

과학 교수학습 모바일 활동에 대한 국내 문헌 분석 -학습자 주체성 지원에 관하여-

김효준, 송진웅*
서울대학교

A Literature Review of Mobile Activities in Teaching and Learning Science: With Regard to Support for Learners' Agency

Hyojoon Kim, Jinwoong Song*
Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 July 2020

Received in revised form

25 September 2020

27 October 2020

Accepted 28 October 2020

Keywords:

mobile activity,
teaching and learning science,
learners' agency

ABSTRACT

According to the online learning environment, learning activities using mobile technology have emerged as a major concern. The features of mobile technology show potential supporting the emergence of learners' agencies in science education. In this study, 22 research literature on mobile activities in science teaching and learning published in Korea from 2011 to April 2020 were selected. First, the framework of Suarez *et al.* (2018) was revised and the types of mobile activities were categorized and investigated. Second, the emergence of agencies was examined in the context of science teaching and learning. And also, the relevance of mobile activity types ('Access to content', 'Data collection', 'Peer-to-peer communication', 'Contextual support') to support learners' agency dimension ('goals', 'content', 'action', 'strategy', 'reflection', 'monitoring') was analyzed. The first analysis show that science teaching and learning through mobile activities are changing from traditional to student-centered. Through these activities, students become more involved in learning and get the opportunity to become agents of learning. As a result of the second analysis, it has been confirmed that the emergence of learners' agencies has been supported and strengthened through mobile activities. Whereas, it needs to look upon the relationship between learners' agency and mobile activities in the overall context of science class. This consideration led to implications for the use of mobile technology in future science education and the transition to student-centered education.

1. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

'디지털 턴(digital turn)'으로 불리는 디지털 환경으로의 변화 (Selwyn & Cooper, 2015)와 미래 사회를 위한 역량 교육의 맥락에서 정보통신기술(ICT)을 활용한 교수학습 활동이 강조되고 있다. 최근 PISA 등 국제 비교평가에서 디지털 소양(digital literacy)이 중요하게 다루어지고 있으며, 우리나라 과학 교육과정에서도 기본적인 ICT 활용 능력과 ICT 활용 의사소통 역량이 강조되고 있다(MEST, 2015).

ICT 활용 교육은 컴퓨터 활용 교육(Bayraktar, 2001), 웹기반 교수 학습(Hannafin & Hannafin, 2010), 테크놀로지 강화 학습환경(Kim & Hannafin, 2011) 등 다양한 형태로 연구되고 있다. 그러나 실제 학교 현장에서 ICT의 활용은 단순한 웹기반 조사나 발표 수단 정도에 그치고 있으며(Rho & Yoo, 2016), 주로 컴퓨터 활용에 집중하고 있다(e.g., Bayraktar, 2001; Kim & Hannafin, 2011). 따라서 ICT의 활용 범위 확대와 도구의 다양화가 필요하다. 한국인터넷진흥원(2019)의 '2018 인터넷이용 실태조사' 결과에 따르면, 컴퓨터를 보유하고 있는

가구의 비율은 매년 감소하는 반면, 가구별 스마트폰 보유율은 2012년 65.0% 대비 2018년 94.8%로 크게 증가하였다. 이처럼 모바일 기기에 대한 보유율과 접근성이 확대됨에 따라 모바일 테크놀로지는 ICT 활용 교육의 핵심적인 도구가 될 수 있다(Koole, 2009; Kukulsk-Hulme, 2007; Peters, 2007).

모바일 테크놀로지의 발달로 교수자 중심 패러다임이 학습자 중심 패러다임으로 변화되었으며, 이러한 교육의 변화는 미래인재 양성에 대한 시대적 요청에 부합한다(Kim *et al.*, 2019). 학습자 중심 교육의 핵심 요소인 자기 주도적 학습을 위해서는 학습자 주체성(learners' agency)이 발현될 필요가 있다. 학습자 주체성의 발현은 학생들이 무엇을 어떻게 학습할지를 결정하고, 학습 동기를 가지며, 학습의 목적을 스스로 정의 내리는 것을 말한다(Schoon, 2017). 많은 선행 연구들은 학습자 주체성에 주목하였(e.g., Sharples, Taylor, & Vavoula, 2005; Kirschner *et al.*, 2006; Mayer, 2004), OECD Education 2030 project에서도 학습자 주체성(learners' agency)을 강조하고 있다. 모바일 테크놀로지는 학습자 주체성이 발현되는 학습자 중심 교육 매개체로서 적합한 특징을 보여준다(Koole, 2009). 그러나 모바일 테크놀

1) 'agency'를 '행동주체'(KICE, 2018), '주체성'(Yang & Yoo, 2019), '행위주체성'(So & Choi, 2018; Ha & Kim, 2019) 등으로 해석하고 있다. 본 연구에서는 학습자의 학습에 대한 주체적 성격을 나타내는 데 강조점을 두어 'learners' agency'를 '학습자 주체성'으로 표현하였다.

* 교신저자 : 송진웅 (jwsong@snu.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.5.451>

로지를 통해 학습자 주체성을 지원하는 실용적인 교수학습 전략은 부족하다(Nikolopoulou, 2018). 학습자 주체성과 모바일 활용에 대한 언급은 피상적으로만 이루어졌으며, 모바일 테크놀로지를 활용한 탐구학습을 통해 학습자 주체성에 어떠한 영향을 끼치는지에 대한 관련 연구는 찾아보기 힘들다(Suárez *et al.*, 2018).

Suárez *et al.* (2018)은 SCI급 논문 62편에 대한 체계적 문헌 검토를 통해 탐구 중심 학습에서 나타나는 모바일 활동²⁾의 유형을 구분하고, 선행 연구를 토대로 하여 학습자 주체성에 대한 여섯 가지 측면의 분류틀을 제시하였다. Suárez *et al.* (2018)의 연구는 최근 교수학습에서 활용되는 다양한 모바일 활동의 사례를 포함하고 있다는 면에서 많은 연구에서 인용되고 있으며(e.g., Al Mamun, Lawrie, & Wright, 2020; Arici *et al.*, 2019; Nikolopoulou, 2018; Sung *et al.*, 2019), 연구에서 제시한 분류틀은 학습자 주체성과 모바일 활동의 관련성을 직접적으로 드러내고 있다는 점에서 의의를 가진다. 이를 통해 학습자 주체성과 모바일 테크놀로지 활용의 관계를 이해할 수 있고, 모바일 활동 유형에 따른 학습자 주체성의 발현 여부를 판단할 수 있다. 하지만 모바일 활동이 학습자 주체성을 어떻게 지원할 수 있는가에 대하여 교수학습의 맥락을 고려한 보다 구체적인 분석이 필요하다. Suárez *et al.* (2018) 역시 모바일 유형과 학습자 주체성 측면의 관계를 교수학습 상황에서 살펴보고 신뢰성을 검증할 필요가 있다는 점을 언급하였다.

이에 본 연구에서는 Suárez *et al.* (2018)의 분류틀을 토대로 수정·보완하여 국내 문헌에서 나타나는 과학교수학습에서의 모바일 활동과 학습자 주체성에 대한 관련성에 대해 면밀히 살펴보고자 하며, 이를 통해 과학 교수학습에서의 모바일 활동에 대한 시사점을 탐색하고자 한다.

2. 이론적 배경

가. ICT 활용 교육과 모바일 테크놀로지

모바일 테크놀로지는 전통적인 컴퓨터보다 접근성이 높고 사용이 용이하기 때문에 기존 테크놀로지 실행 모델은 모바일 활용으로 변화될 필요가 있다(West & Vosloo, 2013). 모바일 학습은 모바일 테크놀로지를 단독으로 사용하거나 다른 ICT와 혼합하여 사용하는 것을 말한다(West & Vosloo, 2013). 모바일 학습은 학습자로 하여금 교실 안과 밖에서 교육적 리소스에 접근하고, 다른 사람들과 상호작용하며 지식을 공유하고 콘텐츠를 만들 수 있는 기회를 제공한다(Koole, 2009; Sharples *et al.*, 2010; West & Vosloo, 2013). 특히, 휴대성과 이동성은 다른 신기술과 구별되는 모바일 기기의 가장 두드러진 특징으로서 언제 어디서나 학습을 가능하게 한다(Kukulka-Hulme, 2007; Park, 2011; Peters, 2007; West & Vosloo, 2013). 이와 더불어 응용 프로그램 개발 및 소셜 소프트웨어의 혁신을 통해 모바일 테크놀로지의 교육적 잠재력은 더욱 높아졌다(Park, 2011). 이에 따라 많은 교육 연구자들이 교수학습 환경과 모바일 테크놀로지를 통합하려는 시도를 하고 있으며, 과학교육에서도 관련된 연구들이 증가하고 있다(Na & Song, 2014).

한편, ICT 활용 교육의 관점에서 모바일 학습에 대한 우려 또한 존재한다. 교사의 가이드가 없는 과도한 자유와 웹 접근의 용이함은 오히려 학습의 역효과를 가져오기도 한다(Kirschner *et al.*, 2006; Mayer, 2004; Park *et al.*, 2011). Wong *et al.* (2015)도 탐구 학습을 위해 모바일 테크놀로지를 사용한다고 해서 반드시 의미 있는 원활한 학습 과정으로 이어지는 것은 아니라고 언급한 바 있다. 따라서, 모바일 활용 학습의 적절한 비계(scaffolding)와 안내가 중요하며(Devolder *et al.*, 2012; Kim & Hannafin, 2011), 학습자가 자신의 행동과 인식을 통제하는 방식으로 자신의 학습에 대한 주체성을 발휘해야 한다는 점이 더욱 강조된다(Kauffman, 2004; Wong *et al.*, 2015).

나. 모바일 활용 교육과 학습자 주체성

학습자 주체성은 교육 연구의 핵심 개념으로 다루어져 왔으며, 자신의 학습을 통제할 수 있는 능력(Benson, 2007) 또는 주도권을 가지고 행동하는 능력(Bandura, 2001)으로 일컬어진다. 학습자 주체성은 학습 목적, 내용, 흐름과 전략뿐 아니라 그 과정을 모니터링하고, 결과를 평가하는 데 있어 학습자의 책임을 말한다(Little, 2007). 그런 점에서 자기규제 학습의 개념과 밀접하게 연관되어 있다(Suárez *et al.*, 2018). 자기규제의 개념(Zimmerman, 1990)은 바람직한 학습 결과를 달성하기 위해 메타인지, 동기, 행동을 조절하는 학습자의 특징을 말한다. 이러한 개념은 사회인지 이론으로 확장되어 동기적 메타인지 전략을 세우고 학습환경을 관리하며 적절한 설명을 선택하는 특징으로 설명된다(Bandura, 2001). 학습자 주체성의 발현은 학생이 주체가 되어 자기 주도 학습을 이끌어어나가는 학습자 중심교육의 실현이라고도 할 수 있다. Knowles (1975)는 자기 주도 학습이란 개인이 스스로 학습의 필요를 진단하고 학습 목표를 수립하는 학습, 그리고 학습을 위한 인적·물적 자원을 식별하고 적절한 학습전략을 선택 및 실행하며 학습의 결과를 평가하는 데 주도권을 갖는 과정이라고 정의하였다(Brookfield, 1994 재인용). 이는 학습자 주체성이 의미하는 바와 일맥상통한다.

이러한 학습자 주체성의 발현 가능성을 모바일 활용 교육에서 찾아볼 수 있다. 모바일 학습은 긍정적인 교육학적 행위유도성(affordance)을 제공하는 고유한 기술적 특성을 가진다(Park, 2011). 이는 학습에 대한 참여를 증진시키고 학습의 실행에 대한 책임을 가질 수 있게 한다(Park, 2011; West & Vosloo, 2013). 또한, 학습의 맥락에서 좀 더 개별화되고 자율적인 끊임없는 학습(seamless learning)의 기회를 제공한다(Thüs *et al.*, 2012). 이와 관련하여, Sharples *et al.* (2010)은 사회문화적 관점에서 모바일 시대에 따른 배움의 시너지에 대해 다루었으며, Song *et al.* (2012)은 모바일을 통해 지원되는 학습 경험이 어떻게 학생들의 개별화 학습을 돕고 학습자 주체성을 충족시키는지 를 조명한 바 있다.

이처럼 모바일 테크놀로지가 학습 지원에 적합한 특징을 보여준다는 점에 Suárez *et al.* (2018)도 동의하였다. 하지만, 이를 활용하여 주체성을 발현시킬 수 있는 실질적 전략이 부족하다는 점을 지적하였다. Suárez *et al.* (2018)은 Holec (1979)으로부터 시작된 학습자 주체성의 개념을 바탕으로, Bandura (2001)가 제시한 네 가지 특징(목표, 의도적 행동, 반응적 전략, 자기 반성)을 학습자 주체성 발현의 판단 기준으로 삼았다. 여기에 Little (2007)과 Zimmerman (1990)의 자기

2) Suárez *et al.* (2018)는 모바일 테크놀로지를 활용한 학습 활동을 모바일 활동(mobile activity)라 명명하였고, 본 연구에서도 같은 의미로 사용하였다.

규제 이론으로부터 추출된 ‘모니터링(monitring)’과 ‘내용(content)’을 포함하여 학습자 주체성의 여섯 가지 측면에 대한 분석 틀을 제시하였다(Suárez *et al.*, 2018). 본 연구에서는 이러한 학습자 주체성의 개념을 바탕으로 논의를 진행하였으며, Suárez *et al.* (2018)의 분석틀을 토대로 분석을 수행하였다. 학습자 주체성의 여섯 가지 측면은 ‘목표’, ‘내용’, ‘행동’, ‘전략’, ‘반성’, ‘모니터링’이며, 이에 대한 분석틀은 Table 1과 같다.

이와 함께, 학습자 주체성과 모바일 활동의 관련성을 파악하기 위

해 Suárez *et al.* (2018)은 탐구중심학습에서 사용되는 모바일 활동을 5가지 유형(1st layer)과 12가지 하위 유형(2nd layer)의 두 단계로 구분하였으며, 모바일 활동의 유형별로 관련되는 학습자 주체성의 측면을 제시하였다(Table 2).

II. 연구 과정 및 연구 문제

본 연구에서는 문헌 분석을 통해 국내 과학 교수학습 연구에서

Table 1. The six dimensions of the analytical framework for learners’ agency (Suárez *et al.*, 2018, p. 41)

Learners’ agency dimension	
목표 (goals)	Does the learner have any opportunity to set up his/her own learning goals?
내용 (content)	Does the learner have any opportunity to decide which information he/she wants to use?
행동 (action)	Does the learner have any opportunity to decide what to do?
전략 (strategy)	Does the learner have any responsibility for how to do it
반성 (reflection)	Does the learner have any opportunity to reflect upon the strategies used to execute the process?
모니터링 (monitoring)	Does the learner have any opportunity to monitor his/her progress?

Table 2. Types of mobile activities and Learners’ agency dimension(Suárez *et al.*, 2018)

모바일 활동 유형 (Types of mobile activities)			학습자 주체성 측면 (Learners’ agency dimension)					
유형 (1st layer)	하위유형 (2nd layer)	내용 및 예시 (Technological affordances)	목표	내용	행동	전략	반성	모니터링
직접적 안내 (Direct instruction)	위치 안내 (location guidance)	위치를 안내를 위한 GPS, RFID				✓		
	과정 안내 (procedural guidance)	활동이나 과정 수행절차 안내, 스크립트		✓			✓	✓
	메타인지적 안내 (metacognitive guidance)	해석, 인지 부하 감소, 과학 개념을 이해하기 위한 스캐폴딩		✓	✓	✓	✓	
내용 접근 (Access to content)	고정내용 (fixed content)	제공되는 내용, 모바일 앱에 업로드된 콘텐츠			✓	✓		
	동적내용 (dynamic content)	인터넷 검색, 정보 필터링, 블로그와 위키	✓	✓	✓	✓	✓	
자료수집 (Data collection)	자료 수집 및 기록 (cooperative data collection)	멀티미디어 데이터 캡처링, 노트, 사진 또는 동영상 촬영	✓	✓	✓	✓	✓	
	공동협력적 작업 (collaborative data collection)	공동수집된 데이터의 협업 작업, 자료의 종합화	✓	✓	✓	✓	✓	✓
동료 간 의사소통 (Peer-to-peer communication)	동시적 의사소통 (asynchronous social communications)	실시간 의사소통, 즉각적 메시지와 채팅	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	비동시적 의사소통 (synchronous social communications)	온라인 토론 패널, 온라인 플랫폼	✓	✓	✓	✓	✓	✓
상황적 지원 (Contextual support)	증강경험 (augmented experience)	특정 위치나 시간에 증강된 정보를 경험	✓		✓	✓	✓	
	몰입경험 (immersive experience)	디지털 시뮬레이션	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	즉각적 맞춤형 환류 (adaptive feedback)	응답 결과에 기초한 즉각적 피드백	✓	✓		✓	✓	✓

나타나는 모바일 활동의 유형을 분류하여 분석하고, 학습자 주체성 발현에 대한 모바일 활동의 지원 정도를 살펴보고자 한다. 분석을 위해 탐구중심학습을 대상으로 개발된 Suárez *et al.* (2018)의 분류를 일반적 국내 과학 교수학습 상황에 적합하도록 수정·보완하였고, 이를 바탕으로 모바일 활동 유형을 분류하였다. 다음 단계로 과학 교수학습 상황에서의 학습자 주체성 측면을 추출하고 이를 어떤 모바일 활동 유형이 지원하며, 관련 정도가 어떠한가에 대한 분석을 수행하였다. 이러한 과정을 통해 학습자 주체성 발현을 위한 모바일 활동 활용 방안에 대한 시사점을 도출하고자 하였다. 이에 대한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1. 국내 과학 교수학습에서의 모바일 활동 유형은 어떤 특징을 나타내는가?
2. 과학 교수학습 상황에서 나타나는 학습자 주체성의 측면은 어떤 모바일 활동 유형으로 지원되며, 그 관련성은 어떠한가?

첫 번째 연구 문제는 과학 교수학습에서의 모바일 활동의 모습을 살펴보고, 모바일 활동의 균형있는 활용을 위한 시각을 넓히는 데 그 목적이 있다. 두 번째 연구 문제는 학습자 주체성이 어떤 모바일 활동으로 지원되는가를 파악하여 학습자 중심 과학 교수학습의 실현을 위한 실질적 안내를 제공하고, 향후 관련 연구와 과학 교수학습에서의 모바일 테크놀로지 활용 확대를 위한 토대를 마련하는 데 그 중요성을 두고 있다.

III. 연구 대상 및 연구 방법

본 연구는 과학 교수학습에서의 모바일 활동 활용 모습을 살펴보고 시사점을 찾기 위해, 초·중등 과학 수업의 모바일 활동과 관련한 국내 연구 문헌을 연구 대상으로 수집하였다. 모바일 테크놀로지 활용의 범위는 Kim (2015)의 테크놀로지 유형 분류를 바탕으로 모바일 폰, 스마트 기기, 태블릿, 디지털 교과서 등의 모바일 기기 활용을 포함하였다. Kim (2015)은 2006년부터 2015년까지 교수학습에서 활용되는 테크놀로지 관련 연구동향을 분석하여 테크놀로지 유형에 대한 분류틀을 제시하였는데, 선행 연구들을 토대로 최근 경향을 반영하여 ‘컴퓨터기반 학습’, ‘웹기반학습’, ‘모바일 학습’을 포함한 8가지로 테크놀로지 활용 유형을 분류하였다. 이중 ‘모바일 학습’은 스마트 교육, 디지털교과서 등 모바일 기기를 활용하는 학습의 총칭으로, PDA, UMPC, 스마트폰, 스마트 패드, Tablet PC 등의 테크놀로지 활용을 포함하고 있다.

모바일 테크놀로지의 교육적 활용과 관련한 문헌 분석 연구(Na & Song, 2014; Byun, 2017)에서 스마트 기기의 활용 교육은 주로 2011년부터 나타나고 있음을 밝히고 있다. Kim *et al.* (2019)의 연구에서도 2010 ~ 2013년은 스마트교육의 도입 초기 단계, 2014 ~

2016년은 스마트교육의 확산에 따른 활성화된 시기로 구분하였다. 이에 따라 연구 대상 문헌의 발행 기간은 2011년부터 시작하여 최근의 연구를 포함하기 위해 2020년 4월까지의 기간으로 설정하였다. 이 기간에 국내에서 발행된 KCI급 학술지 게재논문을 학술연구정보서비스 RISS(<http://riss.kr>)와 구글 학술 검색 서비스(<http://scholar.google.co.kr>)를 이용하여 검색하였다. 문헌 검색은 ‘모바일 과학 수업’, ‘스마트 기기 과학 수업’, ‘모바일 과학 교수학습’, ‘스마트 기기 과학 교수학습’의 키워드를 사용하였으며, 제목과 초록 등을 조사하여 연구 대상으로 적합한 문헌을 선정하였다. 또한, 대상 문헌에 대한 누락을 방지하기 위해 ‘NetMiner’ 프로그램을 활용하여 KCI급 학술지 게재 논문 중 ‘스마트기기 과학수업’, ‘모바일 과학수업’과 관련한 초록을 검색하여 재확인하는 검토과정을 거쳤다. 이러한 과정은 메타 분석에서 연구 대상을 검색하고 선정하는 과정인 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)(Moher *et al.*, 2009) 방법에 따른 것이며, 이에 대한 흐름도는 Figure 1과 같다.

내용 검토를 통해 총 22편의 문헌을 연구의 대상으로 선정하였으며, 학습자 주체성 지원의 관점으로 모바일 활동에 대한 질적 분석(qualitative analysis)을 수행하였다. 분류의 방법으로는 Suárez *et al.* (2018)의 분류틀을 수정·보완하여, 이를 바탕으로 모바일 활동의 유형과 학습자 주체성의 측면을 연역적 코딩을 통해 분류하였다. 이러한 과정은 반복적 비교 방법(constant comparative method) (Kolb, 2012; Strauss & Corbin, 2008)으로 분류의 타당성에 대한 수차례의 검토가 이루어졌다. 우선 문헌에서 나타나는 과학 교수학습에서의 모바일 활동에 대한 교수학습 상황, 교수학습 주제, 모바일 활동 형태, 수업 유형, 모바일 테크놀로지의 활용 방법 등의 요소를 파악하고 Suárez *et al.* (2018) 분류틀의 하위 유형 설명과 예시에 따라 모바일 활동을 분류하였다. 분류의 과정은 원문헌자료와 반복적으로 비교 검토하고 유형 분류의 사례들이 서로 구분되는지를 확인하는 절차를 거쳤다. 이를 통해 Suárez *et al.* (2018)의 연구에서 제시되지 않았던 활동 예시를 하위 유형에 대한 설명을 바탕으로 추가하고, 국내 문헌에서 나타난 활동에 대해 공통적 특성을 가지는 하위 유형을 통합하여 Suárez *et al.*의 틀을 수정·보완하는 작업을 거쳤다. 또한 하위 유형의 설명과 모바일 활동의 분류가 일치하는지를 반복적으로 검토하여 확인하였다. 학습자 주체성 측면의 분류도 기존 틀(Table 1)에서 제시한 판단 질문을 바탕으로 교수학습 상황에서 나타나는 학습자 주체성 측면을 분류하였고, 모바일 활동 유형과의 관련성에 관하여 원문헌자료와 반복적 검토를 실시하였다. 또한, 분류 결과 및 모바일 활동과 학습자 주체성 측면과의 관련성에 대하여 삼각검증(triangulation)을 실시하였다. 10년 이상의 교직 경력을 가진 과학교육 전공 석사과정 연구원 1인과 과학교육 전공 박사과정 연구원 1인의 개별적 검토와 토의 과정을 통해 타당성을 검토하고, 일치하지 않는 항목에 대한 합의 과정을 거쳐 결과를 도출하였다.

IV. 결과 및 분석

국내 문헌의 모바일 활동 유형 분류를 위한 선행 작업으로 Suárez *et al.*의 분류틀을 검토하는 과정에서 수정과 보완이 필요한 부분은 다음과 같이 나타났으며, 그 결과는 Table 3에 제시하였다.

3) Suárez *et al.* (2018)의 분류 기준에서 ‘cooperative data collection’은 ‘collaborative data collection’과 비교하여, 좀 더 일반적인 자료수집의 형태로 정의되었다. 그 예시로 동영상이나 사진, 오디오를 통한 자료수집 활동에 모바일 기기를 활용하는 것을 언급하였다. 따라서 본 연구에서는 ‘cooperative data collection’를 ‘공동협력적 작업(collaborative data collection)’과 구분하기 위해 ‘자료 수집 및 기록’으로 해석하였다.

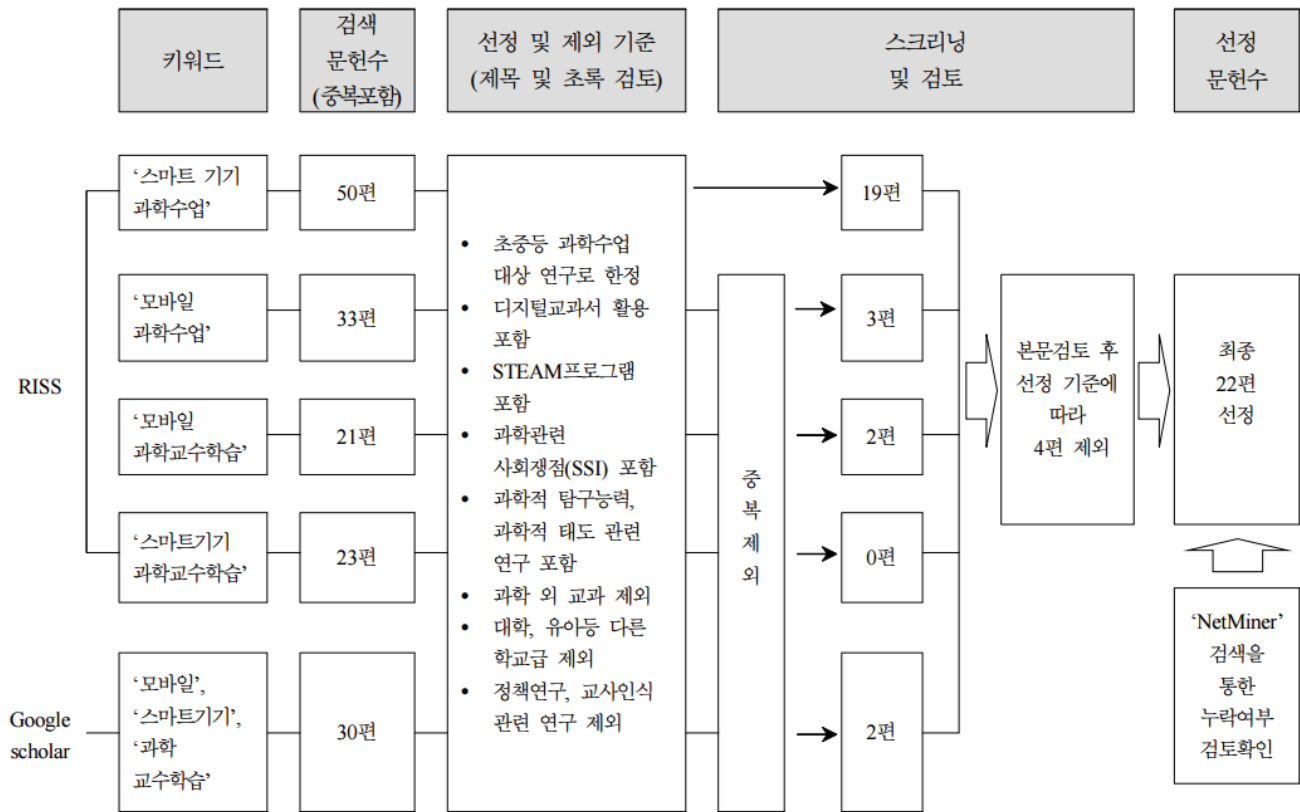


Figure 1. Research methodology of selecting literature according to the PRISMA(Moher et al., 2009) framework

첫째, Suárez et al.의 분류 틀에서 ‘직접적 안내’의 ‘위치 안내’ 유형은 국내 과학 교수학습 상황의 모바일 활동에서 잘 드러나지 않았다. 국외 문헌에서는 탐구학습이 학교 밖 활동으로 이루어질 때 모바일 활동을 통해 위치와 절차 안내 등이 이루어지는 것으로 나타났다(Suárez et al., 2018), 이와 달리 국내 문헌에서 나타난 과학 교수학습에서의 모바일 활동은 교실 내 교과수업에서의 활용이 많은 부분을 차지하고 있었다. 또한, ‘메타인지적 안내’ 역시 모바일 활동이 매개하는 경우는 찾아볼 수 없었으며 일반적으로 교사가 직접 학생과 상호작용하는 과정에서 메타인지적 안내가 이루어진다고 볼 수 있다. 이에 ‘위치 안내’와 ‘메타인지적 안내’의 유형은 삭제하였다. 한편, 학습 단계나 실험 과정에 관한 ‘과정 안내’ 유형은 학습 내용 접근과 관련이 있으므로 ‘내용 접근’의 하위 유형으로 통합하였다.

둘째, 모바일 활동에서 스마트 기기를 활용할 때 기대하는 바 중 하나는 다양한 센서와의 연동을 통한 실험 측정 활동이다. 이는 스마트 기기의 센서나 어플리케이션을 이용하여 측정하고, 기록하는 자료 수집과 기록 활동에 해당한다. 그러나 Suárez et al.의 분류틀에서는 이러한 부분이 드러나지 않았다. 따라서 이와 관련한 활동을 ‘자료 수집 및 기록’ 유형의 예시로 추가하였다.

셋째, Suárez et al.의 분류틀에서 ‘상황적 지원’에 해당하는 ‘증강 경험’과 ‘몰입 경험’ 모두 가상 상황을 경험하는 유형에 해당한다. 국내 문헌에서 나타나는 증강경험의 모바일 활동 유형은 최근(2020년 4월) 문헌 1편에서 등장하였으며(Shim et al., 2020), 그 외 문헌에서 가상 경험을 할 수 있는 유형은 3D 시뮬레이션 앱을 활용한 활동이었다. 이러한 이유로 이 두 가지 유형을 묶어 ‘시뮬레이션 경험’으로 분류하였다.

이와 같이 국내 과학 교수학습에서의 모바일 활동 분석에 적합하도

록 분류틀을 수정·보완하였으며, 수정된 분류틀은 4가지 유형과 9가지의 하위 유형으로 나뉘어진다. 이후 이를 기준으로 국내 문헌에서의 모바일 활동 유형을 분류하고, 구체적인 활동의 내용과 예시를 제시하였다.

1. 과학 교수학습에서의 모바일 활동 분류

모바일 활동 유형을 분류한 결과, ‘내용 접근(access to content)’에서 교사가 제공하는 지정된 학습 자료를 QR코드나 링크를 통해 접속하거나 내려받는 ‘고정 내용’ 유형이 가장 높은 비율로 나타났다(63.6%). 온라인을 기반으로 다양한 내용을 검색하고, 검색한 자료를 학습에 활용하는 ‘동적 내용’ 유형 비율 역시 높게 나타났는데(50.0%), 이는 모바일 활동을 통해 교과서에 한정된 내용을 벗어나 인터넷 기반의 다양한 지식 내용을 접할 수 있는 기회가 제공된다는 것을 나타낸다.

‘자료 수집(data collection)’에서는 모바일 스마트 기기를 활용하여 자료를 기록하고 측정하는 ‘자료 수집 및 기록’ 유형이 많이 나타나고 있었다(54.5%). 이러한 유형은 모바일 기기의 노트 앱을 이용하여 기록하거나 카메라 앱을 통해 사진이나 동영상 자료를 수집·기록하는 활동(e.g., Bae et al., 2015)뿐 아니라, 측정 앱과 센서를 통해 소음, 기온, 습도, pH 등 실험 데이터를 수집하여 기록하는 활동(e.g., Kim & Shin, 2018)으로도 나타났다. 이러한 면은 전통적인 자료 수집과 기록 방법에서 벗어난 새로운 방식의 변화를 보여준다. 한편, 수집한 자료를 협업을 통해 재구성하는 ‘공동협력적 작업’은 주로 모뎀별 산출물을 제작하는 활동에서 나타났는데(31.8%), 이러한 유형은 교사가 모뎀별 활동에 모바일 기기를 활용하도록 의도할 때 나타나는

Table 3. Modified frameworks, Classification code and Mobile activity type classification

유형 (1st layer)	하위유형 (2nd layer)	분류코드 (Classification code)	모바일 활동 (Mobile activity type)	비율 (Ratio)
내용 접근 (Access to content)	과정 안내 (procedural guidance)	A-1	<ul style="list-style-type: none"> • 체험학습 진행과정 안내 (Cha <i>et al.</i>, 2017) • 실험과정 안내 (Lee <i>et al.</i>, 2018) • 학습단계 안내 (Song <i>et al.</i>, 2017) 	13.6%
	고정내용 (fixed content)	A-2	<ul style="list-style-type: none"> • 온라인 게시판 자료 (Bae <i>et al.</i>, 2015) • 디지털 교과서 자료 (Jeong & Cha, 2019) • 동영상(Youtube)학습자료 (Kim <i>et al.</i>, 2018 등) • QR코드를 통한 학습자료 제공 (Cha <i>et al.</i>, 2017 등) • 어플리케이션을 통한 학습자료 제공 (Kim & Kim, 2013 등) 	63.6%
	동적내용 (dynamic content)	A-3	<ul style="list-style-type: none"> • 인터넷 활용 자료검색 (Kang & Yun, 2017 등) 	50.0%
자료수집 (Data collection)	자료 수집 및 기록 (cooperative data collection)	D-1	<ul style="list-style-type: none"> • 어플리케이션(노트앱, 카메라앱 등)을 통한 자료 기록 (Lim & Joo, 2015 등) • 기온, 습도 센서 활용 자료 수집 (Kim & Shin, 2018) • 소음측정 앱을 통한 자료 수집 (Lee, 2015) • pH 측정 앱을 통한 자료 수집 (Yun <i>et al.</i>, 2016) 	54.5%
	공동협력적 작업 (collaborative data collection)	D-2	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈별 보고서작성 및 활동 내용 정리 (Jang <i>et al.</i>, 2017 등) • 설계 및 모형 만들기 등 모듈별 산출물 제작 (Kim & Hong, 2015 등) 	31.8%
동료 간 의사소통 (Peer-to-peer communication)	동시적 의사소통 (asynchronous social communications)	P-1	<ul style="list-style-type: none"> • SNS, 채팅 앱을 통한 동시적 의사소통 (Lee & Noh, 2014 등) 	9.1%
	비동시적 의사소통 (synchronous social communications)	P-2	<ul style="list-style-type: none"> • 온라인 플랫폼을 활용한 비동시적 의사소통 (Nam <i>et al.</i>, 2017 등) 	40.9%
상황적 지원 (Contextual support)	시뮬레이션 경험 (simulating experience)	C-1	<ul style="list-style-type: none"> • 태양계 3D시뮬레이션 (Jang <i>et al.</i>, 2017 등) • 화학실험 시뮬레이션 (Lee <i>et al.</i>, 2018) • 증강 현실 어플리케이션 (Shin <i>et al.</i>, 2020) 	22.7%
	즉각적 맞춤형 환류 (adaptive feedback)	C-2	<ul style="list-style-type: none"> • 문제풀이 결과 확인 및 피드백 (Yun <i>et al.</i>, 2015 등) • 시뮬레이션 과정에서의 반응에 대한 피드백 (Lee <i>et al.</i>, 2018) 	31.8%

결과였다. ‘공동협력적 작업’ 유형은 모바일 기기를 활용하여 모듈원이 동시에 문서 작업을 하거나 설계 모형을 구성하는 데 참여하는 활동으로, 이 역시 모바일 활동을 통해 변화되고 있는 교수학습의 모습이라고 할 수 있다.

‘동료 간 의사소통(peer-to-peer communication)’ 및 ‘상황적 지원(contextual support)’의 유형은 모바일 활동을 통해 구현될 수 있는 특징이자 장점이라 할 수 있다. 실시간 ‘동시적 의사소통’ 유형으로 분류되는 활동인 SNS로 교사에게 질문하기(Bae *et al.*, 2015) 또는 퀴즈 출제와 응답의 실시간 의사소통(Lee & Noh, 2014)은 학생들의 참여를 증진시킬 수 있는 방법이라 할 수 있다. 특히 수업시간에 참여하지 못했던 학생들의 참여를 증진시키고 의사소통의 기회를 제공해 줄 수 있는 온라인 게시판을 활용한 ‘비동시적 의사소통’ 유형 역시 비교적 높은 비율로 나타났다(40.9%).

‘상황적 지원’의 ‘시뮬레이션 경험’ 유형은 스마트 기기의 어플리케이션을 활용하여 증강현실을 경험하거나 시뮬레이션 실험을 할 수 있는 형태로, 과학 실험이 실험실 내의 활동을 넘어서서 시공간의 구애없이 일어날 수 있는 가능성을 보여준다. 이와 함께, ‘즉각적 맞춤형 환류(adaptive feedback)’ 유형은 스마트 기기를 통한 실시간 맞춤형 피드백 제공으로 교실 수업의 한계로 지적되는 개별화·맞춤형 교육의 어려움을 극복할 수 있는 방안을 제공해 준다.

위의 결과와 같이 과학 교수학습에서 나타나고 있는 모바일 활동의 유형을 살펴보았을 때 ‘과정 안내’와 ‘고정 내용’ 유형을 제외하고는 대부분 기존의 전통적인 교수학습에서 찾아보기 힘든 활동들이 나타

나고 있었다. 이러한 활동 유형들은 학습자의 주체적이고 능동적인 참여가 필요한 형태로서 학습자 주체성의 발현을 지원해 줄 수 있다.

2. 과학 교수학습에서의 학습자 주체성의 발현과 모바일 활동 유형의 지원 관계

모바일 활동의 특징은 학습자 주체성의 발현을 지원해줄 수 있다는 것이다(Park, 2011). 이러한 모바일 활동 유형과 학습자 주체성의 발현 관계를 살펴봄에 있어 단편적 연관성이 아닌 과학 수업의 맥락을 포괄하는 관점이 필요하다. 학습자 주체성의 발현은 수업의 유형이나 목표에 의해서도 영향을 받고, 이 과정에서 모바일 활동이 직접적 혹은 간접적 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이러한 포괄적 이해의 관점은 학습자 주체성의 발현이 구조와 환경의 영향을 받는다는 기초와도 부합한다(Bandura, 2001). 이에, 본 절에서는 과학 교수학습의 맥락에서 학습자 주체성의 발현 측면과 모바일 활동 유형의 지원 관련성을 분석하였다. 분석의 예시는 Table 4와 같으며, 문헌에서 나타난 모바일 활동에 대한 종합 결과는 부록(Appendix A)에 제시하였다.

먼저, 연구 대상 문헌의 과학 교수학습에서 나타나는 학습자 주체성의 측면을 ‘목표’, ‘내용’, ‘행동’, ‘전략’, ‘반성’, ‘모니터링’의 여섯 가지 측면을 기준(Suárez *et al.*, 2018)으로 분류하였다. 다음으로는 과학 교수학습에서 나타나는 모바일 활동을 하위 유형에 따라 분류하여(Table 3의 분류코드), 학습자 주체성의 각 측면에 대한 지원 관련성을 검토하였다. 학습자 주체성의 발현에 모바일 활동이 지원하는

Table 4. An example of Bae *et al.* (2015) about the relevance of mobile activity types to supporting learners' agency dimension

스마트 기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업(Bae <i>et al.</i> , 2015) ⁴⁾									
모바일 활동 유형				학습자 주체성과 모바일 활동 유형의 지원 관련성					
유형 (1st layer)	하위유형 (2nd layer)	분류코드 (code)	모바일 활동 (Mobile activity type)	목표 (goals)	내용 (content)	행동 (action)	전략 (strategy)	반성 (reflection)	모니터링 (monitoring)
내용 접근 (Access to content)	과정 안내 (procedural guidance)	A-1							
	고정내용 (fixed content)	A-2	온라인 게시판 자료 다운로드	+++	+++				
	동적내용 (dynamic content)	A-3	인터넷 활용 자료검색		+++				
자료수집 (Data collection)	자료 수집 및 기록 (cooperative data collection)	D-1	어플리케이션(노트앱, 카메라앱 등)을 통한 자료 기록			+++			
	공동협력적 작업 (collaborative data collection)	D-2							
동료 간 의사소통 (Peer-to-peer communication)	동시적 의사소통 (asynchronous social communications)	P-1	SNS, 채팅 앱을 통한 동시적 의사소통			+++			
	비동시적 의사소통 (synchronous social communications)	P-2	온라인 플랫폼을 활용한 비동시적 의사소통		+++	++	+++	+++	
상황적 지원 (Contextual support)	시뮬레이션 경험 (simulating experience)	C-1							
	즉각적 맞춤형 환류 (adaptive feedback)	C-2							
모바일활동과 관련 없음 (Not related to mobile activities)									

+++ : 모바일 활동의 직접적(강한) 지원, ++ : 모바일 활동의 간접적(약한) 지원, + : 교수학습 과정에서 학습자 주체성은 드러나지만 모바일 활동과 관련없음

정도는 ‘직접적 지원(+++)’, ‘간접적 지원(++)’, ‘학습자 주체성은 나타나지만 모바일 활동과 관련 없음(+)’의 3단계로 구분하였다. ‘직접적(강한) 지원’은 학습자 주체성의 발현이 모바일 활동을 통해 직접적으로 나타나는 경우로, 예를 들어 Table 4의 스마트 기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업(Bae *et al.*, 2015)에서 어떤 내용을 선택하여 학습할지를 결정하는 ‘내용’ 측면의 학습자 주체성이 온라인 게시판 자료를 다운로드(A-2)하거나 인터넷 활용 자료 검색활동(A-3)를 통해 나타나는 경우에 해당한다. 또한, 무엇을 선택할지를 결정하는 ‘행동’ 측면의 학습자 주체성 발현이 스마트 기기의 시뮬레이션 앱을 선택하는 모바일 활동(C-1)을 통해 나타나는 경우(Jang *et al.*, 2017) 등도 이에 해당한다(Appendix A 참조). ‘간접적(약한) 지원’은 학습자 주체성 발현이 모바일 활동을 통해 지원될 수 있는 가능성을 보여주는 경우로, Table 4에서는 비동시적 의사소통 활동(P-2) 중 온라인 플랫폼을 통해 탐구활동 결과를 어떻게 발표할지 결정하는 과정(Bae *et al.*, 2015)에서 ‘전략’ 측면의 학습자 주체성이 나타날 가능성을 보여주는 경우가 이에 해당한다. Table 4의 예시는 과학학습 상황에서 학습자 주체성의 모든 측면이 모바일 활동 유형과 관련성이 있음을 보여주고 있다. 그러나 과학 교수학습 과정에서 학습자 주체성의 측면이 발현되는 모습이 보이지만 모바일 활동과 관련이 없는 경우도 있었다. 그러한 예로는, 과학 수업에서의 소집단 협력 토의 수업 과정

(Kang & Yun, 2017)에서 ‘반성’ 측면의 학습자 주체성이 나타나지만 모바일 활동은 단지 자료 검색 활동에만 국한되어 학습자 주체성을 지원하는 관련성은 없는 경우 등에 해당한다(Appendix A 참조).

이러한 모바일 활동 유형과 학습자 주체성 측면의 관련성을 종합한 결과(Appendix A)를 바탕으로 각 학습자 주체성 측면을 지원하는 모바일 활동 유형의 빈도를 Table 5로 나타내었다.

분석 결과, ‘목표’ 측면의 학습자 주체성은 자유탐구 활동(Bae *et al.*, 2015)을 제외하고는 나타나지 않았다. 일반적인 교수학습 상황에서는 학습 목표가 정해져 있기 때문에 학생들이 스스로 학습의 목표를 정하는 경우는 나타나기 힘들다. 다시 말해, 주제 선정부터 시작되는 자유탐구의 형태가 아닌 이상 학습자가 스스로 목표를 설정하는 학습자 주체성은 발현되기 어려우며, ‘목표’ 측면의 학습자 주체성은 모바일 활동과의 연관성보다는 자유탐구와 같은 수업의 유형이 결정한다고 할 수 있다.

학습할 내용을 선택하는 ‘내용’ 측면의 학습자 주체성은 미래 정보 사회의 학습자에게 필수적으로 필요한 부분이라 할 수 있다. 이와 관련되는 모바일 활동 유형은 교사가 제공하는 자료에 접근하는 유형

4) 학습자 주체성과 모바일 활동 유형의 지원 관련성에 대한 분석 과정을 연구 대상 22개 문헌(Appendix A 참조) 중 Bae *et al.* (2015)의 예시로 설명하였다. 연구 대상에 대한 종합적 분석의 결과는 Appendix A에 나타내었다.

Table 5. Frequencies of supporting learners' agency dimensions according to mobile activity types

과학교수 학습에서의 모바일 활동 유형 분류			모바일 활동 유형별 학습자 주체성 지원 관련 빈도 ⁵⁾					
유형 (1st layer)	하위유형 (2nd layer)	분류코드 (code)	목표 (goals)	내용 (content)	행동 (action)	전략 (strategy)	반성 (reflection)	모니터링 (monitoring)
내용 접근 (Access to content)	과정 안내 (procedural guidance)	A-1						
	고정내용 (fixed content)	A-2	1	12				
	동적내용 (dynamic content)	A-3		12		1		
자료수집 (Data collection)	자료 수집 및 기록 (cooperative data collection)	D-1			12			
	공동협력적 작업 (collaborative data collection)	D-2			2	6	1	1
동료 간 의사소통 (Peer-to-peer communication)	동시적 의사소통 (asynchronous social communications)	P-1			2	1		
	비동시적 의사소통 (synchronous social communications)	P-2			4	4	7	5
상황적 지원 (Contextual support)	시뮬레이션 경험 (simulating experience)	C-1		4	4	4		
	즉각적 맞춤형 환류 (adaptive feedback)	C-2					7	5
모바일활동과 관련 없음 (Not related to mobile activities)					1	3	6	4

▨ : 최대 빈도, ▩ : 두 번째 빈도

(A-2) 및 인터넷을 통한 자료 검색 유형(A-3)이었다. 특히, 인터넷을 통한 자료 검색 유형(A-3)은 교과서 중심의 내용 전달에서 벗어나고 있는 과학교육의 프레임 변화에 따라 더욱 확대될 것으로 예상되는 활동이다(Kim & Song, 2019). ‘내용’ 측면의 학습자 주체성의 발현에서 주목할 만한 부분은, 이러한 학습자 주체성이 ‘시뮬레이션 경험(C-1)’을 통해서도 지원될 수 있다는 점이다. 이는 시뮬레이션 앱을 사용할 때 연계된 내용이 제공되어 학습자가 학습할 내용을 선택하는 활동에서 나타난다. 이러한 점은 모바일 활동에서 드러나는 강점이자 전통적인 교수학습 모습과의 차이점에 해당한다.

무엇을 할 것인가에 대한 ‘행동’ 측면의 학습자 주체성은 자료 수집 및 기록(D-1) 유형에 의해 지원되는 상황이 가장 많이 나타났으며, 비동시적 의사소통(P-2)과 시뮬레이션 경험(C-1)의 모바일 활동 유형과 관련이 있었다. 어떤 앱을 선택하여 자료(사진, 음성 등)를 수집하고 기록할 것인가를 결정하는 상황에서 관련성이 가장 많이 나타났으며, 의사소통 과정에서 무엇(행동이나 의사결정, 업로드할 자료 결정 등)을 해야 하며, 시뮬레이션 앱 중 무엇을 선택해야 하는가 등과 관련된 모바일 활동 또한 ‘행동’ 측면의 학습자 주체성 발현을 지원해 줄 수 있음이 나타났다.

어떻게 할 것인가에 대한 ‘전략’ 측면의 학습자 주체성은 공동협력적 작업(D-2) 활동과 관련성이 높았으며, 비동시적 의사소통(P-2) 및 시뮬레이션 경험(C-1)의 모바일 활동 유형과 직·간접적 관련성을 보여주었다. 공동협력적 작업을 어떻게 진행해야 하며 산출물 제작은

어떻게 해야 하는지, 의사소통 과정에서 어떠한 전략을 가지고 토의하거나 답변을 제시해야 하는지, 시뮬레이션 앱을 어떤 방식으로 활용해야 하는지에 관한 모바일 활동은 직·간접적으로 학습자 주체성의 발현을 지원해주는 것으로 나타났다.

‘반성’과 ‘모니터링’ 측면의 학습자 주체성 발현은 주로 온라인 게시판을 활용한 의사소통 유형(P-2)과 모바일 활동의 즉각적 맞춤형 피드백 작용(C-2)과 관련성이 있는 것으로 나타났다. 일반적인 교실 수업에서는 교사가 학습자 개인별 즉각적 피드백이나 개별적 점검의 기회를 제공하기 어렵기 때문에 반성과 모니터링 측면의 학습자 주체성이 드러나기 힘든 면이 있다. 반면에, 모바일 활동을 통한 개별화된 즉각적 맞춤형 피드백은 학습자에게 반성과 모니터링의 기회를 제공해주며 온라인 게시판의 의사소통 과정을 통한 평가 활동 역시 반성과 모니터링의 학습자 주체성이 발현될 기회를 제공해준다. 이러한 면은 모바일 활동의 장점이자 학습자 중심 교육으로의 변화 가능성을 보여준다.

한편, 학습자 주체성의 발현이 모바일 활동 유형보다는 수업의 형태나 목표에 의해 더 큰 영향을 받는 경우도 있었다. 연구의 결과, 반성과 모니터링 측면의 학습자 주체성은 모바일 활동 유형 중 의사소통 활동(P-2)이나 피드백 활동(C-2)에 의한 지원 관련성이 높은 것으로 나타났다. 하지만 소집단 협력 수업(e.g., Kang & Yun, 2017; Kim & Shin, 2018; Shin *et al.*, 2020)에서는 모바일 활동의 직접적 지원 없이도 반성과 모니터링 측면의 학습자 주체성이 발현되는 것으로도 나타났다(Appendix A 참조). 즉, 수업의 형태와 목표를 포괄하는 종합적 맥락에서 학습자 주체성은 어떻게 발현될 수 있으며, 모바일 활동이 지원하고 강화시켜줄 수 있는 측면이 무엇인가에 대한 고

5) 학습자 주체성 측면을 모바일 활동이 지원하는 관련 빈도는 Appendix A의 분석 결과를 바탕으로 각 학습자 주체성 측면에서 모바일 활동 유형이 지원하는 빈도의 수를 표시하였다.

려를 바탕으로 균형있는 교수학습 활동의 설계가 필요할 것이다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 최근 10년간 과학 교수학습에서의 모바일 활동에 대한 연구 문헌들을 분석하였다. 모바일 테크놀로지의 발달과 모바일 활용 교육에 대한 관심에 비하여 지난 10년 동안 관련 연구가 활발하지 못했다는 점은 22편의 문헌 수에서 드러나고 있었다. 이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구에서는 학습자 주체성 지원의 관점으로 모바일 활동을 구체적으로 살펴봄으로써 미래 과학 교육에 대한 몇 가지 시사점을 도출할 수 있었다.

첫째, 과학 교수학습에서 나타난 모바일 활동의 모습은 전통적인 수업의 형태를 벗어나 학습자 중심 교육을 향한 변화를 보여주고 있었다. 학생들은 모바일 활동을 통해 학습할 내용을 검색하여 선택하고 온라인을 통해 의견을 교환하는 상호 작용 및 공동 협업을 할 수 있었다. 또한, 가상 경험을 할 수도 있으며 즉각적 맞춤형 피드백을 받을 수도 있었다. 이러한 활동들은 학생들에게 학습의 주체가 되는 기회를 제공해준다. 즉, 모바일 활동이 학습자 주체성의 발전을 지원함으로써 학생 중심 교육으로의 긍정적 발전 모습을 보여준다 할 수 있다. 하지만, 활동 유형 중 ‘내용 접근’이 높은 비율을 차지하고 ‘동시적 의사소통’이나 ‘시뮬레이션 경험’, ‘즉각적 맞춤형 환류’와 같이 모바일 활동의 장점을 적극 활용할 수 있는 유형의 비율은 아직까지 저조한 것으로 나타났다. 모바일 활동은 학습자의 학습 범위를 넓혀주고, 학습에 참여할 수 있는 기회를 제공해 줄 수 있는 장점을 가진다 (West & Vosloo, 2013). 따라서 모바일 활동을 통해 다양한 경험을 할 수 있도록 교수학습에 활용될 수 있는 방안에 대한 모색이 필요하다. 모바일 활동이 단순한 검색과 기록을 넘어서서 과학 교수학습 전반에 걸쳐 활발하게 일어나기 위해서는 유용성 높은 모바일 콘텐츠가 필요하고(Lee & Noh, 2014), 관련 어플리케이션의 개발과 활용이 요구된다. 이를 위해서는 교사, 교육전문가, 교육공학자의 협업과 노력이 필요할 것이다. 이와 더불어, 미래 사회에 필요한 의사소통 역량이 모바일 활동을 통해 길러질 수 있다는 점에 주목할 필요가 있다. 이미 우리 교육 환경에 깊숙하게 들어와 있는 모바일 테크놀로지를 학습 맥락에서 좀 더 개별화되고 자발적이며 끊임없는 경험을 제공해 줄 수 있도록 활용해야 한다(Thüs *et al.*, 2012). 이러한 방법의 일환으로 모바일을 활용한 온라인 형성평가를 통해 학생별 피드백을 활성화시키는 방안을 들 수 있다. 이는 시간상의 제약을 넘어서서 상호작용하고 개별화된 지속적 학습을 가능하게 하며 과학 교수학습의 장을 확장시켜 줄 수 있을 것이다.

둘째, 연구의 분석 결과로 학습자 주체성 발전의 측면을 모바일 활동 유형별로 어떻게, 얼마나 지원하고 있는가에 대한 관련성을 살펴봄으로써 과학 교수학습 적용을 위한 시사점과 안내를 제공받을 수 있었다. 학습 내용을 선택하는 측면의 학습자 주체성은 인터넷을 통한 자료검색 과정에서 나타나는 경우가 많았으며 무엇을 할지 결정하는 행동과 어떻게 할지 결정하는 전략에 대한 학습자 주체성의 발전은 다양한 모바일 활동 유형에서 나타났지만, 특히 자료 수집 유형의 모바일 활동과 높은 관련성을 보여주었다. 이러한 결과는 학생들의 행동과 전략을 결정하는 측면의 발전을 목표로 하는 교수학습 상황에서는 모바일 활동 중 모바일 스마트 기기를 이용한 자료 수집이

나 공동 작업을 통해 산출물을 제작하도록 하는 활동의 유형을 수업 설계시 반영하는 것이 효과적일 수 있다는 점을 말해준다. 다시 말해, 교수학습 설계 상황에서 목표로 하는 학습자 주체성 측면의 발전을 위해 모바일 활동의 분류에서 적절한 유형을 활용할 수 있다는 것이다. 특히 주목할 만한 점은 모바일 활동의 독특한 특징이라고 할 수 있는 시뮬레이션 경험과 온라인을 통한 의사 소통 활동이 ‘내용’, ‘행동’, ‘전략’ 측면의 학습자 주체성을 고루 지원한다는 점이다. 이러한 결과는 모바일 활동을 교수학습 상황에서 활용할 때 참고할 수 있는 점일 뿐만 아니라, 향후 이러한 활동이 활발하게 일어날 수 있도록 온라인 플랫폼 개발과 교과 관련 시뮬레이션 앱의 개발 또한 필요한 사항임을 말해준다. 모바일 활동을 통해 교수학습 과정의 어려움을 극복할 수 있는 가능성을 보여주는 점은 ‘반성’과 ‘모니터링’ 측면의 학습자 주체성이 온라인 게시판을 통한 의사소통 활동과 즉각적 피드백 지원을 통해 발전될 수 있다는 점이다. 이러한 점은 학습자 주체성의 발전이 요구되는 미래 과학 교수학습 상황에서 어떻게 모바일 활동을 활용해야 하는가에 대한 안내를 제공해준다. 이를 뒷받침하기 위해서는 일회성이 아닌 지속적인 활동이 정착될 수 있는 플랫폼과 학습의 데이터를 누적하고 활용할 수 있는 인프라 구축이 필요하다. 이러한 뒷받침을 바탕으로 한 과학 교수학습은 모바일 활동을 통해 학습자 주체성을 발전시키는 학습자 중심 교육의 실현을 도모할 수 있을 것이다.

한편, 연구의 결과 Suárez *et al.* (2018)이 제안하였던 모바일 활동 유형별로 특정 학습자 주체성 측면이 대응되는 관계가 반드시 성립하는 것은 아니었다. 이는 모바일 활동이 반드시 학습자 주체성을 보장하지는 않는다는 것을 말해준다. 학습자 주체성의 발전은 수업의 형태나 목표에도 영향을 받는다. 따라서 교수학습 상황에서 어떻게 학습자 주체성을 발전시킬 수 있도록 하고, 이에 적절한 비계를 어떻게 모바일 활동을 통해 제공하는가는 교사의 역량에 달려있다고 할 수 있다. 따라서 교수학습 맥락에서 학습자 주체성의 발전 측면과 모바일 활동의 지원 관계를 살펴보는 종합적 교수학습 설계에 대한 교사의 전문성 증진 또한 중요한 요소라고 할 수 있다. 학습자 주체성이 발전되는 과학 수업을 위해서는 교수학습 목표에 맞는 학습자 주체성 측면을 고려하고 이를 지원할 수 있는 모바일 활동의 계획이 필요하다. 기존의 과학 교수학습 설계 과정에서는 수업 목표에 맞는 모바일 활동을 선정하는 데 그쳤다면, 모바일 활동 유형과 학습자 주체성 발전의 관계를 고려한 수업 설계는 학습자 주체성 발전을 실질적 지원하고 강화할 수 있을 것이다. 이를 통해 궁극적으로 미래 과학교육에서 모바일 테크놀로지를 활용한 학습자 중심 교육으로의 변화를 기대해 볼 수 있을 것이다.

국문요약

과학 교수학습에서 온라인 학습 환경이 확대됨에 따라 모바일 테크놀로지를 활용한 학습 활동이 많은 관심을 받고 있다. 학습자 주체성(learners' agency)의 발전을 지원해 줄 수 있는 모바일 테크놀로지는 ICT 활용 교육의 핵심적 도구가 될 수 있다. 본 연구에서는 2011년부터 2020년 4월까지 국내에서 발행된 학술지 게재논문 중 과학 교수학습에서의 모바일 활동에 관한 연구 문헌 22편을 연구 대상으로 선정하였다. 이에 대해 모바일 활동 유형을 분류하고 유형별 학습자 주체

성 발현에 대한 지원 관련성을 분석하였다. 첫 번째 단계로, 국내 과학 교수학습의 모바일 활동 분석을 위해 Suárez *et al.* (2018)의 분류틀을 수정·보완하여 제시하고, 이를 바탕으로 모바일 활동 유형을 분류하여 살펴보았다. 다음 단계로, 과학 교수학습의 맥락에서 학습자 주체성의 여섯 가지 측면(‘목표’, ‘내용’, ‘행동’, ‘전략’, ‘반성’, ‘모니터링’)의 발현과 모바일 활동 유형(‘내용 접근’, ‘자료 수집’, ‘동료 간 의사소통’, ‘상황적 지원’)의 지원 관련성을 분석하였다. 첫 번째 결과로, 과학 교수학습에서 나타난 모바일 활동의 모습은 기존의 전통적 수업에서 벗어나 학생 중심 수업으로 변화하고 있다는 것을 보여주었다. 이는 모바일 활동을 통해 학생들이 학습에 능동적으로 참여하며 학습의 주체가 되는 기회를 제공받을 수 있다는 점을 말해준다. 두 번째 결과로, 학습자 주체성 각 측면의 발현이 어떤 모바일 활동 유형에 의해 주로 지원되고 강화되는지를 확인할 수 있었으며, 일반적인 교수학습 상황에서 나타나기 어려운 학습자 주체성의 측면이 모바일 활동을 통해 지원될 수 있는 가능성을 확인하였다. 한편, 학습자 주체성의 발현과 모바일 활동의 지원을 과학 교수학습의 맥락을 고려하여 살펴봐야 할 필요성도 드러났다. 이를 종합하여 미래 과학 교육에서의 모바일 테크놀로지 활용과 학습자 중심 교육으로의 변화를 위한 시사점을 살펴보았다.

주제어 : 모바일 활동, 과학 교수학습, 학습자 주체성

References

- Al Mamun, M. A., Lawrie, G., & Wright, T. (2020). Instructional design of scaffolded online learning modules for self-directed and inquiry-based learning environments. *Computers & Education*, 144, 103695.
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
- Bandura, A. (2001). Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 1-26. doi:10.1146/annurev.psych.52.1.1
- Bayraktar, S. (2001). A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. *Journal of research on technology in education*, 34(2), 173-188.
- Benson, P. (2007). Autonomy in language teaching and learning. *Language Teaching*, 40(1), 21-40.
- Brookfield, S. D. (1994). ‘Self-directed learning’, in YMCA George Williams College ICE 301 Lifelong learning, Unit 1 Approaching lifelong learning. London: YMCA George Williams College. [http://infed.org/mobi/self-directed-learning/. Retrieved: 2020.01.30.].
- Byun, T. (2017). A Literature Review on Media-Based Learning in Science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 37(3), 417-427.
- Cha, H. R., Cho, S. W., & Kim, S. H. (2017). Development and Application of Subject-Converged Plant Teaching Program for Elementary School Students. *Korean journal of elementary education*, 28(4), 125-144.
- Devolder, A., Van Braak, J., & Tondeur, J. (2012). Supporting self-regulated learning in computer-based learning environments: systematic review of effects of scaffolding in the domain of science education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6), 557-573. doi:10.1111/j.1365-2729.2011.00476.x
- Graham, C. R. (2006). Blended learning systems. *The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*, 3-21.
- Ha, H. & Kim, H. (2019). A Theoretical Investigation on Agency to Facilitate the Understanding of Student-Centered Learning Communities in Science Classrooms. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 39(1), 101-113.
- Hannafin, M. J., & Hannafin, K. M. (2010). Cognition and student-centered, web-based learning: Issues and implications for research and theory. *Learning and instruction in the digital age*, 11-23.
- Holec, H. (1979). Autonomy and foreign language learning: ERIC.
- Jang, E., Kim, C., & Choe, S. (2017). Study of the Roles of Smart Devices in Co-Constructing Scientific Models. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 37(5), 813-824.
- Jeong, Y., & Cha, H. (2019). Development and Instructional Effect of Digital Textbook for the Biological Evolution Unit in Middle School Science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 39(1), 89-99.
- Kauffman, D. F. (2004). Self-regulated learning in web-based environments: Instructional tools designed to facilitate cognitive strategy use, metacognitive processing, and motivational beliefs. *Journal of educational computing research*, 30(1-2), 139-161.
- Kim, H. J. (2015). Technology in Educational Technology: Exploration of meaning and analysis of trends in research of educational technology in Korea. *Journal of Educational Technology*, 31(2), 287-310.
- Kim, H. & Song, J. (2019). Comprehensive Comparison of NGSS and KSES and Analysis of Physics Content Elements of Performance Expectations Based on the TIMSS Science Framework. *New Phys.:* Sae Mulli, 69(10), 916-931. https://doi.org/10.3938/NPSM.69.916
- Kim, H. U., Jeong, S. J., Jeong, S. R., & Mun, S. Y. (2018). Effects of Science Classes Using 3D Planetarium Program on Elementary School Students’ Science Learning Motivation and Spatial Perception. *School Science Journal*, 12(1), 37-48.
- Kim, J. H., & Hong, S. H. (2015). Development and Effect of STEAM Program on Environment using Smart Equipment in Elementary Science. *Korean Journal of Environmental Education*, 28(3), 178-192.
- Kim, K., & Kim, H. (2013). Design and Implementation of Plant’s Life Cycle Educational Application. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 17(3), 357-365.
- Kim, M. C., & Hannafin, M. J. (2011). Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice. *Computers & Education*, 56(2), 403-417.
- Kim, M., K., & Shin D., H. (2018). Science learning in the World Cultural Heritage, Yangdong Village: Focusing on learning with smart device. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(7), 917-958.
- Kim, S. E., Park, J. A., Doo, M. Y., & Bae, Y. J. (2019). Research Trends on Smart Education in Korea from 2011 to 2018. *Journal of Education & Culture*, 25(3), 319-339.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.
- Knowles, M. (1975) *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*, New York: Cambridge Books.
- Kolb, S. M. (2012). Grounded theory and the constant comparative method: Valid research strategies for educators. *Journal of emerging trends in educational research and policy studies*, 3(1), 83-86.
- Koole, M. L. (2009). A model for framing mobile learning. In M. Ally (Ed.), *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*. Edmonton, AB: AU Press, Athabasca University.
- Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE). (2018. 02. 16). OECD Education 2030 Learning Framework -Education for a better world-. Press release. http://www.kice.re.kr/boardCnts/view.do?boardID=10024&boardSeq=5022324&lev=0&m=050102&searchType=null&statusYN=W&page=1&s=kice
- Kukulka-Hulme, A. (2007). Mobile usability in educational context: What have we learnt? *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8(2), 1-16.
- Kwak, H. S., & Shin, Y. J. (2014). The Effects of Formative Assessment Using Mobile Applications on Interest and Self-Directedness in Science Instruction. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 34(3), 285-294.
- Lee, C. Y., Park, C., & Hong, H. (2018). Design and Effects of Science Simulation Applications Using Flash and ActionScript 3.0: In the Composition of Material Chapter in Middle School Science Textbooks. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 38(4), 527-539.
- Lee, J. M., & Noh, J. Y. (2014). Predictability of M-Learning Outcomes by Time management, Usefulness, and Interest in Science Education. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 17(1), 65-73.
- Lee, S. G. (2015). The Effect of the Design Based STEAM Program Utilizing Smart Device for Interest in Science and STEAM Literacy. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 8(3), 240-250.
- Lim, E., & Joo, Y. (2015). Factors influencing learners’ satisfaction of using digital textbooks in a middle school science class. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*. 19(2), 239-257.
- Little, D. (2007). *Language Learner Autonomy: Some Fundamental*

- Considerations Revisited. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 1(1), 14-29. doi:10.2167/illt040.0
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?. *American psychologist*, 59(1), 14.
- Ministry of Science and ICT(MSIT) (2019.02.25). Announcement of internet usage survey results in 2018. Press Release. http://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156318833&call_from=rslink
- Ministry of Education, Science and Technology. (2015). the science and curriculum Notice No. 2015-74 of the Ministry of Education [Appendix 4]
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
- Na, J. Y., & Song, J. W. (2014). An Analysis of Trends in Science Education Research on Instructional Technology and its Implications for Science Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK). *Teacher Education Research*, 53(3), 511-524.
- Nam, H., Kang, H., & Noh, T. (2017). Features of Using Smart Devices in Socioscientific Issues Debate Classes. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 37(5), 787-797.
- Nikolopoulou, K. (2018). Mobile learning usage and acceptance: perceptions of secondary school students. *Journal of Computers in Education*, 5(4), 499-519.
- Oh, H. (2019). Action Research for Co-construction of Scientific Models Using Smart Devices: The Case of Science Teacher's Teaching Practices on the Atmosphere Unit in Middle School. *School Science Journal*, 13(3), 225-240.
- Park, Y. (2011). A pedagogical framework for mobile learning: Categorizing educational applications of mobile technologies into four types. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(2), 78. doi:10.19173/irrodl.v12i2.791
- Pea, R. D., & Maldonado, H. (2006). WILD for learning: Interacting through new computing devices anytime, anywhere. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*: New York: Cambridge University Press.
- Peters, K. (2007). m-Learning: Positioning educators for a mobile, connected future. *International Journal Of Research in Open and Distance Learning*, 8(2), 1-17.
- Rho, M., & Yoo, J. E. (2016). A meta-analysis on STEAM programs and science affective domain. *Journal of Educational Evaluation*, 29(3), 597-617.
- Selwyn, N., & Cooper, R. (2015). The potential of digital technology for science learning and teaching—the learners' perspective. In *The Future in Learning Science: What's in it for the Learner?*: Springer.
- Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2010). A theory of learning for the mobile age. In *Medienbildung in neuen Kulturräumen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schoon, I. (2017). Conceptualising Learner Agency: A Socio- Ecological Developmental Approach, Centre for Learning and Life Chances in Knowledge Economies and Societies.
- Shih, Y. E. (2007). Setting the New Standard with Mobile Computing in Online Learning. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 8(2).
- Shin, S., Kim, H., Noh, T., & Lee, J. (2020). High School Students' Verbal and Physical Interactions Appeared in Collaborative Science Concept Learning Using Augmented Reality. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 40(2), 191-201.
- So, K. & Yuri Choi, Y. (2018). Understanding Teachers' Practices in the Context of School-based Educational Reform: Focusing on the Concept of 'Teacher Agency'. *The Journal of Curriculum Studies*, 36(1), 91-112.
- Song, J. Y., Son, J. H., Jeong, J. H., & Kim, J. H. (2017). Development and Effects of Instruction Model for Using Digital Textbook in Elementary Science Classes. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 10(3), 262-277.
- Song, Y., Wong, L.-H., & Looi, C.-K. (2012). Fostering personalized learning in science inquiry supported by mobile technologies. *Educational Technology Research and Development*, 60(4), 679-701. doi:10.1007/s11423-012-9245-6
- Strauss, A., & Corbin, J. (2008). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques* (3rd ed.). Newbury Park, CA: Sage
- Suárez, Á., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Temier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38-55.
- Sung, Y. T., Lee, H. Y., Yang, J. M., & Chang, K. E. (2019). The quality of experimental designs in mobile learning research: A systemic review and self-improvement tool. *Educational Research Review*, 28, 100279.
- Thüs, H., Chatti, M. A., Yalcin, E., Pallasch, C., Kyriliuk, B., Mageramov, T., & Schroeder, U. (2012). Mobile learning in context. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 332-344.
- West, M., & Vosloo, S. (2013). UNESCO policy guidelines for mobile learning. In: UNESCO.
- Wong, L. H., Milrad, M., & Specht, M. (Eds.). (2015). *Seamless learning in the age of mobile connectivity*. Singapore: Springer.
- Yang, J. S. & Yoo, T. (2019). Analysis on Reflection Characteristics of the Key Competencies Proposed by the OECD Education 2030 in the 2015 Revised Home Economics Curriculum. *Korean Home Economics Education Association*, 31(2), 113-135.
- Yu, E. & Kim, K. H. (2020). Using Smart Devices in a Future School to Explore the Effects of Science Classes on Positive Science Experiences and Science Learning Identity. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 41(2), 176-193.
- Yun, H. G., & Choi, S. Y. (2015). Development and application of the Smart Learning Teaching-Learning Program in Elementary Science Class - Focused on the unit of Solar System and Star. *Journal of Science Education*, 39(3), 321-332.
- Yun, J. H., Ahn, I. Y., & Noh, T. H. (2015). The Effects of Individualized Learning Adapted to Students' Conceptions Using Smart Devices in Science Instruction. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 35(2), 325-331.
- Yun, J., Kang, S., & Noh, T. (2016). The Effects of Small Group Learning Using Smart Devices in Science Classes. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 36(4), 519-526.
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17. doi:10.1207/s15326985sep2501_2

저자정보

김효준(서울대학교 학생)

송진웅(서울대학교 교수)

Appendix A. The relevance of mobile activity types to supporting learners' agency dimension

과학교수 학습에서의 모바일 활동 (Types of mobile activities)		학습자 주체성에 대한 모바일 활동의 지원 관련성 ⁶⁾ (The relevance of mobile activity types to supporting learners' agency dimension)					
연구	모바일 활동 내용	목표 (goals)	내용 (content)	행동 (action)	전략 (strategy)	반성 (reflection)	모니터링 (monitoring)
Bae <i>et al.</i> , 2015	스마트 기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업	+++ A-2	+++ A-2, A-3	+++ D-1, P-1, P-2	++ P-2	+++ P-2	+++ P-2
Cha <i>et al.</i> , 2017	교과융합형 식물수업 프로그램에서의 모바일 활동		+++ A-2, A-3	+++ D-1, D-2	+++ D-2		
Jang <i>et al.</i> , 2017	스마트 기기를 활용한 과학적 모형의 사회적 구성		+++ A-3, C-1	+++ D-1, C-1	+++ D-2, C-1	+++ P-2	+++ P-2
Jeong & Cha, 2019	중학교 '진화' 단원 디지털 교재 개발 및 적용		+++ A-2, A-3	++ D-1		+++ C-2	++ C-2
Kang & Yun, 2017	과학수업에서의 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습		+++ A-2, A-3	+ A-3	++ A-3	+ A-3	+ A-3
Kim & Hong, 2015	스마트기기를 활용한 환경 관련 STEAM 프로그램		+++ A-3	+++ D-1	+++ D-2, P-2	+ D-2, P-2	+ D-2, P-2
Kim & Kim, 2013	식물의 한살이 교육용 어플리케이션 설계 및 구현		++ A-2	+++ D-1	++ P-2	+++ P-2, C-2	+++ P-2, C-2
Kim & Shin, 2018	과학 현장 체험 학습에서 스마트 기기의 교육적 활용			+++ D-1	+ D-1	+ D-1	
Kim <i>et al.</i> , 2018	3D 천문 프로그램을 활용한 과학 수업		+++ A-2, A-3	+++ C-1	+++ C-1		
Kwak & Shin, 2014	모바일을 활용한 과학교과 형성평가					+++ C-2	+++ C-2
Lee & Noh, 2014	모바일 기기 활용 과학수업		+++ A-2, A-3	+++ P-1	++ P-1	+++ C-2	+ C-2
Lee <i>et al.</i> , 2018	과학시뮬레이션 앱개발 적용		+++ A-2, C-1	+++ C-1	++ C-1	+++ C-2	++ C-2
Lee, 2015	스마트 기기 활용 설계 기반 STEAM 프로그램			+++ D-1	+++ D-2	+ D-2	+ D-2
Lim & Joo, 2015	디지털교과서를 활용한 과학수업		+++ A-2	+++ D-1	+ D-1	++ P-2	++ P-2
Nam <i>et al.</i> , 2017	스마트 기기를 활용한 SSI 토론 수업		+++ A-3	+++ D-1, P-2	+++ P-2	+++ P-2	+++ P-2
Oh, 2019	스마트 기기를 이용한 과학적 모형의 사회적 구성수업			+++ D-2		+ D-2	
Shin <i>et al.</i> , 2020	증강현실을 활용한 협력적 과학 개념학습		+++ C-1	+++ C-1	+ C-1	+ C-1	
Song <i>et al.</i> , 2017	과학 수업에서 디지털 교과서 활용 수업모형 개발 및 효과		+++ A-3	+++ P-2		+++ C-2	
Yu & Kim, 2020	스마트 기기를 활용한 과학 수업		+++ A-3	+++ P-2		++ P-2	++ P-2
Yun & Choi, 2015	스마트러닝 교수학습 프로그램의 개발과 적용		+++ A-2, C-1	+++ D-1	+++ D-2, C-1	+++ P-2	+++ P-2
Yun <i>et al.</i> , 2015	스마트 기기를 통한 적응적 개별화 문제 풀이		+++ A-2			+++ C-2	+++ C-2
Yun <i>et al.</i> , 2016	스마트 기기를 통한 소집단 학습전략		+++ A-2, A-3	+++ D-1	+++ D-2	++ D-2	++ D-2

Appendix B. Classification codes about mobile activity types

유형	내용 접근 (Access to content)			자료수집 (Data collection)		동료 간 의사소통 (Peer-to-peer communication)		상황적 지원 (Contextual support)	
	A-1	A-2	A-3	D-1	D-2	P-1	P-2	C-1	C-2
분류코드 (code)									
분류코드 설명	과정 안내	고정내용	동적내용	자료 수집 및 기록	공동협력적 작업	동시적 의사소통	비동시적 의사소통	시뮬레이션 경험	즉각적 맞춤형 환류

6) 학습자 주체성 측면을 모바일 활동이 지원하는 관련 정도는 세 단계로 나누었으며, '+++; 모바일 활동의 직접적(강한) 지원, ++; 모바일 활동의 간접적(약한) 지원, +; 교수학습 과정에서 학습자 주체성은 드러나지만, 모바일 활동이 지원하지 않음'의 기호로 나타내었다. 모바일 활동 유형의 분류코드(Table 3의 분류코드)는 지원하는 학습자 주체성 측면간 하단에 표기하였다.