

초등학교 수학의 교수를 위한 모바일 가상조작물 앱 분석

신 미 경[†]

An Analysis of Mobile Virtual Manipulatives Apps for the Teaching of Elementary School Mathematics

Mikyung Shin[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the characteristics of virtual manipulatives apps that can be used to teach students struggling to learn mathematics. To achieve this goal, ten general characteristics of 23 virtual manipulatives apps were evaluated. The instructional, interface, and interactive design features of apps were also evaluated on five-point scale ratings of 18 items. In addition, SPSS frequency analysis and the correlation between each feature was analyzed. Frequently presented instructional contents among 23 virtual manipulatives apps were geometry, arithmetic operation, number concept and measurement. The frequently presented level of instructional contents was lower grade elementary school and kindergarten age. The frequently presented instructional type was the simulation. Regarding the design features, instructional design was rated as the highest (mean = 3.7); interactive design (mean = 3.6) and interface design (mean = 3.3) were also rated higher than neutral. In addition, as the learning strategy was appropriately presented, it was evaluated that there was less screen linkage and content error.

Key words: App Analysis, Mathematics instruction, Students Struggling to Learn Mathematics, Virtual Manipulatives

1. 서 론

현재 우리는 디지털 시대에서 살고 있으며, 이 시대를 살고 있는 학생들은 ‘디지털 네이티브(digital native)’ 혹은 ‘넷 세대(net generation)’라고 불리고 있다[1]. 디지털을 활용한 교육은 ‘디지털 문해(digital literacy)’이라고 불릴 만큼 교육 분야에 깊숙이 침투해왔다[2]. 교육부는 10년 전부터 스마트교육을 정책적으로 중요하게 여겼으며, 2007년 ‘디지털

교과서 상용화 추진 방안’을 수립한 후인 2011년부터 ‘스마트교육 추진 전략’에 근거하여 정보통신기술을 활용한 교수들에 대한 다양한 정책들을 강조해왔다. 또한 최근 교육과정의 개정 방향이 ‘창의·융합형 인재 양성’을 위한 교과 교육과정을 개발하는 것을 포함하면서, 학생들이 문제를 이해하고 스스로 합리적인 계획을 세워 반성을 통하여 풀이 과정을 점검하는 태도를 기르도록 제안하고 있다. 이렇게 우리나라 공교육의 목표는 과거의 단순한 학업성취 향상만을 위

* Corresponding Author : Mikyung Shin, Address: (55069) 303, Cheonjamro, Wansangu, Jeonju, Jeonbuk, Republic of Korea, TEL : +82-63-220-2298, FAX : +82-50-4440-7177, E-mail : mikyungshin@jj.ac.kr
Receipt date : Mar. 14, 2017, Revision date : Apr. 12, 2017
Approval date : May 16, 2017

[†] Dept. of Secondary Special Education, School of Education, Jeonju University

* This research was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2016S1A5A8020692)

한 성과에서 나아가서 학생이 자기주도적으로 문제를 해결하고, 그 과정에서 한 사회의 구성원으로 협동할 수 있도록 변화되고 있다[3]. 2010에 제안된 미국의 공통핵심교육과정(common core state standards)의 수학적 실천 기준도 이러한 학생중심의 문제 해결력을 중시하고 있는 것으로 나타났다[4]. 즉, 연방정부는 수학교수 시 학생과 교사간 혹은 학생 상호간의 수학적 의사소통 및 기술을 통하여 수학적 문제 해결력 및 추론능력의 향상을 중시하며, 학생들의 수학학습에 대한 이해도 향상을 위한 다양한 조작물 및 도식들을 활용하도록 권장하였다[4].

비록 최근 다양한 교육용 앱들이 개발 및 사용되고 있으나, 아직 수학학습에 초점을 맞춘 가상조작물 앱은 현장에서 생소하며, 앱의 특징에 대한 연구가 미비하다. 더욱이 교육용 앱의 콘텐츠를 분석할 때 고려되어야 할 중요한 요소 중 하나가 교수·학습과정에 대한 이론적 근거에 기반해야 하는 점을 감안하면[5], 본 연구에서의 초등학교 수학교육용 앱 중 가상조작물의 특징을 분석해보므로써 수학에 어려움이 있는 학생들에게 수학을 가르칠 때 유의해야 할 교수적 고려요소들을 살펴보는 것은 의미있을 것으로 보인다. 그래서 본 연구의 목적은 수학에 어려움이 있는 학생들을 가르칠 때 활용될 수 있는 가상조작물 앱의 일반적인 특징, 교수적 설계의 특징, 설계간의 상호관계를 분석하는 것이다. 본 연구의 연구문제는 다음과 같다. 1. 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱의 일반적인 특징은 무엇인가? 2. 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱의 교수, 인터페이스, 상호작용적 설계 특징은 무엇인가? 3. 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱의 설계는 어떠한 상관관계를 가지는가? 이에 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 가상조작물과 관련된 선행연구 및 현황에 대해 알아보았다. 3장에서는 모바일 가상조작물 앱 분석을 위한 연구방법을 제시하였고, 4장에서는 기능 분석 결과를 제시하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대하여 기술하였다.

2. 관련연구

2.1 가상조작물이란?

기존의 많은 연구들은 수학에 어려움이 있는 학생들에게 수학을 가르칠 때 구체적인 조작물 및 그림들

을 활용하는 것이 효과적이라고 밝혔다[6]. 테크놀로지의 발전은 수학교수에서 활용하는 표상들이 월드와이드웹에서 구현될 수 있도록 도왔다[7]. Spicer[8]에 따르면 월드와이드웹에는 정적인 시각적 표상과 역동적인 시각적 표상이 존재한다. 정적인 시각적 표상은 책 자체에 드러나는 시각적 이미지이며 독자가 그림을 만지거나 조작할 수 없다. 반면에 역동적인 시각적 표상은 3차원의 물체처럼 독자들이 책을 읽으며 컴퓨터 화면에서 시각적으로 보이는 물체를 마음대로 돌리고 움직일 수 있으며, 이러한 특징들은 최근 가상조작물(virtual manipulatives)이라고 불린다[9]. 가상조작물에서 구현되는 표상의 예로는 다양한 기하학적 모형, 막대기, 점, 수직선 등으로 다양하다. 기존의 가상조작물은 Java Script나 Flash 프로그램으로 구성되어 주로 컴퓨터에서만 구현이 되었지만, 최근에는 HTML5 웹 표준을 이용하여 다양한 스마트기기(아이패드, 태블릿, 스마트폰)에서 활용 가능하게 되었다. 교사들은 학급에서 수학을 가르칠 때 상호작용적인 스마트보드를 활용하여 학생들이 적극적으로 수업에 참여할 수 있도록 하거나, 퀴즈 및 게임을 활용한 학생들의 독립적인 학습상황에서 가상조작물이 활용될 수 있도록 하고 있다[10].

가상조작물의 초기 개발은 2000년 이후부터 국외에서 수학교육 중심의 프로젝트를 기반으로 널리 배포되었으며, 대표적인 예로 미국 유타(Utah) 주립 대학 연구자들은 국립과학재단(National Science Foundation)의 지원을 받아 유치원부터 고등학교 수학교육과정에 해당하는 대수, 기하학, 측정 및 데이터 분석, 확률[11]을 콘텐츠별로 개발하여 자바(Java) 애플릿 기반의 가상조작물을 국립가상조작물도서관(<http://nlvm.usu.edu/en/nav/vlibrary.html>)에 탑재하였다. 또한 미국의 수학교사협회(National Council of Teachers of Mathematics)는 웹사이트(<http://illuminations.nctm.org>) 및 앱 시리즈를 개발하였다. 수학교사협회의 사이트도 유치원부터 고등학교 수학교육과정을 아우르는 다양한 수업 활동 및 교수·학습 계획들을 포함하고 있으며, 최근에는 컴퓨터뿐만 아니라 태블릿 및 스마트기기에서도 앱을 다운받아서 사용할 수 있도록 하고 있다.

2.2 관련 선행연구

2000년 이후부터 2010년 사이에는 국외 수학교육

분야에서 일반학생들을 대상으로 하여 가상조작물의 타당성 및 효과성 연구가 진행되었다. 예를 들어, Moyer-Packenham과 Westenskow[12]이 가상조작물을 활용하여 일반학생들의 수학 학습능력 효과를 검사한 32편의 연구에 대하여 메타분석을 실시한 결과, 가상조작물을 활용하지 않은 학생들보다 가상조작물을 활용하여 수학을 배운 학생들의 수학학습능력이 중간정도의 중재효과크기를 가지는 것으로 밝혔다. 뿐만 아니라 연구결과는 가상조작물은 학생들이 수학문제와 문제풀이 과정에 집중하고, 학생들의 창의적인 해결책들을 독려하였고, 표상과 학생들의 문제풀이를 동시적으로 연계하였으며, 학습에 대한 동기를 부여하는 것으로 나타났다.

한편 가상조작물을 활용한 수학교수의 타당성 및 효과성 연구는 2010년 이후부터 장애학생들을 대상으로 특수교육 분야에서도 적용되었다. Bock와 Flanagan[13]은 장애학생을 대상으로 보조공학 기기로서 가상조작물을 활용할 수 있는 가능성을 제기하였으며, 그 후 특수교육분야에서도 몇몇 연구자들이 단일대상연구설계를 활용하여 학습장애 학생들에게 가상조작물을 적용하여 수학학습 효과를 연구하기 시작하였다. 예를 들어, Shin과 Bryant[14]는 학습장애 학생들의 분수 문장제문제풀이 능력을 향상시키기 위하여 가상조작물을 활용한 수학교수를 적용한 결과, 중재효과크기가 나타나는 것을 보고하였다. 그 외에도 가상조작물은 장애학생들의 뺄셈[15], 넓이 및 둘레와 같은 측정 개념[16], 대수학[17] 학습능력 향상에도 효과적인 것으로 나타났다.

국내에서도 정보통신기술 중심의 스마트교육 정책의 적용으로 모바일 장치들과 교육용 앱이 수학에 어려움이 있는 학생들에게 어떻게 효과적으로 학습능력 및 동기부여를 신장시킬 수 있는지 지속적으로 논의되고 있다[18]. 현장에서는 교육용 앱의 활용과 함께, 적절한 교육용 앱을 선택하기 위한 필요성이 대두되었고[19], 앱의 사용성 및 내용 분석에 대한 연구들이 진행되었다. 예를 들어, 우홍욱과 서유진[20]은 16개의 수학교육용 앱을 선정하여 앱의 인터페이스, 상호작용 영역이 학습장애 학생을 위한 학습설계가 적합하게 설계 및 개발되었는지 분석하였다. 그 결과 수학교육 유형은 반복 연습형, 게임형, 사칙연산에 초점을 맞춘 내용이 많았고, 초등학생을 대상으로 하는 앱이 대부분이었다. 서유진과 나경은[21]

은 총 23개의 초·중·고등학교 수학교육용 앱을 대상으로 보편적 학습설계의 특징을 분석하였다. 앱 개발자, 특수교사, 학습장애 학생들이 사용성 검사에 참여하였으며, 초등학생용 앱의 경우, 개인교수, 문제해결 유형의 앱이 반복연습 또는 개인교수보다 높은 평가를 받았다. 임장현[22]은 발달장애 학생의 교과 학습 지원을 위하여 6가지 교육용 게임을 보편적 학습설계 측면에서 분석하였다. 연구 결과 특수교사 및 일반교사들은 교육용 앱 및 프로그램은 비교적 높은 접근성 정도(5점 척도에서 최소 평균 3.92)를 지니고 있는 것으로 보고되었다. 이태수, 김정수[23]는 장애 학생을 대상으로 개발된 256개의 국내외 앱에 대하여 분석하였다. 그 결과 자폐성 장애 학생들을 대상으로 하거나, 사회 및 국어과 교육내용을 토대로 하는 학습형 앱이 가장 많았다. 그리고 무료 및 1-2천원대의 앱 비용이 많은 것으로 보고되었다.

3. 연구 방법

3.1 가상조작물 앱 선정 과정 및 포함 기준

본 연구의 분석대상인 가상조작물 앱을 선별하기 위하여 다음의 3단계 과정을 거쳤다. 첫째, 안드로이드 스마트폰의 구글 플레이 스토어에서 주제어인 가상조작물, 스마트, 터치, 수학, 3D, 디지털 등의 검색어를 다양하게 조합하여 앱을 검색하였다. 둘째, 첫 번째 선정 과정에서 선별된 앱을 만든 개발자 및 출판사(예: 스마트수학, smart tool)의 하이퍼링크를 클릭하여서 기존에 만든 앱을 검색하였다. 셋째, 수학교육용 앱에 대한 사용성 검사를 한 우홍욱과 서유진[20], 서유진과 나경은[21], 그리고 이태수와 김정수[23]의 분석대상 앱을 검토하였다. 이러한 과정으로 32개의 앱이 검색되었다. 그런 후 다음의 세 가지 포함 기준에 맞는 앱이 본 평가에 최종 포함되었다. 첫째, 앱에는 사용자가 조작하고 움직일 수 있는 그림 및 표상(가상조작물)이 포함되었다. 배경이미지나 조작할 수 없는 정적인 표상 그림들은 제외되었다. 둘째, 초등학교 교육과정에 제시된 수학교육과정 내용들을 대상으로 한 앱만 포함되었다. 셋째, 무료로 다운로드 사용할 수 있어야 했다. 넷째, 안드로이드 폰에서 자유롭게 다운받아서 사용할 수 있어야 했다. 이러한 과정으로 35개 중 13개는 제외되었고, 최종적으로 23개의 앱이 선택되어 본 평가에 포함되었다.

3.2 수학교육용 앱 분석틀

최종 선정된 총 23개의 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱을 분석하기 위한 분석틀은 선행연구인 강은영, 옥민옥과 김민경[24], Ok 등[25], 그리고 Shin[26]의 앱 평가를 참조하여 개발되었다. 분석틀은 마이크로소프트 엑셀파일을 기반으로 설계되었고, 두 개 범주로 구성되었다. 우선 가상조작물 앱의 일반적인 특징을 살펴보기 위하여 다음의 10개 변인(기본정보, 교육내용, 교육목표, 내용 수준, 그래픽/테마 수준, 교육 유형, 소프트웨어 운영체제, 앱 사용에 대한 동영상, 그림 활용, 그림 활용 목적)을 기준으로 분석하였다. 구체적으로 교육내용 문항을 분석하기 위하여 사전에 1학년~6학년 수학과 공통교육과정의 영역, 핵심개념, 학년별 내용 요소를 검토하여 본 앱에서 13개의 교육내용을 하위범주로 설정하였다. 교육 유형은 이태수, 김정수[23]의 분류 유형을 참고하여 반복연습, 게임, 강의, 시뮬레이션, 정보제공의 교육 유형으로 구분하였다.

그 다음으로, 가상조작물 앱의 설계 특징을 분석하기 위하여 교수, 인터페이스, 상호작용의 3개 변인을 기준으로 총 18개의 문항(변인별 6개 문항)을 설정하였다. 정보통신기술의 앱의 설계 특성은 선행문헌에서 사용성(usability) 검사를 중심으로 평가되었다[14, 27]. 사용성이란 사용자가 보다 쉽게 프로그램 등을 사용할 수 있도록 도와주는 설계 과정으로[28], 본 앱 분석에서는 정보기술 설계 이론 중 교수(instruction), 인터페이스(interface), 상호작용(interaction) 측면을 강조하는 3Is에 초점을 맞추었다. 이러한 교수, 인터페이스, 상호작용 설계 특성에 대한 18개 문항은 5점 척도(매우 아니다: 1점, 아니다: 2점, 보통이다: 3점, 그렇다: 4점, 매우 그렇다: 5점)로 구성되었다.

3.3 수학교육용 앱 분석 절차

본 수학교육용 앱 분석은 이태수, 김정수[23] 및 Bryant 등[29]이 사용한 내용 분석방법을 참조하여 다음의 4단계를 거쳤다. 첫째, 책임연구원은 2명의 다른 연구원들에게 1회 50분 동안 앱 분석에 대한 훈련을 실시하였다. 예를 들어, 가상조작물의 의미 및 분석틀의 변인에 대하여 논의하였다. 그 후에 포함된 앱 중 1개를 다운로드하여서 앱 분석틀을 이용하여 독립적으로 분석한 후에 불일치한 항목에 대하

여 모두 동의할 때까지 토론하였다. 둘째, 앱 선별에 대한 분석자간 신뢰도를 구하였다. 2명의 연구원들은 최종적으로 포함된 23개의 수학교육용 앱이 4가지 포함기준에 맞는지 독립적으로 검토하였다. 분석자간 신뢰도는 (일치한 항목 수/일치한 항목 수+불일치한 항목 수)×100의 계산 공식을 따랐다. 앱 선별에 대한 신뢰도검사 결과, 분석자들 간에 100% 일치하는 것으로 나타났다. 셋째, 2명의 연구원은 23개 앱의 일반적인 특징 10개 변인에 대하여 독립적으로 이중 코딩하였으며, 분석자간 신뢰도를 구하였다. 분석자간 96% 일치하는 것으로 확인되었다. 일치하지 않은 부분에 관해서는 분석자간 100% 일치할 때까지 논의를 거쳐서 최종 분석 결과를 도출하였다. 넷째, 2명의 연구원들은 23개 수학교육용 앱의 교수, 인터페이스, 상호작용적 설계 특성(18개의 문항)에 대하여 1점(매우 아니다)-5점(매우 그렇다)의 점수 기준으로 이중 평가한 후, 서로의 평가를 비교하여 분석자간 신뢰도를 구하였다. 94%의 분석자가 신뢰도를 도출하였으며, 불일치 항목에 대하여 논의한 후 동의하는 평가점수로 최종 분석 결과에 포함하였다. 다섯째, 앱 활용에 대한 빈도분석을 위하여 SPSS 23.0을 이용하여 계산하였으며, 유형에 따른 각 항목별 점수를 분석하기 위하여 평균분석을 실시하였다. 여섯째, 서열척도로 되어 18개 설계 특징 상호간의 상관관계를 분석하기 위하여, 스피어만 상관관계분석 방법을 적용하였다.

4. 연구 결과

4.1 수학교육용 앱 분석 절차

본 분석에 최종 포함된 23개의 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱의 일반적인 특징을 10개 변인을 기준으로 살펴보았다. Table 1은 앱별 일반적 특징에 대하여 요약하여 보고하였다. 분석한 23개의 가상조작물 앱은 무료 앱을 포함하였으며, 소프트웨어 운영체제는 안드로이드였으며, 모든 앱은 그림을 포함하였고, 그림 활용의 목적은 가상조작물의 활용이었다. 23개의 가상조작물 앱 중 가장 빈도가 높은 제작사/개발자는 스마트수학(8개, 34.8%)이었다. 그 다음으로 2N creative, 국립특수교육원, BabyBus Games가 개발한 것이 각 2개씩(각 8.7%) 포함되었고, 그 외의 제작사는 1개씩의 가상조작물 앱을 개발

Table 1. Summary of common features of virtual manipulatives apps

#	Name	Publisher	Mathematics topic	Content level	Graphic level	Type
1	Writing a number	BabyBus Games	Writing a number	Kindergarten, lower elementary	Kindergarten	Game
2	Numerical connection play	BabyBus Games	Connecting numbers in order	Kindergarten, lower elementary	Kindergarten	Game
3	Pinkfong! 123 numerical play	SMARTSTUDY PINKFONG	Recognizing numerical numbers and figures	Kindergarten, lower elementary	Kindergarten	Game
4	Todo mathematics	Eunma	Counting numbers 1 through 20, addition, subtraction	Kindergarten, lower elementary	Lower elementary	Game
5	Studying numbers by learning to write	marketjmc	Learning number operation and multiplication table	Lower elementary	Lower elementary	Drill practice
6	Ruler	GRYMALA	Measuring the perimeters of shapes	Lower elementary	Upper elementary	Drill practice
7	Distance meter	Smart Tools co.	Measuring the distance between a tree and a building	Lower elementary	Upper elementary	Drill practice
8	Geopad	Busan Education Research Information Service	Drawing lines and shapes	Lower elementary	Lower elementary	Drill practice
9	Let's play with numbers	National Institute of Special Education	Learning numbers using dice and coins	Lower elementary	Lower elementary	Game
10	Let's play with solid figures	National Institute of Special Education	Building blocks, understanding a solid geometry	Lower elementary	Lower elementary	Game
11	1st grade mathematics	GreenButton	Learning number operation, equation, and inequality	Lower elementary	Lower elementary	Drill practice
12	Understanding the 1st grade principles of elementary mathematics 25 step CubeMath 1 Lite	2N creative	Learning the concept of numbers 1-9 and two-digit numbers	Lower elementary	Lower elementary	Drill practice
13	Understanding the 2nd grade principles of elementary mathematics 25 step CubeMath 2 Lite	2N creative	Learning three-digit numbers	Lower elementary	Lower elementary	Drill practice

Table 1. Continued

#	Name	Publisher	Instructional goal	Content level	Graphic level	Type
12	Understanding the 1st grade principles of elementary mathematics 25 step CubeMath 1 Lite	2N creative	Learning the concept of numbers 1-9 and two-digit numbers	Lower elementary	Lower elementary	Drill practice
13	Understanding the 2nd grade principles of elementary mathematics 25 step CubeMath 2 Lite	2N creative	Learning three-digit numbers	Lower elementary	Lower elementary	Drill practice
14	Point symmetry learned by a touch screen	SmartMath	Creating point symmetry	Lower elementary	Lower elementary	Simulation, drill practice
15	Area of parallelograms and triangles learned by a touch screen	SmartMath	Measuring the areas of parallelograms and triangles	Lower elementary	Lower elementary	Simulation, drill practice
16	Lines of symmetry game playing with friends	SmartMath	Learning geometry in line symmetry	Lower elementary	Lower elementary	Simulation, game
17	Point symmetry game playing with friends	SmartMath	Learning geometry in point symmetry	Lower elementary	Lower elementary	Simulation, game
18	Dr. cheokcheok studying with a teacher! Area of a circle	SmartMath	Taking pictures of objects, measuring the areas of a given problem	Upper elementary	Upper elementary	Simulation, drill practice
19	Development figure of 3D solid figures	SmartMath	Creating and rotating a variety of three-dimensional shapes	Upper elementary	Upper elementary	Simulation
20	Development figure of 3D prisms and pyramids	SmartMath	Rotating the shape of prisms and pyramids	Upper elementary	Upper elementary	Simulation
21	Solid figures learned by augmented reality	SmartMath	Learning various solid figures with augmented reality	Upper elementary	Upper elementary	Simulation, drill practice
22	My wooden cube	Ham, Changjin	Creating and counting wooden cubes	Upper elementary	Upper elementary	Simulation, drill practice
23	Wooden cube	Gang, Jeongsu	Creating and counting wooden cubes	Upper elementary	Upper elementary	Simulation, drill practice

하고 있었다.

가상조작물 앱의 교육내용 빈도분석 결과를 살펴보면 도형이 총 12개(52.2%)로 과반수가 넘었다. 도형 중에서도 6개는 입체도형(블록쌓기, 각기둥, 각뿔)에 대한 것이었다. 4개는 평면도형(삼각형, 평행사변형 등), 나머지 2개는 평면도형과 도형의 넓이를 측정하는 내용을 함께 포함하였다. 그 다음으로 사칙연산 등 여러 교육내용을 종합적으로 포함하고 있는 앱이 5개(21.7%) 개발되었고, 수개념에 대한 앱은 4개(17.4%), 측정을 교육내용으로 개발된 앱은 2개(8.7%)였다. 수개념에 대한 교육활동 내용은 스스로 수를 쓰거나, 숫자의 이름 및 형태를 인지하고 숫자 학습 활동을 하는 내용으로 구성되었다. 그리고 측정에 대한 교육활동으로는 물체의 사진을 찍어서 물체의 크기나 거리를 측정하는 활동으로 구성되었다.

교육내용 수준으로는 초등학교 저학년용 가상조작물 앱이 총 13개(56.5%)로 가장 많이 개발되었고, 초등학교 고학년용은 6개(26.1%), 유치원 및 초등학교 저학년은 4개(17.4%) 순으로 개발되어 있었다. 그 래픽/테마 수준에서는 초등학교 저학년 수준이 12개(52.2)로 과반수가 넘는 앱이 이에 해당하였으며, 그 다음으로 초등학교 고학년은 8개(34.7%), 유치원은 3개(13.0%) 순으로 빈도가 높았다. 교육 유형별 빈도 분석 결과를 살펴보면 전체 23개 중 10개(43.5%)의 가상조작물 앱이 시뮬레이션 앱으로서 개발되어 있

었다. 시뮬레이션 유형 앱 중에서도 6개(26.1%)가 시뮬레이션 및 반복연습 유형을 함께 활용하였으며, 2개(8.7)는 시뮬레이션 및 게임 유형을 함께 활용하였고, 다른 2개(8.7%)는 순수하게 시뮬레이션 유형으로 개발되었다. 그 다음으로 반복연습 유형은 7개(30.4%), 게임 유형은 6개(26.1%) 순으로 개발되었다.

4.2 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱의 설계 특징 결과

초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱의 설계 특징을 교수, 인터페이스, 상호작용 측면의 3가지 원리를 기준으로 분석하였다. 설계 특징에 대한 분석틀은 총 18개 문항으로 구성되었으며, 5점 척도로서 1점(매우 아니다)에서부터 5점(매우 그렇다)으로 구성되었다. 설계 특징은 전체 23개의 앱 중에서 유형별로 게임 6개, 반복연습 7개, 시뮬레이션 외 10개로 구분되어 분석되었다.

4.2.1 교수적 설계 특징

교수적 설계의 특징을 분석한 평균 및 표준편차 점수 결과는 Table 2에 제시되었으며, 23개의 모바일 가상조작물 앱의 교수적 설계 6개 문항 중 연습할 수 있는 기회를 충분히 제공하는 것이 가장 높은 점수인 4.8점을 차지하였다. 대부분의 앱들이 제한된

Table 2. Analysis result of instructional design

Questions	Mean (SD)			
	Game	Drill practice	Simulation and others	Total
1. Is the learning objective clearly stated and easily identifiable?	4.2 (.98)	3.7 (1.25)	3.4 (.97)	3.7 (1.06)
2. Do the app offer demonstration/demo videos showing how to use the app, such as app-enabled video clips?	3.3 (.82)	3.1 (.90)	3.2 (.63)	3.2 (.74)
3. Are there systematic learning strategies for learning and are the lessons divided into smaller units?	3.7 (.82)	4.6 (.53)	3.2 (1.62)	3.7 (1.29)
4. Is the order of teaching and learning presented in the app appropriate?	4.2 (.75)	3.6 (.98)	3.6 (1.26)	3.7 (1.05)
5. Have the app's examples been given enough to learn each concept and content?	3.0 (.00)	3.0 (1.53)	3.4 (1.51)	3.2 (1.27)
6. Is there sufficient opportunity to practice what has been learned?	4.8 (.41)	5.0 (.00)	4.6 (.70)	4.8 (.52)

문제문항에 그치지 않고, 새롭고 다양한 문제들을 포함하고 있었다. 학습목표가 명확하게 언급되어 있고, 쉽게 찾을 수 있는 지에 대해서는 3.7점, 체계적인 학습전략이 제공되고, 학습 내용이 작은 단위로 나뉘어 있는 지에 대해서는 3.7점, 제시된 교수학습 순서가 적절한 지에 대해서는 3.7점 순으로 높았다. 교육 유형별로 가장 높은 점수들을 살펴보면, 세 유형 모두 충분한 연습기회 제공 항목에서 제일 높았다. 그 다음으로 게임 유형은 명확한 학습목표 제시(4.2점) 및 적절한 교수학습 순서(4.2점)이 높았으며, 반복연습 유형은 체계적인 학습전략 및 작은 단위로 나뉜 학습내용(4.6)이 높았고, 시뮬레이션 외 유형은 교수학습의 순서 제시(3.6점) 순으로 높았다.

가상조작물 앱의 교수적 설계 특징에 대한 예를 Fig. 1부터 Fig. 4를 통하여 살펴보았다. 학습 내용들이 작은 단위로 나뉘어져 제시되는 경우는 앱 홈의 첫 화면에서 나뉘어 제시되거나, 활동이 레벨로 순차적으로 이동되어 제시되기도 하였다(Fig. 1). 교수학습 순서가 적절하게 제시되는 예로는 Fig. 2와 같이 화면에서 화살표를 활용하여 활동의 순서도가 체계적으로 전개되어, 학습 순서를 명시적으로 알려주기도 했다. 그리고 앱 사용 및 시연에 대한 설명 및 플래시 동영상이 제공되는지에 대한 질문은 각 3.2점으로 가장 낮았다. 이러한 활동에 대한 설명은 Fig. 3과 같이 화면에서 학생들이 “관찰하기”를 클릭하여 해당 앱 활동에 대한 시연 플래시를 보면서 설명을 들

거나, Fig. 4와 같이 활동 설명을 화면 글자로 읽을 수도 있었다.

4.2.2 인터페이스 설계 특징

인터페이스 설계의 특징을 분석한 평균 및 표준편차 점수 결과는 Table 3에 제시되었으며, 가상조작물 앱의 인터페이스 설계 6개 문항 중 콘텐츠에 오류가 없고, 제시된 화면의 기능이 정확하게 작동되는 지에 대한 항목이 가장 높은 점수인 4.6점을 차지하였다. 이러한 결과는 앱들이 대부분 프로그래밍 상에 오류가 없고, 터치를 통한 모바일 화면의 기능이 제 역할을 하고 있음을 의미한다. 그 다음으로 색상, 글씨유형, 글씨크기 이해하기 쉽게 구성되었는 지는 4.2점이며, 화면과 홈버튼 간의 연결이 잘 되어있고, 다른 화면으로 쉽게 이동할 수 있도록 연계되어있는 지는 4.1점, 배경 이미지, 디자인, 애니메이션이 화면에 적절하게 제시되어있는 지는 3.7점으로 다른 항목들에 비하여 상대적으로 높았다. 하지만 총 점수의 저장 및 학생의 수행상황이 확인 가능 기능에 대한 사항(2.1점)과 학생의 오류 유형 및 분석 자료가 저장 및 보고(1.4점)에 대한 평가는 매우 낮았다. 교육 유형별로 가장 높은 점수들을 살펴보면, 세 유형 모두 콘텐츠에 오류가 없고, 제시된 화면의 기능이 정확하게 작동되는 지에 대한 항목이 게임 유형 5점, 반복연습 유형 5점, 시뮬레이션 외 유형 4점으로 가장 높았다. 그 외에 게임 유형은 홈버튼과의 연계 및 이동(4.3



Fig. 1. Contents are sequentially presented (#12)

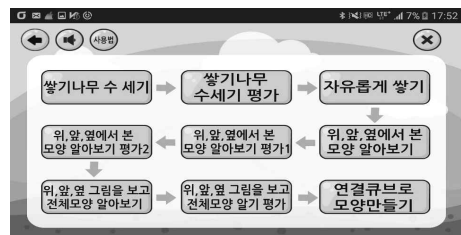


Fig. 2. Systematic learning (#22)

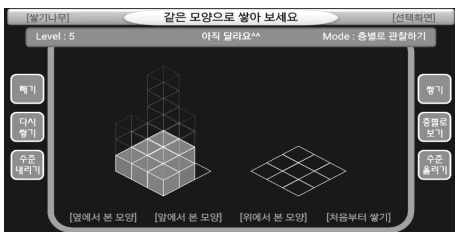


Fig. 3. Demo by a flash clip (#23)

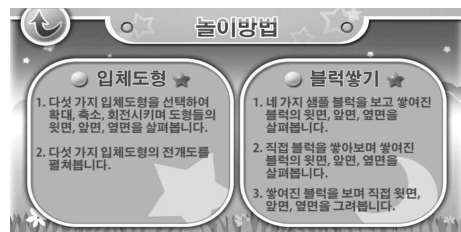


Fig. 4. Explanation about activities (#10)

Table 3. Analysis result according to interface design

Questions	Mean (SD)			
	Game	Drill practice	Simulation and others	Total
1. Is each screen linked well to a home button and easily linked to another screen?	4.3 (.82)	4.3 (1.11)	3.9 (1.00)	4.1 (.97)
2. Are background images, designs, and animations appropriately presented on the screen?	3.5 (.55)	3.9 (.90)	3.6 (.97)	3.7 (.83)
3. Is it easy to visualize font color, type, and size?	3.8 (.41)	4.9 (.38)	3.9 (.88)	4.2 (.78)
4. Is there no error in the content and the function of the presented screen works correctly?	5.0 (.00)	5.0 (.00)	4.0 (1.41)	4.6 (1.04)
5. Are students' error types and analyses stored and reported?	1.0 (.00)	1.7 (1.50)	1.4 (1.26)	1.4 (1.16)
6. Can the total score be provided and stored so that student performance can be monitored	1.0 (.00)	2.0 (1.73)	2.8 (1.62)	2.1 (1.56)

점), 색상 및 글씨 구성(3.8점), 배경 이미지 및 애니메이션 제시(3.5점) 순으로 높았다. 반복연습 유형은 색상 및 글씨 구성(4.9점), 홈버튼과의 연계 및 이동(4.3점), 배경 이미지 및 애니메이션 제시(3.9점) 순으로 높았다. 마지막으로 시뮬레이션 외 유형은 홈버튼과의 연계 및 이동과 색상 및 글씨 구성 모두 3.9점이었고, 배경 이미지 및 애니메이션 제시는 3.6점으로 전체적으로 오류 유형 저장 및 수행상황에 대한 항목보다 높았다.

다음은 Fig. 5부터 Fig. 8을 통하여 인터페이스 설계 특징의 예를 살펴보았다. 배경 이미지, 디자인, 애니메이션이 적절하게 표현되었는지를 평가하기 위해서는 교육 내용 및 내용 수준과 함께 살펴볼 필요가 있다. Fig. 5의 경우는 유치원 및 초등학교 저학년 학생들을 대상으로 하는 내용으로 그래픽 및 테마수준과 동일하게 귀여운 캐릭터 상징으로 제시되었다. 반면에 Fig. 6에서는 초등학교 고학년 내용 수준을 고려하여 유아 중심의 캐릭터가 배제되고, 도형위주

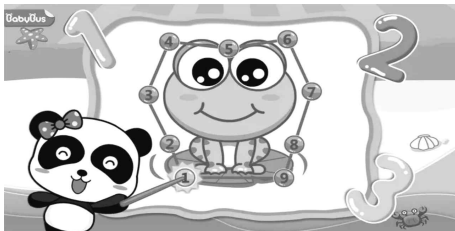


Fig. 5. Content level images for kindergarten and lower elementary school grades (#2)



Fig. 6. Content level images for upper elementary school grades (#10)



Fig. 7. Monitoring performance progression (#11)



Fig. 8. Statistical report about errors and corrections (#11)

의 그림으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

또한 본 가상조작물 앱 중에는 학생의 수행상황을 확인하게 해주는 기능이 매우 제한되어 있었으나, Fig. 7처럼 화면 상단에 주어진 문제 몇 번째 문제를 풀고 있는지를 알려주는 기능도 있었다. 그 외에 Fig. 8과 같이 그래프 형식으로 총점 및 세부 문제에 대한 통계 결과를 백분율로 보여주어, 각 주제별로 맞은 %(초록색) 대 틀린 %(빨간색)으로 대조하여 오류에 대한 결과를 보여주기도 하였다.

4.2.3 상호작용적 설계 특징

상호작용적 설계의 특징을 분석한 평균 및 표준편차 점수 결과는 Table 4에 제시되었다. 가상조작물 앱의 상호작용적 설계 6개 문항 중 터치스크린이나 마우스를 활용하여 화면의 모형들을 조작할 수 있는 기능이 있는가에 대한 평가 및 사용자가 원하는 특정 학습 내용을 선택 및 반복하여 실행할 수 있는지에 대한 평가가 각 4.8점 및 4.7점으로 상대적으로 매우 높게 나타났다. 뿐만 아니라 새로운 연습문제나 모형을 만들 수 있는 기능이 있는지에 대한 질문에도 4.0으로 높게 나타났다. 이와 대조적으로 정답 및 오답의 여부를 알려주고, 오류수정 및 피드백을 충분히 제공되었는지에 대한 문항과 소리가 주의를 산만하게 하지 않게 적절하고, 소리를 제어할 수 있는 기능이 있는지에 대한 문항에서는 가상조작물 앱이 모두 2.7점으로 상대적으로 낮은 평가를 받았다. 참여 동기 향상을 위한 강화물 제공과 관련된 사항은 2.3점으로 상호작용적 설계에서 가장 낮게 나타났다. 교육

유형별로 가장 높은 점수들을 살펴보면, 게임 유형의 경우 특정학습 내용을 선택 및 반복 실행할 수 있는 기능(5점), 화면의 모형을 조작할 수 있는 기능(4.3점), 새로운 연습문제나 모형 만드는 기능(3.5점) 순으로 높았다. 반복연습 유형은 화면의 모형을 조작할 수 있는 기능(5.0점), 특정학습 내용을 선택 및 반복 실행할 수 있는 기능(4.9점), 새로운 연습문제나 모형 만드는 기능(4.0점) 순으로 높았다.

시뮬레이션 외 유형도 반복연습 유형과 마찬가지로 화면의 모형을 조작할 수 있는 기능이 제일 높은 점수 항목(5점)으로 보고되었다. 그리고 특정학습 내용을 선택 및 반복 실행할 수 있는 기능 및 새로운 연습문제나 모형 만드는 기능은 동일하게 4.4점이었다.

다음의 Fig. 9부터 Fig. 12는 상호작용적 설계에서 비교적 높은 점수를 보인 3가지 특징에 대한 예를 살펴보았다. 첫째, 가상조작물을 활용한 게임 유형의 앱의 경우, 화면의 다양한 활동들이 학생이 직접 모바일 화면에서 손으로 모형 및 그림들을 드래그하거나, 터치하는 등의 활동을 자유롭게 할 수 있도록 한다. Fig. 9에서 보이듯이 가상조작물 앱은 팔각기둥과 같은 입체도형을 터치하여 자유롭게 회전시킬 수 있게 하고, “투시경” 버튼으로 도형 내부 구조를 파악할 수 있게 했다. 또한 Fig. 10과 같이 기존의 교구모형의 하나인 온라인 지오판드에서 점과 직선을 활용하여 다양한 수학 도형을 그리는 활동을 할 수도 있도록 했다. 또한 가상조작물 앱은 다양한 터치 버튼이 수학적 개념과 연계되어 있다. 뿐만 아니라 “겹치

Table 4. Analysis result according to interactive design

Questions	Mean (SD)			
	Game	Drill practice	Simulation and others	Total
1. Can you receive error corrections and feedback?	2.0 (1.55)	3.3 (1.25)	2.8 (1.69)	2.7 (1.54)
2. Is it possible to manipulate the models on the screen using a touch screen or a mouse?	4.3 (.82)	5.0 (.00)	5.0 (.00)	4.8 (.49)
3. Can you choose a specific learning content and can it be repeated?	5.0 (.00)	4.9 (.38)	4.4 (1.26)	4.7 (.88)
4. Can you create new problems and models?	3.5 (1.97)	4.0 (1.41)	4.4 (1.26)	4.0 (1.49)
5. Are there reinforcements (stickers) to increase student participation and motivation?	1.7 (1.21)	3.0 (2.00)	2.1 (1.79)	2.3 (1.74)
6. Is the sound appropriate without distracting attention, and can you control the sound?	2.3 (.82)	2.9 (1.46)	2.9 (1.45)	2.7 (1.29)

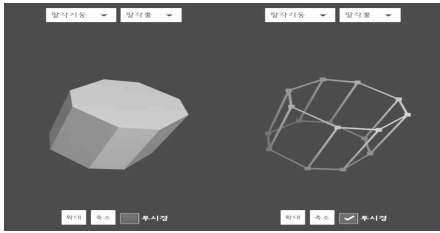


Fig. 9. Manipulating figures by rotation (#20)

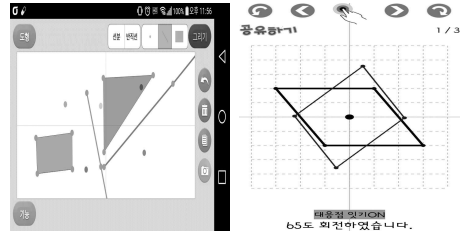


Fig. 10. Drawing figures with dots and lines (#8, #14)

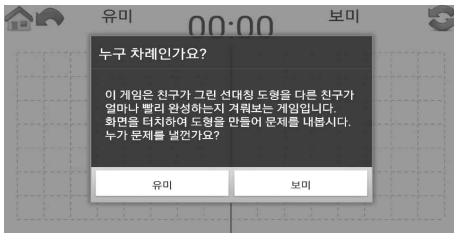


Fig. 11. Repeated play of a specific activity (#16)

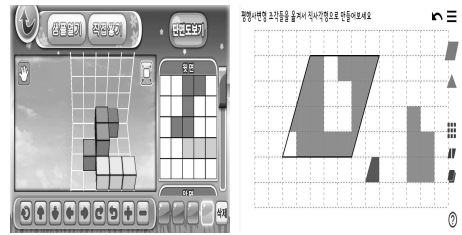


Fig. 12. Creating a new model (#10, #15)

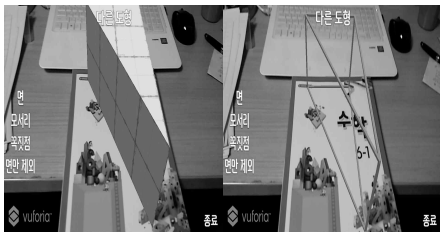


Fig. 13. Manipulating figure by augmented reality (#21)

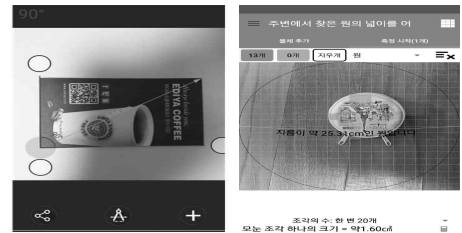


Fig. 14. Hybrid-based app for solving real-world problems (#6, #18)

기” 버튼을 터치하면 왼쪽 혹은 오른쪽 도형은 서로 겹쳐서 두 도형이 대칭을 이루는지 비교할 수 있는 기능을 포함하였다. 둘째, 가상조작물 앱은 특정학습 내용을 선택 및 반복 실행할 수 있는 기능을 가능하게 했다. Fig. 11처럼 친구와 함께 선대칭도형 게임을 할 때, 두 명의 학생들은 서로 문제를 번갈아 만들 수 있으며, 이때 제한된 문제 수는 없으며, 학생들은 대신 “만든 도형을 수정”하거나 “이대로 게임 진행”을 할 수 있다. 셋째, 가상조작물 앱은 새로운 문제 및 모형을 만드는 기능을 포함하였다. Fig. 12와 같이 앱의 “직접쌓기” 활동은 다양한 색깔의 정육면체 큐브를 이용하여 학생이 직접 자기만의 새로운 입체도형을 만들 수 있도록 하였다. 또한 학생은 앱의 터치 기능으로 평행사변형 조각을 옮겨 직사각형으로 만들고, 평행사변형의 넓이를 쉽게 구할 수 있었다. Fig. 13은 가상조작물에 증강현실 기법을 적용한 예

이다. 6학년 1학기 수학책(빨간색)에 앱을 실행시키면, 다양한 입체도형의 형태를 실행시키고, 움직일 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 Fig. 14는 하이브리드 앱 기반의 가상조작물을 활용하여 생활에서의 문제를 해결할 수 있는 기능을 제시하였다. 즉, 그림에서는 스마트폰기 내부 장치 중 하나인 카메라를 이용하여 생활 속에서 볼 수 있는 물체를 사진 찍고, 그 크기를 측정할 수 있는 예를 보여주었다. 예를 들어, 온라인 “자” 혹은 “모눈종이”와 같은 가상조작물로 실제 물체의 크기, 넓이, 둘레를 측정하여 문제를 풀 수 있도록 하였다.

4.3 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱 설계 특징의 상관관계

본 연구는 초등학교 수학교육용 모바일 가상조작물 앱의 설계 특징 서로 간의 상관관계를 분석하였

다. Table 5는 총 18개의 앱 설계 평가 상호간의 이변량 상관분석의 결과를 보여주고 있으며, 각 설계 변수 상호 간의 상관계수를 나타낸다. 총 23개의 상관계수가 앱 설계 간에 유의미한 정적 혹은 부적 상관관계를 가지고 있는 것을 보여주었으나, 상관계수 r 의 절대값은 .42에서부터 .75사이의 중간 정도의 상관관계를 가지고 있는 것을 보여주었다. 예를 들어, 유의미한 정적인 상관관계를 먼저 살펴보면, 명확한 학습목표를 제시하는 가상조작물 앱의 경우 콘텐츠 오류가 적었고($r = .427, p < .05$), 특정 내용을 선택 및 반복 실행할 수 있도록 하는 기능이 높게 평가되었다($r = .53, p < .01$). 또한 내용을 반복 실행하는 기능을 허용하는 앱일수록 콘텐츠 오류가 적은 것과 관계가 높았다($r = .75, p < .01$). 체계적인 학습전략 및 작은 단위로 학습내용을 제공하는 가상조작물 앱의 경우 교수학습 순서를 적절하게 제공하고($r = .55$), 배경 그림 및 애니메이션을 적절하게 제시하며

($r = .62$), 보다 적은 수의 콘텐츠 및 작동 오류($r = .57$)를 보이는 것으로 평가되었다(모두 $p < .01$). 그리고 색상, 글씨유형 및 글씨크기 등이 사용자들이 쉽게 활용하도록 구성된 가상조작물 앱 일수록 적절한 학습전략($r = .62, p < .01$), 충분한 연습기회의 제공($r = .42, p < .05$), 적절한 그림 및 애니메이션을 제시($r = .59, p < .01$)하는 경향이 높다고 판단되었다. 그리고 학생의 문제 오류 유형을 저장할 수 있는 앱의 경우 총점 및 수행상황을 보고하거나($r = .42, p < .05$), 오류에 대한 피드백을 제공($r = .43, p < .05$), 스티커와 같은 강화물을 제공 경우($r = .60, p < .01$)가 유의미한 정적상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 그 외에 강화물을 제공하는 앱은 피드백($r = .44, p < .05$) 및 소리제어기능($r = .54, p < .01$)과도 높은 정적상관관계를 가지고 있었다. 반면, 유의미한 부적적인 상관관계들도 더러 있었다. 예를 들어, 교수 학습 순서를 적절하게 제공하는 앱의 경우 오류 저장

Table 5. Correlations of virtual manipulatives app design features ($N=23$)

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	-																	
2	.148	-																
3	.309	-.126	-															
4	.278	.061	.550**	-														
5	-.134	.049	.074	.273	-													
6	.324	-.170	.246	-.097	-.004	-												
7	.405	-.061	.323	.371	.068	.396	-											
8	.127	-.178	.619**	.145	.170	.385	.208	-										
9	.192	-.342	.624**	.097	-.128	.417*	.354	.590**	-									
10	.427*	-.145	.567**	.390	-.244	.041	.099	.385	.530**	-								
11	-.005	.207	-.043	-.460*	-.138	.177	.234	-.008	.071	-.192	-							
12	-.294	-.007	-.394	-.470*	.245	-.298	.032	-.336	-.303	-.593**	.420*	-						
13	-.408	.184	-.034	-.344	-.207	-.482*	-.141	-.072	.074	-.013	.429*	.419*	-					
14	-.370	-.222	.127	-.259	.090	-.177	-.226	.139	.125	-.177	.149	.276	.197	-				
15	.530**	.105	.412	.281	-.284	-.209	-.162	.127	.236	.745**	-.223	-.437*	.063	-.177	-			
16	.185	.085	-.387	-.252	.047	-.118	-.384	-.406	-.310	-.094	-.218	.147	-.260	-.025	.198	-		
17	-.100	.218	.242	-.015	.123	.166	.476*	.325	.392	.077	.600**	.095	.443*	.140	-.200	-.606**	-	
18	-.016	.317	.098	-.074	-.154	.270	.209	.259	.257	-.012	.367	-.156	.384	.010	-.035	-.271	.535**	-

Note. 1 = learning objective, 2 = offering demo clips, 3 = systematic learning strategies, 4 = appropriate order of presented instruction, 5 = presentation of examples, 6 = sufficient opportunity to practice, 7 = easily linked screens, 8 = background images and animations, 9 = understandable font color, type, and size, 10 = no error in the content and the function, 11 = scoring and reporting students' error types, 12 = monitoring student performance, 13 = error correction, 14 = manipulating models, 15 = repeatedly playing a specific content, 16 = creating new problems and models, 17 = providing reinforcements, 18 = controlling sounds.

** $p < .001$, * $p < .05$

기능($r = -.46, p < .05$) 및 수행발달 상황을 알려주는 기능($r = -.47, p < .05$)은 낮게 평가되었다. 그 외에 충분한 연습 기회와 적절한 피드백 제공($r = -.48, p < .05$) 및 새로운 모형 생성과 강화물 제공($r = -.61, p < .01$)도 유의미한 부적인 상관관계를 가졌다.

5. 결 론

교육부의 스마트교육 활성화에 대한 교육정책 강조와 함께, 디지털 시대에 살고 있는 학생들이 교과 학습을 위하여 활용할 수 있는 다양한 디지털 교과서 및 앱에 대한 요구도 늘어나고 있다[30]. 최근 국외의 학습장애 학생들에 대한 효과적인 수학 교수 방법의 하나로 가상조작물 활용의 교수학습 효과가 연구되기 시작하면서, 국내외적으로 수학분야에서 시작하여 현재는 특수교육분야에 이르기까지 가상조작물의 의미 및 활용 방안에 대하여 논의하기 시작하였다 [10]. 본 연구에서는 이렇게 수학교과 학습을 위한 앱으로 주목받고 있는 모바일 가상조작물 앱 중 초등학생용 앱의 일반적인 특징 및 설계 특징을 살펴보고, 각 설계 간에 어떠한 상관관계를 가지는지 검토하였다.

본 연구의 한계점 및 미래연구를 위한 제언점은 다음과 같다. 첫째, 본 앱 분석에서는 안드로이드 모바일 앱만을 대상으로 하였고, 무료로 다운로드 받아서 설치할 수 있는 앱만을 포함하였기 때문에, 대상 앱의 수가 23개로 축소되었을 수 있다. 미래연구에는 안드로이드 및 iOS 운영체제 기반의 스마트폰, 태블릿, 컴퓨터 등 다양한 기기에서 활용 가능한 가상조작물 앱과 웹사이트 등으로 범위를 확장하여 폭넓은 분석이 이루어져야 한다. 둘째, 본 연구에서 설계 특징을 평가할 때, 연구원 2명은 가상조작물 및 평가지에 대한 훈련을 받았음에도 불구하고, 주관적인 편견이 포함되었을 수 있으며, 사전 훈련이 충분하지 않았을 수 있다. 미래연구에서는 평가자에 대한 사전 훈련을 보다 강화하고, 현장의 다양한 교사 및 전문가들에 의하여 가상조작물 앱을 평가할 필요가 있다. 셋째, 본 분석 대상의 교육내용이 사칙연산 및 도형 등의 내용에 편중되었다. 그러므로 미래연구에서는 문장제 문제 해결 및 분수학습과 같은 주제에서도 가상조작물이 개발되어야 한다. 넷째, 본 앱 분석은 교수, 인터페이스, 상호작용적 설계에만 초점을 맞추었기 때문에 수학 학습에 어려움이 있는 학생들에

대한 보편적 학습설계 측면에서 앱이 어떠한 지원을 해줄 수 있는 지에 대한 정보가 여전히 미비하다. 미래연구에서는 앱 분석 시 보편적 학습설계를 기반으로 다양한 내용제시, 다양한 표현방법, 다양한 참여방법 등에 관하여 평가할 필요가 있다.

마지막으로 이상과 같은 가상조작물 앱의 특징을 토대로 초등학교 학생들에게 수학을 가르치고자 할 때는 다음의 사항들을 고려하여야 한다. 첫째, 교사는 교육내용 및 학생의 개별적 요구에 적합한 가상조작물의 특징을 인지하고 있어야 한다. 최근에는 가상조작물 등의 앱 제작사 혹은 개발자가 사용 설명을 유튜브, mp4 동영상 파일, 플래시 애니메이션을 이용하여 앱에 장착하기도 한다. 또한 교사연수를 통하여 가상조작물 활용에 대한 다양한 실습 경험을 갖는 것도 중요하다. 둘째, 교사는 가상조작물 및 앱 자체가 교수학습 도구이지 교수활동 자체가 아니라는 사실을 명심해야 한다. 그렇기 때문에 가상조작물을 활용하여 전체 학급에서 스마트보드로 수업을 지도하거나 소집단 및 개별학습시에 가상조작물을 활용할 때, 학생들이 가상조작물을 의미없이 조작하는 것은 아닌지 구두로 질문하며, 학생의 활동상황에 대하여 수시로 점검하여야 한다. 셋째, 교사는 적절한 앱을 선택할 수 있는 준거들에 익숙해야 한다. 기본적으로 개발자는 앱에 대한 설명을 제공하지만, 객관적이지 않을 수 있으며, 스토어 내 다른 사용자들의 평가점수도 얼마나 전문적인지 알 수가 없다. 그렇기 때문에 교사는 앱을 활용하려는 목적, 교육내용, 학생의 수학 개념에 대한 오류 등을 종합적으로 고려하여 적절한 앱을 선택하고 평가할 수 있어야 한다.

REFERENCE

- [1] C. Jones and B. Shao, *The Net Generation and Digital Natives: Implications for Higher Education*, Higher Education Academy, York, UK, 2011.
- [2] D. Buckingham, "Defining Digital Literacy. What Do Young People Need to Know About Digital Media," *Nordic Journal of Digital Literacy*, Vol. 4, No. 1, pp. 263-276, 2006.
- [3] Y.E. An and S.K. Yang, "The Effect of School Type on Student's Quality of School Life and Future Capability: Mediating Effect of

- Teacher's Morale, Engagement, Support, and Student's Class Participation," *Korean Journal of Educational Administration*, Vol. 33, No. 2, pp. 183-212, 2015.
- [4] National Governors Association Center for Best Practices and Council of Chief State School Officers, *Common Core State Standards for Mathematics*, Authors, Washington, DC, 2010.
- [5] J.Y. Son and D.I. Kim, "An Exploratory Study on the Policy Direction of Establishing Smart Learning Environments for Students with Disabilities," *The Journal of Special Education: Theory and Practice*, Vol. 12, No. 4, pp. 453-480, 2011.
- [6] R. Gersten, D.J. Chard, M. Jayanthi, S.K. Baker, P. Morphy, and J. Flojo, "Mathematics Instruction for Students with Learning Disabilities: A Meta-analysis of Instructional Components," *Review of Educational Research*, Vol. 79, No. 3, pp. 1202-1242, 2009.
- [7] K.L. Sayeski, "Virtual Manipulatives as an Assistive Technology Support for Students with High-incidence Disabilities," *Journal of Special Education Technology*, Vol. 23, No. 1, pp. 47-53, 2008.
- [8] J. Spicer, "Virtual Manipulatives: A New Tool for Hands-on Math," *ENC Focus*, Vol. 7, No. 4, pp. 14-15, 2000.
- [9] P.S. Moyer, J.J. Bolyard, and M.A. Spikell, "What Are Virtual Manipulatives?," *Teaching Children Mathematics*, Vol. 8, No. 6, pp. 372-377, 2002.
- [10] M. Shin, D.P. Bryant, B.R. Bryant, J.W. McKenna, F. Hou, and M.W. Ok, "Virtual Manipulatives: Tools for Teaching Mathematics to Students with Learning Disabilities," *Intervention in School and Clinic*, Vol. 52, No. 3, pp. 148-153, 2017.
- [11] National Council of Teachers of Mathematics, *Principles and Standards for School Mathematics*, Authors, Reston, VA, 2000.
- [12] P.S. Moyer-Packenham and A. Westenskow, "Effects of Virtual Manipulatives on Student Achievement and Mathematics Learning," *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, Vol. 4, No. 3, pp. 35-50, 2013.
- [13] E.C. Bouck and S.M. Flanagan, "Virtual Manipulatives: What They Are and How Teachers Can Use Them," *Intervention in School and Clinic*, Vol. 45, No. 3, pp. 186 - 191, 2010.
- [14] M. Shin and D.P. Bryant, "Improving the Fraction Word Problem Solving of Students with Mathematics Learning Disabilities: Interactive Computer Application," *Remedial and Special Education*, Vol. 38, No. 2, pp. 76-86, 2017.
- [15] E.C. Bouck, R. Satsangi, T.T. Doughty, and W.T. Courtney, "Virtual and Concrete Manipulatives: A Comparison of Approaches for Solving Mathematics Problems for Students with Autism Spectrum Disorder," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Vol. 44, No. 1, pp. 180-193, 2014.
- [16] R. Satsangi and E.C. Bouck, "Using Virtual Manipulative Instruction to Teach the Concepts of Area and Perimeter to Secondary Students with Learning Disabilities," *Learning Disability Quarterly*, Vol. 38, No. 3, pp. 174-186, 2015.
- [17] R. Satsangi, E.C. Bouck, T. Taber-Doughty, L. Bofferding, and C.A. Roberts, "Comparing the Effectiveness of Virtual and Concrete Manipulatives to Teach Algebra to Secondary Students with Learning Disabilities," *Learning Disability Quarterly*, Vol. 39, No. 4, pp. 240-253, 2016.
- [18] J.Y. Son, "A Research Review on Usage and Effectiveness of Smart Learning for Students with Disabilities in Korea," *Special Education Research*, Vol. 12, No. 3, pp. 79-105, 2013.
- [19] K. Lim, "Research on Developing Instructional

- Design Models for Enhancing Smart Learning,” *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 14, No. 2, pp. 33-45, 2011.
- [20] H.U. Woo and Y.J. Seo, “Analysis of the Features of Mathematics Applications for m-learning of Students with Learning Disabilities and Development Directions,” *Special Education Research*, Vol. 9, No. 2, pp. 123-164, 2010.
- [21] Y.J. Seo and K.E. Na, “Analysis on Universal Design Features for Learning in Math Applications for Facilitating Smart Learning: Based on Usability Testing with Students with Learning Disabilities,” *The Korea Journal of Learning Disabilities*, Vol. 9, No. 3, pp. 1-35, 2012.
- [22] J.H. Lim, “Analysis of Education Game to Support Curriculum Instruction of Students with Developmental Disabilities,” *Korean Society for Computer Game*, Vol. 26, No. 4, pp. 167-172, 2013.
- [23] T.S. Lee and J.S. Kim, “The Analysis of Special Educational Applications for Smart Learning of Students with Disabilities,” *The Journal of Special Education: Theory and Practice*, Vol. 14, No. 1, pp. 259-283, 2013.
- [24] E.Y. Kang, M.K. Ok, and M.K. Kim, “How to Choose Good Applications for Smart Learning: By Developing Evaluation form for Students with Learning Disabilities,” *The Journal of Special Education: Theory and Practice*, Vol. 15, No. 4, pp. 397-416, 2014.
- [25] M.W. Ok, M.K. Kim, E.Y. Kang, and B.R. Bryant, “How to Find Good Apps: An Evaluation Rubric for Instructional Apps for Teaching Students with Learning Disabilities,” *Intervention in School and Clinic*, Vol. 51, No. 4, pp. 244-252, 2016.
- [26] M. Shin, *Effects of a Web-based Strategic, Interactive Computer Application (Fun Fraction) on the Performance of Middle School Students with Learning Disabilities in Solving Word Problems with Fractions and Multiplication*, Doctoral Dissertation of the University of Texas at Austin, 2013.
- [27] K.H. Lee, T.E. Kim, J. Lee, and S.B. Lim, “A Design of Mobile e-Book Viewer Interface for the Reading Disabled People,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 16, No. 1, pp. 100-107, 2013.
- [28] J. Nielsen and R. Budiu, *Mobile Usability*, New Riders, San Francisco, CA, 2012.
- [29] B.R. Bryant, D.P. Bryant, C. Kethley, S.A. Kim, C. Pool, and Y.J. Seo, “Preventing Mathematics Difficulties in the Primary Grades: The Critical Features of Instruction in Textbooks as Part of the Equation,” *Learning Disability Quarterly*, Vol. 31, No. 1, pp. 21-35, 2008.
- [30] J.H. Yook, S.N. Kim, M.S. Keum, and D.Y. Go, “Needs Analysis of Professionals on Digital Textbooks in Special Education,” *Journal of Special Education and Rehabilitation Science*, Vol. 48, No. 2, pp. 139-157, 2009.



신 미 경

2006년 2월 이화여자대학교 특수교육과 문학사
 2009년 5월 The University of Texas at Austin 특수교육과(학습장애) MA
 2013년 8월 The University of Texas at Austin 특수교육과(학습장애) PhD

2013년 8월~2015년 6월 Stony Point High School 특수교사(수학 담당)

2015년 9월~2016년 8월 이화여자대학교 특수교육과 시간강사, 초빙교수

2016년 8월~현재 전주대학교 중등특수교육과 조교수