영재교육연구 제24권 제6호
Journal of Gifted/Talented Education
2014. Vol 24. No 6, pp. 1053～1071

http://dx.doi.org/10.9722/JGTE.2014.24.6.1053

문제설정에서의 수학적 창의성 평가 요소에 대한 소고

김 판 수

부산교육대학교

이 연구는 영재를 위한 창의성 프로그램 개발과 적용 그리고 영재의 선발에 이용될 수 있는 문제설정에서의 수학적 창의성 평가에 대한 이론적 고찰과 관찰을 통해 개선된 창의성 평가 요인을 제안하기 위한 것이다. 이를 위해 대학부설과학영재교육원 소속의 초등수학영재 19명에게 주어진 문제를 풀어보고 그 문제와 관련된 우수한 문제를 만들도록 요구하였다. 영재학생뿐만 아니라 예비교사 및 전문가 집단이 각각 영재가 만든 문제를 평가하고 우수한 문제의 특징을 기술하도록 하였다. 이를 통해 문제설정에서의 수학 창의성 평가의 요인을 융통성, 독창성, 원 문제와의 유사성, 문제의 복잡성, 정교성으로 제안한다.

주제어: 수학영재, 문제설정, 수학 창의성, 평가 요소

I. 연구의 필요성과 목적

인성과 함께 창의성은 미래의 글로벌 인재 양성을 위한 핵심 역량 일뿐만 아니라 학교교육에서도 강조되는 덕목이다. 오늘날 창의성이 요구되지 않은 분야가 없지만 창의성은 구체적인 실제 장면에서 더 잘 드러난다. 그러므로 사회의 각 분야에서 일하는 개인의 직위에 상관없이 갖추어야 할 필수적인 능력으로 인식되고 있다.

수학분야의 창의성도 수학적 문제해결과 같은 실제 상황에서 가장 많이 필요로 하는 능력이기에 수학적 창의성은 오랫동안 문제해결 내에 있는 것으로 간주되어왔다. 문제설정은 수학과 과학 탐구의 한 부분으로서 문제해결에 못지않게 중요하지만(Einstein & Infeld, 1938) 최근에 와서야 관심을 받고 있다.

문제설정은 학생의 문제해결력 향상에 기여하며(최윤석, 배종수, 2005; 김준겸, 임문규, 2001), 수학교과에 대한 태도와 흥미를 긍정적으로 변화시키며(송민정, 박종서, 2005), 창의성을 고취시키는 데 도움을 준다(Sheffield, 2009). 문제를 만드는 동안 학생들은 높은 집중력으로 관련 문제를 더 잘 이해하고 분석할 수 있게 되어 수학에 대한 자신감과 수학적 사고

교신저자: 김판수(pskim@bnue.ac.kr)
*본 연구는 2014학년도 부산교육대학교 교육연구원의 지원에 의한 것임.

능력에도 영향을 미친다. 또한 문제를 설정하는 동안 다양하고 확산적인 사고활동이 일어나 궁극적으로 창조성 육성에 도움이 된다(임문규, 2013).

우리는 초등학교 수학교과서에서 문제 만들기 활동을 어렵지 않게 찾을 수 있으며, 이와 같은 활동은 창의성을 신장시키는 활동으로 간주된다(박만구, 2009; 이경언, 이광우, 김현미, 임선하, 2010). 한편 Silver와 Cai(1996)는 문제설정 활동이 정규 수업시간에 사용된다면 마땅히 평가방법이 개발되어야 된다고 주장하면서 문제설정 활동의 평가기준을 제안하였다. 사실 문제설정에 대한 평가 연구가 더 절실하게 요구되는 분야는 영재교육과 창의성 분야이다. 이강섭·황동주(2007)는 창의성과 문제해결 및 문제설정 사이에 높은 상관이 존재함을 확인하고 문제해결과 문제설정을 동시에 고려한 문제해결력 측정도구 고안을 제안하며, 영재의 심층면접 시간에 문제설정 능력의 측정을 권고한 바 있다.

확산적 사고 측면에서 이루어지는 창의성 평가는 크게 수학적 문제해결, 문제설정, 재정의로 구분된다. 하지만 수학 창의성 평가를 유창성, 융통성, 독창성 요소를 측정하여 합산하는 기존의 평가방식에 대해서는 논란이 많다. 이러한 방식은 Guilford의 확산적 사고능력의 측정과 같은 심리측정법에 근거를 두고 있어 단편성을 극복하지 못하고 있으며, 그나마 창의성 판별도구로 확산적 사고능력과 수학문제를 연합한 형태의 모형을 사용하고 있어 창의적 인간의 인지과정을 이해하는 데 한계가 있다(유윤재, 2004). 수학 창의성 평가에서 반응의 우수성은 창의성 측정에서 핵심적인 부분이지만 대부분의 수학 창의성 평가에서 반응의 질적 우수성이 간과되고 있다. 수학적 창의성 측정과 평가 연구가 비교적 활발하게 연구되었지만(최병훈, 방정숙, 2012), 문제설정을 통한 수학 창의성 평가 연구에 대해서는 찾기도 힘들고 또한 기존의 평가 요인으로는 수학적 창의성을 제대로 측정할 수 없을 것이다.

이에 우리는 문제설정을 통한 창의성 평가의 이론적 측면들을 검토하여 평가 요인과 평가 방안을 개선시킬 필요가 있다. 우선 초등 수학영재가 설정한 수학문제의 우수성을 수학영재, 예비교사 및 전문가가 평가한 내용을 분석하여 문제설정에서의 창의성 평가 요인을 마련하고자 한다. 이는 초등 수학영재의 프로그램 개발과 수업 그리고 선발에서 문제설정을 이용하는데 도움을 줄 것이다.

II. 이론적 배경

1. 수학 창의성과 문제설정

라틴어로 창의성은 ‘새로운 것을 만들어내는 것’이지만, 창조되는 실체는 문화적 가치를 지녀야 한다. 수학활동에서는 수학적으로 새롭고 가치 있는 수학이 창조되어야 한다. 문제설정의 특성이 문제를 창조하는 것이며 창의성의 본질이 창조를 의미한다면, 창의성은 그 본질 면에서 문제해결보다는 문제설정에 더 가깝다(Leung, 1997). 문제설정은 일반적으로 그 문제를 풀기 위해 형식화하는 사람에게는 그 해가 알려지지 않은 새로운 문제형성을 말한다. 그 해를 알지 못하고 어떤 문제를 만들었거나 학생들의 기말 시험을 위해 문제를 만들었다면 그 문제가 목표(target)하는 사람들에게는 해가 알려져 있지 않기에 문제설정에 해당된다.

<표 1> 창의성, 문제해결, 문제설정의 관계(Silver, 1997)

문제해결(학생)	창의성	문제설정(학생)
많은 해석, 해결방법 또는 해를 갖는 개방형 문제를 탐구한다.	→ 유창성 ←	해결해야 할 많은 문제를 생성한다. 설정된 문제를 공유한다.
한 가지 방법으로 문제를 해결(표현, 정당화)하고 난 후 여러 가지 방법으로 해결한다.	→ 융통성 ←	여러 가지 방법으로 해결될 수 있는 문제를 설정한다. what-if-not 접근을 사용하여 문제를 설정한다.
여러 가지 해법이나 해를 조사한다(표현하거나 정당화한다). 그리고 난 후 다른 것을 생성한다.	→ 독창성 ←	여러 가지 설정된 문제를 조사한다. 그런 후 다른 문제를 설정한다.

수학을 배우는 학생들에게 있어서 문제 설정자 수준은 문제 해결자 수준보다 한 단계 높은 위치에 있다(Sheffield, 1994). 최고 수준의 단계는 새로운 수학을 만들어 내는 사람들로서, 새로운 질문을 던질 줄 알고, 그 질문에 답하기 위해 수학을 발견하거나 발명해 내는 일이다. 문제설정과 창의성과의 관련성은 문제설정 그 자체에 내재된 것이라기보다는 문제해결과의 상호작용에서 나타난다(Silver, 1997). 하나의 문제를 형식화하고 해결하려는 시도, 재형식화하며 마침내 그 문제를 해결하는 상호작용 속에서 창의성이 발휘된다는 것이다. 이에 Silver는 창의성의 주요 요소가 문제해결과 문제설정의 사이에서 어떻게 작용하는지를 <표 1>과 같이 요약하고 있다. 문제설정은 문제해결뿐만 아니라 수학 창의성과도 높은 상관(r=.618)을 유지하며(이강섭, 황동주, 2007), 이러한 사실은 Silver(1994)와 Leung과 Silver (1997)의 연구에 의해서도 지지되고 있다.

2. 문제설정의 평가와 그 기준

문제설정은 다양한 형태로 주어진다. 수학 내용이나 맥락에 제한을 받지 않고 그들이 생각하는 어떤 문제라도 자유롭게 적을 수 있는 개방형 과제가 있는가 하면, 어려운 문장제 문제를 요구하기도 하고(김판수, 2005; 임문규, 2013), 가능한 많은 계산식을 요구하기도 하며(임문규, 2006), 특별한 정보나 과제 또는 특정 문제해결을 통해서 문제를 설정하도록 요구한다(Silver & Cai, 1996). 예를 들면, 일본에서는 문제설정의 과제가 주어진 문제와 유사한 문제를 설정하도록 제한하거나 또는 해결전략이 유사한 문제를 설정하도록 제한 한 반면, 네덜란드에서는 백분율에 관한 문제설정으로 제한했다(Leung, 1997, 재인용).

우리나라에서는 실세계 상황으로부터의 문제 만들기와 수학적 문제로부터 문제 만들기가 언급되고 있다. 실 세계적인 상황이란 아직 수학화가 되지 않은 상황을 말하는데, 수학적 문제를 만들 수 있는 상황으로 일상생활의 일과나 놀이 게임의 상황, 대상 및 소재로부터, 그리고 가까운 주위로부터 문제 만들기를 할 수 있다. 그러나 수학적 문제로부터 문제 만들기는 어떤 문제를 푸는 과정에서 또는 문제를 푼 후에 그 문제와 유사하거나 새로운 문제를 만드는 활동을 말한다.

문제설정의 과제 환경이 다양하지만 그에 따른 평가방법도 달랐다. Krutetskii 연구의 문

제설정에서는 답이 하나뿐인 문제설정을 요구하였고, Hashimoto의 연구에서 설정된 문제는 그 문제가 원문제와 유사함의 정도에 따라 평가되고, Silver의 연구에서는 문제가 설정되는 방식에 따라 분류되었다(Leung, 1997). 한편 문제설정이 창의성 검사로 사용되었을 경우는 유창성, 융통성, 독창성에 점수를 부여하는(이대현, 2012; 이강섭, 황동주, 2003: Balka, 1974) 반면, 산술적 조작과 문제를 해결하는 데 사용된 단계의 수에 따라 점수를 부여하였다(Getzels & Jackson, 1962).

Silver와 Cai(1996)는 문제설정의 평가에 대해서 3가지의 기본 요인을 제시한다. 첫째는 만든 문제의 개수이다. 두 개의 문제를 동일한 것으로 간주할지 다른 문제로 간주할 것인지에 대한 분명한 명시가 요구되지만, 만든 문제의 개수를 하나의 요인으로 본다. 둘째는 독창성이다. 독창성을 측정하기 위해서는 많은 반응이 요구되므로 몇몇 그룹의 반응을 모두 모아서 독창성의 빈도를 측정할 수 있다. 셋째로는 복잡성이다. 복잡성에는 언어적 복잡성과 수학적 복잡성으로 구분된다. 언어적 복잡성은 문제의 진술구조를 과제 제시형(예, 두 사람이 가진 구슬의 개수를 구하시오), 비교 제시형(예, A가 가진 구슬은 B보다 몇 개가 더 많은가), 조건 제시형(예, A가 5개의 구슬을 가지고 있고, B는 A보다 8개 더 많은 구슬을 가졌다면, B가 가진 구슬의 수는 얼마인가)으로 분류하였고, 수학적 복잡성을 Marshall(1995)의 분류를 이용하여 기본적인 문장을 변화(change), 집단(group), 비교(compare), 재진술(restate), 다양성(vary)로 분류하여 대수적 문장제를 이들 5개의 의미 관계의 결합으로 평가하였다.

이경미 외(2012)의 연구에서 대부분(70%)의 학생들이 과제 제시형의 문제를 만들었다는 보고가 있듯이 학생들에게 있어 복잡한 관계를 내포하는 문제설정은 쉽지 않는 과제이다. 문제설정에서 문제의 복잡성은 기존의 창의성 평가에서는 측정될 수 없는 평가요소이며, 반응의 질적 차이를 드러내는 특성이다. 문제해결에서는 이미 해법의 우수성을 반영하는 수학적 창의성 평가 방안에 대한 연구(김판수, 김난영, 2013)가 나왔지만 문제설정의 창의성 평가에 대해서는 그러한 연구를 찾기 힘들다.

III. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 초등 수학영재, 예비교사 및 전문가 집단으로 구성된다. 수학영재는 P대학교부설과학영재교육원 초등 수학반 19명(남 14, 여 5)으로 5학년 11명과 6학년 8명은 구성되어있다. 이들은 학교장의 추천으로 본 영재교육원의 선발 전형에 서류를 제출한 후 교사의 추천서, 학부모관찰서, 생활기록부 및 심층면접을 통해 최종 선발되어 100시간 정도의 영재프로그램을 받은 상태였다. 수학영재는 주어진 문제(참고문제)를 풀어보고 관련되는 수학문제를 만들게 된다. 그런 후에 자신들이 만든 문제를 평가하게 된다.

예비교사는 B교육대학교 수학 관련 학과 4학년 학생(N=31)으로 수학교육에 관심이 많고 영재들이 만든 문제를 쉽게 이해할 수 있는 수준이다. 이들은 수학영재들이 만든 문제를 읽어보고 문제의 우수성을 평가하고 그 이유를 쓰게 된다. 예비교사를 선택한 이유는 수학영

재의 산출물을 적절하게 평가해 줄 수 있는 초등영재교육담당 교사를 표집하기 어려웠고 또한 수학적 소양면에서 수학영재 담당교사와 크게 다르지 않았기 때문이었다. 마지막으로 전문가 집단은 B시에 근무하는 수학 관련 교수 3인으로 수학영재가 만든 문제를 평가하고 그 타당성을 협의하는 전문가였다.

2. 수학 문제설정 자료개발

문제설정 상황 중 하나는 ‘임의의 상황에서 문제 만들기’이지만, 본 연구에서는 하나의 수학문제를 해결해 보고 그와 관련된 문제를 만드는 상황을 선택하였다. 이는 제한된 조건 하에서 문제를 만드는 능력과 수준을 알아보기 위함이다. 본 연구자가 초등학교 5학년 교과서를 바탕으로 수와 연산 영역에서 하나의 대수 문제를, 그리고 도형영역에서 하나의 도형문제를 선정하여 ‘참고문제’를 만들었다. 도형은 직육면체의 전개도에 관한 교과서 문제를 변형한 문제였다. 각 ‘참고문제’는 Ⅳ장의 연구결과에서 볼 수 있다(<표 2>, <표 4> 참조).

3. 자료조사와 수집 및 분석

본 연구에서는 수학영재들에게 수와 연산 영역과 도형 영역에서 각각 한 문제씩 ‘참고문제’를 제공하고 그것을 풀어보고 이 문제와 관련되는 새로운 우수한 문제를 만들도록 요구하였다. 수학영재의 문제 만들기는 주말에 하는 영재 수업시간을 활용하였다. 대수문제와 도형문제를 오전과 오후에 각각 25분씩 할애하여 문제 만들기 활동을 진행하였다. 첫 10분간은 앞에서 개발된 ‘참고문제’를 풀어보고 그 답과 풀이과정을 확인하였다. 대부분의 학생들이 문제를 쉽게 이해하고 빠르게 해결하였다. 그런 후 이 문제와 관련되는 ‘우수한 문제 두 문제’를 만들도록 요구하였으며, 각 영역 당 두 문제를 만드는데 각각 15분의 시간을 주었다. 그 이후에 그들이 만든 문제를 그 해를 구하는 방식에 따라 유사한 것끼리 분류하고, 각 범주에서 대표적인 문제들을 뽑아서 각 문제의 우수성을 평가하고 점수를 부여하도록 하였다.

점수를 부여하는 방식은 ‘참고문제’를 50점으로 기준으로 하고, 기준이 못되는 문제 중 아주 좋지 못한 문제는 10점, 좋지 못한 문제는 30점, 참고문제 정도의 수준은 50점, 참고문제보다 더 우수한 문제는 70점, 매우 우수한 문제는 90점을 기준으로 점수를 매기도록 하였다. 높은 점수를 부여한 문제와 최저 점수를 부여한 문제에 대해 그 사유를 쓰게 하였다. 또한 같은 문제 리스트에 대해 예비교사와 전문가 집단도 같은 방법으로 평가하도록 요구하였다.

영재들이 만든 문제의 난이도를 측정하기 위해서 2개 초등학교 6학년 2개 반씩(대수문제에 62명, 도형문제에 72명)을 선정하였다. 한 학교는 대수 문제 리스트(<표 3> 참조)를 풀고, 다른 학교 학생은 도형문제(<표 5>참조)를 풀었다. 문제를 풀기 전에 ‘참고문제’를 먼저 풀어보고 답을 확인하고 난 후 각 문제당 4분의 시간을 주고 문제를 해결하도록 하였다. 수집된 자료는 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 통계치를 구하는 데 사용되었다.

IV. 연구 결과

1. 수학영재의 문제설정과 분류 기준

가. 대수문제의 설정과 분류

5~6학년으로 구성된 초등 수학영재 19명에게 다음 참고문제를 풀어보고 우수한 관련 문제 두 가지를 만들도록 요구하였다.

<표 2> 대수문제 설정을 위한 참고문제

[문제] 순영이네 가족의 밭 전체의 $\frac{2}{3}$는 배추를 심었고, 나머지 밭의 $\frac{1}{4}$은 고추를 심었으며, 배추와 고추를 심고 남은 밭에는 모두 무를 심었습니다. 무를 심은 밭은 전체의 얼마입니까?

수학영재는 한 명을 제외하고 모두 두 문제씩을 만들었다. 두 문제를 만들지 못한 학생은 우수한 문제를 만들기 위해 고민을 하다 문제를 완성할 기회를 놓친 것이다. 총 37문제 중에서 한 문제는 참고문제와 맥락이 전혀 달랐고, 두 문제는 문제를 이해하기 힘들어서 분석에서 제외를 하였다. 그러나 문제에 오류가 있어도 문제 설정자의 의도가 분명한 것은 분석대상에 포함시켰다. 총 34문제 중 참고문제와 구조가 동일한 것(6 문제)과 참고문제보다 더 쉽게 해결될 수 있는 문제(3 문제)가 있었다. 참고문제의 구조를 약간 변형하거나 더 많은 단계로 심화한 문제(17 문제)가 가장 많았다. 처음에 주어진 양을 구하는 문제(4 문제)는 참고문제와 상이한 구조이나 교과서에서 다루어지는 문제이다. 그러나 구조가 독특하고 복잡한 문제(4 문제)도 있었다. 문장의 표현에서 일부 학생들은 문제를 재밌거나 익살스럽게 표현하려 했으며, 그리고 대부분의 응답지에서 자신이 낸 문제를 해결한 흔적을 찾을 수 있었다.

<표 3> 대수 문제의 분류와 해의 일반식

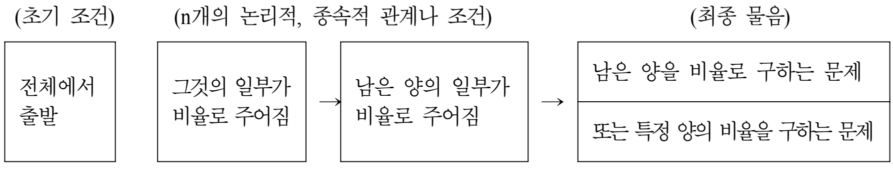
유형	문제의 번호와 예시	빈도	해의 일반식
참고문제와 유사한 문제	(A1) 친구에게 줄 종합선물세트를 만들고 있습니다. 상자의 2/5에는 초콜릿, 나머지의 4/6에는 사탕을, 남은 공간에는 젤리를 넣으려고 한다. 젤리를 넣을 공간은 전체의 얼마입니까?	6	(1-s)(1-t)
참고문제보다 더 간단 문제	(A2) 칠판의 1/2을 선생님이 쓰고, 학생들은 1/3을 썼습니다. 사용하지 않은 칠판은 전체의 얼마인가?	3	(1-s-t) 또는 a・s・t
참고문제와 유사한 구조이나 약간 변형되거나 심화된 문제	(A3) 뇌의 2/3는 사랑하는 사람의 생각에 사용하고, 남은 용량의 1/2은 도움을 주는 생각에 사용되고, 남은 뇌의 1/6은 기생충이 먹었다고 할 때, 남은 뇌의 용량은 얼마입니까?	5	(1-s)(1-t)(1-u) 또는 (1-s)(1-t)(1-u)(1-v), (1-s)(1-t)・u
	(A4) 초등학생 1000명을 상대로 자신이 가장 좋아하는 과목을 물었다. 그 중 1/2이 수학을, 남은 학생의 3/4은 과학을, 나머지 학생은 모두 사회를 좋아한다고 할 때 나머지 학생들은 모두 몇 명인가?	12	a(1-s)(1-t) 또는 a(1-s)(1-t)(1-u), a(1-s)(1-t)・u

처음에 주어진 양을 묻는 문제	(A5) 공깃돌의 1/3을 친구에게, 나머지 1/4를 다른 친구에게 주었더니 3개가 남았다. 공깃돌은 처음에 몇 개있었는가?	4	a/(1-s-t) 또는 a/ (1-s)(1-t)
참고문제와 유사한 맥락이나 구조가 다른 문제 ※4문제 중 한 문제는 생략함	(A6) A대학과 B대학에서는 각각 A학점 받는 학생수가 45%와 72%이다. 그런데 어느 날 A대학과 B대학이 합쳐졌다. A대학 학생은 B대학 학생의 2/3일 때, 통합된 AB대학의 A학점 학생 수는 전체의 얼마인가?	1	(s・t+u・v・t)/(1+w)
	(A7) 100명중 1/4의 사람들은 초콜릿을, 남은 사람의 1/5의 사람들에게 사탕을, 남은 사람의 1/6 사람들에게 주스를 주었고, 남은 사람들에게 피자 10판을 나누어 주었을 때, 피자를 먹은 사람은 1명당 얼마의 피자를 먹었는가?	1	a(1-s)(1-t)+a・s・t
	(A8) 물 5L가 있었는데 갑자기 물병이 쏟아져 1/3이 흘렀고, 흐른 물 중 7/10은 수건으로 다시 담았다. 남은 물의 반을 물총놀이에 썼다. 남은 물은 몇 L인가?	1	a-{a(1-s)+a・t・u}・v

나. 대수적 문제설정의 복잡성 분류

문장의 구조와 구성 요소 사이의 관계에 의해 수학적 의미를 표현한다. 이러한 구조를 분석하거나 분류하는 일은 까다롭다. 문제를 구성하는 주요 부분과 보조 요소가 이루고 있는 관계를 문제의 구조라 할 수 있다. 문장의 구성을 분석하는 방법으로 미지의 것, 자료의 개수, 조건, 보조요소가 이루고 있는 요소들 사이의 관계로써 수학적 구조를 구분하거나(라우성, 백석윤, 2009) 또는 수학 문장제의 문장구조를 단문중심 유형과 복문중심 유형으로 분류하기도 한다(강화나, 백석윤, 2009). 또한 Marshall(1995)은 대수적 문제의 하위 요소들 간의 의미관계에 따라 분류를 하였다. 이런 분류는 문장의 성질을 나타내는 데 도움이 되지만 문장의 구조를 파악하는데 한계가 있다.

우선 참고문제의 문장을 논리적 종속 관계나 조건에 따라 분해를 해보면 전체 양에서 출발을 하게 되고, 그것의 일부가 비율로 주어지고, 남은 양의 일부가 비율로 주어지고 난 후 남은 양을 비율로 구하는 문제이다. 이러한 논리적 구조는 일차적이고 순차적인 관계를 나타내는 데 도움이 되지만 구조를 간결하게 나타나지 못한다. 이에 본 연구자는 대수적 문장에 한하여 해를 구하는 과정을 대수적으로 나타낼 수 있다는 점에 착안하여 해당 문제의 해를 대수적으로 표현하여 그 표현에 따라 문제의 구조를 분류하고자 하였다. 이러한 방법은 대수적 문장제를 구성하는 언어적 장식물을 배제하고 남은 철골 구조물과 같은 것으로 그 문장의 복잡성과 구조를 한 눈에 볼 수 있다는 장점이 있다.



[그림 1] 문제의 논리적 구조

참고문제에서 문제를 구성하는 필수적인 요소만을 [ ]으로 나타내면, [전체], [$\frac{2}{3}$], [나머지], [$\frac{1}{4}$], [남은], [모두], [전체의 얼마]. 이러한 요소들은 해를 구하는 데 대수적인 요인으로 작동하게 되고 아래와 같이 그 자취가 남게 된다.

$1 \rightarrow (1-\frac{2}{3}) \rightarrow (1-\frac{2}{3})\ (1-\frac{1}{4})$: 해의 생성 과정

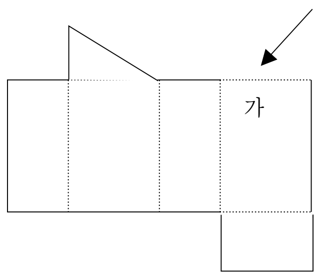
설정된 문제를 분류하고 그것을 나타내는 방법으로 문제의 구성요소 $\frac{2}{3}$와 $\frac{1}{4}$를 s, t로 치환하여 일반해 (1-s)(1-t)로 나타내었으며, 이것을 '해의 일반식'(<표 2> 오른쪽 칸 참조)이라 부르자. 이러한 '해의 일반식'은 해의 생성 과정과 그 해의 복잡성을 반영하고 있다.

다. 도형 문제설정과 분류

수학영재들이 문제 만들기에 앞서 함께 풀이보고 문제 설정을 위한 지표가 되는 참고문제는 육면체의 전개도를 변형한 것이다.

<표 4> 도형 문제 설정의 참고문제

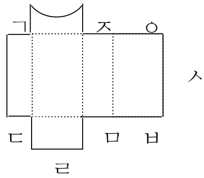
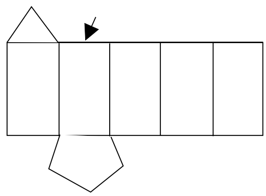
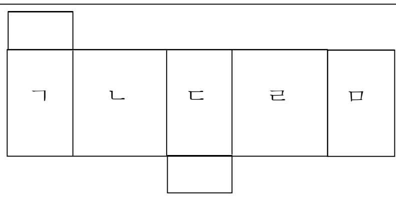
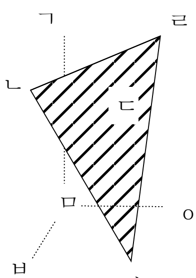
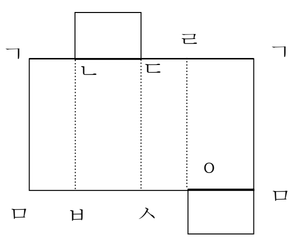
[문제] 직육면체 모양의 종이 상자에서 모서리와 면을 잘라서 펼친 모양의 일부입니다. 점선을 따라 접었을 때 직육면체 모양이 되도록 '가' 사각형 위 모서리에 그림을 그려 보시오.

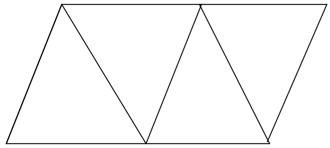
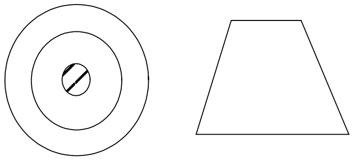
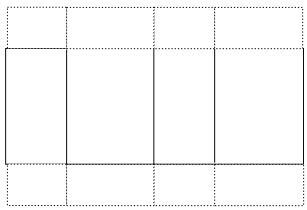


도형영역에서 수학영재들이 만든 문제를 분류함에 있어서도 대수 문제처럼 그 문제가 해결되는 과정이 유사한 것끼리 분류하였다. 19명이 두 문제씩을 만들도록 요구했는데 이해할 수 있는 문제가 32개였다. 설정된 문제는 4가지 형태로 분류할 수 있었는데, 참고문제와 동일한 구조의 문제(12 문제)와 이를 약간 변형한 문제(각 기둥이나 각뿔로 변형함: 9 문제)가 가장 많았다. 다음은 도형의 전개도 형성의 여부와 관련되는 문제(3 문제)와 그 외 문제는 특수한 문제(9 문제)로 분류하였는데 초등 수준에서 해결할 수 없는 문제가 많았다. 사실 특수한 문제들은 서로 유사성이 없어서 각각이 하나의 범주로 분류할 수 있었다.

대수문제의 설정에서는 '해의 일반식'을 통해 유사함의 정도를 쉽게 판단할 수 있어 구조가 같은 문제끼리 분류하기가 용이했다. 그러나 도형 문제에서는 두 문제가 같은 종류의 문제라고 말할 수 있는 분류의 구분이 명확하지 않았다.

<표 5> 도형 문제의 분류와 빈도

<table>
<tr><th>유형</th><th colspan="2">문제의 번호와 예시</th><th>빈도</th></tr>
<tr><td>참고 문제와 유사한 문제</td><td colspan="2">(F1)
점선을 접어서 육면체를 만들기 위해서 남은 면에 붙을 수 있는 것을 그리세요.
</td><td>12</td></tr>
<tr><td rowspan="2">참고문제를 각기둥이나 각뿔로 변형한 문제</td><td>(F2) 입체 도형의 전개도가
되기 위해서는
오른쪽 그림의
화살표 변에 들어갈
그림을 그리시오.</td><td></td><td>4</td></tr>
<tr><td>육각뿔 모양의 종이상자를 자른 일부이다.
점선을 따라 접었을 때 육각뿔 모양이 되도록
‘가∼바’를 변형시키시오.</td><td></td><td>5</td></tr>
<tr><td>육면체의 전개도 여부에 관한 문제</td><td colspan="2">(F3)

육면체의 전개도에서 필요 없는 부분을 찾으시오.</td><td>3</td></tr>
<tr><td>특수한 문제(일부)</td><td colspan="2">
(F4) 빗금 친 부분을 오른쪽 전개도에 나타내시오.</td><td>1</td></tr>
</table>

(F5) 이 전개도에서 만들어지는 정사면체의 꼭짓점의 개수와 모서리의 개수의 합은 얼마입니까?		1
(F6) 이 모양의 겨냥도를 그리시오.	위에서 본 모양 옆에서 본 모양 	1
(F7) 위아래 점선으로 된 4개의 칸에 사각형을 넣어 직육면체의 전개도가 되도록 하는 방법의 가지 수를 구하시오.		1

두 영역에서 영재들이 설정한 문제에는 오류나 이해 불가능한 문제는 많지 않았으며, 분석 가능한 문제 중 적어도 60%이상이 참고문제와 유사하거나 조금 변형한 수준의 문제였다. 그러나 나머지 문제 중에는 독특하고 사고를 요하는 문제가 대수 문제에서 더 많이 나왔으며, 도형문제에서는 중등과정의 내용을 묻는 문제가 상당하였고 문제에 오류도 많이 발견되었다.

2. 우수 문제에 대한 평가

가. 대수 문제설정에 대한 평가

<표 5>의 문제로써 연구대상자에게 우수함의 정도에 따라 점수를 부여하게 한 후 가장 높게 그리고 가장 낮게 평가한 문제의 특성이나 배점 이유를 쓰게 하였다. 그리고 일반학교 6학년 2개 반(N=62)에 이들 대수문제를 풀어보게 함으로써 정답률을 환산하였다(<표 6>참조).

<표 6> 대수문제에 대한 평가

대수문제		수학영재(N=19)		예비교사(N=31)		전문가(N=3)
문제	정답률(N=62)	평균	표준편차	평균	표준편차	평균
A1	59.68	35.62	20.46	40.16	20.32	46.67
A2	25.81	31.58	19.51	36.00	20.21	36.67
A3	40.32	59.05	22.25	55.08	22.87	45.33
A4	77.42	58.21	26.86	57.64	25.19	50.00
A5	59.68	62.73	21.36	61.52	29.90	61.67
A6	3.23	77.73	20.69	67.88	26.56	75.00
A7	16.13	67.63	23.41	61.44	25.15	68.33
A8	20.97	58.79	27.25	55.28	27.59	66.67

세 집단이 부여한 점수에 대해서 모두 높은 상관이 나왔다. 특히 학생과 예비교사는 거의 완전 상관에 가깝게 나왔다. 그리고 각 집단별로 각 문제에 준 점수와 정답률과의 상관을 구해보니, 전문가 집단이 영재학생과 예비교사에 비해 월등히 높은 부적 상관을 보였다(<표 7> 참조). 예비교사는 점수간의 편차가 작아서 상관이 낮게 나왔지만 우수 문제에 대한 서열은 다른 집단과 거의 같다. 그리고 대체로 낮은 정답률에 대해서 높은 점수를 주었다. 예를 들면, <표 8>에서 우수한 문제로 지명된 A5, A6, A7, A8의 난이도가 높았다.

한편 문제 A2는 비교적 낮은 점수를 받았지만 정답률이 낮은 이유는 이 문제를 참고문제와 같은 방식으로 해결할 수 있다고 문제를 풀어본 학생들이 혼동했기 때문이다. 그리고 A5는 비교적 높은 점수를 받았지만 정답률이 높은 이유는 문제에 관련된 숫자가 단순하여 해를 예상하거나 확인하기가 용이하였지만 문제의 구조가 참고문제와 달랐기에 비교적 높은 점수를 부여하였다. 학생과 예비교사가 부여한 점수에 표준편차가 매우 컸지만 전문가 집단은 서로 일치하는 점수가 많을 정도로 편차가 작았다.

<표 7> 집단 간 상관 및 정답률과의 상관(대수문제)

	1	2	3
1. 영재학생			
2. 예비교사	.99		
3. 전문가	.85	.83	
4. 정답률	-.34	-.22	-.50

<표 8> 우수 대수문제와 그 특성

집단	가장 우수한 문제 세 문제	선정이유
영재학생	A6-A7-A5	복잡하고 어렵다. 문제가 흥미롭고 특이하다.
예비교사	A6-A5-A7	복잡하고 사고력을 요구한다. 역순을 생각하는 문제다. 실생활 문제이다. 난이도가 적절하다.
전문가	A6-A7-A8	사고력을 요하는 문제이다. 참고문제와 문제의 구조가 다르다. 흔히 접하는 문제가 아니다.

<표 8>은 우수한 문제를 선택한 이유를 간략히 요약하고 있다. 영재학생이 우수한 문제를 선택한 이유는 ‘복잡하고 어려웠기 때문이다’가 압도적으로 많았다. 복잡하고 어려운 까닭은 ‘반복 계산과 같이 복잡한 계산을 내포한다. 사고력을 요구한다. 거꾸로 생각해서 푸는 문제이다.’와 같이 나타났다. 그 외에도 문제의 특이성, 전에 보지 못한 흥미로움 그리고 적절한 수준을 꼽았는데 이 경우는 1위를 선정한 문제가 달랐다. 예비교사의 경우도 학생들과 유사한 이유를 말했으나 우수한 이유가 더 다양하게 나타났다. 즉, 문제의 복잡성이 가장 많았지만 문제의 수준의 적절성과 실생활 문제이기 때문이라는 답도 많았다. 전문가의 생각은 영재학생의 선정이유와 흡사하였다. 한편 가장 낮은 점수를 부여한 문제에 대한 이유는 세 집단 모두 그리고 최하순위로 선택된 문제에 상관없이 ‘너무 쉽고 간단하다’는 것이었다.

나. 도형 문제 설정에 대한 평가

도형문제는 문제의 형성에서 사용된 아이디어가 다양하여 그것을 일정한 기준으로 분류하기가 쉽지 않았고, 각 분류에서 선택된 문제도 그 대표성이 우려되어 특수문제로 분류한 문제가 많았다. 도형문제를 풀어본 2개 반(N=72)은 비교적 학력수준이 높은 A급지의 같은 학교의 6학년이며, 정답률이 비교적 높음을 알 수 있다(<표 9> 참고).

<표 9> 도형문제에 대한 평가

도형		수학영재(N=19)		예비교사(N=31)		전문가(N=3)
문제	정답률(N=72)	평균	표준편차	평균	표준편차	평균
F1	91.18	56.32	20.40	52.60	13.16	28.33
F2	75.00	53.68	26.34	51.40	19.34	66.67
F3	97.06	48.42	18.34	47.80	19.95	23.33
F4	66.18	68.95	22.58	69.00	16.33	65.70
F5	27.94	65.26	24.80	47.64	17.13	30.00
F6	83.82	62.37	25.62	59.60	21.36	30.00
F7	38.24	60.79	23.70	63.20	18.92	55.33

<표 10>에서 수학영재가 평가한 문제 우수성의 점수와 정답률 사이에 높은 부적 상관이 있음(r=-.60)을 확인할 수 있는데, 이는 대수문제뿐만 아니라 도형문제에서도 수학영재는 문제의 우수성을 문제의 난이도와 관련지어 평가하였다. 예비교사와 전문가의 평가는 문제 난이도와 높은 상관을 나타내지 못했다. 집단 간 상관에서 전문가와 영재학생 간에도 낮은 상관을 보인 것(r=.30)은 전문가가 문제의 우수성을 종합적으로 평가하였기 때문으로 보인다..

<표 10> 집단 간 상관 및 정답률과의 상관(도형문제)

	1	2	3
1. 영재학생			
2. 예비교사	.64		
3. 전문가	.30	.58	
4. 정답률	-.60	-.15	-.28

<표 11> 우수 도형 문제와 그 특성

집단	가장 우수한 문제 세 문제	선정이유
영재학생	F4-F5-F6	- 어렵고 사고력을 요한다. - 신기하고 특이하다. - 흥미롭다.
예비교사	F4-F7-F6	- 다른 여러 가지 개념이 관련되어 사고를 요구하는 문제이다. - 창의적 발상이 요구된다. - 직관적 도형감각이 필요하다.
전문가	F4-F2-F7	- 사고력을 요구한다. - 참고문제와 관련이 깊으면서도 새로운 문제다.

절반 이상의 영재학생은 우수한 도형 문제란 '사고력을 요하는 문제'로 보았다. 그리고 '문제가 새롭다'와 '흥미롭다'는 이유도 많았다. 한편 예비교사는 1순위로 선정한 문제에 내재된 특성을 기술하였는데(예, 도형적 감각, 유추, 가역적 사고, 전개도 개념 등), 전체적으로는 '많은 개념이 관련되어 사고력을 요하는 문제'를 가장 우수한 문제로 선택하였고, 다음으로는 '발상의 전환이 요구되거나 새로운 문제'를 꼽았다. 그러나 문제의 정답률과의 상관(r=-.15)이 매우 낮아 어려운 문제와는 무관하게 평가했음을 알 수 있다. 또한 전문가의 경우도 문제의 난이도와는 낮은 상관(r=-.28)을 보였는데 전문가들은 어려운 문제라도 참고문제와 동떨어진 문제에 대해서는 낮은 점수를 부여하였기 때문이다.

한편 낮은 평가를 받은 문제에 대해서는 일관되게 '쉽고 간단하다'가 그 이유였다. 그러나 전문가들은 참고문제와 관련이 없는 문제에 대해서 낮은 점수를 주었다. 영재학생들은 참고문제와 무관한 어려운 문제를 설정하고 그것을 우수한 문제로 판단하기 때문에 도형의 문제설정의 실시와 평가에서는 세심한 주의가 요구된다.

3. 문제설정의 창의성 평가의 요인

앞에서 영재학생, 예비교사, 전문가의 평가 태도를 종합하여 문제설정의 창의성 평가에 대한 주요 요인을 재설정하고자 한다. 일반적으로 좋은 문제는 어떤 것인가? Brownel(1942)은 문제는 몇 가지 조건을 충족시켜야 한다고 하였다. 첫째로 문제는 지각적이면서도 개념적인 과제이어야 한다. 둘째로 문제는 학습자 내에 있는 고유한 지적 활동 및 전시 학습에서 얻은 지식이나 상황을 조작할 수 있는 능력을 바탕으로 일단은 학습자에게 이해될 수 있는 성질의 것이어야 한다. 셋째로 문제는 학습자에게 문제 상황에서 당혹감을 느끼게 하지만 마지막에는 해결을 얻을 수 있는 과제이어야 한다. 마지막으로 문제는 학습자가 만족할 만한 해결이 즉시 나올 수 없는 과제이어야 한다. 이러한 내용은 우수한 문제설정의 기준을 결정하는 데 도움을 줄 것이다. 문제설정에서 좋은 문제의 기준은 문제설정의 절차와 방식에 영향을 받게 된다. 평가 요인을 정하기 전에 이러한 평가 방식이 적용되는 전제를 살펴보자.

가. 평가의 절차와 전제

문제설정의 창의성 평가의 초점은 우수한 문제를 많이 만드는 데 있다. 그러므로 확산적

사고와 수렴적 사고를 동시에 고려한 평가 요인들을 찾고자 한다. 이런 평가를 위해서 평가의 실시와 방법 면에서 전제되는 절차와 방법을 기술한다. 평가의 실시에 대한 것으로 우선 참고문제 자체가 너무 어려워서는 안 된다. 참고문제보다 더 좋은 문제를 만들기 위해 시간을 허비하는 경우가 있다. 둘째는 제한된 시간에 한정된 수의 문제를 만들도록 한다. 짧은 시간에 많은 수의 문제설정을 요구하면 좋은 문제를 만들 수 없다. 셋째는 문제설정에서 지금 기억하고 있는 문제를 쓰지 못하도록 제한이 제시되어야 한다. 넷째는 설정된 문제의 분류와 관련된 것인데, 일단 학생들 수준에서 이해하기 힘든 문제는 평가대상에서 제외한다. 그러나 문제는 이해가 되면서 답을 확인하는 과정에서 오류가 발견되어도 하나의 문제로 간주하고 문제의 해결과정이 유사한 것끼리 묶는다. 오류가 있는 문제는 평가를 하되 아래에서 언급되는 다섯 번째 평가요인 ‘정교성’의 점수를 부여하지 않는다. 이러한 전제 하에서 2절에서 논의한 내용을 바탕으로 문제설정의 창의성 평가 요인을 아래와 같이 5가지로 분류한다.

나. 요인1-2: 융통성과 독창성

일반적으로 유창성에서는 많은 해를 생성하는 능력으로 간주하지만 본 연구에서는 우수한 문제설정에도 초점을 두기 때문에 제한된 개수의 문제설정을 하게 된다. 그러므로 유창성을 고려하지 않지만, 융통성은 문제설정의 평가에서 중요한 요인으로 고려한다. 융통성에 대해서는 설정된 문제의 구조가 유사한 것들로 분류하여 다양한 부류의 문제설정 능력을 본다. 한편, 독특한 문제는 그 문제 자체만으로 하나의 범주를 형성하게 된다. 그러므로 독창성에 대해서는 각 문제에 대해 독창성의 정도를 범주별로 평가를 한다.

다. 요인3: 유사성

유사성은 문제의 구조가 참고문제와 얼마나 유사한지 그리고 얼마나 동떨어졌는지를 평가하는 요인이다. 문제설정에서 참고문제와 같거나 유사한 구조의 문제를 산출하는 것도 그리고 참고문제와 무관한 문제를 산출하는 것도 우수한 문제의 조건을 만족하지는 않는다. 예를 들면, 참고문제와 거의 유사한 문제설정은 ‘하’, 참고문제를 변형한 문제설정은 ‘중’, 참고문제와 맥락은 같으나 구조가 다른 문제는 ‘상’으로 평가한다. 그리고 참고문제와 무관하거나 관련성이 떨어지는 문제는 ‘하’ 수준으로 평가한다. 예를 들면, F5, F6은 참고문제와 관련이 거의 없다. 여기서도 설정된 각 문제에 대해서 평가하지 않고 범주별로 평가한다.

라. 기준4: 복잡성

영재는 도전적인 과제에 흥미를 느끼는 성향이 있기 때문에 문제가 어렵게 보이면 좋은 문제로 인식한다. 문제가 어렵다고 좋은 문제는 아니다. 그러나 어려운 문제를 만드는 능력은 고도의 전문성이나 창의성을 내포하고 있다. 본 연구에서는 문제의 복잡성을 난이도와 동일한 개념으로 생각한다. 그리고 대수적 문제의 구조에 대해서는 ‘해의 일반식’을 문제를 범주화하고 해의 복잡성을 평가는 기준으로 사용할 수 있을 것이다. 가끔 해를 구하는 방식

이 다르지만 ‘해의 일반식’이 같을 수 있다. 이때는 해를 구하는 논리적 구조에 초점을 두고 문제를 분류하는 것이 좋다. 도형이나 측정 문제는 대수문제처럼 구조를 명확하게 나타낼 수 없기 때문에 문제를 분류하고 평가하는 방식을 더 연구할 필요가 있다.

마. 요인5: 정교성

앞에서 언급한 융통성, 독창성, 유사성, 복잡성 등 4가지의 요인들은 정답이 확인된 완전한 문제가 아니어도 평가가 되지만 정교성은 답을 확인할 수 있는 문제에 한정한다. 예를 들면, F4는 매우 좋은 문제로 인식되지만 문제에 오류가 있다. 그리고 앞에서 언급한 4가지는 범주별로 평가되지만 정교성은 문제별로 평가된다. 문제의 정교성은 문제 자체가 무결점한가? 문제가 단순하고 명료하게 표현되었는가? 문제를 지각적으로 이해할 수 있도록 그림 등으로 나타내었는가를 판단한다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 일반 창의성 평가에서 사용하던 유창성, 융통성, 독창성 요인을 적용한 수학적 창의성 평가에 한계가 있다는 지적에 따라 수학적 문제설정에서 창의성 평가를 어떻게 할 것인가를 고민하였다. 문제의 설정은 초등수학영재가 맡았다. 수학영재의 문제설정에서는 제한된 시간에 문제의 개수를 정하고, 참고문제를 풀어보고 그 문제와 관련된 우수한 문제를 만들도록 하였다.

이러한 평가 실시에서 적절한 수준의 참고문제를 풀어보게 한 후, 기억에 담고 있는 문제를 만들지 못하도록 참고문제와 관련된 문제를 설정하도록 요구하였다. 그때 제한된 시간과 한정된 수의 문제를 만들도록 하였다. 또한 본 평가는 확산적 사고와 수렴적 사고를 동시에 고려하기에 문제에 오류가 있는 문제도 배제하지 않고 점수를 부여하지만 이해하기 힘든 문제는 평가대상에서 제외하였다.

설정된 문제에 대한 평가는 수학영재뿐만 아니라 수학 관련 예비교사, 수학 전문가가 맡았다. 이들 각 집단의 평가 자료를 토대로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 대수문제의 설정에 대해서는 문제 난이도의 변별, 문제의 구조 파악과 범주화 등이 용이하였고, 부적절한 문제도 거의 없어 적절한 평가 자료로 사용될 수 있지만, 도형문제는 이런 객관적 기준을 확보하기 힘들어서 도형 영역의 문제설정에서 창의성 평가를 실시하기 위해서는 세심한 주의가 요구된다.

둘째, 학생들은 풀기 어려운 문제를 우수한 문제의 중요 기준으로 생각하고 있었지만, 예비교사는 문제의 복잡성뿐만 아니라 여러 개념들의 관련성, 독창성에 초점을 두며, 전문가는 예비교사의 기준 외에도 참고문제와의 유사성과 문제의 정교성과도 관련지었다. 그러므로 문제설정을 실시할 때 우수 문제에 대한 기준을 명확히 할 필요가 있으며 전문가의 자문이

요구된다.

셋째, 우수 문제에 대한 평가자 간 개인차가 많았다. 교사 집단이 자체적으로 창의성 평가의 기준을 정할 때, 가급적 많은 사람이 매긴 점수의 평균을 사용하는 것이 좋다.

넷째, 우리는 수집된 자료를 토대로 문제설정의 창의성 평가요소를 융통성, 독창성, 유사성, 복잡성, 정교성으로 제안하였다. 수학의 창의적 문제해결에서 유창성과 융통성은 매우 높은 상관(r=.92 - .97)을 보였으며 유창성과 융통성은 거의 동일한 요인으로 볼 수 있어, 유창성만으로 창의성을 평가해도 무리가 없다(조석희, 황동주, 2007). 본 연구에서는 유창성을 제외하고 대신 유사성, 복잡성, 정교성을 추가하였다. 일반적으로 융통성은 유사한 아이디어에 근거하지만 수학에서는 문제의 설정 방법뿐만 아니라 문제해결 유형도 고려되어야 한다. 독창적인 문제는 그 자체로 하나의 범주를 형성한다. 유사성, 복잡성도 범주별로 점수화할 수 있다. 유사성은 참고문제와 너무 유사하거나 너무 동떨어진 문제는 낮게 평가한다. 복잡성은 문제의 난이도로 해석해도 좋다. 정교성은 이해하기 쉬운 표현, 간결성 그리고 문제에 결점이 없는지를 평가한다.

본 연구와 관련하여 다음과 같은 제언을 한다.

이 연구에서는 대수문제와 도형문제를 예시로 문제설정에서의 수학 창의성 평가 개선에 대한 결과를 얻었다. 다른 영역의 문제에 대해서 문제설정을 통한 창의성 평가의 합당한 요소와 절차는 무엇인지 밝힐 필요가 있다. 특히 대수 영역에서는 설정된 문제를 분류하는데 본 연구에서 제안한 '해의 일반식'을 사용할 수 있어 문제의 분류가 용이하였지만 도형영역에서 설정된 문제의 분류가 간단하지 않았다. 도형 문제를 그 구조에 따라 분류하는 연구가 요구된다.

초등수학영재라는 제한된 인원을 대상으로 조사 연구를 하였지만 일반 아동을 대상으로 또는 중등수학영재를 대상으로 연구할 필요가 있으며, 또한 본 연구에서 제안한 요인에 대해 통계적 요인분석을 통해 타당성을 확인할 필요가 있다.

참 고 문 헌

강화나, 백석윤 (2009). 수학 문장제의 문장 구조에 따른 초등학생의 문제해결 반응 비교 분석. **수학교육연구, 19**(1).

김준겸, 임문규 (2001). 문제 상황 제시에 따른 문제 만들기 활동이 문제해결력에 미치는 영향. **한국초등수학학회지, 5,** 77-98.

김판수 (2005). 초등수학 영재의 문제설정 단계와 사고과정 분석-성냥개비 과정에 대한 사례 분석을 중심으로-. **초등교육연구, 18**(2), 303-334.

김판수, 김난영 (2013). 문제해결 방법의 차등화를 통한 수학적 창의성 평가에 대한 소고.

한국초등수학교육학회, 17(3).

라우성, 백석윤 (2009). 초등수학에서 문장제의 수학적 구조 파악을 통한 문장제 이해 지도 방안. **한국초등수학교육학회지, 13**(2), 247-268.

박만구 (2009). 수학교육에서 창의성의 개념 및 신장 방안. 한국수학교육학회지 시리즈 E **<수학교육 논문집> 23**(3), 803-822.

송민정, 박종서 (2005). 문제 만들기 프로그램 개발적용이 수학 학업 성취도 및 태도 흥미도에 미치는 영향. **한국초등수학교육학회지, 9**(1), 1-18.

유윤재 (2004). 수학적 창의성의 개념, 한국수학교육학회지 시리즈 E **<수학교육 논문집>, 18(**3), 81-94.

이강섭 (2010). 수학 창의성 평가에서 독창성의 점수화 방법. 한국수학교육학회지 시리즈 A **<수학교육>, 49**(1), 111-118.

이강섭, 황동주 (2007). 수학 영재학생과 일반학생의 수학 창의성과 문제설정과의 상관 연구. 한국수학교육학회지시리즈A: **<수학교육>, 46**(4), 503-519.

이강섭, 황동주 (2003). 일반 창의성(도형)과 수학 창의성과의 관련 연구-TTCT; Figural A와 MCPSAT: A를 바탕으로-. 한국수학교육학회지 시리즈A **<수학교육>, 42**(1), 1-9.

이경미, 이광호, 이근철 (2012). 초등학교 5학년 학생들의 문제 만들기, 대한수학교육학회지 **<학교수학>, 14**(4), 431-443

이경언, 이광우, 김현미, 임선하 (2010). **창의성 재고를 위한 교육과정 개편 연구 방안.** 연구보고 RRC 2010-3, KICE.

이대현 (2012). 문제 만들기 활동에서 학생들의 수학적 창의성 분석. **한국학교수학회논문집, 15**(3), 411-428.

임문규 (2013). 초등 5학년 수학영재 학생이 만든 수학문제에 관한 조사·분석. 대한수학교육학회지 **<학교수학> 15**(4), 701-721.

임문규 (2008). 초등학교 5학년 수학 영재 학생의 확산적 산출물의 분석 및 평가에 관한 연구. **한국초등수학교육학회지, 10**(2), 171-194.

조석희, 황동주 (2007). 중학교 수학 영재 판별을 위한 수학 창의적 문제해결력 검사 개발. **영재교육연구, 17**(1), 1-26.

최병훈, 방정숙 (2012). 수학적 창의성 교육에 관한 연구 동향 분석. **영재교육연구, 22**(1), 197-215.

최윤석, 배종수 (2005). 초등 수학에서 문제 만들기를 적용한 수업이 수학적 문제 해결력 및 태도에 미치는 효과. **한국초등수학교육학회지, 8**(1), 23-43.

Balka, D.S. (1974). Creative ability in mathematics. *Arithmetic Teacher, 21*(7), 633-663.

Einstein, A., and Infeld, L. (1938). Evolution of Physics. New York: Simon & Schuster.

Getzels, J.W. & Jackson, P.W. (1962). *Creativity and Intelligence: Exploration with gifted students.* New York, John Wiley.

Leung, S. K. (1997). On the Role of Creativity Thinking in Problem Posing. in Mathematical

Problem Solving and Problem Posing. *Zentralblatt fur Didaktik der Mathematik, 29*(3).
Leung, S.S. & Silver, E.A. (1997). The role of task format, mathematics knowledge, and creative thinking on the arithmetic problem posing of prospective elementary school teachers. *Mathematics Education Research Journal 9*(2), 5-24.

Marshall, S. P. (1995). *Schemas in problem solving.* New York: Cambridge University Press.

Sheffield, L. J. (2009). Developing Mathematical Creativity-Questions may be the Answer. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu(Eds.), *Creativity in Mathematics and the Education of Gifted Students*(pp. 87-100). Sense Publishers.

Sheffield, L. J. (1994). *The Development of Gifted and Talented Mathematics Students and National Council of Teachers of Mathematics Standard.* Research-Based Decision Making Series. Mathematics. The National Research Center on the Gifted and Talented.

Silver, E. A. (1997). Fostering Creative through Instruction Rich in Mathematical Problem Solving and Problem Posing. *Zentralblatt fur Didaktik der Mathematik, 29*(3).

Silver, E. A., and Cai, J. (1996). An analysis of arithmetic problem posing middle school students. *Journal of Research in Mathematics Education, 27*(5), 521-539.

= Abstract =

A Note on Factors of Mathematical Creativity Assessment through Problem Posing

PanSoo Kim

Busan National University of Education

Problem posing is used to develop the creativity program and adaption for the gifted, and to screen the gifted students in the selection process. However existing creativity assessment factors(fluence, flexibility, originality) has been recognized to have it's limitation to assess the mathematical creativity. To improve the creativity assessment, we propose new set of assessment factors for mathematical creativity test through problem posing. For this study, we let 19 mathematically gifted students to pose two good mathematical problems for a limited time after solving a certain problem so called a reference problem. A week late, we let the subjects, pre-service teachers, and experts to evaluate the problems posed by the subjects, and leave the reasons for evaluating highest mark and lowest mark. With this date, we propose fluence, flexibility, originality, anti-similarity, complexity, elaboration as the set of mathematics creativity assessment factors.

Key Words: Mathematically gifted students, Problem posing, Mathematics creativity, Assessment factor

1차 원고접수: 2014년 11월 19일
수정원고접수: 2014년 12월 5일
최종게재결정: 2014년 12월 5일