韓國數學敎育學會誌 시리즈 E
<數學敎育 論文集>
제 17집, 2003. 10. 159-168.

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E
Communications of Mathematical Education
Vol. 17, Dec. 2003. 159-168.

창의적 수학문제해결력 검사도구의 요소[1)]

유 윤 재 (경북대학교)

본 연구는 창의적 수학문제해결력의 검사도구의 요소들을 제시하고 있다. 수학적 창의성을 과정적 관점에서 출발하여 수학적 창의성을 창의적 수학문제제해결과 동일시하고 그에 따른 검사도구의 기본요소들을 Polya의 문제해결기법에서 나타나는 메타인지적 전략과 수학적 마인드를 검사하는 요소들로 구성하였다.

1. 서론

본 논고의 목적은 수학적 창의성의 개념과 그에 따른 수학적 창의성 검사도구의 준거와 방법을 찾는데 있다. 수학적 창의성을 측정하기위한 도구는 주로 확산적 사고요소검사를 채택하고 있고, 국내에서도 이 방법에 준한 연구결과가 있다.[2)] 이 방법은 주로 창의성은 확산적 사고라는 등식을 기초가설로 설정하고 있다. 더욱이 확산적 사고는 모든 학문영역에 통일된 작용을 한다고 전제한다. 그 결과 수학적 창의성 검사문항은 확산적 사고검사 도구를 근거한 수학문항이거나 이에 준하는 문항들로 구성되어 있다. 그러나 이러한 관점은 다음과 같은 논거

1) 각 학문은 고유한 특성을 가지고 있다.

2) 창의성이 각각의 학문에 미치는 상관은 다르다[3)]

3) 창의성은 과제의존적이다[4)]

에 의하여 확산적 사고를 모든 학문에 일괄적으로 적용한다는 것은 비합리적이라는 결론을 내릴 수 있으며 따라서 각각의 학문영역의 특성을 반영한 검사법이 개발되어야 한다. 이에 본 연구는 수학적 창의성과 수학문제해결의 수월성을 동일시 될 수 있는 근거를 모색하고 그에 따른 수학영재판별검사법을 마련하고자 한다. 본 연구에 의하면 수학영재는 수학문제해결에 뛰어난 능력을 가지고 있으며 그 능력들은 창의성으로부터 기인하다고 주장하며 수학영재, 수학문제해결 및 창의성 등, 세 가지 주제를 통합하는 근거를 창의성의 과정적 개념에서 모색한다.

---

1) 본 연구는 2003년 경북대학교 과학영재교육원의 지원 하에 연구되었음

2) 권오남 & et. al.(1998), 송상헌(2002), Haylock(1984), Silver& et.al(1995)

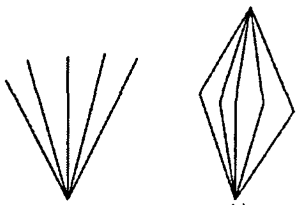
3) Cropley(2000). p. 44.

4) J. Baer(2001), pp.20-22.

2. 창의성에 대한 일반 개념

창의성의 일반적 정의는 합의되어 있지 않지만 그럼에도 불구하고 논의를 시작하기위해서는 창의성의 정의에 대한 기존이론을 개략하는 것이 필요할 것 같다. 먼저 창의성의 일반적 정의에 대한 기존 연구를 요약하면 다음과 같이 3가지로 압축된다.[5]

1) 확산적 사고
2) 새롭고 유용한 산출물을 생산해내는 정신활동
3) 기존의 개념이나 산출물을 재구성하여 주어진 문제를 해결하는 과정



이 세 가지 관점이 구체적인 학문영역에서 함의하는 것을 논의해보자. 창의성을 확산적 사고로 동일시 하는 경우 확산적 사고의 하위요소인 유창성, 유연성, 독창성, 정교성 등을 창의성 검사도구로 사용되고 있다는 것은 이미 널리 알려져 있다. 그러나 이 요소들이 함의하는 비중은 시대에 따라 다르게 평가된다. 물리학의 경우 과학혁명의 맥락에서 보면 패러다임 천이시기에는 새로운 이론들은 기존의 이론과 경합관계에 있기 때문에 여러 이론들 중에서 기존의 이론과 차별화되는 이론만이 살아남게 된다. 그 결과 20세기 초 양자역학이 태동하는 시기의 물리학에서는 뛰어난 독창성이 요구되었다. 그러나 정상과학기가 되면 천이기에 형성된 이론이 보다 포괄적으로 용인될 수 있도록 다양한 사례를 수집하는 정교화 과정으로 나타난다.[6] 수학의 경우에도 새로운 영역의 독창적 발견이나 방법론이 나타나면 이러한 발견내지 방법론을 통하여 기존의 것을 재조직하고 관련된 것을 이해하려고 하는데 이것은 정교성으로 설명이 된다. 따라서 수학이나 물리학과 같은 이론지향적 학문의 경우 독창성과 정교성이 확산적 사고에서 보다 중요한 요소가 된다. 비단 자연과학뿐만 아니라 기타영역에서도 이러한 경향이 지배적이다. 그러나 응용이라는 측면을 고려하면 유창성과 유연성도 중요한 요소로 부가될 것이다. 이와 같이 확산적 사고의 각 요소들은 학문의 성격에 의존한다.

---

5) 김영채, pp. 3-5.

6) 물리학의 경우, 20세기 초기연구와 최근연구는 뚜렷한 차이가 있다. 초기연구에는 주로 독창적 이론이 주류를 이루었지만 현재는 그러한 이론들이 응용되어 구체적인 형태로 나타난다. 노벨 물리학상의 경우도 예외가 아니다.

또 학문간의 특성의 차이가 확산적 사고의 각 요소를 다르게 평가한다. 다음 그림은 문제해결의 두 가지 유형을 그림으로 예시하였다.(그림의 아랫부분이 문제이고 윗부분이 해결책이다.) 위 그림에서 그림 가)는 해결책의 다양성을 의미하며 따라서 다양한 답이 가능하고 그 결과 유창성과 유연성이 중요한 역할을 한다. 반면에 그림 나)는 해결방법의 다양성을 의미하며 이 경우는 확산적 사고와 수렴적 사고가 연합하여 문제를 해결한다. 예를 들면 폐타이어의 용도를 열거하라와 같은 문제는 가의 유형에 속하고 서울에서 부산까지 가는 방법을 말하라와 같은 문제는 나와 같은 유형에 속한다. 확산적 사고를 요하는 문제의 해결책들이 각각 다른 맥락위에 있다면(그림 가의 경우) 유창성과 유연성이 상대적으로 중요한 요소가 될 것이다. 그러나 각각의 해결책들이 동일한 맥락위에 있다면(그림 나의 경우) 그 해결책들이 상호 비교가능하게 되기 때문에 독창성과 정교성이 상대적으로 중요한 요소가 될 것이다. 수학의 문제는 나의 경우가 대부분이다.[7] 음악의 경우, 작곡부문에서는 악기의 편성, 음조의 선택, 형식의 선택 등 다양한 조합이 나타나기 때문에 확산적 사고의 4 가지 요소가 모두 중요하게 작용하지만 연주부문에서는 곡 해석의 독창성과 연주기법의 정교성이 보다 중요한 척도가 된다. 결론적으로 수학의 경우 확산적 사고요소에서 유창성이나 유연성보다는 독창성과 정교성이 상대적으로 중시된다. 지금까지 논의한 결과를 요약하면 확산적 사고의 각 요소가 가지는 중요도는 학문간 특성과 학문내 특성과 유의미한 상관이 있다는 것을 말한다.

창의성의 두 번째 정의 즉, 새롭고 유용한 산출물을 생산해내는 정신활동을 창의성이라고 정의하는 경우에 수반될 문제들을 수학과 결부시켜 논의하자. 위대한 수학자의 특성은 무엇인가 그리고 그들은 어떻게 그러한 발견을 하게 되었는가 등의 물음은 인지적 특성의 연구과 더불어 성격, 과제집착성, 성장배경과 환경과 같은 비인지적 요소의 연구를 포함한다.[8] 또 위대한 수학자의 업적을 분석함으로써 창의적 산출물에 대한 개념을 정립할 수도 있다. 이러한 관점에서 MacLane(1986)은 유용한 수학이 되기 위한 기준으로서 조망성, 심오성, 효율성, 독창성을 제안하고 있다.

마지막으로 창의성을 기존의 아이디어나 생산물을 이용하여 유용한 새로운 생산물을 재구성하는 과정으로 정의하면 창의성에 대한 연구는 그것이 발현하는 메카니즘에 관심을 가질 것이며 창의성의 연구는 각 단계에서 창의성이 어떻게 작용하는지를 상세하게 기술하는 것이라고 하겠다. 수학의 경우 이 문제에 관련된 초기연구인 Hadamard와 Poincaré의 연구에서 나타나며 이 연구를 발전시킨 Wallas의 연구에 의하면 창의적 문제해결과정을 준비, 부화, 발현, 확인의 4 단계로 설명한다.[9] 그러나 Wallis의 연구는 다소간 신비적 성격을 가지고 있기 때문에 교육측정학적 시사점을 주지 못하고

7) Torrance(1962)의 연구결과에 의하면 창의력과 읽기의 상관계수는 0.48, 창의력과 수학계수는 0.28로 보고하고 있다. (Cropley에서 재인용)

8) Isaksen, Dorval & Treffinger(1994)은 창의성을 이해하는 방법으로 환경요소를 추가하고 있다.

9) 여기서 인용된 초기연구에 대한 자료는 이대현 & 박배훈(1998)에서 나타난다. 여기서 창의성의 특성은 주로 형태심리학적으로 접근하고 있다. 한편 Ervynck(1991)는 수학적 창의성의 원동력으로서 이해, 직관, 통찰력, 일반화를 제시하고 있다.

있다. 수학의 경우 과정의 관점에 대한 보다 일반적인 연구는 Polya의 문제해결기법이 있다. 그리고 과정적 관점에서의 일반적 연구는 Osborn의 창의적 문제해결(CPS)이 있다.

지금까지 논의한 결과를 종합하면 수학적 창의성의 정의는 인지적 요소, 정의적 요소, 환경적 요소와 더불어 학문의 특성-학문간 특성과 학문내 특성-을 고려하여 정립되어야 할 것이다.

3. 수학적 창의성

3-1. 수학적 창의성의 성격

수학을 잘 한다는 것은 무엇을 의미하는가? 위에서 언급한 창의성의 3가지 개념에 의하면 위대한 수학자들은 외견상 수학 결과물이 뛰어나다는 점이고 그러한 결과를 수월하게 처리할 수 있는 체제가 내재되어 있으며 이를 위한 인지기반이 구축되어 있다는 점이다. 위대한 정리의 발견은 창의성의 존재를 함의하는 것이므로 결국 수학문제를 창의적으로 해결한다는 것은 문제를 독창적으로 해결하거나 기존의 방법론과 해석을 재구성하여 해결할 수 있는 능력을 의미한다. 이러한 능력은 닫힌 문제에 대한 정당화의 발견과 동시에 사물의 여러 현상으로부터 수학적 구조를 발견하는 것까지도 포함한다. 따라서 수학적 창의성은 과정적으로 보면 CPS와 같은 성격을 가지고 있다.

한편 수학이라는 학문적 특성을 고려한 기술적 측면에서 보면 창의적 수학문제해결이라는 것은 결론에 연결될 수 있는 논리적 고리를 발견할 수 있는 능력이므로 결국 수학문제의 창의적 해결이란 가정과 결론의 논리적 연결고리를 만드는 과정에서 1) 새로운 방법론을 발견하거나, 2) 기존의 방법을 재조직함으로써 주어진 문제를 해결하는 것을 말한다.[10] 예를 들면 아르키메데스가 지레를 이용하여 구의 체적을 구한 방법, 데카르트에 의한 해석기하의 발견, 뉴턴에 의한 미분법의 발견 등은 전자에 속하고 와일즈에 의한 페르마의 정리의 증명, 카르다노와 페라리에 의한 대수방정식의 해결 등은 후자의 것에 속한다.

창의성의 과제의존성[11]에 의하여 창의성을 고려할 때는 학문간의 특성이 충분히 반영되어야 한다. 그러므로 수학의 방법론과 산출물의 성격이 다른 학문의 그것과 차이가 있기 때문에 이에 따른 창의성의 개념을 도출되어야 된다.

마지막으로 수학적 창의성은 수학이 가지고 있는 사회와 문화에 의존한다.[12] 학문의 특성이 과제의존성의 내적특성이라면 학문의 사회적 특성은 과제의존성의 외적 특성에 속한다. 수학의 사회적 특성은 수학사로부터 추측할 수 있다. 고대로부터 현재까지 무한소는 실수의 개념을 정립하면서 항상 대립되어온 개념이다. 그 역사는 데모크리투스의 원자론에서부터 Weierstrass의 실수에 관한 규약

10) 확산적 사고의 관점에서 1)의 경우는 독창성, 2)의 경우는 정교성으로 볼 수 있다.

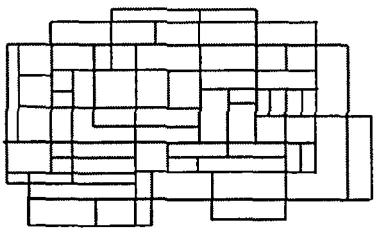
11) Baer, J.(2001) pp. 43-44.

12) Torrance(1965). p. 230.

에 이르기까지 계속되어 왔다. 무한소는 수학에서 미분학을 정립하는데 결정적인 역할을 하였지만 직관적 개념이 아니라는 이유 때문에 항상 임시방편적으로 간주되었다. 현대수학에 이르기까지 위대한 수학업적에 무한소라는 개념이 제외되어 있기 때문에 이것을 고안한 수학자는 위대한 수학자의 반열에 포함되지 않을지는 몰라도 창의적 산물임은 분명하다. 이러한 역사적 상황은 창의성이 수학자 사회를 반영하고 있다는 것을 의미한다.

3-2. 수학문제공간의 구조

수학자가 수학문제를 발견하고 해결하는 모든 과정과 절차를 이해하기 위하여 수학문제공간이라는 개념을 도입한다. 수학적 명제의 집합을 P라고 하고 임의의 두 문제 $p,\ q\in P$에 대하여 $p\rightarrow q$이 증명가능일 때 $[p, q]$로 나타내고 집합 $\Omega=\{(p, q)\in P\times P:[p, q]\}$를 증명가능문제공간이라고 정의한다. 수학자의 임무는 집합 Ω의 원소를 확대하는 것이다. Ω를 도식화하면 대체적으로 다음과 같이 보일 것이다.



이 그림에서 수평선과 수직의 교점은 명제를 말하고 수평선에 있는 점들은 서로 동치되는 명제들이며 선분으로 연결된 꼭지점의 쌍은 Ω에 속한다. 형식주의의 관점에서 보면 최상단에 있는 꼭지점은 공리나 가설에 해당할 것이다.

이 도식은 개략적이며 연결선에 대한 지식은 아무리 우수한 수학자라고 할지라도 자신의 전문영역이 한정되어 있기 때문에 위의 도식에서 한정된 영역의 지식만 가지고 있다. 즉 각각의 수학자는 자신의 전문 분야를 가지고 있고 이 전문분야에서 알려져 있는 지식과 그것과 관련된 문제공간상에서 가로 세로로 연결된 약간의 명제들이다. 전체적인 구조는 보다 철학적 논의를 포함하고 있으며 영원히 알 수 없을 지도 모른다.[13] 그러나 수학문제공간을 보면 수학문제를 해결하기 위한 전략을 선택할 수 있다. 즉 동치되는 명제를 찾거나 주어진 연결망을 증명가능하게 만드는 가정들을 탐색하는 방법들이 수학문제해결의 기본전략이 될 것이다.

13) 수학 철학으로부터 나온 다양한 견해에 따르면 전체의 구조는 아직 알 수 없다. 플라톤주의자라면 위의 구조는 열려 있는지 닫혀 있는지를 알 수 없다. 형식주의자라면 위의 구조가 적절하게 조절될 것이다.

수학적 창의성이라는 것은 문제공간의 개념으로 정의한다면 주어진 문제공간의 점 $p \in P$에 대하여 $[q, p] \in \Omega$를 만족하는 명제 q를 찾아내는 과정에서 효과적인 발견방법과 효과적인 정당화 방법을 창출할 수 있는 능력으로 정의된다. 따라서 수학적 창의성은 Osborn이 제안한 CPS의 맥락으로 이해된다. 이 때 낮은 단계의 창의성은 주어진 명제 p에 대하여 $q \rightarrow p$를 만족하는 인접된 명제 q를 찾거나 $q \Leftrightarrow p$를 만족하는 유사한 q를 찾는 것이며 높은 단계의 창의성은 멀리 떨어진 그러한 명제 q를 찾는 것이 될 것이다.14) 문제공간에의 관점에서 보면 학교수학 또는 반복된 학습은 문제공간에서 서로 가까운 점들로 구성되어 있기 때문에 연결고리를 찾는 것이 용이하다. 학교수학의 일상적이고 평범한 문제를 반복하여 풀게 되면 문제공간이 단순할 것이라는 타성에 빠져들기 때문에 멀리 있는 명제들을 결합하려는 위험을 기피하게 된다. 결국 문제공간에서 두 명제의 논리적 결합의 시도는 고정관념의 극복할 수 있는 능력, 다양한 시각의 창출할 수 있는 유연성, 먼 개념들의 결합을 위한 과감성 등이 강할수록 수학적 창의성은 높아진다. 그러나 이러한 창의적 능력들은 Polya가 제시한 문제해결의 메타인지적 전략이 적절하게 제공되어질 때 효과적으로 작용하게 된다.

본 연구는 수학문제공간에서 일어나는 수학적 탐구를 반영하기 위하여 수학적 창의성을 과정의 관점에서 출발한다. 즉 수학적 창의성은 수학문제공간에서 작용하는 CPS이며 그 구조의 일부는 Polya의 문제해결기법의 전략으로 대치된다. 본 연구에서는 이것을 창의적 수학문제해결이라고 정의하며 그 구조를 도식화 하면 다음과 같다. 이 도식에서 문제발견에서 문제해결까지의 과정은 Polya의 전략으로 진행된다.

$$\boxed{\text{혼란발견}} \rightarrow \boxed{\text{문제발견}} \rightarrow \boxed{\text{문제해결}}$$

여기서 수학적 창의성은 다시 발견의 창의성과 정당화의 창의성으로 구분된다.15) 이 구분을 문제공간의 맥락에서 보면 다음 표와 같은 4가지 세부항목을 얻고 각각의 세부항목에 해당하는 전형적인 창의적 산출물을 예시하면 다음과 같은 표를 얻을 수 있다.

문제공간의 관점 / 방법의 관점	발견	정당화
새로운 방법 발견	해석기하	칸토어의 대각선 논법
기존방법의 재해석	비유클리드 기하학의 발견	코시에 의한 극한의 재정의

14) 수학적 창의성에서 멀리 떨어진 두 개념의 연합은 대수학의 문제를 해석학적 방법으로 해결한다거나 기하학의 문제를 대수학적 방법으로 해결하는 등, 서로 유사성이 없거나 희박하게 보이는 두 영역의 연합을 의미한다. 연합이론에 근거를 둔 창의성 이론에 대해서는 Mednick(1962)를 보라. Mednick은 이 이론에서 창의성을 측정하는 검사지(Remote Association Test)를 개발하였다. 그러나 Cropley(1966)는 이 검사가 확산적 사고보다는 언어능력에 중점을 둔다고 지적하고 있다. Cropley(2000)에서 재인용.

15) Ervynck(p.57)는 이 과정을 두 가지 단계로 구별하고 있는데 하나는 결론이 가치가 있도록 적절한 가정을 선택하는 것이고 다른 하나는 정리를 증명하기위한 연역추론을 하는 것으로 요약된다.

결론적으로 과정적 관점에서 보면 수학적 창의성은 수학을 위한 CPS이며 여기서 문제해결과정은 일차적으로 수렴적 사고이지만 각각의 단계에서 확산적 사고가 필요하며 두 사고는 분리되어 작용하는 것이 아니라 그물망처럼 얽혀져 유기적으로 작용한다. 즉 수렴적 사고과정에서 필요한 확산적 사고가 주어지고 확산적 사고에 의한 결정에 따른 수렴적 사고가 수반된다. 이 때 필요한 확산적 사고는 맥락적이다. 예를 들면 어떤 문제해결과정에서 부등식이 필요한 경우, 모든 부등식을 유창하게 나열한다는 것은 의미가 없으며 그 문제에 유의미한 부등식만이 필요하다.

3-3. 속진학습의 성격

직접적이고 조직적인 방법을 통하여 창의성을 신장시키기 위한 방법은 교수학적 관점과 더불어 제공되는 문제의 특성에도 의존한다. 특히 우리나라와 같이 속진학습이 보편화되어 있는 경우 속진학습이 창의성에 영향을 주기 때문에 문제의 구성에 대한 논의는 의미가 있다. 문제해결은 개인이 가지고 있는 다양한 개념의 효과적 구성을 통하여 성취되기 때문에 개인이 가지고 있는 지식은 문제해결에 있어서 중요한 도구가 된다. 이 문제를 보다 구체적으로 논의하기 위하여 다음 문제를 보자.

문제: $f(x)=\dfrac{1+x^2}{1+x^4}$ 의 값의 범위를 구하라.

이 문제는 미분법을 알고 있는 학생과 그렇지 않은 학생간의 풀이방법은 달라진다. 만약 미분법을 알고 있다면 이 문제는 미분법을 통하여 간단하게 해결될 것이다. 그러나 미분법을 모르는 학생이라면 해결을 하지 못하거나 문제를 해결했다고 하더라도 보다 복잡한 방법을 사용해야 할 것이다. 그러므로 속진학습은 문제해결의 중간정도의 난이도를 가진 단계에는 학습에 도움을 준다. 미분학을 사용하지 않고 이 문제를 해결한 학생은 사용한 학생보다 더 적은 지식을 가지고 있지만 창의성의 관점에서 본다면 기존의 개념들을 재구성해야 하기 때문에 미분법을 사용한 학생보다 창의적이라고 할 수 있다. 이러한 이유에 의하여 속진학습은 수학지식을 상대적으로 많이 가질 수 있다는 장점이 있지만 반대로 창의성을 저해하는 요인도 될 수 있다. 따라서 비구조적이며 난해한 문제를 통하여 속진학습의 이런 약점을 보완할 수 있다면 결과적으로 속진학습은 창의적 문제해결력의 함양을 도울 수 있다.

문제해결에 있어서 다수의 방법론을 가진 학생은 상대적으로 적은 방법론을 가지고 있는 학생보다 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 동시에 문제해결을 위한 강력한 방법을 알고 있다면 그렇지 않는 경우보다 유리하다. 수학은 다른 과목에 비하여 위계적이기 때문에 미적분학이나 해석기하와 같은 강력한 방법론은 문제해결에서 중요한 도구가 된다. 수학의 이러한 특성으로 인하여 수학영재교육에서 속진학습은 보편적으로 나타난다. 결국 수학문제해결에는 여러 논란이 있음에도 불구하고 속진학습은 강조되어야 한다. 더욱이 수학의 정상에 도달하는 연령은 다른 학문보다 빠르기 때문에 속진학습이 촉진될 수 있는 자연스런 환경을 만들어야 한다.

여기서 선행학습과 속진학습은 구별되어야 한다. 선행학습은 주어진 문제에 대한 해결의 정보를 이미 가지고 있다는 것을 말한다. 만약 수학영재아가 선행학습을 했다는 것은 동일한 주제를 반복하여 학습하고 있다는 것을 의미한다. 그러나 속진학습은 동일한 주제를 두고 반복학습을 하지는 않는다.

4. 창의적 수학문제 해결력 검사도구의 요소

이 장에서는 수학적 창의력이 창의적 문제해결력이라는 본 연구의 전제하에서 문제해결을 위한 메타인지적 요목들을 산출하였는데 다음과 같다. 이 요소들은 수학영재의 판별도구로 활용될 수 있으며 수학영재의 교수학습에도 적용할 수 있다.

수학화, 추상화, 이상화, 구체화, 특수화, 명확화. 일반화, 특수화 기호화, 수량화, 도형화, 귀납적, 연역적, 유추적, 통합적, 분석적

여기서 나타난 요목들은 Polya의 문제해결기법에서 나타나는 메타인지적 전략유형들을 분석하여 검사의 원형으로 설정하고 Schonfeld, Fehr, Lester, Burton 등에 의하여 보완된 문제해결전략 등을 종합하여 세부적으로 발전시킨 것이다. 다음 표는 각각의 유형에 따른 문항을 예시한 것이다.[16]

유형	예시문항
수학화[1]	이 현상에 어떤 수학적 현상이 숨어 있는가
추상화	주어진 명제를 추상화하라
이상화	주어진 상황을 모델링하되 단순화하라
구체화	이 문제의 구체적인 사례를 제시하라
특수화	주어진 문제의 특수한 경우를 제시하라
명확화	주어진 명제를 다른 말로 표현하라
일반화	주어진 명제의 일반형은 무엇인가?
기호화	주어진 문제를 기호로 나타낼 수 있는가?
수량화	주어진 문제를 수식으로 나타내어라
도형화	주어진 문제를 그림으로 표현하라
귀납적	주어진 사례로부터 일반적인 경우로 발전시켜라
연역적	주어진 명제로부터 추론하라
유추적	사례 A의 성질을 사례 B에 유추하라.
통합적	두 사례를 통합할 수 있는가?
분석적	주어진 사례로부터 여러 성질을 찾아라
심미적	두 설명 중 어느 것이 합리적인가?

16) 여기서 제시된 유형들은 저자의 논고(pp.1-22. 2002)를 보다 세분화 한 것이다.

수학적 창의성에 관한 기존 연구는 창의성과 확산적 사고를 동일시한다. 그 결과 수학적 창의성의 검사는 확산적 사고의 검사문항을 수학문항으로 대치하였다. 그러나 수학문제해결력이 확산적 사고와 상관이 낮게 나타나고 있다는 연구결과로부터 기존 연구를 채택한다는 것은 합리적 방법이 아니다. 이에 대안으로서 수학문제해결을 위한 메타인지 요소를 준거로 한 검사법을 채택한다. 다음 도식은 수학적 창의성에 관한 기존검사법과 본 연구의 검사법을 비교한 것이다.

	기존 연구	본 연구
기초가설	창의력=확산적 사고능력	창의력=과정적
검사이론	Guilford의 확산적 사고이론	CPS
검사도구틀	수학문제	Polya의 meta인지요소
확인점	수학적 창의성 확인	수학적 창의성 확인

본 연구의 검사법은 여전히 확산적 사고능력을 검출할 수 있다. 예를 들면 추상성을 검사하는 과정에서 학생들이 제시하는 답을 분석하여 확산적 사고능력을 검사할 수 있게 된다. 그러나 이 경우에도 해결자는 필요한 개념과 명제들을 무작위로 선택하는 것이 아니라 맥락적 선택을 통하여 이루어지므로 유창성도 제한된 의미를 가진다. 즉 문제를 해결하기 위하여 어떤 부등식을 찾을 필요가 있다고 할 때 임의의 부등식을 열거한다는 것은 의미가 없으며 찾고자 하는 부등식은 주어진 문제와 의미가 있는 개념 또는 명제의 선택으로 이루어진다. 그러므로 유창성의 측정에서 부등식의 종류를 단순열거하는 것은 의미가 없다.

5. 결론과 제언

1) 예술과는 달리 과학은 사회적 유용성이라는 제한을 가하고 있고 그 결과 창의성도 제한적일 수 밖에 없다.

2) 창의성은 시간과 공간과 역사 및 문화에 의존한다는 점을 고려한 검사도구가 주어져야 한다.

3) 창의성은 모든 학문에 범용적으로 적용되는 개념이 아니다. 창의성의 과제의존적이라는 근거로부터 수학적 창의성은 수학의 특성을 반영해야한다. 수학사적인 특성 및 수학자 사회의 특성도 수학적 창의성에 반영되어야 한다.

4) 기존 연구에서 나타난 바와 같이 수학문항에 의한 확산적 사고검사가 본 연구에서 제시된 검사의 제요소에 미치는 영향에 대한 연구결과를 찾을 수 없다.

5) 본 연구에서 제시한 검사법을 계량화 할 때 각 요소에 배분되는 점수에 대한 객관적 배분에 대한 준거가 아직 제시되어 있지 않다. 이것을 위한 하나의 대안으로서 수학자들이 평가하게 하는 방법이 있다.[17] 또 메타인지적 요소를 추가할 수도 있고 축소시킬 수도 있으나 이 판단에 대한 객관적 준거는 아직 없다.

17) 영재판별연구에 관한 박인호의 연구에 따르면 이와 유사한 접근이 시도되고 있다.

참 고 문 헌

김영채 (2001). 창의적 문제해결: 창의력의 이론, 개발과 수업, 교육과학사.

권오남 · 송상헌 · 박경미 · 임형 · 허라금 (1998). 수학적 창의력에서의 성별 차이에 관한 연구, 대한수학교육학회 논문집 **8(2)**, pp.723-743, 서울: 대한수학교육학회.

송상헌 (1998). 수학 영재성 측정과 판별에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

유윤재 (2002). 수학적 창의성 검사, 한국수학교육학회지 시리즈 F <수학교육 학술지> **7. pp.**1-22. 서울: 한국수학교육학회.

이대현 · 박배훈(1998). 수학적 창의력에 대한 소고, 대한수학교육학회 논문집 **8(2)**, pp.679-690, 서울: 대한 수학교육학회.

Baer, J. (2001). *Creative Teachers, Creative Students*, <<창의적인 교사, 창의적인 학생>> 우종옥 · 전경원 역, 창지사.

Cropley A. J. (1966). Creativity and intelligence. *British Journal of Psychology* **36,** pp.259-266.

Cropley A. J. (2000). *Kreativitaet und Erziehung*, <<교육과 창의성>>, 김선역, 집문당.

Davis, G. A. & Rimm, S. B. (2001). *Education of the Talented and Gifted*, <<영재교육의 이론과 방법>> 송인섭 · 이신동 · 이경화 · 최병연 · 박숙희 편역, 학문사.

Ervynck (1991). 수학적 창의성. 고등수학적 사고. 데이비드 톨 편집 (2003), 경문사.

Haylock, D. W. (1984). *Aspect of Mathematical Creativity in Children Aged*, pp.11-12. Ph.D Thesis in London University.

MacLane, S.(1986). Criteria for excellence in mathematics, *Bull. de la Math. de Belg. Serie A* **38,** pp.301-302.

Mednick, S. A. (1962). The associative basis of creativity. *Psychological Review* **69.** pp.220-232.

Silver, E. A.; Leung S. S. & Cai, J. (1995). Generating multiple solution for a problem: A comparison of the responses of U. S. and Japanese students, *Educational Study in Mathematics* **26**, pp.35-54.

Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent.* Englehood Cliffs: Prentice Hall.

Torrance, E. P. (1965). *Rewarding creative behavior*. Englehood Cliffs: Prentice Hall.