

우리나라와 싱가포르의 컴퓨터 기반 수학 평가 결과에 대한 영향 요인 비교 분석

임 해 미* · 정 해 경**

PISA 2012 컴퓨터 기반 수학 평가는 우리나라가 참여한 최초의 대규모 컴퓨터 기반 수학 평가이며, 동적 기하 및 그래프, 스프레드시트 등의 활용을 포함한 문제 상황에서의 수학 소양을 평가했다는 점에서 의미를 갖는다. 우리나라는 컴퓨터 기반 수학 평가에서 3위라는 상위 성적을 기록했지만, 수학 수업에서의 ICT 활용도는 낮은 것으로 나타났다. 반면 1위를 한 싱가포르의 경우, AlgeTools, AlgeDisc 등의 프로그램을 개발하여 수학과 교육과정에 명시하고 교과서 및 수업에 반영하고 있다. 본 연구에서는 우리나라의 ICT 기반 수학교육의 방향을 논의하기 위해 우리나라와 싱가포르의 컴퓨터 활용 현황 및 컴퓨터 기반 수학 평가 결과에 영향을 준 요인을 살펴보았다. 그 결과, 우리나라는 싱가포르와 비교하여 수업에서의 컴퓨터 사용 비율이 현저히 낮았다. 우리나라는 가정에서의 학습 관련 ICT 사용, 컴퓨터에 대한 태도, 문제해결에 대한 개방성과 끈기가 CBAM 점수에 정적 영향을 준 반면, 학교에서의 ICT 사용, 수학 수업에서의 교사의 컴퓨터 시연이 부적 영향을 주는 것으로 나타났다. 반면 싱가포르는 교사의 컴퓨터 시연이 정적 영향을 주었으며, 우리나라와 공통적으로 문제해결에 대한 개방성도 정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 향후 우리나라는 수학 수업에서 ICT 활용 비율을 높이고, 수업 방식을 개선해야 될 것으로 보이며, 관련하여 싱가포르의 수학 수업에서 교사의 컴퓨터 시연 방식에 대한 연구 등이 요구된다.

I. 서 론

지난 2016년 세계경제포럼 이후 경제 전반에서 ‘제 4차 산업혁명’이 화두가 되고 있으며 (Schwab, 2016), 인공지능, 빅 데이터, 로봇 기술, 사물 인터넷 등이 주도하는 지식정보화 사회로의 변화에 대응하기 위한 교육계의 준비가 분주하게 이루어지고 있다(홍선주 외, 2016; 권점례, 이광상, 김성경, 2016). 우리나라에서는 미래 사회에 대비하기 위한 역량 교육의 기초를 반영하여 2009 개정 교육과정부터 정보처리역량을 강

조하고 있으며, 2015 개정 수학과 교육과정에서는 수학 교과역량 중 하나로 정보처리역량을 정의하여 수학 교수 학습 및 평가의 변화를 시도하고 있다(교육부, 2015).

우리나라 학생들이 변화하는 ICT 환경에서 적합한 역량을 갖추고 있는지는 컴퓨터 기반 평가를 통해 확인할 수 있다. 관련하여 우리나라 학생이 컴퓨터 기반 환경에서 수학 문제를 해결하는 역량을 대규모로 평가한 것은 PISA 2012 컴퓨터 기반 수학 평가(Computer Based Assessment of Mathematics, 이하 CBAM)가 최초라고 볼 수 있다.

* 한국교육과정평가원, rimhm@kice.re.kr (제1 저자)
** 한국교육과정평가원, hjung@kice.re.kr (교신저자)

PISA 2012 CBAM에 참여한 32개국 중 1위는 싱가포르였으며, 우리나라도 3위라는 높은 순위를 기록했다(OECD, 2014a). 그러나 우리나라는 높은 성취에 비해 학교 수업에서의 ICT 활용도가 매우 낮은 것으로 조사되었다. PISA 2012의 학생 설문 결과, OECD 회원국 만 15세 학생 96%는 가정에 컴퓨터를 가지고 있지만, 이 중 72%만이 학교에서 데스크톱, 랩탑, 태블릿 PC를 활용한 수업을 하고, 특히 우리나라는 단 42%만이 학교에서 컴퓨터를 사용하는 것으로 나타났다(OECD, 2015). 컴퓨터와 디지털 기기의 활용이 개인적, 직업적 삶에서 중심적인 역할을 하고 있는 시점에서 ICT 기반 환경에서 지식을 적용하고 문제를 해결할 수 있는 역량은 필수적이며, 우리나라는 학교 수업에서의 ICT 활용도를 높일 필요가 있다. 특히 수학 수업 시간에 컴퓨터를 이용하여 문제를 해결하는 경험, 컴퓨터 기반 환경에서의 평가 경험을 할 수 있도록 수학 교수 학습과 평가 전반에서의 변화가 요구된다.

이에 본 연구에서는 PISA 2012 CBAM에서 최상위 성취를 거둔 싱가포르와 우리나라의 결과를 비교 분석하여 우리나라의 ICT 활용 현황을 점검하고 향후 변화의 방향을 제안하고자 한다. 이때 싱가포르는 ICT 교육의 비전을 명확히 수립하고, 교육부 주관으로 온라인 수학 교수 학습 프로그램을 개발하여 수학과 교육과정에 명시하고 교과서 및 수업에서 활용하는 등 실제적인 변화를 모색하고 있는 부분을 고려하여 비교 대상으로 선정하였다.

본 연구에서는 우선 두 국가의 CBAM 점수 및 학생 설문에 대한 기초 분석을 실시하여 ICT 활용 정도를 파악하고자 한다. 이후 우리나라와 싱가포르 각각에 대해 CBAM 점수에 대한 수학 수업에서의 컴퓨터 사용, 컴퓨터 자원 접근성 정도, 가정 및 학교에서의 컴퓨터 사용 정도, 컴퓨터에 대한 태도, 문제 해결 성향의 영향력을 통

계 분석을 통해 살펴보고, 그 결과를 토대로 ICT 기반 수학교육에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

II. 선행연구

1. 컴퓨터 기반 수학 평가

컴퓨터 기반 평가(Computer Based Assessment, 이하 CBA)는 평가 결과를 수집, 처리, 보고하기 위해 디지털 테크놀로지를 사용하는 것을 말하며, 평가 생성, 평가 전달, 평가 채점 및 해석, 저장 및 보고의 네 가지 구성 요소를 갖는다(Singleton, 2001). 김명화 외(2011, pp. 30-31)는 CBA를 ‘컴퓨터를 기반으로 모니터, 마우스, 키보드를 통해 수행되는 평가를 의미하며, 성적 처리, 성적 보고와 같은 관리적인 측면뿐만 아니라 단말기의 모니터를 통해 평가 문항을 읽고 키보드, 마우스, 또는 전자펜을 통해 정답을 입력하며 결과 및 피드백도 이 시스템을 통해 이루어지는 평가 방식’으로 정의하였다.

1990년까지 CBA는 평가 결과를 채점, 저장, 보고하는 데 주로 사용되었고, 미국에서 대학 진학과 관련하여 학생 발달을 모니터링하기 위해 CBA를 학습 시스템과 연동하여 사용하면서 점차 그 역할과 기능이 확대되었다(Singleton, 2001). Baker & Mayer(1999)는 문제해결력 평가를 위한 기술 환경을 논하면서 CBA가 평가의 미래가 될 것이라고 하였으며, Pellegrino(2002)는 급속도로 발달하고 있는 기술의 발달은 학생들의 인지 발달을 평가할 수 있는 자료를 수집하고 해석할 수 있도록 해주며, 인지 과학과 측정 연구를 토대로 학생 평가를 위한 시스템을 개발해야한다고 역설하였다. Scalise & Gifford(2006)는 기술의 발달로 평가에 실제적인 사진, 동영상

등을 제시하고, 상호작용이 가능하며, 모델링 역량을 평가할 수 있게 됨으로써 CBA가 더욱 유용한 형태의 평가로 자리 잡을 것으로 내다보았다.

컴퓨터 기반 평가와 관련한 최근의 이슈는 고차원적 사고와 문제해결 기술을 어떻게 평가할 것인지에 있다. Lewis(2010)는 인지적 안내 학습(cognitively guided instruction)에서의 고차원적 사고를 효과적으로 평가하는 도구로서의 컴퓨터 기반 학습의 가능성을 제시했고, Pead(2010)은 수학적 과정과 문제해결력을 평가하기 위한 컴퓨터 기반 수학 평가의 방향을 제안하였다. 미국의 차세대 평가 시스템 Assessment 2.0의 대표적 평가인 PARCC(Partnership for Assessment of Readiness for College and Careers)와 Smarter Balanced 평가(Smarter Balanced Assessment)도 핵심역량으로서의 고등사고능력을 평가하는 것을 목적으로 한다(김성숙, 임해미, 2015). 우리나라에서도 국가수준 학업성취도 평가를 컴퓨터 기반 평가로 시행하기 위한 연구가 이루어진 바 있다(김경희 외, 2013).

2. PISA의 컴퓨터 기반 수학 평가

PISA에서는 2006년부터 컴퓨터 기반 평가를 주영역에 순차적으로 도입했는데, PISA 2006에는 과학, PISA 2009에는 디지털 읽기 평가(Digital Reading Assessment, DRA), PISA 2012에 컴퓨터 기반 수학 평가를 시행하였다. PISA 2012 CBAM은 컴퓨터 기반 수학 평가는 PISA에서 최초로 시행되었으며, 동적 기하 및 그래프, 스프레드시트 등의 활용을 포함한 상황에 대한 수학 소양을 평가한 결과라는 점에서 의미를 갖는다.

PISA 2012의 컴퓨터 기반 수학 평가(CBAM)는 수학 지필평가와 마찬가지로 PISA 2012 개발된 수학 평가들을 기반으로 문항이 개발되었다. PISA 2012 수학 평가들은 학교 수학에서 배운 수학적 지식을 실생활에 활용할 수 있는 수학 소양을 평가할 수 있는 문항을 개발하기 위해, 수학적 내용(공간과 모양, 변화와 관계, 불확실성과 자료, 양), 수학적 과정(형식화하기, 이해하기, 해석하기), 맥락(개인적, 과학적, 사회적, 직업적)의 세 가지 차원으로 구성된다(OECD, 2013).

CBAM은 평가 시스템이 탑재된 USB를 사용하며, 학생이 평가 시스템에 로그인하면 해당 검사 도구가 배정되는 방식으로 진행된다. 시험 시간 60분 중 초반 20분은 평가 시스템 상에서 컴퓨터 기반 평가 문항의 특징, 문항 형태, 응답 방식, 시험 시간, 남은 문항 확인, 도움말 사용 방법 등에 대한 오리엔테이션이 진행되고, 나머지 40분 동안 문제를 풀이하는 방식으로 평가가 이루어진다. PISA 2012 CBAM에 사용된 문항군은 총 4개이며, 학생들은 이 중에서 1~2개의 문항군을 배정받아 동안 시험을 보았다¹⁾.

PISA 2012 CBAM 문항은 문제에 제시된 도형이나 사물을 드래그 하여 옮기거나 확대, 축소하여 문제를 풀이하고, 주어진 자료를 스프레드시트 프로그램을 이용하여 정리하고 그래프로 나타내거나, 문제 상황에서 필요한 정보를 검색하여 문제 풀이에 활용하는 등 다양한 유형의 문제가 출제되었다.

<표 II-1>은 PISA 2012 CBAM 참여국 중 주요 국가의 순위를 나타낸 것이다. 평가 결과, 싱가포르가 평균 566점으로 1위를 했으며, 그 다음은 상하이, 우리나라, 홍콩, 마카오의 순이었다. 한

1) PISA 2012 컴퓨터 기반 평가는 컴퓨터 기반 수학 평가(CBAM), 컴퓨터 기반 문제해결력 평가(CBAPS), 디지털 읽기 평가(DRA)의 세 영역에 대해 시행되었다. PISA 2012 컴퓨터 기반 평가의 평가도구는 행렬 표집 설계에 따라 각 영역이 고르게 포함되도록 총 24종으로 설계되었다. 이 중 수학 문항군이 포함된 평가도구는 총 12종이며, 각 평가도구에는 수학 문항군이 1~2개 포함되어 있다(조지민 외, 2012, pp. 47~49).

편, 설문 조사 시점을 기준으로 지난 한달 간 수학 수업 중에 학생이 직접 컴퓨터를 사용하여 과제를 수행했는지, 교사가 시연만 했는지의 여부에 따른 평균점수 차이를 분석한 결과, 학생이 직접 사용했을 때의 평균점수가 높은 국가는 32개 참여국 중 노르웨이가 유일하게 19점 유의하게 높았으며, 교사가 컴퓨터로 시연했을 때 평균점수가 높은 국가는 싱가포르와 아일랜드뿐이었다. 한편 우리나라는 두 경우 모두에서 사용하지 않은 학생의 평균이 11점 더 높았지만, 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(OECD, 2015).

참여국 전반에서 두 경우 모두에서 컴퓨터를 사용하지 않은 경우의 평균이 대체로 더 높게 나온 것은 학습과 관련한 컴퓨터의 사용과 학생의 컴퓨터 기반 수학 문제 해결 사이에 유의한 영향이 없거나, 학교 수학 수업에서 ICT 활용이 효율적으로 이루어지지 않고 있음을 보여준다. 즉 수학 수업에서 ICT를 어떻게 활용하는 것이 적절한지에 대해서는 우리나라뿐만 아니라 다른 국가에서도 공통적으로 고민해야 될 부분으로 보인다. 한편, 본 연구와 관련하여 싱가포르의 교사 시연에 대한 결과에 주목할 필요가 있을 것이다.

3. 싱가포르의 수학교육에서의 ICT 활용

제 7차 교육과정 시기부터 최근 20년 동안 정보 기술의 발달과 더불어 수학교육에서 ICT를 활용하여 학생들의 역량을 길러주어야 한다는 필요성은 지속적으로 강조되어 왔다. 그러나 교수 학습에서의 활용은 여전히 미흡하다. 특히 우리나라는 수학교육과 관련하여 ICT 교육을 지원하는 도구의 개발이 미흡하며, 지필 중심의 학습에 머물러 있다(조명희, 김화경, 이현우, 2012).

여러 교육 선진국에서는 교과 내용과 관련한 공학적 도구와 교수 학습 자료를 개발하여 교육 과정에 적극 반영하고 있다(ACM, 2000; 김덕선, 박진영, 이상구, 2008, p. 534에서 재인용). 특히 싱가포르에서는 수학과 교육과정에서 그래픽 계산기 및 지오지브라 등의 ICT 도구를 구체적으로 명시하여 초등학교에서부터 추상적인 수학을 구체적으로 이해하고 탐구할 것을 강조하고 있다. 또한 싱가포르 교육부에서는 [그림 II-1]과 같이 AlgeTools, AlgeDisc 등의 프로그램을 개발하여 수학과 교육과정에 명시하고 교과서 및 수업에 반영하고 있다(Yeo, Thong, & Kho, 2008).

<표 II-1> 수학 수업에서의 ICT 활용도

순위	국가	평균	학생이	교사만
			컴퓨터 사용 과제 수행	컴퓨터 사용 하여 시연
			사용-미사용	사용-미사용
1	싱가포르	566	-27*	10*
2	상하이 중국	562	-22*	-3
3	대한민국	553	-11	-11
4	홍콩 중국	550	-31*	-1
5	마카오 중국	543	-20*	4
17	노르웨이	498	19*	-3
20	아일랜드	493	-16*	10*
OECD평균		497	-12*	-6*

* OECD(2015, p.26)를 재구조화함.

*:유의수준(α -level) 0.05에서 통계적으로 유의한 차이가 있음



[그림 II-1] AlgeDisc 화면 (Yeo et al., 2008)

싱가포르는 미래지향적이며 통합적인 정책 수립 시스템을 가지고 있다. 싱가포르가 교육을 비롯한 다양한 분야에서 빠르게 발전하고 지속적

으로 높은 성과를 거두는 배경에는 교육부, 국립 교육연구원(National Institute of Education, NIE), 각급 학교의 긴밀한 연결성에 있다. 이러한 연결성은 싱가포르가 작은 도시 국가이기 때문에 가능한 것이기도 하다. 그러나 싱가포르가 추구하고 있는 미래에 대한 비전, 세계 최고의 교육을 실현하기 위한 실천적 노력이 싱가포르 교육성과의 가장 큰 요인이 될 수 있다(OECD, 2014b).

싱가포르는 21세기 사회 변화에 대처하려면 새로운 교육 모형이 필요하다고 보고, 초기에는 정보통신기술 사회기반시설을 구축하고 개인 디지털 보조장치(PDA)를 활용하여 현장 조사를 하고, 온라인 게임의 가상 생활 안에서 사회 연구를 수행하는 등 혁신의 발판을 마련하였다. 이후 2008년부터 준비한 교육과정 2015에 맞춰, 제 3차 정보통신기술계획을 발표하고 교사와 학교의 혁신을 지원하고 있다(OECD, 2014b).

싱가포르에서는 수학교육을 포함한 교육에서의 ICT 사용에 대해 다음과 같은 관점을 가지고 있다(Wong, 2015). 첫째, ICT 활용은 강의식 수업, 발견 학습, 자기 조절 학습, 협력 학습 등 다양한 형태의 교육을 지원할 수 있으며, 학생의 학습 경험을 풍부하게 할 수 있다. 둘째, 학생들은 교실 활동에서 일상적 상황으로 ICT 기술을 전이할 수 있어야 한다. 셋째, ICT 도구가 급속한 발달에 맞추어 최신의 테크놀로지를 수업에 적용하려는 데 엄매이지 않아야 한다. 넷째, 기술적인 역량 보다는 다양한 ICT 도구를 적절하게 활용할 수 있는지에 초점을 두어야 한다. 다섯째, ICT 활동은 미래에 요구되는 새로운 소양을 증진시킬 수 있는데, 수학교육과 관련해서는 모델링, 시각화 시뮬레이션, 정보 검색, 추측, 정당화, 데이터 처리 등이 있다.

싱가포르의 수학교육과정에서는 수학 수업에서 실세계 맥락을 도입한 과제를 풍부하게 다룰 것을 강조하고 있다. 싱가포르의 NIE는 교사가

수업에서 실세계 맥락의 과제를 다루고 평가할 수 있도록 SMAPP(The Singapore Mathematics Assessment and Pedagogy Project)라는 평가 시스템을 개발하였다(Wong et al., 2012). 그리고 싱가포르는 수학 교수 학습과 평가에서 공학 계산기를 사용하고 있으며 입시에서도 정해진 기종에 한해 사용을 허용하고 있다(SEAB, 2016), 이와 같이 수학교육과정에서 제시하고 있는 바를 충분히 실현할 수 있는 교수 학습과 평가를 실행하고 있는 것이 싱가포르가 CBAM에서 높은 성취를 거둔 근본적인 요인이 되었을 것이다.

III. 연구 방법

1. 분석 대상

본 연구에서는 수학이 주영역인 PISA 2012 CBAM 결과를 활용하여 우리나라와 싱가포르의 컴퓨터 활용 현황을 살펴보고, 각국에 대해 CBAM 점수와 수학 수업에서의 컴퓨터 사용, 컴퓨터 자원 접근성 정도, 컴퓨터 사용 정도, 컴퓨터 사용 태도, 문제 해결 성향과의 관련성을 살펴보고자 하였다. OECD에서 제공하는 공개데이터를 활용하여 분석했으며, 우리나라의 경우 156개교의 학생 5,033명, 싱가포르는 172개교의 학생 5,546명의 평가 및 설문 결과를 분석하였다.

2. 분석 방법

PISA 2012 국제 학업성취도 평가 설계를 간단히 살펴보면, 이전 주기와 달리 영역별 성취도 평가와 더불어 학생 설문 또한 전체 설문 중 일부분을 표집하여 여러 설문 중 하나에 응답하게 하는 행렬표집설계(matrix sampling design)를 적용하였다. 이에 학생의 능력 점수에 대해서는 하

나의 관찰값을 제시하는 것이 아니라 Rasch 모형 기반 문항반응이론(item response theory)에 근거하여 능력점수 분포를 산출하고 그 사후 분포로부터 임의로 추출된 5개의 유의측정값(plausible values)를 제공함으로써, 통계추정치에 측정도구의 측정오차(measurement error)가 반영된 표준오차(standard error) 산출이 가능하도록 하였다(OECD, 2014c).

PISA 표집(sampling) 설계 또한 학생의 단순 임의 표집 설계가 아니라 2단계 층화 표집 방식을 적용하여 정규 교육에 포함된 만 15세 학생이라는 모집단의 대표성을 확보하고자 노력하였다. 먼저 학교 크기에 비례하는 체계적 표집방법을 적용하여 학교를 표집한 후, 선발된 학교 내에서 학생을 임의 표집하였다(OECD, 2014c). OECD에서 제공하는 PISA 데이터에는 이러한 표집 설계를 반영하기 위해서 표집 가중치(sampling weight)을 제공하고 있으며, 모수 추정치의 적절한 통계적 유의도를 도출하기 위해 표집 가중치를 적용할 것을 권장하였다(조지민, 정혜경, 2013).

따라서 본 연구 분석에서는 PISA의 복잡한 연구 설계 및 표집 체계를 반영하기 위해 OECD (2009)에서 제공하는 SAS® macro를 활용하여 기술통계, 상관계수, 다층 분석(multilevel analysis) 결과를 산출하였다. 한편 PISA 2012의 연구 설계상 생성된 학생 설문지 결측치에 대해서는 임의결측(Missing at random, MAR) 가정에 기반하여 다중 대체법(multiple imputation) 방식을 적용하여 결측치를 대체하였다. 학생 변수 결측치를 대체한 5개의 완성된 자료(complete data)를 생성한 후 각각에 대해 다층분석을 실시하고, 분석 결과를 Little과 Rubin이 제시한 공식에 의거하여 통합된 모수 추정치 및 표준오차를 제시하였다(Little & Rubin, 2002). 다중 대체법 자료 구성을 위해 SAS® PROC MI를 사용하였으며 MCMC

방식을 적용하였다(Yuan, 2011).

3. 분석 모형 및 변수

연속변수인 CBAM 점수와 관련 변수와의 관련성을 파악하기 위해서 단순 상관계수를 산출하였으며, 학생이 학교에 내제된 자료 구조를 반영한 2수준 임의절편 위계적 선형회귀모형(random intercept hierarchical linear model) 분석을 수행하였다(Raudenbush & Bryk, 2002).

본 연구의 주요 관심 변수는 학생 설문 응답 결과를 바탕으로 수학 수업에서의 컴퓨터 사용(USEMATH), 가정 및 학교에서의 컴퓨터 자원 접근성 정도(ICTHOME, ITCSCH), 가정 및 학교 컴퓨터 사용 정도(HOMSCH, USESCH), 컴퓨터에 대한 태도(ICTATTPOS), 문제 해결 성향(OPENPS, PERSEV)이다. 컴퓨터 기반 수학 평가 문항은 친숙하지 않은 문제 상황에서 스스로 정보를 찾고 해결할 것을 요구하기 때문에 문제해결에 대한 개방적 태도와 끈기가 CBAM 결과와 영향이 있을 것으로 보고 문제해결과 관련한 두 변수를 추가하였다.

이상의 변수들은 여러 설문문항에 대한 학생들의 응답을 바탕으로 Rasch 모형에 기반한 문항반응이론(item response theory)으로 도출된 점수로서 OECD 국가들을 기준으로 평균 0, 표준편차 1로 척도화한 점수이다. 척도별 구체적 문항 및 신뢰도는 OECD(2014c) 참조에 제시되어 있다.

IV. 연구 결과

1. 기술 통계

먼저 본 연구의 종속변수인 컴퓨터 기반 수학 평가의 평균과 표준편차를 살펴보았다. PISA 점

수는 평균 500, 표준편차 100의 척도 점수로, <표 IV-1>에 제시된 바와 같이 대한민국과 싱가포르 모두 평균보다 0.5 표준편차 이상인 상위 평균 점수를 보였으며, 싱가포르가 대한민국보다 평균이 13.4점 더 높았다.

<표 IV-1> 한국과 싱가포르의 CBAM 점수

변수	대한민국		싱가포르	
	평균	표준편차	평균	표준편차
CBAM점수	552.6	90.1	566.0	98.3

<표 IV-2>는 PISA 2012 학생 설문에서 수학 수업에서의 컴퓨터 사용 정도(USEMATH)를 조사한 결과이다. 이는 ‘지난달 수학 수업에서 다음 목적을 위해 컴퓨터를 사용한 적이 있습니까?’에 대한 응답 결과로, 7개의 세부 문항으로 구성되어 있다. 학생들은 각 세부 항목에 대해 3가지 응답지(‘예, 학생들이 사용하였음’, ‘예, 선생님께서 보여주셨음’, ‘아니요’) 중 하나를 선택하여 응답하였다.

그 결과를 살펴보면, 우리나라는 7개 모든 항목에 대해 80% 이상이 ‘아니요’라고 응답하여 전체적으로 수학 수업에서의 ICT 사용 비율이 매우 낮음을 확인할 수 있었다. 수학 수업에서 사용한다는 응답 중 학생이 직접 사용하는 비율은 4~7% 정도로 매우 낮았는데, 이 중 ‘도형 작도’가 4.66%로 가장 낮고, ‘계산하기’가 7.08%로 가장 높았다. 수학 수업에서 교사가 시연한다는 응답은 6~10% 정도로 학생 직접 사용률보다 조금 더 높았는데, ‘히스토그램’이 6.42%로 가장 낮고, ‘함수 그래프 그리기’가 10.23%로 가장 높았다.

한편 싱가포르는 각 설문 문항에 대해 학생이 직접 사용한다는 비율이 12%~23% 정도로 우리나라보다 3배 이상 높았으며, 특히 ‘함수 그래프 그리기’는 23.16%로 사용 비율이 높았다. 교사가

시연하는 비율도 12~25% 정도로 우리나라와 비교하여 2배 이상 높았으며, ‘함수 그래프 그리기’와 관련하여 시연하는 비율이 가장 높았다. 학생 사용과 교사 시연을 종합할 때 수학 수업 중 사용하는 비율이 약 30~50%로, 특히 함수와 관련된 내용을 학습하는 경우, 수업 중 절반은 컴퓨터를 사용하는 것으로 나타났다. 이는 우리나라의 수학 수업이 대체로 강의식으로 이루어지는 것에 비추어볼 때 매우 높은 수치이다.

<표 IV-2> 수학 수업에서의 컴퓨터 사용

설문 문항	국가	예 (%)		아니요 (%)
		학생 사용	교사 시연	
공간과 모양	대한민국	4.66	7.69	87.66
	싱가포르	16.63	18.61	64.76
변화와 관계	대한민국	5.26	10.23	84.52
	싱가포르	23.16	24.73	52.10
	대한민국	5.20	9.88	84.92
불확실성과 자료	대한민국	5.86	7.00	87.15
	싱가포르	16.03	16.27	67.71
양	대한민국	4.69	6.42	88.89
	싱가포르	12.38	17.25	70.37
양	대한민국	7.08	8.36	84.56
	싱가포르	18.01	11.90	70.01
	대한민국	5.90	9.58	84.52
양	대한민국	5.90	9.58	84.52
	싱가포르	18.02	15.01	66.97

다음 <표 IV-3>은 본 연구의 주요 분석 변수별로 우리나라의 싱가포르의 지수와 CBAM 점수와의 상관 계수를 나타낸 것이다. 우선 OECD 국가 평균과의 상대적인 위치를 나타낸 지수에

대한 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, <표 IV-2>에서 살펴본 7개 세부 항목의 응답을 종합하여 ‘수학 수업에서의 컴퓨터 사용(USEMATH)’ 지수를 산출한 결과, 우리나라의 수학 수업에서의 컴퓨터 사용 정도는 -0.38로 OECD 국가 평균보다 낮은 것으로 나타났으며, 싱가포르는 0.24로 OECD 평균 이상으로 확인되었다.

나아가 본 연구에서는 학생이 인지한 수학 수업에서의 컴퓨터 활용에 정도를 세분화하여 분석하기 위해 ‘수학 수업에서의 학생의 컴퓨터 사용(USEMATH1)’ 정도와 ‘수학 수업에서의 교사의 시연(USEMATH2)’ 정도에 따라 CBAM 성취에 차별적으로 영향력을 미치는지를 조사하였다. 이때 OECD 공개 데이터에는 USEMATH1과 USEMATH2에 대한 자료가 포함되지 않은 관계로, 우리나라와 싱가포르 자료만 활용하여 Rasch 문항반응이론을 적용함으로써 학생별 척도점수를 산출하였으며, 평균 0, 표준편차 1로 척도화하였다. 그 결과, 우리나라는 두 항목 모두에서 OECD 평균보다 낮은 사용 정도를 보였으며, 두

하위 요인 모두에서, 즉 학생뿐만 아니라 교사의 사용 정도 측면 모두에서 싱가포르보다 약 0.5표준편차 이하로 낮게 나타났다.

둘째, 가정과 학교에서의 ICT 자원에 대한 접근성, 컴퓨터 사용 정도를 나타내는 척도에서도 우리나라는 OECD 평균 이하인 것으로 확인되었으며, 특히 가정에서의 ICT 사용 정도는 -0.49로 그 활용도가 국제 기준으로 볼 때 매우 낮았다. 반면 싱가포르는 학교에서의 ICT 자원 접근성이 OECD 평균보다 0.15표준편차 높았으며, 가정에서의 학습 관련 ICT 사용 정도는 OECD 평균 수준이었다. 싱가포르도 가정에서의 ICT 접근성, 학교에서의 ICT 사용 정도는 국제평균보다 다소 낮은 것으로 나타났지만 우리나라와 비교하면 접근성과 사용 정도가 모두 높다고 볼 수 있다.

셋째, 학교 학습을 위한 도구로서의 컴퓨터에 대한 태도에 대해서도 우리나라는 OECD 평균보다 0.9표준편차 낮게 나타났다. 이는 컴퓨터가 학교 공부의 유용한 수단이고, 컴퓨터를 이용하여 숙제하는 것이 더 재미있으며, 인터넷은 학교

<표 IV-3> 주요 독립변수의 국가별 기술 통계 및 컴퓨터 기반 수학 성취도 점수와의 상관계수

요인	변수	대한민국		싱가포르		대한민국	싱가포르
		평균	표준편차	평균	표준편차	상관계수	상관계수
수학 수업에서의 컴퓨터 사용	수학 수업에서의 컴퓨터 사용(USEMATH)	-0.38	0.83	0.24	1.03	-0.07	-0.13
	-수학 수업에서의 학생의 컴퓨터 사용(USEMATH1)	-0.29	0.74	0.25	1.12	-0.04	-0.17
	-수학 수업에서의 교사만의 컴퓨터 시연(USEMATH2)	-0.25	0.85	0.23	1.07	-0.08	0.05
컴퓨터 자원 접근성 정도	가정에서의 ICT 접근성(ICTHOME)	-0.47	0.76	-0.08	0.85	0.14	0.05
	학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH)	-0.36	0.94	0.15	0.91	0.05	-0.11
컴퓨터 사용 정도	가정에서 학습 관련 ICT 사용(HOMSCH)	-0.49	0.91	0.02	0.97	0.20	0.14
	학교에서의 ICT 사용(USESCH)	-1.01	0.85	-0.18	0.95	-0.04	-0.15
컴퓨터 태도	학습 도구로서의 컴퓨터에 대한 태도(ICTATTPOS)	-0.92	0.92	-0.08	0.95	0.19	-0.04
문제 해결 성향	문제해결에 대한 개방적 태도(OPENPS)	-0.37	0.85	0.01	0.87	0.43	0.16
	문제해결에 대한 끈기(PERSEV)	-0.09	0.75	0.29	0.83	0.26	0.08

공부에 유용한 정보를 얻는 수단임에 동의한 정도로 산출한 결과이다. 우리나라 학생들이 학습 도구로서의 컴퓨터에 대해 동의한 정도가 낮은 것은 실제 수업이나 학습에서의 컴퓨터 사용 정도가 낮고, 효율적으로 활용하는 경험이 부족하기 때문인 것으로 보인다. 반면 싱가포르의 지수가 -0.08로, 학습 도구로서의 컴퓨터에 대해 OECD 국가들의 평균적인 인식을 가지고 있는 것으로 나타났다.

넷째, 우리나라는 문제해결을 위한 개방적 태도는 -0.37로 OECD 평균보다 낮았으며, 끈기는 -0.09로 OECD 평균과 유사하게 나타났다. 반면 싱가포르의 문제해결을 위한 개방적 태도는 평균 수준이었으며, 끈기는 OECD 국가들에 비해서 높은 것으로 나타났다.

한편, 주요 변수에 대한 국가별 기술통계와 더불어 각 변수와 CBAM과의 상관을 알아보기 위해 단순적률상관계수를 <표 IV-3>에 함께 제시하였다. 분석 결과를 살펴보면, 우리나라는 가정과 학교에서의 ICT 자원에 대한 접근성과 가정에서의 학습 관련 ICT 사용 정도에서 그 크기가 작지만 컴퓨터 기반 수학 성취도와 정적인 관계를 보였으며, 컴퓨터에 대한 태도와 문제해결 성향 척도에서도 수학 성취도와 정적인 관계를 보였다. 특히 우리나라의 경우 문제해결에 대한 개방적 태도와 성취도와의 상관계수가 0.43으로 비교적 높은 상관을 보였다. 반면 학교 수학 수업에서의 컴퓨터 사용 및 학교에서의 ICT 사용과 CBAM 성취도와의 상관은 거의 0에 가까운 결과를 보였다.

한편 싱가포르의 경우는 <표 IV-3>에 제시된 모든 변수에서 그 상관 정도가 한국에 비해 다소 낮게 나타났으며, 일부 항목에서는 부적인 상관도 관찰되었다. 싱가포르도 그 크기가 작기는 하지만 문제해결에 대한 개방적 태도와 성취도의 정적인 관련성이 가장 큰 것으로 나타났다.

2. CBAM 영향 요인 분석

다음은 본 연구의 주요 변수가 컴퓨터 기반 수학 성취도에 미치는 영향력을 통계 모형을 적용하여 살펴본 결과이다. 각 나라별 2수준 다층 모형을 적용했으며, 그 결과는 <표 IV-4>에 제시하였다.

먼저 우리나라의 경우, 모형에 투입된 다른 변인을 통제하고 난 후에도, ‘가정에서 학습 관련 ICT 사용’, ‘학습을 위한 도구로서의 컴퓨터에 대한 태도’, ‘문제해결에 대한 개방적 태도’, ‘문제해결에 대한 끈기’ 변수에 대해서는 통계적으로 유의미하게 CBAM 성적과 정적인 관련성 있는 것으로 나타났다. 모형에 투입된 변수가 척도화되어 다층모형 회귀계수를 독립변수 1표준편차 증가에 따른 CBAM 성취도의 평균 증가량으로 해석 가능하다. 따라서 가정에서 학습 관련 ICT를 사용하는 정도가 1표준편차 높은 학생은 평균 약 3점 정도 높은 경향성을 보이며, 컴퓨터를 학습 도구로 인식하는 태도가 1표준편차 높은 경우 약 5점 정도 성취도가 높은 것으로 해석할 수 있다. 특히 문제해결에 대한 개방적 태도와 끈기에 대한 각각의 회귀계수가 약 28과 7로, CBAM과의 관련성이 높은 것을 확인할 수 있었다.

그러나 수학 수업에서 교사의 컴퓨터 사용이나 학교에서의 ICT 사용은 오히려 부적인 관련성을 보였다. 이러한 결과는 <표 IV-3>에서 우리나라의 경우 학교 현장에서의 컴퓨터 활용 정도 자체가 양적으로 낮다는 사실과 더불어 질적인 측면에서도 학교 교육에 긍정적인 효과를 주지 못하고 있음을 입증하는 것이라 해석할 수 있다.

싱가포르 또한 모형에 투입된 다른 변수를 통제하고 난 후에도 가정에서의 학습 관련 ICT 사용 정도와 문제해결을 위한 개방적 태도가 컴퓨터 기반 수학 성취도 점수와 통계적으로 유의미

<표 IV-4> 컴퓨터 기반 수학 평가에 대한 영향 요인 분석 결과

요인	변수	대한민국		싱가포르	
		회귀 계수	표준 오차	회귀 계수	표준 오차
수학 수업에서의 컴퓨터 사용	수학 수업에서의 학생의 컴퓨터 사용(USEMATH1)	-2.57	1.46	-11.68*	1.12
	수학 수업에서의 교사만의 컴퓨터 시연(USEMATH2)	-4.73*	1.62	2.13*	1.05
컴퓨터 자원 접근성 정도	가정에서의 ICT 접근성(ICTHOME)	-1.31	1.61	-0.22	1.53
	학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH)	0.87	1.24	-7.05*	1.56
컴퓨터 사용 정도	가정에서 학습 관련 ICT 사용(HOMSCH)	3.43*	1.47	7.15*	1.63
	학교에서의 ICT 사용(USESCH)	-7.67*	1.49	-16.16*	1.56
컴퓨터 태도	학습 도구로서의 컴퓨터에 대한 태도(ICTATTPOS)	5.30*	1.25	-5.08*	1.23
문제 해결 성향	문제해결에 대한 개방적 태도(OPENPS)	27.64*	1.89	12.58*	1.64
	문제해결에 대한 끈기(PERSEV)	6.99*	2.05	2.97	2.03

*: 유의수준(α -level) 0.05에서 통계적으로 유의함.

한 정적인 관련성 있는 것으로 나타났다. 우리나라와 마찬가지로 문제해결에 대한 개방적 태도의 영향력이 높은 것으로 확인되었으나 회귀계수의 크기는 상대적으로 우리나라보다 작았다. 그러나 수학 수업에서의 학생의 컴퓨터 사용, 학교에서의 ICT 자원 접근성 정도, 학교에서의 ICT 사용은 오히려 수학 성취도와 부적인 관련성을 보였으며, 학습 도구로서의 컴퓨터에 대한 태도 또한 부적인 관련성을 보였다. 다만 우리나라와의 차별점으로 수학 수업에서의 교사 시연을 위한 컴퓨터 활용이 CBAM 점수와 통계적으로 유의미한 긍정적인 관계를 보였다.

V. 결론

우리나라는 PISA 2012 컴퓨터 기반 수학 평가에서 상대적으로 높은 성취를 보였지만 OECD 국가 평균보다 ICT 접근성 및 활용률이 낮았다. 그 중에서도 학교에서의 ICT 사용 정도가 가장 저조한 항목이라는 점은 주목할 필요가 있다.

또한 싱가포르와 비교했을 때 특히 수학 수업에서의 ICT 활용률이 매우 낮았다. 우리나라의 수학 수업에서의 컴퓨터 사용률은 10% 미만으로, 활용하더라도 학생이 사용하기보다 교사의 시연에 그치는 경우가 많았다. 특히 교사가 시연한 경우 오히려 수학 성취도와 부적인 상관을 보인 것은 학교 수학 수업에서의 ICT 활용에 대한 전반적인 개선이 요구됨을 보여준다. 이때 싱가포르에서 교사의 시연이 CBAM 성취에 정적인 영향을 주었음에 주목할 필요가 있으며, 싱가포르에서 ICT 활용한 수학 수업을 어떻게 진행하는지에 대한 후속 연구가 요구된다.

수학 수업에서의 컴퓨터 사용 정도를 살펴보면, 우리나라는 대수, 기하, 해석, 통계 모든 분야에 대해 ICT 활용률이 낮음을 알 수 있는데, 이상의 결과는 2015 개정 교육과정에서 강조하고 있는 정보처리역량에 대한 교수 학습 및 평가가 실행될 수 있는 현실적인 여건이 마련되지 못했음을 보여준다. 따라서 학생들이 교육과정의 내용 요소를 탐구할 수 있는 수준으로 단순화한 소프트웨어를 개발하고 보급하여 수업에서의 활

용도를 높일 필요가 있다. 싱가포르에서는 특화된 공학적 도구를 개발하여 교육과정에 명시하고 교수 학습 과정에서 사용하고 있는데, 관련 도구 개발, 특히 출원, 학교 보급 등 일련의 과정을 벤치마킹할 필요가 있다.

한편, 본 연구에서 통계분석을 통해 ICT 관련 요인들이 컴퓨터 기반 수학 성취도에 미치는 영향 정도를 분석한 결과, 우리나라의 경우 컴퓨터에 대한 태도 및 문제해결을 위한 개방성 및 끈기 등 학생의 정서 및 문제해결 특성이 컴퓨터 기반 수학 성취도 평가 점수와의 관련성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 학교 수업에서 컴퓨터 기반 환경에서의 충분한 문제 풀이 경험을 제공하여, 학생들이 학습 도구로서의 컴퓨터에 대한 인식을 갖게 하고 문제를 다양한 방법으로 끈기 있게 풀 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다.

또한 우리나라와 싱가포르 공통적으로 가정에서 학습을 위한 ICT 활용이 컴퓨터 기반 수학 성취도에 긍정적인 영향을 미치는 점에 주목할 필요가 있다. 다만 가정에서 ICT를 활용하기 위해서는 가정에서의 ICT 자원이 보급되어야 하는데, 이 경우 사회경제적으로 취약한 환경에 놓여 있는 학생들에게는 더욱더 불리한 여건에 놓이게 된다는 점에서 국가단위에서 열악한 환경에 놓인 학생들의 학습용 ICT 보급에 관한 지원 마련을 고려해 볼 필요가 있다.

최근 PISA 2012의 지필평가 문항을 스캔하여 컴퓨터 기반으로 실시한 PISA 2015에서 우리나라는 7위로 순위가 하락했는데(OECD, 2016), 이 평가가 컴퓨터 기반 수학 평가 본연의 특징을 갖지 않고 있다하더라도 우리나라의 수학교육이 컴퓨터 기반 환경에서의 문제를 해결할 수 있는 역량을 길러주지 못하고 있음은 확인할 수 있었다. 교육정책이나 교육과정 문서에서는 ICT 도입을 강조하면서도 실제적인 변화를 위한 구체적인 계획과 연구가 뒷받침되지 않는다면 지식

정보화 사회로 급변하는 시점에서 우리나라의 수학교육은 점차 뒷걸음칠 수밖에 없다.

최근 세계 각국에서 ICT 기반의 미래형 학교가 설립되고 AI 기반의 수업이 논의되는 시점에서, 우리나라의 교육은 과연 시대적 변화에 적절히 대응하고 있는지 되돌아볼 필요가 있다. 지식 정보화 시대로의 변화에 대응하여 학교와 수업이 변화되어야 하며, 이를 위해서는 우선 현재 학교에 보급된 ICT 도구들이 적절하게 활용되고 있는지부터 점검해야 한다. 또한 수업에서 보편적으로 도입할 수 있는 공학적 도구와 컴퓨터 기반 평가 시스템을 개발하여 우리나라 학생들의 역량을 기르고 점검해야 할 것이다. 이와 관련한 기초 연구와 개발 연구가 활발하게 이루어질 수 있도록 ICT 관련 수학교육에 대한 정책 지원이 확대될 필요가 있다.

참고문헌

- 교육부(2015). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제 2015-74호 [별책 8].
- 권점례, 이광상, 김성경(2016). **지능정보사회대비 학교 교육에서 코딩 기반 소프트웨어 교육의 적용 가능성 탐색 - 초등학교 수학과를 중심으로**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2016-9.
- 김경희 외 14인(2013). **컴퓨터 기반 국가수준 학업성취도 평가 도입 방안**. 한국교육과정평가원 연구보고 CRE 2013-5.
- 김덕선, 박진영, 이상구(2008). 21세기 선진형 ICT 수학교육 방법론 모델. **한국수학교육학회 시리즈 E, 수학교육논문집**, 22(4), 533-543. 98
- 김명화, 박은아, 최혁준, 김정성(2011). **컴퓨터 기반 문제해결능력 평가 모형 개발**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2011-5.

- 김성숙, 임혜미(2015). 미국의 차세대 평가 PARCC와 Smarter Balanced 평가 분석을 통한 평가 개선 방안 -6학년 수학을 중심으로-. **학습자중심교과교육**, 15(7), 771-794.
- 조명희, 김화경, 이현우(2012). 수학교육을 위한 ICT 활용에 대한 수학교사의 인식 및 태도 조사. **교원교육**, 28(4), 141-159.
- 조지민, 동효관, 옥현진, 임혜미, 정혜경, 손수경, 배제성(2012). **OECD 국제 학업성취도 비교 연구: PISA 2012 본검사 시행보고서**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2012-3-1.
- 조지민, 정혜경 (2013). PISA 표집 설계에 따른 모수 및 분산 추정. **교육평가연구**, 26(4), 719-740.
- 홍선주, 이명진, 최영인, 김진숙, 이연수(2016). **지능정보사회 대비 학교 교육의 방향 탐색**. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2016-26-9.
- ACM(2000). *Computing Curricula 1991- Report of the ACM/IEEE Annual Reports*.
- Baker, E. L., & Mayer, R. E. (1999). Computer-based assessment of problem solving. *Computers in Human Behavior*, 15(3), 269-282.
- Lewis, M. D. (2010). *Design of Computer-based Assessment Secondary Education for Understanding of Mathematics*. Doctoral dissertation, Boise State University.
- Little, R. J. A., & Rubin, D. B. (2002). *Statistical analysis with missing data (2nd ed.)*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- OECD (2009). *PISA Data Analysis Manual: SAS Second Edition*. OECD publishing.
- OECD (2013). *PISA 2012 assessment and analytical framework: mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. PISA, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2014a). *PISA 2012 Results: What students know and can do - Student performance in Mathematics, Reading and Science (Vol. I, Revised Edition)*. PISA, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2014b). *Strong Performers and Successful Reformers in Education. Lessons from PISA for Korea*. PISA, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2014c). *PISA 2012 technical report*. PISA, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2015). *PISA-Students, Computers and learning: Making the connection*. PISA, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. PISA, OECD Publishing, Paris.
- Pead, D. (2010). *On computer-based assessment of mathematics*. Doctoral dissertation, University of Nottingham.
- Pellegrino, J. W. (2002). Knowing what students know. *Issues in science and technology*, 19(2), 48-52.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S.(2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods (2nd ed.)*. Newbury Park, CA: Sage.
- Scalise, K., &Gifford, B. (2006). Computer-based assessment in e-learning: A framework for constructing" intermediate constraint" questions and tasks for technology platforms. *The Journal of Technology, Learning and Assessment*, 4(6).
- Schwab, K. (2016). **클라우드 슈밥의 제 4차 산업 혁명**(송경진 역). 서울: 새로운 현재.
- SEAB(Singapore Examinations and Assessment Board). (2016). *Guidelines on the use of electronic calculators in national examinations*. <http://www.seab.gov.sg>
- Singleton, C. (2001). Computer-based assessment in

- education. *Educational and Child Psychology*, 18(3), 58-74.
- Wong, K. Y. (2015). *Effective mathematics lessons through an eclectic Singapore approach, Yearbook 2015*. World Scientific Publishing.
- Wong, K. Y., Zhao, D., Cheang, W. K., Teo, K. M., Lee, P. Y., Yen, Y. P., & So, H. J. (2012). *Real-life mathematics tasks: A Singapore experience*. Yeo, S. M., Thong, C. H., & Kho, T. H. (2008). *Algebra discs: Digital manipulatives for learning algebra*. In 11th International Congress on Mathematics Education.
- Yuan, Y. C. (2011). *Multiple imputation for Missing Data: Concepts and New Development (SAS Version 9.0)*. Rockville, MA: SAS Institute Inc.

Comparative Analysis of Influential Factors on Computer-Based Mathematics Assessment between Korea and Singapore

Rim, Haemee (Korea Institute for Curriculum and Evaluation)

Jung, Hyekyung (Korea Institute for Curriculum and Evaluation)

Mathematics was the main domain of PISA 2012, and both paper-based and computer-based assessment of mathematics (CBAM) were conducted. PISA 2012 was the first large-scale computer-based mathematics assessment in Korea, and it is meaningful in that it evaluated students' mathematical literacy in problem situations using dynamic geometry, graph, and spreadsheet. Although Korea ranked third in CBAM, the use of ICT in mathematics lessons appeared to be low. On the other hand, this study focused on Singapore, which ranked first in CBAM. The Singapore Ministry of Education developed online programs such as AlgeTools and AlgeDisc, and implemented the programs in classes by specifying them in mathematics curriculum and textbooks. Thus, this study investigated influential factors on

computer-based assessment of mathematics by comparing the results of Korea and Singapore, and aimed to provide meaningful evidence on the direction of Korea's ICT-based mathematics education. The results showed that ICT use at home for school related tasks, attitudes towards computers as a tool for school learning, and openness and perseverance of problem solving were positively associated with computer-based mathematics performance, whereas the use of ICT in mathematics class by teacher demonstration was negatively related. Efforts are needed to improve computer use and enhance teaching techniques related to ICT use in Korean math classes. Future research is recommended to examine how effectively teachers use ICT in mathematics class in Singapore.

* Key Words : computer-based mathematics assessment(컴퓨터 기반 수학 평가), Programme for International Student Assessment [PISA], Singapore(싱가포르)

논문접수 : 2017. 3. 28

논문수정 : 2017. 5. 8

심사완료 : 2017. 5. 12