

베이지안 다층 구조방정식 모형을 적용한 학생 및 학교수준 변인과 수학적취도의 관계 분석*

이금호(李錦鎬)**

정혜원(鄭惠苑)***

논문 요약

본 연구는 PISA 2012 한국 자료를 이용하여 학생 및 학교수준의 변인과 학생의 수학적취도 간의 구조적 관계를 베이지안 다층 구조방정식 모형을 적용하여 분석하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 학생수준에서 수학에 대한 불안이 낮을수록, 수학에 대한 주관적 규범, 수학 학습 의도 및 수학적 자아효능감이 높을수록 수학적취도가 높게 나타났다. 둘째, 수학에 대한 흥미가 수학적취도에 미치는 직접적인 효과는 유의하지 않았으나, 수학에 대한 불안은 직접적으로 영향을 주어 수학적취도를 낮추는 변인으로 나타났다. 셋째, 학교수준에서 수학교사 1인당 학생 수가 적은 학교일수록, 학교풍토에 영향을 미치는 학생요인이 긍정적일수록, 교사 사기가 높을수록 수학적취도가 높게 나타났다. 이상의 연구결과를 토대로 본 연구의 시사점과 추후 연구에 대해 제안하였다.

주요어 : PISA 2012, 수학적취도, 베이지안 다층 구조방정식

* 이 논문은 이금호(2016)의 박사학위논문을 수정·보완한 것임

** 제1저자, 충남대학교 교육학과 교육심리 및 교육과정 전공 박사, 한국행동과학연구소 연구위원

*** 교신저자 : 충남대학교 교육학과 부교수, chw7@cnu.ac.kr

I. 서론

수학에 대한 이해는 현대사회를 살아가는 데 요구되는 역량 중 하나로, 학생들이 일상생활이나 직업 상황에서 수학적 소양으로 해결해야 할 문제 상황들이 증가함에 따라 수학이나 수학적 추론, 수학적 도구에 대한 일정 수준의 이해가 요구되고 있다(임해미, 김수진, 김경희, 2012). 수학은 올바른 사고력 신장과 다른 학문 분야에서의 도구가 되기도 하며(조시오, 2010), 개인적, 사회적, 직업적, 과학적 맥락의 문제와 과업을 해결하는 데 있어서도 핵심적인 도구가 된다(송미영 등, 2013). 따라서 수학은 단지 상위 학교 진학을 위한 도구뿐 아니라 사고력이나 문제해결력, 논리력 등을 키워 다른 학문과 일상생활 속에서 중요한 역할을 하게 된다.

OECD 학업성취도 국제비교 연구(Programme for International Student Assessment: PISA)에서는 수학을 실생활과 연결된 내용으로 구성하여 수학적 소양을 측정하고 있다. 우리나라 수학 교육에서도 교육과정이 개편됨에 따라 실생활과 연계된 수학 교육 도입이 강조되고 있으나, 아직 서구 국가에 비하면 실생활의 관련성보다는 수학적인 내용이나 지식에 치중된 교육이 이루어지고 있다. 이러한 상황에서 우리나라 학생들은 PISA에서 지속적으로 높은 수학성취를 보이고 있지만, 최상위 비율이 점차 줄어들고 있어 수학교육의 변화에 대한 필요성이 제기되고 있다(김경희 등, 2010; 임해미 등, 2012). 또한, 우리나라 학생들은 학업성취와 밀접하게 관련이 있는 흥미나 자아효능감 등은 낮은 편이다. 흥미와 즐거움, 자아효능감 같은 내재적 동기가 수반되지 않은 학습은 결국 부정적인 결과를 초래할 수 있다. 따라서 이런 현상이 지속된다면 수학성취도도 낮아질 수 있으므로 수학성취도에 영향을 미치는 다양한 변인들을 파악하여 학생들의 성취도를 높일 방안 마련이 필요하다.

PISA에서는 학생이 수학과 관련된 행동을 하게 되는 원인을 Ajzen의 계획된 행동이론의 틀로 제시하고 있다(OECD, 2013a). 계획된 행동이론에서는 한 개인의 행동을 결정하는 것은 행동 의도이며, 행동 의도가 강한 개인은 목표를 성취하려고 노력하고 그 행동을 수행하려는 동기화가 더 잘 이루어진다고 설명한다(Ajzen, 1991; Norman, Clark & Walker, 2005). 본 연구의 학생수준 모형은 이 이론을 기초로 하며, 수학에 대한 태도, 주관적 규범, 지각된 통제감이 수학 학습 의도와 수학 행동, 그리고 수학성취도에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 한다.

수학성취도에는 동기나 자아효능감, 자아개념 등의 심리적 변인뿐 아니라 교사나 학교의 특성도 영향을 미치게 된다. 즉 학생이 어느 학교에 속해 있느냐에 따라 수학성취도가 달라질 수 있다. 이런 경우, 성취도에 영향을 미치는 학생 및 학교수준 변인 간의 구조적 관계를 분석하기 위해서 자료의 위계적 속성을 반영하면서 변인 간의 구조적 관계를 살펴볼 수 있는 다층 구조방정식 모형을 적용할 수 있다. 최근 국내에서도 다층 구조방정식 모형을 적용한 연구들이 이루어지고 있는데(김진하, 2007; 박도영, 2011; 이현숙, 송미영, 2015; 이현숙, 신진아, 김경희, 2013),

이 연구들에서는 최대우도법(ML)이나 강건한 최대우도법(MLR)을 추정방법으로 사용하고 있다. 그런데 최대우도법은 표본크기나 다변량 정규성 가정에 대해 민감해서 추정의 문제가 발생할 수 있다. 박도영(2011)은 복잡하고 측정변수가 많은 다층 구조방정식 모형 분석에 있어 최대우도법을 적용하였으며, 추정의 문제가 발생하여 이를 해결하기 위해 오차나 단층 구조방정식 모형에서 추정된 계수를 이용하여 초기값을 고정한 후 다층 구조방정식 모형을 분석하였다. 그러나 이는 복잡한 계산 및 분석과정이 필요하다는 제한점이 있다.

최근 국외 연구들에서는 다층 구조방정식 모형의 복잡성 및 최대우도법이 가진 한계점을 극복하기 위한 방법으로 베이지안 추정방법을 적용하고 있다(Kaplan, Kim, & Kim, 2009; Muthén & Aspariuhov, 2011). 다층 구조방정식 모형에서의 최대우도법 적용은 모형의 복잡성으로 인해 분산에서의 음수값이 흔히 발생할 수 있는 데에 반해, 베이지안 추정방법은 이러한 문제를 해결할 수 있어 최대우도법보다 더 정확하게 모수를 추정할 수 있게 된다(Depaoli & Clifton, 2015). 한편 국내에서는 다층 구조방정식 모형이나(김진하, 2007; 박도영, 2011; 이현숙, 송미영, 2015) 다층 자료에 대한 베이지안의 적용(오만숙, 오현숙, 오민정, 2013) 등의 연구는 이루어지고 있으나, 다층 구조방정식 모형에 대한 베이지안 적용 연구는 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 위계적 구조를 고려함과 동시에 최대우도법이 가진 한계점을 해결할 방법으로 베이지안 다층 구조방정식 모형을 적용하여 수학적취도에 영향을 미치는 학생 및 학교수준의 다양한 변인 간의 영향과 경로를 설명하는 것을 연구의 목적으로 한다.

II. 이론적 배경

1. 수학적취도에 영향을 주는 학생수준 변인

계획된 행동이론에서는 한 개인이 어떠한 행동을 수행하려는 의도는 행동에 대해 긍정적인 태도를 지니고 있고, 행동을 존중하는 주관적 규범일수록, 그리고 인지된 행동통제가 클 때 강해진다고 본다(Ajzen & Driver, 1992). 이 이론을 학습상황에 적용해보면, 학습자의 학습 의도는 학습에 대해 긍정적인 태도를 가지고 있고, 중요한 사람들이 그 학습에 대해 긍정적인 인식을 지니고 있으며, 스스로 자신의 학습을 조절하고 통제할 수 있을 때 더 커지게 된다. 즉 수학에 대한 태도, 주관적 규범, 지각된 행동통제가 수학 학습 의도와 수학 행동에 영향을 주며, 이는 수학적취도에 영향을 주게 된다.

수학에 대한 태도는 수학적인 대상이나 수학학습과 관련된 상황에서의 긍정적 또는 부정적으로 반응하는 개인의 학습된 성향을 의미한다(Aiken, 1970). 수학에 대한 태도는 다양한 요인을

포괄하고 있는데, 이 중 학습에 대한 긍정적인 태도인 흥미는 학생들을 학습활동에 적극적으로 참여하게 하며 그 활동을 지속하여 성취도를 높이게 한다(김성일, 윤미선, 소연희, 2008; 우연경, 2014). 반면 불안은 성취도를 낮추는 요인으로, 수학에 대한 불안은 수학 학습에 집중하지 못하게 하고 성취도에 부정적인 영향을 줄 뿐 아니라, 미래의 수학 학습에 대한 계획에도 영향을 미친다(오후진, 이종배, 2000; Ascraft, 2002; Hopko, McNeil, Zvolensky, & Eifert, 2001).

한편 수학에 대한 주관적 규범은 타인이 수학을 어떻게 생각하고 있는가에 대한 문제로, 특히 나에게 중요한 사람들이 어떤 행동에 대해 부정적으로 생각하는지, 긍정적으로 생각하는지에 따라 그 행동의 수행 여부가 달라진다. 학생들에게 가장 중요한 사람이라고 할 수 있는 부모가 수학에 대해 어떠한 인식을 지니고 있는가는 그들의 자녀인 학생들의 수학 학습에 대한 의도나 행동, 그리고 수학성취도에 영향을 미칠 수 있다. 수학에 대한 주관적 규범은 수학적 자아효능감에도 영향을 주며(송미영 등, 2013), 수학 학습 의도나 행동 역시 자아효능감에 긍정적인 영향을 준다(이현숙, 송미영, 2015). 따라서 수학에 대한 주변인들의 긍정적인 견해는 수학 학습 의도를 높이고 수학 관련 활동에 참여하게 하여 자아효능감을 높이고, 이는 수학성취도를 높이는 중요한 변인이 된다.

계획된 행동이론에서는 태도, 주관적 규범과 함께 지각된 통제감이 행동 의도와 행동에 영향을 주는 것으로 설명하고 있다. 지각된 통제감은 행동의 수행을 어렵게 하거나 쉽게 하는 요인들에 대한 평가로 얻어진 통제신념으로(Nejad, 2004), 행동 의도를 통해 행동에 간접적으로 영향을 주기도 하고 직접적인 영향을 미치기도 한다(Ajzen, 1991). 공부하는 것에 대한 스스로의 통제력이 강할수록 공부하고자 하는 의도가 높아지게 되는데(김보미, 노정희, 2012), 학습에 대한 통제력은 학습에 대한 의도나 의지를 갖게 하여 학업성취도를 높일 수 있다.

수학 학습 의도나 수학 행동은 수학에 대해 어떠한 태도나 인식을 지니고 있느냐에 영향을 받으며, 태도, 주관적 규범, 지각된 통제감이 수학성취도에 영향을 미치는 데 매개변인으로 작용한다. 선행연구에 따르면, 해당 학습에 대한 긍정적인 태도와 주변인들이 열심히 공부해야 한다고 생각하는 것을 따르려는 동기가 높을수록, 공부에 대해 스스로의 통제력이 강할수록 더 열심히 공부하고자 하는 의도가 높아진다(김보미, 노정희, 2012).

자아효능감은 성취도를 설명하는 중요한 변인 중 하나로, 성취도점수가 인지적 성취라면 자아효능감은 다양한 학습 참여를 통해 얻어진 정의적 성취로 볼 수 있다. PISA에서는 수학적 자아효능감을 수학 과제에 대한 자신감으로 측정하고 있는데, 이러한 자신감은 이전 학습 경험에서 비롯된다(OECD, 2013b; 송미영 등, 2013). 이현숙과 송미영(2015)은 수학을 좋아하고 수학에 흥미를 느낄수록 수학과 관련된 활동에 참여하거나 미래에 수학 분야의 학습 및 수학 관련 진로 계획을 세우는 경향이 크며, 수학성취도뿐 아니라 수학적 자아효능감도 높이는 역할을 한다고 하였다.

그런데 PISA나 TIMSS 등 국제학업성취도 평가 결과에서 우리나라 학생들은 높은 성취에 비해, 자아효능감이나 흥미 등의 정의적 성취는 낮게 나타나고 있다. PISA 2012 결과에서 성취도에 긍정적인 영향을 주는 흥미, 주관적 규범, 지각된 통제감은 OECD 평균보다 낮으며, 반대로 불안은 높게 나타나고 있다. 또한 우리나라는 수학성취도에 대한 수학 학습 의도의 설명력이 OECD 평균보다 높은 것에 비해 수학 학습 의도는 낮은 것으로 나타나고 있다. 반면 우리나라 학생들의 수학 행동 지수는 OECD 평균보다 높으며 수학성취도에 대해 다른 국가들과 비교하여 매우 높은 설명력을 보였다(송미영 등, 2013). 이는 우리나라 학생들은 수학 행동은 많이 하고 있으나, 앞으로 수학 공부를 더 열심히 하거나 미래에 관련된 진로를 갖고자 하는 의도는 낮다는 것을 의미한다. 그러나 앞서 말했듯이 수학 학습 의도나 수학 행동이 수학성취도를 설명하는 정도가 크게 나타나고 있으므로, 수학 학습에 대한 의도를 갖지 않는 이유나 수학 행동이 수학성취도에 미치는 영향의 원인 등에 대한 자세한 분석이 필요하다.

2. 수학성취도에 영향을 주는 학교수준 변인

학업성취도에 영향을 주는 학교 특성은 서로 밀접한 관련성이 있고, 이러한 관계에 따라 인과적 관련성을 모형화할 수 있다. 학교 특성은 매우 다양한데, 학업성취도와 관련된 학교 변인을 알아보기 위한 메타분석 결과 학교수준에서는 학교규모, 학급당 학생 수, 학교설립형태, 교사-학생비율, 정규직 교사비율, 학교시설, 학교선택여부, 교육비, 학교풍토, 수준별 수업 등이 나타났다(김태연, 2013). 교사수준 변인은 성별, 학력, 경력, 정의적 특성, 학생과의 관계, 전문성 등으로 구분되었다. 그러나 이 변인들은 선행연구들에서 통계적 유의성이나 영향력 정도가 다르게 나타나고 있다. 이는 학교수준 관련 변인들이 단순히 학업성취도에 직접적으로만 영향을 미치는 것이 아니라 간접적인 영향을 미치고 있기 때문이다.

학교의 특성 중 교육자원은 학생들의 성취도와 직·간접적인 관련이 있다. 학교의 교육자원은 학생 1인당 교육비, 교사학생비율 등 단순한 교육자원과 2개 이상의 자원이 결합한 혼합적 자원, 복합적 자원, 추상적 자원 등으로 분류되기도 하며(Grubb, 2008), 교사의 질과 관련된 인적자본, 교사들의 능력개발의 자원인 사회적 자본, 학교환경과 관련된 물리적 자본으로 구분되기도 한다(Crampton, 2009). 학업성취도를 높이기 위해서는 교육·학습에 관련된 교육자원이 우선적으로 배분되어야 하며, 학교자원의 효율적인 배분은 학교성과를 높일 방안이 된다(우명숙, 김지하, 2013; Grubb, 2008; Odden & Archibald, 2009).

PISA에서는 학교의 자원을 시간자원, 인적자원, 물적자원으로 구분하여 그 특성을 조사하고 있는데, PISA 2012 조사 결과 우리나라는 OECD 평균보다 높은 수준의 교육자원을 제공하고 있었다. PISA 자료를 분석한 김진하(2007)의 연구에서, 학교의 교육자원은 교사의 열의에 영향

을 주며 이를 매개로 학업성취도에 간접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 학교의 자원 중 인적자원에 해당되는 교사 수나 학생 수도 성취도에 영향을 미치게 되는데, 이현숙과 송미영(2015)의 연구에서 교사 1인당 학생 수는 성취도에 대한 영향력이 큰 변인 중 하나로 보고하고 있다. 따라서 물적자원과 인적자원 등 학교의 교육자원은 교사가 수업에 더욱 더 집중하고 교수 학습의 질을 높여 성취도를 높이는 주요한 변인이라고 할 수 있다.

개인의 심리적 특성과 마찬가지로 학교도 그 나름의 성격이 있으며, 학교의 성격을 학교풍토로 볼 수 있다. 문찬수, 박정하, 이혜나(2012)는 학교풍토를 학습의 영역, 관계의 영역, 안전의 영역 등 3개의 영역으로 구분하여 설명하고 있는데, 학교풍토는 광범위한 개념이며 학교가 가지는 다양한 특성들을 모두 포함하고 있음을 알 수 있다. 한편 PISA에서는 학교풍토에 영향을 주는 학생요인에 대해 조사하고 있다. PISA 2012 조사 결과 학교풍토에 영향을 주는 학생요인지는 우리나라의 경우 OECD 평균보다 높게 나타났으며, 학교풍토에 영향을 주는 학생요인이 긍정적일수록 수학성취도도 높아지는 경향을 보였다.

교사의 특성도 학교풍토의 한 변인으로 볼 수 있는데, 교사 사기나 열의, 교사-학생간의 관계, 교사효능감 등은 학업성취도와 관련이 있는 변인으로 알려졌다. 교사와 관련된 변인 중 교사 사기는 교수활동에 얼마나 적극적으로 참여하느냐와 관련된 것으로, 학생의 학업성취도를 높여주는 변인으로 보고되고 있다(이미경 등, 2004; Long & Hoy, 2006). 교사 사기에는 조직의 유형이나 학교장의 특성 등이 영향을 미치는 것으로 알려졌는데, 정병연과 정희욱(2008)은 학교풍토, 교사의 효능감, 학교장의 교수지도성, 학교의 의사결정 과정 등과 밀접한 관계가 있으며 조직의 효과성이나 성과에 직접적으로 영향을 준다고 하였다. 즉 학교의 다양한 특성이 교사에게 영향을 미치고, 이것은 교사의 내적 특성과 함께 학생들의 학업성취도에도 영향을 줄 수 있다. 이명애(2014)의 연구에서도 교사 사기의 중요성을 살펴볼 수 있는데, 학생 및 학교수준의 변인들을 통제했을 때 교사 사기와 열의가 학생들의 학력 향상의 중요한 변인으로 나타났다. 따라서 학생들의 학업성취도를 높이는 방법 중 하나로, 교사들의 사기와 열의를 높일 수 있는 정책적인 지원이 필요하다.

3. 베이지안 다층 구조방정식

다층 구조방정식 모형은 다층모형과 구조방정식 모형을 결합한 것으로, 위계적인 구조를 가진 자료에 대해 변인 간의 구조모형을 분석하고자 할 때 적합한 통계적 방법이다. 따라서 학업성취도와 같이 학생이 학교에 소속되어 있어 학교의 특성에 영향을 받을 수 있는 자료에 대해 학생수준과 학교수준 변인을 구분하고 학업성취도에 미치는 영향을 분석하는 데 다층 구조방정식 모형을 적용할 수 있다. 더욱이 다층모형과 구조방정식 모형을 결합시키기 위한 추정이론에 대

한 연구와 프로그램의 개발(Lee & Poon, 1992; McDonald & Goldstein, 1989; Muthén, 1989; Muthén, 1994)로 복잡한 분석 과정이 필요한 다층 구조방정식 모형의 분석이 가능해졌다.

그런데 다층 구조방정식 모형 분석에 있어 표본 크기나 다변량 정규성 가정에 민감한 최대우도법을 추정방법으로 하는 경우, 수렴이나 추정의 문제가 발생할 수 있다(Depaoli & Clifton, 2015). 또한 빈도주의적 접근방법은 모형이 복잡하거나 전체 분산 중 집단 수준의 분산이 차지하는 비율인 ICC(Intraclass Correlation Coefficient)값이 작을 때 수렴률(convergence rates)이 좋지 않게 되는 문제점이 있다(Li & Beretvas, 2013; Lüdtke et al., 2011; Ryu, 2011). Depaoli와 Clifton(2015)은 시뮬레이션 연구를 통해서 베이지안 추정방법이 최대우도 추정방법의 한계점을 해결할 수 있는 것으로 제안하고 있는데, 다층 구조방정식 모형에서의 베이지안 추정방법과 최대우도 추정방법을 비교한 결과 베이지안 추정방법으로 최대우도법의 수렴문제와 모수 추정의 편파(bias) 문제를 해결할 수 있음을 확인하였다. 따라서 위계적 특성을 지닌 자료들에서 변인 간의 구조적 관계를 분석하고, 복잡한 모형 분석에 있어 최대우도법이 가지는 한계점을 해결하기 위해 베이지안 다층 구조방정식 모형을 적용하여 수학성취도에 영향을 미치는 변인들의 구조적 관계를 살펴볼 필요가 있다.

III. 연구 방법

1. 연구대상 및 분석자료

본 연구는 PISA 2012 자료를 이용하여 학업성취도에 영향을 주는 변인들의 관계를 분석하고자 한다. PISA는 만 15세 학생들의 읽기, 수학, 과학 소양 수준을 국제적인 기준으로 비교분석하기 위한 것으로, 2012년에는 총 65개국이 참여하였다. 우리나라는 156개 학교의 중학교 3학년과 고등학교 1학년에 재학 중인 학생 5,201명(중학생 319명, 고등학생 4,882명)이 표집 대상이었으며(송미영 등, 2013), 실제 응시한 학생 수는 5,033명이었다. 본 연구에서는 동일한 학교급에 해당하는 학생들만을 대상으로 하기 위해, 중학생 295명을 제외하고 고등학생 4,738명을 연구대상으로 하였다. PISA에서는 대부분의 학생 배경 변인들에 대해 순환표집설계 방식을 적용하여 데이터를 수집함으로써 설계에 의한 결측이 발생하는 데이터 구조로 되어 있다. 본 연구에서의 최종 분석 대상은 결측치를 제외한 고등학생 4,609명, 학교 136개교였다.

2. 연구변인과 연구모형

1) 학생수준 변인

학생수준의 독립변인은 계획된 행동이론에서 제시한 모형을 중심으로 수학에 대한 태도, 주관적 규범, 지각된 통제감을 선정하였다. 수학에 대한 태도는 '수학에 대한 흥미'와 '수학에 대한 불안'으로 구분하고, 각각의 문항을 측정변인으로 설정하였다. 수학에 대한 흥미, 수학에 대한 불안, 수학에 대한 주관적 규범, 수학에 대한 지각된 통제감이 수학성취도에 미치는 영향에 매개변인으로 작용하는 변인으로는 수학 학습 의도, 수학 행동, 수학적 자아효능감을 선정하였다. 또한 수학성취도를 설명하는 변인으로 수학적 자아효능감을 선정하였는데, PISA에서는 구체적인 수학 문제를 제시하고 이를 푸는 데 얼마나 자신이 있는가를 묻는 문항들로 자아효능감을 측정하고 있다. 각 잠재변인의 측정변인으로 사용된 문항들은 본 연구의 주제와 적합하고 신뢰도 및 타당도 검증을 거친 후 최종 문항을 선정하여 학생수준 모형에 투입되었으며, 각각의 문항과 Cronbach's α 값은 <표 1>에 제시한 바와 같다.

2) 학교수준 변인

학교수준의 독립변인으로는 학교교육자원과 수학교사 1인당 학생 수, 매개변인으로는 학교풍토에 영향을 주는 학생요인과 교사 사기를 선정하였다. 학교교육자원은 교육 수행에 지장을 주는 학교의 물리적 자원으로, 과학실험 장비, 수업자료, 컴퓨터 등의 부족과 부적절 정도를 6개 문항, 4점 척도로 조사되었다. 본 연구에서는 이를 OECD 평균을 0, 표준편차를 1로 한 지수로 산출한 값을 사용하였는데, 지수 값이 클수록 제공되는 교육자원의 수준이 높은 것으로 해석한다. 수학교사 1인당 학생 수는 수학교사 수에 대한 학생 수의 비율로 나타낸 값을 측정변인으로 선정하였다.

학교풍토에 영향을 주는 학생요인은 8개 문항, 4점 척도로 조사되었다. 이 중 본 연구의 주제와 적합하고 신뢰도 및 타당도 검증을 거친 최종 4개 문항을 선정하여 측정변인으로 투입하였으며, 역코딩하여 점수가 높을수록 학생의 행동이 긍정적인 것으로 해석하도록 하였다. 교사 사기는 4개 문항으로 조사되었는데, 3개 문항을 선정하여 측정변인으로 투입하였다.

<표 1> 학생 및 학교수준 변인의 문항내용 및 Cronbarch α 계수

변인		내용	α	
수학에 대한 흥미	흥미1	나는 수학에 관한 글을 읽는 것을 좋아한다.	.907	
	흥미2	나는 수학 수업 시간이 기다려진다.		
	흥미3	나는 수학을 좋아하기 때문에 수학 공부를 한다.		
	흥미4	나는 수학에서 배우는 것들에 대해 흥미가 있다.		
수학에 대한 불안감	불안1	나는 수학 수업이 어려울 것이라는 걱정을 종종 한다.	.740	
	불안2	나는 수학 숙제를 해야 할 때 매우 긴장된다.		
	불안3	나는 수학 문제를 풀 때, 무기력함을 느낀다.		
주관적 규범	규범1	부모님은 내가 수학을 공부하는 것이 중요하다고 믿는다.	.734	
	규범2	부모님은 수학이 내 경력에 중요하다고 믿는다.		
	규범3	부모님은 수학을 좋아한다.		
학 생 수 준	지각된 통제감	통제1	내가 충분히 노력을 기울인다면 수학에서 성공할 수 있다.	.828
		통제2	내가 수학을 잘하고 못하고는 전적으로 나에게 달려 있다.	
		통제3	내가 원한다면, 나는 수학을 잘 할 수 있을 것이다.	
	수학 학습 의도	의도1	나는 학교 졸업 후에도 수학 과목을 더 들을 생각이다. vs. 국어 과목을 추가적으로 들을 생각이다.	.824
		의도2	나는 수학 수업에서 요구하는 것보다 더 열심히 공부하려 한다. vs. 국어 수업에서 요구하는 것보다 더 열심히 공부하려 한다.	
	수학 행동	행동1	나는 친구들과 함께 수학 문제에 대해 이야기한다.	.744
		행동2	나는 친구가 수학 공부하는 것을 도와준다.	
		행동3	나는 정규 수업 이외에 특별활동으로 수학 공부를 한다.	
		행동4	나는 방과 후에 하루 2시간 이상 수학 공부를 한다.	
	수학적 자아 효능감	효능감1	열차시간표를 활용하여 시간 계산하기	.824
효능감2		30% 세일하는 TV 가격 계산하기		
효능감3		바닥을 덮는데 필요한 타일 개수 계산하기		
학 교 수 준	학교 풍토 학생 변인	풍토1	학생의 수업 불참	.892
		풍토2	학생의 학교 지각	
		풍토3	의무적인 학교 행사, 현장 체험 학습에 학생 불참	
		풍토4	교사에 대한 학생의 존경심 부족	
	교사 사기	교사1	교사들의 사기가 높다.	.842
		교사2	교사들은 열의를 가지고 일한다.	
		교사3	교사들은 우리 학교에 자부심을 갖고 있다.	

3) 수학적취도

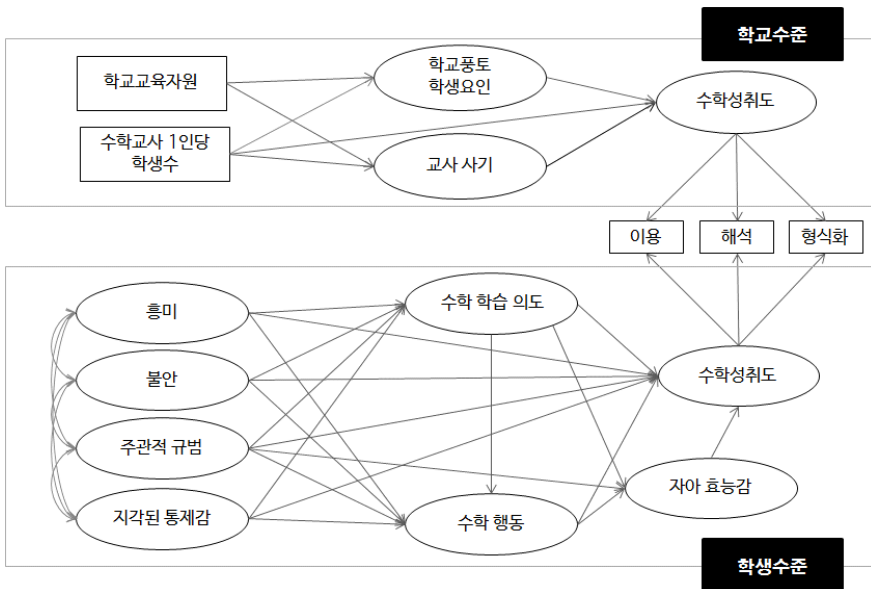
PISA 2012에서는 수학 평가틀을 맥락, 수학적 내용, 수학적 과정으로 구분하고 있다. 이 중 수학적 과정은 문제가 발생한 상황을 수학과 연결하고, 문제를 해결하기 위해 활성화 되어야 하

는 역량과 관련되어 있다(임해미, 2013). PISA에서의 수학 문항은 교과 기반 평가가 아니라 일상 생활에서의 수학적 소양을 측정하고 있으므로 내용 영역보다는 과정 영역을 살펴보는 것이 더 적절하다(이현숙, 송미영, 2015). 따라서 본 연구에서는 수학적 과정에 해당하는 ‘이용하기’, ‘해석하기’, ‘형식화하기’의 점수를 수학적취도의 측정변인으로 사용하였다.

PISA에서는 학업성취도 점수를 5개 측정 유의값(plausible values)으로 제공하고, 이를 분석에 모두 사용할 것을 권장하고 있다(OECD, 2009). PISA 2012 보고서에 제시된 한국 학생들의 수학적 성취도 ICC값은 .390이었으며(OECD, 2013b), 본 연구에서 5개 측정 유의값의 평균에 대한 ICC 값을 산출한 결과 .388로 매우 유사한 것을 확인하고, 선행연구들(박현정 등, 2005; 유혜선, 2015)을 참조하여 수학적취도의 ‘이용하기’, ‘해석하기’, ‘형식화하기’에 해당되는 5개 측정 유의값의 각 평균을 분석에 사용하였다.

5) 연구모형

연구변인 간의 관계는 이론적 배경과 선행연구를 바탕으로 설정하였으며, [그림 1]에 제시한 바와 같다. 모형의 복잡성으로 인해 수학적취도를 제외한 다른 잠재변인들의 측정변인과 오차는 그림에서 생략하였다.



[그림 1] 연구모형

3. 분석방법

본 연구에서는 측정변인의 기술통계분석, 상관분석, 신뢰도 분석, 탐색적 요인분석을 위해 SPSS 20.0 통계프로그램을 사용하였다. 본 연구에서 사용된 수학적취도에 대한 ICC값을 분석해 본 결과 기준값인 .05 이상으로 나타났기 때문에 다층 구조방정식 모형을 적용하였으며, 이를 위해 Muthén과 Muthén(1998-2013)에 의해 개발된 Mplus 7.0 프로그램을 사용하였다.

4. 베이지안 추정

본 연구에서는 MCMC(Markov chain Monte Carlo) 방법 중 깃스 표본 기법을 통하여 모수를 추정하였으며, 모형의 수렴 여부를 알아보기 위해 potential scale reduction factor(PSRF)를 확인하였다. 베이지안 다층 구조방정식 모형에서는 PSRF값이 1에 가까워질 때 모형이 수렴된 것으로 본다(Muthén, 2010). MCMC 반복수는 Mplus에서 고정값(default)으로 설정된 50,000으로 하고, 마르코프 연쇄(markov chain)의 수는 2개로 설정하여(Muthén & Muthén, 1998-2013), 초기 생성자료의 반인 25,000개를 제거(burn-in)하고 사후확률분포로부터 25,000개의 θ 값을 추출하였다. 이때 모형을 검증하기 위한 사전확률분포는 무정보 사전분포로, 요인부하량과 절편값은 균일분포(uniform distribution)인 $(-\infty, \infty)$ 였으며, 다음과 같다.

$$\mu_i \sim N(0, \infty), \sigma_i^2 \sim IG(-1, 0), \psi \sim IW(0, -5)$$

μ_i 에는 정규분포, 분산 σ_i^2 에는 역감마사전분포(Inverse-Gamma prior), 공분산행렬에는 역-위샤트사전분포(Inverse-Wishart prior)를 사용하였다(Asparouhov & Muthén, 2010). 베이지안 추론에서는 각 계수값에 대한 해석에 있어 신용구간(Credible Interval)을 이용하여 가설검증을 하게 된다. 베이지안에서 신용구간은 MCMC 알고리즘을 이용해 사후분포로부터 표본을 추출한 후 상위 2.5%와 97.5%에 해당되는 값을 추출하게 되며, 이 구간에 '0'을 포함하고 있지 않고 추정된 값이 이 범위에 포함되었다면 영가설을 기각하게 된다.

IV. 연구 결과

1. 기술통계 및 상관분석

본 연구에서 사용된 학생수준 및 학교수준 변인들의 기술통계와 상관분석 결과는 <표 2>, <표 3>, <표 4>에 제시되어 있다.

<표 2> 학생 및 학교수준 변인의 기술통계 분석 결과

변인		n	평균	표준편차	최대값	최소값	왜도	첨도
흥미	흥미1	3150	2.063	.821	1.000	4.000	.421	-.358
	흥미2	3151	1.951	.787	1.000	4.000	.494	-.241
	흥미3	3149	2.123	.892	1.000	4.000	.421	-.574
	흥미4	3151	2.390	.912	1.000	4.000	-.001	-.850
불안	불안1	3161	2.952	.798	1.000	4.000	-.580	.088
	불안2	3159	2.204	.856	1.000	4.000	.419	-.376
	불안3	3159	2.360	.895	1.000	4.000	.160	-.725
주관적 규범	규범1	3149	3.163	.755	1.000	4.000	-.762	.491
	규범2	3150	2.954	.801	1.000	4.000	-.474	-.175
	규범3	3148	2.263	.717	1.000	4.000	.207	-.125
학생수준 지각된 통제감	통제감1	3154	3.164	.694	1.000	4.000	-.641	.640
	통제감2	3153	3.267	.662	1.000	4.000	-.762	1.114
	통제감3	3149	3.122	.707	1.000	4.000	-.657	.693
수학 학습 의도	의도1	3129	1.404	.491	1.000	2.000	.393	-1.847
	의도2	3127	1.474	.499	1.000	2.000	.103	-1.991
수학 행동	행동1	3150	1.788	.703	1.000	4.000	.537	-.090
	행동2	3148	2.013	.796	1.000	4.000	.431	-.306
	행동3	3146	2.031	1.024	1.000	4.000	.498	-1.017
	행동4	3148	1.317	.654	1.000	4.000	2.300	5.208
수학적 자아효능감	효능감1	3148	2.788	.832	1.000	4.000	-.172	-.624
	효능감2	3149	2.909	.883	1.000	4.000	-.337	-.740
	효능감3	3144	2.701	.907	1.000	4.000	-.028	-.914
수학적취도	이용	4738	554.978	91.626	184.055	830.667	-.233	-.046
	형식화	4738	563.943	107.180	162.759	910.820	-.144	-.247
	해석	4738	541.764	93.751	179.241	804.572	-.278	-.034
학교교육자원		140	.086	.925	-2.739	1.976	.222	.756
수학교사 1인당 학생 수		137	130.996	53.693	15.020	355.000	1.460	3.367
학교풍토 학생요인	풍토1	140	2.929	.845	1.000	4.000	-.443	-.379
	풍토2	140	3.236	.810	1.000	4.000	-.952	.519
	풍토3	140	2.864	.741	1.000	4.000	-.421	.158
	풍토4	140	3.229	.672	2.000	4.000	-.305	-.793
교사 사기	교사1	140	2.971	.667	1.000	4.000	-.263	.135
	교사2	140	3.286	.527	2.000	4.000	.183	-.532
	교사3	140	3.243	.610	2.000	4.000	-.183	-.532
학교평균 수학적취도	이용	140	553.950	62.057	377.85	727.53	-.090	.082
	형식화	140	562.737	73.554	361.61	770.92	.012	.028
	해석	140	540.735	59.475	372.02	696.34	-.214	.181

<표 3> 학생수준 연구변인의 기술통계 및 상관분석 결과

	수학에 대한 흥미			수학에 대한 불안			수학에 대한 주관적 규범			수학에 대한 지각된 통제감			수학 학습 의도			수학 행동			수학적 자아효능감			수학성취도				
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
흥미2	.620																									
흥미3	.722	.735																								
흥미4	.723	.683	.792																							
불안1	-.314	-.281	-.356	-.319																						
불안2	-.261	-.191	-.326	-.309	.479																					
불안3	-.376	-.340	-.455	-.442	.519																					
규범1	.260	.282	.264	.294	.010	-.102	-.118																			
규범2	.253	.224	.248	.281	-.006	-.089	-.095	.755																		
규범3	.274	.275	.267	.272	-.110	-.063	-.096	.317	.380																	
통제1	.411	.370	.442	.478	-.191	-.255	-.321	.360	.339	.214																
통제2	.293	.271	.309	.354	-.106	-.179	-.207	.331	.298	.152	.643															
통제3	.335	.288	.352	.391	-.141	-.212	-.226	.316	.288	.172	.636	.569														
의도1	.457	.372	.477	.463	-.199	-.186	-.281	.216	.245	.143	.303	.220	.241													
의도2	.460	.423	.511	.509	-.236	-.231	-.301	.228	.242	.147	.352	.257	.280	.702												
행동1	.363	.383	.371	.378	-.124	-.178	-.177	.257	.232	.185	.287	.219	.217	.217	.256											
행동2	.424	.388	.432	.447	-.246	-.253	-.284	.249	.230	.215	.350	.266	.280	.278	.301	.507										
행동3	.313	.266	.312	.341	-.110	-.112	-.137	.276	.256	.183	.269	.208	.186	.184	.236	.370	.372									
행동4	.384	.346	.379	.386	-.180	-.200	-.244	.297	.282	.184	.333	.254	.227	.247	.311	.419	.417	.542								
효능감1	.393	.311	.366	.387	-.195	-.244	-.291	.299	.303	.208	.376	.297	.317	.254	.267	.275	.310	.263	.324							
효능감2	.393	.294	.371	.385	-.165	-.225	-.259	.332	.312	.193	.375	.310	.321	.241	.279	.250	.304	.269	.321	.611						
효능감3	.475	.346	.447	.452	-.227	-.298	-.343	.343	.333	.212	.407	.314	.333	.312	.343	.316	.370	.332	.408	.599	.620					
이용	.434	.295	.406	.436	-.230	-.281	-.285	.394	.351	.159	.380	.335	.319	.301	.348	.305	.354	.350	.413	.486	.535	.596				
행식화	.444	.300	.415	.444	-.244	-.275	-.296	.411	.366	.174	.383	.339	.324	.322	.362	.330	.369	.363	.428	.493	.543	.607	.959			
해석	.368	.234	.335	.373	-.183	-.252	-.256	.369	.320	.130	.340	.306	.284	.260	.298	.279	.326	.316	.362	.433	.487	.531	.922	.916		

<표 4> 학교수준 연구변인의 상관분석 결과

	학교 교육 자원	수학교사 1인당 학생 수	학교풍토 학생요인				교사 사기			수학성취도	
			1	2	3	4	1	2	3	이용	형식화
수학교사 1인당 학생 수	-.078										
풍토1	.154	-.214									
풍토2	.054	-.251	.743								
풍토3	.176	-.205	.697	.742							
풍토4	.201	-.232	.586	.635	.623						
교사1	.338	-.116	.353	.255	.335	.326					
교사2	.230	-.098	.281	.279	.335	.354	.633				
교사3	.218	-.110	.357	.289	.416	.320	.665	.649			
이용	-.069	-.514	.419	.408	.452	.270	.297	.217	.422		
형식화	-.059	-.502	.416	.410	.454	.265	.307	.200	.421	.973	
해석	-.016	-.498	.436	.439	.452	.311	.311	.223	.391	.946	.940

상관분석 결과 수학에 대한 불안의 측정변인 1개와 주관적 규범 2개 문항과의 상관을 제외하고 학생수준 모형에서 독립변인과 매개변인으로 설정한 변인 간의 상관은 통계적으로 유의하게 나타났다. 수학에 대한 불안은 다른 변인들과 부적 상관을 나타냈으며, 다른 변인들은 정적 상관을 나타냈다. 학교수준 변인에서 학교교육자원과 수학성취도 간의 상관관계는 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 따라서 연구모형에서 이 두 변인간의 직접적인 경로는 설정하지 않았다. 수학교사 1인당 학생 수는 수학성취도와 부적 상관을 나타냈으며, 학교풍토 학생요인과 교사 사기는 학교교육자원, 수학교사 1인당 학생 수, 수학성취도와 정적 상관을 보였으며 통계적으로 유의하게 나타났다.

2. 측정모형 검증

본 연구의 다층 구조방정식 모형 분석에 앞서, Anderson과 Gerbing(1988)의 제안에 따라 모든 잠재변인 간에 상관을 부여하고 확인적 요인분석을 실시하였다. 이는 측정모형이 자료에 얼마나 잘 부합하며 모형에 포함된 개념들이 적절하게 측정되고 있는지를 확인하기 위해서이다. 분석 결과 <표 5>에 제시한 바와 같이 CFI는 .987, TLI는 .973, RMSEA는 .029, SRMR는 학생수준에서 .027, 학교수준에서 .017로 매우 양호한 것으로 나타났다. 또한 측정모형의 각 잠재변인에 대한 측정변인들의 적재값도 모두 통계적으로 유의하게 나타나, 본 연구에서 설정한 측정모형은 안정적인 것으로 판단할 수 있다.

<표 5> 측정모형의 적합도

	χ^2	df	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	
						학생수준	학교수준
모형	1443.304	293	.987	.973	.029	.027	.017

3. 베이지안 다층 구조방정식 모형 검증

1) 모형의 수렴

본 연구에서 설정한 베이지안 다층 구조방정식 모형 분석 결과 PSRF 값은 1.003로 나타났다. 모형이 수렴되기 위해서는 PSRF 값이 1.1 이하가 되어야 하는데(Kaplan & Depaloi, 2012), 분석 결과가 이에 충족하였기에 모형이 수렴되었음을 확인하였다.

2) 모형의 경로계수

학생 및 학교수준에서 각각 측정한 변인들의 구조적 관계를 살펴본 결과 추정된 표준화 회귀계수는 <표 6>과 같다. 학생수준 결과에서 수학에 대한 흥미는 수학 학습 의도(.534), 수학 행동(.518)에는 정적인 영향을 미치고 있었으며, 통계적으로 유의하게 나타났다. 반면 수학에 대한 흥미가 수학성취도에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 수학에 대한 불안이 수학 학습 의도, 수학 행동, 수학성취도에 미치는 영향을 살펴보면, 표준화 회귀계수는 각각 -.088, -.145, -.119로 부적인 영향이 나타났으며 통계적으로 유의하였다. 즉 수학에 대한 불안이 높을수록 미래에 수학을 더 공부하거나 직업으로 가질 계획을 적게 가지며, 수학과 관련된 활동에 덜 참여하고 수학성취도도 낮다는 것을 의미한다.

수학에 대한 주관적 규범은 수학 학습 의도(.083), 수학 행동(.181), 수학적 자아효능감(.207), 수학성취도(.066)에 정적인 영향을 미치고 있었으며, 통계적으로 유의하였으며 95% 신용구간 역시 각각의 계수가 유의함을 보여주었다. 특히 수학적 자아효능감에 미치는 영향이 가장 크게 나타났다는데, 부모가 수학 학습을 중요시 한다고 인식하고 있는 학생일수록 자아효능감이 높았다. 또한 이러한 학생들은 수학성취도도 높고, 수학에 대한 학습 의도를 가지고 있으며 수학과 관련된 활동을 많이 하고 있다는 것을 알 수 있다.

수학에 대한 지각된 통제감이 수학 학습 의도에는 .074, 수학 행동에는 .141로 긍정적인 영향을 미치고 있었으며 통계적으로 유의하였다. 반면 수학에 대한 지각된 통제감이 수학성취도에 미치는 영향은 .025로 상대적으로 작은 값으로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않았다.

<표 6> 학생 및 학교수준 변인 간의 표준화 회귀계수

	경로	β	S.D	p	95% 신용구간		
					하위 2.5%	상위 2.5%	
학 생 수 준	수학에 대한 흥미 →	수학 학습 의도	.534	.030	<.001	.473	.592
		수학 행동	.518	.033	<.001	.453	.582
		수학성취도	-.033	.035	.173	-.104	.035
	수학에 대한 불안 →	수학 학습 의도	-.088	.038	.011	-.163	-.013
		수학 행동	-.145	.039	<.001	-.220	-.069
		수학성취도	-.119	.031	<.001	-.181	-.058
	수학에 대한 주관적 규범 →	수학 학습 의도	.083	.021	<.001	.041	.124
		수학 행동	.181	.022	<.001	.137	.225
		수학적 자아효능감	.207	.021	<.001	.165	.247
수학에 대한 지각된 통제감 →	수학성취도	.066	.022	.001	.023	.109	
	수학 학습 의도	.074	.025	.001	.026	.122	
	수학 행동	.141	.025	<.001	.090	.191	
수학 학습 의도 →	수학성취도	.025	.024	.150	-.021	.070	
	수학 행동	-.041	.027	.064	-.095	.012	
	수학적 자아효능감	.142	.023	<.001	.097	.186	
수학 행동 →	수학성취도	.063	.024	.006	.015	.111	
	수학적 자아효능감	.513	.025	<.001	.465	.561	
	수학성취도	.037	.038	.160	-.039	.111	
수학적 자아효능감 →	수학성취도	.506	.026	<.001	.454	.557	
	학교교육자원 →	학교풍토 학생요인	.153	.084	.039	-.017	.311
		교사 사기	.349	.080	<.001	.181	.493
학 교 수 준	수학교사 1인당 학생 수 →	학교풍토 학생요인	-.288	.079	<.001	-.431	-.123
		교사 사기	-.162	.082	.029	-.317	.006
	수학성취도	-.408	.067	<.001	-.527	-.266	
	학교풍토 학생요인 →	수학성취도	.276	.085	.001	.104	.437
교사 사기 →	수학성취도	.211	.088	.008	.037	.380	

수학 학습 의도가 수학 행동에 미치는 영향은 -.041로 통계적으로 유의하지는 않았다. 반면 수학 학습 의도가 수학적 자아효능감과 수학성취도에 미치는 영향은 각각 .142, .063으로 나타났으며 통계적으로 유의하였다. 즉 미래에 수학과 관련된 학업을 더 열심히 하거나 졸업 후에도 그럴 의도나 계획을 가지고 있다고 하여 수학과 관련된 활동을 더 많이 하는 것은 아니나, 수학에 대한 학습 의도가 클수록 수학적 자아효능감과 수학성취도를 높인다는 것을 알 수 있다.

수학 행동이 수학적 자아효능감에 미치는 영향은 .513으로 나타났다. 이는 학생수준 변인간의 경로 중 수학에 대한 흥미가 수학 학습 의도에 미치는 영향 다음으로 큰 값이었다. 수학 행동이 수학성취도에 미치는 영향은 .037로 통계적으로 유의하지는 않았다. 그런데 자아효능감이 수학성취도에 미치는 영향은 .506으로, 비교적 큰 영향을 미치고 있었으며 통계적으로 유의하였다. 즉 수학 행동을 많이 하는 것은 수학적 자아효능감을 높이며, 이를 통해 수학성취도도 높이게 된다고 해석할 수 있다.

학교수준 변인간의 관계를 살펴보면, 학교교육자원이 교사 사기에 미치는 영향은 .349로 나타났다. 통계적으로 유의하였다. 반면 학교교육자원이 학교풍토 학생요인에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 학교의 교육자원이 교사들의 사기나 열의를 높일 수는 있지만 무단 결석, 지각, 수업 방해 등 학교 분위기를 저해하는 학생 변인을 줄이지는 못한다는 것을 의미한다.

수학교사 1인당 학생 수가 학교풍토 학생요인에 미치는 영향은 -.288, 수학성취도에 미치는 영향은 -.408로 부적인 영향을 보이고 있었다. 두 경로 모두 통계적으로 유의하였는데, 수학교사 1인당 학생 수가 적을수록 학교풍토에 영향을 미치는 학생요인은 긍정적이며 수학성취도도 높일 수 있다는 것을 의미한다. 특히 수학교사 1인당 학생 수가 수학성취도에 미치는 영향이 가장 크게 나타나, 수학성취도와 관련된 중요한 학교수준의 변인임을 알 수 있다. 수학교사 1인당 학생 수가 교사 사기에 미치는 영향은 -.162이었으나, 95% 신용구간이 -.317~.006으로 0을 포함하고 있어 통계적으로 유의하지 않았다.

학교풍토 학생요인과 교사 사기가 수학성취도에 미치는 영향은 각각 .276, .211로 나타났으며 통계적으로 유의하였다. 즉 학교풍토에 영향을 미치는 학생요인이 긍정적일수록, 교사 사기가 높을수록 수학성취도가 높아질 수 있다고 해석할 수 있다.

3) 모형의 직접효과, 간접효과 및 총효과

학생수준과 학교수준에서의 변인들의 직접효과, 간접효과, 총효과를 분석한 결과 <표 7>에 제시된 바와 같다. Mplus 프로그램에서 모형 제약조건(Model Constraint) 명령어를 이용하여 총효과와 간접효과와 유의도를 산출하였다. 이 유의도는 일방검증 결과이며, 비표준화 회귀계수로 제시되는데, 각 경로의 간접효과와 총효과에 대한 표준화 회귀계수는 별도로 계산하여 제시하였다.

학생수준에서의 결과를 살펴보면, 수학에 대한 흥미는 다른 변인을 매개로 하여 수학적 자아효능감과 수학성취도에 간접적인 영향을 미치고 있었다. 수학에 대한 흥미가 수학 학습 의도(.534), 수학 행동(.496), 수학적 자아효능감(.330) 그리고 수학성취도(.148)에 미치는 총효과는 모

두 통계적으로 유의하였으며, 정적인 관계를 나타냈다. 이러한 결과는 수학에 대한 관심이 있고 흥미를 느끼는 학생들은 수학학습에 대한 계획을 가지게 되고 그와 관련된 활동을 많이 참여하게 됨으로써 수학적 자아효능감을 높이고 궁극적으로는 수학성취도를 높일 수 있다고 해석할 수 있다.

수학에 대한 불안은 수학적 자아효능감(-.085)과 수학성취도(-.047)에 대해 간접적으로 영향을 미치고 있었다. 수학 학습 의도(-.088), 수학 행동(-.141), 수학적 자아효능감(-.085), 수학성취도(-.166)에 대한 총효과도 통계적으로 유의하게 나타났다. 수학에 대한 불안이 다른 변인들에 미치는 영향은 수학에 대한 흥미와는 다르게 부적인 영향으로 나타나, 수학에 대한 긍정적인 태도인 흥미와 부정적인 태도인 불안은 다른 변인들에 미치는 영향이 서로 상반됨을 확인할 수 있다.

수학에 대한 주관적 규범(.299)이 수학성취도에 미치는 총효과 역시 모두 통계적으로 유의하였는데, 수학에 대한 주관적 규범이 수학성취도에 대한 간접효과 또한 흥미와 불안과 유사한 결과를 보였다. 수학에 대한 주관적 규범이 수학적 자아효능감에 미치는 간접효과의 표준화 회귀계수값은 .103이었으며, 수학성취도에 대한 간접효과는 .233으로 나타났다. 수학에 대한 주관적 규범은 수학성취도에 대한 직접효과(.066)보다 간접효과가 더 크게 나타났는데, 수학 학습 의도와 수학 행동을 매개로 하는 것뿐만 아니라 이를 통해 수학적 자아효능감을 높여 수학성취도를 높이는 것으로 보인다.

수학에 대한 지각된 통제감이 수학적 자아효능감과 수학성취도에 미치는 간접효과는 .081, .046으로 통계적으로 유의하였는데, 다른 변인들에 비해 미치는 영향이 작은 편이었다. 수학에 대한 지각된 통제감도 흥미, 불안, 주관적 규범과 마찬가지로 수학 학습 의도와 수학 행동을 매개로 하여 수학적 자아효능감에 간접적인 영향을 주고 있었다. 그런데 수학 학습 의도는 수학 행동에 대한 직접적인 영향은 통계적으로 유의하지 않았으며, 수학적 자아효능감에 대한 직접적인 영향은 .142로 통계적으로 유의하였으나 간접효과는 유의하지 않았다. 수학성취도에 대한 수학 학습 의도의 직접효과는 .063, 간접효과는 .060으로 통계적으로 유의하였다. 수학 행동은 수학성취도에 간접적으로는 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으나, 직접 효과는 유의하지 않았다. 즉 수학 행동은 수학적 자아효능감을 매개변인으로 하여 수학성취도에 간접적으로 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

학교수준 모형에서의 간접효과는 학교교육자원이 수학성취도에 미치는 영향(.116)과 수학교사 1인당 학생 수가 수학성취도에 미치는 영향(-.114)만이 있었는데, 모두 통계적으로 유의하였다. 학교교육자원은 수학성취도를 직접적으로 설명하는 변인이 아니었으나, 학교풍토 학생요인이나 교사 사기에 영향을 주어 수학성취도에 간접적인 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다.

<표 7> 직접효과, 간접효과, 총효과_표준화 회귀계수

		경로	직접효과	간접효과	총효과
	수학에 대한 흥미	→ 수학 학습 의도	.534***	-	.534***
		→ 수학 행동	.518***	-.022	.496***
		→ 수학적 자아효능감	-	.330***	.330***
		→ 수학적성취도	-.033	.181***	.148***
	수학에 대한 불안	→ 수학 학습 의도	-.088*	-	-.088**
		→ 수학 행동	-.145***	.004	-.141***
		→ 수학적 자아효능감	-	-.085***	-.085***
		→ 수학적성취도	-.119***	-.047***	-.166***
학생 수준	수학에 대한 주관적 규범	→ 수학 학습 의도	.083***	-	.083***
		→ 수학 행동	.181***	-.003	.178***
		→ 수학적 자아효능감	.207***	.103***	.310***
		→ 수학적성취도	.066**	.233*	.299***
	수학에 대한 지각된 통제감	→ 수학 학습 의도	.074**	-	.074***
		→ 수학 행동	.141***	-.003	.138***
		→ 수학적 자아효능감	-	.081***	.081***
		→ 수학적성취도	.025	.046***	.071**
	수학 학습 의도	→ 수학 행동	-.041	-	-.041
		→ 수학적 자아효능감	.142***	-.021	.121***
		→ 수학적성취도	.063**	.060***	.123***
	수학 행동	→ 수학적 자아효능감	.513***	-	.513***
		→ 수학적성취도	.037	.260***	.297***
	수학적 자아효능감	→ 수학적성취도	.506***	-	.506***
학교 수준	학교교육자원	→ 학교풍토학생요인	.153	-	.153
		→ 교사 사기	.349***	-	.349***
		→ 수학적성취도	-	.116**	.116**
	수학교사 1인당 학생 수	→ 학교풍토학생요인	-.288***	-	-.288**
		→ 교사 사기	-.162	-	-.162
	→ 수학적성취도	-.408***	-.114***	-.522***	
	학교풍토학생요인	→ 수학적성취도	.276***	-	.276***
	교사 사기	→ 수학적성취도	.211**	-	.211**

*p<.05, **p<.01, ***p<.001 (일방검증)

학교교육자원이 교사 사기에 미치는 직접적인 영향은 .349로 학교수준 모형에서 수학교사 1인당 학생 수가 수학적성취도에 미치는 직접효과 다음으로 큰 값이었다. 수학교사 1인당 학생 수는 학교풍토 학생요인과 교사 사기에 부적인 영향을 미치고 있었는데, 이를 매개로 하여 수학적성취도

에도 간접적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 수학교사 1인당 학생 수가 수학성취도에 미치는 직접효과는 학교수준 변인 간의 관계에서 가장 큰 값이었으며 통계적으로 유의하게 나타났다. 이러한 결과를 통해 수학교사 1인당 학생 수가 적을수록 수학성취도는 높아지게 되며, 수학교사 1인당 학생 수는 학교수준에서 수학성취도를 설명해 주는 중요한 변인임을 알 수 있다.

V. 논의 및 결론

본 연구에서는 국제학업성취도 평가인 PISA 2012 데이터를 이용하여 학업성취도에 영향을 미치는 학생 및 학교변인 간의 구조적 관계를 살펴보았다. 주요 연구결과에 대해 논의해 보면 다음과 같다.

첫째, 수학에 대한 태도와 주관적 규범은 수학성취도에 직접적인 영향뿐 아니라 수학 학습 의도와 수학 행동을 매개로 하여 수학성취도에 간접적인 영향도 주었다. 지각된 통제감은 수학성취도에 대한 직접적인 영향은 없었으나, 수학 학습 의도와 수학 행동을 매개로 하여 수학성취도에 간접적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 계획된 행동이론은 행동에 대한 긍정적인 태도를 지니고 있고 주변 사람들이 그 행동을 중요하게 여기며 스스로 행동을 통제할 수 있을 때 행동에 대한 의도가 생기고 그 행동을 하게 된다는 것을 기본 가정으로 한다. 이때의 행동 의도는 자발적인 것으로, 얼마나 노력을 기울이고자 하는가이다. 따라서 학생들이 학습에 대한 흥미를 느끼고 그 중요성을 인식하며 스스로 할 수 있다는 믿음을 가지게 될 때 학습에 대한 자발적인 노력이 이루어질 수 있으며, 그 결과로 성취도를 높일 수 있다. 학생들에게 공부하라고 강요하기 보다는 수학 학습에 대한 긍정적인 태도를 가질 수 있도록 해 주어 수학 학습 과정에 더욱 적극적으로 참여하게 하는 교육적 환경의 마련이 필요하다.

둘째, 본 연구에서는 수학에 대한 태도를 흥미와 불안으로 구분하였는데, 수학에 대한 불안은 수학성취도에 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있지만, 수학에 대한 흥미의 영향은 유의하지 않았다. 학생의 부정적 정서는 높은 학업성취를 유지하지 못하게 하는 요인이 될 수 있다. 수학 학습이 즐겁다면 문제해결 상황에서 효과적인 학습전략을 사용하고 긍정적인 학습결과를 가져오며, 불안과 지루함이 높은 학생은 학습과 관련 없는 사고로 인해 주의집중에 곤란을 겪고 비효율적인 학습 전략을 사용하게 한다(Linnenbrink, Ryan, & Pintrich, 1999; Isen, 2002). 본 연구에서 수학에 대한 흥미는 수학 학습 의도나 수학 행동에 대해 정적인 영향을 미치고 있었으며, 그 영향 정도는 불안보다 크게 나타났다. 따라서 수학성취도를 높이기 위해서는 수학에 대한 부정적인 정서를 줄이고 수학에 대한 흥미나 즐거움과 같은 내재적 동기를 유발할 방안 마련이 필요하다.

셋째, 수학 행동이 수학 학습 의도와는 달리 수학성취도에 대한 직접적인 영향이 나타나지 않은 점에 대한 심층적인 분석이 필요하다. PISA 2012에서 우리나라는 수학 행동이 수학성취도에 대해 매우 높은 설명력을 보였는데(송미영 등, 2013), 이는 학습 시간에 기인한 것으로 볼 수 있다. 본 연구결과 수학 학습 시간이 많거나 친구와 수학 공부를 같이 하는 수학 행동은 수학적 자아효능감을 높일 수 있으나 수학성취도를 직접적으로 높이지는 않았다. 다만 수학적 자아효능감을 매개로 하여 수학성취도에 간접적인 영향을 주고 있었다. PISA에서 수학적 자아효능감은 특정 수학 문제를 풀 수 있느냐로, 학습량이 많음으로 인해 다양한 수학 문제에 노출되고, 학생들은 유형이 다양한 수학문제를 학습함으로써 수학 문제를 풀 수 있는 자신감을 갖게 되어, 이를 통해 수학성취도를 높일 수 있다. 그러나 과도한 학습량은 학생들이 학습에 대한 부담감을 느끼게 할 수 있다. 본 연구에서 수학에 대한 흥미가 높은 학생일수록 수학 행동을 더 많이 하는 것으로 나타났는데, 단순히 학습시간 및 학습량이 많다고 하여 수학성취도가 높아지는 것이 아니라 수학에 대해 흥미와 자신감을 가지고 있어야 노력한 만큼 학습의 결과에 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 점을 시사해준다. 따라서 학생들이 단순히 문제 풀이만 하거나 의무적인 학습을 하게 하기보다는 수학에 흥미를 가지고 다양한 활동들에 참여할 기회를 제공해야 한다.

넷째, 학교수준에서 학교풍토 학생요인에 대해 학교교육자원과 수학교사 1인당 학생 수는 직접적인 영향을 주고 있었으며, 학교교육자원보다는 수학교사 1인당 학생 수의 영향력이 더 크게 나타났다. 학교풍토 학생요인은 학습 분위기에 지장을 주는 학생들의 요인으로 지각, 결석 등 학교규율과 관련되어 있다. 박도영(2011)은 학교규율이 학생의 수업태도나 수업분위기에 직접적인 영향을 주며, 학교의 전반적인 규율이 강할수록 소속 학생들의 인지적인 성취는 전반적으로 높다고 보고하고 있다. 학교의 교수학습 환경에 해당하는 학교교육자원과 수학교사 1인당 학생 수가 학교풍토 학생요인에 영향을 준다는 본 연구의 결과는 더 나은 교수학습 환경의 제공으로 교사가 학생들을 잘 통솔하여 학습 분위기를 긍정적으로 만들어갈 수 있으며, 이는 궁극적으로 학업성취를 높일 수 있다는 점을 시사해준다.

다섯째, 교사 사기에는 학교교육자원이 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있었다. 학교에서 학생이 겪는 교육적 경험은 교실 안에서 이루어지는데, 학업 성취에 있어서 학급의 분위기와 교사는 중요한 요인이다(이현숙, 송미영, 2015). 선행연구에서도 학교의 교육자원은 교사 사기에 직접적으로 영향을 주며, 이를 매개로 학업성취도에 간접적으로 영향을 주는 것으로 보고하고 있는데, 학교교육자원은 교사의 수업관련 활동에서 상대적인 자율성과 다양성을 제공하여 교사가 보다 열의를 가지고 수업을 할 수 있도록 하는 변인이 된다(김진하, 2007). 본 연구에서도 학교의 교육자원은 교사 사기에 긍정적인 영향을 주고 있었으며, 교사 사기는 수학성취도에 직접적인 영향을 미치고 있었다. 또한 학교교육자원은 교사 사기를 매개로 하여 수학성취도에도 간접적인 효과를 나타냈다. 앞서 언급한 바와 같이 교사들이 수업에 집중할 수 있는 교육 여건의

마련은 교사 사기나 열의를 높여 학생들의 학업성취도 높일 수 있음을 시사해준다.

여섯째, 학교수준에서 수학성취도에 영향을 직접적인 영향을 미치는 변인은 수학교사 1인당 학생 수, 학교풍토 학생요인, 교사 사기 순으로 나타났다. 수학교사 1인당 학생 수는 수학성취도를 설명하는 영향력이 가장 클 뿐 아니라 학교풍토 학생요인을 매개로 수학성취도에 간접적인 영향을 미치고 있었다. 교사 1인당 학생 수는 교육의 질과 관련된 것으로, 교사 1인당 학생 수가 적을수록 교사가 학생들과 긴밀한 상호작용이 가능하여 학교의 면학분위기를 긍정적으로 조성한다면 학생들의 성취도를 높일 방안이 될 수 있다는 점을 시사해준다.

일곱째, 본 연구에서는 기존의 회귀분석이나 구조방정식 모형, 다층 모형 등이 가진 한계점을 해결하는 방법으로 다층 구조방정식 모형을 적용하여 학생 및 학교수준에서 수학성취도에 영향을 미치는 변인 간의 관계를 분석하였다. 그런데 다층 구조방정식 모형과 같이 복잡하고 위계적인 구조를 가진 모형 분석에 있어 최대우도법은 표본크기나 다변량 정규성 가정에 대한 민감성으로 인해 추정되지 않거나 헤이우드 케이스(heywood case) 등이 발생하는 문제점이 있다. 본 연구에는 베이지안 추정방법을 적용하여 다층 구조방정식 모형 분석에 있어 최대우도법이 가진 한계점을 해결하고자 하였다. 본 연구에서 처음 다층 구조방정식 모형을 분석했을 때, 최대우도법 적용으로는 모형이 추정되지 않았다. 이는 분석에 사용된 집단수인 136개보다 추정해야 할 모수의 수가 많은 것에서 기인한 것으로, 이를 해결하기 위해 자아효능감에 해당되는 측정변인 중 7개를 제거하여 재분석하였다. 따라서 최대우도법을 적용하였을 때 연구하고자 하는 모형을 추정하지 못하게 될 수 있으며, 베이지안 추정방법은 최대우도법을 사용할 경우 발생하는 추정문제를 해결할 수 있다.

본 연구에서는 베이지안 다층 구조방정식 모형의 분석에 있어 무정보 사전분포를 적용하였다. 무정보 사전분포는 사후분포를 추론하기에 사전분포의 정보가 충분하지 않을 때 사용하며, 사후분포에 대해 최소한의 역할만을 하여 현재 자료가 가지는 정보 이외의 것에 의한 영향이 거의 없게 된다(김달호, 2013; Song & Lee, 2012). 따라서 무정보 사전분포에 의한 베이지안 추정방법에서는 분석결과가 사전정보보다는 데이터 자체에 의존하게 되므로 빈도주의적 효율성을 갖게 된다(이승천, 최병수, 2013). 본 연구에서는 다층 구조방정식 모형을 검증하는 데 있어 베이지안 추정방법을 적용하고 무정보 사전분포를 사용하여, 최대우도법의 한계점을 해결함과 동시에 실제값에 가깝게 추정할 수 있음을 확인하였는데, 최대우도법과 베이지안 추정방법의 표준화 회귀계수를 비교한 결과는 [부록]에 제시하였다.

이상의 연구결과를 바탕으로 본 연구는 다음과 같은 의의를 가진다. 첫째, 계획된 행동이론을 기반으로 하여 수학에 대한 태도, 주관적 규범, 지각된 통제감 등이 수학성취도에 미치는 직접적인 영향과 수학 학습 의도와 수학 행동을 매개로 하여 간접적으로 영향을 미치는지를 알아보았다. 이를 통해 학생들에게 수학에 대한 긍정적인 태도와 학습에 대한 통제감 등을 길러 주어 수

학과 관련된 활동 참여와 수학 학습에 대한 의도를 형성하여 수학성취도를 높일 수 있음을 알 수 있다. 둘째, 위계적 구조를 지닌 복잡한 모형에 대해 베이지안 추정방법의 장점에도 불구하고 국내에서는 아직 다층 구조방정식 모형에 대해 베이지안 추정방법을 적용한 사례가 없다. 따라서 본 연구는 위계적인 속성을 지닌 학업성취도 분석에 있어 기존의 연구방법들이 지닌 한계점을 해결할 수 있는 방법으로 베이지안 다층 구조방정식 모형을 적용하여, 학생 및 학교수준 변인 간의 구조적 관계를 살펴보았다는 점에서 의의가 있다.

본 연구의 제한점과 추후 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 첫째, PISA에서는 학업성취도 점수를 5개 측정 유의값으로 제공하고 있으며 이를 분석에 모두 사용할 것을 권장하고 있다 (OECD, 2009). 본 연구에서는 선행 연구들과 ICC값을 비교한 결과를 참고하여 5개 측정 유의값의 평균을 사용하였으므로, 추후 연구에서는 5개 측정 유의값 모두를 사용한 결과와 비교해 볼 필요가 있다. 둘째, PISA는 만 15세를 대상으로 하고 있는데, 우리나라 학생들은 중학교 3학년부터 고등학교 1학년에 해당한다. 본 연구에서는 학교급에 따라 학교 특성이 다를 수 있음을 반영하여 고등학생만을 대상으로 하였다. 따라서 PISA의 연구대상인 만 15세 학생의 결과로 일반화하기에는 다소 제한점이 있다. 셋째, PISA는 3년 주기로 읽기, 수학, 과학 영역 중 하나를 주영역으로 하고 있는데, 본 연구에서는 2012년도를 대상으로 하였기 때문에 수학성취도만을 살펴보았다. 따라서 추후 연구에서는 과학이나 읽기 성취도에 영향을 미치는 학생 및 학교수준의 변인 간의 관계가 어떠한지 연구해 볼 필요가 있다.

참고문헌

- 김경희, 시기자, 김미영, 김부미, 옥현진, 임혜미, 윤미선, 박소영, 정송, 정지영, 박희재(2010). **OECD 학업성취도 국제비교 연구(PISA 2009) 결과보고서**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2010-4-2.
- 김달호(2015). **R과 WinBUGS를 이용한 베이저안 통계학 제2판**. 파주: 자유아카데미.
- 김보미, 노정희(2012). 확장된 계획적 행동이론을 이용한 경영관련 전공 대학생의 학습의도에 관한 연구: 학습목표와 취업스트레스의 역할을 중심으로. **대한경영학회지**, 25(3), 1399-1418.
- 김성일, 윤미선, 소연희(2008). 한국 학생의 학업에 대한 흥미. **한국심리학회지: 문화 및 사회문제**, 14(1), 187~221.
- 김진하(2007). **다층 구조방정식모형을 이용한 학교효과 분석 연구 -PISA 2003 자료를 중심으로-**. 박사학위논문, 고려대학교.
- 김태연(2013). 학생의 학업성취 관련 학교변인에 대한 메타분석. **지방교육경영**, 17(1), 44-65.
- 문찬수, 박정하, 이혜나(2012). 학생 개인 및 학교 특성이 중학생의 사회성 발달에 미치는 영향에 관한 종단연구. **미래교육연구**, 25(2), 1-21.
- 박도영(2011). 다층 구조방정식모형에 의한 학교교육효과의 경향 분석: 고등학교 수학 교과를 중심으로. **교육평가연구**, 24(2), 345-376.
- 박현정, 이광현, 강성국, 황정원(2005). **PISA 학업성취도 분석 연구**. 한국교육개발원 연구보고 RR 2005-16.
- 송미영, 임혜미, 최혁준, 박혜영, 손수경(2013). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2012 결과 보고서. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE-2013-6-1.
- 오만숙, 오현숙, 오민정(2013). 계층적 베이즈 모형을 이용한 대학등록금에 대한 부모님의 경제적 지원 영향 분석. **응용통계연구**, 26(2), 267-280.
- 오후진, 이종배(2000). 수학학습에 대한 불안요인 연구. **과학교육연구**, 31(1), 31-45.
- 우명숙, 김지하(2013). 학교자원과 학교 교육성과의 관계 분석: 학업성취도와 학교향상도를 중심으로. **교육재정 경제연구**, 22(1), 139-162.
- 우연경(2014). 자기효능감 수준에 따른 유용가치와 지속성 및 학업성취의 관계: 상황적 흥미의 매개효과. **교육심리학회지**, 28(3), 405-420.
- 유혜선(2015). Do schools make a difference? **교육평가연구**, 28(5), 1301-1327.
- 이명애(2014). PISA 2012 수학 성취수준에 영향을 미치는 교육맥락변인 탐색. 55-84. 제25회

KICE 교육과정·평가 정책포럼 자료집.

- 이미경, 광영순, 미경석, 채선희, 최성연(2004). **PISA 2003 결과분석연구: 수학적 소양, 읽기 소양, 과학적 소양 수준 및 배경변인 분석**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2004-2-1.
- 이승천, 최병수(2013). 토빗회귀모형에서 베이지안 구간추정. **응용통계연구**, 26(5), 737-746.
- 이현숙, 송미영(2015). PISA 2012 수학적취도를 설명하는 학생의 정의적 특성 및 교사 특성을 위한 다층 구조방정식모형의 적용. **교과교육학연구**, 19(1), 137-158.
- 이현숙, 신진아, 김경희(2013). 다층 구조방정식모형을 활용한 교육 맥락변인과 학업성취도의 관계분석. **교육평가연구**, 26(2), 477-506.
- 임해미(2013). OECD PISA 수학 소양 평가의 특징 및 문항 특성 분석. **교과교육학연구**, 17(4), 971-990.
- 임해미, 김수진, 김경희(2012). 국가수준 학업성취도 평가와 국제 학업성취도 평가의 연계를 통한 우리나라 학생들의 수학 성취 특성 분석. **수학교육학연구**, 22(1), 1-22.
- 정병연, 정희욱(2008). 교사 직무만족에 대한 교장 수업지도성, 학교풍토, 학교의사결정의 인과 구조. **교육과학연구**, 39(2), 1-19.
- 조시오(2010). **여자 고등학교 학생의 학습양식과 수학적 성향, 수학불안 요인, 수학적취와의 관계**. 박사학위논문, 원광대학교.
- Aiken, L. R. (1970). Attitudes toward mathematics. *Review of Educational Research*, 40, 551-596.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211.
- Ajzen, I., & Driver, B. L. (1992). Application of the theory of planned behavior to leisure choice. *Journal of Leisure Research*, 24(3), 207-224.
- Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice : A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423.
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181-185.
- Asparouhov, T., & Muthén, B. O., (2010). *Bayesian analysis using Mplus: Technical implementation*. Available from <http://www.statmodel.com/download/Bayes3.pdf>.
- Crampton, F. E.(2009). Spending on school infrastructure: Does money matter? *Journal of Educational Administration*, 47(3), 305-322.
- Depaoli, S., & Clifton, J. P. (2015). A bayesian approach to multilevel structural equation modeling with continuous and dichotomous outcomes. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 22(3), 327-351.

- Grubb, W. N.(2008). Multiple resources, multiple outcomes: Testing the "Improved" school finance with NELS88. *American Educational Research Journal*, 45(1), 104-144.
- Hopko, D. R., McNeil, D. W. Zvolensky, M. J., & Eifert, G. H. (2001). The relationship between anxiety and skill in performance-based anxiety disorders: A behavioral formulation of social phobia. *Behaviour Therapy*, 32(1), 185-207.
- Isen, A. M. (2000). Some perspectives on positive affect and self-regulation. *Psychological Inquiry*, 11(3), 184-187.
- Kaplan, D., & Depaoli, S. (2012). Bayesian structural equation modeling. Hoyle, R. H. (Eds.), *Handbook of structural equation modeling* (pp. 650-673). NY: The Guilford Press.
- Kaplan, D., Kim, J. S., & Kim, S. Y. (2009). *Multilevel latent variable modeling: Current research and recent developments*. In Millsap, R. E., & Maydeu-Olivares, A. (Eds.), *The SAGE handbook of quantitative methods in psychology* (pp. 595-612). Newbury Park, CA: Sage.
- Lee, S. Y., & Poon, W. Y. (1992). Two-level analysis of covariance structures for unbalanced designs with small level. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 45(1), 109-123.
- Li, X., & Beretvas, S. N. (2013). Sample size limits for estimating upper level mediation models using multilevel SEM. *Structural Equation Modeling*, 20(2), 241-264.
- Linnenbrink, E. A., Ryan, A. M., & Pintrich, P. R. (1999). The role of goals and affect in working memory functioning. *Learning and Individual Differences*, 11(2), 213-230.
- Long, J. F., & Hoy, A. W. (2006). Interested instructors: A composite portrait of individual differences and effectiveness. *Teaching and Teacher Education*, 22(3), 303-314.
- Lüdtke, O., Marsh, H. W., Robitzsch, A., & Trautwein, U. (2011). A 2×2 taxonomy of multilevel latent contextual models: Accuracy-bias trade-offs in full and partial error correction models. *Psychological Methods*, 16(4), 444-467.
- McDonald, R. P., & Goldstein, H. (1989). Balanced versus unbalanced designs for linear structural relations in two-level data. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 42(2), 215-232.
- Muthén, B. O. (1989). Latent variable modeling in heterogenous population. *Psychometrika*, 54(4), 557-585.
- Muthén, B. O. (1994). Multilevel covariance structure analysis. *Sociological Methods & Research*, 22(3), 376-398.
- Muthén, B. O., & Asparouhov, T. (2011). *Beyond multilevel regression modeling: Multilevel analysis in a general latent variable framework* In J. J. Hox & J. K. Roberts (Eds.),

- Handbook of advanced multilevel analysis* (pp. 15-40). New York, NY: Taylor & Francis.
- Muthén, B. O., (2010). *Bayesian analysis in Mplus: A brief in introduction*. Available from <http://www.statmodel.com/download/introbayesversion%203.pdf>.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2013). *Mplus user's guide (7th ed)*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Nejad, L, Wertheim, E., & Greenwood, K. (2004). Predicting dieting behavior by using, modifying, and extending the theory of planned behavior. *Journal of Applied Social Psychology, 34*(10), 2099-2131.
- Norman, P., Clark, T., & Walker, G. (2005). The theory of planned behavior, descriptive norms, and the moderating role of group identification. *Journal of Applied Social Psychology, 35*(5), 1008-1029.
- Odden, A. R., & Archibald, S. J. (2009). *Doubling student performance: and Finding the resources to do it*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- OECD (2009). *PISA data analysis manual (Spss, Second Edition)*. OEDC Publishing.
- OECD (2013a). *PISA 2012 assessment and analytic framework Mathematics, reading science problem solving and financial literacy*. OECD Publishing.
- OECD (2013b). *PISA 2012 results: Ready to learn – Students' engagement, drive and self-beliefs(Vol. III)*. OECD Publishing.
- Ryu, E. (2011). Effects of skewness and kurtosis on normal-theory based maximum likelihood test statistic in multilevel structural equation modeling. *Behavior Research Methods, 43*, 1066-1074.
- Song, X. Y., & Lee, S. Y. (2012). A tutorial on the Bayesian approach for analyzing structural equation models. *Journal of Mathematical Psychology, 56*(3), 135-148.

* 논문접수 2016년 2월 2일 / 1차 심사 2016년 3월 11일 / 2차 심사 2016년 6월 1일 / 게재승인 2016년 6월 3일

* 이금호: 충남대학교 교육학과에서 교육심리 및 교육과정 전공으로 석사학위와 박사학위를 취득하였다. 현재 한국행동과학연구원 심사개발연구부에 연구위원으로 재직 중이며, 주요연구 분야는 베이저안 다층 구조방정식 모형 연구, 심리검사 개발, 평가이론 등이다.

* E-mail: april0401@cnu.ac.kr

* 정혜원: 뉴욕시립대 조교수를 거쳐 현재 충남대학교 교육학과 부교수로 재직 중이며, 주요연구 분야는 다층모형 연구, 인과모형 연구, 종단자료를 이용한 학교효과 연구 등이다.

* E-mail: chw7@cnu.ac.kr

Abstract

The Analysis on the Relations between Student and School-level Variables and Mathematics Literacy using Bayesian Multilevel Structural Equation Modeling*

Lee, Keumho**
Chung, Hyewon***

This study investigated the structural relationships between student- and school- level variables and students' mathematic literacy on based on Bayesian multilevel structural equation modeling using PISA 2012 South Korea data set. The main results were as follows. First, at the student level, students with lower mathematics anxiety, with more favorable subjective norms, with higher mathematics intention, and with higher mathematics self-efficacy, tended to have higher performance in math. Second, intrinsic motivation in math did not have a significant direct effect on math performance, mathematics anxiety in math have a significant negative effect on math performance. Third, at the school level, schools with a low math teacher to student ratio, with more positive student-related factors affecting school climate, with higher teacher morale, tended to achieve higher math performance. Based on the findings, implications of the current study and suggestions for future research were discussed.

Key words: PISA 2012, math literacy, Bayesian multilevel structural equation modeling

* This study is reconstituted article from Lee, Keumho's doctor's dissertation.

** First author, Doctor, Major in Educational Psychology and Curriculum Department of Education Graduate School Chungnam National University. Senior Researcher, Korea Institute for Research in the Behavioral Sciences.

*** Corresponding author, an associate professor at the Department of Education, Chungnam National University.

부 록

[부록] 베이지안과 최대우도법 결과 비교

1) 학생수준 결과 비교

		최대우도		베이지안		
		β	S.E	β	S.D	
수학에 대한 흥미	→	수학 학습 의도	.534***	.030	.534***	.030
		수학 행동	.517***	.034	.518***	.033
		수학성취도	-.033	.035	-.033	.035
수학에 대한 불안	→	수학 학습 의도	-.087*	.038	-.088*	.038
		수학 행동	-.146***	.039	-.145***	.039
		수학성취도	-.120***	.031	-.119***	.031
수학에 대한 주관적 규범	→	수학 학습 의도	.083***	.021	.083***	.021
		수학 행동	.181***	.023	.181***	.022
		수학적 자아효능감	.206***	.021	.207***	.021
		수학성취도	.067**	.022	.066**	.022
수학에 대한 지각된 통제감	→	수학 학습 의도	.074**	.025	.074**	.025
		수학 행동	.141***	.025	.141***	.025
		수학성취도	.024	.023	.025	.024
수학 학습 의도	→	수학행동	-.040	.027	-.041	.027
		수학적 자아효능감	.141***	.023	.142***	.023
		수학성취도	.063*	.024	.063**	.024
수학 행동	→	수학적 자아효능감	.514***	.025	.513***	.025
		수학성취도	.036	.038	.037	.038
수학적 자아효능감	→	수학성취도	.507***	.026	.506***	.026

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

2) 학교수준 결과 비교

		최대우도		베이지안		
		β	S.E	β	S.D	
학교교육자원	→	학교풍토	.157	.085	.153*	.084
		교사 사기	.358***	.082	.349***	.080
수학교사 1인당 학생 수	→	학교풍토	-.291***	.082	-.288***	.079
		교사 사기	-.164	.085	-.162*	.082
		수학성취도	-.407***	.070	-.408***	.067
학교풍토	→	수학성취도	.279**	.084	.276**	.085
교사 사기	→	수학성취도	.212*	.087	.211**	.088

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

