

컴퓨터 기반 문제해결력에 영향을 미치는 학생 및 학교 수준의 ICT 요인: 한국과 일본을 중심으로

이영호* · 구덕회* · 임효진**

서울교육대학교 컴퓨터교육과* · 서울교육대학교 교육전문대학원**

요 약

본 연구의 목적은 PISA(Programme for International Student Assessment) 2012 결과에 나타난 학생 및 학교 수준의 ICT 요인이 컴퓨터 기반 문제해결력에 미치는 영향력을 알아보면서, 추가적으로 한국과 일본의 차이를 비교, 분석하는 데 있다. PISA 2012의 컴퓨터 기반 문제해결력 평가에는 한국에서는 156개 학교의 5,033명의 학생이, 일본에서는 191개 학교의 6,351명의 학생이 참여하였다. 연구방법으로는 2수준 위계선형모형(HLM)을 사용하여 자료 분석을 실시하였다. 두 국가의 공통점으로는 학생들이 컴퓨터와 인터넷에 처음 접한 시기가 빠를수록, 사회경제적배경이 높을수록, 개방성이 높을수록 문제해결력 점수가 높아졌으며, 가정이나 학교에서 제공하는 ICT 기기에 대한 접근성은 문제해결력에 부적인 영향을 미쳤다. 국가 간의 차이점으로는 ICT의 사용 목적이나 태도, 교사-학생관계, 창의적 방과후 활동의 유무 등이 문제해결력에 미치는 효과가 다르게 나타났다.

키워드 : 컴퓨터 기반 문제해결력, ICT 요인, PISA 2012, 다층분석, 위계선형모형

Effects of Student- and School-level ICT-related Factors on Computer-based Problem Solving: Focusing on Korea and Japan

Young Ho Lee* · Duk Hoi Koo* · Hyo Jin Lim**

Department of Computer Education, Seoul National University of Education* ·

Graduate School of Education, Seoul National University of Education**

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore the differences between Korea and Japan in terms of the effects of student- and school-level ICT-related factors on computer-based problem solving ability in PISA 2012 achievement results. PISA 2012's computer-based problem solving assessment included 5,033 students from 156 schools in Korea and 6,351 students from 191 schools in Japan. A 2-level hierarchical linear model (HLM) was employed to analyze data. Both of Korean and Japanese students, students with the earlier use of computer and the Internet, higher socioeconomic background and higher openness to problem reported better problem solving scores than their counterparts. Also, accessibility to ICT equipment provided by home or school was found to be a negative effect on problem solving in both countries. Differences in the effects of purposes and attitudes for ICT use, teacher-student relationship, and creative out-of-school activities on problem solving ability were found between

본 논문은 2016년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2016S1A3A2925401)을 받아 수행된 연구임.

교신저자 : 임효진(서울교육대학교)

논문투고 : 2017-07-06

논문심사 : 2017-07-12

심사완료 : 2017-08-21

two countries.

Keywords : Computer based problem solving ability, ICT factors, PISA 2012, Multi-level analysis, Hierarchical Linear Model

1. 서론

현대 사회는 정보통신기술(ICT)을 기반으로 소프트웨어의 개발과 활용이 국가 경쟁력을 좌우하는 ‘SW 중심사회’로 진입하고 있다. 이러한 시대적, 사회적 변화의 요구에 발맞추어 학생들의 ICT 역량도 미래교육과정의 핵심으로 대두되고 있다. 우리나라의 경우 2005년부터 초중등학교 ICT 교육지침에 따라 ICT 교육을 진행하여 왔으며[7], 2015 개정 교육과정에는 소프트웨어 교육을 중등에서는 필수, 초등에서는 실과 교과에서 17시간을 이수하도록 명시되어 있다[14]. 이와 유사하게 일본에서도 2011년 ‘ICT를 위한 새로운 전략’을 통해 학교현장에서 ICT를 최대한 사용하기 위한 목적으로 교육 정보화에 박차를 가하고 있으며[21], 2014년부터는 ‘배움의 이노베이션’이라는 정책을 통해 학교수업에서 ICT를 적극 활용하고 있다[15].

ICT 역량과 함께 미래교육과정에서 중요한 것은 창의적 문제해결력이다. 지식정보사회에서는 지식의 생산과 유통속도가 빠를 뿐만 아니라 그 양도 폭발적으로 증가한다. 따라서 보다 가치 있는 지식을 선택하고 이를 활용하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 역량이 중요하게 간주된다[4]. 문제해결 역량이란 해결 방법이 즉각적으로 드러나지 않는 문제 상황을 이해하고 해결하는 인지적 과정으로, 새로운 지식을 습득하고 사용하거나, 지식을 사용하여 새로운 문제(일상적이지 않은 문제)를 해결할 수 있는 능력을 의미한다[18].

3년마다 실시되는 국제학업성취도평가(PISA : Programme for International Student Assessment)에서는 만 15세 청소년들의 문제해결력을 측정하는데 있어서, 다양한 환경과의 상호작용 과정을 알아보기 위해 컴퓨터를 기반으로 하는 평가 틀과 문항을 개발하였다[5]. PISA 자료는 성취도에 대한 국가비교가 가능할 뿐 아니라 학생, 학교 수준으로 층화 표집된 자료를 바탕으로 하기 때문에 각 수준에 관련된 변인과 효과를 탐색하기

에 적합한 다층모형(multi-level modeling) 분석이 가능하다. 그간 문제해결력에 영향을 미치는 관련 변인에 대한 연구와 문제해결력에 영향을 미치는 다수준 변인의 효과를 탐색한 일부 연구가 존재하지만, ICT 관련 변인들의 위계적 효과를 다층적으로 탐색한 연구는 거의 없다[5][8][13][16].

이에 본 연구에서는 PISA 컴퓨터 기반 문제해결력에 영향을 미치는 ICT 요인의 효과를 학생과 학교수준에서 확인하고자 하였다. 특히 학생들의 문제해결력 성취도 수준이 유사하고(2012년 OECD 국가 중 한국 1위, 일본 2위) ICT 및 소프트웨어 교육을 선도적으로 수행하고 있으며, 지리적, 문화적으로 유사한 두 그룹인 한국과 일본을 비교하여 어떠한 공통점과 차이점이 나타나는지를 알아보려고 하였다. 이 연구를 통해 한국과 일본 학생들의 문제해결력에 영향을 미치는 ICT 요인을 분석하여 문제해결력 향상을 지향하는 ICT 교육 및 소프트웨어 교육에 시사점을 도출하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 PISA 창의적 문제해결력 검사

Isaksen과 Treffinger(1985)는 창의적 문제해결이란 문제 이해, 아이디어 산출, 행동계획 및 실행의 3단계를 거치면서 창의적 사고가 일어나는 과정이라 보았다[6]. 이와 유사하게 조석희(2013)는 창의적 문제해결력 구성 요소간의 상호작용을 분석한 논문에서 창의성은 문제 상황에 적절한, 새롭고 독창적인 산출물을 만들어 내는 능력으로 말할 수 있으며, 이는 창의적 문제해결력과 다르지 않다고 보고 있다[2]. 즉, 창의적 문제해결력은 문제를 정의하고, 그 문제에 대한 창의적인 해결책을 찾아 문제를 해결하는 것을 의미한다.

OECD에서 실시한 2013년도 국제성인역량조사(PIAAC)

에서는 일을 할 때 창의적 문제해결이 필요한 상황에 마주치는 빈도를 알아보았다[3]. 거의 모든 국가에서 응답자의 대부분이 ‘적어도 일주일에 한번 이상’ 그러한 문제에 마주친다고 하였으며, 10명 중 1명은 ‘거의 매일’ 적절한 해결책을 필요로 하는 복잡한 문제에 마주친다고 하였다. 이는 반복적이고 단순한 작업은 자동화된 기계가 처리하는 반면 사람들은 예전에 비해 덜 익숙하지만 예상치 못한 문제에 부딪히는 상황이 늘어나고, 이를 해결하기 위한 창의적인 문제해결 능력이 점점 더 요구되고 있음을 의미한다[17].

PISA에서는 문제해결력을 ‘문제 해결의 방법이 명확하지 않은 상황에서 문제를 이해하고 해결하고자 하는 개인적 특성’으로 정의하고 있다[19]. 창의적 문제해결력의 평가는 다양한 맥락과 상황에서 적절한 인지적 과정을 사용하여 창의적으로 문제를 해결하는 과정을 측정해야 한다. 이에 PISA의 문제해결력 평가 틀에는 하위 영역으로 문제 맥락(테크놀로지 활용 맥락, 개인적·사회적 맥락), 문제 상황(정적 문제 상황, 상호작용적 문제 상황), 문제해결과정(문제를 해결하는 인지적 과정)을 포함하고 있다[5].

2.2 ICT 관련 변인과 문제해결력

PISA에서는 현재까지 2003년과 2012년 총 2회 문제해결력 검사를 실시하였으며, 2003년에는 지필 평가로 실시되던 검사를 2012년에는 컴퓨터 기반 검사로 전환하여 실시하였다. 컴퓨터 기반 검사를 실시한 이유는 학생들이 문제를 해결함에 있어 환경과 상호작용하는 과정 혹은 환경에서 탐구할 수 있는 능력을 다양하게 측정하기 위함이며, 학생들이 문제를 해결할 때 어떠한 과정으로 문제를 해결하였는지 살펴볼 수 있는 정보(예: 검색시간)를 물리적으로 저장, 분석하기 위함이다[19].

PISA의 컴퓨터 기반 성취도검사는 ICT 변인과의 관계를 알아보는 연구 자료가 된다. 김혜숙(2012)은 PISA 2009 자료를 바탕으로 ICT 활용이 읽기, 수학, 과학 성취도에 미치는 영향을 탐색하였다[8]. 연구결과 ICT 관련 정의적 특성과 컴퓨터 활용 기간은 모든 교과 성취도에서 통계적으로 유의하게 정적인 영향을 미쳤으나, 학교에서의 ICT 활용도는 모든 교과 성취도에 유의한 영향을 미치지 않았다. 한편, 남창우와 신수영(2014)은

PISA 자료를 바탕으로 한국 학생의 ICT 관련 변인이 문제해결력에 미치는 영향에 대해서 알아본 결과[16], 사회경제적 지위는 ICT 보유 정도 및 문제해결력에 유의미한 영향을 나타내었지만, ICT 보유 정도가 문제해결력에 직접적인 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한 ICT를 오락 목적으로 사용할수록 문제해결력이 낮았던 반면 학습목적으로 사용할수록 문제해결력이 높아진다고 보고하였다. 최근 김성숙과 한정아(2016)는 PISA 2012 컴퓨터 기반 문제해결력 평가에서 대한민국, 싱가포르, 일본의 결과를 비교하며 남녀 학생들의 성취 결과에 미치는 교육맥락 변인의 영향력을 분석하였다[12]. 분석 결과 가정의 문화적 자산이 모든 국가에서 문제해결력에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 한국에서는 특히 컴퓨터가 학습도구로서 유용하다는 인식(컴퓨터에 대한 긍정적인 태도)이 문제해결력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3. 연구 방법

3.1 연구 자료 및 변수

PISA에서 실시하는 검사는 PISA 2003, 2012와 같이 수학이 주영역인 주기에 문제해결력도 함께 평가하고 있다. 이에 본 연구에서는 컴퓨터 기반으로 평가를 실시한 PISA 2012 자료를 바탕으로 분석을 실시하였다. 구체적으로 우리나라와 일본의 만 15세 학생들이 실시한 문제해결력 검사 점수와, 이 점수에 영향을 미치는 학생, 학교 수준의 ICT 관련 변인들을 분석 자료로 사용하였다.

<Table 1> Number of students and schools responding to the survey

Classification		Korea	Japan
Students	Boys	2,691	3,330
	Girls	2,342	3,021
Schools		156	191

이를 위해 <Table 1>에서 제시된 바와 같이 각 국가별 학생의 문제해결력 성취도 점수 및 학생 설문지와,

학교의 실태를 나타내주는 학교장 설문지의 응답결과에서 필요 변수들을 추출하였다.

종속변수는 PISA 2012 컴퓨터 기반 문제해결력 점수이고, 5세트의 유의 측정값(plausible value)을 모두 활용하여 분석을 수행하였다. 구체적인 값은 <Table 2>와 같다. 학생 수준과 학생 수준에서 선정된 설명변수는 <Table 3>과 같다.

<Table 2> Mean and standard deviation of problem-solving scores of Korea and Japan

Classification	mean	SD	OECD ranking
Korea	561.108	87.344	1
Japan	552.164	77.092	2

<Table 3> Description of variable

Factor	Variable	
Student level	Gender	
	background	
	ESCS	
	OPENPS	
	STUDREL	
	FIRACC	
ICT accessibility	ICTHOME	
	ICTSCH	
	ICT usability	HOMSCH
		ENTUSE
ICT attitude	ICTATTPOS	
	ICTATTNEG	
School level	School environment	
	Size of community	
	ECSC_mean	
	CREACTIV	
School climate	STUDREL_mean	
	RATCMP15	
ICT usability	USESCH_mean	

3.1.1 학생 수준 변수

학생수준의 배경변수들은 다음과 같다. 먼저 성별(Gender) 변수는 여학생은 1, 남학생은 2로 코딩되었다. 사회 경제 문화적 배경(ESCS)은 부모의 직업, 학부모의 교육 수준, 가정의 경제력을 바탕으로 산출된 지수이다.

개방성(OPENS)은 문제해결에 참여하고자 하는 초인지적(metacognitive), 인지적 노력이 어느 정도인지를 측정하고 있으며, 교사-학생 관계(STUDREL)는 학생이 지각한 교사와의 관계를 측정하고 있다. 개방성과 교사-학생관계 문항은 5점 Likert척도로 이루어져 있다.

ICT 관련 변수에서 먼저 ICT 기기 최초 사용(FIRACC)은 학생들이 인터넷과 컴퓨터에 언제 최초로 접근하였는지를 4점 Likert척도로 측정하고 있다(1=6세 이전, 4=13세 이후). 가정에서의 ICT 접근성(ICTHOME)과 학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH)은 각 장소에 보유한 기기(예: 데스크톱, 노트북, 태블릿PC 등)의 갯수를 나타내고 있다. 또한 가정에서 사용하는 학습목적 ICT 사용(HOMSCH)과 오락목적 ICT 사용(ENTUSE)은 각 사용의 빈도를 5점 Likert 척도로 측정하고 있다.

마지막으로 ICT 태도와 관련하여 ICT에 대한 긍정태도(ICTATTPOS)와 부정태도(ICTATTNEG)를 4점 Likert척도로 측정하였다.

3.2.2 학교 수준 변수

학교 수준 변수는 다음과 같다. 먼저 학교 여건에는 학교가 속한 지역의 크기(Size of community)가 있으며, 이는 5점 Likert척도로 측정하였다(1=Village, 5=Large City). 학교의 사회 경제 문화적 배경(ESCS_mean)은 그 학교에 속한 학생들의 ESCS지수의 평균을 각각 계산하여 사용하였다.

학교 풍토에서는 학교에서 실시하는 창의적인 방과후 활동(CREACTIV)을 측정하였고, 이는 창의적 활동을 하는 동아리(예: 체스, 컴퓨터부, 수학경시부)의 수로 측정하였다. 학교의 교사-학생 관계(STUDREL_mean)는 학생 수준 변수의 학교별 평균점수를 사용하였다. 또한 학생 1인당 사용할 수 있는 컴퓨터의 비율(RATCMP15)을 측정하였으며, 학교에서 교육목적으로 ICT를 사용하는 빈도(USESCH_mean)는 5점 Likert 척도로 측정하였다.

전체 변수들 중 Gender, FIRACC, Size of community, CREATIV를 제외한 변수들은 모두 OECD 국가들의 평균을 0, 표준편차를 1로 하는 IRT 척도점수로 제공된 표준화 점수이다[18].

3.2. 분석 방법 및 연구모형

PISA 연구는 전체 모집단 학생의 성취와 특성을 대표할 수 있는 표본을 얻기 위해서 체계적이고 표준화된 표집 절차를 준수한다. 모집단의 대표성을 확보하기 위해 2단계 층화 표본 설계를 통해 표집을 실시하며, 첫 번째는 학교 표본을 선정하고, 두 번째는 표집된 학교별로 학생을 임의 표집한다. 표집된 학생은 학교에 내재(nested)되어 있는 위계 구조를 가지고 있기 때문에 연구 대상 데이터를 개인 수준과 집단 수준으로 구분하여 분석할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 서로 다른 수준에서 측정된 자료를 동시에 분석할 수 있는 2수준 위계선형모형(Hierarchical Linear Modeling; HLM)을 사용하였다.

이를 위해 처음에는 독립변수를 투입하지 않은 무제약 모형(unconditional model)을 검증하고, 이어 학생 및 학교 수준 독립변수가 모두 투입된 임의계수모형(random coefficient model)을 분석하였다.

4. 분석

4.1 기술 통계

한국과 일본의 학생 수준 및 학교 수준 변수의 평균

적인 차이를 알아보기 검사를 위해 먼저 t검증을 실시한 결과 학생 수준의 변수에서는 성별(Gender)을 제외한 모든 결과에서 유의한 차이를 보였다. 학교 수준의 변수에서는 학교가 속한 지역의 크기(Size of community)와 학생 1인당 사용할 수 있는 컴퓨터의 비율(RATCMP15) 변수에서만 유의한 결과가 나왔으며, 이 변수를 제외한 다른 변수에서는 차이가 유의하게 나타나지 않았다.

구체적인 분석 결과는 <Table 4>과 같다. 학생수준 변수 중 학생 배경 요인에 대한 기술통계 결과 중 사회경제 문화적 배경(ESCS)은 한국이 일본보다 높았으며 문제에 대한 개방성(OPENS), 교사-학생 관계(STUDREL) 또한 한국의 학생들이 일본의 학생들보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 다음으로 ICT 접근성에 대한 결과로 ICT 기기 최초사용(FIRACC)은 한국 학생들이 일본 학생들보다 더 빠른 것으로 나타났으며, 가정에서의 ICT 접근성(ICTHOME)은 일본이, 학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH)은 한국이 더 높은 것으로 나타나 차이를 보였다. 다음으로 ICT 사용에 있어서 가정에서 사용하는 학습목적 ICT 사용(HOMSCH)과 오락목적 ICT 사용(ENTUSE)은 모두 일본이 한국보다 높은 것으로 나타났다. ICT에 대한 태도 영역에서는 ICT 긍정태도(ICTATTPOS)와 부정태도(ICTATTNEG) 모두 일본이 한국보다 유의하게 높은 것으로 나타났다.

<Table 4> Descriptive statistics of independent variables injected into the model

Factor	Variable	Korea		Japan		t Ratio	p Value	
		mean	SD	mean	SD			
Student level	background	Gender	1.53	.50	1.52	.50	1.098	.027*
		ESCS	.013	.74	-.08	.70	6.823	.000***
		OPENPS	-.37	.74	-.74	.85	24.574	.000***
		STUDREL	-.12	.75	-.17	.83	3.705	.000***
	ICT accessibility	FIRACC	2.1	.66	2.48	.74	-24.908	.000***
		ICTHOME	-.47	.75	-.30	.90	-10.783	.000***
		ICTSCH	-.35	.93	-.61	1.11	13.259	.000***
	ICT usability	HOMSCH	-.49	.91	-1.1	.90	35.481	.000***
		ENTUSE	-.71	.80	-.55	.96	-8.941	.000***
	ICT attitude	ICTATTPOS	-.92	.92	-.82	1.1	-5.622	.000***
ICTATTNEG		-.15	.84	.31	.93	-27.315	.000***	
School level	School environment	Size of community	4.2	.92	3.93	.75	2.970	.003**
		ECSC_mean	.01	.36	-.09	.36	2.477	.014*
	School climate	CREACTIV	2.03	.88	2.21	.79	-1.977	.049**
		STUDREL_mean	-.12	.31	-.17	.32	1.491	.137
	ICT usability	RATCMP15	.40	.48	.62	.88	-2.838	.005**
		USESCH_mean	-1.01	.37	-1.0	.31	-.439	.661

다음으로 학교수준 변수 중에서 유의한 차이가 나타나는 변수 중, 평가에 참여한 학교가 속한 지역의 크기(Size of community)는 한국의 학교가 일본의 학교보다 더 큰 지역에 속하는 것으로 나타났다. 학교의 ICT 여건 중 학생 1인당 교육 목적으로 사용할 수 있는 컴퓨터의 비율(RATCMP15)은 일본이 한국보다 더 높은 것으로 나타났다. 전반적으로 양 국가에서 학교수준 변수들의 차이보다는 학생수준 변수들의 차이가 더 크게 나타났다.

4.2 상관분석

상관관계 분석을 통해 종속변수인 컴퓨터 기반 창의적 문제해결력과 설명변수들의 상관관계를 살펴보았다. 모든 학생, 학교수준의 변수와 종속변수와의 유의한 상관이 나타났고, 학생 수준의 설명변수 중 한국과 일본 모두 학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH)과는 유의한 상관이 나타나지 않았다. 그리고 일본에서는 ICT 긍정태도(ICTATTPOS)가, 한국에서는 ICT 부정태도(ICTATTNEG)가 문제해결력과 유의한 상관이 없으므로 나타났다(지면관계상 상관분석 표는 생략).

4.3 다층분석 결과

4.3.1 무제약모형

HLM 분석을 위해 실시한 무제약 모형의 공식은 아래와 같다.

Level-1 Model

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}, \quad r_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Level-2 Model

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}, \quad r_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3, \dots, m$$

식에서 Y_{ij} 는 j 번째 학교의 i 번째 학생의 컴퓨터 기반 창의적 문제해결력 점수이고, β_{0j} 는 학교 수준에서 문제해결력 점수의 평균을 의미한다. γ_{00} 은 창의적 문

제해결력 점수의 전체 평균(grand mean)이며, r_{ij} 는 학생 수준의 임의효과를, u_{0j} 는 학교 수준의 임의효과를 나타낸다.

위계적 선형모형에서는 집단 간과 집단 내 차이를 분리하여 분석하므로 집단 내 상관관계(ICC : Intraclass correlation) 값으로 모형의 타당성을 검증할 수 있다. ICC값은 <Table 5>와 같이 모두 유의하게 나타났다.

<Table 5> Result of one-way ANOVA with random effect

	Korea		Japan	
	Coefficient	se	Coefficient	se
Intercept	558.49***	4.29	512.47***	3.26
Level 1				
Variance	4990.231		3463.178	
Component				
Level 2				
Variance	2724.974		2559.433	
Component				
ICC	0.353		0.425	

4.3.2 임의계수모형

임의계수모형은 종속변수에 영향을 미치는 집단 수준에서의 설명변수(고정효과)를 투입하고, 1수준에서의 절편뿐만 아니라 기울기도 임의효과를 가지도록 설정한 모형이다. 임의계수모형의 식은 아래와 같다.

Level-1 Model

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \times (X_1)_{ij} + \dots + \beta_{pj} \times (X_p)_{ij} + r_{ij},$$

$$r_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Level-2 Model

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \times (Z_1)_j + \dots + \gamma_{0q} \times (Z_q)_j + u_{0j},$$

$$r_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\beta_{nj} = \gamma_{n0} + u_{nj} \quad n \in 1, \dots, p$$

모형에 변수를 투입할 때 학생 수준의 변수에서 가정에서 사용하는 학습목적 ICT 사용(HOMSCH)과 학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH), 교사-학생 관계(STUDREL) 변수는 그룹 평균을 기준으로 중심점 교정(group mean centering)을 하였으며, 이 변수를 제외한 모든 변수에 대해 전체 평균을 기준으로 중심점 교정

(grand mean centering)을 하였다.

무제약 모형과 비교하여 1수준에서는 종속변수 Y_{ij} 에 영향을 주는 학생수준의 설명변수($(X_p)_{ij}$)들을 투입하였고, 2수준에서는 종속변수(β_{0j})에 영향을 미치는 학교수준에서의 설명변수($(Z_q)_j$)를 투입하였다. 이어 1수준에서 투입된 설명변수가 어떤 임의효과를 가지고 있는지를

설명하는 u_{nj} 를 2수준에 투입하여 분석을 실시하였다. 본 모형에서 β_{0j} 는 학교 j 의 창의적 문제해결력 평균을 의미하며, β_{1j} 는 j 학교의 학생 성별에 따른 문제해결력 점수의 차이, β_{2j} 는 j 학교의 학생의 사회 경제 문화적 배경이 문제해결력 점수에 미치는 효과를 의미한다. 이와 같은 방법으로 본 모형에서는 β_{11j} (ICTATTNEG)까지

<Table 6> Fixed effect of random-coefficient regression model

Fixed Effect	Coefficient (s.e)		t Ratio		p Value	
	KOR	JPN	KOR	JPN	KOR	JPN
Gender, β_{1j}	2.840(2.622)	14.652(1.191)	1.083	7.654	.281	.000***
ESCS, β_{2j}	5.522(1.638)	1.004(1.256)	3.370	0.800	.001***	.425
OPENPS, β_{3j}	34.908(1.632)	20.343(1.128)	21.388	18.029	.000***	.000***
STUDREL, β_{4j}	4.108(1.619)	-2.901(0.935)	2.538	-3.103	.012*	.003**
FIRACC, β_{5j}	-7.985(1.825)	-5.351(0.948)	-4.374	-5.643	.000***	.000***
ICTHOME, β_{6j}	-9.513(1.890)	-4.381(0.911)	-5.020	-4.641	.000***	.000***
ICTSCH, β_{7j}	-2.736(1.109)	-4.718(0.728)	-2.467	-6.482	.015*	.000***
HOMSCH, β_{8j}	-4.259(1.259)	-2.435(0.970)	-3.381	-2.510	.001***	.013*
ENTUSE, β_{9j}	-6.583(1.410)	5.552(0.981)	-4.669	5.564	.000***	.000***
ICTATTPOS, β_{10j}	6.375(1.156)	-1.145(0.677)	5.514	-1.708	.000***	.089
ICTATTNEG, β_{11j}	3.762(1.224)	-3.645(0.848)	3.071	-4.294	.003**	.000***
School mean achievement, γ_{00}	559.338(2.913)	551.674(2.348)	192.010	234.934	.000***	.000***
Size of community, γ_{01}	-2.153(2.929)	4.104(2.988)	-0.735	1.373	.463	.171
ECSC_mean, γ_{02}	51.740(9.597)	69.676(7.996)	5.391	8.713	.000***	.000***
CREACTIV, γ_{03}	4.572(3.136)	14.587(3.173)	1.458	4.596	.147	.000***
STUDREL_mean, γ_{04}	29.247(11.508)	3.201(7.415)	2.541	0.432	.012*	.666
RATCMP15, γ_{05}	4.454(7.683)	0.697(2.090)	0.594	0.334	.553	.739
USESCH_mean, γ_{06}	-9.721(8.726)	10.137(6.781)	-1.114	1.495	.267	.137

<Table 7> Random effect of random-coefficient regression model

Random Effect	Variance Component		df		χ^2		p Value	
	KOR	JPN	KOR	JPN	KOR	JPN	KOR	JPN
mean_achievement, u_{0j}	1209.756	963.059	79	158	587.8136	871.229	.000***	.000***
Gender, u_{1j}	141.169	210.250	85	164	93.530	224.271	.247	.001***
ESCS, u_{2j}	89.059	44.311	85	164	86.068	165.771	.447	.447
OPENPS, u_{3j}	95.456	76.186	85	164	135.024	227.271	.001***	.001***
STUDREL, u_{4j}	133.673	22.983	85	164	109.363	173.975	.039*	.282
FIRACC, u_{5j}	189.362	17.349	85	164	157.017	169.295	.000***	>.500
ICTHOME, u_{6j}	247.322	25.140	85	164	155.209	166.185	.000***	.438
ICTSCH, u_{7j}	47.502	12.086	85	164	89.917	197.155	.337	.039*
HOMSCH, u_{8j}	48.918	37.379	85	164	95.056	195.505	.214	.047*
ENTUSE, u_{9j}	67.718	42.549	85	164	99.728	205.456	.131	.015*
ICTATTPOS, u_{11j}	40.074	11.008	85	164	1360.659	167.194	.001***	.416
ICTATTNEG, u_{12j}	51.643	30.803	85	164	94.194	177.228	.232	.227
Level-2 effect	2361.652	1493.103						
Level-1 effect	3774.885	2823.289						

학생수준의 설명변수들을 투입하였다.

2수준에서는 학교수준을 변수들을 투입하였는데, 예컨대 γ_{01} 은 학교가 속한 지역의 크기(Size of community)가 학교의 문제해결력 점수에 미치는 효과를 의미한다. 이와 같은 방법으로 본 모형에서는 학교수준 변수들을 γ_{06} (USESCH_mean)까지 투입하였다(변수들의 투입 순서는 <Table 3>에 제시된 순서와 같음). 한편, u_{nj} 값은 β_{nj} 값의 임의효과를 나타내는 값으로, 예를 들어 u_{1j} 는 j 학교 학생의 첫 번째 투입변수(성별)와 문제해결력 점수와의 관계를 나타내는 β_{1j} 에 대한 임의효과(학교별 차이)를 뜻한다.

계수의 임의효과가 포함된 모델이 설명력을 더 높일 수 있는지를 판정하기 위해 임의효과를 투입하기 전에 앞에서 추정하였던 무제약 모델과 비교를 진행하였다. <Table 7>의 Level-1, 2 Effect에서 볼 수 있듯이 한국과 일본 모두 1, 2수준의 분산이 무제약 모형과 비교하여 줄어든 것을 확인할 수 있다. 따라서 임의계수모형을 최종 모형으로 분석한 결과는 다음과 같다. 우선 학생 수준과 고정효과는 한국은 성별(Gender), 일본은 사회 경제 문화적 배경(ESCS)과 ICT 긍정태도(ICTATTPOS)를 제외한 모든 변수들이 $p=0.05$ 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 두 국가에서는 개방성(OPENS)이 높을수록, ICT 기기의 최초 사용(FIRACC) 시기가 빠를수록 문제해결력 점수가 높아지는 것으로 나타났다. 또한 가정에서의 ICT 접근성(ICTHOME)과 학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH)이 높을수록, 가정에서의 학습목적 ICT 사용(HOMSCH)이 높을수록 문제해결력이 낮아지는 것이 공통적으로 발견되었다.

반면, 교사-학생 관계(STUDREL)는 한국은 높을수록, 일본은 낮을수록 문제해결력 점수가 높아졌으며, 가정에서의 오락목적 ICT 사용(ENTUSE)은 한국은 낮을수록, 일본은 높을수록 문제해결력 점수가 높았다.

학교 수준의 고정효과는 다음과 같다. 먼저 두 국가 모두 학교의 사회 경제 문화적 배경(ESCS_mean) 변수가 유의하게 나타났으며 두 국가 모두 이 값이 높을수록 창의적 문제해결력 점수가 높은 것으로 나타났다. 한국은 학교별 교사-학생 관계(STUDREL_mean)가 높을수록, 일본은 창의적인 방과후 활동(CREACTIV)이 많을수록 창의적 문제해결력 점수가 높은 것으로 나타났다.

임의효과를 살펴보면 다음과 같다. 두 국가 모두 개방성(OPENS)의 효과에 있어 학교별 차이가 존재하는 것으로 나타났으며, 한국은 교사-학생 관계(STUDREL), ICT 기기 최초 사용(FIRACC), 가정에서의 ICT 접근성(ICTHOME), ICT 긍정태도(ICTATTPOS)의 효과에서 학교별 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 이에 비해 일본은 성별(Gender), 학교에서의 ICT 접근성(ICTSCH), 가정에서의 학습목적 ICT 사용(HOMSCH)과 오락목적 ICT 사용(ENTUSE)의 효과에서 학교별 차이가 존재하는 것으로 나타났다(<Table 7>).

5. 논의 및 결론

본 연구는 한국, 일본 학생들의 PISA 2012 결과의 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 학생 및 학교 ICT 변인의 위계적 효과를 분석하였다. 연구 결과를 바탕으로 논의의 전개를 하면 다음과 같다.

첫째, 공통적으로 학생들이 컴퓨터와 인터넷에 접하는 시기가 빠를수록 두 국가 학생들의 문제해결력이 높았다. 이는 디지털 기기에 익숙하며 정적인 텍스트나 이미지보다 상호작용적 성격이 강한 멀티미디어 환경에 더욱 친숙함을 느끼는 디지털 네이티브(digital native) 세대[20]의 등장시기와 맞물려, 컴퓨터를 사용하여 다양한 문제를 해결하는 상황에서 디지털 환경에 익숙한 사용자들이 문제 해결에 필요한 정보를 수집하고 이를 보다 적절하게 활용할 수 있다는 사실을 보인다.

다음으로 가정, 학교의 사회 경제 문화적 배경(ECSC)이 높을수록 문제해결력이 높았다. 특이한 점은 한국은 학생, 학교 수준의 ECSC가 모두 유의한 영향이 있었지만, 일본은 학생수준의 ECSC는 유의하지 않고 학교 수준의 ECSC는 상당히 큰 효과를 나타내었다. 이는 학교 간의 심한 격차를 보여주는 결과로 경제수준의 양극화가 진행됨에 따라 중상류층 부모들의 사립학교 선호현상이 높아지고 있으며 이에 따라 계층 간 교육의 양극화가 더욱 심화되고 있는 일본사회의 모습을 반영한다[11]. 김진숙(2014)의 연구에서는 한국사회에서도 점차 일본과 같은 교육열의 계층화 현상이 나타나기 시작하고 있으며, 이는 중요한 교육문제로 부상할 가능성이 높다고 지적하였다[9]. 이와 같은 결과는 특히 컴퓨

터 기반의 문제해결력에 영향을 미치는 교육의 계층화 현상 또한 관심을 가져야 할 요소임을 말해준다.

둘째, 학교 풍토 요인 중 교사와 학생의 관계에 있어 일본과는 달리 한국에서는 관계가 좋을수록 문제해결력이 높아졌으며, 학교 수준에서는 이러한 영향을 더 커지는 것으로 나타났다. 한국에서의 이러한 결과는 긍정적인 교사-학생 관계가 학생들의 학습동기와 수행에 유의미한 상관관계를 보인다는 연구결과를 지지한다[23]. Skinner와 Belmont(1993)가 제시하였듯 교사와 학습자의 상호작용은 교사와의 관계에 대한 학습자의 인식의 변화를 가져온다[22]. 이는 교사와 학생들의 상호작용을 높일 수 있는 수업 활동이 학습자들의 창의적 문제해결력을 향상시킬 여지가 있으며, 따라서 ICT 교육내용 및 방법적인 부분에서 이 같은 점을 고려할 필요가 있다.

셋째, 가정 또는 학교에서 제공하는 ICT 기기에 대한 접근성은 한국과 일본 모두에서 문제해결력에 부적인 영향을 미쳤다. 이 변수는 ICT 기기를 다양한 종류로 얼마만큼 보유하고 있는지를 측정한다. 본 연구의 결과는 ICT 기자재가 양적으로 지나치게 풍부하다는 것은 창의적인 문제해결력을 오히려 방해하는 것으로도 볼 수 있으며, 단순히 기기의 수를 늘리는 것보다 이를 활용한 교육의 질을 높일 수 있는 방안이 보다 필요함을 시사한다.

또 다른 국가별 차이로는 학교 수업 중 교육목적으로 ICT를 사용하는 빈도(USESCH_mean)는 통계적으로 유의하지는 않았지만 일본에서는 문제해결력에 긍정적인 영향을, 한국에서는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한국에서는 기존 ICT 교육의 문제점을 인식하고, 2015년부터 소프트웨어 교육에 대한 필요성을 재고하고 교육과정 개정 등을 통해 소프트웨어 교육을 전반적으로 재검토하려는 정책을 마련하고 있다[14]. 이러한 정책을 통해 학교에 대한 ICT 지원이 단순히 기자재 제공이나 정비 수준에서 벗어나 실제로 학생들의 창의성과 문제해결 역량을 높이는 데 도움이 되는 방향으로 사용될 수 있도록 하는 방안을 모색해야 할 것이다.

넷째, 학생들의 ICT 사용목적이나 태도 또한 문제해결력에 유의한 영향이 있었다. 구체적으로 가정에서 오락 목적의 ICT 사용은 한국에서는 부적인 영향을 미치지만 일본에서는 정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 ICT에 대한 태도는 긍정, 부정태도에 따라 국

가 간 차이가 나타났는데, 한국에서는 긍정적인 태도가, 일본에서는 부정적인 태도의 효과가 더 크게 나타났다. 이는 한-일 학생들의 문화적 차이를 반영하기도 하지만, 어떠한 목적과 태도를 가지고 ICT를 사용하느냐에 따라 문제해결력에 미치는 영향이 다르게 나타나고 있음을 의미한다. 따라서 ICT 교육의 내용 및 목표 설정에 있어 정의적 영역인 ICT 사용 태도나 동기의 형성이 중요하게 고려되어야 한다.

본 연구는 컴퓨터 기반 문제 해결력에 영향을 미치는 ICT 변인에 대해 학생과 학교 수준으로 구분하여 분석하였으며, 이를 한국과 일본을 중심으로 공통점과 차이점을 탐색하였다는 점에 의의가 있다.

본 연구에서의 한계점과 제언은 다음과 같다. 첫째, 한-일 국가비교에 있어서 실제 ICT 교육이 이루어지고 있는 학교 수업이나 교실 문화의 비교를 직접적으로 탐색하지 못하였다. 국가별 차이는 고정효과보다는 임의 효과에서 더욱 뚜렷하게 나타났는데, 이는 개인특성과 성취도의 관계에서 나타나는 학교별 차이를 심도 있게 분석함으로써 알아볼 수 있다. 따라서 후속 연구에서는 잔차 분석(residual analysis) 등을 통해 이러한 차이를 보여주는 학교 특징들을 좀 더 세밀하게 살펴볼 필요가 있다. 둘째, 이 연구에서는 다양한 ICT 요인들의 위계적 효과를 우선적으로 살펴보기 위해 한국과 일본만을 선택하였지만 후속 연구로 현재 소프트웨어 교육과정을 국가 교육과정으로 도입하고 있으며, PISA 성취도의 결과 또한 상위 수준에 있는 핀란드와 에스토니아 등과의 비교 연구가 수행될 필요가 있다. 셋째, 2015년 실시한 PISA 연구 결과에서 한국 학생들의 ICT 활용 능력이 최하위 수준으로 나타났으며[10], 이에 대한 학생 및 학교 수준의 분석 또한 수행될 필요가 있다. 이를 통해 우리나라의 ICT 교육 및 소프트웨어 교육의 정책 결정의 방향에 다양한 시사점을 줄 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

- [1] Balanskat, A., & Engelhardt, K. (2014). Computing our future: Computer programming and coding-Priorities, school curricula and initiatives across Europe.
- [2] Cho, Seok-hee (2013). Verification of the dynamic interaction among components of creative problem solving. *The Journal of Thinking Development*, 9(2), 47-69.
- [3] Hanushek, E. A., Schwerdt, G., Wiederhold, S., & Woessmann, L. (2013). Returns to Skills around the World: Evidence from PIAAC (No. w19762). National Bureau of Economic Research.
- [4] Hong, Ki-Chil (2012). The Effects of AbPS Program-based Creative Instruction on Creative Problem Solving Ability and Creative Personality. *The Korean Journal of Thinking & Problem solving*, 8(1), 51-76.
- [5] Im, Hae-mi (2012). PISA 2012 computer-based problem-solving ability evaluation framework and open questions. Proceedings of the KSME 2012 Fall Conference on Math. Edu.(November 2-3), 61-66.
- [6] Isaksen, S. G., & Treffinger, D. J. (1985). *Creative problem solving*. The Basic Course. New York: Bearly Limited.
- [7] Jeong, In-Kee (2010). Analysis of 「Understanding of Information Processing」 Area in the ICT Textbooks for Elementary Schools. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 13(2), 35-43.
- [8] Kim, Hye-Sook, Park, Hyun-Jung, & Seo, Jung-Hee (2008). The Effect of ICT on Academic Achievement: Focused on PISA 2006. Korea Education and Research Information Service, Issue Report.
- [9] Kim, Jin-Suk & Hwang, Hee-Suk (2014). The Stratification Phenomenon of Educational Aspiration in Japan. *Journal of North-east Asian Cultures*, 41, 433-451.
- [10] Kim, Kapsu (2017). A Study on ICT Usability and Availability of Between Korean Students and OECD Students : Focus on PISA 2015. *Journal of The Korean Association of Information Education* 21(3), 361-370.
- [11] Kim, Mee-Ran (2010). Social Changes and Education in Japan: Focused on Divide Society Discourse. *Korean Journal of Sociology of Education*, 20(2), 1-23.
- [12] Kim, Sung-Sook & Han Jung-A (2016). Comparative Analysis of the Effects of Students and School Factors on PISA 2012 Problem Solving Results in Korea, Singapore, and Japan. *Korean Journal of Educational Research*, 54(3), 225-247.
- [13] Lim, Hyo Jin & Kim, Jung-Soo (2016). A Relationship among Problem-Solving, Motivational Strategy, and Cognitive Strategy: Focused on PISA 2012 Results. *The Journal of Thinking Development*, 12(1), 21-42.
- [14] Ministry of Education (2015). Guidelines for operating software education. Seoul: Ministry of Education.
- [15] Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology-Japan (2014). Learning Innovation Project Empirical Research Report. [Http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chou-sa/shougai/030/toushin/1346504.html](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chou-sa/shougai/030/toushin/1346504.html)
- [16] Nam, Chang-Woo & Shin, Su-Yeong (2014). The Effects of Students' ICT-related Variables on Their Attitude toward ICT Use and Problem-solving Abilities. *Journal of Educational Evaluation*, 27, 1265-1286.
- [17] OECD (2012). assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2012draftframeworks-mathematicsproblemsolvingandfinancialliteracy.html>.
- [18] OECD (2012). PISA 2012 Technical Report. Paris:

OECD Publishing.

- [19] OECD (2014). PISA 2012 results: creative problem solving: students' skills in tackling real-life problems (volume V).
- [20] Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1-6.
- [21] Shin, Seung-Ki & Bae, Young-Kwon (2014). Review of Software Education based on the Coding in Finland. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 18(4), 595-604.
- [22] Skinner, E. A., & Belmont, M. J. (1993). Motivation in the classroom: Reciprocal effects of teacher behavior and student engagement across the school year. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 571-581.
- [23] Wentzel, K. R. (2010). Students' relationships with teachers. In J. L. Meece & J. S. Eccles (Eds.), *Handbook of research on schools, schooling, and human development* (pp. 75-91). New York: Routledge.

저자소개

이영호



2010~현재 서울시 초등학교사
2015~현재 서울교육대학교 생활
과학·컴퓨터교육과 박사과정
관심분야: 인공지능 교육, 소프트
웨어 알고리즘, 컴퓨터 교육
이론

E-mail: yhbest12@naver.com



구덕희

2000 한국교원대학교 대학원 박사
2000~2003 한국교육학술정보원
선임연구원
2003~2009 대구교육대학교
컴퓨터교육과 교수
2009~현재 서울교육대학교
컴퓨터교육과 교수
관심분야: 컴퓨터교육이론, 프로그래밍 교육, 디지털 콘텐츠
E-mail: dhk@snue.ac.kr



임효진

2010 미국남가주대 대학원 박사
2010~2012 고려대학교 교육학과
연구교수
2012~2016 전북대학교 교육학과
교수
2016~현재 서울교육대학교 교육
전문대학원 교수
관심분야: 학습동기, 학업성취, 중
단연구, 다층분석
E-mail: hyolim@snue.ac.kr