

중학교 수학 영재 판별을 위한 수학 창의적 문제해결력 검사 개발

조 석 희

St. John's University

황 동 주

아주대학교 교육대학원

본 연구의 목적은 중학교 수학 영재를 수학 창의적 문제해결력 검사로 판별할 때, 유창성만을 기준으로 수학 창의적 문제해결력을 채점하는 방식의 신뢰도와 타당도를 검증하는데 있다. 이를 위해서 수학영역에서의 직관적 통찰능력, 정보의 조직화 능력, 추론능력, 일반화 및 적용능력, 추상화능력, 공간화/시각화 능력, 반성적 사고력을 요구하는 문항들로 구성된 검사를 개발했다. 고급한 수학적 사고력을 요구하며 정답이 하나인 폐쇄적인 수학문항 10개와 다양한 답이 가능한 개방적인 수학 문항 5개를 영재교육기관의 교육대상자 선발과정에 지원한 중학교 1학년 1,032명에게 실시했다. 교사들은 각 문제에 대해 타당한 답을 제시한 빈도로 유창성을 채점했다. 학생들의 반응을 Rasch의 1모수 문항반응모형을 기반으로 한 BIGSTEPS로 분석했다. 문항반응 분석결과, 유창성만으로 측정된 창의성을 기준으로 한 영재교육대상자 선발의 신뢰도, 타당도, 난이도, 변별도가 모두 양호한 것으로 나타났다. 특히 덜 정의되고, 덜 구조화되고, 신선한 문제일수록 영재교육대상자 선발과정에 지원한 학생들의 수학 창의적 문제해결력을 평가하는데 양호한 문제임이 확인되었다. 이 검사는 영재교육원 지원생들이 영재학급 지원생들보다 창의적 문제해결력에서 더 우수함을 확인해주었다. 이로써 유창성만을 기준으로 수학 창의적 문제해결력을 채점하는 방식이 효율적이며, 타당하고 신뢰로울 수 있음을 확인해 주었다.

주제어: 수학 창의적 문제해결력, 수학영재, 타당도, 변별도, 난이도, 신뢰도, Rasch 모형, 문항반응모형

교신저자: 황동주(hdj0719@chol.com)

I. 서 론

영재성의 가장 중요한 요소 중 하나가 창의성이며, 주요한 교육의 목표가 창의성의 계발이어야 한다는 점에 있어서는 의심의 여지가 없다. 그러나 오랫동안 많은 학자들은 창의성을 특정한 시각으로 연구해 온 경향이 있다. 각 연구자들마다 연구의 시각은 달랐다. 어떤 학자들은 창의성을 성격적 특성에 초점을 맞추어 연구했고(Amabile, 1983; Mackinnon, 1970; Roe, 1953), 어떤 학자들은 인지적 특성으로 이해하여 확산적 사고과정을 연구하였고(Guilford, 1967; Mednick, 1962), 어떤 학자들은 사회적 요인에 초점을 맞추어 연구했다(Amabile, 1983). 이런 각기 다른 시각에서 이루어진 연구들은 창의성을 한 가지 특성으로만 설명하려고 했기 때문에 창의성에 대해 더 혼란스럽게 만든 경향이 없지 않다.

최근에는 창의성에 대해서 다양한 시각을 통합한 새로운 연구가 많이 이루어지고 있다. Amabile(1996)은 창의성은 특정 영역에서의 지식과 능력, 창의성 관련 기능, 동기로 구성되어 있다고 제안하였다. Sternberg와 Lubart (1999)는 창의성은 문제해결과정에서 발휘되며 인지적 과정, 지식, 사고유형, 성격, 동기, 환경 자원의 상호작용 결과라고 제안하였다. Urban(1995)은 창의성의 요소모형을 제안한 바, 창의성은 6가지 인지적 정의적 요소들의 역동적 상호작용의 산물이라고 주장하였다. 조석희 (2003)는 이런 여러 연구들을 바탕으로 창의적 문제해결력의 역동성 모델을 좀 더 단순화하여 제시한 바, 창의적 문제해결력을 발휘하기 위해서는 동기, 일반 영역의 지식과 기능, 특정 영역에서의 지식과 기능을 기반으로 수렴적 사고와 확산적 사고가 왕성하게 작동되어야 한다고 제시했다. 이 이론들은 창의성을 구성하는 요인들 간의 역동적 상호작용이 창의성의 발휘정도를 결정하는데 매우 중요하다는 점을 강조하고 있다. 즉 어느 한 요소가 창의성에 결정적인 영향을 주지 못하고, 이 요소들이 모두 비슷한 정도로 중요하며, 이들 간의 상호작용이 더 중요하다는 것이다. 또한 창의성은 문제를 해결하는 과정에서 발휘되는 것이기 때문에 창의적 문제해결력과 거의 동일시 하는 경향이 많아졌다.

본 연구에서도 수학 창의적 문제해결력은 수학 창의성과 동일한 개념으로 본다.

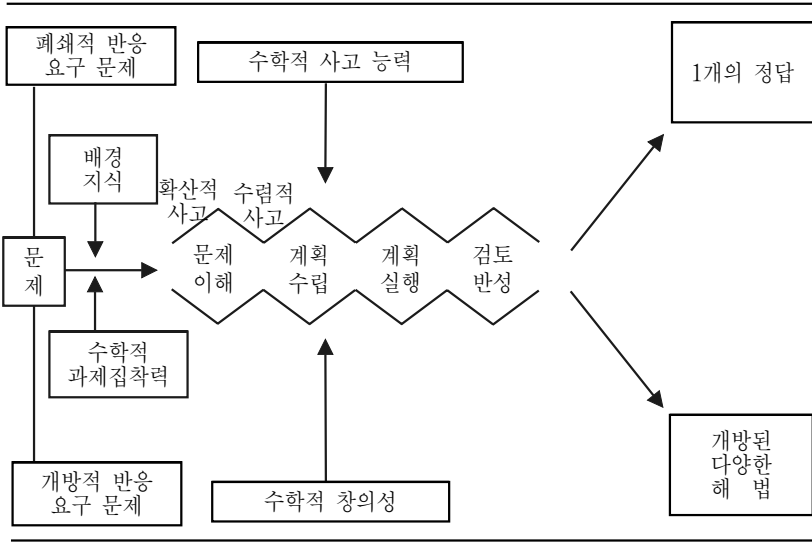
전 세계적으로 수학 분야에서의 창의적 문제해결력을 측정하는 검사는 오랫동안 개발되지 않았다. 영재들을 판별하려는 의도에서도 창의성을 측정하는 수학 검사는 거의 없다(Wallach, 1985). 더구나 타당화를 거쳐 표준화된 수학 창의적 문제해결력 검사는 우리나라 외에는 아직까지 없다. 수학 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 능력을 평가하기 위해서는 피검자에게 새롭고, 덜 구조적이고, 덜 정의된 수학 문제(non-entrenched, less-structured and less-defined problems)를 제공하여 창의적 문제해결력을 측정하는 것이 필요하다(Sternberg & Lubart, 1984). 우리나라에서는 김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주(1997)의 연구를 시작으로 영재교육원이나 영재학급의 수학 영재교육대상자들을 선발하는데 사용하기 위한 목적으로 매년 수학 창의적 문제해결력 검사를 개발 사용되어 왔다. 그러나 이 수학 창의적 문제해결력 검사들의 타당도나 신뢰도에 대해서는 충분히 분석되지 않은 상태로 전국 단위로 활용되어 온 바, 이 검사들이 영재들의 수학 창의적 문제해결력 검사를 평가하는데 타당하고 신뢰도가 높은 검사인지를 확인할 필요가 있다.

본 연구에서는 창의성, 문제해결, 영재성에 관한 여러 연구들(Balka, 1974; Haylock, 1984, 1985, 1987; Isaaksen et al., 1994 Polya, 1957; Renzulli, 1978, 1985; Urban, 1995; Wallas, 1926)을 바탕으로 수학 창의적 문제해결력의 개념을 정의하였고, 그 개념도를 [그림 1]에 제시하였다. 창의적 문제해결력은 미래 창의적 수학자가 될 사람이라면 반드시 갖추어야 하는 능력이라 본다. 따라서 수학 영재는 수학적인 문제를 창의적으로 해결하는 능력이 탁월한 학생으로 정의된다. 수학 창의적 문제해결력은 학생이 이미 습득한 지식, 원리, 개념, 사고전략들을 최대한 이용하여 새로운 해법을 산출해내는 능력이다. 수학 창의적 문제해결의 과정은 문제이해, 문제해결을 위한 계획 수립, 계획의 이행, 답과 문제해결 전반에 대한 반성의 4 단계로 구성되어 있다고 보았다. 이 4 단계를 거치는 동안 수학적 사고력, 수학적 창의성, 수학적 과제집착력, 지식기반이 수학 창의적 문제해결을 위해 활용된다고 보

았다. 문제를 해결하는 동안 확산적 사고와 수렴적 사고는 동시에 작동한다고 보았다. 이에 따라 수학 창의적 문제해결력은 수렴적 사고와 확산적 사고를 모두 요구할 때 가장 잘 측정될 수 있다(김홍원, 김명숙, 송상헌, 1996; 김홍원, 김명숙, 방승진, 황동·주, 1997; Kim, Cho, & Ahn, 2003).

이 검사는 영재 선발에서의 천정 효과(Ceiling effects)를 방지하기 위해서 검사의 난이도를 상당히 높게 개발했다. 검사 대상자들은 일반 지능이나 수학 성적, 창의적 행동특성을 바탕으로 수학적 재능이 우수하다고 교사가 추천한 상위 15%에 해당하는 학생들이다. 이에 따라, 본 검사에 참여한 학생들의 점수가 고르게 분산되어, 천정효과를 방지하고 변별도가 높게 나타나도록 검사를 개발하고자 했다.

수학 문제는 문제의 폐쇄적인 정도에 따라 하나의 정답을 요구할 수도 있고 다양한 해법과 정답을 허용할 수도 있다(Kim, Cho, & Ahn, 2003). 본 연구에서는 문제의 시작 상황이나 목표 상황이 개방적인 문제들로 구성되어 있다. 폐쇄적인 정도에 따라 수학 문제의 유형을 둘로 구분했다. 정답은 하나이지만 고급하고 복잡한 수학적 사고력을 요구하는 문제유형 I과, 수학적 창의성을 주로 측정하는 개방적인 문제 유형 II로 구분하였다. 수학 문제에서의 개방적인 정도는 문제의 시작 상황 또는 목표 상황이 개방적인 정도에 의해서 결정된다. 본 연구에서는 전국 영재교육원과 영재학급에서의 영재교육 대상자 선발을 위해 2006년도에 개발했던 수학 영재 선발용 검사 문항을 그 분석 대상으로 삼았다. 이 검사에 포함된 유형 I의 10개 문항과 유형 II의 5개 문항을 개발할 때 가능한 한 많은 학생들이 접해보지 않은 신선한 문제를 개발하려고 노력했다. 또한 유형 II의 5개 문항을 개발할 때는 가능한 한 덜 구조화되고 덜 정의된 문제를 개발하고자 노력했으며, 이를 통해서 이 문제들을 해결하는 동안 학생들이 창의성을 발휘할 여지가 충분하도록 노력했다.



[그림 1] 수학 창의적 문제 해결력 개념 모형.

수학 창의적 문제해결력 검사에서 좋은 결과를 얻으려면, 피검자들은 본인이 습득한 일반적인 지식과 기능, 수학적 지식과 기능을 바탕으로, 수렴적 사고, 확산적 사고를 왕성하게 발휘할 필요가 있다, 이 과정에서 과제집착력이 요구된다. 본 연구에서는 이런 문제들이 과연 수학 영재를 판별하는데 있어서 타당하고 신뢰도가 높은가를 검증하고자 하였다.

1. 유형 I: 수학적 사고력(Mathematical Thinking Ability) 검사 문항

수학 창의적 문제 해결력에서 측정하는 수학적 사고력은 아래와 같이 8가지로 구성이 되어 있다.

① 직관적 통찰 능력은 ‘주어진 정보와 조건들 사이의 관계나 구조의 본질적인 핵심을 직감적으로 파악해 내며, 문제 해결의 결정적인 단서를 순간적으로 떠오르게 하는 능력’을 말한다.

② 정보의 조직화 능력은 ‘주어진 문제에서 필요한 정보를 수집하고, 문제 해결의 전략을 사용할 수 있도록 이를 분류하고 조직하는 능력’을 말한다.

③ 추론 능력은 ‘귀납이나 연역 등의 방법을 통해 체계적으로 추론, 추측해 내는 능력’이다.

④ 일반화 적용 능력은 수나 문자, 기호로 표현된 수적, 공간적 대상이나 관계, 공식 등을 빠르고 광범하게 조작하여 일반화시키고, 더 나아가 얻은 결과를 유사하거나 다른 상황의 새로운 문제에까지 확장하여 적용하는 능력’을 말한다.

⑤ 시각화/공간화 능력은 공간 지각능력, 회전능력, 공간 시각화 능력, 공간적 방향 능력의 공간화 능력과 시각적인 정보를 표현, 변형, 전달, 실증, 반성하는 능력인 시각화 능력을 말한다.

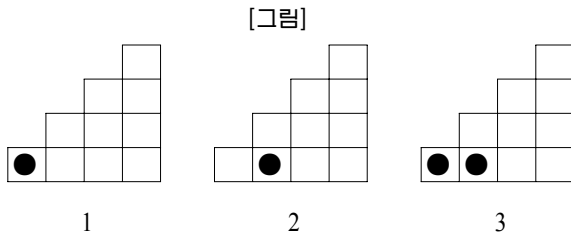
⑥ 수학적 추상화 능력은 덜 구조화된 수학적 문제 상황을 적당한 수학적 개념이나 수학적 상징 기호나 수식, 그림 등으로 표현함으로써 형식화 해내는 능력을 말한다.

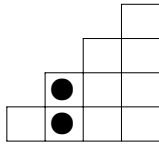
⑦ 일반화 및 적용 능력은 수학적 문제를 해결하는 과정이나 수나 문자, 기호로 표현된 수적, 공간적 대상이나 관계, 공식 등을 빠르고 광범하게 조작하여 일반화시키고, 더 나아가 얻은 결과를 유사하거나 다른 상황의 새로운 문제에까지 확장하여 적용하는 능력을 말한다.

⑧ 반성적 사고 능력은 문제 해결의 전 과정에서 나타나는 메타 인지적 사고를 의미한다.

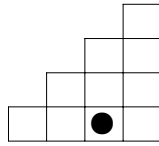
유형 I의 10문항 중에서 2 문항을 예로 제시하였다.

[문제 7: 문자와 식, 수학적 추상화 능력] 자연수를 일정한 규칙에 따라 그림과 같이 나타내기로 하였다.

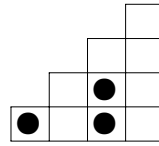




4

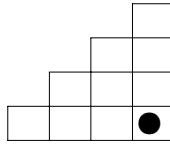


6



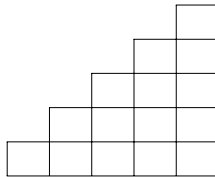
13

(1) 다음 그림이 나타내는 수를 구하시오. [4점]

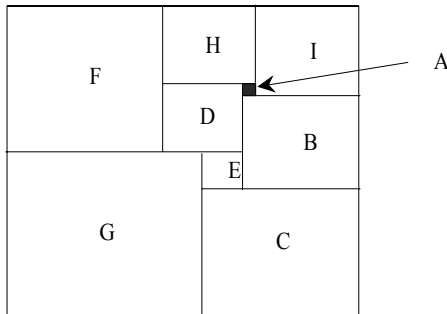


()

(2) 125를 그림에 직접 나타내시오. [4점]



[문제 8: 도형, 공간화/시각화 능력] 그림과 같이 직사각형을 9개의 정사각형으로 나누었다(단, 정사각형 A는 검은 부분이고, 정사각형 H와 I의 넓이는 각각 64, 81이다).



(1) 정사각형 A, C, G의 넓이를 각각 구하시오. [7점]

(2) 처음 직사각형의 둘레의 길이를 구하십시오. [5점]

2. 유형 II: 수학 창의성(Mathematical Creativity) 검사 문항

수학 창의성은 하나의 수학 문제에 다양한 답을 산출하는 능력(김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주, 1997)과 과정에서 다양한 해결방법을 찾아내는 능력이다. Guilford와 Torrance는 아래와 같이 네 가지 기준에 따라 창의성을 측정하였다(Kim, 1998; Pehkonen, 1995a, 1995b):

① 유창성(Fluency)은 여러 개의 의미있는 아이디어와 답을 낼 수 있는 능력으로서, 유창성이 높은 사람은 유의미한 답을 더 많이 산출할 수 있다.

② 융통성(Flexibility)은 고정된 사고를 극복하고 서로 다른 범주의 반응과 아이디어를 낼 수 있는 능력이다. 융통성이 높은 사람은 유의미하면서도 서로 다른 범주의 반응을 많이 낼 수 있다.

③ 독창성(Originality)은 다른 사람들과 다른 반응을 낼 수 있는 능력이다. 답이 희귀할수록 독창적이다.

④ 정교성(Elaboration)은 복잡하고 난해한 해법을 단순화 시키는 능력이다. 정교성은 수학 창의성의 구인으로 사용되지 않는다.

이상에서 보는 바와 같이 수학적 창의성을 평가하는 기준은 4가지다. 실제적으로 수학적 창의성을 측정하기 위해서 연구자들은 여러 가지 방법을 사용한다. 첫째, 유창성만을 기준으로 사용하거나(Foster, 1970; Bauer, 1971; Maxwell, 1974), 둘째, 융통성만을 기준으로 사용하거나(Krutetskii, 1976), 셋째, 유창성과 독창성만을 사용하거나(Mainville, 1972), 넷째, 유창성, 융통성과 독창성을 기준으로 모두 사용한다(Evans, 1964; Zosa, 1978; Balka, 1974; 김홍원 외, 1997; 송상현, 1998; 이강섭, 황동주, 2003; 황동주, 2005). 네 가지 기준 중에서 세 가지 기준을 적용하여 평가하는 것이 가장 용이하다. 특히 수 천명이 응시하고 정해진 짧은 기간 동안에 채점을 하여 결과를 발표할 필요가 있을 때에는 특별히 더 효율적이다. 이 세 가지 속성은 상호 연관되어 있다. 여러 개의 의미있는 해답을 제시하는 유창성이 높으면 여러 범주의 해답을 낼 가능성이 높아진다. 여러 범주의 다양한 답을 제안하다 보면 그 과정에서 독창성이 있는 해답이 포함되어 있을 가능성이 높아진다.

창의성을 평가하는 세 가지 기준을 모두 적용할 수 있지만, 평가를 용이하게 실시하려면 유창성 기준 하나만을 적용하여 평가할 수 있다. 타당한 답의 개수를 세기만 하면 되기 때문이다. 융통성 기준을 적용하여 평가하려면 제시된 여러 개의 해답을 범주화해야 한다. 여러 개의 해답을 범주화하는 작업은 평가자의 전문성을 요하며 많은 시간과 노력이 소요된다. 독창성을 기준으로 타당하게 평가하려면 해당 분야의 전문성이 인정되는 여러 전문가가 참여해야 한다. 이 전문가들이 각각의 해답에 대해서 독창성의 정도를 평가하더라도 평가자 간에 독창성의 정도에 대한 합의를 도출하기가 어렵다. 이에 비하면 유창성은 융통성이나 독창성을 기준으로 평가하는 것보다 훨씬 시간, 노력, 비용, 전문성이 덜 요구된다.

그러나 세 가지 기준으로 복잡하고 힘들게 평가하지 않고, 유창성이라는 한 가지 기준만으로 수월하게 평가했을 때, 과연 평가가 타당하고 신뢰롭게 이루어질 수 있을까에 대해서는 의문을 가져왔던 것이 사실이다. 이에 따라, 창의성을 과연 유창성만으로 측정하는 것이 타당한가에 대해 살펴보았다. 그 결과, 수학 창의적 문제해결에서 유창성과 융통성의 상관인 .92에서 .97까지로 매우 높았고, 통계적으로도 $p < .01$ 수준에서 유의미한 것으로 확인되었다(김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주, 1997; Balka, 1974). 그런가하면 유창성과 독창성간의 상관도 상당히 높은 것으로 나타났다. 김홍원 외(1997)에서는 .70으로 통계적으로 유의미하고, Balka(1974)의 연구에서는 .57로 통계적으로 유의미하다. 이에 따라, 본 연구에서는 이 검사가 전국단위로 실시되며, 현장의 교사들이 짧은 시간에 채점을 해야 한다는 현실적인 제약을 극복할 수 있도록 채점에 많은 시간이 걸리는 독창성은 측정하지 않고, 맞는 답의 수로 개수를 세어서 점수를 주는 방식으로 유창성만을 측정했다.

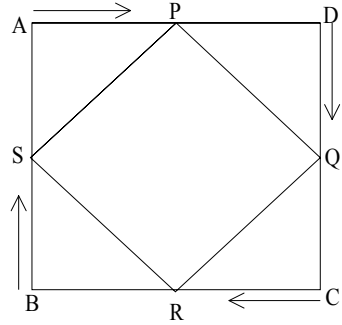
유형 II의 5문항 중에서 1문항을 예로 제시하면 다음과 같다.

[문제 1: 도형, 공간화/시각화] 그림과 같이 정사각형 ABCD의 변 위에 P, Q, R, S가 꼭지점 A, B, C, D에서 동시에 출발하여 같은 속력으로 D, C, B, A 방향으로 움직이고 있다. 이 때, 다음 물음에 답하여라.

- (1) 사각형 PQRS는 정사각형임을 보이시오. [10점]
- (2) 삼각형의 합동조건을 이용하여 \overline{PR} 이 항상 지나게 되는 점을 찾고,

그 이유를 설명하시오. [10점]

본 검사를 정해진 시간 동안 실시해야 하는 현실적인 제한과 중학교 1학년 교육과정까지를 고려하여 개발하였기 때문에 수학교육과정에 포함된 모든 하위능력을 고루 포함시키지 못했으나 전체적으로는 대표적인 수학적 영역을 고루 포함하도록 했다. 중학교 1학년 학생들을 대상으로 하는 검사는 중학교 1학년의 정규교육과정에 제시된 수학적 지식과 기능을 활용하면 해결할 수 있는 정도의 문제를 개발하였다.



II. 연구방법

1. 피험자

우리나라에는 중학생을 대상으로 하는 영재교육기관으로 영재교육원과 영재학급이 있다. 영재교육원은 시·도교육청 관할 내의 여러 학교 재학생 중에서 가장 우수한 학생들을 선발하여 가장 도전적인 교육 프로그램을 제공하기 위한 목적으로 운영된다. 이에 비해 영재학급은 영재교육원에서 제공하는 만큼의 도전은 아니지만 해당 재학학교에서 제공하는 정규교육보다는 더 도전을 필요로 하는 학생들을 선발, 교육한다. 본 연구에 참여한 피험자들은 8개 시·도 교육청의 영재교육원과 영재학급에서 제공하는 교육에 참여하기 위하여 지원한 중학교 1학년 학생 1,032명이었다. 영재교육원의 영재교육대상자 선발 시험에 응시한 학생 수는 918명, 영재학급의 영재교육대상자 선발 시험에 응시한 학생은 114명이었다.

2. 검사 개발

수학 창의적 문제해결력을 평가하기 위해 유형 I와 유형 II로 구분하여 개발되었다. 유형 I은 수학분야의 기초 개념 및 기능을 토대로 하는 고급

사고능력 측정하는 단답형 문항이고 유형 II는 수학분야의 기초 개념 및 기능, 과제집착력, 일반적 지식과 기능을 토대로 창의적으로 문제를 해결해 내는 능력을 측정하는 서술형, 개방형 문항으로 분류하여 이 문항에 관한 분류표가 <표 1>과 <표 2>에 제시되었다. 2005년 1년 동안 영재교육전문가 1명, 수학자 2명, 수학교육과 교수3명, 수학교사 10명이 4번의 워크숍을 거쳐 유형 I의 10개 문항과 유형 II의 5개 문항을 최종적으로 개발했다. 워크숍에서는 2005년에 개발되어 영재판별에 사용했던 검사에 대한 학생들의 반응을 분석하여 각 문항의 특성을 파악하고, 2006년도 문항 개발의 방향을 결정하고, 검사 개발의 구체적인 계획을 수립하여 개발하고, 개발된 문항에 대해서 심층적인 분석 및 검토를 거친 다음, 개발하기로 결정했던 문항의 성격에 적합하지 않은 문항들을 제외시키거나 수정함으로써 덜 정의되고, 덜 구조화되어있으며, 신선한 문제 5개와 잘 정의되고, 잘 구조화되어 있으며, 신선한 문제 10개를 개발하는데 초점을 두었다.

문항 유형은 전년도에 개발되어 사용되었던 검사 문항에 대한 분석결과를 바탕으로 결정되었다. 전년도의 검사 도구의 문제점은 크게 두 가지로 구분되어 있다.

(1) 전년도에 사용되었던 10문항의 구성이 수학분야의 기초 개념 및 기능을 토대로 하는 고급 사고능력 측정하는 단답형 문항과 수학분야의 기초 개념 및 기능, 과제집착력, 일반적 지식과 기능을 토대로 창의적으로 문제를 해결해 내는 능력을 측정하는 서술형, 개방형 문항이 함께 출제되어 학생들이 교육과정을 충실히 수행하지 못하는 학생들이 나타난다는 현장의 요구를 반영하여 수학분야의 기초 개념 및 기능을 토대로 하는 고급 사고능력 측정하는 유형 I과 창의적으로 문제를 해결해 내는 능력을 측정하는 유형 II로 분리를 하였다. 또한 시간은 120분에서 150분으로 확대 실시하였다.

(2) 전년도에 사용되었던 검사 문항들 중 일부는 수학 영재판별에 적절하지 않은 것으로 확인되었다. 즉, 수학적 창의성이 전반적으로 높은 학생이 낮은 점수를 받은 문항이나 전반적으로 낮은 학생이 높은 점수를 받은 문항들로서 내적 일관성이 낮고 타당도가 낮다고 할 수 있는 문항들이다. 이런 문항들은 대체로 다음과 같은 네 가지 유형으로 구분되었다. 첫째, 부분점수

를 허용하지 않는 문항과 경시대회 형으로 알려져 있는 문항은 학생들의 점수 분포가 양극단으로 치우쳐서 U 자 모양을 나타내며 각 학생의 전반적인 수학 능력과 각 문항의 점수 간에 일관성이 부족했다. 둘째, 문제를 해결하기 위해서 여러 단계에 걸친 문제해결 과정을 거쳐야 하는 문제들이다. 이런 문제는 문제해결을 위해 허용된 시간이 적은 만큼 이미 익숙한 학생은 답을 제시할 수 있고, 익숙하지 않은 학생은 답을 제시하기 어려웠다. 이에 따라 변별도가 낮은 것으로 판단되었다. 셋째, 중학교 1학년 이상의 학년에서 다루는 개념을 알아야 해결할 수 있는 문제들 역시 수학적 창의성이 우수한 학생과 그렇지 않은 학생을 변별해주지 못하는 것으로 나타났다. 이에 따라, 본 연구에서는 가능한 한 이런 유형의 문제를 포함되지 않도록 하고, 대신 수학분야의 기초 개념 및 기능을 토대로 하는 고급 사고능력 측정하기 위하여 잘 구조화되어 있는 문제와 덜 정의되고, 덜 구조화되어 대부분의 학생들이 경험하지 못한 신선한 문제를 개발하고자 노력했다.

<표 1> 수학 창의적 문제 해결력 검사(유형 I)

문항 번호	영역	수학적 사고능력	가능한 최고 점수
1	규칙성과 함수	직관적 통찰 능력	8
2	도형	일반화 및 적용능력	8
3	수와 연산	정보의 조직화 능력	8
4	수와 연산	직관적 통찰 능력	8
5	수와 연산	귀납적사고 능력	10
6	수와 연산	반성적 사고 능력	8
7	문자와 식	수학적 추상화 능력	8
8	도형	공간화/시각화 능력	12
9	도형	연역적 사고 능력	15
10	수와 연산	정보의 조직화 능력	15
전체			100

<표 2> 수학 창의적 문제 해결력 검사(유형 II)

문항 번호	영역	수학적 사고능력	가능한 최고 점수
1	도형	공간화/시각화 능력	20
2	도형	연역적 사고 능력	20
3	확률과 통계	반성적 사고 능력	20
4	문자와 식	반성적 사고 능력	20
5	규칙성과 함수	정보의 조직화 능력	20
전체			100

3. 검사 실시와 채점

유형 I의 10개 문항과 유형 II의 5개 수학 창의적 문제해결력 검사 문항을 2006년 1월 8개 시·도교육청의 영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들을 대상으로 제 2단계 선발과정에서 실시되었다. 검사에 임하기 5분전에 시험 감독자는 답안지 작성법에 대해서 설명해 주었다. 유형 I 검사에는 60분, 유형 II 검사에는 90분의 검사 시간이 허용되었고, 학생들에게는 유형 II 문제에 대해 가능한 한 다양하고 새로운 답을 많이 제시하도록 요구했다.

채점은 각 시도교육청의 협조를 통해 관내 수학 영재교육 담당 교사 중 가장 우수한 교사들이 담당하도록 했다. 시험이 실시되기 전 워크숍을 통해서 교사들에게 각 문항의 성격, 각 문항별 채점 기준과 채점 방법에 대해서 설명해주었다. 채점하는 과정에서 학생들의 반응 중 채점기준에 제시되어 있지는 않으나 타당하다고 판단되는 경우, 교육청별 채점 교사들 간에 합의를 보거나, 합의가 되지 않을 경우에는 연구진에게 질의를 하도록 하였다.

4. 자료 분석

문항의 양호도 분석 중 문항 내적 일관성 신뢰도와 변별도를 구하기 위하여 SPSS 10.0K를 사용하여 Cronbach α 를 구하였고, 내적 타당도와 난이도를 구하기 위하여 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 BIGSTEPS(Livacre & Wright, 2003)를 사용하여 분석하였다.

III. 결과 및 논의

1. 수학 창의적 문제 해결력의 학생 반응 분석

<표 3>에 유형 I 검사의 10개 문항에 대한 평균, 표준편차, 내적 타당도, 난이도 수준, 변별도와 점수분포를 제시하였다. 전반적으로 Infit과 Outfit 지수는 1.5보다 낮았고, 문항 9번은 Infit 지수가 1.5보다 높게 나타났으며, 문항 8번은 Outfit 지수가 1.5보다 높게 나타났다. 그러나 Infit과 Outfit이 모두 1.5보다 높게 나타난 문항은 없으므로 전체 문항에 대해서 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 분석하여 볼 수 있는 것으로 판단되었다.

<표 3> 중 1학년 수학 창의적 문제 해결력(유형 I) 문항의 통계 분석표

문항 번호	평균	표준편차	문항적합지수		난이도	변별도	비고	분포도
			Infit	Outfit				
1	5.66	3.32	.68	.62	-.25	.621	19.0	
2	1.96	2.17	.65	.83	.16	.418	53.2	
3	3.63	3.58	.95	1.00	-.04	.537	45.0	
4	6.30	3.20	.85	.83	-.32	.490	20.0	
5	5.41	3.66	.94	.99	-.22	.577	20.0	
6	.95	2.54	1.29	1.11	.36	.435	87.3	
7	3.23	3.54	.98	1.00	.01	.529	50.5	
8	6.23	5.06	1.49	1.54	-.26	.636	19.9	
9	.77	2.82	1.67	1.17	.44	.389	91.3	
10	2.30	3.88	1.09	.94	.14	.567	60.8	
전체	36.42	18.05	1.06	1.00	.00	1.00	4.5	

* ‘비고’는 0점을 얻은 학생의 비율.

<표 4>에 유형 II의 5개 문항에 대한 평균, 표준편차, 내적 타당도, 난이도 수준, 변별도와 점수분포를 제시하였다. 전반적으로 Infit과 Outfit 지수는 1.5보다 낮았고, 문항 3번만 Infit 지수가 1.5보다 높게 나타났다. 그러나 Infit과 Outfit이 모두 1.5보다 높게 나타난 문항은 없으므로 전체 문항에 대해서 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 분석하여 볼 수 있다.

<표 4> 중 1학년 수학 창의적 문제 해결력(유형 II) 문항의 통계 분석표

문항 번호	평균	표준편차	문항적합지수		난이도	변별도	비고	분포도
			Infit	Outfit				
1	2.83	4.89	.85	.96	.01	.635	67.4	
2	5.71	6.41	.80	1.04	-.15	.708	44.0	
3	.40	2.46	2.10	1.47	.41	.320	95.2	
4	1.71	3.12	.68	1.02	.11	.536	70.5	
5	11.61	9.09	1.19	1.41	-.37	.722	32.2	
전체	22.24	16.66	1.12	1.18	.00	1.00	16.5	

*'비고'는 0점을 얻은 학생의 비율.

2. 수학 창의적 문제 해결력 검사 도구의 양호도 분석

수학 영재 선발을 위한 수학 창의적 문제 해결력 검사의 양호도를 조사하기 위하여 문항 내적 신뢰도, 문항 내적 타당도, 난이도와 변별도를 조사하였다.

문항 내적일관성 신뢰도: 검사의 신뢰도를 위하여 문항 내적 일관성 신뢰도인 Cronbach α 를 구하였다. 유형 I의 문항 10개에 대한 신뢰도 계수는 0.703이고 유형 II의 문항 5개에 대한 신뢰도 계수는 0.515로 매우 높지는 않지만 개방적인 문제로서 다양한 답이 제시되었던 점을 고려하면 매우 양호한 수준이라고 할 수 있다.

문항 적합도 지수로 본 내적 타당도: 검사 문항에 대한 내적 타당도는 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 모수치를 측정하고 문항 분석을 하도록 하는 컴퓨터 프로그램인 BIGSTEPS를 사용하여 문항들의 적합도 지수를 산출하였다. 사용된 분석 모형은 부분점수(Partial Credit) 모형이다. 문항의 적합도 지수는 0.8보다 크고 1.2보다 작으면 분석 모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다. 영재의 경우는 1.5보다 작아도 넓은 의미에서 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다.

<표 5>에서 부적합한 문항을 진단하기 위해 제시된 Infit과 Outfit통계치는 Rasch 모형에 근거한 적합도 지수를 의미한다. Infit은 정보에 가중치를 두는 표준화된 제공평균 통계치로서 각 피험자의 능력 수준 가까이에 위치하고 있는 문항들에 대해 기대와 다른 반응에 민감(sensitive)하다. Outfit는 피험자의 능력 수준과 떨어져 있는 문항에 대해 기대와 다른 반응에 민감하다. 즉, 일정 수준의 능력을 지니고 있는 피험자가 피험자의 능력 수준에 비해 아주 쉬운 문항에 대해 오답을 하거나 아주 어려운 문항에 대해 정답을 할 경우 Outfit의 값이 높게 나타난다. 문항의 적합도 지수가 유형 I의 8번 문항, 9번 문항과 유형 II의 3번 문항을 제외하고는 1.5보다 모두 적으므로 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다.

유형 I의 9번 문항과 유형 II의 3번 문항은 90% 이상의 학생이 0점을 받아 피험자의 능력 수준에 가까이 있는 문항에 민감한 Infit 지수가 1.5보다 높게 나타난 것으로 볼 수 있다. 유형 I의 9번 문항과 유형 II의 2번 문항은 연역적 사고를 측정하지만 유형 I의 9번 문항은 부분 문항이 없어 학생들이 90% 이상이 0점을 받은 것으로 파악된다. 유형 I의 9번과 유형 II의 3번 문항은 문제해결을 위해 허용된 시간이 적은 만큼 이미 익숙한 학생은 답을 제시할 수 있고, 익숙하지 않은 학생은 답을 제시하기 어려웠다. 이에 따라

변별도가 낮은 것으로 판단되었다. 따라서 문제를 해결하기 위해서 여러 단계에 걸친 문제해결 과정을 거쳐야 하는 문제들은 부분문항을 제시하여 여러 단계에 걸친 문제해결과정을 평가할 수 있게 하여야 할 것이다.

유형 I의 8번 문항은 Outfit 지수가 1.5보다 높은 것으로 보아 피험자의 능력 수준에 비해 아주 쉬운 문항에 대해 오답을 한 유형이다.

<표 5> 문항 적합도 지수

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	전체
유형 I	Infit	.68	.65	.95	.85	.94	1.29	.98	1.49	1.67	1.09	1.06
	Outfit	.62	.83	1.00	.83	.99	1.11	1.00	1.54	1.17	.94	1.00
유형 II	Infit	.85	.80	2.10	.68	1.19						1.12
	Outfit	.96	1.04	1.47	1.02	1.41						1.18

난이도: 문항 난이도는 문항의 어렵고 쉬운 정도를 나타내는 것으로서 본 연구에서는 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 계산하였다. 문항 난이도가 0.0인 것은 문항들 중에서 평균정도라는 것을 의미하며 양수(+)값을 가질수록 어려운 문항이다. 본 검사에서 유형 I는 로짓트 점수로 본 난이도가 0.36을 넘는 문항은 없었고 유형 II는 로짓트 점수로 본 난이도가 0.41을 넘는 문항은 없었다. 난이도 척도상에 각 문항의 난이도를 나열해 보았을 때, 문항간의 난이도의 차이는 로짓트 점수가 0.36과 .41을 넘지 않은 범위에서 고루 분포되어 있고, 문항 신뢰도 지수가 유형 I에서 모두 0.703보다 높은 것으로 나타났고 유형 II는 0.52로 사용된 문항들은 서로 잘 분리되어 수학 창의적 문제해결력을 추정하고 변별하는데 무리가 없다고 볼 수 있다.

<표 6> 문항의 난이도

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	전체
유형 I	난이도	-.25	.16	-.04	-.32	-.22	.36	.01	-.26	.44	.14	.00
유형 II	난이도	.01	-.15	.41	.11	-.37						.00

변별도: 문항의 변별도는 점이연상관(point-biserial correlation)에 의하여 분석하였다. 점이연상관은 각각의 문항 점수와 총점과의 상관으로서 음수(-) 값을 나타내는 문항은 능력이 높은 피험자와 낮은 피험자를 제대로 변별하지 못하는 문항이라 할 수 있다. 점이연상관계수가 0보다 적게 산출된 문항들은 수학 창의적 문제해결력이 전반적으로 부족해도 점수가 높게 나올 수 있는 문항으로서 학생들 간의 능력을 변별해 주기에는 부적절하다. 유형 I의 10 문항과 유형 II의 5개 문항 모두 점이연상관계수가 0보다 적은 문항이 없어 모든 문항이 수학 창의적 문제 해결력을 변별해 주는 것으로 확인되었다.

<표 7> 문항 변별도

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	전체
유형 I 변별도	.621	.418	.537	.490	.577	.435	.529	.636	.389	.567	1.00
유형 II 변별도	.635	.708	.320	.536	.722						1.00

영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들간의 유형 I의 수학 창의적 문제 해결력의 차이를 분석하고자, *t-test*를 실시한 결과 문항번호 9번을 제외한 모든 문항에서 두 기관에 지원한 학생들 간에는 의미있는 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 8>에 각 집단별 유형 I의 수학 창의적 문제해결력 문항에 대한 평균과 표준 편차 및 집단간 차이 검증인 *t-test* 결과를 제시했다. *t-test* 결과 영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들은 수학 창의적 문제해결력에서 의미있는 차이를 나타냈고, 영재교육원에 지원한 학생들이 영재학급에 지원한 학생들보다 수학 창의적 문제해결력에서 더 우수한 것으로 나타났다. 이로써 교육청 단위로 선발하는 영재교육원에 지원한 학생들이 학교단위로 선발하는 영재학급 학생들보다 더 수학 창의적 문제해결력이 우수하다고 볼 수 있다.

영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들 간의 유형 II의 수학 창의적 문제해결력의 차이를 분석하고자, *t-test*를 실시한 결과 문항번호 3번을 제외한 모든 문항에서 두 기관에 지원한 학생들 간에는 의미있는 차이가 있는 것으로

로 나타났다.

<표 9>에 각 집단별 유형 II의 수학 창의적 문제해결력 문항에 대한 평균과 표준 편차 및 집단 간 차이 검증인 *t*-test 결과를 제시했다. *t*-test 결과 영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들은 수학 창의적 문제해결력에서 의미 있는 차이를 나타냈고, 영재교육원에 지원한 학생들이 영재학급에 지원한 학생들보다 수학 창의적 문제해결력에서 더 우수한 것으로 나타났다. 이로써 이 검사가 창의적 문제해결력이 더 매우 우수한 학생과 약간 우수한 학생에 대한 변별력이 상당히 양호한 것으로 판단되었다.

<표 8> 유형 I의 영재교육기관별 지원자의 수학 창의적 문제해결력 검사 평균, 표준 편차 및 *t*-test 검증 결과

문항 번호	집단	인원수	평균	표준편차	<i>t</i>
1	영재교육원	918	6.09	3.11	3.964**
	영재교실	114	4.84	3.60	
2	영재교육원	918	2.15	2.19	3.652**
	영재교실	114	1.37	1.98	
3	영재교육원	918	4.06	3.62	3.098**
	영재교실	114	2.96	3.27	
4	영재교육원	918	6.62	2.94	2.252*
	영재교실	114	5.95	3.45	
5	영재교육원	918	5.75	3.64	3.154**
	영재교실	114	4.61	3.56	
6	영재교육원	918	1.19	2.78	3.153**
	영재교실	114	.35	1.65	
7	영재교육원	918	3.51	3.57	2.206*
	영재교실	114	2.74	3.25	
8	영재교육원	918	6.71	5.00	3.833**
	영재교실	114	4.81	4.92	
9	영재교육원	918	.97	3.05	1.708
	영재교실	114	.47	2.18	
10	영재교육원	918	2.77	4.15	3.278**
	영재교실	114	1.45	3.37	
전체	영재교육원	918	39.82	17.85	5.854**
	영재교실	114	29.54	16.34	

p*<.05, *p*<.01.

<표 9> 유형 II의 영재교육기관별 지원자의 수학 창의적 문제해결력 검사 평균, 표준편차 및 *t*-test 검증 결과

문항 번호	집단	인원수	평균	표준편차	<i>t</i>
1	영재교육원	918	3.32	5.15	2.483*
	영재교실	114	2.08	3.90	
2	영재교육원	918	6.57	6.56	3.665**
	영재교실	114	4.21	5.73	
3	영재교육원	918	.49	2.75	.651
	영재교실	114	.32	1.57	
4	영재교육원	918	2.04	3.45	3.796**
	영재교실	114	.79	1.83	
5	영재교육원	918	12.17	8.98	3.975**
	영재교실	114	8.62	8.92	
전체	영재교육원	918	24.57	17.23	5.098**
	영재교실	114	16.02	13.89	

* $p < .05$, ** $p < .01$.

IV. 결 론

전국 단위로 영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들을 선발하기 위해 한국교육개발원 영재교육연구원이 개발한 수학 창의적 문제해결력 검사가 영재의 판별에 적절한지를 검증하기 위해서 중학교 1학년 1,032명에게 실시한 후, 학생들의 반응을 Rasch의 1모수 문항반응모형에 근거하여 분석하였다. 그 결과, 이 검사는 검사의 내적 일관성 신뢰도 지수인 Cronbach α 가 유형 I에서는 .703이고 유형 II에서는 .515로 나타나 상당히 양호한 것으로 확인되었다. 내적 타당도를 나타내는 문항 관련성 지수도 유형 I의 2개 문항과 유형 II의 1개 문항을 제외하고는 모두 1.5 이하이고 전반적으로는 .62부터 1.49의 범위에 분포하여 그 타당도가 매우 양호한 것으로 나타났다. 문항 난이도 지수는 -.37부터 .41로 쉬운 문항부터 어려운 문항까지 고루 분포되어 있어, 전반적으로 학생들의 능력을 변별해 주기 좋은 문항들로 확인되었다.

문항 변별도는 대체로 양호한 수준이 .30이상으로서 .32 부터 .72로 분포

하여 변별을 잘 해주는 것으로 나타났다. 이에 따라 수학 창의적 문제해결력 검사는 수학영재들을 판별하기에 신뢰롭고 타당한 검사인 것으로 확인되었다.

어떤 영재교육기관에 지원한 학생인가에 따라서도 수학 창의적 문제해결력에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 교육청 단위로 선발하는 영재교육원에 지원한 학생들이 영재학급에 지원한 학생들보다 더 수학 창의적 문제해결력이 우수한 것으로 나타나 이 검사가 영재교육 가능 대상자들을 대상으로 창의적 문제해결력을 측정하는데 있어서 변별력이 높은 것으로 확인되었다. 그러나 귀납적 추론을 요구하는 문항에서는 교육기관별 차이가 나타나지 않았다. 이에 대해서는 추후 연구가 필요할 것이다.

이상의 결과를 바탕으로 수학 창의적 문제해결력 검사를 개발하는 과정에서 덜 정의되고, 덜 구조화되며, 신선한 문항을 포함시키려고 노력하고, 결과적으로 학생들의 점수분포가 한쪽으로 지나치게 쏠리거나 양극단으로 몰려 U자 모양을 나타내는 문항을 제외시키려는 노력을 한 결과가 좋은 검사를 개발하는데 주효했다고 결론을 내릴 수 있었다. 다음 검사 도구 개발 시 문제를 해결하기 위해서 여러 단계에 걸친 문제해결 과정을 거쳐야 하는 문제들에 부분 문항을 좀 더 고려해야 할 것이다. 또한 수학 창의성을 측정할 때, 유창성, 독창성까지 채점을 하면 좋겠지만, 많은 학생을 대상으로 짧은 시간에 채점을 해야 하는 상황에서는 유창성만으로 채점을 해도 상당히 양호한 신뢰도와 타당도를 확보할 수 있어 효율적인 방법임을 확인할 수 있었다.

그러나 유창성만을 주요 채점기준으로 삼을 경우, 학생들에게 제한된 시간에 많은 해법을 생각해 내도록 요구함으로써 가장 독창적인 사고를 소홀하게 여기도록 유도할 수 있다는 문제점이 남아있다(Dailey & Mumford, 2006). 그러므로 향후 연구에서는 수학 영재들을 선발할 때 사용할 수학 창의적 문제해결력 검사 문항이 학생들로 하여금 유창성과 독창성을 모두 발휘케 할 수 있도록 하여 두 사고간의 균형을 유지하는 방안을 더 모색해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주 (1997). **수학 영재 판별 도구 개발 연구(II)** - 검사 제작 편 -. 한국교육개발원 연구보고 CR97-50. 서울: 한국교육개발원.
- 김홍원, 김명숙, 송상헌 (1996). **수학 영재 판별 도구 개발 연구(I)** - 기초 연구 편 -. 한국교육개발원 연구보고 CR96-26. 서울: 한국교육개발원.
- 송상헌 (1998). **수학 영재성 측정과 판별에 관한 연구**. 박사학위논문. 서울대학교.
- 이강섭, 황동주 (2003). 일반창의성(도형)과 수학창의성과의 관련 연구: TTCT; Figural A와 MCPSAT; A를 바탕으로. **수학교육**, 41(1), 1-9.
- 조석희 (2003). **창의적 문제해결력**. 박성익 외(편저). 영재교육학원론 (pp. 249-269). 서울: 과학교육사.
- 황동주 (2005). **수학 영재 판별의 타당도 향상을 위한 수학 창의성 및 문제 해결력 검사 개발과 채점 방법에 관한 연구**. 박사학위논문. 단국대학교.
- Amabile, T. M. (1983). *The social psychology of creativity*. New York: Springer-Verlag.
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Colorado: Westview Press, Inc.
- Balka, D. S. (1974). Creativity ability in mathematics. *Arithmetic Teacher*, 21(7), 633-636.
- Bauer, G. R. (1971). *A study of the effects of a creative classroom, creative problems, and mathematics educators on the creative ability in mathematics of prospective elementary teachers*. Unpublished doctoral dissertation. Indiana University.
- Dailey, L. & Mumford, M. D. (2006). Evaluative Aspects of Creative Thought: Errors in Appraising the Implications of New Ideas. *Creativity Research Journal*, 18(3), 385-398.
- Evans, E. W. (1964). *Measuring the ability of students to respond to creative mathematical situations at the late elementary and early junior high school level*. Unpublished doctoral dissertation. University of Michigan.
- Foster, J. (1970). An exploratory attempt to assess creative ability in mathematics. *Primary Mathematics*, 8, 2-7.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. NYC: McGraw-Hill.
- Haylock, D. W. (1984). *Aspect of mathematical creativity in children aged 11-12*. Unpublished doctoral dissertation, London University, London, Great Britain.
- Haylock, D. W. (1985). Conflicts in the assessment and encouragement of mathematical creativity in school children. *International Journal of Mathematics Education, Science, and Technology*, 16(4), 547-533.

- Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in school-children. *Educational Studies in Mathematics*, 18(1), 59-74.
- Isaaksen, S. G., Dorvel, K. B., & Treffinger, D. (1994). *Creative approaches to problem solving*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Kim, H., Cho, S., & Ahn, D. (2003). Development of mathematical creative problem solving ability test for identification of the gifted in math. *Gifted Education International*, 18(2), 164-175.
- Kim, Y. (1998). *The Torrance tests of creative thinking: Norms-technical Manual of the Korean version*. ChungAng Aptitude Press.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. The University of Chicago Press.
- Livacre, J. M. & Wright, B. D. (2003). A user's guide to BIGSTEPS Rasch-model computer programs. Winsteps.com.
- Mackinnon, D. W. (1970). *Creativity, a multi-faceted phenomenon*. In J. D. Roslansky (Ed.), *Creativity: a discussion at the novel conference*. North Holland, Amsterdam, pp.29. Quoted in R. J. Sternberg & T. I. Lubart. *Defying the crowd*. New York: The Free Press. 1995.
- Mainville, W. E. Jr. (1972). *A study of the effects of mathematics activity materials upon certain aspects of creative thinking ability of prospective elementary school teacher*. Unpublished doctoral dissertation. University of Marine.
- Maxwell, A. A. (1974). *An exploratory study of secondary school geometry students: problem solving related to convergent-divergent productivity*. Unpublished doctoral dissertation. University of Tennessee.
- Mednick, S. A. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 69(3). 220-232.
- Pehkonen, E. (1995a). *Use of open-ended problems in mathematics classroom*. Research Report 176. Helsinki University, Finland. Dept. of Teacher Education.
- Pehkonen, E. (1995b). On pupils' reactions to the use of open-ended problems in mathematics. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 3(4). 43-57.
- Polya, G. (1957). *How to solve it, Second Edition*. NJ: Princeton University Press.
- Renzulli, J. S. (1978). What makes giftedness? Reexamining a definition. *Phi Delta Kappan*, 60(3). 180-184.
- Renzulli, J. S., & Reis, S. M. (1985). *The Schoolwide Enrichment Model: A Comprehen-*

- sive Plan for Educational Excellence*. CT: Creative Learning Press, Inc.
- Roe, A. (1953). The making of a scientists. NYC: Dodd, Mead. Quoted in R. W. Woodman & L. F. Schoenfeldt. An interactionist model of creative behavior. *The Journal of Creative Behavior*, 24(4). 279-290. 1990
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1999). *The concept of creativity: Prospects and paradigms*. In R. J. Sternberg(Ed.). Handbook of creativity. New York: Cambridge University Press
- Urban K. K. (1995). *Creativity: a componential approach. paper presented at the post conference china meeting of the 11th world conference on gifted and talented children*. Beijing, China, August 5-8.
- Wallach, M. A. (1985). *Creativity testing and giftedness*. In F. D. Horowitz, & M, O'Brian(Eds.), *The gifted and talented: Developmental perspectives*. Washington, D. C.: APA.
- Wallas, G.(1926). *The Art of thought*. New York: Harcourt, Brace.
- Zosa, E. D. (1978). *The construction of a test to measure creative ability in mathematics. Unpublished doctoral dissertation*. Columbia University Teacher's College.

= Abstract =

Math Creative Problem Solving Ability Test for Identification of the Mathematically Gifted Middle School Students

Seokhee Cho

St. John's University

Dong-Jou Hwang

Ajou University Graduate School of Education

The purpose of this study was to develop a math test for identification of the mathematically gifted on the basis of their math creative problem solving ability and to evaluate the goodness of the test. Especially, testing reliability and validity of scoring method on the basis of fluency only for evaluation of math creative problem solving ability was one of the main purposes. Ten closed math problems and 5 open math problems were developed requiring math thinking abilities such as intuitive insight, organization of information, inductive and deductive reasoning, generalization and application, and reflective thinking. The 10 closed math test items of Type I and the 5 open math test items of Type II were administered to 1,032 Grade 7 students who were recommended by their teachers as candidates for gifted education programs. Students' responses were scored by math teachers. Their responses were analyzed by BIGSTEPS and 1 parameter model of item analyses technique. The item analyses revealed that the problems were good in reliability, validity, item difficulty and item discriminating power even when creativity was scored based on the single criteria of fluency. This also confirmed that the open problems which are less-defined, less-structured and non-entrenched were good in measuring

math creative problem solving ability of the candidates for math gifted education programs. In addition, it was found that the math creative problem solving tests discriminated applicants for the two different gifted educational institutions.

Key words: Math creative problem solving ability, Gifted, Test, Identification, Validity, Reliability, Item response analyses. Rasch Model

1차 원고접수: 2007년 4월 11일 수정원고접수: 2007년 4월 20일 최종게재결정: 2007년 4월 20일
