

## 수학적 창의성 태도 검사에서 수학영재와 일반학생의 다집단 일반화가능도 분석

김 성 연 (인천대학교)

본 연구의 목적은 측정학적 이론을 바탕으로 수학영재 집단과 일반학생 집단에서 수학적 창의성 태도 검사 점수에 영향을 미치는 오차 요인들의 상대적인 영향력과 적정 수준의 신뢰도에 도달하는 효율적인 측정 조건을 탐색하는 데 있다. 이를 위해 109명의 중등 수학영재와 125명의 일반 중학생을 대상으로 실시한 수학적 창의성 태도 검사 결과에 다변량 일반화가능도 분석을 수행하였다. 주요 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 수학적 창의성 태도 검사는 신뢰도를 기준으로 일반학생 집단에서, 조건부 측정 오차를 기준으로 수학영재 집단에서 좀 더 적합한 것으로 나타났지만, 두 집단에서 모두 시행할 수 있는 신뢰로운 측정도구인 것으로 나타났다. 둘째, 수학적 창의성 태도 검사에서 신뢰도를 높이기 위해서는 수학영재 집단의 경우 수렴적 태도를 높게, 반면에 일반학생 집단의 경우 발산적 태도와 문제해결 태도를 높게 반영하여야 하는 것으로 나타났다. 셋째, 수학영재 집단의 경우 발산적 태도, 문제해결 태도, 수렴적 태도의 다차원적인 요소를 반영하는 경우, 그리고 일반학생 집단의 경우 발산적 태도만으로도 적정 수준의 신뢰도에 도달하는 것으로 나타났다. 마지막으로 이러한 연구결과들을 바탕으로 수학적 창의성 태도 검사 활용 방안 및 향후 연구 방향을 제시하였다.

### I. 서론

창의성은 개인적인 삶의 질을 높일 뿐만 아니라 국가와 사회의 경쟁력을 높이고 사람들에게 보다 나은 미래를 보장해줄 것이라는 믿음과 기대가 커지면서 창의성에 대한 중요성은 그 어느 때보다도 강조되고 있다(이선영, 2014; Davila, Epstein, & Shelton, 2006; Florida, 2002, 2006; Livingston, 1999; Makel & Plucker, 2008; Webb, 1995). 우리나라에서도 미래 교육의 본질이자 궁극적인 목표로 새로운 가치를 창출하고 동시에 더불어 살 줄 아는 인재를 양성하고자 하는 “창의·인성 기본 교육 방안을 교육과학기술부(2009)가 발표하면서 학년과 수준에 관계없이 모든 학생들을 대상으로, 교과 활동을 포함한 다양한 과정에서 창의성 교육의 필요성을 주장하였다. 또한 2000년부터는 영재교육진흥법이 공포되면서부터 창의성은 영재학생 선발 과정의 한 요소로서도 중요하게 작용하고 있다(김미숙 외, 2007). 특히 수학과목과 관련하여 교육부(2014)의 배움을 즐기는 수학교육 추진을 위한 제2차 수학교육 종합계획과 영재교육의 최적화를 통한 창조적 인재육성의 비전을 갖는 제3차 영재교육진흥 종합계획(2013년 - 2017년)이 발표되면서(서예원 외, 2012) 학교교육과 영재교육 모두 창의적인 인재육성을 목표로 수학적 창의성을 증진시키기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다.

수학적 창의성에 대해서는 연구자들 사이에 하나로 합의된 정의는 존재하지 않지만 학교수학과 관련하여서는

\* 접수일(2016년 8월 29일), 심사(수정)일(1차: 2016년 12월 22일, 2차: 2016년 12월 28일), 게재확정일(2017년 1월 31일)

\* ZDM 분류 : B63, D93

\* MSC2000 분류 : 97B60, 97D30

\* 주제어 : 일반화가능도 분석, 중등수학영재, 창의성 태도 검사

\* 이 논문에서 사용한 자료를 공개해주신 이지성 선생님께 감사드립니다.

\* 이 논문은 2016년도 대한수학회 봄 연구 발표회에서 발표한 원고를 수정·보완한 것입니다.

\* 이 논문은 인천대학교 2016년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

2009개정 교육과정(교육과학기술부, 2009)에서 수학적 창의성이라는 용어가 등장하면서 '수학적 과제를 해결하는 과정에서 과제를 탐구하고 지식을 구성하는 능력'으로 정의하고 있다(한혜정 외, 2012). 또한 2015개정 교육과정에서는 수학 교과에서 추구해야 할 중요한 역량으로 '수학 지식을 바탕으로 새롭고 의미 있는 다양한 아이디어를 산출해내고 수학을 내적·외적 상황과 연결시켜 적용하는 능력'인 창의·융합적 사고를 강조하고 있다. 여기서 수학적 창의성은 2009개정 수학 교육과정에서의 의미를 계승하는 '수학적 과제를 해결하는 과정에서 다양하고 독창적인 해결 방법을 산출하거나 새로운 관점에서 과제를 탐구하고 지식을 구성하는 능력'으로 정의하고 있다(황선옥 외, 2011). 수학과 교수학습에서 강조하는 창의·융합적 사고의 하위요소로는 이광우(2014)에서 제시한 '남들과 새로운 아이디어, 해결전략, 방법을 찾아내거나 새로운 관점에서 문제를 제기하는 능력'으로 정의한 독창적 사고와 '특정 문제 상황에서 의미 있는 아이디어를 다양하게 산출하는 능력'으로 정의한 생산적 사고가 포함된다.

수학적 창의성에 대한 연구들로는 수학적 창의성 신장과 창의적 문제 해결을 위한 교육 프로그램 모형 및 개발 등을 다루는 교육방법, 수학적 창의성의 개념 및 이론 등을 다루는 일반연구, 수학적 창의성 검사의 평가문항 및 기준 개발 등을 다루는 측정과 평가, 교사의 전문성 신장 및 교사 창의성 등을 다루는 교사관련 연구, 교육과정 등을 다루는 교육과정 및 교과서, 그리고 수학적 창의성에 관한 인식연구 순으로 다양하게 이루어져왔다(최병훈, 방정숙, 2012). 반면에 수학영재교육에서 수학적 창의성은 이종희와 김기연(2007)의 정의를 많은 연구에서 인용하고 있다(박성훈, 2014). 이들은 학교교육을 기반으로 하여 그 발현과정은 학생 자신이 가지고 있는 수학적 지식이나 새로 학습할 수학적 지식을 바탕으로 주도적으로 문제를 해결함에 있어 비형식적, 경험적 시행착오를 포함하는 예비 수학적 활동을 통해 수학적 문제 해결의 필요성을 인식하고 수학적 정당화를 이끌어 내고 언어적으로 표현해 내는 것을 수학적 창의성으로 정의하고 있다. 수학영재교육에서도 수학적 창의성과 관련하여 수학적 창의성의 개념 및 이론, 수학적 창의성 검사 개발, 수학적 창의성 신장을 위한 프로그램 개발, 그리고 일반 학생과 수학영재의 수학적 창의성을 비교하는 등의 연구들이 이루어졌지만 상대적으로 학교수학에서 수학적 창의성을 다룬 연구들에 비해 충분한 연구가 이루어지고 있지 않은 실정이다(최은선, 2010).

그러나 수학적 창의성은 학교수학과 수학영재교육에서 공통적으로 학생들이 길러야 하는 사고능력의 하나로 간주되면서 인지적인 측면에 초점이 맞추어짐으로써 정의적인 측면이 간과되어져 왔다. 박만구(2009)에 따르면 국내 연구결과를 중심으로 수학적 창의성 요소를 독창성, 유창성, 융통성, 정교성, 정의적 태도, 그리고 수렴성 및 확산성으로 나누어 분석한 결과, 정의적 태도를 언급한 연구는 김부윤 외(2005)와 황혜정 외(1997)에 국한되어 있는 것으로 나타났다. 구체적으로 김부윤 외(2005)의 강한 의지, 의욕, 의문이나 과제에 대해 열중하거나 지속하여 생각하는 태도, 그리고 황혜정 외(1997)의 자발성, 독자성, 집착성, 호기심 등이 정의적 태도에 포함된다. 한편 일반 창의성에서 박병기(1998), 문정화와 하중덕(2003), 허경철 외(1991), Amabile(1996), Csikszentmihlyi(1996), Sternberg(2003), 그리고 Sternberg와 Lubart(1993) 등은 창의성에 인지적인 측면과 정의적인 측면의 요소가 모두 강조되어야 한다는 입장으로 지속적으로 창의성을 발휘하기 위해서는 정의적 태도의 형성이 필수라고 주장하였다. 이처럼 창의성과 밀접한 관련이 있는 정의적 태도는 수학적 창의성 연구에서도 중요하게 고려되어야 하지만 현재까지도 수학적 창의성 태도에 대한 연구들은 활발하지 못한 실정이다.

국내에서 수학적 창의성 태도와 관련한 연구로는 신뢰도와 타당도가 높은 검사도구로 알려진 齋藤昇(1999)가 개발한 CAS(Creative Attitude Scale)를 이지성(2006)이 국내에서 사용하고 있는 용어와의 불일치와 번안상의 오류를 수정하여 CAS-K(Creative Attitude Scale-Korea)를 개발한 연구, 박문정(2008), 박문정과 김판수(2011)가 CAS의 하위요인들을 바탕으로 새로운 수학적 창의성 태도 검사들을 개발한 연구들이 있다. 이지성(2006)은 일반 중학생, 수학영재학생, 교사를 대상으로, 그리고 박문정(2008), 박문정과 김판수(2011)는 일반 초등학생을 대상으로 검사의 적절성을 검토 하였다. CAS는 일본의 수학교육 현장에서 초등학교와 중학교 학생들의 창의적 태도에 관한 정보뿐만 아니라 학생들의 창의적 태도를 육성하는 데에도 많은 도움을 줄 수 있다고 알려져 있으며,

국내연구에서도 수학적 창의성 요소 중 정의적 태도를 측정하는 도구(김부윤, 이지성, 2006; 이동희, 김관수, 2010; 정희선, 2012; 최은선, 2010)로 사용되고 있다.

특히 같은 CAS를 기반으로 개발된 검사들이라 하더라도 연구자의 관점에 따라 영재학생과 일반학생에 동일하게(이지성, 2006), 또는 영재학생과 일반학생을 구별하여(박문정, 김관수, 2011) 실시되어야 한다는 상반되는 입장을 취하고 있다. 따라서 수학영재인지 일반학생인지에 따라 수학적 창의성 태도 검사의 문항, 영역, 그리고 요소 등이 구분되어야 하는지에 대한 측정학적 이론을 바탕으로 한 연구가 필요하다. 한편 개발된 수학적 창의성 태도 검사에서 제시하는 점수는 각 채점 영역을 더하거나 평균을 계산하여 산출하고 있으며, 검사의 신뢰도와 관련하여서는 고전검사이론을 바탕으로 한 Cronbach  $\alpha$ 나 채점자간 일치도처럼 오차요인이 하나인 경우만을 보고하고 있다. 이러한 결과는 검사 개발자의 판단에 의해 미리 결정된 채점 영역별 상대 가중치가 실제 검사 점수에서는 다르게 반영될 수 있으며, 검사 점수에 영향을 미칠 수 있는 다양한 오차요인들을 고려하지 못함으로써 신뢰도가 과대 추정될 수 있다는 지적이 제기되어 왔다(김성숙, 김양분, 2001; 이규민, 황경현, 2007; 이선영 외, 2015; Brennan, 2001a; Cronbach et al., 1972; Lee, et al., 2000; Lee & Frisbie, 1999; Shavelson & Webb, 1991).

위에서 제기된 문제점들을 보완하는 방법 중 하나로 본 연구는 다양한 오차요인들을 고려하는 일반화가능도 분석 방법을 적용한다. 일반화가능도 이론에 대한 연구는 Briesch 외(2014)가 발표한 것처럼 많은 강점에도 불구하고 국내는 물론 국외에서조차 연구자들에 의해 상대적으로 많이 활용되고 있지 않는 분야이다. 본 연구에서는 기존에 수학영재 집단과 일반학생 집단을 대상으로 동시에 시행하도록 개발된 수학적 창의성 태도 검사(이지성, 2006)에 다변량 일반화가능도 분석을 수행함으로써 수학영재 집단과 일반학생 집단의 구분이 필요한지, 집단에 따라 검사 점수에 영향을 미치는 요인들의 상대적인 영향력은 어떠한지, 그리고 집단별 최적의 측정 조건들을 일반화가능도계수와 조건부 측정 오차를 고려하여 탐색하고자 한다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 수학영재 집단과 일반학생 집단에서 수학적 창의성 태도 검사의 합성점수에 영향을 주는 요인들의 상대적인 영향력은 어느 정도인가?

둘째, 수학영재 집단과 일반학생 집단에서 채점 요소 별 가중치는 신뢰도, 오차 분산, 그리고 조건부 측정 오차에 어떤 영향을 미치는가?

셋째, 수학영재 집단과 일반학생 집단에서 적정 수준의 신뢰도에 도달하기 위한 수학적 창의성 태도 검사를 구성하는 효율적인 측정 조건은 무엇인가?

## II. 이론적 배경

### 1. 수학적 창의성 태도의 구성 요소

수학적 창의성 태도는 일반 창의성 태도에 관한 연구를 기반으로 수학 고유의 학습 태도에 관한 특성을 고려한다. 일반 창의성 연구에서 창의적 태도는 창의적인 사고력이 최종적으로 인간의 성취를 위해 작용하는 과정에서 개인에게 요구되는 태도로서, 인지적 요소인 창의적 능력과 상호작용하면서 창의성의 발현을 돕는다고 알려져 있다(박문정, 김관수, 2011).

이선영 외(2015)는 대표적인 일반 창의성 태도검사로 창의적 행동검사(Creative Behavioral Inventory(CBI), Hocesvar, 1979; Runco Ideational Behavior Scale(RIBS), Runco, 2008), 창의적 성격특성검사(The Sixteen Personality Factor Questionnaire(SPFQ), Cattell & Butcher, 1968; Big Five NEO-Five Factor Inventory, Costa & McCrae, 1992; The Adjective Check List, Domino, 1970, 1994), 그리고 김영채(1999)는 흥미발견(Group Inventory for Finding Interests II(GIFI II), Davis & Rimm, 1993)과 재능발견(Group Inventory for Finding

Talent(GIFT), Rimm, 1976)을 위한 집단검사와 렌주리-하르트만 평정척도(Renzilli-Hartman Rating Scale(RHRS), Renzulli & Hartman, 1971)를 소개하였다. GIFT의 경우 창의적 태도의 하위요소로는 독립성, 자신감, 위험감수, 에너지, 모험심, 호기심, 숙고성, 유머 감각, 예술적 흥미, 상상력, 흥미와 다양성 등의 요소가 포함된다. 그러나 이러한 창의성 태도 검사들은 일반적인 창의성을 측정하므로 수학교과와 특성을 반영한 검사가 필요하다.

Mann(2005)은 수학태도척도(Mathematics Attitude Scales(MAS), Fennema & Sherman, 1976)를 활용하여 수학에 대한 태도를 수학적 창의성 태도의 요인으로 구성하였다. MAS의 요인에는 수학학습에 대한 자신감, 수학의 유용성, 수학의 영역할 적합성, 학습자에 대한 어머니, 아버지, 교사 태도, 수학학습에 대한 동기, 수학의 성공에 대한 태도인 8가지로 구성되어 있다(박수연, 1999). 또한 Mann(2005)은 수학적으로 창의적인 사람의 특징을 언급한 연구로 Balka(1974a, 1974b)의 근거와 Carlton(1959)이 얻은 21가지 창의적인 사람의 특징을 비교하면서 깊게 생각하고자 하는 태도, 일반화하고 구조를 개선하려는 욕구, 남과 다르게 생각하는 것에서의 즐거움, 그리고 관련된 것을 찾고자 하는 태도 등을 창의적 태도에 포함시켰다. 齋藤昇(1999)는 창의성과 창의성 관련도서에서 총 40개의 요인을 선정하여 수학학습에 있어서 학생이 창의성을 발휘하기 위해 어떤 요인이 중요한지를 검토하여 수학적 창의성 태도 검사인 CAS를 개발하였다. 그 결과 수학적 창의성 태도의 구성 요인으로 확산성, 논리성, 적극성, 독자성, 집중성, 수렴성, 그리고 정밀성을 확정하였다. 이러한 7개의 요인들에 대해 문항을 구성하기 위해, 창의적인 활동을 하기 위해서는 먼저 확산적 사고가 필요하고, 그 결과는 독자적이어야 좋지만 수학에 있어서 그러한 사고의 과정이 논리적이어야만 하므로 확산성, 논리성, 독자성을 첫 번째 상위요인으로 정하였다. 창의적인 활동은 의문이나 호기심을 품고 그 문제의 해결을 향해서 적극적으로 도전하는 정신적인 끈기가 중요하므로 적극성, 집중성과 지속성을 두 번째 상위요인으로 정하였다. 또한 창의적인 활동은 세밀함도 필요하고 자신의 사고를 정리하여 적절한 방법을 확립하는 것이 중요하므로 수렴성과 정밀성을 세 번째 상위요인으로 정하였다. CAS를 기반으로 이지성(2006)은 국내에서 사용되는 용어의 상황을 고려하여 확산성을 유창성으로, 논리성을 적절성으로 수정하고, 집중성과 지속성을 집중성으로 통일하는 CAS-K를 중학생을 대상으로 개발하였다. 또한 박문정(2008)은 CAS를 바탕으로 초등학생이 이해할 수 있는 어휘를 사용하여 창의성 태도 검사를 개발하였으며, 하위요소로는 확산성, 논리성, 적극성, 독자성, 집중성과 지속성, 그리고 정밀성으로 정하였다. 신문승(2010)은 VanTassel-Baska(1989)가 제시한 창의적인 사람들의 특징에 대한 연구결과를 기초로 창의성 태도 검사의 하위 요소로 인내, 동기, 호기심, 모험심, 그리고 자신감을 추출하였다. 박문정과 김관수(2011)는 여기에 齋藤昇(1999)가 개발한 CAS(Creative Attitude Scale)와 Kieβ wetter의 수학영재성의 요인(Wieczerkowski & Prado, 1993)들을 참고하여 최종적으로 개방성, 흥미와 자신감, 집중력, 인내, 그리고 가치를 창의성 태도 검사의 하위요소로 선정하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 연구자들마다 수학적 창의성 태도의 구성 요소에는 어느 정도 공통점을 가지고 있으며, 국내에서 사용되는 수학적 창의성 태도 검사를 개발하고 활용한 대부분의 연구들은 CAS를 기반으로 하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 기존에 개발된 검사들은 검사 대상에 대한 충분한 고려가 이루어지지 않은 상태에서 연구자에 따라 중학생부터 성인인 교사까지 시행 가능하다는, 학교 급별에 따라 초등학생과 중학생을 구분해야 한다는, 또는 영재성에 따라 영재학생과 일반학생의 구분 여부에 대한 다양한 입장들이 제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 측정학적 이론을 바탕으로 영재학생과 일반학생의 시행 구분이 필요한지 여부에 대해 살펴보고자 한다.

## 2. 일반화가능도 이론을 활용한 창의성 검사도구의 신뢰도

창의성 검사도구에 일반화가능도 이론을 적용한 연구들은 Briesch 외(2014)가 발표한 것처럼 국내나 국외 모

두 상대적으로 적게 수행되어 있다. 외국의 경우 창의성 측정 시 확산적 사고와 평가적 사고의 상호작용 결과로써의 창의적 질인 독창성을 전문가 사정을 통해 측정하는 주관적인 Top 2 방법을 제안한 Silvia(2008)는 일반화가능도 분석을 수행하여 확산적 사고에서 창의성 점수는 피험자의 차이를 잘 반영하며, 평가자의 엄격함 정도에 따라 점수가 달라지지는 않는다고 보고하였다. Top 2 방법은 확산적 사고 검사의 전체 반응을 채점하는 고전적인 측정방법과 달리 피험자들이 자신이 반응한 응답들 중 가장 창의적이라고 선택한 반응 2가지만 전문가가 평정한다(권유선, 하대현, 2015; Silvia et al, 2008). 또한 Wang과 Yu(2011)는 공과대학 학생들을 대상으로 Hu(2003)가 개발한 청소년용 과학 창의성 검사(Adolescent Scientific Creativity Scale(ASCS))를 시행한 후, 모든 학생이 모든 문항에 응답하고, 그 결과를 모든 평가자가 채점하는 교차설계로 단변량 일반화가능도 분석을 실시하였다. 분석 결과, 과학 창의성 검사결과를 한 명의 평가자가 채점하는 경우는 신뢰도가 낮게 나타났으며, 평가자 수를 증가하는 경우에 신뢰도가 향상됨을 밝혔다.

우리나라의 경우 이주현(2005)과 Lee 외(2005)는 창의성에 대하여 특정한 정의를 내리지 않고 각 영역의 전문가들이 창의적이라고 동의할 수 있는 암묵적인 준거에 의해 산출물을 평가하는 Amabile(1982)의 합의적 평가법(Consensual Assessment Technique, CAT)으로 창의성을 평가한 결과에 일반화가능도 분석을 수행하였다. 이주현(2005)은 일상 영역과 전문 영역을 구분하고, 창의성 평가차원은 독창성, 실용성, 정교성으로, 평가자 수준을 전문가 집단과 일반 집단으로, 그리고 평가자 수는 6명으로 구성하여 분석한 결과 일상 영역에서는 일반인 집단이 평가하는 경우에 평가 차원이, 그리고 전문가 집단이 평가하는 경우에 평가자의 수가 신뢰도에 상대적으로 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면에 전문 영역에서는 평가 집단에 상관없이 평가차원이 평가자 수보다 신뢰도에 상대적으로 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 Lee 외(2005)는 기업 산출물을 대상으로 평가집단을 전문가 집단과 일반인 집단으로 나누어 전문가의 산출물을 CAT로 평정한 결과, 평가집단에 따라 그 결과는 다르게 나타났다고 밝혔다. 구체적으로 일반인 집단이 전문가의 산출물을 평가하는 경우에는 평가자의 수를 늘려도 신뢰도가 향상되지 않았으며, 평가차원을 10개 이상으로 늘려도 적정 수준의 신뢰도에는 도달하지 못하는 것으로 나타났다. 반면에 전문가 집단이 평정하는 경우에는 적은 수의 평가자와 평가차원 수만으로도 적정 수준의 신뢰도에 도달할 수 있는 구체적인 측정 조건들을 밝힘으로써 기업현장에서 창의성을 측정하는 실용적인 제안을 제공하였다.

그러나 위에서 언급한 국내와 국외의 연구는 모두 단변량 일반화가능도 분석을 수행하고 있다. 최근 이선영 외(2015)는 창의성 예비검사 결과에 다변량 일반화가능도 분석을 수행하였다. 다변량 일반화가능도 분석은 단변량 일반화가능도 분석에서 제공해주지 못하는 공분산행렬을 제공함으로써 채점 영역별 전집점수에 가중치를 준 합성점수에 대한 오차 분산 및 신뢰도를 제공해준다. 특히 피험자 효과의 공분산 행렬은 각 채점 영역들 간의 측정오차를 고려한 상관계수를 제공하므로 이는 검사의 수렴 및 변별 타당도를 판단하는 근거로 사용될 수 있다. 또한 오차요인들 사이의 관련성을 바탕으로 높은 신뢰도를 제공하는 합성점수 산출 시 필요한 최적의 가중치를 결정하는데 정보를 제공하는 등 다양한 이점이 있다(김성연, 한기순, 2013; 이영식, 신상근, 2004; Brennan, 2001a; Cronbach et al., 1972; Webb et al., 1983). 이선영 외(2015)는 창의성의 다차원적인 속성 및 검사 대상의 발달단계를 고려하여 초등학교 5학년부터 중학교 2학년 학생은 저학년 집단으로, 그리고 중학교 3학년부터 고등학교 3학년 학생은 고학년 집단으로 구분하여 창의성 예비검사를 개발하였다. 다변량 일반화가능도 분석 결과, 예비검사 점수에 기여하는 오차 요인들의 상대적인 영향력은 대체로 고학년 집단에서 크게 나타났으며, 적정 수준의 신뢰도에 도달하는 구체적인 측정 조건들 또한 다르게 나타남으로써 향후 개발될 창의성 검사도구에 포함되는 영역이나 문항들이 검사대상 집단에 따라 달라져야 함을 제안하였다. 김성연과 최원(2016)은 영역 일반적인 창의성 검사와 영역 특수적인 과학 창의성 검사 결과 자료에 다변량 일반화가능도 분석을 수행한 결과, 채점요소 효과는 일반 창의성에서는 나타나지 않고 과학 창의성에만 나타났으며, 채점자 효과는 거의 나타나지 않았다고 밝혔다. 또한 융통성, 독창성, 그리고 정교성으로 채점된 과학 창의성 검사결과가 적정 수준의 신뢰도에 도

달하기 위한 효율적인 측정 조건은 채점 요소의 수보다는 문항 수를 증가시키는 경우이며, 구체적인 채점 요소별 최적의 가중치를 탐색하였다. 또한 김성연(2016)은 인지적 측면에 초점을 맞춘 수학적 창의성 검사를 유창성, 융통성, 그리고 독자성으로 채점한 결과에 다변량 일반화가능도 분석을 수행한 결과, 신뢰도를 가장 높게 하는 최적의 채점 요소별 가중치를 탐색하였으며, 인지적 측면에서 수학적 창의성은 다차원적인 요소로 구성되어 있음을 밝혔다.

이상에서 살펴본 것처럼 수학적 창의적 태도 검사에 측정학적 이론을 바탕으로 한 연구는 현재까지도 수행되고 있지 않는 실정이다. 또한 기존에 다변량 일반화가능도 분석을 수행한 연구들은 모두 적정 수준의 신뢰도에 도달할 수 있는 측정조건들을 탐색하는데 초점이 맞추어져 있다. 그러나 Brennan(2001a, 2009, 2013), Li와 Brennan(2007), Powers와 Brennan(2009), 그리고 Yin(2005)은 일반화가능도 분석 결과를 해석할 때, 신뢰도인 일반화가능도계수뿐만 아니라 측정치의 정확성을 나타내는 측정 오차도 함께 고려해야 할 것을 제안하고 있다. 따라서 본 연구는 신뢰도와 측정 오차를 동시에 고려하여 다변량 일반화가능도 분석 결과를 해석하며, 이를 바탕으로 수학적 창의적 태도 검사는 일반학생과 수학영재 집단 사이에 구별이 필요한 지, 그리고 집단 별 최적의 측정 조건들을 제시하고자 한다.

### III. 연구 방법

#### 1. 분석자료

본 연구는 이지성(2006, pp.176-181)이 공개한 CAS-K(Creative Attitude Scale-Korea) 자료 중 109명의 수학 영재학생과 125명의 일반학생의 검사 점수를 활용하여 다변량 일반화가능도 분석을 실시하였다. CAS-K는 신뢰도와 타당도가 높은 검사도구로 알려진 齋藤昇(1999)가 개발한 CAS(Creative Attitude Scale)를 국내에서 사용할 시 연구대상에 영재학생을 포함, 국내에서 널리 사용되는 용어와의 불일치, 그리고 변안상의 오류를 수정하여 이지성(2006)이 개발한 자기보고식 측정 도구이다. CAS는 수학적 창조활동에서의 중요성에 대한 수준으로 첫 번째 요소는 확산성 5문항, 논리성 5문항, 독자성 5문항, 두 번째 요소는 적극성 4문항, 집중성과 지속성 4문항, 그리고 세 번째 요소는 수렴성 2문항, 정밀성 2문항의 8개 영역으로 총 27개 문항의 5점 척도로 구성되어 있다. CAS-K는 7개의 요소는 그대로 유지하지만 요소 자체의 이름을 국내에서 사용되고 있는 동일한 의미의 용어나 더 이해하기 쉬운 용어로 조정하였으며, 요소별 문항수를 조절하여 각각 유창성 5문항, 적절성 5문항, 적극성 5문항, 독자성 5문항, 집중성 5문항, 수렴성 5문항, 그리고 정밀성 5문항으로 총 33개 문항의 5점 척도로 구성되어 있다.

각 요소별 설명은 이지성(2006, pp. 90-97)의 연구결과 중 수학적 창의성 태도 개발에 대한 용어와 문항의 수정 절에 자세하게 제시되어 있으며, 요약하면 다음과 같다. 유창성은 가능성이 있는 모든 방법을 생각하거나, 언뜻 보기에 관계가 있어 보이는 것로부터 관계를 발견하거나, 다른 사물과 비교하여 생각하는 태도를 의미한다. 적절성은 내용 전체의 연결성을 생각하거나 즐거리를 세워서, 그 이유나 사고과정을 논리적으로 설명하는 태도를 의미한다. 적극성은 해결에 이르기까지 몇 번이나 생각하거나, 의문이나 호기심을 품거나 그것을 추구하거나, 학습한 것을 다른 장면에 적용하는 태도를 의미한다. 독자성은 새로운 아이디어를 생성하기 위한 기존의 방법에 대한 반론, 새로운 방법을 궁리하거나 변칙임을 중요하게 생각하는 태도, 스스로 생각한 내용에 대해서 자신감을 가지는 태도나 발견에 대해서 감동하는 태도를 의미한다. 집중성은 무언가 기어코 완수하겠다는 강한 의지, 의욕, 의문이나 과제에 대해 시간을 잊고 생각하거나 열중하거나, 그러한 것을 지속적으로 생각하는 태도를 의미한다. 수렴성은 창조활동에 있어서 확산적 사고를 한 후, 다른 방법과의 공통성이나 다른 것을 생각하여 어떤 방법

이 가장 적절한가를 생각하는 태도를 의미한다. 그리고 정밀성은 정확성, 주의 깊음, 세밀한 관찰력을 발휘하고자 하는 태도를 의미한다. CAS와 비교하여 CAS-K에서 수정한 한 개의 문항은 독자성의 “다른 사람과 생각이 틀린다고 그것 때문에 걱정하지 않는다”와 새로이 추가한 여섯 문항은 적극성의 “질문이나 토의를 많이 한다”, 집중성의 “문제에 대해 깊이 생각하기를 좋아한다”, 수렴성의 “여러 방법을 종합하여 생각한다”와 “여러 방법의 장단점을 생각한다”, 그리고 정밀성의 “문제를 주의 깊게 다룬다”와 “세밀한 부분까지 생각한다” 이다.

## 2. 분석방법

본 연구는 이지성(2006)의 수학영재 집단과 일반학생 집단에서 시행한 CAS-K 검사 점수를 집단별로 구분하여 다변량 일반화가능도 분석을 수행하였다. 다변량 일반화가능도 분석은 단변량 일반화가능도 분석의 확장된 형태로 모든 학생은 두 개 이상의 전집점수를 가지며, 각 점수는 서로 관련이 있는 영역들 중 하나에만 대응될 때 사용하는 분석방법이다. 일반화가능도 분석은 G-연구와 D-연구로 나누어 수행되며, G-연구에서는 연구자가 관심을 갖는 모든 측정 조건들을 포함하는 허용 가능한 관찰 전집을 정하고, D-연구에서는 어떤 요인들로 측정 절차를 반복할 지를 구성하는 일반화 전집을 정하게 된다(Lakin & Lai, 2012). 전집점수, 국면, 그리고 조건이란 일반화가능도 분석의 용어로 각각 고전검사이론의 진점수, 그리고 분산분석의 요인과 수준으로 해석할 수 있다. 또한 일반화가능도 분석은 고전검사이론을 바탕으로 한 신뢰도가 상대평가에만 적용할 수 있는 것과 달리 상대평가와 절대평가를 구분하여 신뢰도를 제공한다. 즉, 상대평가에서는 상대오차 분산을 활용한 일반화가능도계수, 그리고 절대평가에서는 절대오차 분산을 활용한 의존도계수를 산출한다. 또한 일반화가능도 이론은 상대 가중치, 명목 가중치, 그리고 실질 가중치를 각각 제공한다. 상대 가중치는 검사 개발자가 개발 초기 단계에 상정한 가중치로, 그 합은 항상 1이 된다. 한편 검사 개발자는 검사의 총점을 먼저 정하고 총점을 계산하는 데 필요한 가중치를 정하게 되는데, 이를 명목 가중치라고 한다. 실질 가중치는 고정국면이 실제 합성 전집점수 분산 및 오차 분산에 기여하는 정도를 나타낸다. 본 연구에서는 수학적 창의성 태도 검사의 구성 요소별 상대 가치를 문항수에 비례하게 두었다. G-연구에서는 추정된 오차 분산 성분을 활용하여 각 요인들의 상대적인 영향력을 탐색하며, D-연구에서는 적정 수준의 신뢰도에 도달하는 효율적인 측정 조건들을 탐색한다(Brennan(2001a)).

본 연구에서는 측정의 대상이 어떤 특성에 의해 총화되어 있다면 집단을 구분하여 분석하여야 한다는 Brennan(2001a)의 제안에 따라 수학영재 집단과 일반학생 집단을 구별하였으며, 모든 학생이 동일한 CAS-K 검사에 응답한 점수를 활용하였으므로 이는 G-연구 설계의  $p^* \times (i^* : d^*)$ 에 해당된다. 즉, 모든 학생은 수학적 창의성 태도의 구성 요소( $c$ )는 고정되어 있지만, 구성 요소( $c$ )별로 다른 영역( $d$ )과 다른 문항( $i$ )을 포함하는 CAS-K에 응답하였음을 나타낸다. 구체적으로 CAS-K의 요소( $c$ ) 국면은 발산적 태도, 문제해결 태도, 그리고 수렴적 태도로 고정되어 있으며, 발산적 태도에는 유창성과 적절성, 문제해결 태도에는 적극성, 독자성, 집중성, 그리고 수렴적 태도에는 수렴성과 정밀성 영역( $d$ )이 포함되어 있으며, 총 33개의 문항( $i$ )으로 구성되어 있다. 요소 국면이 고정인 반면에 피험자, 영역, 그리고 문항은 모두 무선 국면으로 가정하였다. 수학적 창의성 태도 검사에서 영역과 문항은 가능한 모든 영역과 문항의 전집으로부터 표집된 것이며, 이를 통해 학생의 수학적 창의성 태도를 추론할 수 있기 때문이다. G-연구  $p^* \times (i^* : d^*)$  설계에서 검은 색으로 칠해진 원은 학생 국면이 고정 국면인 요소 국면의 모든 수준과 교차함을 나타내며, 비어 있는 원은 영역과 문항 국면이 고정 국면인 요소의 각 수준에 내재되어 있음을 나타낸다. 또한 다변량 일반화가능도 분석에서 검은 색으로 칠해진 학생 국면은 공분산 성분을 구할 수 있다. 즉, 영역과 문항은 요소 국면의 수준마다 달라지기 때문이다. D-연구는 G-연구와 같은 설계인  $p^* \times (I^* : D^*)$ 으로 분석을 수행하였다. D-연구에서 각 오차 국면은 일반화 전집에서 평균에 대한 의미가 포함되기 때문에 대문자로 표시한다. G-연구에서 각 요인의 분산 성분 추정치와 D-연구에서 신

뢰도인 일반화가능도계수와 의존도계수, 조건부 측정 오차, 가중치를 구하기 위해 mGENOVA 프로그램 (Brennan, 2001b)을 사용하였으며, 적정 수준의 신뢰도에 도달할 수 있는 효율적인 측정 조건을 탐색하기 위해 R 프로그램을 사용하였다.

#### IV. 연구 결과

##### 1. 기술 통계치

본 연구에서 사용한 수학적 창의성 태도 검사(이지성, 2006)의 각 구성 요소와 하위 영역별 Cohen's  $d$ 와 분산비를 포함한 기술통계 분석 결과를 수학적 집단과 일반학생 집단으로 나누어 <표 IV-1>에 제시하였다. 여기서 효과크기를 나타내는 Cohen's  $d$ 는 수학적 집단의 평균에서 일반학생 집단의 평균을 뺀 후, 두 집단의 통합표준편차(pooled standard deviation)으로 나눈 값으로, 효과크기가 0.2이하이면 작은 효과크기, 0.2~0.5이면 중간 효과크기, 그리고 0.8이상이면 큰 효과크기를 나타낸다고 해석한다(Cohen, 1988). 또한 분산비는 일반학생 집단의 분산을 수학적 집단의 분산으로 나눈 값으로 1보다 큰 경우, 일반학생 집단의 변동량이 더 크다고 해석한다. 모든 창의성 태도 검사의 구성 요소와 하위 영역에서 수학적 집단의 평균이 일반학생 집단의 평균보다 높으며, 일반학생 집단의 분산이 수학적 집단의 분산보다 크게 나타났다. 또한 문제해결 태도에서 수학적 집단과 일반학생 집단의 평균 차이가 가장 크게 나타났으며, 발산적 태도에 제시되어 있는 분산비 1.5661은 일반학생 집단이 수학적 집단보다 변동성이 56.61% 더 크다고 해석할 수 있다(Feingold, 1992). 창의성 태도 검사의 하위 영역에서는 독자성에서 수학적 집단과 일반학생 집단의 평균 차이가 가장 크게 나타났으며, 적극성에서 일반학생 집단의 변동량이 수학적 집단보다 59.82% 크게 나타났다.

<표 IV-1> 수학적 창의성 태도 검사의 기술 통계치

요소	평균		표준편차		분할수		Cohen's d		분산비	
	수학적	일반학생	수학적	일반학생	수학적	일반학생	수학적	일반학생	수학적	일반학생
발산적 태도	34.6789	30.8480	5.3901	6.7454	10		.6275		1.5661	
문제해결 태도	53.4862	45.3120	7.9485	9.5287	15		.9316		1.4372	
수렴적 태도	27.9633	24.6880	4.5965	5.5698	8		.6414		1.4683	
영역										
유창성	17.1835	15.3680	3.0312	3.5888	5		.5465		1.4017	
적절성	17.4954	15.4800	2.9740	3.6225	5		.6081		1.4836	
적극성	17.6789	14.9120	2.8960	3.6611	5		.8383		1.5982	
독자성	18.4312	15.5280	3.1132	3.7558	5		.8416		1.4554	
집중성	17.3761	14.8720	3.2283	3.4383	5		.7509		1.1343	
수렴성	14.1193	12.4800	2.5630	3.2294	4		.5623		1.5876	
정밀성	13.8440	12.2080	2.6218	2.9356	4		.5878		1.2537	

##### 2. 수학적 창의성 태도 검사의 합성점수에 영향을 주는 요인들의 상대적인 영향력 탐색

수학적 창의성 태도의 구성 요소를 발산적 태도, 문제해결 태도, 그리고 수렴적 태도로 고정된 다변량  $p \times (i : d)$  설계의 수학적 집단과 일반학생 집단별 분산과 공분산 성분 추정치, 해당 분산 성분이 전체 분산에서 차지하는 비율, 그리고 각 수학적 창의성 태도의 요소 간 측정오차를 고려한 상관계수가 제시된 G-연구

분석 결과는 <표 IV-2>와 같다. 먼저 집단에 상관없이 잔차 분산이 58%부터 71%로 가장 크게 나타났다. 이는 잔차 분산에는 학생, 문항, 영역의 상호작용과 함께 G-연구 설계에 포함되지 않는 다른 국면이 검사 점수에 영향을 미치고 있음을 의미하며, 일반화가능도 분석 결과 흔히 나타나는 결과이다. 또한 학생 분산은 21%부터 34%로 나타났으며, 이는 본 연구에서 활용한 수학적 창의성 태도 검사(이지성, 2006)가 학생들의 창의성 태도 차이를 잘 나타내고 있다고 해석할 수 있다. 반면에 영역 그리고 학생과 영역의 상호작용 효과는 거의 나타나지 않았다. 이는 발산적 태도에 속하는 유창성, 적절성, 문제해결 태도에 속하는 적극성, 독자성, 집중성, 그리고 수렴적 태도에 속하는 수렴성, 정밀성의 각 영역들의 특성이 수학적 창의성 태도의 검사 점수에는 거의 영향을 미치지 않으며, 학생들의 수학적 창의성 태도 검사 점수의 상대적 순위가 영역에 따라 달라지지 않음을 의미한다. 또한 영역 내 문항 효과는 3%부터 7%로 수학적 창의성 태도의 검사 점수가 영역 내 문항의 난이도에 따라 달라진다고 해석할 수 있다.

다음으로 측정오차를 고려한 상관계수를 살펴보면, 집단에 상관없이 .8808부터 1.0000으로 모두 높게 나타났다. 이는 수학적 창의성 태도의 한 요소에서 높은 점수를 받은 학생은 다른 요소에서도 높은 점수를 받는 것으로 해석할 수 있다. 또한 모든 요소에서 수학영재 집단보다 일반학생 집단의 상관계수가 높게 나타났다.

<표 IV-2> 집단별  $p \times (i : d)$  설계의 G-연구 결과

분산 성분	요소	수학영재			일반학생		
		발산적태도	문제해결태도	수렴적태도	발산적태도	문제해결태도	수렴적태도
학생 $p$	발산적태도	.2204(24%)	.8808	1.0000	.3900(34%)	1.0000	1.0000
	문제해결태도	.1988	.2312(21%)	.8884	.3715	.3431(27%)	1.0000
	수렴적태도	.2326	.2093	.2402(27%)	.3997	.3735	.3743(33%)
영역 $d$	발산적태도	.0000(0%)			.0000(0%)		
	문제해결태도		.0000(0%)			.0000(0%)	
	수렴적태도			.0000(0%)			.0000(0%)
문항: 영역 $i : d$	발산적태도	.0505(6%)			.0646(6%)		
	문제해결태도		.0792(7%)			.0615(5%)	
	수렴적태도			.0407(5%)			.0380(3%)
학생× 영역 $pd$	발산적태도	.0176(2%)			.0000(0%)		
	문제해결태도		.0000(0%)			.0126(1%)	
	수렴적태도			.0387(4%)			.0595(5%)
잔차 $pi : d, e$	발산적태도	.6133(68%)			.6894(60%)		
	문제해결태도		.7780(71%)			.8439(67%)	
	수렴적태도			.5648(64%)			.6460(58%)

주 1. 대각선위의 기울임체는 측정오차를 고려한 상관계수 값을 표시함.

주 2. ( )는 창의성 태도 검사의 요소 별 분산성분이 전체 분산에서 차지하는 비율임.

### 3. 채점 요소 별로 다른 가중치가 신뢰도와 조건부 측정 오차에 미치는 영향력 탐색

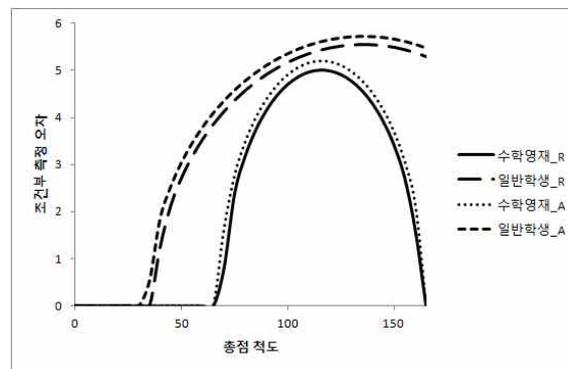
G-연구 결과를 바탕으로 이지성(2006)에서 사용된 가중치와 같게, 총 문항수 대비 채점 요소별 문항수를 상대 가중치로 정하여 수행한 D-연구 분석 결과는 <표 IV-3>과 [그림 IV-1]과 같다. 먼저 상대평가에서 활용되는 신뢰도인 일반화가능도계수를 살펴보면, 수학영재 집단과 일반학생 집단 모두 요소별로 문제해결 태도, 발산적

태도, 수렴적 태도의 순으로 높게 나타났다. 절대평가에서 활용되는 신뢰도인 의존도계수도 같은 패턴을 보이는 것으로 나타났다. 일반적으로 신뢰도의 크기가 얼마 이상이어야 한다는 절대적인 기준은 제시되어 있지 않지만, 일반화가능도 분석을 적용한 연구들은 적정 수준의 신뢰도를 일반화가능도계수는 .80이상으로, 그리고 의존도계수는 .70이상을 기준으로 한다(Brennan, 2001a; Dunbar et al., 1992; Shavelson et al., 1993). 수학영재 집단에서 일반화가능도계수를 기준으로 살펴보면 문제해결 태도, 그리고 의존도계수를 기준으로 살펴보면 모든 요소가 적정 수준의 신뢰도에 도달한 것으로 나타났다. 반면에 일반학생 집단의 경우 일반화가능도계수를 기준으로 살펴보면 발산적 태도와 문제해결 태도, 그리고 의존도계수를 기준으로 살펴보면 요소에 상관없이 모두 적정 수준의 신뢰도에 도달한 것으로 나타났다. 한편 검사 개발자가 처음에 요소별 문항수를 기준으로 상대 가중치를 발산적 태도, 문제해결 태도, 그리고 수렴적 태도별로 약 .30, .46, .24로 정하였고, 합성점수에 실제 반영된 가중치는 요소별로 각각 수학영재 집단에서는 .30, .45, .25로 나타났으며, 일반학생 집단에서는 .31, .48, .25로 거의 비슷하게 나타났다. 또한 수학영재 집단과 일반학생 집단을 비교한 결과, 모든 요소에서 일반학생 집단의 신뢰도가 더 높게 나타났다.

<표 IV-3> 집단별  $p \times (I^{\circ} : D^{\circ})$ 설계의 요소 별 D-연구 결과

분산성분 요소별점수 결과	수학영재			일반학생		
	발산적태도	문제해결태도	수렴적태도	발산적태도	문제해결태도	수렴적태도
전집점수	.2204	.2312	.2402	.3900	.3431	.3743
상대오차	.0701	.0519	.0900	.0689	.0604	.1105
절대오차	.0752	.0572	.0950	.0754	.0645	.1152
$\Phi$	.7457	.8018	.7165	.8380	.8417	.7646
$E\rho^2$	.7586	.8168	.7275	.8498	.8502	.7721
합성점수 결과						
명목가중치	.3030	.4546	.2424	.3030	.4546	.2424
실질가중치	.2979	.4522	.2499	.3102	.4834	.2514
합성전집점수		.2172			.3721	
합성상대오차		.0224			.0253	
합성절대오차		.0243			.0270	
합성 $\Phi$		.8994			.9323	
합성 $E\rho^2$		.9064			.9363	

주.  $\Phi$ 는 의존도계수, 그리고  $E\rho^2$ 는 일반화가능도계수를 나타냄.



[그림 IV-1] 총점에 따른 수학영재 집단과 일반학생 집단에서의 조건부 측정 오차

[그림 IV-1]에서는 총점 척도에 따른 조건부 측정 상대오차와 조건부 측정 절대오차를 나타낸다. 오차의 종류와 상관없이 수학영재 집단이 일반학생 집단보다 조건부 측정 오차가 더 작게 나타났으며, 집단에 상관없이 조건부 측정 상대오차가 조건부 측정 절대오차보다 더 작게 나타났다. 이는 조건부 측정 오차를 기준으로 삼으면 수학영재 집단에서 더 정확한 측정치가 제공되고 있다고 해석할 수 있다. 즉, 수학적 창의성 태도 검사는 신뢰도를 기준으로 삼을 때는 일반학생 집단에서 그리고 조건부 측정 오차를 기준으로 삼으면 수학영재 집단에 더 적합한 것으로 나타났다.

<표 IV-4> 집단별 채점 요소의 상대 가중치 조합에 따른 D-연구 결과

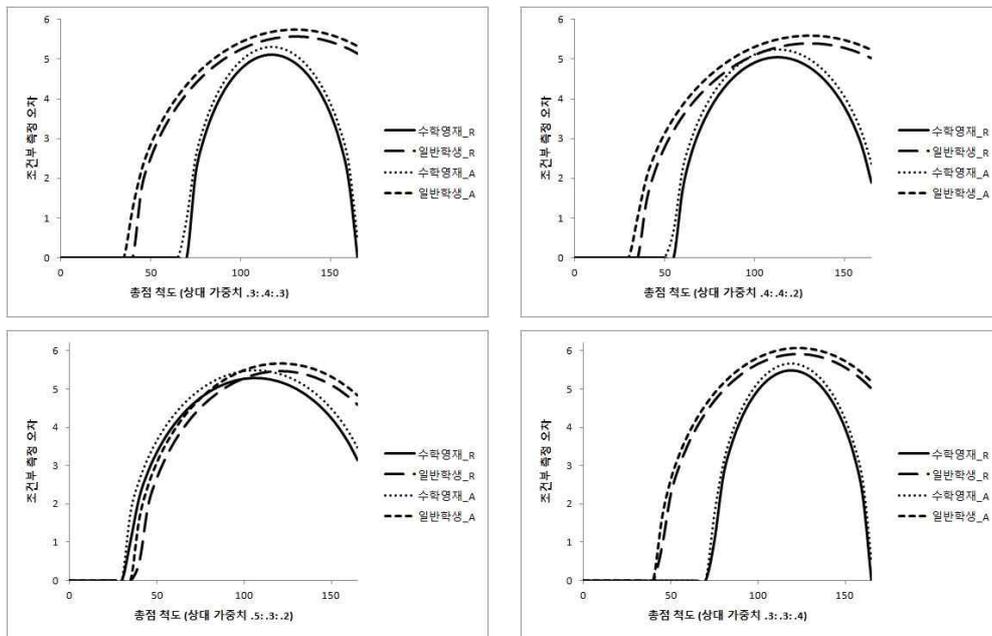
분산 성분	수학영재						일반학생					
	상대 가중치 조합	실질 가중치			$E\rho^2$	$\Phi$	상대 가중치 조합	실질 가중치			$E\rho^2$	$\Phi$
		발산적	문제해결	수렴적				발산적	문제해결	수렴적		
$ew(p)$	.3: .4: .3	.2979	.4522	.2499	.9058	.8992	.4: .4: .2	.4103	.3847	.2050	.9372	.9328
	.3: .5: .2	.2961	.3939	.3100	.9045	.8971	.3: .4: .3	.3089	.3854	.3057	.9355	.9316
	.4: .4: .2	.2936	.5010	.2054	.9034	.8964	.3: .5: .2	.3103	.4834	.2062	.9350	.9307
	.2: .5: .3	.3963	.3957	.2080	.9016	.8943	.4: .3: .3	.4085	.2876	.3039	.9349	.9307
	.4: .3: .3	.1950	.4987	.3062	.9013	.8948	.5: .3: .2	.5090	.2872	.2038	.9334	.9284
	.3: .3: .4	.3976	.2901	.3123	.8970	.8907	.4: .5: .1	.4128	.4833	.1038	.9314	.9265
	.2: .6: .2	.2971	.2889	.4140	.8969	.8885	.5: .4: .1	.5120	.3848	.1032	.9304	.9251
	.2: .4: .4	.1924	.6058	.2018	.8963	.8895	.2: .5: .3	.2077	.4845	.3078	.9300	.9260
	.4: .5: .1	.1967	.3922	.4110	.8953	.8872	.5: .2: .3	.5069	.1909	.3023	.9284	.9235
	.5: .3: .2	.3931	.5035	.1034	.8937	.8866	.3: .3: .4	.3080	.2885	.4036	.9281	.9242
$ew(\Delta)$	.3: .4: .3	.2841	.2841	.2299	.9058	.8992	.4: .4: .2	.4468	.4468	.1707	.9372	.9328
	.3: .5: .2	.2766	.2766	.3497	.9045	.8971	.3: .4: .3	.2469	.2469	.3773	.9355	.9316
	.4: .4: .2	.2722	.2722	.1530	.9034	.8964	.3: .5: .2	.2465	.2465	.1674	.9350	.9307
	.2: .5: .3	.4816	.4816	.1522	.9016	.8943	.4: .3: .3	.4272	.4272	.3672	.9349	.9307
	.4: .3: .3	.1163	.1163	.3309	.9013	.8948	.5: .3: .2	.6441	.6441	.1575	.9334	.9284
	.3: .3: .4	.4676	.4676	.3325	.8970	.8907	.4: .5: .1	.4110	.4110	.0393	.9314	.9265
	.2: .6: .2	.2495	.2495	.5608	.8969	.8885	.5: .4: .1	.6215	.6215	.0380	.9304	.9251
	.2: .4: .4	.1098	.1098	.1388	.8963	.8895	.2: .5: .3	.1022	.1022	.3513	.9300	.9260
	.4: .5: .1	.1099	.1099	.5559	.8953	.8872	.5: .2: .3	.5927	.5927	.3261	.9284	.9235
	.5: .3: .2	.4412	.4412	.0349	.8937	.8866	.3: .3: .4	.2187	.2187	.5941	.9281	.9242
$ew(\delta)$	.3: .4: .3	.2870	.4775	.2356	.9058	.8992	.4: .4: .2	.4391	.3850	.1759	.9372	.9328
	.3: .5: .2	.2780	.3655	.3565	.9045	.8971	.3: .4: .3	.2403	.3746	.3851	.9355	.9316
	.4: .4: .2	.2759	.5668	.1573	.9034	.8964	.3: .5: .2	.2411	.5872	.1717	.9350	.9307
	.2: .5: .3	.4854	.3590	.1556	.9016	.8943	.4: .3: .3	.4176	.2059	.3765	.9349	.9307
	.4: .3: .3	.1175	.5433	.3392	.9013	.8948	.5: .3: .2	.6361	.2008	.1631	.9334	.9284
	.3: .3: .4	.4678	.1946	.3375	.8970	.8907	.4: .5: .1	.4048	.5546	.0406	.9314	.9265
	.2: .6: .2	.2488	.1840	.5672	.8969	.8885	.5: .4: .1	.6153	.3453	.0394	.9304	.9251
	.2: .4: .4	.1119	.7446	.1435	.8963	.8895	.2: .5: .3	.0992	.5433	.3575	.9300	.9260
	.4: .5: .1	.1100	.3255	.5645	.8953	.8872	.5: .2: .3	.5823	.0817	.3360	.9284	.9235
	.5: .3: .2	.4473	.5169	.0359	.8937	.8866	.3: .3: .4	.2116	.1855	.6029	.9281	.9242

주.  $\Phi$ 는 의존도계수, 그리고  $E\rho^2$ 는 일반화가능도계수를 나타냄.

[표 IV-4]는 상대 가중치를 각 채점 요소별로 .1씩 변화시켜나간 조합에 따른 실질 가중치, 일반화가능도계수, 그리고 의존도계수를 분석한 결과에서 상위 10안에 드는 경우를 제시하였다. 수학영재 집단의 경우 발산적 태도,

문제해결 태도, 수렴적 태도의 상대 가중치가 각각 .3, .4, .3일 때 일반화가능도계수는 .9058, 그리고 의존도계수는 .8992였으며, 일반학생 집단의 경우 각각 .4, .4, .2일 때 일반화가능도계수는 .9372, 그리고 의존도계수는 .9328로 가장 높게 나타났다. 수학영재 집단과 일반학생 집단 모두 대체로 문제해결 태도에 가중치를 많이 줄 때 신뢰도가 높아지는 경향이 있으며, 수렴적 태도에 가중치를 많이 줄 때 신뢰도가 낮아지는 경향이 있다. 또한 수학영재 집단에서는 상대 가중치와 실질 가중치에 차이가 있는 반면, 일반학생 집단에서는 상대 가중치와 실질 가중치가 거의 비슷하게 나타났다.

[그림 IV-2]에서는 <표 IV-4>에 제시되어 있는 상대 가중치 조합 중 수학영재 집단과 일반학생 집단에서 각각 1위와 10위에 해당하는 4개의 조합에 대한 총점 척도에 따른 조건부 측정 상대오차와 조건부 측정 절대오차가 제시되어 있다. [그림 IV-2]에 제시되어 있는 R은 상대오차를, 그리고 A는 절대오차를 각각 나타낸다. 오차의 종류와 상관없이 대부분 수학영재 집단이 일반학생 집단보다 조건부 측정 오차가 더 작게 나타났으며, 집단에 상관없이 조건부 측정 상대오차가 조건부 측정 절대오차보다 더 작게 나타났다. 이는 조건부 측정 오차를 기준으로 삼으면 수학영재 집단이 더 정확한 측정치를 제공한다고 해석할 수 있다. 즉, 수학적 창의성 태도 검사는 신뢰도를 기준으로 삼을 때는 일반학생 집단에서 그리고 조건부 측정 오차를 기준으로 삼으면 수학영재 집단에 더 적합한 것으로 나타났다.



[그림 IV-2] 상대 가중치 조합에 따른 수학영재 집단과 일반학생 집단의 조건부 측정 오차

#### 4. 적정 수준의 신뢰도에 도달하는 효율적인 측정 조건 탐색

수학적 창의성 태도 검사(이지성, 2006)의 합성점수를 바탕으로 적정 수준의 신뢰도에 도달하는 효율적인 측정 조건을 살펴보기 위해 영역 수와 문항 수를 다양하게 변화시킨 D-연구 결과는 <표 IV-5>와 같다. 수학적 창의성 태도 검사의 요소는 3으로 고정하고, 상대 가중치는 문항 수에 비례하게 준 상태에서 먼저 영역 수를 원

자료와 함께 2, 3, 2로 고정시키고 영역 내에서 비슷한 문항수를 유지하면서 한 문항씩 증가시켜 총 33개의 문항이 되는 68개의 경우를 살펴보았다. <표 IV-5>는 원자료의 신뢰도보다 높아지는 8가지 경우를 제시하였다. 수학영재 집단의 경우 총 68개 중 8개가 해당되며, 일반학생 집단의 경우 25개가 해당된다. 수학영재 집단에서는 문제해결 태도 요소 내에 문항 수가 많을수록, 그리고 일반학생 집단에서는 발산적 태도 요소 내에 문항 수가 많을수록 신뢰도가 높아지는 경향이 나타났다.

<표 IV-5> 집단별 채점 요소의 상대 가중치 조합에 따른 D-연구 결과

수학영재						일반학생					
문항 수	전집점수	상대오차	절대오차	$E\rho^2$	$\Phi$	문항 수	전집점수	상대오차	절대오차	$E\rho^2$	$\Phi$
	분산	분산	분산				분산	분산	분산		
2, 27, 4(33)	.2238	.0228	.0250	.9075	.8995	26, 3, 4(33)	.3882	.0216	.0235	.9472	.9430
4, 24, 5(33)	.2208	.0226	.0247	.9072	.8994	24, 3, 6(33)	.3886	.0221	.0239	.9462	.9421
6, 21, 6(33)	.2187	.0224	.0245	.9070	.8994	24, 6, 3(33)	.3841	.0220	.0239	.9458	.9414
6, 24, 3(33)	.2195	.0225	.0247	.9068	.8989	22, 6, 5(33)	.3846	.0224	.0242	.9450	.9408
2, 24, 7(33)	.2220	.0228	.0249	.9068	.8991	22, 3, 8(33)	.3888	.0228	.0245	.9447	.9407
8, 21, 4(33)	.2174	.0224	.0244	.9067	.8990	22, 9, 2(33)	.3799	.0225	.0244	.9441	.9397
8, 18, 7(33)	.2175	.0224	.0243	.9066	.8993	20, 6, 7(33)	.3849	.0230	.0247	.9437	.9396
4, 21, 8(33)	.2199	.0227	.0247	.9065	.8991	20, 9, 4(33)	.3805	.0228	.0246	.9436	.9393
영역 수						영역 수					
1, 1, 5(33)	.2295	.0225	.0240	.9106	.9054	5, 1, 1(33)	.3870	.0224	.0242	.9454	.9411
2, 1, 4(33)	.2268	.0223	.0238	.9106	.9052	4, 1, 2(33)	.3862	.0233	.0251	.9431	.9391
3, 1, 3(33)	.2238	.0220	.0235	.9105	.9048	4, 2, 1(33)	.3805	.0234	.0252	.9422	.9379
4, 1, 2(33)	.2206	.0217	.0233	.9103	.9044	3, 1, 3(33)	.3854	.0245	.0261	.9403	.9366
5, 1, 1(33)	.2188	.0216	.0232	.9102	.9041	3, 2, 2(33)	.3794	.0243	.0261	.9398	.9358
1, 2, 4(33)	.2237	.0226	.0243	.9082	.9022	3, 3, 1(33)	.3735	.0244	.0262	.9388	.9345
2, 2, 3(33)	.2208	.0224	.0240	.9081	.9018	2, 1, 4(33)	.3830	.0257	.0272	.9372	.9338
3, 2, 2(33)	.2177	.0221	.0238	.9079	.9014	2, 2, 3(33)	.3782	.0255	.0271	.9369	.9332

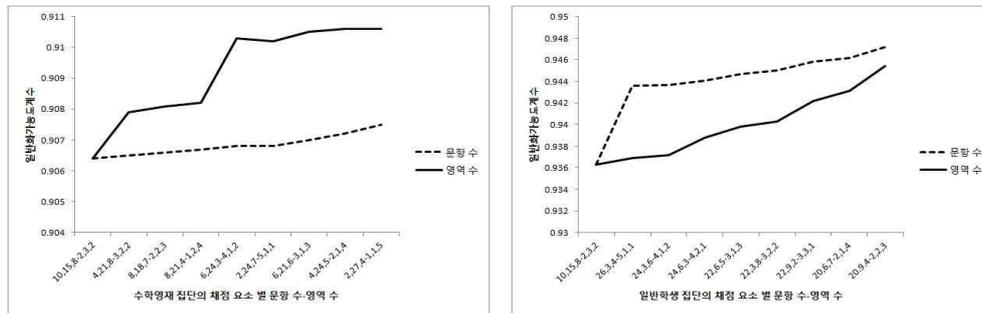
주1.  $\Phi$ 는 의존도계수, 그리고  $E\rho^2$ 는 일반화가능도계수를 나타냄.

주2. 문항 수는 발산적 태도, 문제해결 태도, 수렴적 태도 순서를 나타내며, ( ) 내에는 총 문항 수가 제시되어 있음.

영역 수와 문항 수의 변화에 따른 신뢰도를 수학영재 집단과 일반학생 집단으로 구별하여 [그림 IV-3]에 제시하였다. 수학영재 집단에서는 총 문항 수를 33으로 고정하였을 때 문항 수보다 영역 수를 변화시키는 경우가 더 효율적인 조건으로 나타났으며, 일반학생 집단에서는 영역 수보다 문항 수를 증가시키는 경우가 더 효율적인 조건으로 나타났다. 또한 최적의 측정 조건은 수학영재집단의 경우 문제해결 태도에 많은 문항 수를 배정하는 경우에, 그리고 수렴적 태도에 많은 영역 수를 배정하는 경우로 발산적 태도, 문제해결 태도, 수렴적 태도에 각각 2문항, 27문항, 4문항, 그리고 1영역, 1영역, 5영역으로 나타났다. 반면에 일반학생 집단에서는 발산적 태도에 많은 문항 수를 배정하는 경우에, 그리고 수렴적 태도에 많은 영역 수를 배정하는 경우로 발산적 태도, 문제해결 태도, 수렴적 태도에 각각 20문항, 9문항, 4문항 그리고 2영역, 2영역, 3영역으로 나타났다.

또한 각 수학적 창의성 태도 검사 점수의 요소간의 측정오차를 고려한 상관계수는 매우 높게 나타났다. 이는 수학적 창의성 태도 검사에서 각 구성 요소를 모두 고려한 다차원으로 평가하여야 하는지 또는 세 개의 요소 중에서 어느 하나의 요소만으로도 측정이 가능한지에 대한 분석이 필요하다. 따라서 일반화가능도 분석 시 총 33문항을 하나의 구성 요소만으로 상정한 경우에 측정 오차를 살펴보았다. 그 결과 수학영재 집단에서는 세 개의 구성 요소를 모두 고려한 경우 합성 상대오차 분산은 0.0224인 반면 발산적 태도만으로 채점하는 경우 .0338, 문제해결 태도만으로 구성하는 경우 .0408, 그리고 수렴적 태도만으로 구성하는 경우 .0655까지 증가하였다. 그리

나 일반학생 집단에서는 세 개의 요소를 모두 고려한 경우 합성 상대오차 분산은 0.0253인 반면 발산적 태도만으로 구성하는 경우 .0155로 감소하였으며, 문제해결 태도만으로 구성하는 경우 .0251로 감소하였으며, 그리고 수렴적 태도만으로 구성하는 경우 .0642까지 증가하였다. 즉, 수학영재 집단의 경우는 수학적 창의성 태도 검사의 구성 요소는 세 요소를 모두 고려하여야 하며, 일반학생 집단의 경우 발산적 태도만으로도 수학적 창의성 태도 검사를 구성할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 일반학생 집단의 경우 문항 수를 줄여가면서 원자료의 신뢰도인 .9363에 도달하는 신뢰도를 살펴보았다. 그 결과 23문항이 필요한 것으로 나타났으며, 이 때 신뢰도는 .9390인 것으로 나타났다. 또한 수학영재집단에서는 총 문항이 33문항인 경우, 수렴적 태도는 한 개의 영역 내에 5개의 문항, 문제해결 태도는 한 개의 영역 내에 5개의 문항, 그리고 수렴적 태도는 5개의 영역 내에 23개의 문항을 할당하는 경우 일반화가능도계수는 .9106으로 높게 나타났다.



[그림 IV-3] 문항 수와 영역 수 변화에 따른 수학영재 집단과 일반학생 집단의 일반화가능도계수

## V. 결론 및 논의

본 연구는 신뢰도와 조건부 측정 오차를 바탕으로 수학적 창의성 태도 검사 시행 시 수학영재 집단과 일반학생 집단의 구별이 필요한지, 집단에 따라 채점 결과에 미치는 요인들의 상대적인 영향력과 최적의 측정 조건들을 탐색하였다. 분석결과를 바탕으로 다변량 일반화가능도 분석이 수학적 창의성 태도 검사에 어떠한 시사점을 주고 있는지를 논의하면 다음과 같다.

먼저 G-연구 분석 결과, 수학영재와 일반학생 집단에 상관없이 비슷한 패턴을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 구성 요소와 상관없이 일반학생 집단에서의 학생 분산이 수학영재 집단보다 높게 나타났으며, 잔차 분산은 수학영재 집단에서 더 높게 나타났다. 이를 통해 본 연구에서 활용된 수학적 창의성 태도 검사는 수학영재 집단보다 일반학생 집단의 수학적 창의성 태도 차이를 더 잘 반영하고 있다고 해석할 수 있다. 이러한 연구결과는 다변량 일반화가능도 분석이 검사 대상 집단 간의 구분이 필요한지 여부를 결정하는데 유용하게 사용됨을 보여준 이선영 외(2015), Brennan(2001a, 2009, 2013), Li와 Brennan(2007), Powers와 Brennan(2009), 그리고 Yin(2004)의 연구결과와 일치한다. 즉, 여러 단계의 타당화 절차를 거쳐 개발된 검사일지라도 실시 대상자의 특성에 따라 수학적 창의성 태도의 구성 요소에 기여하는 요인들의 상대적인 영향력은 차이가 있을 수 있음을 경험적으로 증명하였다. 또한 측정의 오차를 고려한 상관계수를 비교한 결과, 모든 요소에서 일반학생 집단이 수학영재 집단에서 보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 수학적 창의성 태도 검사의 한 요소에서 높은 점수를 받은 학생들은 다른 요소에서도 높은 점수를 받고 있음을 나타냄으로써 수학적 창의성 태도의 구성 요소가 수학영재 집단과 일반학생 집단에서 달라질 수 있음을 나타낸다. 따라서 다변량 일반화가능도 분석은 향후 수학적 창의성

태도 검사 개발 시 수학적 창의성 태도의 요소를 하나로 구성할 것인지 또는 여러 개로 구분하여 구성하여야 하는지에 대한 분석이 필요함을 상기시킨다.

다음으로 D-연구 분석 결과, 첫째, 합성점수를 기준으로 CAS-K는 수학영재 집단과 일반학생 집단 모두에서 활용할 수 있는 신뢰로운 측정 도구인 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 Lakin과 Lai(2012)가 영어를 모국어로 사용하는 집단과 외국어로 사용하는 집단으로 구별한 성취도 검사에서 집단 간 차이가 있기는 하지만 성취도 검사는 두 집단에서 모두 신뢰도가 높게 나타난 결과와 일치한다. 또한 문항 요인만을 오차 국면으로 고려한 Cronbach  $\alpha$ 를 제시한 이지성(2006)의 연구결과와 일치한다. 이는 G-연구 분석결과에서 나타난 것처럼, 본 연구에서 고려한 영역, 그리고 학생과 영역의 상호작용 효과가 작게 나타났기 때문으로 해석할 수 있다. 둘째, 수학적 창의성 태도검사의 신뢰도와 조건부 측정 오차는 두 집단에서 각각 다르게 나타났다. 즉 수학영재 집단에서는 조건부 측정 오차가 전반적으로 작게 나타났으며, 신뢰도는 일반학생 집단에서 높게 나타났다. 이러한 상반되는 연구결과는 AP 생물학과 세계사 시험의 채점 자료에 다변량 일반화가능도 분석을 수행한 결과, 신뢰도를 기준으로 한 경우는 선택형이, 그리고 조건부 측정 오차를 기준으로 한 경우는 서답형이 더 양호하다는 Powers와 Brennan(2009)의 연구결과와 일치한다. 즉, 기존의 연구들이 대부분 신뢰도만을 기준으로 최적의 측정 조건을 제시했던 것에 반해 추정된 측정치의 정확도도 함께 고려해야 하며, 이는 검사 점수에 따라 정확도를 고려할 수 있는 조건부 측정 오차의 필요성을 잘 보여준다. 따라서 전반적인 신뢰도뿐만 아니라 각 점수대에서 제공되는 측정오차를 고려하여 검사를 개발한다면 수학영재와 같은 선발에 다변량 일반화가능도 분석은 유용하게 활용될 수 있음을 시사한다. 셋째, 수학영재 집단과 일반학생 집단의 효율적인 측정 조건은 다르게 나타났다. 수학적 창의성 태도 검사의 문항 수를 본 연구와 같은 33개로 고정할 경우, 수학영재 집단에서는 문항 수보다 영역 수를 증가시키는 경우, 그리고 일반학생 집단에서는 영역 수보다 문항 수를 증가시키는 경우 신뢰도를 향상시키는데 더 효율적인 것으로 나타났다. 또한 최적의 상대 가중치는 발산적 태도, 문제해결 태도, 수렴적 태도별로 수학영재 집단에서는 .3, .4, .3, 그리고 일반영재 집단에서는 .4, .4, .2로 나타났다. 이러한 연구결과는 수학적 창의성에서 문제해결을 중요하게 고려하는 Krutetskii(1976), 그리고 이종희와 김기연(2007)의 연구결과와 일치한다. 따라서 수학영재학생의 특징을 밝힌 수학적 창의성 태도에서도 문제해결 과정에서의 집중력과 과제집착력이 중요함을 알 수 있다. 넷째, 두 집단에서 모두 측정오차를 고려한 상관계수가 높았으므로 수학적 창의성 태도의 구성 요소를 하나로 측정할 수 있는지 분석한 결과, 수학영재 집단에서는 세 요소를 모두 측정해야 하며, 일반학생 집단에서는 유창성 요소만을 측정하는 경우와 문항 수를 기준으로 세 요소를 모두 고려하는 경우 33개에서 23개로 줄이는 경우에도 적정 수준의 신뢰도에 도달할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 기존에 수학적 창의성 구성 요소를 연구자에 따라 다르게 정의하는 경우에 측정학적 이론을 바탕으로 이를 탐색하는데 다 집단 일반화가능도 분석이 유용하게 적용될 수 있음을 보여준다.

마지막으로 본 연구의 제한점과 후속연구를 제안하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 다변량 일반화가능도 분석을 수행하는 데 있어 구성 요소를 고정할 상태에서 수학영재 집단과 일반학생 집단으로 나누어서 학생, 문항, 그리고 영역만을 고려하였다. 따라서 실제 검사 점수에서 수학영재 집단과 일반학생 집단의 집단효과가 어느 정도인지는 분석에서 제외되어 있다. 향후 수학적 창의성 태도 검사 실시 시 검사 점수에 영향을 미치는 요인으로 각 집단 효과 뿐만 아니라 각 집단의 특성을 고려한 분석이 요구되어진다. 둘째, 본 연구에서는 수학영재 집단과 일반학생 집단별로 최적의 측정 조건을 제시했을 뿐 구체적으로 어떤 문항들로 검사가 구성되어야 하는지에 대한 정보는 제공되어 있지 않다. 따라서 문항 프로파일 분석을 통해 집단별로 효율적인 수학적 창의성 태도 검사를 확정할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- 교육과학기술부 (2009). 2009개정 교육과정 총론. 서울: 교육과학기술부.
- Ministry of Education, Science, and Technology. (2009). *The 2009 curriculum revision*. Seoul: Ministry of Education, Science, and Technology.
- 교육부 (2014). 2015 문·이과 통합형 교육과정 총론 주요 사항. 세종: 교육부.
- Ministry of Education. (2014). *The main particular of 2015 National Curriculum draft for an integration of Arts and Sciences*. Sejong: Ministry of Education.
- 권유선 · 하대현 (2015). 창의성 검사의 측정내용과 지적개발성 투입 국면에 따른 지능과 창의성의 관계. 교육심리연구, **29(4)**, 817-844.
- Kwon, Y. S., & Ha, D. H. (2015). The relationship of the intelligence and creativity according to the creativity measuring contents and O/I model. *The Korean Journal of Educational Psychology*, **29(4)**, 817-844.
- 김미숙 · 이정규 · 이희권 · 김언주 · 맹희주 · 이상천 · 정경아 · 최호진 · 한수연 (2007). 제1차 영재교육진흥종합계획 평가 및 중장기 전망에 관한 연구. 서울: 한국교육개발원.
- Kim, M. S., Lee, J. K., Lee, H. K., Kim, E. J., Meng, H. J., Lee, S. C., Jung, K. A., Choi, H. J., & Han, S. Y. (2007). A study for evaluation and long term prospects of the 1<sup>st</sup> master plan for the promotion of gifted and talented education. Seoul: Korean Educational Development Institute.
- 김부윤 · 김철언 · 이지성 (2005). 수학적 창의성의 평가에 대한 고찰 (II). 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **19(1)**, 241-251.
- Kim, B. Y., Kim, C. E., & Lee, J.-S. (2005). A study about the evaluation of mathematical creativity. *Communications of Mathematical Education*, **19(1)**, 241-251.
- 김부윤, 이지성(2006). 수학에서의 창의적 태도의 측정도구 개발과 그 적용. 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **45(1)**, 25-34.
- Kim, B. Y., & Lee, J. S. (2006). Development and its applications of the CAS-K in mathematics. *The Mathematical Education*, **45(1)**, 25-34.
- 김성숙 · 김양분 (2001). 일반화가능도 이론. 서울: 교육과학사.
- Kim, S. S. & Kim, Y. B. (2001). *Generalizability theory*. Seoul: Kyoyookgwahaksa.
- 김성연 (2016). 수학적 창의성 검사의 채점 영역별 가중치 분석. 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **55(2)**, 147-169.
- Kim, S. Y. (2016). Analysis of weights depending on scoring domains of the mathematical creativity tests. *The Mathematical Education*, **55(2)**, 147-169.
- 김성연 · 최원 (2016). 과학 창의성 검사의 효율적인 측정 조건 탐색. 중등교육연구, **64(1)**, 49-75.
- Kim, S. Y., & Choi, W. (2016). An investigation of efficient measurement conditions of the scientific creativity test. *Secondary Education Research*, **64(1)**, 49-75.
- 김성연 · 한기순 (2013). 관찰·추천제에 의한 수학영재 선발 시 사용되는 교사추천서와 자기소개서 평가에 대한 다변량 일반화가능도 이론의 활용. 영재교육연구, **23(5)**, 671-698.
- Kim, S. Y., & Han, K. S. (2013). An application of multivariate generalizability theory to teacher recommendation letters and self-introduction letters used in selection of mathematically gifted students by observation and nomination. *Journal of Gifted/Talented Education*, **23(5)**, 671-698.
- 김영채 (1999). 창의적 문제해결: 창의력의 이론, 개발과 수업. 서울: 교육과학사.
- Kim, Y. C. (1999). *Creative problem solving: Theory, development, and teaching of creativity*. Seoul: Kyoyookgwahaksa.
- 문정화 · 하종덕 (2003). 또 하나의 교육 창의성. 서울: 학지사.

- Moon, J. H., & Ha, J. D. (2003). *Another education, creativity*. Seoul: Hakjisa.
- 박만구 (2009). 수학교육에서 창의성의 개념 및 신장 방안. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **23(3)**, 803-822.
- Park, M. (2009). The concept of creativity and its enhancement in mathematics education. *Communications of Mathematical Education*, **23(3)**, 803-822.
- 박문정 (2008). 수학적 창의성 태도 측정도구의 개발. 부산교육대학교 석사학위논문.
- Park, M. J. (2008). The development of a scale for measuring attitudes towards mathematical creativity. (Unpublished master's thesis, Busan National University of Education, Busan, Korea).
- 박문정 · 김관수 (2011). 초등학생을 위한 수학적 창의성 태도 측정 도구 개발. 과학영재교육, **3(3)**, 29-48.
- Park, M. J., & Kim, P. S. (2011). Comparing two scales measuring attitudes towards mathematical creativity for elementary students. *Journal of Science Education for the Gifted*, **3(3)**, 29-48.
- 박병기 (1998). 창의성 교육의 기반. 서울: 교육과학사.
- Park, B. K. (1998). *The basis of creativity education*. Seoul: Kyoyookbook.
- 박성훈 (2014). 수학영재의 창의성교육에 대한 연구동향 분석. 성균관대학교 석사학위논문.
- Park, S. H. (2014). An analysis of research trends on creativity education for mathematically gifted (Unpublished master's thesis, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- 박수연 (1999). 성취수준에 따른 남녀학생의 수학에 대한 태도 연구. 이화여자대학교 석사학위논문.
- Park, S. W. (1999). A study of students' attitudes toward mathematics according to achievement grade (Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea).
- 서예원 · 이재분 · 유경재 · 정영옥 · 박지은 · 이경숙 (2012). 제3차 영재교육진흥종합계획 수립 연구. 서울: 한국교육개발원.
- Seo, Y. W., Lee, J. B., Yoo, K. J., Jung, Y. O., Park, J. E., & Lee, K. S. (2012). *A study for establishment of the 3<sup>rd</sup> master plan for the promotion of gifted and talented education*. Seoul: Korean Educational Development Institute.
- 신문승 (2010). 초등학생용 창의적 성향 검사의 개발 및 타당화. 초등교육연구, **23(3)**, 267-291.
- Shin, M. S. (2010). The development and validation of creative personality inventory for children. *The Journal of Elementary Education*, **23(3)**, 267-291.
- 이광우 (2014). 교과 교육과정 개발의 방향. 교육부 워크숍 자료.
- Lee, K. (2014). A direction of developing subject curriculum. Ministry of Education Workshop.
- 이규민 · 황경현 (2007). 초등학교 과학과 수행평가의 총체적 채점과 분석적 채점방식에 대한 일반화가능도 분석. 아동교육, **16(4)**, 169-184.
- Lee, G. M., & Hwang, K. H. (2007). A generalizability theory approach toward investigating the generalizability of scores from holistic and analytic scoring methods in performance assessments of an elementary school science class. *The Journal of Child Education*, **16(4)**, 169-184.
- 이동희 · 김관수 (2010). 수학적 창의성과 태도 및 학업에 미치는 등산학습법의 적용과 효과. 한국초등수학교육학회지, **14(1)**, 23-41.
- Lee, D. H., & Kim, P. S. (2010). The effect of climbing learning method on mathematical creativity and attitude toward mathematical creativity. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, **14(1)**, 23-41.
- 이선영 (2014). 영재성과 창의성 개념 간의 관계를 통해서 본 영재성과 창의성. 영재와 영재교육, **13(1)**, 107-127.
- Lee, S.-Y. (2014). Are the conceptions of giftedness and creativity homogeneous or heterogenous in nature?: Based on analyses of their relationships. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented*, **13(1)**, 107-127.

- 이선영 · 김성연 · 김정하 · 백근찬 · 이병윤 (2015). 다변량 일반화가능도 이론을 활용한 창의성 예비검사의 신뢰도 분석. 창의력교육연구, **15(3)**, 83-107.
- Lee, S.-Y., Kim, S. Y., Kim, J. H., Baek, K. C., & Lee, B. Y. (2015). Analyses of the reliability of a preliminary creativity test using the multivariate generalizability theory. *The Journal of Creativity Education*, **15(3)**, 83-107.
- 이영식 · 신상근 (2004). 다변량 일반화가능도 이론에 의한 말하기 시험의 타당도와 신뢰도에 관한 연구. 외국어교육, **11(2)**, 249-265.
- Lee, Y. S., & Shin, S. K. (2004). An investigation into the dependability of ratings in a German speaking test using the multivariate generalizability theory. *Foreign Languages Education*, **11(2)**, 249-265.
- 이종희 · 김기연 (2007). 창의적 생산력 신장의 교육목표 이해를 위한 수학영재의 수학적 창의성 개념 탐색. 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **46(4)**, 445-464.
- Lee, J. H., & Kim, K. Y. (2007). A study on the concept of mathematical creativity in the mathematically gifted aspect. *The Mathematical Education*, **46(4)**, 445-464.
- 이주현 (2005). 창의성 측정의 신뢰도: 일반화가능도 이론의 응용. 성균관대학교 석사학위논문.
- Lee, J. H. (2005). Application of generalizability theory to the reliability issue of creativity measurements (Unpublished master's thesis, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- 이지성 (2006). 수학적 창의성의 창의적 태도에 대한 측정 도구의 개발과 적용. 부산대학교 박사학위논문.
- Lee, J. S. (2006). *Creative attitude measurement in mathematical creativity: Its development and applications*. (Unpublished doctoral dissertation, Pusan National University, Pusan, Korea).
- 정희선 (2012). 수학에서 창의적 태도와 학업성취도의 상관. 과학영재교육, **4(1)**, 13-27.
- Jung, H. S. (2012). The correlation between creative attitude and academic performance in mathematics. *Journal of Science Education for the Gifted*, **4(1)**, 13-27.
- 최병훈 · 방정숙 (2012). 수학적 창의성 교육에 관한 연구 동향 분석. 영재교육연구, **22(1)**, 197-215.
- Choi, B. H., & Bang, J. S. (2012). Analysis of research trends in mathematical creativity education. *Journal of Gifted/Talented Education*, **22(1)**, 197-215.
- 최은선 (2010). 초등수학 영재교육을위한 수학적 창의성 개념 연구. 서울교육대학교 석사학위논문.
- Choi, E. S. (2010). *A study of the concept of mathematical creativity for the education of mathematically gifted children*. (Unpublished master's thesis, Seoul National University of Education, Seoul, Korea).
- 한혜정 · 박순경 · 이근호 · 이승미 (2012). 시·도 교육청 수준 교육과정 지침 실태 분석 및 개선 방안. 서울: 한국교육과정평가원.
- Han, H. J., Park, S. K., Lee, K. H., & Lee, S. M. (2012). *A study on the improvement of the MPOE curriculum organization & implementation guideline through analyzing its current situation*. Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- 허경철 · 김홍원 · 임선하 · 김명숙 · 양미경 (1991). 사고력 신장을 위한 프로그램 개발 연구(V). 서울: 한국교육개발원.
- Huh, K. C., Kim, H. W., Im, S. H., Kim, M. S., & Yang, M. K. (1991). *A study of thinking ability development program (V)*. Seoul: Korean Educational Development Institute.
- 황선욱 외 32인 (2011). 창의 중심의 미래형 수학과 교과내용 개선 및 교육과정 개정 시안 연구. 서울: 한국과학창의재단.
- Hwang, S. et al. (2011). *Draft of the creativity-focused mathematics curriculum for the future*. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- 황혜정, 김홍원, 박경미, 김수환, 김신영, 채선희(1997). 창의력 신장을 돕는 중학교 수학과 학습 평가 방법 연구.

서울: 한국교육개발원.

- Hwang, H. J., Kim, H. W., Park, K. M., Kim, S. H., Kim, S. Y., & Chae, S. H. (1997). *A study on the evaluation methods in the middle school mathematics to improve the mathematical creativeness*. Seoul: Korean Educational Development Institute.
- 齋藤昇 (1999). 數學教育における創造性に関する態度尺度の開発, *全國數學教育學會誌數學教育學研究*, 5, 35-46.
- Amabile, T. M. (1982). Social psychology of creativity: A consensual assessment technique. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 997-1013.
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. Colorado: Westview.
- Balka, D. S. (1974a). *The development of an instrument to measure creative ability in mathematics* (Unpublished doctoral dissertation, University of Missouri-Columbia).
- Balka, D. S. (1974b). Creative ability in mathematics. *Arithmetic Teacher*, 21, 633-636.
- Brennan, R. L. (2001a). *Generalizability Theory*. New York: Springer.
- Brennan, R. L. (2001b). *Manual for mGENOVA Version 2.1*. Iowa City, IA: Center for Advanced Studies in Measurement and Assessment, The University of Iowa.
- Brennan, R. L. (2009). Notes about nominal weights in multivariate generalizability theory. *CASMA Technical Note*, (4).
- Brennan, R. L. (2013). *A multivariate generalizability analysis of portfolio assessments in dental education* (No. 34). CASMA Research Report Series.
- Briesch, A. M., Swaminathan, H., Welsh, M., & Chafouleas, S. M. (2014). Generalizability theory: A practical guide to study design, implementation, and interpretation. *Journal of school psychology*, 52(1), 13-35.
- Carlton, V. L. (1959). *An analysis of the educational concepts of fourteen outstanding mathematicians, 1790-1940, in the areas of mental growth and development, creative thinking, and symbolism and meaning* (Unpublished doctoral dissertation, Northwestern University).
- Cattell, R. B., & Butcher, H. J. (1968). *The prediction of achievement and creativity*. Indianapolis, IN: Bobbs-Merrill.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Costa, P. T., & McCrae, R. R. (1992). Four ways five factors are basic. *Personality and individual differences*, 13(6), 653-665.
- Cronbach, L. J., Gleser, G. C., & Nanda, H. Rajaratnam. N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles*. New York: Wiley.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity*. New York: Harper Collins.
- Davila, T., Epstein, M. J., & Shelton, R. (2006). *Making innovation work: How to manage it. Measure It, and Profit from It*. Upper Saddle River, NJ: Wharton School Publishing.
- Davis, G., & Rimm, S. (1993). *Education of the gifted and talented* (3rd ed.). Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Domino, G. (1970). Identification of potentially creative persons from the Adjective Check List. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 35, 48-51.

- Domino, G. (1994). Assessment of creativity with the ACL: An empirical comparison of four scales. *Creativity Research Journal*, 7(1), 21-33.
- Dunbar, S. B., Koretz, D. M., & Hoover, H. D. (1991). Quality control in the development and use of performance assessments. *Applied measurement in education*, 4(4), 289-303.
- Feingold, A. (1992). Gender differences in intellectual abilities: A new look at an old controversy. *Review of Educational Research*, 62(1), 61-84.
- Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitude scales: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324-326.
- Florida, R. (2002). The rise of the creative class. *The Washington Monthly*, 34(5), 15-25.
- Florida, R. (2006). *The flight of the creative class: The new global competition for talent*. New York: HarperBusiness.
- Hocevar, D. (1979). *The development of the creative behavior inventory*. Paper presented at the annual meeting of the Rocky Mountain Psychological Association.
- Hu, W. (2003). *Adolescent scientific creativity development and training*. Beijing: Beijing Normal University Press.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. University of Chicago Press.
- Lakin, J. M., & Lai, E. R. (2012). Multigroup generalizability analysis of verbal, quantitative, and nonverbal ability tests for culturally and linguistically diverse students. *Educational and Psychological Measurement*, 72(1), 139-158.
- Lee, G., Brennan, R. L., & Frisbie, D. A. (2000). Incorporating the Testlet Concept in Test Score Analyses. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 19(4), 9-15.
- Lee, G., & Frisbie, D. A. (1999). Estimating reliability under a generalizability theory model for test scores composed of testlets. *Applied Measurement in Education*, 12(3), 237-255.
- Lee, S., Lee, J., & Youn, C. Y. (2005). A variation of CAT for measuring creativity in business products. *The International Journal of Creativity & Problem Solving*, 15(2), 143-153.
- Li, D., & Brennan, R. L. (2007). A multigroup generalizability analysis of a large-scale reading comprehension test. *CASMA Research Report*, 25. Iowa City, IA: Center for Advanced Studies in Measurement and Assessment, University of Iowa.
- Livingston, J. A. (1999). Something old and something new: Love, creativity, and the enduring relationship. *Bulletin of the Menninger Clinic*, 63(1), 40-52.
- Makel, M. C., & Plucker, J. A. (2008). *Creativity*. In S. I. Pfeiffer (Ed.), *Handbook of giftedness in children: Psychoeducational theory, research, and best practices* (pp. 247-270). New York: Springer.
- Mann, E. L. (2005). *Mathematical creativity and school mathematics: indicators of mathematical creativity in middle school students* (Unpublished doctoral dissertation, Connecticut University).
- Powers, S., & Brennan, R. L. (2009). *Multivariate generalizability analyses of mixed-format exams*. In Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education, San Diego, CA.
- Renzulli, J. S., & Hartman, R. K. (1971). Scale for rating the behavioral characteristics of superior students (SRBCSS). *Exceptional Children*, 38, 243 - 248.

- Rimm, S. B. (1976). *GIFT: Group Inventory for Finding Creative Talent*. Educational Assessment Service.
- Runco, M. A. (2008). Commentary: Divergent thinking is not synonymous with creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(2), 93-96.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. P., & Gao, X. (1993). Sampling variability of performance assessments. *Journal of Educational Measurement*, 30(3), 215-232.
- Shavelson, R. J., & Webb, N. M. (1991). *Generalizability theory: A primer*. London: Sage Publications.
- Silvia, P. J. (2008). Discernment and creativity: How well can people identify their most creative ideas?. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(3), 139.
- Silvia, P. J., Winterstein, B. P., Willse, J. T., Barona, C. M., Cram, J. T., Hess, K. I., Martinez, J. L., & Richard, C. A. (2008). Assessing creativity with divergent thinking tasks: Exploring the reliability and validity of new subjective scoring methods. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(2), 68.
- Sternberg, R. J. (2003). *Wisdom, intelligence, and creativity synthesized*. New York: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1993). Creative giftedness: A multivariate investment approach. *Gifted Child Quarterly*, 37(1), 7-15.
- VanTassel-Baska, J. (1989). Factors that characterize the developmental path of eminent individuals. In J. VanTassel-Baska & P. Olszewski-Kubilius (Eds.), *Patterns of influence: The home, the self, and the school* (pp. 146 - 162). New York: Teachers College Press.
- Wang, J., & Yu, J. (2011). Scientific creativity research based on generalizability theory and BP\_Adaboost RT. *Procedia Engineering*, 15, 4178-4182.
- Webb, N. M., Shavelson, R. J., & Maddahian, E. (1983). *Multivariate generalizability theory*. In I. J. Pyans, Jr.(Ed.), *Generalizability theory: Inference and practical applications* (pp.67-81). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Webb, S. B. (1995). A solution-oriented approach to conflict resolution in a work system. *British Journal of Guidance and Counselling*, 23(3), 409-419.
- Wieczerkowski, W., & Prado, T. (1993). Programs and strategies for nurturing talents/gifts in mathematics. *International handbook of research and development of giftedness and talent*, 443-451.
- Yin, P. (2005). A multivariate generalizability analysis of the Multistate Bar Examination. *Educational and psychological measurement*, 63(4), 668-686.

## Multigroup Generalizability Analysis of Creative Attitude Scale-Korea for Mathematically Gifted and General Students in Middle Schools

Sungyeun Kim

Incheon National University

E-mail : syk@inu.ac.kr

The purpose of this study was to investigate the relative influence of multiple error sources and to find optimal measurement conditions that obtain a desired level of reliability of a creative attitude test in mathematical creativity. This study analyzed the scores of the Creative Attitude Scale-Korea allowed to access publicly of 125 general students and 109 mathematically gifted students by performing a multivariate generalizability analysis. The main results were as follows. First, based on reliability, the Creative Attitude Scale-Korea was measured less precisely for mathematically gifted students. On the contrary, based on the conditional standard error of measurement, it was measured less precisely for general students. However, the Creative Attitude Scale-Korea showed strong reliability in both groups. Second, the optimal weights should adjust to .3, .3, .4 in mathematically gifted students and .4, .4, .2 in general students with three scoring components of divergent attitude, problem solving attitude, and convergent attitude based on the maximum reliability. Third, to approach desirable reliability, it is possible to use one component of divergent attitude in general students but three components of divergent attitude, problem solving attitude, and convergent attitude in mathematically gifted students. Finally this study proposed application plans for the Creative Attitude Scale-Korea and future directions of research.

---

\* ZDM Classification : B63, D93

\* 2000 Mathematics Subject Classification : 97B60, 97D30

\* Key Words : creative attitude scale-Korea, generalizability analysis, mathematically gifted students