

수학 영재 판별을 위한 수학 창의적 문제해결력 검사 개발

조 석 희 (한국교육개발원)

황 동 주 (한국교육개발원)

이 연구는 수학 창의적 문제해결력을 바탕으로 수학 영재를 판별하기 위해서 수학 창의적 문제해결력 검사를 개발하고, 유창성만으로 수학 창의성을 평가한 이 검사 방법의 신뢰도와 타당도를 검증하는데 있다. 10개의 개방적인 수학 문제를 개발한 바, 수학적으로는 직관적 통찰력, 정보 조직력, 추론능력, 일반화 및 적용력, 반성적 사고력을 요구하는 문제들이다. 이 10문항을 영재교육기관에 입학하고자 지원한 초등학교 5학년 2,209명에게 실시했다. 교사들은 각 문제에 대해 타당한 답을 제시한 빈도로 유창성을 측정했다. 학생들의 반응은 Rasch의 1모수 문항반응모형을 기반으로 한 BIGSTEPS 로 분석했다. 문항반응 분석결과, 이 검사는 창의성을 유창성만으로 측정할 때도 영재판별 검사로서 신뢰도, 타당도, 난이도, 변별도가 모두 양호한 것으로 나타났다. 덜 정의되고, 덜 구조화되고, 신선한 문제가 영재교육 프로그램에 지원한 학생들의 수학 창의성을 측정하는데 좋은 문제임을 확인할 수 있었다. 또한 이 검사는 남학생이 여학생보다 수학 창의적 문제해결력이 우수하며, 영재교육원에 지원한 학생들이 수학영재학급에 지원한 학생들보다 더 우수함을 확인해 주었다.

1. 서론

영재성의 가장 중요한 요소 중 하나가 창의성이라는 점은 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(Roe, 1953; Mackinnon, 1970; Amabile, 1983), 어떤 학자들은 인지적 특성으로 이해하여 확산적 사고과정을 연구하였고(Guilford, 1967; Mednick, 1962), 어떤 학자들은 사회적 요인에 초점을 맞추어 연구했다(Amabile, 1983; Simonton, 1984). 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. Sternberg와Lubart(1999) 는 창의성은 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. 이런 새로운 이론들은 일반적으로 창의성과 관련된 요인들 간의 역동적 상호작용의 중요성을 강조한다.

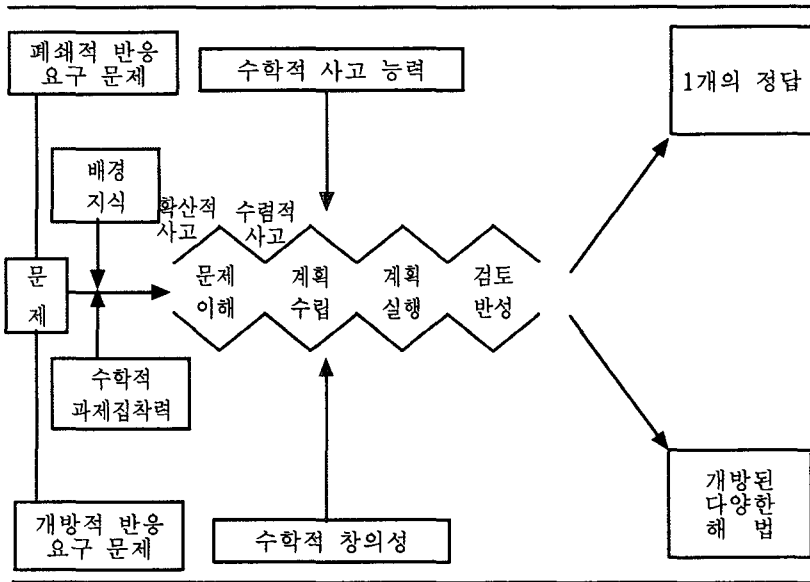
그러나, 영재들을 판별하려는 의도에서도 창의성을 측정하는 수학 검사는 거의 없다(Wallach, 1985).

한국교육개발원 영재교육연구원에서는 1996년부터 영재교육원이나 영재학급에서 공부하려는 수학 영재들을 판별하려는 목적으로 1996년도부터 매년 수학 창의적 문제해결력 검사를 개발해 왔다. 특히 수학 판별용 검사는 전국 52개 영재교육원과 182개의 영재학급에 지원하려고 준비하는 많은 일반 학생들이 판별 검사에 대비하여 훈련, 연습을 하고 있다. 이로 인해 판별 검사가 일반 학생들에게 미치는 영향이 지대하기 때문에 수학 창의적 문제해결력 검사로 수학영재들을 판별할 필요가 있다고 판단하였다. 영재교육원은 교육청 단위로 학생들을 선발하고, 영재학급은 학교단위로 학생들을 선발하고 있다. 수학 영재는 수학 문제를 창의적인 방법으로 해결하는 능력이 탁월한 학생으로 정의하였다(Kim, Cho & Ahn, 2003). 즉, 수학 영재들은 미래에 창의적인 수학자가 될 잠재력이 높은 학생으로서 뛰어난 수학 창의적 문제해결력을 나타낸다. 수학 창의적 문제해결력은 자신이 갖고 있는 지식, 원리, 개념, 사고전략들을 최대한 이용하여 새로운 해법을 산출해내는 능력이다.

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 문제해결력 개념을 정의하였고, 그 개념도를 <그림 1>에 제시하였다(Kim, Cho, & Ahn, 2003). 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 보았다. 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 (Kim, Cho, & Ahn, 2003).

이 검사는 영재판별용으로 개발되었다. 따라서 이 검사가 대상으로 정한 학생들은 지능이나 수학 성적을 바탕으로 교사가 추천한 상위 15%에 해당하는 학생들이다.

문제의 폐쇄적인 정도에 따라 수학 문제는 하나의 정답을 요구할 수도 있고 다양한 해법을 허용할 수도 있다. 이 연구에서는 전국적으로 수학 영재를 판별하기 위해서 2005년도에 개발했던 수학 영재 판별 검사용 10개의 개방적인 수학 문제에 관해서 그 양호도를 검증하고자 했다. 수학 창의적 문제해결력 검사의 개념도에서는 폐쇄적인 문제와 개방적인 문제가 모두 사용되는 것으로 제시되어 있으나, 본 연구에서는 개방적인 문제만 개발하였다. 그 이유는 지난 10여년 간 수학 영재판별용 검사를 개발하고 분석한 결과 개방적인 문제가 영재들의 수학 창의적 문제해결력을 평가하는데 더 적절하다는 판단을 했기 때문이다(이강섭, 황동주, 2003; 황동주, 2005). 개방적인 문제는 문제의 시작 상황 또는 목표 상황이 개방적인 문제로 정의한다. 학교에서 다루는 수학 문제들은 주로 폐쇄적인 문제들로서 학생들에게 창의적 사고를 할 여지가 별로 없다(cf. Pehkonen, 1995a, 1995b). 가능한 한 덜 정의되고, 덜 구조화되어 있으며, 많은 학생들이 접해보지 않은 문제를 개발하려고 노력했으며, 이를 통해서 이 문제들을 해결하는 동안 창의성을 충분히 발휘할 수 있도록 하고자 노력했다.



<그림 1> 수학 창의적 문제 해결력 개념 모형

이 10개의 개방적인 문제들을 해결하려 할 때, 학생이 갖고 있는 수학적 지식과 기능, 수렴적 사고, 확산적 사고, 과제집착력간의 상호작용이 요구된다. 본 연구에서는 이런 문제들이 수학 영재의 판별에 얼마나 유용한가를 검증하고자 하였다.

1.1. 수학 창의성(Mathematical Creativity)

수학 창의성은 하나의 수학 문제에 다양한 답을 산출하는 능력이다(김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주, 1997). Guilford와 Torrance는 아래와 같이 네 가지로 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 많은 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 3가지다. 실제적으로 수학적 창의성을 측정하기 위해서 연구자들은 여러 가지 방법을 사용한다. 첫째, 유창성만을 기준으로 사용하거나(cf. Foster, 1970; Bauer, 1971; Maxwell, 1974), 둘째, 융통성만을 기준으로 사용하거나(cf. Krutetskii, 1976), 셋째, 유창성과 독창성만을 사용하거나(cf. Mainville, 1972), 넷째, 유창성, 융통성과 독창성을 기준으로 모두 사용한다(cf. Evans, 1964; Zosa, 1978; Balka, 1974; Kim et. al, 1997; Song 1998 Lee, Hwang, 2003, Hwang, 2005). 네 가지 방법 중에서 첫째 방법이 가장 쉽다. 특히 수 천명이 응시하고 정해진 짧은 기간 동안에 채점을 하여 결과를 발표할 필요가 있을 때에는 특별히 더 효율적이다.

창의성을 과연 유창성만으로 측정하는 것이 타당한가에 대해 살펴보았다. 그 결과, 수학 창의적 문제 해결에서 유창성과 융통성의 상관도 .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 기간에 채점을 해야 한다는 현실적인 제약을 극복할 수 있도록 채점에 많은 시간이 걸리는 독창성은 측정하지 않고, 맞는 답의 수로 점수를 주는 방식으로 유창성만을 측정했다.

1.2. 수학적 사고 능력(Mathematical Thinking Ability)

수학 창의적 문제 해결력에서 측정하는 수학적 사고 능력은 아래와 같이 5가지로 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 반성적 사고 능력은 문제 해결의 전 과정에서 나타나는 메타 인지적 사고를 의미한다.

10문항 중에서 3 유형의 문항을 예로 제시하였다.

[문제 2: 수와 연산, 반성적 사고] 75를 연속하는 두 자연수의 합으로 나타내면 $37+38=75$ 이고, 연속하는 세 자연수의 합으로 나타내면 $24+25+26=75$ 입니다. 75를 연속하는 자연수의 합으로 나타내는 또

다른 식을 찾아 가능한 많이 적어보시오.

- 식: _____
- 식: _____
- 식: _____
- 식: _____
- 식: _____

[문제 4: 규칙성과 함수, 일반화 및 적용 능력] 다음 [보기]는 왼쪽에 있는 두 수의 합을 오른쪽 빈 칸에 차례대로 쓴 것입니다. [보기]에서 찾은 규칙을 이용하여 다음 물음에 답하십시오.

[보기]

4	6	10	16	26
$4 + 6 = 10$ $6 + 10 = 16$ $10 + 16 = 26$				
10	0	10	10	20
0	7	7	14	21
5	5	10	15	25
3	6	9	15	24
10	20	30	50	80
20	40	60	100	160

다음 빈 칸에 알맞은 수를 넣으시오.

(1)	6		9		
(2)	6				15

(3) ◎에 들어갈 수가 40보다 크고 50보다 작은 짝수일 때 ◆에 들어갈 수를 모두 구하십시오.

◆		18		◎
---	--	----	--	---

[문제 6: 기하, 일반화 및 적용 능력] 길이가 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 6cm, 7cm, 8cm, 9cm인 막대가 각각 하나씩 있습니다. 이 중에서 몇 개를 뽑아서 정사각형을 만들었습니다.

- (1) 가장 큰 정사각형의 한 변의 길이는 몇 cm입니까?
- (2) 가장 작은 정사각형의 넓이는 몇 cm²입니까?

- (3) 한 변이 9cm인 정사각형을 만들 수 있는 서로 다른 방법은 모두 몇 가지입니까?
 (4) 크기가 서로 다른 정사각형은 모두 몇 가지를 만들 수 있습니까?

본 검사를 정해진 시간 동안 실시해야 하는 현실적인 제한 때문에 모든 수학 내용의 모든 하위 능력을 포함시키지 못했다. 시험에 준비하는 학생들에게 지나친 선행학습을 유도하지 않도록 초등학교 5학년 학생들을 대상으로 하는 검사는 초등학교 5학년의 정규교육과정에 제시된 수학적 지식과 기능까지만을 활용해서 문제가 해결될 수 있도록 문제를 개발하였다. 이에 따라 이 검사에 포함된 10 문항의 수학 내용은 다양한 하위내용을 고루 포함시키지는 못했다.

2. 연구방법

2.1. 연구 설계

본 연구는 수학 창의적 해결력 검사의 신뢰도, 타당도, 난이도, 관련성, 변별도를 검증하고, 성별과 영재교육기관별 지원자간 차이가 있는지를 확인하고자 수행되었다. 내적 타당도와 난이도는 Rasch의 1모수 문항반응모형에 의해 분석되었다.

2.2. 피험자

이 연구에 참여한 피험자들은 7개 시·도 교육청의 영재교육원과 영재학급에 지원한 초등학교 5학년 학생 2,029 이었다.

2.3. 검사 개발

수학 창의적 문제해결력을 평가하기 위해 10개의 문항이 개발되었다. 이 문항에 관한 분류표가 <표 1>에 제시되었다. 2005년 1년 동안 영재교육전문가 1명, 수학자 2명, 수학교육과 교수3명, 수학교사 10명이 4번의 워크숍을 거쳐 10개의 문항을 개발했다. 워크숍에서는 2004년에 개발되어 영재판별에 사용했던 검사에 대한 학생들의 반응을 분석하여 각 문항의 특성을 파악하고, 2005년도 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 10개를 초점을 두었다

문항 유형은 전년도에 개발되어 사용되었던 검사 문항에 대한 분석결과를 바탕으로 결정되었다. 전년도에 사용되었던 검사 문항들 중 일부는 수학 영재판별에 적절하지 않은 것으로 확인되었다. 즉, 수학

적 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, 부분점수를 허용하지 않는 문항이었다. 학생들은 완전히 맞거나 완전히 틀릴 수밖에 없고 부분적으로 맞은 것에 대한 점수 부여가 없는 문항들이었다. 이런 문항의 경우 학생들의 점수 분포가 양극단으로 치우쳐서 U자 모양을 나타냈다. 둘째, 경시대회 형으로 알려져 있는 문항으로 일부 학생들은 많은 연습을 해본 문항이다. 연습을 많이 한 학생은 맞고, 연습을 해보지 않은 학생은 틀리는 문항으로서 진정하게 능력이 있는 학생을 변별해주지 못했다. 이런 문항도 학생들의 점수 분포가 U자 모양을 나타내며 각 학생의 전반적인 수학 능력과 각 문항의 점수 간에 일관성이 부족했다. 셋째, 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. 넷째, 5학년 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 포함시키지 않도록 최선의 노력을 했다. 대신 덜 정의되고, 덜 구조화되어있으면 대부분의 학생들이 경험하지 못한 신선한 문제를 개발하고자 노력했다.

<표 1> 수학 창의적 문제 해결력 검사

문항 번호	영역	수학적 사고능력	점수
1	수와 연산	직관적 통찰 능력	15
2	수와 연산	반성적 사고 능력	15
3	수와 연산	연역적 사고 능력	15
4	규칙성과 함수	일반화 및 적용 능력	20
5	문자와 식	연역적 사고 능력	20
6	도형	일반화 및 적용 능력	20
7	문자와 식	정보의 조직화 능력	20
8	규칙성과 함수	연역적 사고 능력	25
9	규칙성과 함수	연역적 사고 능력	25
10	규칙성과 함수	귀납적 사고 능력	25
전체			200

2.4. 검사 실시와 채점

10개의 수학 창의적 문제해결력 검사 문항을 2005년 1월 7개 시도교육청의 영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들을 대상으로 실시되는 제 2단계 선별 검사의 일환으로 실시되었다. 검사에 임하기 5분전

에·시험 감독자는 답안지 작성법에 대해서 설명해 주었다. 90분 동안 시험을 실시하였으며, 학생들에게는 다양하고 새로운 답을 많이 제시할 것으로 요구하였다.

채점은 각 시도교육청 별로 수학 영재교육을 담당하고 있는 교사들 중 가장 우수한 교사들로 선정해 줄 것을 교육청에 요구하여 이루어졌다. 시험이 실시되기 전 워킹샷을 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.

2.5. 자료 분석












문항의 양호도 분석 중 문항 내적 일관성 신뢰도와 변별도를 구하기 위하여 SPSS 10.0K를 사용하여 Cronbach 를 구하였고, 내적 타당도와 난이도를 구하기 위하여 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 BIGSTEPS(Livacre & Wright, 1991, 1997, 2002)를 사용하여 분석하였다.

3. 결 론

3.1. 수학 창의적 문제 해결력의 학생 반응 분석

<표 2>에 10개 문항에 대한 평균, 표준편차, 내적 타당도, 난이도 수준, 변별도와 점수분포를 제시하였다. 전반적으로 Infit과 Outfit 지수는 1.2 보다 낮았고, 문항 1, 문항 5, 문항 9만 Infit과 Outfit 지수가 1.2보다 높게 나타났다. 그러므로 이 문항은 이 분석 모델에 적합하지 않다고 할 수 있다. 그러나, Infit과 Outfit이 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 2> 5학년 수학 창의적 문제 해결력 문항의 통계 분석표

문항 번호	평균	표준편차	문항적합지수		난이도	변별도	분포도
			Infit	Outfit			
1	10.61	5.14	1.24	1.21	-.35	.4552	
2	7.17	5.74	.88	.96	.05	.4922	
3	6.08	6.55	.88	.84	.32	.3720	
4	14.22	6.81	1.14	1.18	.02	.3765	
5	10.66	7.51	1.00	1.25	.20	.4948	
6	6.36	5.63	.70	.75	.01	.5046	
7	13.57	5.81	1.01	.99	-.43	.5451	
8	18.87	7.29	1.19	1.17	-.19	.5616	
9	5.15	6.91	1.24	1.17	.01	.4553	
10	5.84	6.91	.84	1.00	.36	.4757	
전체	98.53	32.86	1.01	1.05	.00		

3.2. 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. 문항 10개에 대한 신뢰도 계수는 0.68로 매우 높지는 않지만 상당히 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 지수가 1.2보다 모두 적으므로 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다.

<표 3> 문항 적합도 지수

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	전체
Infit	1.24	.88	.88	1.14	1.00	.70	1.01	1.19	1.24	.84	1.01
Outfit	1.21	.96	.84	1.18	1.25	.75	.99	1.17	1.17	1.00	1.05

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 검사에서는 로짓 점수로 본 난이도가 0.36을 넘는 문항은 없었다. 난이도 척도상에 각 문항의 난이도를 나열해 보았을 때, 문항간의 난이도의 차이는 로짓 점수가 0.36을 넘지 않은 범위에서 고루 분포되어 있고, 문항 신뢰도 지수가 모두 0.68보다 높은 것으로 나타나 사용된 문항들은 서로 잘 분리되어 수학 창의적 문제해결력을 추정하고 변별하는데 무리가 없다고 볼 수 있다.

<표 4> 문항의 난이도

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	전체
난이도	-.35	.05	.32	.02	.20	.01	-.43	-.19	.01	.36	.00

변별도: 문항의 변별도는 점이연상관(point-biserial correlation)에 의하여 분석하였다. 점이연상관은 해당 문항 점수와 총점과의 상관으로서 음수(-)값을 나타내는 문항은 능력이 높은 피험자와 낮은 피험자를 제대로 변별하지 못하는 문항이라 할 수 있다. 점이연상이 음수로 산출된 문항들의 경우는 수학 창의적 문제해결력이 전반적으로 부족한 학생이라도 축적된 지식을 바탕으로 쉽게 점수를 받을 수 있는 문항이기 때문에 학생들 간의 능력을 변별해 주기에는 부적절한 문항이다. 10 문항 모두 점이연상관 계수가 0보다 적은 문항이 없어 모든 문항이 수학 창의적 문제 해결력을 변별해 주는 것으로 확인되었다.

<표 5> 문항 변별도

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	전체
변별도	.5002	.5447	.5233	.5620	.4925	.4684	.5848	.5948	.5905	.5247	.3249

3.3. 수학 창의적 문제 해결력의 집단간 차이

성별에 따른 수학 창의적 문제해결력에서의 차이가 있는지를 확인하기 위해서 여학생과 남학생들의 반응을 분석했다. <표 6>에 각 문항별 여학생과 남학생의 평균, 표준편차 및 집단간 차에 대한 t-test 결

과를 제시하였다. 그 결과 4번 문항과 6번 문항을 제외한 모든 문항에서, 결과적으로 창의적 문제해결력 검사 전체에서 여학생과 남학생간에는 의미있는 차이가 있는 것으로 나타났다. 이 결과는 이미 수학적 능력에서 성별에 따라 차이가 있다는 기존의 연구들과 일관성이 있다(Haylock, 1984; Skaalvik & Rankin, 1994).

<표 6> 여학생과 남학생의 수학 창의적 문제해결력의 평균, 표준편차, t-test 결과

문항번호	성	인원수	평균	표준편차	t	p
1	남성	1243	11.1529	4.90776	6.015	.000**
	여성	786	9.7570	5.37090		
2	남성	1243	7.7530	5.80349	5.805	.000**
	여성	786	6.2455	5.52696		
3	남성	1243	6.3644	6.56087	2.426	.015*
	여성	786	5.6412	6.51239		
4	남성	1243	14.1698	6.77979	-.375	.707
	여성	786	14.2863	6.86323		
5	남성	1243	11.3186	7.32311	4.983	.000**
	여성	786	9.6247	7.67146		
6	남성	1243	6.5406	5.71919	1.840	.066
	여성	786	6.0687	5.48330		
7	남성	1243	13.9107	5.69580	3.383	.001**
	여성	786	13.0178	5.94216		
8	남성	1243	19.3484	7.05957	3.729	.000**
	여성	786	18.1132	7.58803		
9	남성	1243	5.7168	7.32687	4.653	.000**
	여성	786	4.2583	6.10321		
10	남성	1243	6.2518	7.01472	3.351	.001**
	여성	786	5.1997	6.68429		
전체	남성	1243	102.5270	33.15177	6.968	.000**
	여성	786	92.2125	31.39178		

영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들간의 수학 창의적문제해결력의 차이를 분석하고자, t-test를 실시한 결과 문항번호 10번을 제외한 모든 문항에서 두 기관에 지원한 학생들 간에는 의미있는 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 7>에 각 집단별 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 문제해결

력에서 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.

<표 7> 영재교육기관별 지원자의 수학 창의적 문제해결력 검사 평균, 표준편차 및 t-test 검증 결과

문항 번호	집단	인원수	평균	표준편차	t	p
1	영재교육원	1497	10.8958	5.02439	4.190	.000**
	영재교실	532	9.8139	5.36301		
2	영재교육원	1497	7.5478	5.72374	5.012	.000**
	영재교실	532	6.1034	5.67071		
3	영재교육원	1497	6.5364	6.60215	5.250	.000**
	영재교실	532	4.8120	6.23326		
4	영재교육원	1497	14.7802	6.56511	6.332	.000**
	영재교실	532	12.6241	7.23155		
5	영재교육원	1497	10.9713	7.54460	3.117	.002**
	영재교실	532	9.7932	7.32450		
6	영재교육원	1497	6.6834	5.70017	4.387	.000**
	영재교실	532	5.4417	5.33637		
7	영재교육원	1497	13.9733	5.61111	5.351	.000**
	영재교실	532	12.4154	6.18929		
8	영재교육원	1497	19.4816	6.91863	6.401	.000**
	영재교실	532	17.1485	8.01191		
9	영재교육원	1497	5.4870	7.15573	3.674	.000**
	영재교실	532	4.2086	6.09032		
10	영재교육원	1497	5.8370	6.81685	-.079	.937
	영재교실	532	5.8647	7.15740		
전체	영재교육원	1497	102.1937	31.62227	8.571	.000**
	영재교실	532	88.2256	34.09511		

3.4. 결론

전국단위로 영재교육원과 영재학급에 지원한 학생들을 선발하기 위해 한국교육개발원 영재교육연구원이 개발한 수학 창의적 문제해결력 검사가 영재의 판별에 적절한지를 검증하기 위해서 초등학교 5학

년 학생 2,029 명에게 실시한 후, 학생들의 반응을 Rasch의 1모수 문항반응모형에 근거하여 분석하였다. 그 결과, 이 검사는 검사의 내적 일관성 신뢰도 지수인Cronbach α 가 .68로서 상당히 양호한 것으로 확인되었다. 내적 타당도를 나타내는 문항 관련성 지수도 2개 문항을 제외하고는 모두 1.2 이하이고 전반적으로는 .7 부터 1.24의 범위에 분포하여 그 타당도가 매우 양호한 것으로 나타났다. 문항 난이도 지수는 -.43 부터 .35로 쉬운 문항부터 어려운 문항까지 고루 분포되어 있어, 전반적으로 학생들의 능력을 변별해주는 좋은 문항들로 확인되었다.

문항 변별도는 대체로 양호한 수준이 .30이상으로서 .33 부터 .59로 분포하여 변별을 잘 해주는 것으로 나타났다. 이에 따라 수학 창의적 문제해결력 검사는 수학영재들을 판별하기에 신뢰롭고 타당한 검사인 것으로 확인되었다.

또한 다른 연구에서 나타났던 성별에 따른 수학 능력에서의 차이도 일관성 있게 나타난 바, 남학생이 여학생보다 일반화 적용능력을 요구하는 문항을 제외한 전반적인 검사에서 수학 창의적 문제해결력이 더 우수한 것으로 나타났다. 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 나타나기도 했다. 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. 또한 수학 창의성을 측정할 때, 유창성, 독창성까지 채점을 하면 좋겠지만, 많은 학생을 대상으로 짧은 시간에 채점을 해야 하는 상황에서는 유창성만으로 채점을 해도 상당히 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 해법을 생각해 내려는 노력은 오히려 덜 하게 유도할 수 있다는 문제점이 남아있다. 그러므로 향후 연구에서는 수학 영재들을 선발할 때 사용할 수학 창의적 문제해결력 검사에서 유창성과 독창성간의 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, 한국교육개발원.
- 송상헌 (1998). 수학 영재성 측정과 판별에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 이강섭·황동주 (2003). 일반창의성(도형)과 수학창의성과의 관련 연구: TTCT; Figural A와 MCPSAT; A를 바탕으로. 한국수학교육학회 시리즈 A <수학교육>, pp. 1-9.
- 황동주 (2005). 수학 영재 판별의 타당도 향상을 위한 수학 창의성 및 문제 해결력 검사 개발과 채점 방법에 관한 연구. 단국대학교 박사학위 논문.
- Aiken, L. R. (1973), *Ability and Creativity in Mathematics*. Mathematics Education Reports in Guilford College, (ERIC Document Reproduction Service No. ED077730).
- 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). pp.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 Doctorial Dissertation. Indiana University, (Dissertation Abstracts, No. pp.71-11, 338
- 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*. Doctorial Dissertation, University of Michigan. (Dissertation Abstracts, 1965, 25, pp.7108-7109).
- Foster, J. (1970). An Exploratory attempt to assess creative ability in mathematics. *Primary Mathematics*, 8, pp.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. (1978). An Investigation Into the Relationship Between Divergent Thinking in Non-Mathematical and Mathematical Situations. *Mathematics in School*, 7, 2, 25, Mar 78.
- Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Educational Studies in Mathematics*, 18, pp.59-74.

- Isaksen, 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), pp.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 Univ. of Chicago Press.
- Livacre, J. M. & Wright, B. D. (1994, 2003). *A User's Guide to BIGSTEPS Rasch-Model Computer Programs*. Winsteps.com.
- Mackinnon, D. W. (1970). A multifaceted phenomenon. In J. D. Roslansky (Eds.), *Creativity: A discussion at the Novel Conference*. Amsterdam: North Holland, 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 Doctorial Dissertation. University of Marine, (Dissertation Abstracts, No. 72-29, 994).
- Mason, J. (1991). Mathematical problem solving: open, closed and exploratory in UK. *International Reviews on Mathematical Education*, **23**(1), 14-19.
- Maxwell, A. A. (1974). *An exploratory study of secondary school geometry students: problem solving related to convergent-divergent productivity*. Doctoral dissertation, University of Tennessee. (ERIC Document Reproduction Service No. ED110328)
- Mednick, S. A. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, **69**, 220-232.
- Pehkonen, E. (1995a). *Use of open-ended problems in mathematics classroom*. Research Report 176. Helsinki University, Finland. Dept. of Teacher Education. (ERIC Document Reproduction Service No. ED419 714).
- Pehkonen, E. (1995b). On pupils' reactions to the use of open-ended problems in mathematics. *Nordic Studies in Mathematics Education*, **3**(40), pp.43-57.
- Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Renzulli, J. S. (1978). *What makes giftedness? Reexamining a definition*. Phi Delta Kappan, **60**(3), 180-184, 261.
- Renzulli, J. S., & Reis, S. M. (1985). *The Schoolwide Enrichment Model: A Comprehensive Plan for*

- Educational Excellence*, Creative Learning Press, Inc.
- Roe, A. (1953). The making of 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 pp.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*. Doctoral dissertation, Columbia University Teacher's College, 1978. (Dissertation Abstracts International, 1979, 39A, 6009).