



Classification of latent classes and analysis of influencing factors on longitudinal changes in middle school students' mathematics interest and achievement: Using multivariate growth mixture model

Rae Yeong Kim¹, Sooyun Han^{2*}

¹Graduate Student, Seoul National University

²Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation

ABSTRACT

This study investigates longitudinal patterns in middle school students' mathematics interest and achievement using panel data from the 4th to 6th year of the Gyeonggi Education Panel Study. Results from the multivariate growth mixture model confirmed the existence of heterogeneous characteristics in the longitudinal trajectory of students' mathematics interest and achievement. Students were classified into four latent classes: a low-level class with weak interest and achievement, a high-level class with strong interest and achievement, a middle-level-increasing class where interest and achievement rise with grade, and a middle-level-decreasing class where interest and achievement decline with grade. Each class exhibited distinct patterns in the change of interest and achievement. Moreover, an examination of the correlation between intercepts and slopes in the multivariate growth mixture model reveals a positive association between interest and achievement with respect to their initial values and growth rates. We further explore predictive variables influencing latent class assignment. The results indicated that students' educational ambition and time spent on private education positively affect mathematics interest and achievement, and the influence of prior learning varies based on its intensity. The perceived instruction method significantly impacts latent class assignment: teacher-centered instruction increases the likelihood of belonging to higher-level classes, while learner-centered instruction increases the likelihood of belonging to lower-level classes. This study has significant implications as it presents a new method for analyzing the longitudinal patterns of students' characteristics in mathematics education through the application of the multivariate growth mixture model.

Keywords Mathematics interest, Mathematics achievement, Latent class classification, Multivariate growth mixture model, Gyeonggi education panel study

Received February 8, 2024; Revised February 19, 2024; Accepted February 26, 2024

*Corresponding author Sooyun Han

E-mail syhan@kice.re.kr

2000 Mathematics Subject Classification 97C20



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

학업성취도는 학생들이 학습과정에서 습득한 지식, 기술, 태도 등에 의한 학습 활동의 결과이며, 학습에 대한 성과를 측정하고 교육목표의 달성 여부를 파악할 수 있는 기본적인 지표이다(Chung et al., 2018; Kim & Han, 2020). 또한, 학업성취도는 인지적 발달의 기초로서 학생들의 다양한 발달과업을 수행하기 위한 기본이 되는 능력의 기초가 된다(Kang, 2018; Kim, 2020). 이와 같은 이유로 학업성취도는 학생과 학부모를 비롯한 교육관련 종사자들에게 주요한 관심의 대상이 되어 왔으며, 따라서 학생들의 학업성취도를 관찰하고 학업성취도에 영향을 미치는 요인을 파악하는 일은 매우 중요하다고 할 수 있다(Kim & Han, 2020; Kim & Kim, 2015).

최근에는 학업성취도와 함께 교과에 대한 흥미, 가치 인식, 자기 효능감 등의 정의적 특성이 수학 학습의 성공을 위한 또다른 중요한 지표로 인식되고 있다(Kim et al., 2014). 이중 교과에 대한 흥미는 학업성취도와 높은 상관관계가 있을 뿐 아니라 학습 전체에도 긍정적인 영향을 줄 수 있으며 나아가 학생의 자아 발달을 이끌어낼 수도 있다는 점에서 중요한 역할을 한다(Choi, 2020; Choi & Sang, 2019; Kim et al., 2009). 한편, 우리나라 학생들은 수학 학업성취도는 높지만 수학에 대한 흥미가 낮다는 결과가 많은 연구를 통해 보고되고 있다. IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement)가 주관하는 수학·과학 성취도 추이변화 국제 비교 연구인 TIMSS 2015의 결과에 따르면, 우리나라 초등학교 4학년과 중학교 2학년의 수학 성취도는 모두 최상위권인 반면 수학 흥미는 모두 최하위권으로 나타났다(Sang et al., 2016). 또한, 4년 후에 시행된 TIMSS 2019에서는 수학 학습에 대한 흥미와 관련된 모든 세부문항에서 학생들의 긍정 응답 비율이 TIMSS 2015보다도 더 하락한 것으로 나타났다(Sang et al., 2020). 이와 같은 결과는 우리나라 학생들의 낮은 수학 흥미가 지속적으로 나타나는 고착된 현상임을 의미하며, 수학 흥미를 높이는 방법 및 수학 흥미와 관련된 요인에 대한 다양한 연구가 필요한 실정임을 나타낸다(Kim et al., 2014; Lee et al., 2022; Song & Jung, 2023).

이에, 수학 흥미와 성취도 사이의 관계를 분석하는 연구들과 수학 흥미와 성취도에 영향을 미치는 요인을 분석하는 연구들이 다양하게 이루어져 왔다(Choi & Sang, 2019; Chung et al., 2014; Ju et al., 2011; Jung & Song, 2020; Kim et al., 2010; Kim et al., 2014; Lee & Kim, 2010; Park & Sang, 2011). 그러나 이들 대부분의 연구는 수학 흥미와 성취도 사이의 관계를 종단적인 시점이 아닌 고정된 시점에 대하여 분석하거나 흥미를 성취도에 영향을 미치는 요인으로 보고 일방향적으로 분석을 진행하였다. 또한 수학 흥미와 성취도에 영향을 미치는 요인을 탐색하는 경우 흥미와 성취도를 함께 고려하지 않고 따로 구분하여 영향 요인들을 탐색하였다. 한편, 흥미가 성취도에 영향을 미칠 뿐 아니라 성취도가 흥미에도 영향을 미칠 수 있는 등, 흥미와 성취도는 일방향적인 관계가 아니라 서로 상호 간의 영향이 존재하는 관계에 있을 수 있다(Köller et al., 2001). 따라서 수학 흥미와 성취도는 두 변인을 함께 고려하여 분석하는 것이 필요하며, 고정된 시점이 아닌 반복 측정된 자료를 활용하여 종단적인 변화 양상에 대한 상호 영향을 분석할 필요가 있다.

수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화 양상을 분석할 때는 이질적인 특성을 고려할 수 있도록 유형화를 동반한 분석이 필요하다. 종단적인 자료를 분석하더라도 학생들을 하나의 집단으로 바라보고 분석을 진행하면 분석하는 변인에 대한 다양한 변화양상을 관찰할 수 없기 때문이다(Kim & Han, 2020). 또한 흥미와 성취도의 종단적인 변화 양상은 서로 다른 집단에 따라 다르게 나타날 수 있으므로 흥미와 성취도의 변화 양상을 바탕으로 학생들을 유형화하고 각 유형이 보이는 흥미와 성취도의 변화에 대한 이질적인 특성을 분석할 필요가 있으며, 각 유형의 결정에 영향을 미치는 다양한 관련 요인을 탐색한다면 수학 흥미와 성취도를 높일 수 있는 요인을 확인할 수 있다.

이에 본 연구에서는 경기교육종단연구(Gyeonggi Education Panel Study, GEPS)의 4-6차년도(중학교 1학년-3학년) 데이터에 다변량 성장혼합모형(Multivariate Growth Mixture Model; Muthén et al., 2002)을 적용하여 중학생들의 수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화양상을 분석하고자 한다. 다변량 성장혼합모형을 활용하면 학생들을 수학 흥미와 성취도의 변화 양상에 따라 유형화하고 각 유형의 흥미와 성취도에 대한 종단적인 변화 궤적을 분석할 수 있다. 또한, 각 유형의 평균적인 변화 궤적뿐 아니라 개개인의 변화를 바탕으로 흥미와 성취도의 상호 영향을 확인할 수도 있다. 다변량 성장혼합모형을 바탕으로 학생들을 복수의 유형으로 구분한 뒤 각 유형의 결정에 영향을 미치는 예측 변인들을 설정하여 수학 흥미와 성취도 유형을 결정할 수 있는 다양한 요인들과 그 영향력을 살펴보고자 한다.

이와 같은 연구 목적을 달성하기 위한 연구문제는 다음과 같다.

연구문제 1. 중학생들의 수학 흥미와 성취도의 변화 양상에 따른 유형은 어떠한가?

연구문제 2. 중학생들의 수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화에 있어 두 변인 사이의 상호 영향은 어떠한가?

연구문제 3. 수학 흥미와 성취도의 변화 유형에 영향을 미치는 요인에는 어떤 것들이 있고 그 영향력은 어떠한가?

이론적 배경

1. 수학 흥미와 수학 성취도의 관계

수학 흥미와 수학 성취도의 관계에 관한 연구들은 대체로 국가수준 학업성취도 평가나 PISA, TIMSS와 같은 국제 학업성취도 평가 자료에 대한 분석을 통해 수학 흥미가 수학 성취도에 미치는 영향력을 밝히고자 하였으며, 여러 선행연구들에서 수학 흥미는 수학 성취도에 유의한 영향을 미치는 것으로 보고되어 왔다. Park (2007)은 TIMSS 1995, TIMSS 1999, TIMSS 2003 자료로부터 우리나라 중학생들의 수학 정의적 특성과 수학 성취도의 관계를 분석하여 흥미를 포함한 정의적 특성들이 수학 성취도에 미치는 영향력이 점차 증가한다는 점을 확인하였다. 또한 성별에 따라 정의적 특성과 수학 성취의 관계가 어떻게 다르게 나타나는지 분석하여 수학 흥미가 수학 성취도에 미치는 영향력이 남학생보다 여학생에게서 더 크게 나타남을 밝혔다. 마찬가지로 Chung 외 (2014)는 TIMSS 2011 자료를 분석하여 우리나라 중학생의 수학 흥미가 수학 성취도에 영향을 미치는 요인 중 하나임을 확인하였으며, 수학에 대한 흥미가 높을수록 수학 성취도가 높게 나타나는 결과를 보고한 바 있다. Ju 외 (2011)는 PISA 2003 자료로부터 우리나라 고등학생들의 수학 정의적 특성이 수학 성취에 미치는 영향을 분석하여 수학 흥미가 수학 성취도에 영향을 미치는 점을 확인하였으나, 성별에 따라 수학 흥미가 수학 성취도에 미치는 영향력에 차이가 있는지를 분석한 결과에서는 Park (2007)과 달리 여학생보다 남학생에게서 수학 흥미가 수학 성취도에 미치는 영향력이 더 큰 것으로 나타났다.

이들 연구는 모두 우리나라 학생들의 수학 흥미가 수학 성취도에 정적인 영향력을 미치는 점을 보고하고 있는데, 국제 비교 연구에 따르면 수학 흥미가 수학 성취도에 미치는 정적인 영향력은 우리나라에서 특히 크게 나타나는 것으로 확인된다. Kim 외 (2010)는 TIMSS 2007에서 우리나라를 포함하여 우수한 성취를 보인 4개국 자료를 분석하여 수학 성취도에 영향을 미치는 요인들을 탐색하였는데, 그 결과 모든 국가에서 수학 흥미를 포함하는 수학 자아개념이 수학 성취도에 매우 큰 영향력을 미치는 변인인 것으로 확인되었으며 그 영향력은 우리나라에서 가장 큰 것으로 나타났다. Lim과 Lee (2016)는 PISA 2012에서 우리나라를 포함하여 수학 소양 부문에서 상위권에 있는 10개국 자료를 분석한 결과 수학 흥미가 수학 성취도에 정적인 영향을 미치는 국가는 우리나라와 일본이 유일하며 나머지 국가에서는 수학 흥미와 수학 성취도 사이에 부적인 관계가 있음을 확인하였다.

한편, 수학 성취도가 수학 흥미에 미치는 영향에 대해 분석한 연구로 Park과 Sang (2011)은 2007년 국가수준 학업성취도 평가 자료로부터 우리나라 학생들의 수학 흥미를 포함한 수학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인을 분석하여 초·중·고 학생들의 수학 성취도가 수학에 대한 태도에 유의미한 영향을 미치는 점을 밝혔다.

이상에서 살펴본 바와 같이 수학 흥미와 수학 성취도를 동시에 고려한 연구들은 대체로 수학 성취도를 종속 변인으로 두고 수학 성취도에 영향을 미치는 여러 요인 중 하나로 수학 흥미를 설정하여 수학 흥미가 수학 성취도에 미치는 영향력을 밝혀왔으며(Chung, 2014; Ju, 2011; Kim, 2010; Lim & Lee, 2016; Park, 2007), 반대로 수학 흥미를 종속 변인으로 두고 수학 성취도가 수학 흥미에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하는 연구도 일부 이루어져 왔다(Park & Sang, 2011). 한편, 수학 흥미와 성취도 사이의 관계를 반복 측정된 자료로부터 종단적으로 분석한 연구는 아직 거의 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화 양상을 분석하고, 이를 바탕으로 수학 흥미와 성취도의 변화에 대한 서로 간의 관계를 살펴보고자 하였다.

2. 수학 흥미 또는 수학 성취도에 영향을 미치는 요인

본 연구의 목적은 수학 흥미와 수학 성취도의 종단적 변화에 따른 잠재집단 분류에 영향을 미치는 요인을 탐색하는 것이므로, 이 절에서는 선행연구에서 수학 흥미나 수학 성취도에 영향을 미치는 것으로 밝혀진 요인들을 분석함으로써 본 연구에 포함시킬 변인들에 대해 검토하였다.

먼저 Choe 외 (2014)와 Park과 Sang (2011) 등의 연구에서는 성별이 우리나라 학생들의 수학 흥미에 영향을 미치는 요인으로 확인되었으며, 남학생의 수학 흥미가 여학생보다 높은 것으로 나타났다. 또한, 학생이 기대하는 교육 수준을 나타내는 교육포부나 부모 학력은 수학 성취도에 영향을 미치는 요인으로 확인된 바 있는데, Chung 외 (2014)에 따르면 부모 학력이 높을수록, 학생의 향후 교육에 대한 기대 수준이 높을수록 수학 성취도가 높은 것으로 나타났으며, 특히 Kim 외 (2010)에서는 여러 가지 학생 수준 변인들 중 교육포부가 수학 성취도에 미치는 영향력이 매우 큰 것으로 확인되었다.

수학 사교육의 경우 수학 흥미와 수학 성취도에 모두 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있으나 그 양상은 다양하게 나타날 수 있는 것으로 보인다. 예를 들어, Kwon과 Kwon (2023)은 학생들을 대상으로 한 설문조사를 통해 수학 사교육으로 인해 학생

들의 수학 흥미를 포함한 정의적 특성이 긍정적으로 변화하였음을 제시하면서, 관련 선행연구에서는 사교육이 수학 정의적 특성에 미치는 정적 영향과 부적 영향이 모두 보고되었으나 부적 영향보다는 정적 영향을 미치는 경우가 더 많다는 점을 밝힌 바 있다. Kim 외 (2018)는 학생들의 사교육 참여 변화에 따른 수학 성취도의 종단적 변화 양상이 서로 다른 세 집단을 분류함으로써 수학 성취에 대한 사교육의 효과가 집단의 특성에 따라 다르게 나타날 수 있다는 점을 확인하였다. 수학 선행학습이 수학 흥미와 수학 성취도에 미치는 영향에 관해서도 연구된 바 있으나, Jang과 Park (2019)에서는 수학 선행학습이 수학 흥미와 성취도에 영향을 미치며 수학 선행학습을 하는 학생이 하지 않는 학생보다 수학 흥미와 수학 성취도 평균이 높게 나타남을 제시한 반면 Chang (2013)이나 Shin (2009)의 연구에서는 수학 선행학습 경험이 수학 성취도나 수학 흥미에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타나는 등 다소 상반된 결과가 확인되었다.

한편, 여러 연구에서는 수업 방식에 대한 학생의 인식이 학생의 흥미를 포함한 정의적 태도나 성취도에 영향을 미치는 것으로 보고되어 왔다. Cheong (2015)에 따르면 고등학생이 인식하는 교수자의 강의식 수업 방식은 학업 성취에 정적인 영향을, 토론식 수업방식은 학업 성취에 부적적인 영향을 미치며, 학습자가 인식하는 교수자의 강의식 수업 방식은 흥미에도 정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 Jang과 Ko (2020), Lee와 Lee (2023)의 연구에서는 중학생이 수업을 학습자 중심으로 인식할수록 수학에 대한 흥미와 같은 정의적 특성이 높게 나타나, 학생이 인식하는 학습자 중심 수업 방식이 수학 흥미에 정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

종합하면 학생의 성별은 수학 흥미에, 학생의 교육포부나 부모 학력은 수학 성취도에 영향을 미치는 요인으로 보고된 바 있으며, 수학 사교육 및 수학 선행학습, 수업 방식에 대한 학생의 인식은 수학 흥미와 수학 성취도에 모두 영향을 미칠 수 있는 변인으로 확인되었다. 이에 본 연구에서는 이와 같은 변인들을 예측 변인으로 설정하여 흥미와 성취도 변화 유형의 결정에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 경기교육종단연구(GEPS) 4-6차년도 데이터를 활용하여 분석을 진행하였다. 경기교육종단연구는 경기도 소재 학생들을 대상으로 학업성취수준, 정의적 발달, 사회적 발달 등을 조사하기 위한 목적으로 2012년에 구성된 표본패널을 매년 추적 및 조사한 자료이다. 본 연구에서 사용한 4-6차년도 자료는 2015년 중학교 1학년에서 2017년 중학교 3학년까지의 자료에 해당하며, 연구에 참여한 6,314명의 학생 중 응답이 모두 결측치인 경우를 제외하고 5,762명을 분석에 활용하였다.

2. 분석자료

(1) 수학 흥미와 성취도

본 연구에서는 학생들의 수학 흥미와 수학 성취도를 변인으로 하여 두 변인의 종단적인 변화 양상을 바탕으로 학생들을 유형화하고자 하였다. 중학교 1학년에서 3학년까지 시기에 걸쳐 측정된 수학 흥미와 성취도를 활용하여 분석을 진행하였다. 수학 흥미는 관련된 4개의 설문 문항으로 구성되어 있고, 수학 성취도는 수학 성취도검사의 수직척도점수(vertical scale score)를 활용하였다. 수직척도점수는 각 학년별 검사 점수를 공통적으로 비교하기 위한 점수로, 수직척도점수를 활용하면 각 학년의 성취도검사 점수를 동일한 척도에서 비교할 수 있다. 수학 흥미와 성취도에 대한 설문 문항은 Table 1과 같다.

Table 1. Questions used for math interest and achievement

Variable		Question
Math interest	INT1	(Math) When I study, I read not only textbooks and reference books but also other related books
	INT2	(Math) When I study, I can concentrate well
	INT3	(Math) I have a lot of questions, so I want to study more
	INT4	(Math) It's better to solve a more difficult problem compared to my ability
Math achievement	ACHV	Math vertical scale score

(2) 예측 변인

학생들을 수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화를 바탕으로 유형을 구분한 뒤, 각 유형에 영향을 미치는 예측 변인과 그 영향을 탐색하고자 하였다. 본 연구에서는 예측 변인을 개인, 수업방식, 가정으로 구분하였으며, 각 세부 변인의 설문문항과 응답 구분은 Table 2와 같다. 개인 변인은 성별, 학생의 교육포부, 일주일 평균 사교육 시간, 선행학습(1년 미만), 선행학습(1년 이상)으로 구성하였다. 성별은 남학생과 여학생을 각각 0과 1로 처리하였으며, 교육포부는 고등학교 졸업 이하, 2-3년제 대학 졸업, 4년제 대학 졸업, 대학원 석사 졸업, 대학원 박사 졸업을 각각 0-4로 처리하였다. 사교육 시간은 수학 교과에 대하여 과외, 학원, 학습지 및 인터넷 강의 등을 포함한 사교육의 일주일 평균 소요 시간으로 투입하였다. 선행학습의 경우 설문에서 선행학습의 여부를 먼저 조사한 뒤, 선행학습을 하고 있다고 응답한 경우 학교 진도와 비교하여 약 1달 정도, 2-3달 정도, 1학기 정도, 1년 이상, 2년 이상, 3년 이상 빠르게 하는지 구분하여 조사하고 있다. 본 연구에서는 선행학습의 다면적인 영향을 확인하기 위하여 1달 정도-1학기 정도의 선행학습을 1년 미만의 선행학습, 1년 이상-3년 이상의 선행학습을 1년 이상의 선행학습으로 분류한 뒤, 선행학습을 하지 않는 경우와 함께 더미 변수로 구성하였다. 수업방식 변인의 경우 학생이 인식하는 수학 수업 방식에 해당하며, 교수자 중심 수업과 학습자 중심 수업의 두 가지 세부 변인으로 구성하였다(Song & Jung, 2022). 수업방식에 대한 두 변인은 각각 교수자 중심 수업 및 학습자 중심 수업과 관련하여 5점 척도로 응답하도록 되어 있는 각 3개 문항에 대한 응답의 평균을 계산하여 활용하였다. 마지막으로 가정 변인의 경우 소득과 부모 학력의 두 가지 세부 변인으로 구성하였다. 소득의 경우 월 평균 가구 소득의 상용로그값을 이용하였으며, 학력의 경우 부모 학력의 평균을 계산하여 이용하였다. 예측 변인 중 개인 변인의 성별과 가정 변인의 부모 학력을 제외한 나머지 변인들은 모두 매년 측정된 4-6차년도 자료의 평균값을 분석에 활용하였다.

Table 2. Questions for independent variables

	Variable	Question	
Individual	Sex	Sex (male=0, female=1)	
	Educational ambition	Educational ambition (high school or lower=0, college=1, university=2, master=3, PhD=4)	
	Private education time	(Math) Average weekly private education time (hour)	
	Prior learning (< 1 year)	(Math) Prior learning (1=advanced by one month to less than one year, 0=otherwise)	
	Prior learning (≥ 1 year)	(Math) Prior learning (1=advanced more than one year, 0=otherwise)	
Instruction method	Instructor-centered	(Math) The teacher teaches the contents of the textbook through explanation	1=Not at all, 2=Not really, 3=Somewhat, 4=Yes, 5=Very much
		(Math) The teacher’s explanation and guidance takes up most of the class time	
		(Math) The teacher prepares and presents the materials necessary for the class in advance	
Learner-centered	(Math) The teacher helps students find their own class goals		
	(Math) The teacher helps students solve problems on their own		
	(Math) Students collect and research data on their own to solve problems		
Family	Family income	Monthly household income (log)	
	Parental education level	Average parental education level (1=middle school or low, 2=high school, 3=college, 4=university, 5=master’s completion, 6=master’s graduation, 7=doctoral completion, 8=PhD graduation)	

3. 분석방법

학생들을 수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화 양상을 바탕으로 유형화하기 위하여 다변량 성장혼합모형(Multivariate Growth Mixture Model; Muthén et al., 2002)을 사용하였다. 성장혼합모형은 각 개인의 응답양상을 바탕으로 서로 다른 잠재집단으로 분류하는 잠재집단분석과 종단적으로 측정된 응답을 바탕으로 변수의 초기값과 변화율의 양상으로 평균적인 변화 궤적을 확인하는 잠재성장모형을 결합한 모형이다(Reinecke & Seddig, 2011). 성장혼합모형을 이용하면 주목하는 변수

의 초기값과 변화율을 바탕으로 각 잠재집단별로 서로 다르게 나타나는 변화 궤적을 확인할 수 있을 뿐 아니라, 각 개인의 초기값과 변화율을 통해 주목하는 변수의 종단적인 변화 양상에 있어 개인간 변동성을 확인할 수도 있다(Hertzog et al., 2008; Kim & Koh, 2007). 한편, 본 연구에서는 수학 흥미와 수학 성취도의 변화양상을 함께 고려하고자 하였으므로, 두 개의 변수로 구성된 다변량 성장혼합모형을 사용하였다. 다변량 성장혼합모형은 주목하는 변수를 여러 개로 구성한 성장혼합모형으로, 하나의 변수에 대한 초기값과 변화율을 기반으로 구성되는 성장혼합모형과는 달리 여러 변수에 대하여 초기값과 변화율이 구성되고, 이를 통해 각 변수의 변화 양상을 궤적으로 나타낼 뿐 아니라 각 변수 사이의 종단적인 상호 효과를 확인할 수도 있다(Li et al., 2002). 분석에 사용된 다변량 성장혼합모형의 구조는 Figure 1과 같다. 수학 흥미의 경우 4개의 세부문항으로 구성되어 있으므로, 각 시점에서의 흥미 수준을 나타내는 잠재변인을 구성하고, 4개의 세부문항으로부터 잠재변인의 값이 추정되도록 모형을 구성하였다. 잠재변인의 척도를 고정하기 위하여 첫 번째 세부문항(INT1)에 대한 부하량은 1로 고정하였으며, 동일한 세부문항에 대한 부하량(loading)은 각 시점에 대하여 동일한 것으로 가정하였다. 다변량 잠재성장모형의 추정에는 최대우도추정(maximum likelihood estimation)을 사용하였다.

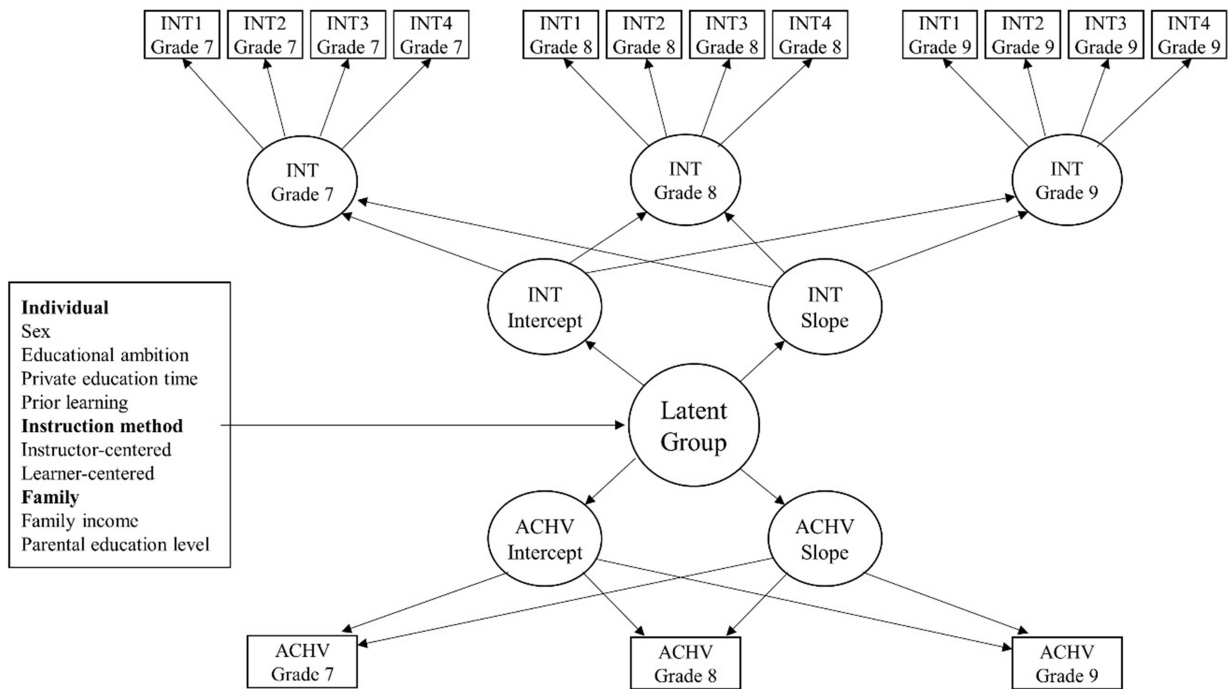


Figure 1. Structure of multivariate growth mixture model.

다변량 성장혼합모형에서 잠재집단의 개수를 1개에서 6개로 다르게 설정하여 모형을 추정한 뒤, 모형 적합도와 모형 비교 검증을 바탕으로 잠재집단의 수를 결정하였다. 잠재집단의 수를 결정하기 위한 모형 적합도로는 AIC (Akaike’s Information Criterion; Akaike, 1974), BIC (Bayesian Information Criterion; Schwartz, 1978), 엔트로피(Entropy; Ramaswamy et al., 1993)를 이용하였다. AIC와 BIC는 설명력과 간명성을 고려한 지수로 값이 낮을수록 모형이 적합함을 의미하며, 엔트로피는 집단 분류의 질을 평가하는 지수로 0부터 1 사이의 범위를 가지며 1에 가까울수록 분류가 정확함을 의미한다. 모형 비교 검증으로는 LMR-LRT (Lo-Mendell-Rubin Adjusted Likelihood Ratio Test)와 BLRT (Bootstrap Likelihood Ratio Test)를 이용하였다. LMR-LRT와 BLRT는 잠재집단의 개수를 $k-1$ 개로 설정한 모형과 k 개로 설정한 모형을 비교하는 가설 검정으로, 유의확률이 유의수준(0.05) 이하일 경우 잠재집단이 k 개인 모형이 더 적합하다고 판단할 수 있다(Nylund et al., 2007).

모형 적합도와 모형 비교 검증을 바탕으로 잠재집단의 개수를 설정한 뒤, 최종 결정된 잠재집단의 수를 이용하여 다변량 성장혼합모형 분석을 시행하였다. 흥미 초기값, 흥미 기울기, 성취도 초기값, 성취도 기울기의 관계를 이용하여 흥미와 성취도의 변화에 대한 전반적인 양상에 대해 분석을 진행하였다. 또한, 잠재집단을 바탕으로 학생들을 유형화한 뒤 각 유형에 따라 흥미

와 성취도의 변화 양상이 어떻게 달라지는지 분석하였다.

마지막으로, 유형의 구분에 영향을 미치는 예측 변인을 탐색하기 위하여 분류된 유형을 종속변인으로 하는 다항 로지스틱 회귀모형(multinomial logistic regression) 분석을 시행하였다. 다항 로지스틱 회귀모형의 분석 결과에서 유의확률이 0.05보다 낮은 경우 해당 예측 변인이 유형의 구분에 유의미한 영향을 미친다고 판단하였고, 유의미한 영향을 미치는 예측 변인에 대해서 예측 변인의 값에 따라 어떤 집단으로 구분될 확률이 높아지는지를 확인하였다.

본 연구에서 진행한 분석 중 다변량 성장혼합모형의 분석에는 Mplus 8.8 (Muthen & Muthen, 2019)과 R 패키지 MplusAutomation (Hallquist & Wiley, 2018)을 사용하였으며 다항 로지스틱 회귀모형을 비롯한 나머지 분석에는 R 프로그램을 이용하였다.

연구 결과

1. 기술통계

분석에 사용된 변인들의 기술통계 분석 결과는 Table 3 및 Table 4와 같다. 우선, Table 3에서 확인할 수 있듯이 흥미와 관련된 4개 문항의 각 평균값은 학년이 올라갈수록 감소하나, 성취도의 경우 반대로 학년이 올라갈수록 증가하는 양상을 확인할 수 있다. 또한, 각 변인에 대한 왜도의 절댓값이 2를 넘지 않고 첨도의 절댓값이 7을 넘지 않아 정규성 가정을 만족하는 것을 확인할 수 있다. 각 변인 사이의 상관계수의 경우 0.185-0.570으로 모두 0.8을 넘지 않아 다중공선성에도 문제가 없음을 확인하였다(Park et al., 2017). 다음으로, 각 예측 변인에 대한 기술통계량은 Table 4와 같다. 학생들의 교육포부는 평균이 3.06으로 4년제 대학 졸업을 평균적인 목표로 두고 있음을 확인할 수 있다. 일주일 평균 사교육 시간은 2.78로 학생들은 일주일에 평균 3시간 정도의 수학 사교육을 받는 것을 확인할 수 있다. 또한 1년 미만의 선행학습을 하는 학생들이 40% 정도였으며, 1년 이상의 선행학습을 하는 학생들이 12% 정도로, 합해서 절반 이상의 학생들이 선행학습을 하고 있는 것으로 드러났다. 학생이 인식한 수업방식은 교수자 중심 수업이 4.01로 학습자 중심 수업의 3.72보다 높게 나와, 학생들이 교사의 수업 방식을 학습자 중심보다 교수자 중심으로 인식하는 경향이 있음을 확인할 수 있다. 각 예측 변인에 대한 분산평창계수(variance

Table 3. Descriptive statistics for mathematics interest and achievement

Variable	Grade 7					Grade 8					Grade 9				
	Mean	SD	N	Skewness	Kurtosis	Mean	SD	N	Skewness	Kurtosis	Mean	SD	N	Skewness	Kurtosis
INT1	3.20	1.22	5,633	-0.10	-0.78	3.21	1.25	5,546	-0.14	-0.85	3.20	1.24	5,365	-0.15	-0.82
INT2	3.52	1.10	5,631	-0.34	-0.38	3.51	1.10	5,540	-0.35	-0.38	3.49	1.10	5,364	-0.33	-0.35
INT3	3.28	1.18	5,628	-0.14	-0.68	3.25	1.20	5,543	-0.15	-0.70	3.21	1.19	5,365	-0.12	-0.68
INT4	3.30	1.23	5,629	-0.20	-0.82	3.26	1.25	5,544	-0.20	-0.85	3.24	1.24	5,366	-0.19	-0.80
ACHV	494.94	102.95	5,728	0.18	-0.97	506.54	102.67	5,600	0.07	-1.08	508.69	102.54	5,451	0.09	-1.12

Table 4. Descriptive statistics for independent variables

	Variable	Mean	SD	N
Individual	Sex	0.49	0.50	5,762
	Educational ambition	3.06	0.86	5,385
	Private education time	2.78	2.85	5,744
	Prior learning (<1 year)	0.45	0.50	5,756
	Prior learning (≥1 year)	0.12	0.32	5,756
Instruction method	Instructor-centered	4.01	0.61	5,757
	Learner-centered	3.72	0.67	5,761
Family	Family income	2.65	0.21	5,712
	Parental education level	3.14	1.12	5,322

inflation factor)는 1.022-3.168로 10을 넘지 않아서 다중공선성에 문제가 없음을 확인하였다.

2. 수학 흥미와 성취도의 종단적 변화에 따른 잠재집단 분류

학생들의 중학교 1학년부터 3학년까지의 수학 흥미와 성취도를 다변량 성장혼합모형으로 분석하였다. 잠재집단의 수를 결정하기 위해 잠재집단의 개수를 1-6개로 다르게 하여 모형을 추정하였으며, 잠재집단의 개수에 따른 모형 적합도, 모형 비교 검증 및 집단 분류 결과는 Table 5와 같다. Table 5에 따르면 잠재집단의 개수가 많아질수록 AIC와 BIC가 모두 감소하는 양상을 보였으며, LMR-LRT와 BLRT 모두 유의확률이 0.05 이하로 나와서 잠재집단의 개수가 많은 모형이 유의한 것으로 나타났다. 한편, 집단의 개수를 4보다 크게 설정했을 경우는 AIC와 BIC의 감소량이 작아지며, 엔트로피는 집단의 개수가 4개인 경우가 5개 또는 6개인 경우보다 더 높게 나왔고, 이에 최종 잠재집단의 개수를 4개로 결정하였다.

Table 5. Model comparison based on the number of latent classes

Number of classes	AIC	BIC	Entropy	LMR-LRT	BLRT	Class counts (proportion)					
						1	2	3	4	5	6
1	365181	365414	-	-	-	5,762 (100%)	-	-	-	-	-
2	364229	364495	0.769	0.000	0.000	3,436 (60%)	2,326 (40%)	-	-	-	-
3	363987	364286	0.731	0.000	0.000	2,493 (43%)	1,658 (29%)	1,610 (28%)	-	-	-
4	363609	363942	0.763	0.000	0.000	2,489 (43%)	1,556 (27%)	1,317 (23%)	399 (7%)	-	-
5	363550	363916	0.694	0.000	0.000	1,510 (26%)	1,385 (24%)	1,297 (23%)	1,249 (22%)	320 (6%)	-
6	363473	363872	0.711	0.000	0.000	1,798 (31%)	1,250 (22%)	1,172 (20%)	691 (12%)	561 (10%)	290 (5%)

잠재집단의 개수를 4개로 설정하여 다변량 성장혼합모형에 대한 분석을 진행하였고, 분류된 각 잠재집단의 수학 흥미와 성취도의 변화양상을 그래프로 나타내면 Figure 2와 같다. 가장 많은 2,489명이 속한 첫 번째 집단은 저수준 유형으로 흥미와 성취도가 모두 낮은 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 학년이 올라감에 따라 성취도가 조금씩 증가하지만 흥미는 반대로 감소하는 양상을 보여주었다. 두 번째로 많은 1,556명이 속한 두 번째 집단은 고수준 유형으로 흥미와 성취도가 모두 높은 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 저수준 유형과 마찬가지로 고수준 유형 또한 성취도는 조금씩 증가하지만 흥미는 감소하는 것을 확인할 수 있다. 세 번째 집단은 중수준-증가 유형으로 흥미와 성취도가 중간 정도의 수준에서 학년이 올라감에 따라 증가하는 유형에 해당하며, 1,317명이 속하는 것으로 나타났다. 학년이 올라감에 따라 흥미가 감소하는 다른 유형들과 달리 중수준-증가 유형은 유일하게 학년이 올라감에 따라 흥미가 증가하며 성취도 또한 고수준 및 저수준 유형에 비해 크게 증가하는 양상을 확인할 수 있다. 마지막 네 번째 집단은 중수준-감소 유형으로 흥미와 성취도가 학년이 올라감에 따라 모두 감소하는 유형이며, 399명이 속하는 것으로 나타났다. 중수준-감소 유형의 경우, 흥미는 중학교 1학년 때 고수준 유형 다음으로 높았지만, 학년이 올라감에 따라 감소하여 중학교 3학년 때는 저수준 유형 다음으로 낮은 흥미를 보였으며, 성취도는 중학교 1학년 때 고수준 유형과 크게 차이가 나지 않을 정도로 높았지만, 학년이 올라감에 따라 급격하게 감소하여 중학교 3학년 때는 저수준 유형과 비슷한 성취도를 보였다. 다른 모든 유형이 학년이 올라감에 따라 성취도가 증가하는데, 중수준-감소 유형의 경우 유일하게 성취도가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

다음으로, 추정 결과로부터 얻은 개별 학생의 흥미 및 성취도의 초기값과 기울기 사이의 상관계수는 Table 6과 같다. 흥미의 초기값과 기울기 사이의 상관계수 추정값은 -0.143으로 음의 상관관계가 존재하였으며, 유의수준 0.05를 기준으로 통계적으로 유의하지는 않았지만 유의확률이 0.061로 유의수준에 근접한 것으로 나타났다. 또한, 성취도의 초기값과 기울기 사이의 상관계수 추정값은 -0.817로 강한 음의 상관관계가 존재하였으며, 통계적으로도 유의미한 것으로 나타났다. 이는 초기 성취도가 높을수록 성취도가 증가하는 것이 어려움을 의미한다. 한편, 흥미 초기값과 성취도 초기값 사이의 상관계수 추정값은 0.294로

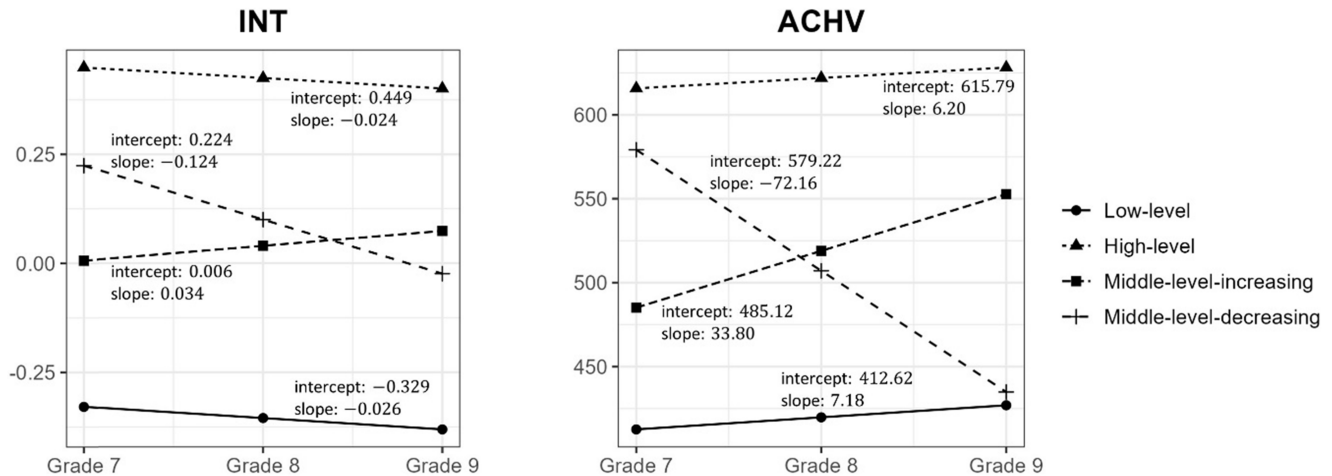


Figure 2. Trajectories of mathematics interest and achievement for each class.

유의미한 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타났으며, 특히 흥미 기울기와 성취도 기울기 사이의 상관계수 추정값이 0.208로 나와 마찬가지로 유의미한 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 초기 흥미와 초기 성취 사이뿐 아니라 흥미와 성취도의 증가율 사이에도 정적인 상관관계가 존재함을 의미한다.

Table 6. Estimated correlation coefficients (standard error) of intercepts and slopes for mathematics interest and achievement

	INT intercept	INT slope	ACHV intercept
INT slope	-0.143 (0.076)	-	-
ACHV intercept	0.294 (0.043)***	-0.134 (0.068)*	-
ACHV slope	-0.145 (0.051)**	0.208 (0.079)**	-0.817 (0.039)***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

3. 수학 흥미와 성취도의 종단적 변화 유형에 대한 영향 요인

학생들을 수학 흥미와 성취도의 변화 양상에 따라 저수준, 고수준, 중수준-증가, 중수준-감소 유형으로 구분한 다음, 각 유형의 분류에 영향을 미치는 예측 변인에 대한 탐색을 진행하였다. 다항 로지스틱 회귀모형을 이용하여 예측 변인의 값에 따라 각 유형에 속할 확률이 어떻게 달라지는지 확인하였고, 분석 결과는 Table 7과 같다. Table 7에 나타난 결과는 각 유형에 속할 확률을 기준집단과 비교집단으로 구분하여 살펴본 것으로, p 값(p -value)이 0.05 이하로 나타나면 예측 변인이 유형의 결정에 유의미한 영향을 미치며, 예측 변인의 값이 1만큼 증가할 때 기준집단에 비해 비교집단에 속할 확률이 오즈비(exp)의 값에 비례하여 변화하는 것으로 해석할 수 있다.

개인 변인 중 성별의 경우 저수준 유형을 기준집단으로 하고 고수준 및 중수준-증가 유형을 비교집단으로 하였을 때 p 값이 각각 0.02와 0.04로 0.05 이하이고 추정값(est)이 음수로 나와서, 남학생($sex=0$)에 비해 여학생($sex=1$)에 비해 저수준 유형보다 고수준 및 중수준-증가 유형에 속할 확률이 유의미하게 높은 것을 확인할 수 있다. 여학생이 저수준 유형보다 고수준 및 중수준-증가 유형에 속할 확률은 각각 남학생의 0.80배 및 0.85배인 것으로 나타났다. 다른 유형을 기준집단과 비교집단으로 하였을 때는 모두 p 값이 0.05 이하로 나와서 성별이 유의미한 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있다. 학생의 교육포부와 일주일 평균 사교육 시간의 경우 높을수록 저수준 유형보다 중수준-증가 및 중수준-감소 유형에 속할 확률이 증가하며, 중수준-증가 및 중수준-감소 유형보다 고수준 유형에 속할 확률이 증가하는 것으로 나타났다. 이는, 학생의 교육포부가 높고 사교육 시간이 많을수록 흥미와 성취도가 높은 유형에 속할 확률이 커져서 흥미와 성취도에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 반면, 학생의 교육포부와 일주일 평균 사교육 시간은 중수준-증가 유형과 중수준-감소 유형 사이의 결정에는 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 선행학습의 경우 우선 1년 미만과 1년 이상의 정도에 상관없이, 선행학습을 했을 시 저수준 유형보

다 중수준-증가 및 중수준-감소 유형에 속할 확률이 증가하며, 중수준-증가 및 중수준-감소 유형보다 고수준 유형에 속할 확률이 증가하는 것으로 나타났으며, 1년 미만의 선행학습보다 1년 이상의 선행학습이 각각의 확률을 더 크게 증가시키는 것으로 나타났다. 한편, 1년 이상의 선행학습을 했을 경우 중수준-증가 유형보다 중수준-감소 유형에 속할 확률 또한 유의미하게 증가하는 것으로 나타났다. 1년 미만의 선행학습은 중수준-증가와 중수준-감소 유형 사이의 결정에는 유의미한 영향을 미치지 않았다.

다음으로, 학생이 인식하는 교사의 수업 방식은 교수자 중심의 수업 방식과 학습자 중심의 수업 방식이 다소 상반된 결과를 보이는 것으로 나타났다. 학생이 수업을 교수자 중심으로 인식할수록 저수준 유형보다 중수준-증가 및 중수준-감소 유형에 속할 확률이 높아지며, 중수준-증가 및 중수준-감소 유형보다 고수준 유형에 속할 확률이 유의미하게 높아지는 것으로 드러났다. 반면, 학생이 수업을 학습자 중심으로 인식할수록 고수준 유형보다 저수준, 중수준-증가, 중수준-감소 유형에 속할 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 이는 학생이 인식하는 수업의 방식이 흥미와 성취도 유형의 결정에 유의미한 영향을 미치며, 수업 방식을 교수자 중심으로 인식할수록 흥미와 성취도가 높은 유형에 속하기 쉬운 반면 수업 방식을 학습자 중심으로 인식할수록 흥미와 성취도가 낮은 유형에 속하기 쉽다는 점을 의미한다.

마지막으로, 가정 변인은 소득과 부모 학력의 두 가지를 살펴보았다. 가정의 소득이 높을수록 저수준 및 중수준-증가 유형보다 중수준-감소 및 고수준 유형에 속할 확률이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 가정의 소득이 흥미와 성취도가 모두 높은 수준인 유형과 흥미와 성취도가 모두 급격하게 감소하는 두 상반된 유형의 확률을 높인다는 것을 의미한다. 부모 학력 또한 그 영향력이 비교적 작지만 가정의 소득과 비슷한 양상의 영향이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 부모 학력이 높을수록 저수준 유형보다 중수준-증가 유형으로 결정되는 확률이 유의미하지 않게 나왔을 뿐, 나머지는 가정의 소득과 동일한 유형의 결정에 통계적으로 유의미한 영향이 존재하였다.

Table 7. Results of multinomial logistic regression analysis

Variable	Low-level vs high-level			Low-level vs middle-level-increasing			Low-level vs middle-level-decreasing			
	est (s. e.)	p-value	exp	est (s. e.)	p-value	exp	est (s. e.)	p-value	exp	
Individual	Sex	-0.22 (0.09)	0.02	0.80	-0.17 (0.08)	0.04	0.85	-0.24 (0.13)	0.06	0.79
	Educational ambition	0.60 (0.06)	0.00	1.81	0.28 (0.05)	0.00	1.32	0.23 (0.08)	0.01	1.26
	Private education time	0.33 (0.02)	0.00	1.39	0.25 (0.02)	0.00	1.29	0.20 (0.03)	0.00	1.22
	Prior learning (<1 year)	1.75 (0.12)	0.00	5.74	0.75 (0.09)	0.00	2.11	0.93 (0.15)	0.00	2.55
	Prior learning (≥1 year)	4.09 (0.29)	0.00	59.91	1.61 (0.30)	0.00	5.00	2.69 (0.34)	0.00	14.79
Instruction method	Instructor-centered	0.87 (0.10)	0.00	2.38	0.46 (0.09)	0.00	1.58	0.32 (0.15)	0.03	1.37
	Learner-centered	-0.22 (0.09)	0.01	0.80	-0.04 (0.08)	0.61	0.96	0.07 (0.13)	0.61	1.07
Family	Family income	0.71 (0.27)	0.01	2.03	0.16 (0.23)	0.47	1.18	0.96 (0.37)	0.01	2.62
	Parental education level	0.44 (0.05)	0.00	1.56	0.24 (0.04)	0.00	1.27	0.37 (0.06)	0.00	1.45
Variable	High-level vs middle-level-increasing			High-level vs middle-level-decreasing			Middle-level-increasing vs middle-level-decreasing			
	est (s. e.)	p-value	exp	est (s. e.)	p-value	exp	est (s. e.)	p-value	exp	
Individual	Sex	0.05 (0.09)	0.56	1.05	-0.02 (0.13)	0.87	0.98	-0.07 (0.13)	0.58	0.93
	Educational ambition	-0.32 (0.06)	0.00	0.73	-0.36 (0.08)	0.00	0.70	-0.05 (0.08)	0.59	0.96
	Private education time	-0.08 (0.02)	0.00	0.93	-0.13 (0.03)	0.00	0.88	-0.05 (0.03)	0.08	0.95
	Prior learning (<1 year)	-1.00 (0.12)	0.00	0.37	-0.81 (0.17)	0.00	0.44	0.19 (0.16)	0.23	1.21
	Prior learning (≥1 year)	-2.48 (0.18)	0.00	0.08	-1.40 (0.24)	0.00	0.25	1.08 (0.26)	0.00	2.96
Instruction method	Instructor-centered	-0.41 (0.10)	0.00	0.66	-0.55 (0.15)	0.00	0.58	-0.14 (0.15)	0.34	0.87
	Learner-centered	0.18 (0.08)	0.04	1.19	0.28 (0.13)	0.03	1.33	0.11 (0.13)	0.41	1.11
Family	Family income	-0.54 (0.26)	0.04	0.58	0.26 (0.38)	0.51	1.29	0.80 (0.38)	0.04	2.22
	Parental education level	-0.20 (0.04)	0.00	0.82	-0.07 (0.06)	0.25	0.93	0.13 (0.06)	0.04	1.14

결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라 중학교 학생들의 수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화에 있어 서로 간의 상호 효과를 확인하고 종단적인 변화 궤적에 따라 학생들을 유형화하기 위하여 경기교육종단연구 4-6차년도 데이터에 다변량 성장혼합모형을 적용하여 분석을 시행하였다. 또한, 수학 흥미와 성취도 변화 유형에 영향을 미치는 요인을 탐색하기 위하여 예측 변인을 개인, 수업방식, 가정으로 구분하여 다항 로지스틱 회귀모형 분석을 시행하였다. 각 연구문제에 대한 결론은 다음과 같다.

첫째, 다변량 성장혼합모형 추정 결과 잠재집단의 개수가 많아질수록 모형 적합도가 좋아지는 것을 통해 학생들의 수학 흥미와 성취도의 변화 양상에 이질적인 특성이 존재함을 확인할 수 있었다. 모형 적합도와 모형 비교 검증을 통해 잠재집단의 개수를 4개로 설정한 뒤 이를 바탕으로 학생들을 흥미와 성취도의 변화 궤적에 따라 저수준, 고수준, 중수준-증가, 중수준-감소 유형으로 구분하였다. 저수준과 고수준 유형은 각각 가장 낮은 수준과 가장 높은 수준의 흥미와 성취도를 보였으며 두 유형 모두 공통적으로 학년이 올라감에 따라 성취도는 향상되고 흥미는 저하되었다. 반면 중수준-증가 유형은 학년이 올라감에 따라 성취도와 흥미가 모두 증가하였고, 중수준-감소 유형은 성취도와 흥미가 모두 상대적으로 크게 감소하였다. 중학교 1학년 시기에는 중수준-감소 유형이 중수준-증가 유형보다 흥미와 성취도가 더 높았지만, 중학교 3학년 시기에는 반대로 중수준-증가 유형이 더 높은 흥미와 성취도를 보였다. 이처럼 학생들이 흥미와 성취도의 변화 궤적에 따라 복수의 유형으로 구분되며 각 유형마다 흥미와 성취도의 종단적인 변화 양상이 서로 다른 특징을 보인다는 결과는, 본 연구의 분석에서 사용한 다변량 성장혼합모형이 학생들의 흥미와 성취도의 종단적인 변화를 분석하기에 적절하다는 근거를 보여준다. 더불어 학생들을 흥미와 성취도가 낮거나 감소하는 저수준 유형 및 중수준-감소 유형보다 흥미와 성취도가 모두 높거나 증가하는 고수준 유형 및 중수준-증가 유형으로 이끌어줄 필요가 있음을 함의하는 결과로도 해석할 수 있다. 각 유형의 변화 양상을 살펴본 결과, 성취도의 경우 중수준-감소 유형을 제외하면 모두 학년이 올라감에 따라 증가하지만 흥미의 경우 중수준-증가 유형을 제외하면 모두 학년이 올라감에 따라 감소하는 양상을 보였다. 대부분의 유형에서 성취도가 증가한 것은 본 연구에서 학생들의 성취도 점수로 활용한 수직척도점수가 각 학년의 점수를 동일한 척도에서 분석하여 학년이 올라감에 따라 학생의 성취가 향상하는 양상을 반영하기 때문인 것으로 보인다(Kang & Song, 2012). 또한, 수학에서 흥미가 학습 전체에 영향을 줄 수 있는 중요한 정의적 특성임을 고려할 때(Choi, 2020), 대부분의 유형에서 흥미가 감소한 결과는 학생들의 수학에 대한 흥미가 하락하는 것을 방지하고 더 나아가서 수학에 대한 흥미를 향상시킬 수 있도록 하는 방안에 대한 후속연구가 필요함을 의미한다.

둘째, 다변량 성장혼합모형에서 추정된 학생 개개인에 대한 수학 흥미와 성취도의 초기값 및 기울기 사이의 상관관계를 통해 두 변량의 종단적인 변화에 대한 상호 영향을 확인하였다. 그 결과, 흥미의 초기값과 기울기 사이에 유의미한 음의 상관관계가 존재하여 흥미가 높을수록 증가하기 힘들어지는 양상을 확인하였으며, 성취도에 대해서는 이와 같은 양상이 더욱 심화되어 나타나는 것을 확인하였다. 한편, 흥미의 초기값과 성취도의 초기값 사이와 흥미의 기울기와 성취도의 기울기 사이에는 양의 상관관계가 존재하였고, 이는 흥미와 성취도가 초기값뿐 아니라 그 변화율에 있어서도 서로 긍정적인 영향을 미치는 것을 의미한다. 이와 같은 결과는 흥미와 성취도 수준 사이에 정적인 상관관계가 있다는 기존의 연구 결과(Lee & Kil, 1998)를 종단 데이터에 대한 성장 모형 기반의 분석을 통해 확장하여 얻은 것에 해당하며, 흥미와 성취도 중 어느 하나에만 초점을 두고 수준을 이끌어 올리기보다 흥미와 성취도를 함께 향상시킴으로써 상승효과를 이끌어내는 것이 필요함을 시사한다.

셋째, 흥미와 성취도 변화 유형의 결정에 영향을 미치는 예측 변인을 개인, 수업방식, 가정으로 나누어 그 영향력을 살펴보았다. 개인 변인의 경우 학생의 교육포부와 일주일 평균 사교육 시간이 높을수록 흥미와 성취도가 높은 유형에 속할 확률이 증가하는 것을 확인하였다. 선행학습의 경우 1년 이하의 선행학습이 저수준 유형보다 중수준 유형에 속할 확률과 중수준보다 고수준 유형에 속할 확률을 유의미하게 증가시키고, 1년 이상의 선행학습은 이와 같은 확률을 1년 미만의 사교육보다 더 크게 증가시키는 것으로 나타났다. 한편, 1년 이상의 선행학습은 중수준-증가 유형보다 중수준-감소 유형에 속할 확률 또한 유의미하게 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 선행학습이 흥미와 성취도가 더 높은 유형으로 결정될 가능성을 높이기도 하지만, 과도한 선행학습은 흥미와 성취도가 함께 감소하는 유형으로 결정될 가능성을 높이기도 하는 것을 의미하며, 과도한 선행학습으로 인해 흥미와 성취도가 증가하는 유형이 아닌 감소하는 유형으로 결정되는 부작용에 주의할 필요가 있음을 시사한다. 또한, 선행학습이 수학 흥미와 성취도에 다면적인 영향을 미칠 수 있음을 의미하며, 기존의 선행연구들에서 수학 교과 선행학습의 효과를 성취도와 흥미를 비롯한 정의적 특성에 긍정적인 영향을 준다고 보고하기도 하고(Jang & Park, 2019) 성취도에 유의미한 영향을 미치지 않는다고 보고하기도 하는 등(Chang, 2013; Kim & Shin, 2011) 그 결과가 상이하게 나타났던 점에 대한 근거가 될 수도 있을 것이다. 학생이 인식하는 교사의 수업 방식의 경우 수업을 교수자 중심으로 인식할수록 흥미와 성취도가 높은 유형에 속하기 쉬우나, 학습자 중심으로 인식할수록 흥미와 성취도가 낮은 유형에 속하기 쉬운 것으로 나타났다. 이러한 결과

는 강의식 수업이 학업성취와 흥미를 비롯한 정의적 특성에 정적인 영향을 주고 토론식 수업방식은 반대로 부적인 영향을 준다는 Cheong 외 (2015)의 연구 결과 및 학생이 수업을 교수자 중심으로 인식할수록 성취도가 높으나 학습자 중심으로 인식할수록 성취도가 낮다는 Chung 외 (2017)의 연구 결과와 일치한다. 또한, 학습자 중심 수업 방식에 대한 인식 정도가 높은 집단이 흥미를 비롯한 정의적 특성이 높게 나타났다는 Jang과 Ko (2020)의 연구 결과, 학습자 중심 수업이 흥미에 긍정적인 영향을 미치나 교수자 중심 수업은 유의한 영향이 존재하지 않는다는 Lee와 Lee (2023)의 연구 결과와는 상이한 결과에 해당한다. 한편, 본 연구에서 요인으로 구성한 수업 방식은 학생이 인식하는 교사의 수업 방식으로, 이는 실제 교사가 의도한 수업 방식과는 인식의 차이가 존재할 수 있다(Jang & Ko, 2020). 따라서, 본 연구에서의 분석 결과를 바탕으로 학생들이 인식하는 수업의 방식이 흥미와 성취도 유형의 결정에 미치는 영향을 확인할 수는 있었지만, 이와 같은 결과를 일반화하여 수학 흥미와 성취도를 위해 교수자 중심의 수업이 필요하다는 결론을 도출하기에는 무리가 있다. 학생이 인식한 수업의 방식과 실제 교사가 의도한 수업의 방식을 구분하여 수학 성취도나 흥미를 비롯한 정의적 영역에 미치는 영향을 분석하는 후속연구를 통해, 교육 현장에서 수업 방식이 미치는 영향과 관련하여 보다 풍부한 해석이 가능할 것으로 기대한다.

본 연구는 다변량 성장혼합모형을 이용하여 학생들의 수학 흥미와 성취도를 함께 고려하여 종단적인 변화 양상을 분석하고, 변화 궤적에 따라 유형을 구분하여 각 유형의 특징을 확인하였다는 점에서 의의가 있다. 또한, 학생들의 흥미와 성취도 변화 유형의 결정에 미치는 요인을 개인, 수업방식, 가정으로 다양하게 살펴보고 시사점을 도출했다는 점에도 의의가 있다. 한편, 이와 같은 의의와 함께 본 연구가 가진 한계점 또한 존재한다. 첫째, 본 연구에서는 수학 성취도와 함께 정의적 요인으로 수학 흥미를 고려하여 분석을 진행하였으나, 자기 효능감이나 태도 등 수학 학습과 관련된 다른 정의적인 특성들을 포함하여 분석을 진행해볼 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 학생들의 흥미와 성취도 유형에 영향을 미치는 예측 변인으로 학생이 인식한 수업의 방식을 학습자 중심과 교수자 중심으로 구분하여 분석을 진행하였다. 한편, 수업의 방식은 학습자 중심과 교수자 중심의 구분보다 세부적으로 강의법, 발문법, 토의법, 발견학습 및 탐구학습, 협동학습 등으로 분류될 수도 있다(Jang & Ko, 2020). 이와 같은 세부적인 구분을 포함하여 분석을 진행할 경우, 수업의 방식과 관련하여 더 구체적인 시사점을 도출할 수 있을 것으로 기대한다.

ORCID

Rae Yeong Kim: <https://orcid.org/0009-0002-7817-4759>

Sooyun Han: <https://orcid.org/0009-0002-1467-5503>

Conflict of Interest

The authors declare that they have no competing interests.

References

- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Chang, O. (2013). *A study on the effect of the private in-advance learning in mathematics among humanities-oriented-track high school students* [Doctoral dissertation, Dankook University].
- Cheong, M. J., Kim, H. K., & Moon, Y. H. (2015). The relationship between teaching methods accepted by learners and academic achievement factors on academic achievement. *Korean Journal of Youth Studies*, 22(7), 129–150.
- Choe, S. H., Park, S., & Hwang, H. J. (2014). Analysis of the current situation of affective characteristics of Korean students based on the results of PISA and TIMSS. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 17(1), 23–43.
- Choi, J. S. (2020). Theoretical conceptualizations of educational interest focused on mathematics learning. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 23(1), 1–23. <http://doi.org/10.30807/ksms.2020.23.1.001>
- Choi, J. S., & Sang, K. A. (2019). The effects of educational context variables on achievement and interest in mathematics in high and low achieving students. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 22(2), 163–182. <http://doi.org/10.30807/ksms.2019.22.2.163>

- org/10.30807/ksms.2019.22.2.004
- Chung, H., Won, J., & Park, S. (2018). Classifying the academic achievements and core competencies of adolescents and testing the effects of variable factors. *Studies on Korean Youth*, 29(2), 185–215. <http://doi.org/10.14816/sky.2018.29.2.185>
- Chung, J. Y., Lee, H., & Kim, S. (2014). A hierarchical analysis of the factors influencing on student achievement – Using the teacher and student factors of TIMSS 2011. *The Journal of Korean Teacher Education*, 31(2), 53–75. <http://doi.org/10.24211/tjkte.2014.31.2.53>
- Chung, Y. K., Lee, S. Y., Song, J. Y., & Woo, Y. K. (2017). Differential relations of students' perceived instructions to their motivation, classroom attitude, and academic achievement: The moderating role of self-efficacy. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 29(1), 211–235. <http://doi.org/10.17927/tkjems.2017.29.1.211>
- Hallquist, M. N., & Wiley, J. F. (2018). MplusAutomation: An R package for facilitating large-scale latent variable analyses in Mplus. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 25(4), 621–638. <https://doi.org/10.1080/10705511.2017.1402334>
- Hertzog, C., von Oertzen, T., Ghisletta, P., & Lindenberger, U. (2008). Evaluating the power of latent growth curve models to detect individual differences in change. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 15(4), 541–563. <https://doi.org/10.1080/10705510802338983>
- Jang, J., & Ko, Y. (2020). Perception and characteristics of teachers and students on teaching methods: A latent profile analysis. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 32(4), 575–605.
- Jang, J., & Park, I. (2019). Analysis of the actual status and effect of mathematics prerequisite learning of elementary, middle, and high school students in Gyeonggi-do. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 31(1), 45–66. <http://doi.org/10.17927/tkjems.2019.31.1.45>
- Ju, Y. J., Lee, C. H., & Kim, S. H. (2011). A comparison study between male and female students on academic self-efficacy, interest, external motivation, and mathematics achievement of high school students. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 15(4), 1021–1043. <http://doi.org/10.24231/rici.2011.15.4.1021>
- Jung, H. S., & Song, H. N. (2020). Detecting types for the influence of mathematics interest and mathematical perception on mathematics achievement in middle school students: Using REBUS-PLS. *School Mathematics*, 22(4), 853–868. <https://doi.org/10.29275/sm.2020.12.22.4.853>
- Kang, M. (2018). *Longitudinal analysis of high school students' affective attitude, recognition of teacher's teaching ability, learning strategy, and achievement in mathematics* [Doctoral dissertation, Ewha Womans University].
- Kang, T., & Song, M. (2012). An exploratory study on IRT vertical scaling for grade 6 through grade 9 educational achievement tests. *Journal of Educational Evaluation*, 25(2), 287–315.
- Kim, H. M., Kim, Y., & Han, S. (2018). A longitudinal analysis on the relationships among mathematics academic achievement, affective factors, and shadow education participation. *School Mathematics*, 20(2), 287–306. <https://doi.org/10.29275/sm.2018.06.20.2.287>
- Kim, K., Kim, S., Kim, M., & Kim, S. (2009). *Comparative analysis of curriculum and achievement characteristics between Korea and high performing countries in PISA & TIMSS (RRE 2009–7–2)*. Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Kim, K., Kim, S., & Park, H. (2010). A Comparison of multi-level models for mathematics performance across Korea, Singapore, Japan and Hong Kong. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 13(2), 219–238.
- Kim, S., & Koh, M. (2007). The factor of effect in growth of academic achievement in adolescent: The use of latent growth model. *Studies on Korean Youth*, 18(3), 5–29.
- Kim, S., & Shin, C. (2011). Academic high school students: the pre-study effect analysis. *The Journal of Yeolin Education*, 19(4), 87–108.
- Kim, S. J., Kim, K. H., & Park, J. H. (2014). The effect of mathematics achievement on changes in mathematics interest and values for middle school students. *Journal of Research in Curriculum and Instruction*, 18(3), 683–701. <http://doi.org/10.24231/rici.2014.18.3.683>
- Kim, Y. (2020). A longitudinal study on the influence of attitude, mood, and satisfaction toward mathematics class on mathematics academic achievement. *Communications of Mathematical Education*, 34(4), 525–544. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2020.34.4.525>
- Kim, Y., & Han, S. (2020). A longitudinal study on the effects of internal and external factors on mathematics academic achievement. *School Mathematics*, 22(3), 537–566. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2020.34.3.325>
- Kim, Y. B., & Kim, N. O. (2015). Exploration of student and school factors influencing on academic achievement. *Korean Journal of Educational Research*, 53(3), 31–60.
- Köller, O., Baumert, J., & Schnabel, K. (2001). Does interest matter? The relationship between academic interest and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(5), 448–470. <https://doi.org/10.2307/749801>
- Kwon, J. R., & Kwon, M. (2023). Exploring factors influencing affective characteristics in elementary school students: Focusing on school mathematics education and social environment. *Education of Primary School Mathematics*, 26(3), 199–217. <https://doi.org/10.7468/jksmec.2023.26.3.199>
- Lee, C. H., & Kim, S. (2010). Analysis of affective factors on mathematics learning according to the results of PISA 2003.

- School Mathematics*, 12(2), 219–237.
- Lee, H., Ko, H. K., Park, J. H., Oh, S. J., & Lim, M. (2022). Exploring the direction of mathematics education to improve the affective achievement of students. *The Mathematical Education*, 61(4), 631–651. <https://doi.org/10.7468/mathedu.2022.61.4.631>
- Lee, M., & Kil, Y. (1998). Differences of affective variables related to mathematics learning by the grades and achievement groups. *The Mathematical Education*, 37(2), 147–158.
- Lee, S., & Lee, S. S. (2023). Examining the influence of learner-centered and teacher-centered instruction on middle school students' subject interest by achievement levels. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 35(1), 129–154.
- Li, F., Barrera, M., Hops, H., & Fisher, K. J. (2002). The longitudinal influence of peers on the development of alcohol use in late adolescence: A growth mixture analysis. *Journal of Behavioral Medicine*, 25(3), 293–315. <https://doi.org/10.1023/a:1015336929122>
- Lim, S. A., & Lee, J. (2016). Affective factors as a predictor of math achievement: Comparison of OECD high performing 10 countries. *Journal of Educational Evaluation*, 29(2), 357–382.
- Muthén, B., Brown, C. H., Masyn, K., Jo, B., Khoo, S. T., Yang, C. C., Wang, C. P., Kellam, S. G., Carlin, J. B., & Liao, J. (2002). General growth mixture modeling for randomized preventive interventions. *Biostatistics*, 3(4), 459–475. <https://doi.org/10.1093/biostatistics/3.4.459>
- Muthén, B., & Muthén, L. (2019). Mplus: A general latent variable modeling program.
- Nylund, K. L., Asparouhov, T., & Muthén, B. O. (2007). Deciding on the number of classes in latent class analysis and growth mixture modeling: A Monte Carlo simulation study. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 14(4), 535–569. <https://doi.org/10.1080/10705510701575396>
- Park, C. (2007). The trend in the Korean middle school students' affective variables toward mathematics and its effect on their mathematics achievements. *The Mathematical Education*, 46(1), 19–31.
- Park, S., Chiu, W., & Won, D. (2017). Effects of physical education, extracurricular sports activities, and leisure satisfaction on adolescent aggressive behavior: A latent growth modeling approach. *PLoS ONE*, 14(4), e0174674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174674>
- Park, S. H., & Sang, K. (2011). Characteristics of and factors affecting on students' attitude toward mathematics. *School Mathematics*, 13(4), 697–716.
- Ramaswamy, V., DeSarbo, W. S., Reibstein, D. J., & Robinson, W. T. (1993). An empirical pooling approach for estimating marketing mix elasticities with PIMS data. *Marketing science*, 12(1), 103–124. <https://doi.org/10.1287/mksc.12.1.103>
- Reinecke, J., & Seddig, D. (2011). Growth mixture models in longitudinal research. *Advances in Statistical Analysis*, 95(4), 415–434. <https://doi.org/10.1007/s10182-011-0171-4>
- Sang, K., Kwak, Y., Park, J., & Park, S. (2016). *The trends in international mathematics and science study (TIMSS): Findings from TIMSS 2015 for Korea* (RRE 2016–15–1). Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Sang, K. A., Kim K. H., Park S. W., Jeon S. K., Park, M. M., & Lee, J. W. (2020). *An international comparative study on the trend of mathematical and scientific achievement: TIMSS 2019* (RRE 2020–10). Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Schwartz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461–464. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>
- Shin, J. H. (2009). The impacts of prior learning and family environments on the attitudes toward math of applicants to the education center for gifted children in math. *Korean Journal of Teacher Education*, 25(2), 180–199.
- Song, H. S., & Jung, H. S. (2022). Detecting types for the influence of math teaching methods perceived by high school students on math self-efficacy: Using REBUS-PLS. *The Mathematical Education*, 61(4), 613–629. <http://doi.org/10.7468/mathedu.2022.61.4.613>
- Song, H. S., & Jung, H. S. (2023). The effects of math teachers' teaching ability and class activity types on learners' affective attitudes: A multilevel structural equation model. *The Mathematical Education*, 62(2), 195–209. <https://doi.org/10.7468/mathedu.2023.62.2.195>

중학생들의 수학 흥미와 성취도의 종단적 변화에 따른 잠재집단 분류 및 영향요인 탐색: 다변량 성장혼합모형을 이용하여

김래영¹, 한수연^{2*}

¹서울대학교 대학원생

²한국교육과정평가원 부연구위원

*교신저자: 한수연(syhan@kice.re.kr)

초 록

본 연구는 중학생들의 수학 흥미와 성취도의 종단적인 변화 양상을 알아보기 위해 경기교육종단연구 4-6차년도 데이터를 분석하였다. 다변량 성장혼합모형을 이용하여 분석한 결과 학생들의 수학 흥미와 성취도의 변화 양상에 이질적인 특성이 존재함을 확인하였고, 종단적인 변화 양상에 따라 학생들을 4개의 잠재집단으로 구분하였다. 학생들은 흥미와 성취도가 모두 낮은 저수준 유형, 모두 높은 고수준 유형, 학년이 올라감에 따라 증가하는 중수준-증가 유형, 학년이 올라감에 따라 감소하는 중수준-감소 유형으로 구분되었으며, 유형마다 흥미와 성취도의 종단적인 변화 양상이 다르게 나타나는 것을 확인하였다. 또한, 다변량 성장혼합모형의 초기값과 기울기 사이의 상관관계를 분석한 결과, 수학 흥미와 성취도는 초기값뿐 아니라 변화율에 있어서도 서로 긍정적인 영향이 있는 것으로 나타났다. 잠재집단의 결정에 영향을 미치는 요인을 개인, 수업방식, 가정 변인으로 나누어 그 영향력을 살펴보고, 학생의 교육포부와 사교육 시간은 수학 흥미 및 성취도에 긍정적인 영향을 미치며 선행학습의 경우 그 정도에 따라 영향력이 달라지는 양상을 확인하였다. 학생이 인식한 수업방식의 경우, 교수자 중심 수업은 흥미와 성취도가 높은 집단에 속할 확률을 높이고, 학습자 중심 수업은 흥미와 성취도가 낮은 집단에 속할 확률을 높이는 것으로 나타났다. 본 연구는 다변량 성장혼합모형을 통해 수학교육에서 흥미와 성취도를 비롯한 다양한 특성에 대한 학생들의 변화 양상을 분석하는 새로운 방법을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

주요어 수학 흥미, 수학 성취도, 잠재집단 분류, 다변량 성장혼합모형, 경기교육종단연구

