

한국의 중학교 영재학생과 일반학생의 공간 능력의 차이에 관한 연구

박 성 선

춘천교육대학교

본 연구는 공간능력이 영재학생들을 판별하는데 중요한 요소로 작용한다는 전제하에 한국의 중학교 영재학생들과 일반학생의 공간능력을 비교하는 것을 주 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 한국의 중학생들에게 ‘퍼듀 공간 시각화 검사: 회전의 시각화(Revised PSVT:R)’를 실시하였다. Revised PSVT:R의 타당도 검증을 위하여 확인적 요인분석을 실시하였으며, 이를 바탕으로 영재 학생들과 일반 학생들의 공간 능력 차이를 비교하였다. 연구 결과, 영재학생들은 일반학생들보다 공간능력에 있어서 훨씬 우수하였다. 공간 능력에 대한 검사 결과를 확장하여 공간능력과 수학, 과학, 언어 분야와의 관계를 살펴보았다. 공간능력은 수학, 과학, 언어 분야와 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 이상의 연구 결과를 종합하여 볼 때, 공간능력이 우수한 학생과 영재교육에 참여하고 있는 영재학생은 같은 특성이 있는 것으로 판단된다. 따라서 공간능력은 영재학생을 판별하는 중요한 검사도구로 포함되어야 할 것이다.

주제어: 영재교육, 공간능력, 공간시각화, 퍼듀 공간시각화 검사, STEM

I. 연구의 필요성 및 목적

교육이란 인간 개개인이 지니고 있는 모든 잠재적 가능성을 보다 바람직한 방향으로 발전, 발현될 수 있도록 그 개인에게 적합하고 효율적인 방법으로 도와주는 일련의 의도된 과정이다. 그러한 교육은 일반 아동들과 마찬가지로 우수한 잠재적 능력을 가지고 있는 영재들에게도 요구된다. 따라서 각 분야에서 우수한 잠재적 가능성을 가진 영재들을 제대로 선발하여 그들의 능력과 자질, 학습 속도, 흥미, 태도와 성향, 욕구에 적합한 창의적인 학습을 할 수 있는 교육 여건을 만들어 주는 것은 개인의 성장과 발달의 측면에서

교신저자: 박성선(starsun@cnu.ac.kr)

*이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-327-B00540).

그리고 더 나아가 국가의 경쟁력을 기를 수 있다는 점에서 매우 바람직한 일이다.

우리나라 영재교육진흥법에 따르면 영재란 “재능이 뛰어난 사람으로서 타고난 잠재력을 계발하기 위해 특별한 교육이 필요한 자”로 정의된다(한국교육개발원, 2003). 이러한 영재 학생들은 일반 정규과정을 통해서 그들의 다양한 학습 욕구를 충분히 충족시키지 못한다. 따라서 영재 학생들에게 다양한 영역의 영재성을 최대한 발휘할 수 있도록 적절한 교육의 기회를 제공해야 한다는 점에서 영재교육의 중요성이 점점 높아지고 있다.

영재 학생들의 인지적, 정의적 특성을 정확히 아는 것은 영재 교육 특히 영재학생의 선발에 있어서 매우 중요한 일이다. 최근에 선진 각 국에서 영재 교육과 관련하여 공간 능력(spatial ability)과 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 및 수학(Mathematics) (축약하여 STEM) 분야에서의 업적의 연관성이 강조된 연구 결과가 보고되고 있다(Lubinski & Benbow, 2006; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009; Webb, Lubinski, & Benbow, 2007). 예를 들면, 미국의 Lubinski와 Benbow(2006)는 1970년대부터 스탠리(Stanley, 1996)에 의해 존스 홉킨스 대학의 수학영재 연구 프로그램(SYMP, Study of Mathematically Precocious Youth)에 등록된 만 12-13세 영재 학생들의 언어, 수학, 그리고 공간 능력을 측정한 후 35년 동안 그 학생들이 성년이 된 뒤 사회생활에서의 성취도와 업적을 추적, 분석하였다. 연구 결과에 의하면, 12-13세 때 측정된 공간 능력이 성인이 되어 STEM 영역에 종사하는 영재들의 성취도와 업적을 예측하는 데 좋은 지표가 될 수 있다는 것이다. 연이은 Lubinski와 Benbow의 연구진에 의한 연구는 공간 능력이 전통적인 잣대로 선출된 영재들뿐만 아니라 일반 학생들의 STEM 영역에서의 성취도를 예측하는 데 언어와 수학보다 더 효과적인 잣대가 될 수 있음을 보고한 것이며, 21세기의 국가의 경쟁력을 높이기 위해 STEM 영역에서 뛰어난 인재를 육성하는 데 공간능력의 측정의 중요성을 강조한 것이다(Wai, Lubinski, & Benbow, 2009).

이미 초기 지능연구에서부터, 연구자들은 지능(intelligence)의 한 영역으로 공간 능력을 영재성의 한 분야로 그 중요성을 다음과 같이 인식해 왔다. 첫째, 공간 능력을 다중지능이론(Multiple Intelligences Theory)에 근거한 인지능력의 하나로 보고 있다(Gardner, 1993; Plucker, Callahan & Tomchin, 1996; Reid, Udall, Romanoff, & Algozzine, 1999). 둘째, 공간 능력은 과학, 기술, 공학 및 수학(STEM) 분야에서의 수행능력을 예측할 수 있는 중요한 지표가 될 수 있다(Humphreys, Lubinski, & Yao, 1993; Lubinski & Benbow, 2006; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009; Webb, Lubinski, & Benbow, 2007; Wheatley, 1983). 셋째, 비언어 능력인 공간 능력은 문화, 언어, 사회경제적 지위의 영향을 받지 않는 독립된 인지 능력이다(Chan, 2010; Lohman, 2005; Naglieri & Ford, 2003). 이러한 연구결과를 바탕으로 공간 능력의 중요성이 강조되면서(Gohm, Humphreys, & Yao, 1998), 현재 각 선진국들은 미래의 국가 경쟁력을 확보하기 위한 인재 육성에 초점을 맞추어, STEM 영역에서 재능을 발휘할 수 있는 인재를 판별하기 위해 공간능력의 측정을 심각하게 고려하며 수행하고 있다(Chan, 2010; Lohman, 2005; Naglieri & Ford, 2003).

각 선진국의 공간 능력에 대한 최근 연구의 동향은 다음과 같다. Chan(2010)은 21세기

에 공간 능력의 중요성을 인지하며, 홍콩에서 492명의 초, 중, 고, 대학생들을 대상으로, 공간 능력의 영재성을 판별하기 위한 도구인, Impossible Figures Task를 개발하였다. 이전에, 이미 미국의 Lohman(2005)과 Naglieri와 Ford(2003)도 공간 능력을 중요하게 고려한 비언어 능력 검사 도구인 CogAT과 NNAT를 각각 개발하여, 다양한 학습자들을 대상으로 표준화 작업에 주력하고 있다(Lohman, 2008, Naglieri & Ford, 2005).

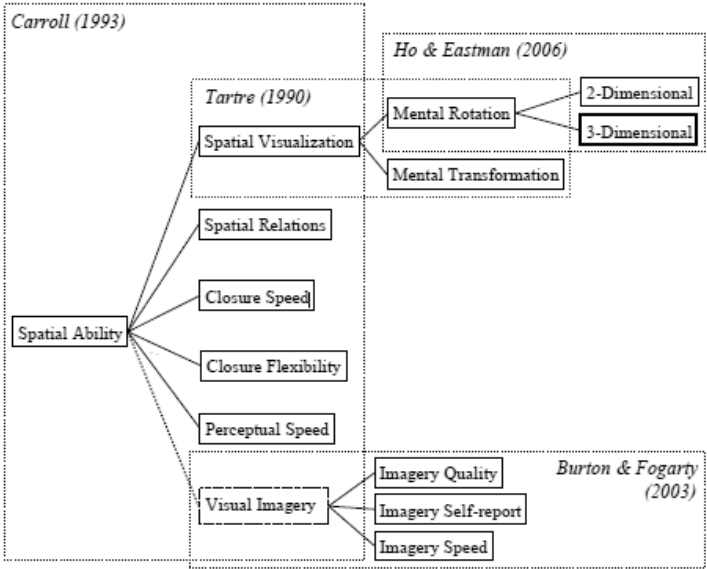
이미 지능연구의 역사 속에서 공간 능력은 언어와 수학적인 능력과는 또 다른 측면의 능력으로 연구가 다음과 같이 이루어져 왔다(Carroll, 1993; Eliot, 1987). Eliot(1987)은 공간 능력에 대한 연구를 역사적으로 세 단계로 나누었다. 첫 번째 단계(1904~1938)에서, 연구자들은 지능의 한 측면으로서 공간 능력을 확인하였으며, 두 번째 단계(1938~1961)에서는 연구자들은 공간 능력을 구성하는 세부 요인 능력들을 확인하고 분류하기 시작하였으며, 세 번째 단계(1961~1982)에서는 연구자들은 개개인의 공간 능력에서의 차이를 설명하기 위해, 성별, 문제해결능력에서의 차이가 어떠한 영향을 미치는지 연구하기 시작했으며, 또한 다른 인지 능력과의 상관관계를 조사하기 시작하였다. 그 이후 연구자들은 여러 가지 공간 능력 검사를 적용하여 공간 능력의 세부 요인들을 설명하려고 노력하였다(Carroll, 1993; Burton & Fogarty, 2003).

공간 능력에 대한 정의는 학자마다 다양하며, 공간 능력의 구성 요소에 대해서도 많은 차이가 있다. McGee(1979)는 공간 능력을 ‘상(image)으로 제시된 대상을 머릿속으로 조작하거나, 회전하거나, 방향을 바꾸는 능력’으로 정의하고, 그 하위 요인으로 공간 시각화(spatial visualization)와 공간 방향화(spatial orientation)를 제시하였다. Linn & Peterson(1985)은 공간 능력을 ‘주어진 공간적 정보를 머릿속으로 시각화하여 그려보는 능력’이라고 정의하고, 그 하위 요인을 공간 지각(spatial perception), 공간 회전(mental rotation), 공간 시각화(spatial visualization)의 3가지 범주로 제시하였다. 학자들에 따라 공간 능력에 대한 정의와 그 하위 요인에 대한 구분에 차이가 있지만, 공간 능력에서 공통적으로 중요한 요인으로 취급되는 하위 요인이 바로 공간 시각화이다. 공간 능력의 하위 구성 요인을 공간 시각화, 공간 방향화, 공간 관계로 보았던 Lorman(1979)에 따르면, 공간 시각화는 공간적인 관계와 공간적인 방향의 두 특징을 함께 가지는 능력이라고 하였다. Fennema(1975)는 공간 시각화를 물체나 움직임에 대한 시각적 이미지이며, 물체 그 자체의 변화, 혹은 물체의 변화라고 정의하였다. 또한, Clements(1981)는 공간 시각화를 공간적 요인의 하나로서 3차원 대상들의 운동을 상상하는 능력, 시각적인 상을 마음속으로 조작하는 능력이라고 정의하였다. Tarte(1990)와 Kersh & Cook(1979)는 공간 시각화를 회전(mental rotation)과 변화(mental transformation)의 두 가지 하위 요인으로 보고 있다. 여기서 회전은 마음속으로 임의의 물체를 2차원 또는 3차원의 공간상에서 회전시켜 원래의 물체와 같은지를 결정하는 능력이다. 변환은 서로 다른 조작을 통하여 서로 분리된 부분들의 정신적 상을 형성하는 능력이다. 이상의 연구들을 종합해보면, 공간 시각화란 2차원 또는 3차원의 물체를 마음속으로 조작하여 재구성하는 능력이라고 할 수 있다.

그러나 우리나라에서는 공간 능력의 중요성에 대한 인지도가 높지 않으며, 영재 교육

프로그램에 참여하고 있는 학생들의 공간 능력이 어떠한지, 공간 능력이 우수한 영재 학생들이 영재 교육 프로그램에 얼마나 참여하고 있는지, 그리고 영재 교육에 참여하지 않는 학생 중에서 공간 능력이 뛰어난 학생들이 얼마나 되는지에 대한 연구 결과가 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 학생들의 공간 능력을 검사해 보고 영재학생과 일반학생간의 차이를 알아보려고 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 Carroll(1993)의 요인분석을 바탕으로 Burton과 Fogarty(2003)의 시각적 이미지 요소에 대한 연구, Tartre(1990)의 공간 시각화 모델, Ho와 Eastman(2005)의 2차원과 3차원 회전 능력 요인 모델을 통하여 구성된 공간 능력 계층 모델(Hierarchical model)을 바탕으로 하고 있다([그림 1]). 즉, [그림 1]의 공간 능력의 여러 가지 세부 요인들 중에서 3차원 회전의 시각화 능력에 초점을 두었다.



[그림 1] 공간 능력 계층 모델(Yoon, 2011)

초기 지능이론의 역사를 통해 볼 때 회전 능력은 연구자들에 의해 다양하게 정의되어 왔지만, Guay(1976, 1980)과 Linn & Peterson(1985)은 회전 능력을 2차원 또는 3차원의 사물을 머릿속으로 마음대로 원하는 방향으로 회전시킬 수 있는 인지 능력으로 정의하였다. [그림 1]에 제시되었듯이, 공간 능력 계층 모델에 따르면, 회전 능력은 공간 시각화 능력하의 세부 구조로 좀 더 심화된 구체적인 능력으로 정의된다.

3차원 회전의 시각화 능력의 측정을 위하여, 본 연구에서는 ‘퍼듀 공간 시각화 검사: 회전의 시각화(Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations, PSVT:R)’ (Guay, 1976; Yoon, 2011)의 개정판(Revised PSVT:R)을 사용하였다. 이 검사 도구는 원래

Guay(1976)가 13세 이상의 개인의 3차원 회전의 공간 능력을 측정하기 위해 개발한 이후로 과학, 기술, 공학, 그리고 수학(STEM) 분야에서의 연구에 30년 이상 광범위하게 사용되어 왔다(Yoon, 2011). 또한 이 검사 도구는 미국의 Educational Testing Service(ETS)(2009)의 검사도구 모음 카탈로그에 등재되어 있으며, Eliot과 Smith가 1983년에 392개의 공간 능력 검사 도구를 모아 분류해 놓은 An International Directory of Spatial Tests에도 게재되어 있는 검사도구이다(Eliot & Smith, 1983).

본 연구의 목적은 크게 두 가지로 나누어진다. 첫째, 한국의 중학생들에게 적용할 수 있는 퍼듀 공간 시각화 검사: 회전의 시각화 검사지 개정판(Revised PSVT:R)의 한국판을 타당화한다. 즉, 표본 집단에 검사를 실시하여, 검사 도구의 타당도와 신뢰도에 대한 증거를 제시한다. 둘째, 검사 도구를 타당화한 다음에는 한국의 중학생의 공간 능력을 조사하고, 공간능력에 있어서, 영재학생과 일반학생의 차이, 영재영역별 차이, 성별 차이, 학년별 차이를 비교한다. 셋째, 공간 능력에 대한 검사 결과를 확장하여 언어, 수학, 과학 분야의 학업성취도와 공간 능력과의 관계를 탐구한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구대상

본 연구에서는 강원도와 경기도 지역의 중학생을 전집으로 하여, 강원도와 경기도에 소재하고 있는 중학교의 학생들과 지역교육청에서 운영하고 있는 영재교육원에서 교육을 받고 있는 학생들을 연구대상으로 하였다. 이를 위하여 2010년 10월 5일~2010년 11월 15일까지 유층표집을 통하여 강원도에서 3개 지역교육청, 경기도에서 2개 지역교육청을 먼저 선정하였으며, 각 지역교육청에 속한 5개 중학교와 5개 영재교육원을 선정하였다. 최종적으로 본 연구에 참여한 연구대상은 중학생 7학년, 8학년, 9학년의 509명이었으며, 296명은 여학생이었고 213명은 남학생이었다. 이 중에서 160명은 수학, 과학 또는 수학+과학영역의 영재로 선발되어 해당 지역의 교육청에서 운영하는 영재교육센터에서 교육을 받는 학생들이다. 수학영재는 54명, 과학영재는 41명, 수학+과학영재는 65명이었다.

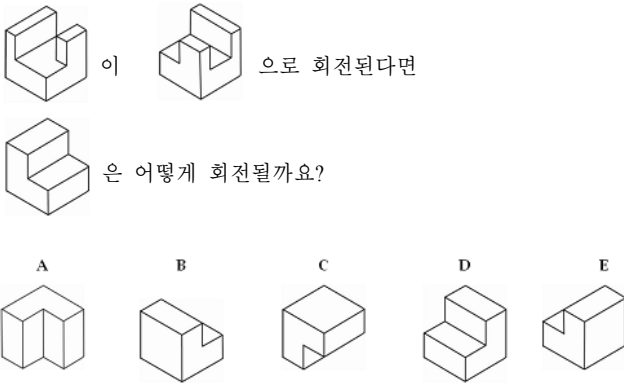
2. 검사도구 및 검사절차

가. 공간능력검사

본 연구에서는 여러 가지 공간 능력 중 3차원 회전의 공간 시각화 능력에 초점을 두고 있다. 학생들의 공간 능력을 측정하기 위하여 ‘퍼듀 공간 시각화 검사: 회전의 시각화(Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations)’의 개정판(Revised PSVT:R)(Yoon, 2011)으로 측정되었다.

본 연구에서 사용한 PSVT:R의 개정판(Revised PSVT:R)은 PSVT:R에서 발견된 몇 가지 오류를 수정한 것이다(Yoon, 2011). PSVT:R의 개정판은 비언어 검사로 3차원 도형의 회전의 시각화 검사로서 30문항으로 이루어졌으며, 13문항은 대칭적이고 17문항은 비대

칭적인 도형으로 구성되어 있다([그림 2]). 응답자들은 각 문항에서 주어진 도형이 제시된 회전된 방향과 똑같이 회전된 도형을 5가지 선택중에서 찾아야 한다.



[그림 2] Revised PSVT:R의 보기 문항

Revised PSVT:R은 본 연구의 연구진에 의하여 한국어판으로 번역되었다. 검사 도구의 특성상 비언어적인 검사이기 때문에, 처음 2쪽에 걸쳐 제시된 안내문의 번역의 의미가 학생들에게 잘 전달된다면 실제 30문항의 문제를 풀기 위해서는 언어 능력이 필요하지 않다. 따라서 한국어판 검사지의 내용 타당도는 Revised PSVT:R과 동일하게 취급해도 된다고 판단된다. 한국의 중학생을 대상으로 할 때, 한국어로 번역된 한국어판의 안내문과 지침에 대한 문법 및 단어의 이해정도에 대해서는 한국의 국어학자에 의하여 확인을 받았으며, 한국의 중학생 10명 (남학생 5명, 여학생 5명)을 대상으로 예비 검사를 실시하여 수정·보완하였다. 이 검사 도구의 신뢰도는 Cronbach's $\alpha = .864$ 로 측정되었다.

나. 학업성취도 검사(수학, 과학, 국어)

학생들의 과목별 수행능력을 측정하기 위하여 수학, 과학, 국어의 세 과목에 대한 학업성취도 검사를 실시하였다. 이를 위하여 경기도교육정보연구원의 교수학습지원센터에서 개발한 '2009학년 중학교 1학년 전국연합학력평가(수학, 과학, 국어)를 일부 수정하여 사용하였다. 과목별로 수학 25문항, 과학 25문항, 국어 20문항으로 구성되었다. 이 전국연합학력평가는 국어, 수학, 과학, 사회, 영어 5개 과목에 대하여 각 과목별로 25문항으로 구성되어 있다. 본 연구를 위한 검사로는 국어, 수학, 과학의 3개 과목이 실시되었다. 수학과 과학 과목은 검사 문항의 25문항 모두를 그대로 실시하였으나, 듣기 영역 5문항 포함된 국어 과목에서는 이 5문항을 제외한 20문항으로 실시하였다. 본 연구의 연구대상은 중학교 1학년, 2학년, 3학년 학생들을 대상으로 하기 때문에 이 3개 학년이 모두 공부한 중학교 1학년 문제로 실시하였다. 학업성취도 검사 시간은 과목별로 50분 동안 담당 교사에 의하여 실시되었다. 수학, 과학, 국어 성취도의 검사 신뢰도 Cronbach's α 는 각각 .869,

.892, .879로 측정되었다.

다. 설문조사

설문조사는 성별, 나이, 학년, 영재교육원 참여 여부 및 참여 프로그램에 대한 개인정보를 조사하기 위한 문항으로 구성되었다. 특히, 본 연구에서는 영재교육원에 선발되어 영재 프로그램에 참여하고 있는 학생들을 영재학생으로 정의하였으며, 그렇지 않은 학생들은 일반학생으로 정의하였다. 영재교육원에 참여하고 있는 학생들은 참여하고 있는 프로그램(수학, 과학, 수학+과학)으로 구분되었다.

3. 자료 분석

네 가지 검사(공간능력, 수학, 과학, 국어)에 대한 기술통계 분석을 실시하기 위하여, 네 가지 검사에 대한 집단별 평균, 표준편차를 제시하였으며, 각 검사의 신뢰도를 측정하기 위하여 SPSS 18을 이용하여 Cronbach's α 를 구하였다.

Revised PSVT:R의 타당화를 위하여 신뢰도와 타당도를 추정하였다. 신뢰도 검사로는 Cronbach's α 를 구하였다. 타당도 검사로는 이미 Revised PSVT:R을 사용하여 탐색적 요인 분석의 연구 결과로 잠재변수가 1개인 것이 기존 연구 결과에서 드러났으므로(Maeda & Yoon, 2011), 본 연구에서는 확인적 요인 분석만을 실시하였다. 확인적 요인분석을 위한 소프트웨어로는 AMOS, LISREL, Mplus 등이 있으나, 본 연구에서는 범주형 변수를 처리하는데 적합한 구조방정식 모델 프로그램인 Mplus 6(Muthén & Muthén, 1998-2010)를 사용하였다.

공간능력과 수학, 과학, 언어 영역의 수행능력과의 관계를 분석하기 위하여, 네 가지 검사도구 사이의 Pearson 상관계수를 구하였으며, 상관관계의 유의성은 유의수준 $\alpha=.01$ 에서 검증되었다. 공간능력에서 영재학생과 일반학생들의 차이를 검증하기 위하여, 검사점수에 대하여 t-검증을 실시하였다. 또한 영재 영역(수학, 과학, 수학+과학)에 따른 공간능력의 차이는 일원변량분석으로 분석되었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 기술통계

연구대상자 509명을 대상으로 측정한 네 가지 측정 도구에 대한 기술 통계치는 <표 1>과 같다. 통계적 정보는 성별, 학년(중1, 중2, 중3)별로 평균 및 표준편차를 제시하였다. Revised PSVT:R를 좀 더 자세히 살펴보면, 전체의 평균과 표준편차는 각각 19.43과 6.16이었다. 검사점수는 4점에서 30점까지로 나타났으며, 509명 중 8명(3.5%)이 만점(30점)을 기록하였다. 만점자 비율을 보면, 남학생(2.8%)이 여학생(0.7%)보다 약간 높은 것으로 나타났다. 전체 연구대상자 509명 중 남학생(213명)의 평균은 21.76, 여학생(296명)의 평균은 17.75로 남학생이 여학생보다 더 높게 나타났다. 일반학생(349명)의 평균은 17.56이었

으며 영재학생(160명)의 평균은 23.49로 영재학생이 높게 나타났다. 또한 영재영역별로 보면, 수학영재학생(54명)의 평균은 23.30, 과학영재학생(41명)의 평균은 22.85, 수학+과학 영재학생(65명)의 평균은 24.06으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

또한, 영재학생과 일반학생의 수학, 과학, 국어 영역의 수행능력차이를 알아보고자 *t*-검증을 실시한 결과, 수학($t=16.719, p<.001, Cohen's d=1.13$)과 과학($t=16.114, p<.001, Cohen's d=1.27$), 국어($t=16.114, p<.001, Cohen's d=.48$)의 모든 영역에서 영재학생들과 일반학생은 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 1> 네 가지 측정 도구에 대한 집단별 평균 및 표준편차

	공간능력			수학			과학			국어		
	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
성별												
여학생	296	17.75	5.77	282	19.30	5.52	282	17.21	5.29	281	16.70	3.43
남학생	213	21.76	5.94	186	20.40	5.20	188	18.52	5.55	186	15.64	4.62
학년별												
7학년	97	18.66	6.60	78	18.90	6.91	79	15.81	6.61	79	13.38	4.78
8학년	260	19.03	6.08	241	19.66	4.97	242	18.29	4.98	240	17.02	3.47
9학년	152	18.36	5.90	149	20.31	5.18	149	17.84	5.24	148	16.64	3.60
영재프로그램												
일반학생	349	17.56	5.99	341	18.26	5.60	341	16.08	5.27	339	15.77	4.10
영재학생	160	23.49	4.32	127	23.73	1.39	129	22.10	2.74	128	17.63	3.28
영재영역												
수학	54	23.30	4.16	54	24.11	0.95	54	21.72	2.81	54	18.39	2.17
과학	41	22.85	4.17	39	23.33	1.81	39	22.46	3.04	39	17.74	2.71
수학+과학	65	24.06	4.54	34	23.59	1.33	36	22.28	2.25	35	16.34	4.70
합계	509	19.43	6.16	468	19.74	5.41	470	17.73	5.43	467	16.28	3.98

<표 2>는 네 가지 측정 도구(공간 능력, 수학, 과학, 국어)에 대한 신뢰도를 나타낸 것이다. 네 측정 도구에 대한 신뢰도(Cronbach's α)는 .864에서 .892로 높게 나타난 것으로 보아 네 측정 도구는 모두 적절한 신뢰도를 갖추었다고 할 수 있다.

<표 2> 네 가지 측정 도구(공간 능력, 수학, 과학, 국어)의 신뢰도

	공간능력검사	수학검사	과학검사	국어검사
사례수	509	467	468	470
신뢰도(Cronbach's α)	.864	.869	.892	.879

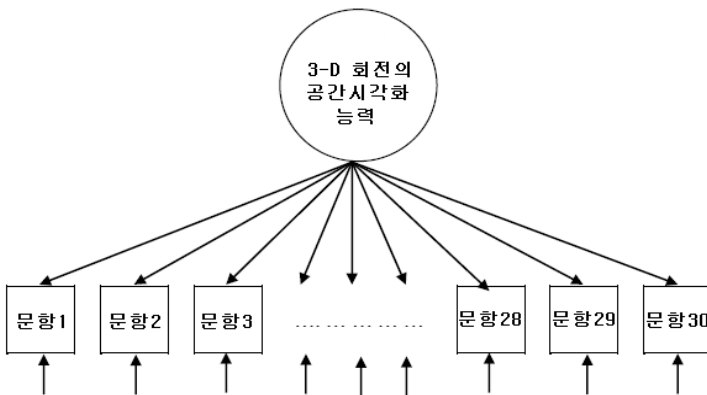
2. Revised PSVT:R)의 타당화

가. Revised PSVT:R의 신뢰도

Revised PSVT:R에 대한 문항내적일관성 신뢰도 분석을 한 결과, Cronbach's $\alpha=.864$ 로 높게 나타난 것으로 보아 Revised PSVT:R(한글판)은 적절한 신뢰도를 갖추었다고 할 수 있다. 또한, PSVT:R을 적용한 이전의 다른 연구들의 문항내적일관성 신뢰도(Cronbach's $\alpha=.72\sim.90$)와 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있었다(Sorby & Baartmans, 2000; Guay & McDaniel, 1978). Revised PSVT:R의 각 문항과 나머지 전체 문항의 상관관계를 나타낸 ‘수정된 문항-전체 상관관계(corrected item-total correlation)’는 .18에서 .477로 나타났다. 적절한 문항 적합도라고 볼 수 있는 .30보다 작게 나타난 문항은 문항 22(.23)와 문항 30(.18)이었지만, 이 두 문항을 제외하지 않아도 Cronbach's α 가 거의 증가하지 않았기 때문에 Revised PSVT:R의 신뢰도는 적절하다고 판단된다(Field, 2009).

나. Revised PSVT:R 검사의 타당도

Revised PSVT:R의 타당도를 분석하기 위해서는 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석만을 실시해야 한다. 그러나 이미 Revised PSVT:R에 대한 탐색적 요인분석의 연구 결과를 통하여 잠재변수가 1개인 것이 기존 연구에서 드러났으므로(Maeda & Yoon, 2011), 본 연구에서는 확인적 요인분석만을 실시하였다. 원래 PSVT:R는 공간능력 중에서 특정한 영역인 3차원 회전의 공간 시각화를 측정하기 위하여 개발된 것이다. PSVT:R에 대한 잠재변수가 1인 확인적 요인분석을 위한 모델은 [그림 3]과 같다(Yoon, 2011).



[그림 3] PSVT:R에 대한 잠재변수가 1인 확인적 요인분석을 위한 모델

잠재변수가 1개인 것을 모델로 하였을 경우, Revised PSVT:R에 대한 확인적 요인분석 결과 적합도는 <표 3>과 같이 검증되었다. <표 3>에 제시된 모형의 적합도 지수는 CFI (comparative fit index), TLI(Tucker-Lewis index), RMSEA(root mean square error of

approximation)를 사용했으며, 해석 기준은 CFI와 TLI는 .90 이상, RMSEA는 .05 이하이면 좋은 적합도를 의미한다.

RMSEA는 .033으로 .05보다 작기 때문에 이 모델은 적합한 것으로 볼 수 있다. 또한 CF=.949와 TLI=.945는 모두 .90 이상이기 때문에 이 모델은 적합한 것으로 나타났다. 따라서 이상의 결과를 볼 때, 한국의 중요학교 학생들을 대상으로 실시한 Revised PSVT:R 검사(한글판)는 잠재변수가 1개인 모델이 양호하다고 볼 수 있다.

<표 3> 확인적 요인분석의 모형 적합도(N=509)

연구모형	χ^2	df	CFI	TLI	RMSEA
	627.23	405	.949	.945	.033

3. 공간 능력의 차이(영재학생과 일반학생, 영재영역별, 성별, 학년별)

영재 학생과 일반 학생이 공간능력에 있어서 차이가 있는지를 알아보고자 *t*-검증을 실시하였다. <표 4>에 제시한 바와 같이, 공간능력에 있어서 영재학생과 일반학생 사이에는 $t=12.67, p<.001$ 로 집단 사이에 유의미한 차이가 있었으며, 효과크기(*Cohen's d*=1.07)가 높게 나타났다.

<표 4> 공간능력에 대한 영재학생과 일반학생의 차이(*t*-검증)

	<i>t</i>	자유도	유의확률 (양쪽)	평균차	차이의 표준오차	평균의 95% 신뢰구간		<i>Cohen's d</i>
						하한	상한	
공간능력	12.670	414.411	.000**	5.932	.468	5.012	6.853	1.07

** $p<.01$

또한 영재학생들의 영재 영역(수학영재, 과학영재, 수학+과학영재)에 따라 공간능력에 있어서 차이가 있는지를 알아보기 위하여 일원변량분석(ANOVA)을 실시하였다(<표 5>). 공간능력에 있어서는 영재 유형별로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($F=1.067, p=.346$).

<표 5> 영재 영역(수학, 과학, 수학·과학)에 따른 공간능력에 대한 일원변량분석

	자유도	제곱합	평균제곱	F	유의확률	
공간능력	집단 간	2	39.859	19.929	1.067	.346
	집단 내	157	2932.135	18.676		
	합계	159	2971.994			

** $p<.01$

공간능력에 있어서 남학생과 여학생은 유의미한 차이를 보였으며($t=7.64, p<.001, Cohen's$

$d=.69$), 남학생이 여학생보다 더 우수하였다(<표 6>).

<표 6> 공간능력에 대한 성별 차이(t -검증)

	t	자유도	유의확률 (양쪽)	평균차	차이의 표준오차	평균의 95% 신뢰구간 하한 상한		Cohen's d
공간능력	7.637	507	.000**	4.006	.525	2.975	5.036	.69

** $p<.01$

공간능력에 있어서 학년별(7학년, 8학년, 9학년) 차이를 알아보기 위하여 일원변량분석(ANOVA)을 실시한 결과, <표 7>과 같이, 공간능력에 있어서 학년별로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($F=1.198, p=.303$).

<표 7> 학년(7학년, 8학년, 9학년)에 따른 공간능력에 대한 일원변량분석

		자유도	제곱합	평균제곱	F	유의확률
공간능력	집단 간	2	90.810	45.405	1.198	.303
	집단 내	506	19177.677	37.901		
	합계	508	19268.487			

4. 공간 능력과 수학, 과학, 언어 영역의 수행능력과 관계

<표 8>은 공간능력, 수학, 과학, 언어 영역의 학업성취도 사이의 상관관계를 나타낸 것이다. 변인들 간의 상관관계는 전체적으로 정적인 상관관계를 보였으나, 전체적으로 상관계수가 .331에서 .683으로 .85 이상의 다중상관관계(multicollinearity)는 없는 것으로 나타났다. 공간능력 과 수학, 과학, 국어의 Pearson 상관계수는 각각 $\rho_r=.547, .511, .331$ 로 유의수준 $\alpha=.01$ 에서 유의미하였으며, 국어보다는 수학과 과학과의 상관관계가 다소 높은 것으로 나타났다.

<표 8> 공간능력, 수학, 과학, 언어 영역의 학업성취도 사이의 상관관계

		수학	과학	국어
공간능력	Pearson 상관계수	.547	.511	.331
	유의확률(양쪽)	.000**	.000**	.000**
	N	468	470	467
수학	Pearson 상관계수	-	.683	.553
	유의확률(양쪽)		.000**	.000**
	N		467	464
과학	Pearson 상관계수		-	.540**
	유의확률(양쪽)			.000
	N			466

** $p<.01$

IV. 결 론

본 연구에서는 공간능력이 영재학생들을 판별하는 데 중요한 요소로 작용한다는 전제 하에 한국의 중학교 영재학생들과 일반학생의 공간능력을 비교하는 것을 주목적으로 하고 있다. 이를 위하여 한국의 중학생들에게 ‘퍼듀 공간 시각화 검사: 회전 시각화(개정판)’를 실시하였으며, 한국의 중학생의 공간 능력을 조사하였다. 본 연구의 결과를 통하여 공간 능력이 학생들의 교과 성취도와 어떤 관련이 있는지를 이해하고, 나아가서는 학생들의 특성에 맞는 교육 프로그램을 개발하는 데 시사점을 제공하고, 또한 과학, 기술, 공학, 수학과 같은 영재 프로그램에서 학생들의 능력을 개발하고 향상시키는 데 시사점을 제공하는 데 주목적이 있다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, Revised PSVT:R의 타당성 검증을 위하여 신뢰도와 타당도를 제시하였다. 신뢰도는 Cronbach's $\alpha=0.864$ 로 높게 나타났다. 확인적 요인분석을 실시한 결과, Revised PSVT:R 검사의 타당도가 양호한 것으로 판단되었다. Revised PSVT:R 검사를 한국의 중학교 학생들을 대상으로 실시하여 잠재변수가 1개인 것을 모델로 하였을 경우, RMSEA, CFI, TLI 지수를 고려했을 때 잠재변수가 1개인 모델이 적합한 것으로 나타났다. 이상을 종합하여 보면, Revised PSVT:R의 신뢰도와 타당도는 매우 양호하고 적절하기 때문에, 한국의 중학생들의 공간능력을 측정하기 위한 타당한 도구라고 결론을 내릴 수 있다.

둘째, 영재 학생(수학, 과학, 수학+과학)과 일반 학생이 공간능력에 있어서 차이가 있는지를 알아본 결과, 공간능력에 있어서 영재학생이 일반학생보다는 높게 나타났다. 이것은 영재 학생의 공간능력이 우수하다고 하는 기존의 연구들(예를 들어, Lubinski & Benbow, 2006; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009; Webb, Lubinski, & Benbow, 2007)과 일치하는 것이다. 또한 공간능력에 있어서 남녀 간의 차이를 분석한 결과, 남학생이 여학생보다 더 우수한 것으로 나타났다. 공간능력에 있어서 남학생이 여학생보다 우수하다는 본 연구 결과는 다른 연구들(예를 들어, Linn & Petersen, 1985; Battista, 1990; Voyer & Bryden, 1995; Maeda & Yoon, 2011)의 연구 결과를 지지하는 것이다.

셋째, 공간능력, 수학, 과학, 언어 영역의 학업성취도 사이의 상관관계를 알아본 결과, 변인들 간의 상관관계는 전체적으로 정적인 상관관계를 보였으며, 공간능력과 수학, 과학, 국어의 상관관계는 유의미하였으며, 국어 보다는 수학과 과학과의 상관관계가 다소 높은 것으로 나타났다. 이 연구 결과는 공간능력과 수학적 성취도 사이에는 유의미한 상관관계가 있다는 다른 연구들(예를 들어, Battista, 1990; Battista, Wheatley, & Talsma, 1982; McGee, 1979; Sherman, 1979)을 지지하고 있는 것이다.

이상의 연구 결과를 종합하여 볼 때, 공간능력이 우수한 학생과 영재교육에 참여하고 있는 영재학생은 같은 특성이 있는 것으로 판단된다. 특히, Revised PSVT:R는 공간 회전 능력을 평가하는 중요한 검사 도구 중 하나로서, 공간 능력이 뛰어난 학생들을 선별하는 판별 도구로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 수학과 과학 교육의 성패를 좌우하는 데 공간 능력이

유의미한 역할을 한다는 점에서, Revised PSVT:R은 과학, 기술, 공학, 수학(STEM) 분야의 잠재적인 영재 학생을 판별하기 위한 도구로 활용할 수 있을 것이다. 본 연구는 연구대상자가 경기도와 강원도의 중학생에 한정되었기 때문에, 연구대상자를 전국적으로 확대할 필요가 있으며, 초등학생과 고등학생을 대상으로 한 후속연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 한국교육개발원 (2003). **영재교육기관 교수·학습 실태연구**. 서울: 한국교육개발원.
- Battista, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21, 47-60.
- Battista, M. T., Wheatley, G. H., & Talsma, G. (1982). The importance of spatial visualization and cognitive development for geometry learning in pre-service elementary teachers, *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 332-340.
- Burton, L. J., & Fogarty, G. J. (2003). The factor structure of visual imagery and spatial abilities. *Intelligence*, 31, 289-318.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Chan, D. W. (2010). Developing the Impossible Figures Task to assess visual-spatial talents among Chinese students: A Rasch measurement model analysis. *Gifted Child Quarterly*, 54, 59-71.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- College Entrance Examination Board (1939). *CEEB Special Aptitude Test in spatialrelations*. New York: College Entrance Examination Board.
- Educational Testing Service (2009). Educational Testing Service Test Collection. Retrieved August 21, 2009, from http://204.50.92.130/ETS_Test_Collection/Portal.aspx?lang=en-US
- Eliot, J. (1987). *Models of psychological space: Psychometric, developmental, and experimental approaches*. New York: Springer-Verlag.
- Eliot, J., & Smith, I. M. (1983). *An international directory of spatial tests*. Windsor, Berkshire: NFER-Nelson.
- Fennema, E. (1975). Spatial ability, mathematics, and the sexes. In E. Fennema (Ed.), *Mathematics learning: What research says about sex differences* (pp. 33-43). Columbus, OH: ERIC Clearing house for Sciences, Mathematics, and Environmental Education.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. 3rd Ed. London: SAGE Publications Ltd.
- Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Gohm, C. L., Humphreys, L. G., & Yao, G. (1998). Underachievement among spatially gifted

- students. *American Educational Research Journal*, 35, 515-531.
- Guay, R. B. (1976). *Purdue Spatial Visualization Test*. West Lafayette, IN: Purdue Research Foundation.
- Guay, R. B. (1980). Spatial ability measurement: A critique and an alternative. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston, MA*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED189166).
- Guay, R. B., & McDaniel, E. (1978). Correlates of performance on spatial aptitude tests. (A final report on Grant No. DAHC 19-77-G-0019) Alexandria, VA: U. S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Humphreys, L. G., Lubinski, D., & Yao, G. (1993). Utility of predicting group membership: Exemplified by the role of spatial visualization for becoming an engineer, physical scientist, or artist. *Journal of Applied Psychology*, 78, 250-261.
- Kersh, M. E., & Cook, K. H. (1979). *Improving mathematics ability and attitude: A manual*. Seattle, WA: University of Washington, Mathematics Learning Institute.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Lohman, D. E. (1979). Spatial ability: A review and re-analysis of correlational literature. *Technical Report*, 8, 25-27.
- Lohman, D. F. (2005). The role of nonverbal ability tests in identifying academically gifted students: An aptitude perspective. *Gifted Child Quarterly*, 49, 111-138.
- Lohman, D. F. (2008). Identifying academically gifted english-language learners using nonverbal tests: A comparison of the Raven, NNAT, and CogAt. *Gifted Child Quarterly*, 52, 275-296.
- Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2006). Study of Mathematically Precocious Youth after 35 years: Uncovering antecedents for the development of math-science expertise. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 316-345.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918.
- Maeda, Y., & Yoon, S. Y. (2011). Scaling the Revised PSVT-R: Characteristics of the first year engineering students' spatial ability. *Proceedings of the American Society for Engineering Education (ASEE) Annual Conference and Exposition, 2011-2582, Vancouver, BC, Canada*.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2010). *Mplus User's Guide*. 6th Ed. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Naglieri, J. A., & Ford, D. Y. (2003). Addressing underrepresentation of gifted minority children using the Naglieri Nonverbal Ability Test (NNAT). *Gifted Child Quarterly*, 47,

155-160.

- Naglieri, J. A., & Ford, D. Y. (2005). Increasing minority children's participation in gifted classes using the NNAT: A response to Lohman. *Gifted Child Quarterly*, 49, 29-36.
- Netemeyer, R. G., Bearden, W. O., & Sharma, S. (2003). *Scaling procedures*. Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc.
- Plucker, J. A., Callahan, C. M., & Tomchin, E. M. (1996). Wherefore art thou, multiple intelligences? Alternative assessments for identifying talent in ethnically diverse and low income students. *Gifted Child Quarterly*, 40, 81-91.
- Reid, C., Udall, A., Romanoff, B., & Algozzine, B. (1999). Comparison of traditional and problem solving assessment criteria. *Gifted Child Quarterly*, 43, 252-264.
- Sherman, J. A. (1979). Predicting mathematical performance in high school girls and boys. *Journal of Educational Psychology*, 71, 242-249.
- Sorby, S. A., & Baartmans, B. J. (2000). The development and assessment of a course for enhancing the 3-D spatial visualization skills of first year engineering students. *Journal of Engineering Education*, 89, 301-307.
- Stanley, J. C. (1996). SMPY in the beginning. In C. P. Benbow & D. Lubinski (Eds.), *Intellectual talent: Psychometric and social issues* (pp. 225-235). Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Tartre, L. A. (1990). Spatial skills, gender & mathematics. In E. Fennema & G. Leder (Eds.), *Mathematics and gender: Influences on teachers and students* (pp. 27-59). New York: Teachers' College Press.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities. A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117, 250-270.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101, 817-835.
- Webb, R.M., Lubinski, D., & Benbow, C.P. (2007). Spatial ability: A neglected dimension in talent searches for intellectually precocious youth. *Journal of Educational Psychology*, 99, 397-420.
- Wheatley, G. H. (1983). A mathematics curriculum for the gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 27, 77-80.
- Yoon, S. Y. (2011). *Psychometric properties of the Revised Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations* (The Revised PSVT:R). Unpublished Doctoral Dissertation, Purdue University.

= Abstract =

Assessing Korean Middle School Students' Spatial Ability: Comparison between Gifted Students and General Students

SungSun Park

Chuncheon National University of Education

Spatial ability has been valued as one component of intelligence and as an talented domain. The researchers agree that spatial ability is associated with the achievements in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) disciplines and important in STEM education.

The purpose of this study is to assess Korean middle school students' spatial ability and compare Gifted Students and General Students' spatial ability. For this purpose, 'The Revised PSVT:R' was translated into Korean and administered 509 Korean middle school students, and also internal consistency reliability evidence and construct validity evidence of 'The Revised PSVT:R' were examined. This study explored the spatial ability of Korean middle school students (graded 7 through 9), and investigated association between spatial ability and students' mathematics achievement, the students' spatial ability according to their gender and grade level.

As a result, this study shows that gifted students were better than general students in spatial ability. And there were significant correlations between spatial ability and mathematics, science, Korean language achievement. According to these results, spatial ability should be included as one of the important components in identifying students for gifted education programs.

Key Words: Gifted education, Spatial ability, STEM education, Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations, PSVT:R

1차 원고접수:	2012년	5월	17일
수정원고접수:	2012년	6월	17일
최종게재결정:	2012년	6월	17일