 두 조건을 만족한다. (가) $a_1=1$ (나) $a_{n+1}<a_n$ 함수 $y=\frac{1}{x}$ 위의 점 $\mathrm{A}_n\left(a_n, \frac{1}{a_n}\right)$에 대하여 선분 OA_n, OA_{n+1}과 이 곡선으로 둘러싸인 부분의 넓이가 항상 1이라고 할 때, 무한급수의 합 $\sum_{n=1}^{\infty}a_n$의 값을 구하여라.	**5.** 수열 $\{a_n\}$이 다음 조건을 만족시킨다. (가) $a_1=3$ (나) $a_{n+1}<a_n$ $(n\geq 1)$ 곡선 $y=\frac{1}{x}(x>0)$ 위의 점 $\mathrm{A}_n\left(a_n, \frac{1}{a_n}\right)$에 대하여 그림과 같이 $\overline{\mathrm{OA}_n}$, $\overline{\mathrm{OA}_{n+1}}$과 곡선으로 둘러싸인 부분의 넓이가 1일 때, $\sum_{n=1}^{\infty}a_n$의 값을 구하시오. 

S교사와 H교사는 사전과제로 출제한 문항 중 일부 문항은 수정·보완하고 일부 문항은 연수 기간 중 습득한 지식을 활용하여 <표 Ⅳ-6>과 같이 보완하여 최종 제출하였다. H교사는 대수적 계산을 통하여 조건을 만족하는 함수 $f(x)$와 $g(x)$를 먼저 계산하여 이를 직접 입력을 통하여 문항을 제작하고 <표 Ⅳ-6>의 오른쪽 그림과 같이 제출하였다. 두 교사 모두 시간의 부족으로 인하여 완벽한 완성도 측면에서는 미흡한 점이 존재하였다. S교사는 도형 R_3를 완성하지 못한 상태에서 제출을 하였으며 H교사는 x의 범위를 그래프에 명확하게 나타내지 못한 채 제출을 하였다.

<표 Ⅳ-6> S교사와 H교사의 최종 제출 문항

S교사	H교사
2. 정오각형 $A_1B_1C_1D_1E_1$의 한 변의 길이가 1일 때 그림 R_1과 같이 어두운 부분의 넓이의 합을 S_1이라 하자. 정오각형 $A_1B_1C_1D_1E_1$의 각 꼭짓점에서 대각선을 교점으로 하는 정오각형 $A_2B_2C_2D_2E_2$에서 R_2라 하자. 이와 같은 과정을 계속하여 n번째 얻은 그림 R_n에 색칠되어 있는 부분의 넓이를 S_n이라고 할 때, $\sum_{n=1}^{\infty} S_n$의 값을 S_1을 이용하여 나타내면 $\frac{a\sqrt{5}+b}{10}\times S_1$이다. 이때, $a+b$의 값은?  ① -5 ② -4 ③ -3 ④ -2 ⑤ -1	**1.** 이차함수 $y=f(x)$와 삼차함수 $y=g(x)$의 그래프가 그림과 같을 때, $-7\le x\le 7$에서 부등식 $\frac{f(x)}{g(x)}\le 1$의 모든 정수해의 개수는? (단, $-6<a<-5$, $2<b<3$)  ① 3 ② 5 ③ 7 ④ 9 ⑤ 11

3. 도형 제작 및 문항 출제에 대한 교사 인식

학교 현장에서 문항 출제에 대한 어려움을 주는 요인과 도형과 그래프 제작의 어려움에 대하여 알아보고자 <표 Ⅳ-7>과 같이 설문하였다. '도형 및 그래프 제작의 어려움으로 총괄평가(중간, 기말 등)에서 출제하고자 하는 문항의 출제를 포기한 경험이 있는가?'를 묻는 설문에 대한 답변으로 9명의 교사 중 7명의 교사가 도형 및 그래프 제작의 어려움으로 총괄평가(중간, 기말 등)에서 출제하고자 하는 문항의 출제를 포기한 경험이 있다고 응답하였다.

<표 Ⅳ-7> 문항 출제의 어려움에 대한 설문의 L2교사의 답변

15. 총괄평가(중간, 기말 등)에서 문항 출제하는데 있어서 교사들에게 다양한 요소들의 어려움이 존재할 수 있습니다. 아래의 내용들 중에서 어려운 순서대로 괄호 안에 번호를 기입해 주세요.

(④) > (①) > (③) > (②) > (⑤)

① 행정업무과다로 인한 시간 부족
② 내용 선정
③ 난이도 선정
④ 도형 및 그래프 제작
⑤ 공동출제/공동검토

17. 도형 및 그래프 제작의 어려움으로 총괄평가(중간, 기말 등)에서 출제하고자 하는 문항의 출제를 포기한 경험이 있다.	있다	없다
	√	

'총괄평가(중간, 기말 등)에서 문항 출제하는데 있어서 존재하는 어려움의 요소'를 묻는 설문에 대한 설문 문

항의 보기는 연수 중 교사들이 언급한 내용을 바탕으로 설정되었다. 이에 대한 답변으로 학교 현장에서 문항 출제하는데 있어서 어려움을 주는 요인으로 행정업무과다로 인한 시간 부족, 출제 관련 내용 선정, 난이도 조정, 도형과 그래프의 제작, 공동출제와 검토의 5가지 요인 중 가장 큰 영향을 주는 요인으로 2명의 교사가 행정업무과다로 인한 시간 부족을, 1명의 교사가 공동출제와 검토를, 6명의 교사가 도형과 그래프의 제작이 출제에 가장 큰 어려움을 주는 요인이라고 응답하였다.

이와 같은 설문 응답의 결과는 평가 문항 제작을 위하여 도형 및 그래프 제작에 대한 교사 교육의 필요성을 보여준다고 할 수 있다. 이는 수학교사에게 GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수가 필요한지를 묻는 설문에 대한 다음과 같은 결과에서도 확인할 수 있다.

S교사: 수능형 문항 출제 연수가 반드시 모의평가나 수능에 필요한 연수가 아니라 교사가 학교현장에서 평가를 하고자 할 때 올바른 평가와 출제를 위하여 반드시 포함되어야 한다.
L1교사: 그 동안 교과서에 나오는 도형문제를 숫자만 변형하거나 간단한 도형만을 필요로 하는 문항만 출제를 해왔는데 GeoGebra를 활용하면 다양한 형태의 도형문제를 출제할 수 있고 그 과정에서 학생들이 도형의 특성을 인지하는 능력과 창의성이 길러질 것 같고 학생들의 성적 향상에도 기여할 수 있을 것 같아요.
L2교사: 출제할 수 있는 문제의 범위가 넓어졌으며 출제하기 전에 미리 그래프를 그려보고 확인해 볼 수 있어 문제의 오류 여부를 확인해 볼 수 있는 면도 큰 장점이라고 생각합니다.
H교사: 창의적 문항 개발이 가능해지고 문제 출제에 대한 한계를 극복할 수 있다고 생각합니다.

연수에 참여한 상당수의 교사들이 GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수를 통하여 도형과 그래프가 포함된 문항 제작에 대하여 상당한 자신감을 가질 수 있음을 'GeoGebra를 활용한 도형 제작 및 문항 출제에 대한 연수를 통해 선생님이 얻은 것이 있다면 무엇인가?'를 묻는 설문에 대한 다음과 같은 답변을 통해 확인할 수 있었다.

K2교사: 이제 문제 상황을 그리지 못하여 출제를 못하는 경우는 거의 없을 것이라 생각된다.
P2교사: 앞으로 도형 문제의 출제 비중을 상당히 높일 수 있을 것 같다.
P3교사: GeoGebra로 도형과 그래프를 작도하면서 문항을 구성하고 설계하는 안목이 생길 것 같다.
S교사: 도형이나 기하의 문제 출제에 자신감이 생겼으며 학교 수업에서도 GeoGebra를 이용하여 수업개선을 하고 싶습니다.
L2교사: GeoGebra를 통하여 다양한 수학적 표현이 가능하게 되었습니다.
H교사: 기하 프로그램 활용 유익성과 문항 출제에 있어서의 자유로움을 느꼈습니다.

Ⅴ. 결론 및 제언

평가는 학생들이 교실수업에서 이루어지는 교육과정의 정상적 이수를 통해 수학적 개념을 얼마나 이해하고, 또 이를 어떻게 적용할 수 있는가를 측정하는데 있다. 그러므로 평가의 필수 항목인 좋은 문항은 교실수업과 학교교육의 성패를 좌우하는 요소라 할 수 있다(전영주, 2012). 학교 현장에서 평가 문항을 제작하는데 있어서 교사들이 그래프와 도형의 제작에 어려움을 느껴 평가 요소에서 특정 영역을 배제하거나 그래프와 도형을 왜곡하여 출제하는 경향이 있다(양성현·이환철, 2014).

본 연구는 이러한 문제의식에서 출발하였으며 '2014 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수'에 참여한 교사들이 GeoGebra를 활용하여 문항을 제작하고 문항을 수정·보완하는 과정에 대한 사례 제시와 연수 후 교사들이 작성

한 설문을 바탕으로 문항 제작 과정에서 나타난 도형과 그래프 제작에 대한 교사의 인식을 살펴보고자 하였다.

학교 현장의 대부분의 교사들이 문항 출제에 대한 자신의 한계를 인지하고 개선하고자 하는 충분한 의지가 있음에도 불구하고 그 방안을 찾지 못하고 있으며 평가에 대한 확고한 신념과 탁월한 능력을 지니고 있음에도 불구하고 단순한 기술적 제약에 한계점에 부딪힐 수 있다. 본 연구는 연수에 참여한 교사들이 GeoGebra를 활용한 문항 제작 과정을 통하여 문항 출제에 대한 한계를 극복함과 더불어 창의적 문항 개발의 도구적 역할을 할 수 있음을 살펴보았다. 이러한 결과를 통하여 얻을 수 있는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 교사는 GeoGebra를 활용한 문항 제작을 통하여 그래프와 도형이 포함된 문항 제작에 대한 자신감을 가질 수 있다. 교사가 상상하는 문제 상황을 보다 쉽게 구연할 수 있게 되어 보다 창의적인 문항 개발이 가능해지고 문제를 구성하는 안목을 가지게 된다. 이를 통하여 교사는 문항 출제에 대한 한계를 극복할 수 있다.

둘째, GeoGebra를 활용한 문항 제작을 통하여 교사는 그래프와 도형 관련 문항의 출제 빈도를 높일 수 있다. 해석 기하는 대수적인 식을 이용하여 개념을 설명하고 원리를 이해시키려고 하며 이에 관한 계산 능력만을 요구한다. 결국 학생들은 단순한 계산식을 이용한 문제 풀이에 급급하게 된다. 그러나 그래프와 도형을 포함한 문제에서는 자연스럽게 대수적 계산을 줄이고 기하적 성질을 물을 수 있는 문제의 출제도 가능해져 대수적 계산 능력이 부족한 하위권 학생들도 쉽게 접근이 가능한 문항 출제도 용이하게 된다.

셋째, GeoGebra를 활용한 문항 제작은 출제 오류를 줄일 수 있는 도구적 역할을 할 수 있다. 작도를 위한 대수적 계산은 자연스럽게 문항을 검토하는 상황이 되며 대수적 계산에서 오류가 발생하였다면 작도 상황에서 그래프와 도형에 왜곡이 생겨 오류가 발생하게 된다. 역으로 도형이나 그래프의 작도를 통해 문제 상황에 적합한 수치를 찾아 문항을 개발함으로써 오류를 사전에 차단할 수도 있다. 다시 말해, GeoGebra는 복잡한 대수적 계산을 통해 문제를 개발하는 과정을 단축하여 보다 쉽게 문항을 출제할 수 있도록 도울 수 있다.

넷째, 수학과 평가 문항 제작에 대한 현직교사의 체계적인 연수와 더불어 예비교사에 대한 대학교 교육과정 마련이 요구된다. 더불어 교사들에게도 문항 제작 관련 연수에 대한 적극적이고 긍정적인 자세가 요구된다. 교사가 이원분류표를 통하여 출제 내용에 대한 내용 영역과 행동 영역을 분류하고 초안을 작성하였다 할지라도 그 영역에 부합하는 문제를 출제할 수 없다면 교사는 다시 자신의 출제 가능 영역에 맞추어 출제 계획을 작성하고 문항을 제작하는 오류를 반복하게 될 것이다.

다섯째, 대학수학능력시험, 전국연합학력평가, 국가수준 학업성취도 평가 등과 같은 문항과 문항 구성 형식을 구현하려는 교사들의 노력이 필요하다. 가독성을 높이기 위한 좌측 정렬, 수학 기호를 표현하는데 있어서 이탤릭체와 로마체의 구분, 그래프나 도형에서의 실측비 적용과 같은 기본적인 문항 구성 형식을 습득하고 통일해야 한다. 이는 학생들로 하여금 학교에서 치루어지는 총괄평가(중간, 기말 등)와 대학수학능력시험과의 이질감을 줄일 수 있는 역할을 할 수 있다.

본 연구는 경남교육청과 EBS, 한국교육과정평가원이 공동으로 주관한 2014 수능형 문항 출제 전문성 향상 연수에 참여한 교사들이 문항을 제작·수정·보완하는 과정을 제시하고 연수 후 설문에 응답한 9명의 제한적 인원에 대한 분석 결과로 시간적 · 양적 제한점을 지니고 있다. 후속연구에서는 교사의 인적 구성, 지역적 구성, 교육 경력 등 다양한 요소를 고려한 지속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

고상숙・고호경・박만구・한혜숙・홍예윤 (2012). 수학교육평가론. 경문사.

Koh, S. S., Ko, H.-K., Park, M., Han, H. S. & Hong, Y. Y. (2012). *The Theory of Assessment of Mathematics Education.* Seoul: Kyungmoon Sa.

고정화 (2010). 평가 문항의 질 향상을 위한 문항 수정 유형 분석. 학교수학, **12(2)**, 113-136.

Ko, J. K. (2010). A Study on Improving the Quality of the Assessment Items by Analyzing the Types of Their Modification. *School Mathematics*, **12(2)**, 113-136.

공선혜・한인기 (2008). 대수적 방법을 이용한 방접원에 관련된 삼각형 작도문제의 해결 연구. 한국학교수학회논문집, **11(3)**, 399-420.

Gong, S.-H. & Han, I. (2008). A Study on Solving Triangle Construction Problems Related with Radius of Escribed Circle Using Algebraic Method, *Journal of the Korean School Mathematics Society,* **11(3)**, 399-420.

교육과학기술부 (2008). 고등학교 교육과정해설 수학. 교육과학기술부.

Ministry of Education, Science, and Technology (2008). *National Curriculum Guide of Mathematics*. Ministry of Education, Science, and Technology.

김성훈・김신영・김재철・반재천・백순근・서민원 (2010). 예비교사를 위한 교육평가. 학지사.

Kim, S. H., Kim, S. Y., Kim, J. C., Ban, J. C., Baek, S. K. & Seo, M-W. (2010). *Education Evaluation for Pre-Service Teachers.* Seoul: Hak-Ji Sa.

김선희 (2006). 학생평가 전문성을 갖춘 수학교사 양성을 위한 '수학학습평가' 강좌의 교육 내용과 방법에 대한 제안. 학교수학, **8(3)**, 301-326.

Kim, S. H. (2006). Suggestion of Implementing 「Assessment of Mathematics Learning」 Class for Educating Prospective Teachers, *School Mathematics*, **8(3)**, 301-326.

도종훈・김지선 (2009). 작도의 수학교육적 의의와 컴퓨터 환경에서의 작도. 과학과 문화, **6(2)**, 15-23.

Do, J. & Kim, J. (2009). Geometric Construction Using Computer Environment : Its Possibility and Implications for Mathematics Education, *Journal of Science & Culture*, **6(2)**, 15-23.

류현아 (2003). 탐구형 소프트웨어 GSP를 활용한 기하학습 사례연구. 인천교육대학교 교육논총, **21**, 299-323.

Ryu, H. A. (2003). A Case Study in Learning Geometry with an Exploratory Software GSP. *The Journal of Education*, **21**, 299-323.

류희찬・윤옥교 (2011). 역동적 기하 환경에서 비례를 이용한 중학교 함수의 작도. 학교수학, **13(1)**, 19-36.

Lew, H. C. & Yoon, O. (2011). Construction of Elementary Functions through Proportions on the Dynamic Environment. *School Mathematics*, **13(1)**, 19-36.

류희찬・윤옥교 (2012). 역동적 기하 환경에서 비례를 이용한 이차방정식의 지도. 학교수학, **14(4)**, 565-577.

Lew, H. C. & Yoon, O. (2012). Study on the teaching of quadratic equation through

proportions in a dynamic environment. *School Mathematics,* **14(4)**, 565-577.

류희찬·조완영 (1999). 수학적 창의성 신장을 위한 탐구형 소프트웨어의 활용. 청람수학교육, **8**, 127-181.

Lew, H. C. & Cho, W.-Y. (1999). Using Exploratory Softwares for Enhancing Mathematical Creativity. *Chungram Mathematics Education*, **8**, 127-181.

박교식 (2008). 수학기호 다시보기. 수학사랑.

Park, K.-S. (2008). *Revisiting of Mathematical Signs*. Mathlove.

박선화·박은아·서민희 (2013). 고등학교 성취평가제 운영의 실제. 한국교육과정평가원. 연구자료 ORM 2013-85-3.

Park, S. H., Park, E. A. & Seo, M. (2013). *The Implementation of the High School Level in the Achievement Standard Assessment*. KICE, ORM 2013-85-3.

성태제 (2004). 문항제작 및 문항 분석의 이론과 실제. 학지사.

Seong, T. (2004). *Theory and Practice of Making up Questions and Analysis of Evaluation Questions*. Seoul: Hak-Ji Sa.

신범영 (2010). 바람직한 수학 평가 문항 제작에 대한 연구. 서울시립대학교 석사학위논문.

Sin, B. Y. (2010). *A study on making good math questions*. Master's thesis, The Graduate School of Education of the University of Seoul.

양성현 (2012). 수학 교수학습에서 GeoGebra의 역할과 활용 방안에 관한 연구. 성균관대학교 박사학위논문.

Yang, S. H. (2012). *A study on the role and utilization of GeoGebra in teaching and learning of mathematics*. Doctorial Dissertation, SungKyunKwan University.

양성현·이환철 (2014). 고등학교 수학과 지필평가 문항 분석: 기하와 벡터를 중심으로. 수학교육학연구, **24(4)**, 573-593.

Yang, S. H. & Lee, H. C. (2014). Analysis on the Paper-Based Assessment of Mathematics in High School-Focused on Geometry and Vector, *Journal of Educational Research in Mathematics,* **24(4)**, 573-593.

이석현 (2010). 평가 문항 제작에 필요한 교사의 지식에 대한 연구: 중등학교 수학과 평가 문항 컨설팅 내용을 중심으로. 단국대학교 박사학위논문.

Lee, S. H. (2010). *A study on teacher's knowledge for constructing test items-Based on consulting contents of test items in secondary school mathematics*, Doctorial Dissertation, Dankook University.

전영주 (2012). 수학과 평가 문항제작의 실제. 한국학교수학회논문집, **15(2)**, 281-297.

Jeon, Y.-J. (2012). A Study on the Practice of Making up Questions on Schools Mathematics Tests. *Journal of the Korean School Mathematics Society,* **15(2)**, 281-297.

조혜연 (2013). GeoGebra를 활용한 작도 지도 방안 연구. 한국외국어대학교 석사학위논문.

Cho, H. Y. (2013). *A study on the teaching method of geometrical constructions in middle school using GeoGebra,* Master's thesis, Graduate School of Education Hankuk University of Foreign Studies.

한국과학창의재단 (2011a). 창의 중심의 미래형 수학과 교과내용 개선 및 교육과정 개정 시안 연구. 2011-4.

KOFAC (2011a). *A Study on Subject Content Improvement and Curriculum Revision Draft for Future Mathematics focused on Creativity.* Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity. 2011-4.

한국과학창의재단 (2011b). 2009 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정 연구. 2011-11.

KOFAC (2011b). *A Study on Mathematics Curriculum According to 2009 Revised National Curriculum.* Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity. 2011-11.

한국교육과정평가원 (2012). 대학수학능력시험 출제 매뉴얼 수학 영역.

KICE (2012). *Item Development Manual for the College Scholastic Ability Test Mathematics.* Korea Institute for Curriculum and Evaluation.

A case study of assessment items construction through the teacher's training for making up questions utilizing GeoGebra

Yang, Seong Hyun
Korea Institute of Curriculum and Evaluation
E-mail : yangsh90@kice.re.kr

Huh, Nan†
Kyonggi University
E-mail : huhnan@kyonggi.ac.kr

When teachers make up assessment questions regarding the content area that contains shapes and graphs, they should present the pictures so that their role might be represented properly. We exhibited the process of constructing shapes and graphs utilizing GeoGebra, and simultaneously analyzed the process of developing and revising questions using this and awareness changes in teachers who participate in the teacher's training focused on improving professionalism for making up questions such as CSAT(College Scholastic Ability Test). Through the survey they mentioned that making questions utilizing algebraic construction overcame the limitations of making up questions and played an instrumental role in developing creative questions. Based on the results, We suggested effectiveness of making up questions utilizing algebraic construction. Our intention was to improve the skills of teachers for making up questions such as CSAT and to suggest implications about it.

* ZDM Classification : U59
* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U60, 97U70
* Key Words : Teacher's Training, GeoGebra, Making up Question
† Corresponding author