

수학적 직관을 키우는 게임 콘텐츠 개발 방법 연구 : 초등 기하 영역을 중심으로

김요섭*, 우탁**, 주희영***

서울대학교 융합과학기술대학원¹, 경희대학교 디지털콘텐츠학과^{**},
이화여자대학교 수학교육과^{***}

yo1226@snu.ac.kr, twoo@khu.ac.kr, jhycj@naver.com

A Study on Game Content Development Methodology for Mathematics Learning to Raise Mathematical Intuition: for Elementary Geometry Learning

Yoseob Kim*, Tack Woo**, Heeyoung Joo***

Program in Digital Contents Convergence, Graduate School of Convergence Science and Technology in Seoul National University¹, Digital Content Dept, KyungHee University^{**},
Mathematics Education Dept, Ewha Womans University^{***}

요 약

현재의 최신 교육과정은 창의적인 인재를 육성하는데 중점을 두고 있다. 하지만 학교에서 실제로 진행되고 있는 수학 교육은 창의성과 거리가 먼 주입식 교육으로 진행되어, 수학을 어렵게 여기는 학생들이 늘어나고 있다. 정부는 이러한 상황을 극복하기 위해 '스토리텔링을 활용한 수학 교육'을 제안하였으며, 이에 게임을 활용한 수학 교육이 다방면에서 연구·개발되고 있다. 그러나 현재 대부분의 교육용 기능성게임들은 연역적 체계를 중시하는 현재의 수학 교육을 탈피하지 못하여, 창의성을 기른다는 목표를 이루지 못하고 있다. 이는 기존의 수학 교육용 기능성 게임들이 수학과목에 대한 목표와 수학 교수·학습이론을 깊이 고찰하지 않았기 때문이다. 따라서 본 연구는 기존의 수학교육이 지닌 주입식 교육의 한계를 넘어서기 위해 수학 교수·학습이론인 RME를 기반이론으로 하여 게임 요소를 활용한 수학적 직관 향상을 위한 초등 기하 교육용 게임 콘텐츠를 개발하는 방법론을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

Current up-to-date courses of study put emphasis on raising creative students. However, the cramming methods of teaching mathematics in the school seems far from the creativity and the number of students who feels mathematics difficult is increasing. To overcome this situation, the government proposed 'the mathematics education using storytelling', which leads to lots of developments of mathematics using serious game in many areas. However most of the current serious games couldn't do away with the deductive framework of mathematics, which makes it impossible to achieve the purpose of raising creative students. This is because existing mathematics serious games have not deeply contemplated many aspects such as the purpose and theories of teaching and teaching mathematics. Therefore, in order to overcome the limitations of cramming methods in existing mathematics educations, this research proposes the new method of developing serious game contents for elementary geometry that is useful to improve mathematical intuition, based on RME, the theory of teaching/learning mathematics.

Keywords : Realistic Mathematics Education(현실적수학교육), Mathematics education serious game(수학기능성게임), Elementary geometry(초등기하)

Received: Nov. 27, 2013 Accepted: Dec. 17, 2013

Corresponding Author: Tack Woo(KyungHee University)

E-mail: twoo@khu.ac.kr

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

1. 서 론

현재 최신 교육과정인 개정 7차 교육과정은 지식 기반의 정보화 사회로 불리는 21세기에 적합한 경쟁력 있는 인간을 양성해 내는 것을 목적으로 하고 있다[1]. 이에 단순 기능인의 양성보다는 자기 주도적으로 지식을 생성할 수 있는 창의적인 인재를 육성하는데 중점을 두고 있다[2]. 특별히 현대 사회에서 중요하게 여겨지는 자연과학이나 공학 영역에서 핵심적인 도구로 활용되는 수학을 교육하는데 있어서, 현재의 교육과정은 이전의 6차 교육 과정에서의와 달리 ‘문제 해결력의 신장’보다 광의의 개념인 ‘수학적 힘의 신장’을 전면에 내세우고 있다[2,3]. 수학적 힘의 신장은 단지 문제를 푸는 것로부터 벗어나, 고등 사고 능력을 신장시키고, 수학에 대한 태도를 긍정적으로 고무시키며, 수학적 직관을 키우는 것을 의미한다. 즉, 7차 교육과정은 수학 문제를 잘 푸는 인재보다는 수학을 잘 활용하는 창의적 인재를 육성하는데 목적을 두고 있다.

그럼에도 불구하고 실제 학교에서 진행되고 있는 수학 교육은 지식 생산을 학생 주도적으로 할 수 있도록 돕기보다는 옛날과 다를 바 없이 단순 상급학교 입시를 위한 교과목 정도로 활용되어[4], 문제 풀이나 정의와 공식의 반복 암기 위주의 학습으로 제공되고 있다. 이에 학생들 또한 이러한 수학 교과에 대해 어려움을 느끼고, 더욱이 수학을 실생활에서 필요한 것이 아닌 추상적이고 상징적인 것으로 받아들여지게 된다[5]. 특히 수학과는 학문적 특성이 계통성과 위계성을 가지고 있어, 저학년에서 고학년으로 갈수록 학습의 양도 많아지고 내용 또한 심화되기에[6], 학습 부진아들은 갈수록 점수 격차가 심해지게 되고, 급기야 학년이 올라갈수록 수학을 포기하게 된다[7]. 실제로 2013년 입시업체 하늘교육의 2012학년도 1학기 전국 일반고 내신 성적 조사 결과에 따르면 절반에 가까운 45.3%의 고교 1학년 학생 수학 평균 점수가 50점 미만으로, 수학포기자에 해당한다는 조사 결과를 보이기도 했

다[8]. 이는 연역적 체계만을 중시하는 수학 교육의 한계로, 많은 수학교육학자들은 수학을 학습하는 최선의 방법은 학생들의 창조적인 활동에 의해 이루어 져야 한다고 강조하였다[1].

이러한 상황을 타개하기 위해 2012년 1월 교육과학기술부는 ‘수학교육 선진화방안’에 따라 ‘스토리텔링을 활용한 수학교육’을 제안하였으며, 최근 교육계에서는 스토리텔링을 활용한 수학 교육용 기능성게임들도 많이 연구·개발되고 있는 실정이다[9]. 그러나 현재 연구·개발되고 있는 대부분의 수학 교육용 기능성게임들은 단순 이론 나열에만 편중되어 있거나[9], 게임 요소 도입에 의한 효과성 향상[10], 반복적이고 기계적인 문제 빨리 풀기 연습에만 중점을 두고 개발되고 있어서, 어떤 방향으로 교육해야 할지에 대한 기반 이론이 취약한 상태이다. 특히 수학과 총괄 목표 중 하나인 수학적 사고의 함양은 수학의 교육적 가치에 비추어 보더라도 수학 교육의 영구적 목표로서, 매우 중요하게 여겨져야 되지만[1,11], 기존의 게임 기반의 수학 교육은 이를 제대로 지원하지 못하고 있다.

이러한 관점에서 바라볼 때, 학습자 자신이 스스로 현실 속에서 자신의 수학을 재 발명해 나가는 수학적화(mathematization) 과정을 강조하는 프로이덴탈(Freudenthal)의 현실적 수학교육(Realistic Mathematics Education, 이하 RME)은 현재 우리나라 수학 교육 및 교수·학습 이론이 부재된 수학 게임 기반 학습이 나아가야 할 중요한 방향을 제시한다. RME는 현실 맥락으로부터 수학을 추출해내는 ‘수학적화’ 활동을 중심에 두고 있으며, 이러한 활동의 반복에 따라 수학 이론을 습득하고 수학 수준을 향상할 수 있다고 주장하기에, 스토리텔링을 활용한 수학교육에 적합하게 활용될 수 있다.

이에 이 연구에서는 기존의 문제 풀이 및 연역적 추론에 의한 공식암기를 중시한 기능성 게임들의 한계를 넘어서기 위해 RME를 활용한 초등 기하학습을 위한 수학적 직관을 키우는 기능성 게임 제작 방법론을 제안하고자 한다. 초등 기하학습을 목표로 한 이유는, 현실 맥락을 활용한 수학 학습

을 돕고, 수학 포기를 방지하기 위해 가급적 어린 학생들을 위한 기하학습 중심의 방법론을 제작하고자 하기 때문이다. 기하학은 학습자가 속해있는 공간 및 구조에 관해 기술하고 있는 학문이어서 학습자의 현실 맥락을 활용한 학습에 적합하다.

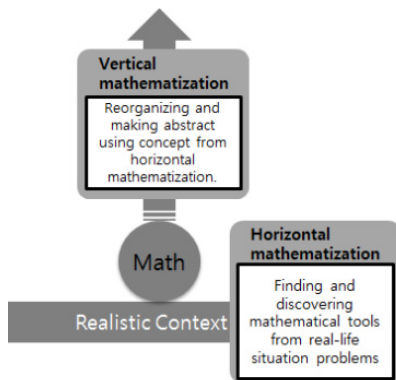
2. 이론적 배경

2.1 RME 교수 · 학습 이론

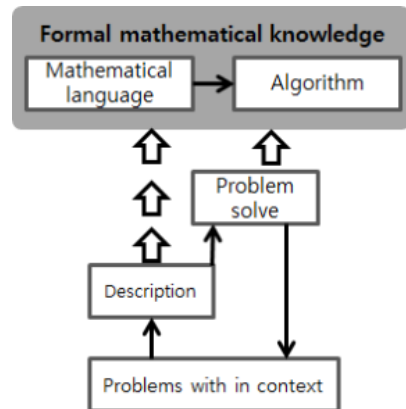
수학교육학자 프로이텐탈은 현실적 현상을 조직하기 위한 수단을 수학으로 보았으며[12], 현실적 현상을 수학적 개념, 구조, 아이디어 등의 수단을 활용하여 본질로 조직하고, 그 조직된 본질은 다시 현상이 되어 새로운 본질로 재조직되는 이러한 끊임없는 재조직화 활동을 통해 수학적 경험을 체계화시켜 나가는 것을 수산화라고 보았다[13]. 수산화 과정은 현상과 본질의 교대 작용에 의해 수준 상승이 이루어지는 불연속적인 경험이며, 학생은 수축화를 통해 수학을 학습할 수 있게 된다[2]. 이때, 현실적 현상이란 물리적인 현실 세계일 수도 있고, 정신적인 수학적 경험 및 수학 자체일 수도 있으며, 사회적인 관계일 수도 있다[2,14,13]. RME는 이러한 프로이텐탈의 수산화 교수 · 학습 이론에 기반한 것으로, 점진적이며 반복적인 수산화 활동을 통한 교수 · 학습 지도를 요구한다[14].

수축화는 크게 두 종류로 나누어질 수 있는데, 이는 ‘수평적 수산화’와 ‘수직적 수산화’이다[15]. 수평적 수축화는 학생이 수학적 도구를 일상생활의 문제들을 정리하고 풀기 위해 활용하고 수축화를 이끌어 내는 과정을 의미하며, 수직적 수축화는 학생 스스로 수학적 시스템 자체를 재조직하고 실행하여 좀 더 높고 세련된 형태의 수학적 처리를 하는 것을 의미한다[2,14,15,16][Fig. 1]. 프로이텐탈은 두 종류의 수축화에 대해 수평적 수축화는 현실적인 현상의 세계(world of life)를 추상적인 심볼의 세계(world of symbols)로 이동시키기 위한 수축화이며, 수직적 수축화는 심볼의 세계 안에서 수축화 활동을 하는 것, 예를 들면 수학적 개념과 전략들 사이의 연결 관계를 찾아내거나, 좀 더 빠른 풀이법을 찾아내고 이러한 것들을 활용하는 과정이라고 정리했다[16,17]. 이러한 현상의 세계와 심볼의 세계가 명확한 구분이 없어 완전히 다른 세계는 아님을 강조했다며, 또한 두 종류의 수축화 역시 하나의 활동에서 함께 발생할 수 있음을 주장하여 수축이 일상에서 떨어져 있지 않다는 점을 강조했다.

RME는 이처럼 현실과 결부되어 풍부한 현실 속의 맥락을 활용한 학습을 중요하게 여기며, 학습자의 현실에서 발생하는 반응을 학습 동기로 활용한다. 이를 각각 ‘현실과 결부된 수학의 원리’와 ‘반성적 사고 촉진의 원리’라고 부른다.



[Fig. 1] Two kinds of mathematization



[Fig. 2] Guided reinvention[36]

이외에도 RME는 ‘안내된 재발명의 원리’를 핵심 학습 원리로 두고 있는데, 이는 듀이(Dewey)의 활동주의 교육관과 발생적 원리와 그 맥을 같이 하는 교육 원리로[14] 수학을 ‘발생하는 것’으로 보아 학습자도 수학이 ‘발생된 과정’을 ‘재실행’해 보아야 한다는 원리이다. 정리하자면, 안내된 재발명의 원리는 기성 수학을 발생 상태의 수학으로 돌아가 활동으로서의 수학인 실행 수학으로 수학을 학습시키려는 것이며, 이를 통해 학습자는 교사의 안내 하에 기성 수학 이론이 발생한 수준까지 발전할 수 있다는 것이다[14]. 하지만 이러한 과정을 그대로 재현하는 것은 아니고, 학습자의 상황이나 현상을 중심으로 학생 스스로 새로운 방법으로 개선된 방법으로 과정을 발명해 나갈 수 있다. 중요한 점은 학생의 현실을 출발점으로 한다는 점이며 [18], 자신의 현실에서 재발명의 필요성을 느껴야 한다[Fig. 2].

2.2 게임을 활용한 수학 교육

앱트(Abt)에 의하면 기능성 게임이란 ‘사용자에게 유희적(amusement)인 측면을 제공하는 것이 주 목적이 아닌 교육이 주된 목적인 게임’이다[19]. 이러한 게임은 기능성게임이라는 용어가 나오기 이전부터 바둑, 장기, 체스, 시뮬레이션, 위게임등의 형태로 이용되고 있었으나[20], 기능성게임이라는 용어가 등장한 이후 게임은 더욱 활발하게 기능적으로 활용되게 되었다.

다양한 기능성게임 중에서도 특히 교육에 활용되는 기능성게임은 학생들을 자발적으로 학습에 참여시킬 수 있다는 측면에서 효과적이기에 다양한 학자들에 의해 많은 지지를 얻고 있다. 인지심리학자들은 자발적으로 흥미를 가지고 학습할 수 있도록 만드는 게임이 학생들의 능력 발달을 돕는다고 보고하고 있으며[21,22], 교육학자들은 게임을 통한 교육이 구성주의 학습법에 알맞고, 협동 학습, 비판적 사고, 문제해결능력 향상, 정서적 발달등을 돕는다고 보고 있다[23,24,25,26]. 특히 최신 교육학 이론들은 학습에 자기 동기부여(self-motivation)

와 보상 활동(reward activity)이 필요하다고 생각하는데, 게임의 속성들은 학습 활동이 추구하고 있는 바를 손쉽게 충족시킨다는 측면에서 유용할 수 있다. 이에 게임을 활용한 교육은 기능성 게임 분야에서 가장 큰 부분을 차지하고 있다[27].

특히 수학 교육에서는 조작적인 활동을 위해 다양한 교구들을 많이 활용해 왔는데, 이 중 가장 적극적 지지를 받고 있는 것은 컴퓨터를 활용한 수학 교육이다. 컴퓨터를 활용한 교육은 텍스트 위주의 학습에서 벗어나 학습자의 맥락에 기반한 학습을 지지하는 콘텐츠와 멀티미디어 기술을 활용할 수 있게 돕고, 이는 수학적 사고력을 증진시키는데 큰 도움을 준다[28]. 이에 한국의 7차 교육과정에서도 수학의 교과적 특성을 반영하여 컴퓨터를 활용한 교육을 적극 도입하였고, 미국의 수학 교사 협의회(National Council of Teachers of Mathematics)에서도 수학적 개념의 이해와 문제해결 능력을 향상시키기 위해 콘텐츠를 활용한 교수법을 권장하고 있다[29].

컴퓨터를 활용한 수학 교육은 크게 4가지 측면에서 수학교육 목적추구에 기여한다[2]. 첫째, 실제 자료와 시뮬레이션을 함께 제시하여 학습자들의 광범위한 경험과 형식적인 수학을 연결할 수 있도록 도우며, 특히 학교 수학에서 다룰 수 있는 문제의 영역을 확대하여 실생활에 접목할 수 있는 수학 교육을 돕는다. 둘째, 수학을 직접 다룰 수 있는 교수 · 학습 환경을 제공하여 수학적 대상과 관계를 구체화한다. 셋째, 수학은 복잡한 아이디어의 표현을 위해 다양한 체계가 요구되는데, 컴퓨터를 활용하면 역동적이고 상호 작용적인 방법으로 다양한 표현 체계를 연결할 수 있다. 즉, 어떤 표현 체계에서 취해진 행동이 다른 표현 체계에 즉시 반영되어 역동적이고 상호 작용적인 매개물을 만들어 낸다. 넷째, 지필 환경에서 부족한 사고력을 도모하기 위한 환경을 조성하여 사고력 중심의 수학교육을 돕는다. 컴퓨터를 활용한 수학교육 중 학습자가 발생시킨 오류는 수정을 요하고 이러한 과정 중에 자신의 수학적 사고를 반성하는 기회를 제공

하며, 컴퓨터는 이러한 수정에 대한 처리를 신속하게 수행해 주어 사고력 중심의 활동에 전념할 수 있도록 도와준다.

더욱이 디지털 게임을 활용한 수학교육은 컴퓨터를 활용한 수학 교육이 가진 장점에 더불어 게임을 활용한 수학 교육이 가진 다양한 효과들을 추가적으로 거둘 수 있다. 게임을 활용한 수학 교육이 가지는 장점은 다음과 같다[30]. 첫째, 수학이 활용되는 맥락을 제공하여 수학의 실용적 가치를 인식할 수 있게 해준다. 둘째, 수학을 창조하는 경험을 제공할 수 있는데, 이는 게임 규칙을 만들고 수정하는 과정을 통해 얻을 수 있으며, 이러한 과정을 통해 가장 합리적이고 최선인 결과를 초래하는 규칙이 무엇인가를 생각할 수 있게 하여 단축화된 경험을 얻을 수 있다. 셋째, 게임이라는 매체를 활용하므로, 학습자들의 수학 불안을 해소시켜 적극적이고 능동적으로 수업에 참여하도록 도울 수 있다. 넷째, 학습자들의 사회성을 발달시키고 규칙을 준수하게 한다. 다섯째, 동기 유발에 효과적이며, 기계적 학습과 거리가 멀어 창의성을 유발한다. 따라서 게임을 활용한 수학 학습은 프로이덴탈이 주장하는 수학적 활동을 돕는데 매우 적합하여, 학습자는 게임을 통해 수학의 유용성을 찾고 스스로의 힘으로 수학을 만들어나가는 경험을 할 수 있도록 돕는다[31].

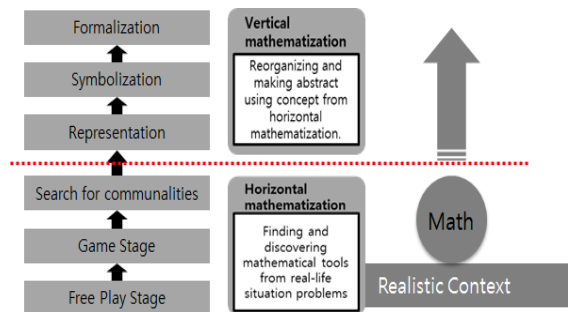
이에 디스는 학습자의 내적 동기를 제공할 수 있으며, 구성적 활동에 기반한 학습 활동을 할 수 있는 환경이 게임이라고 생각하였다. 이에 6단계로 이루어진 게임을 활용한 수학 학습을 제안하였는데, 이 6단계는 다음과 같다[Table 1].

[Table 1] Dienes' six-stages of learning mathematics[2]

Free Play Stage	Learners freely interact with the learning materials. Through these activities, learners can become familiar with the learning situation.
Game Stage	Learners can gradually recognize that learning and play materials have some commons and regularities.

Search for Communalities Stage	Learners can understand the concept of mathematical structures and rules through commons related to the learning and play materials.
Representation Stage	Learners can identify the abstract concept of mathematical structures and represent the commons and regularities using own words.
Symbolization Stage	Learners can represent the mathematical concept using mathematical symbols, not their own words.
Formalization Stage	Learners can establish some orders in the various descriptions and mathematical concepts.

이러한 디스의 6단계는 프로이덴탈이 주장한 수학적 과정과 유사한 모습을 보이고 있는데, 수학적 규칙성을 파악하는 자율놀이단계와 게임단계는 프로이덴탈이 주장한 바닥 수준의 활동에 해당하고 현상 관찰로부터 수학적 본질을 조직하기 이전의 활동이다. 공통성 탐구 단계는 수학적 구조를 파악하는 단계이므로, 바닥 수준의 활동으로부터 문제를 발견하고 이를 수학적으로 조직하기 시작하는 수평적 수학적화에 해당될 것이며, 표현 단계와 기호화 단계는 수평적 수학적화에서 수직적 수학적화를 이끌어내는 단계를 의미한다. 형식화 단계는 완전한 수직적 수학적 단계로 수학이 정리되는 단계로 국소적 조직화가 일어날 수 있다[Fig. 3].



[Fig. 3] Dienes' six-stages of learning and mathematization

딘스는 또한 게임을 통한 학습의 효과적인 구현을 위해 역동적 원리, 구성의 원리, 수학적 다양성의 원리, 지각적 다양성의 원리라는 4가지 학습 원리를 따라야 한다고 주장했으며, 이는 다음과 같다 [Table 2].

[Table 2] Dienes' 4 Principles of Learning[2]

Dynamic Principle	To formulate the mathematical concept, some stages should be provided to learners. These stages are free play stage, constructed play stage and experience play stage.
Constructivity Principle	Before analytical thinking, the situation that learners can do constructive thinking should be made.
Mathematical Variability Principle	To help the growth of the mathematical concept, various experiences that multiple factors are manipulated should be provided to learners.
Perceptual Variability Principle	Various methods and changes should be reflected at the same conceptual structures, creating concrete form of learning, which should be provided to learners. Individual variations in concept-formation should be considered as much scope as possible.

딘스의 게임을 활용한 수학 학습은 앞서 설명한 게임을 활용한 수학교육의 장점 및 특성을 모두 포함하며, 피아제(Piaget)의 구성주의나 프로이덴탈의 수학적 교수 · 학습과도 유사한 측면을 많이 가지고 있어서, 게임을 활용한 수학 교육이 현실 맥락을 풍부히 제공하고, 재미있는 학습 활동을 통해 자발적인 학습에 대한 참여에 효과적일 수 있다는 것을 이론적으로 보충해주고 있다.

2.3 사례 연구

기능성게임에 대한 논의가 많이 이루어지고 있고, 해당 분야에서 가장 활발하게 연구되고 있는 분야는 교육 분야인 만큼 다양한 교육용 기능성 게임에 대한 연구가 진행 중이지만, 대부분이 어학 학습에 치중하고 있고, 수학 교육을 위한 기능성

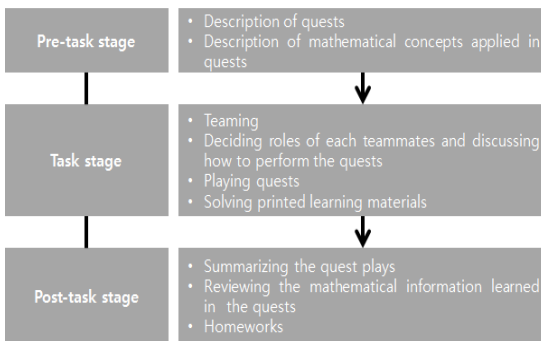
게임은 사례가 많지 않다. 수학 교육을 위한 기능성 게임은 두 관점에서 연구될 수 있는데, 하나는 수학 교육자의 관점과 다른 하나는 게임 공학자의 관점이다. 수학 교육자의 관점에서 바라본 연구들은 대부분 수학 교육 이론을 기반으로 간단한 땅따먹기, 빙고 등의 단순한 퍼즐 게임을 접목했거나, 퀴즈놀이를 기반으로 한 게임들이며, 활동지를 활용하여 게임을 진행하였으므로 디지털 게임으로 구현된 경우는 없었다. 본 논문에서는 초등 기하학습을 위한 수학 교육용 디지털 게임을 개발하고자 하므로, 살펴봐야 할 연구는 게임 공학자의 관점으로 바라본 연구일 것이다. 이 중 대표적인 연구가 G러닝 연구 사업 프로젝트와 관련된 연구이다. G러닝은 디지털 게임을 활용한 학습을 의미하며, 2003년 처음 시작되었다. 이후 2009년 문화체육관광부의 G러닝 연구학교 시범 사업이 진행되면서 그 연구가 더욱 활발해졌으며, 현재 국내에는 5개의 G러닝 연구학교가 운영되고 있다[32]. G러닝은 수학 학습에만 치중된 용어는 아니고, 실제 프로젝트 또한 다양한 과목들을 타겟으로 하고 있지만, 본 논문에서는 수학과 관련된 프로젝트만 살펴보고자 한다.



[Fig. 4] G-Learning math education game

G러닝은 대규모 다중 사용자 온라인 롤 플레이 게임(Massive Multiplayer Online Role Playing Game, 이하 MMORPG)을 활용하여 정규수업에

접목하는 형태로, 게임 속 NPC가 주는 임무나 퀘스트를 수정하여 사용한다[33][Fig. 4]. 때문에 커뮤니티 중심의 학습이 가능하고, 학생-학생이나 학생-교사간의 활발한 상호작용을 중심으로 수업을 구성할 수 있다[34]. G러닝 콘텐츠는 MMORPG를 기반으로 하므로, 퀘스트를 활용한 과제중심학습(Task based Learning)의 특징을 지닌다[35]. 즉, 퀘스트가 주어지고 학생은 퀘스트를 수행하며 문제를 풀고, 성공하면 이에 대한 보상을 얻는 구조이다. 여기에 더불어 협동학습(Collaboration Learning)과 문제해결학습(Problem based Learning)을 지향한다[34]. 이를 기반으로 한 G러닝 수학 교수학습 모형은 다음과 같다[Fig. 5].



[Fig. 5] G-Learning mathematics learning education model

G러닝을 활용한 수업은 학업 성취도의 향상을 가져오고, 자발적인 학습을 유도하며, 집중도 높은 수업을 완성한다는 장점을 가지고 있다[33,34,35]. 무엇보다 G러닝 수업에 참여한 학습자들이 높은 만족도를 나타내고, 재참여를 원했으며, 학습보다는 즐거운 놀이로 인식하는 경향이 있었다[33,34].

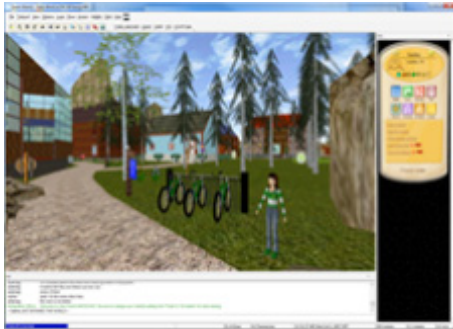
하지만 [Fig 5]의 교수 학습 모형을 통해 알 수 있듯이, G러닝은 퀘스트를 수행하는 Task 단계를 기준으로 Pre-task단계와 Post-task단계로 나누어져서 퀘스트를 수행하는 Task단계에 대한 비중이 높아 학습의 균형이 맞지 않는다. 그리고 앞 뒤의 활동은 단지 퀘스트 단계를 지원하기 위한 활동들에 지나지 않으며, 게임을 활용한 학습과 학습지를

활용한 학습을 분화하고 있다. 이러한 구조 때문에 G러닝을 활용한 수업은 반복적인 문제 풀이는 효과적인 구조를 지니지만, 부족한 개념 설명이나 학습을 위해 학습지가 반드시 필요하다. 즉, G러닝 수학 학습은 문제 풀이 중심이고 수학 개념 형성과 수학화에 대해 간과하고 있음을 알 수 있다. 하지만 문제가 중심이 되는 학습은 문제 풀이 자체가 학습의 목표가 되어 수학이 가지고 있는 풍부한 맥락과 유용성을 간과하여 수학의 응용력 및 실생활 적용 능력을 하락시킨다[36]. 이는 진정한 수학교육이라고 할 수 없으며, 7차 교육과정의 목표에도 맞지 않는다.



[Fig. 6] Math education games that missing mathematization

이러한 문제점은 연구에서뿐만이 아니라 산업계에서도 마찬가지이다. 현재 국내에서 개발되었던 수학 기능성 게임들은 두산동아와 얄얄수학, 국립과천과학관의 밀크엔시리얼, 벅스의 산수를 구하라 등이 있으나 모두 문제풀이 중심의 미니 게임 형식이며, 현실 맥락을 제공하는 것에는 충실하였으나, 수학화를 통해 수학적 개념을 익히기에는 부족한 콘텐츠들이다[Fig. 6]. 이는 기존의 디지털 수학 교육용 기능성 게임들이 게임 회사나 게임 연구자들에 의해 기존의 수학 교육을 그대로 답습하여 만들어졌기 때문이다.



[Fig. 7] Quest Atlantis

해외의 사례로는 인디애나 대학교(Indiana University)의 학습과 기술 연구센터(Centre for Research on Learning and Technology)에서 개발한 학교 현장에서 교사와 학생들이 사용할 수 있는 퀘스트 아틀란티스(Quest Atlantis, 이하 QA)라는 기능성 게임이 있다[37][Fig. 7]. QA는 한국의 G러닝과 유사하게 대규모 다중 사용자 온라인 게임(Massive Multiplayer Online Game) 장르를 가지고 있어서 커뮤니티와 협동 학습에 유리하고, 교수자 도구가 별도로 제공되어 교육 콘텐츠 추가 및 과제 관리에 유용하다[38]. 이 게임은 3D로 제작된 다중 사용자 가상 환경을 제공하며, 퀘스트를 통한 학습과, 비디오 클립, 만화, 소설 등을 활용한 스토리 라인을 제공한다. 또한 QA는 비고츠키(Vygotsky)의 사회적 구성주의를 기반 이론으로 개발되어 사회적 활동을 통한 학습을 강조하였다. 이에 온라인 내에서의 활동뿐만 아니라 현실의 학교생활과 사회 활동에 밀접하게 연결되도록 구성하였고, 커뮤니티를 강조하며, 글로벌한 학습을 추구하였다[37,39]. 뿐만 아니라 학습을 실제의 생활로 연결할 수 있도록 실험, 연구 기반의 경험 학습을 지향하고, 포트폴리오 기반의 과제를 할 수 있도록 하여 현실생활의 활동을 간과하지 않는다[39]. 이처럼 학생의 현실적인 경험으로부터 학습을 할 수 있도록 제작되어서 한국의 G러닝에 비해 현실 맥락을 활용한 학습에 더욱 적합하다. 하지만 QA는 수학에 맞춰 개발된 콘텐츠는 아니고, 영어, 수학, 과학, 사회, 미술, 음악 등등의 모든 학교 교과

에서 보조적으로 사용할 수 있도록 만들어진 콘텐츠이며, 주목적은 학습 몰입을 강화하고 학습 동기를 제공하는 것이기에 연구들도 이러한 부분들을 강화하는지를 살펴본 연구들이 대부분이어서 한계가 있으며, 역시 수학 개념 학습을 간과하고 있음을 알 수 있다.

3. 수학적 직관 향상을 위한 초등 기하학습 게임 콘텐츠 개발 방법 연구

3.1 게임 구성요소

게임의 성격은 전적으로 게임 기획자의 직관에 의해 정해지며, 정해진 개발 프로세스나 어떠한 요소가 반드시 포함되어야 한다는 것은 없지만, 많은 학자들에 의해 게임에 공통적으로 있어왔으며, 게임 개발에 있어서 꼭 고려해야 하는 것들은 밝혀졌다. 롤링스(Rollings)와 아담스(Adams)는 게임의 핵심 요소가 크게 3가지로 나누어지며, 이는 게임 디자이너가 게임에 대해 규칙들로 기술하는 핵심 메커니즘(Core Mechanics), 게임이 가지고 있는 이야기 구조인 스토리텔링(Storytelling) 그리고 게임 플레이어가 게임 속에서 보고 들으며 행동하는 상호작용성(Interactivity)이라고 하였다[40]. 셸(Schell)은 게임이 4대 요소로 구성된다고 주장하였는데, 이는 게임의 절차와 규칙인 메커니즘(Mechanics), 게임에서 펼쳐지는 일련의 사건인 이야기(Story), 게임 플레이어가 게임을 즐기며 겪을 수 있는 오감인 미적요소(Aesthetics), 게임을 제작할 수 있게 만드는 기술(Technology)이라고 구분하였다[41]. 이처럼 게임 요소에 대한 주장은 학자마다 다르지만, 공통적으로 주장하는 부분들을 정리하면 게임은 게임 메커니즘과 스토리 그리고 플레이어가 게임을 플레이하면서 보고 듣는 다양한 상호작용으로 이루어진다고 할 수 있을 것이다. 하지만 게임 스토리의 경우에는 게임화의 경우 절대적이지 않을 수 있으며, 캐주얼 게임들의 경우 반드시 스토리 라인을 가지지 않는 경우도 있으니

게임을 게임답게 만드는 요소는 게임 메커니즘과 인터랙션정도로 나눌 수 있을 것이다.

게임 인터랙션은 게임에서 매우 중요한 요소이며[40], 다양한 인터랙션은 디지털 게임이 가질 수 있는 가장 큰 강점 중 하나로[42,43], 게임에서 빠져서는 안 되는 요소 중 하나이다. 게임 이용자는 다양한 상호작용을 통해 게임과 소통하며, 이를 통해 자신의 의도를 게임에 반영한다. 컴퓨터에 기반한 교수 학습의 장점 중 하나는 컴퓨터를 활용한 표현이 역동적이고 상호 작용적인 매개체로 작용할 수 있다는 점으로, 교육에서 역시 다양한 인터랙션은 장점으로 여겨진다[2]. 다양한 인터랙션을 통해 구체물이나 수학적 객체들의 변화를 학습자들에게 보다 정확하고 빠르게 보여줄 수 있다면, 딘스의 ‘수학적 다양성의 원리’나 ‘구성적 사고의 원리’에도 부합하므로 학습에 효과적일 수 있다.

게임 메커니즘이란 게임을 규정하고 구성하는 규칙들로 이는 게임에 대한 다양한 정의와 그 정의들이 포함하고 있는 게임 활동이 가진 특징을 통해 알아낼 수 있다. 이러한 과정을 통해 도출된 게임 메커니즘은 플레이어를 제한하는 규칙(Rules), 갈등 및 경쟁(Conflict or contest), 목표 / 결과 지향(Goal-oriented / outcome-oriented), 활동, 프로세스, 이벤트(Activity, Process, Event), 의사결정(Decision Making), 인공적/안전/일상생활 밖(Artificial/Safe/Outside ordinary life), 자발성(Voluntary), 보상 시스템(Reward), 학습 용의성(Learnability)으로 총 9가지의 게임 메커니즘을 도출하였다[44,45]. 이러한 게임 메커니즘들은 다양한 게임화 서비스 및 기능성게임 콘텐츠에 적용되었으며, 특히 보상 시스템 메커니즘, 활동 메커니즘, 경쟁 메커니즘, 자발성 메커니즘을 많이 활용하고 있었다.

3.2 기하학 교수 · 학습

초등학교 수학의 전체 목표는 학생의 학습과 일상생활에 필요한 기초 능력을 배양하고 기본 생활 습관을 형성하는데 중점을 두고 있다. 이에 학습

및 생활에서의 문제를 인식하고 이를 해결하는 기초 능력을 배양하는 목표를 가지고 있으며, 이를 위해 풍부한 학습 경험을 겪는 것이 중요하다. 또한 상급 학교에서의 학습을 위해 수학의 기본적인 개념, 원리, 법칙과 이들의 관계를 이해하고 수학적 사고를 할 수 있는 능력을 기르는 목표를 가지고 있다. 이에 기하 교육 과정에서 역시 기본적인 기하에 대한 이해를 통해 수학 능력을 기르고 실생활에서 적용하고 응용 하는 목표를 가지고 있으며, 자세한 초등학교 급에서의 기하 영역 성취 기준은 다음과 같다[46].

- ① 기본적인 입체도형의 모양과 평면도형의 모양을 찾을 수 있다.
- ② 주어진 도형으로 여러 가지 모양을 만들거나 쌓기나무를 이용하여 입체도형을 만드는 활동, 평면도형을 밀고 뒤집고 돌리는 활동을 통해 공간감을 기른다.
- ③ 기본적인 평면도형과 구성 요소를 알고, 그 성질을 이해한다.
- ④ 기본적인 입체도형과 구성 요소를 알고, 그 성질을 이해한다.
- ⑤ 도형의 합동과 대칭의 의미를 이해하고, 그 성질을 이해한다.

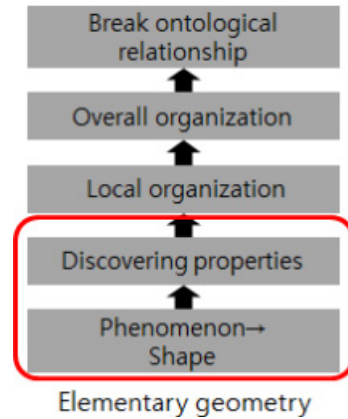
성취 기준을 통해 초등학교급 기하 영역의 학습의 목표는 평면과 공간 도형에 대한 기본적인 사실의 학습과 공간에 대한 직관적 감각이라고 할 수 있는 공간 감각의 증진임을 알 수 있다[45]. 학교 수학에서는 커리큘럼이 존재하기에 전체 목표를 이루기 위한 학년군별로 세분화된 목표를 가지고 있었으며, 학습자들은 자신이 속한 학년군에 맞는 학습 과정을 통해 입체도형과 평면도형의 구성 요소와 성질 모양을 알게 되고, 각각의 도형을 구별할 수 있게 된다. 특히 쌓기 나무 등의 구체물을 활용하는 활동이나 실제 도형을 밀고, 뒤집고, 돌리는 등의 활동은 공간 감각을 기르기 위해 적극 활용되고 있었으며, 구체적 조작기에 있는 초등학교생들을 위한 기하학습에는 구체물의 조작이 반드시 필요함을 보여준다.

초등학교 기하에서는 교실 및 생활 주변에서의 상황 맥락 활용을 강조하고 있으며, 구체물을 다루는 방법을 적극 활용하고 있기에, 게임을 활용한 학습은 큰 효과를 발휘할 수 있을 것이다. 이 시기에 학습자들은 구체적이고 직관적인 경험을 통한 도형의 기본 개념 및 성질을 인식하는 과정으로부터 머릿속에서 추측하고 정당화하는 과정으로의 점진적 전이가 필요하기 때문에[47], RME를 활용하면 더욱 좋을 것이다.

3.3 수학적 직관 향상을 위한 초등 기하학습 게임 콘텐츠 개발 방법론

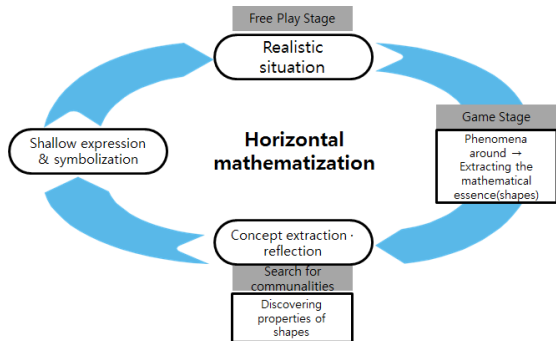
프로이덴탈에 의하면, 기하란 학습자가 속해있는 공간에 대한 이해이다. 때문에 기하 지도는 공간 내의 현상을 수학적으로 조직하는 것으로부터 시작되어야 한다[2]. 때문에 기하 영역에서의 수학화는 주변 현상을 도형이라는 본질로 조직하는 것으로부터 시작된다[47]. 학습자가 주변 현상을 조직할 수 있게 되면, 도형 또한 조직할 수 있게 되고, 이를 통해 자연스럽게 기하를 학습할 수 있다. 기존의 대부분의 기하 교육과정은 수학적으로 조직된 체계를 가지고 시작하여 학생들이 현실로부터 수학화하는 방법을 학습할 좋은 기회를 박탈당하고 있다[2,13]. 이는 반교수학적 전도이며, 프로이덴탈은 기하영역에서의 수학화가 ‘① 주변 현상을 도형이라는 본질로 조직 → ② 도형의 성질 발견 → ③ 국소적 조직화: 정의하기와 증명하기 → ④ 전체적 조직화: 공리화 → ⑤ 존재론적 결합 끊기’의 순서로 이루어진다고 주장하였다. 여기서 국소적 조직화는 기하 재발명에서 중심적인 활동이 되는 것으로[47], 학습자의 현실에서 참이라 여겨지는 수학적 지식들로부터 시작하여 부분적으로 기하가 조직화되는 것을 말하며, 반대로 전체적 조직화는 기하영역 전체를 정의와 공리로부터 전반적으로 조직화하는 것을 의미한다[2,47]. 하지만 초등학교 기하영역에서는 각 도형에 성질까지만 파악하고 각 성질끼리의 연결 고리는 형성하지 않고 있으며, 정의나 증명은 다루지 않고 있기 때문에 초등학교 기

하 영역에서 다루는 기하영역의 수학화는 도형의 성질 발견까지이다[Fig. 8].



[Fig. 8] Apply RME to elementary geometry

전체적인 수학화 과정에서 살펴보면, 수평적 수학화 단계에 해당하며, 추상화가 완전히 이루어지지 않기 때문에 수직적 수학화에는 접어들지 않았다. دنس의 놀이 6단계를 통해 살펴보면, 공통성 탐구 단계까지를 의미하며, 일부 표현단계나 기호화 단계에 들어설 수 있다. 초등학교 기하 학습에서는 용어를 이해하는 것을 목표로 두고 있기 때문에, 해당 목표를 이루기 위해서는 학습자의 수준에는 어려울지라도 기호화 단계의 학습을 진행해야 할 것으로 보인다. 이를 그림으로 표현한 것은 다음과 같다[Fig. 9].



[Fig. 9] Apply RME and Dienes' principle to elementary geometry

게임을 활용한 수학 학습은 앞서 언급했듯 단스가 주장한 4가지 원리를 포함하여 구현되어야 하는데 이러한 원리들은 디지털 게임에서 다음과 같이 자연스럽게 구현될 수 있다.

- 역동적 원리: 게임의 레벨을 아무런 학습 개념이 없이 그저 학습 자료를 이용해서 놀 수 있는 예비 놀이 단계, 예비 놀이 단계에서 사용한 학습 자료 중 실제 학습과 깊이 관련 있는 학습 자료를 활용하여 퀘스트를 해결하는 구조화된 놀이 단계, 교사의 지도와 구조화된 놀이 단계를 통해 학습한 개념을 문제 풀이로 이어나갈 수 있는 실습 놀이 단계로 분화한다.

- 구성의 원리: 게임에 주어진 도형을 활용하여 다양한 모양 만들기 등의 활동을 제공하거나 객체들에게 다양한 상호작용을 부여하여 구성적인 사고를 할 수 있게 한다.

- 수학적 다양성의 원리: 같은 유형의 문제를 여러개 두고 변수를 조작할 수 있게 만들어 다양한 경험을 제공한다.

- 시각적 다양성의 원리: 학습자들의 성취도를 파악하여 난이도를 조절할 수 있는 동적 레벨 시스템을 탑재한다.

또한 게임 환경이 RME와 함께 활용될 경우 장점을 지닐 수 있는 부분은 현실 맥락을 손쉽게 풍부하게 제공할 수 있다는 측면이다. 게임은 학습자에게 가상의 환경을 제시할 수 있으며, 이는 텍스트나 종이 기반으로 제시되는 것 보다 효과적일 수 있다. 특히 게임의 구성요소 중 하나인 상호작용성은 게임 환경을 보다 현실적으로 만들어 학습자에게 풍부하게 현실 맥락을 제공할 수 있다. 다양한 게임 메커니즘은 학습자의 몰입을 돕고, 동기 유발에 효과적일 수 있으며, 특히 적극적인 학습 태도를 이끌어낼 수 있기에 전반적인 학습 과정에서 유용하게 활용될 수 있다. 다음은 각각의 메커니즘이 어떤 학습 단계에 적용되면 좋을지를 정리해 본 것이다.

- 규칙: 수학은 수많은 규칙들로 이루어진 학문이다. 따라서 수학 교육용 콘텐츠라는 특성상 학습 전반에 활용되어야 한다.

- 갈등 및 경쟁: 학습자의 적극적인 참여를 위해 학습 중반(게임 단계, 공통성 탐구 단계)에 활용되어야 한다.

- 목표/결과 지향: 학습 목표를 이루기 위해 학습 중반(게임 단계, 공통성 탐구 단계)에 활용되어야 한다.

- 활동, 프로세스, 이벤트: 활동을 중심으로 두는 메커니즘이므로, 학습 초기(자유놀이 단계)와 학습 중반(게임 단계)에 활용되어야 한다.

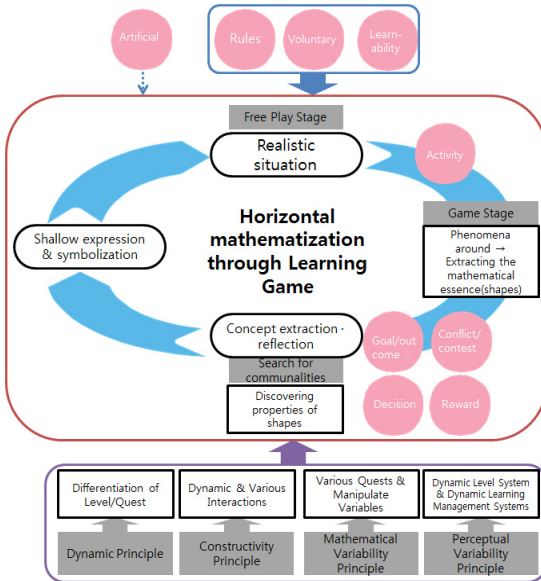
- 의사결정: 목표를 이루기 위한 의사결정을 의미하므로, 목표/결과 지향과 함께 활용되어야 한다.

- 인공적/안전/일상생활 밖: 학습 콘텐츠가 게임의 형태를 띠는 경우 전반적으로 활용되어야 하지만, 그렇지 않을 경우 전혀 활용되지 않을 수도 있다. 하지만 학습자의 현실 맥락을 쉽게 제공하기 위해서 일부 필요할 수 있다.

- 자발성: 자발성 메커니즘의 경우 게임 활동이라 하면 당연히 지녀야 하는 메커니즘이기 때문에, 학습 전반에 활용되어야 한다.

- 보상 시스템: 목표 달성시 주어지며, 학습자의 참여 욕구를 유발한다. 따라서 학습 전반에 활용되어야 하지만, 특히 학습자의 적극적인 참여가 필요한 학습 중반(게임 단계, 공통성 탐구 단계)에 활용되면 더욱 효과적일 수 있다.

- 학습 용이성: 학습이 추가 되어 게임 활동이 학습을 방해해서는 안 되므로, 해당 콘텐츠는 사용하기 쉽게 만들어져야 한다. 따라서 전반적으로 활용되어야 한다.



[Fig. 10] Elementary geometry learning game content development methodology to raise mathematical intuition

정리하자면, 초등 기하학습을 위한 수학적 직관을 키우는 교육용 콘텐츠는 RME와 딘스의 놀이 학습 이론을 바탕으로 한 흐름을 지켜야 하며, 게임 메커니즘을 학습 도입부, 학습 중반부 등에 활용하여 학습자의 자발적 참여와 몰입을 이끌어 내야하며, 딘스의 학습 원리에 따라 퀘스트 및 미션을 제공해야 한다. 특히 현실 맥락을 강화할 수 있는 방향으로 제작하여 학습자에게 풍부한 맥락을 제공하고, 이를 통해 수학적 활동을 할 수 있도록 만들어져야 한다[Fig. 10]. 기존의 수학 학습용 기능성 게임들은 수학적 활동을 통한 수학 개념 형성을 간과하고 문제풀이나 완성된 공식의 암기에만 치중하였지만, 이 방법론을 활용하여 개발한다면 현실맥락에서 수학적 본질을 추출하는 수학적 활동을 통해 수학 개념을 익히는 활동을 할 수 있어 수학 개념 형성 및 수학 응용력을 향상시키기에 적합하다.

4. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 기존의 수학 교육용 기능성 게임들의 한계를 밝혀내고, 제대로 된 수학 교육을 위해서는 수학적 사고력의 신장과 수학적 개념의 내면화가 중요하다고 주장하였다. 이를 위해 수학과목 교수 · 학습의 목표와 원리가 될 수 있는 교육이론을 살펴보고, 이를 바탕으로 프로이덴탈의 수학적 교수 · 학습 이론에 기반한 RME와 딘스의 게임을 활용한 수학 학습 6단계 원리를 접목하여 새로운 초등 기하과정을 위한 교수 · 학습 모델을 도출하였으며, 이를 게임 메커니즘과 접목하여 풍부한 현실 맥락을 통해 수학을 학습할 수 있으며, 학습자가 지루하지 않게 자발적이고 능동적으로 수학 학습에 참여할 수 있는 초등 기하 학습을 위한 수학적 직관을 키우는 교육용 게임 콘텐츠 개발을 방법론을 제안하였다. 향후연구에서는 도출된 방법론을 적용하여 초등 기하 학습용 콘텐츠를 개발하여 초등학생을 대상으로 실험하고 그 효과성을 평가하고자 한다.

또한 이 논문은 수와 연산, 대수, 함수, 기하, 미적분, 확률과 통계 등을 포함하는 다양한 수학 · 교수 학습 중 초등 기하만을 다루었지만, 차후 일반화 연구를 통해 전체 수학 교수 · 학습에 맞는 방법론으로 발전할 수 있는 가능성이 있다. 그렇기에 일반화 연구를 진행하여 초, 중, 고등학교 전체 수학에 적합한 방법론에 대해 연구하고자 한다.

과거의 수학 교육은 일련의 수학적 규칙을 교사로 부터 지도 받고, 학생은 단지 완성된 지식을 받아들이는 교수자 중심이었다면, 현재의 수학 교육은 규칙을 찾고, 탐구하고, 이해하는 과정으로 변화하였다[48]. 이에 수학적 탐구심을 높여주고, 수학적 사고를 하는 것을 돕는 교육이 반드시 필요하다. 따라서 이 연구는 기존의 문제 풀이 및 공식 암기에 집중한 수학 기능성 게임과 달리 수학과 교수 · 학습 원리를 적용하여 학습자의 수학에 대한 흥미도를 높이고 수학적 사고의 함양을 도우며, 더 나아가 수학 학습에 어려움을 느끼는 학습부진

아들 및 수학에 부정적인 사고를 가진 학생들에게 도움이 될 수 있다는 점에서 의의가 있으며, 최근 정부에서 지향하는 스토리텔링을 활용한 수학교육에 적합하여 다양한 수학 교육용 기능성 게임 콘텐츠 개발에 큰 도움이 될 수 있을 것이다. 더 나아가 이 연구에서 제안하는 방법론은 구성주의 학습과 맥락에 기반한 학습에 기반을 두어 제작되었기 때문에, 교육용 기능성 게임 전체 영역에서 참고할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research won the best paper award at Proceedings of the Korea game society.

REFERENCES

- [1] Ministry of education, "Mathematics curriculum(1997-15 an extra number 8)", Korea Textbooks Ltd, 1997.
- [2] Hye jeang Hwang, Gwisu Na, Seung Hyun Choe, Kyungmee Park, Jaehoon Yim, Dong-Yeop Seo, "New Theories mathematics education", Moonumsa, 2007.
- [3] Jeom-Ja Cho, "A study on the Development and Application of Mathematical Learning Materials based on Realistic Mathematics Education Theory", Kyungpook national university teachers college, 2008
- [4] Dong Hwa Kim, "A Study on Improvement according to the latest mathematics education situation", Education theory and practice, Vol. 12, No. 3, pp. 191-202, 2002.
- [5] Jongho Shin, Younghoon Park, Yeongok Chong, Soojung Jang, Boyoung Park, Joobaek Kim, Sinja Park, Minjong Song, Moonpil Kim, Jaehun Cha, Youngshin Kim HyoSik Choi, Seungmin Yu, "The Effects of the Mathematics in Context on Students' Problem Solving and Attitudes toward Mathematics", The Journal of Yeolin Education, Vol. 14, No. 2, pp. 23-40, 2006.
- [6] Eunk-yong Park, "Grounded Theoretical Study on the Guidance of Mathe Underachiever through Game Based Learning", Korea National University Of Education, 2008
- [7] Hee Sun Kang, "A Research on the Effective Teaching Methods Underachievers:For the subjects of 8th graders", mathematics Education Sungkyunkwan University, 2010.
- [8] Yonhapnews, "Normal highschool half, the average math score less than 50 points", <http://www.yonhapnews.co.kr/society/2013/03/20/0703000000AKR20130320172300004.HTML>, 2013
- [9] Minsoo Lee, Dae-Hwa Park, "A Game to Learn Mathematical Formulas based on Android for G-learning", Journal of Computing Science and Engineering, Vol. 18, No. 11, pp. 768-773, 2012.
- [10] Van Eck, R, "Digital Game-Based Learning: It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless...", EDUCAUSE Review, Vol. 41, No. 2, pp. 16-30, 2006.
- [11] Na Ra Kim, "Elementary School Teachers' Recognition on Realistic Mathematics Education", Major in Elementary Mathematics Education, Graduate School of Education, Seoul National University of Education, 2011.
- [12] Freudenthal, H, "Didactical Phenomenology of Mathematical Structures", D. Reidel Publishing Company, 1983.
- [13] Freudenthal, H, "Mathematics as an educational task", D. Reidel Publishing Company, 1973.
- [14] Yeon Sik Kim, Yeong Ok Chong, "A Study on Freudenthal's Mathematising Instruction Theory", The Journal of Educational Research In Mathematics, Vol. 7, No. 2, pp 1-23, 1997.
- [15] Treffers, A, "Three Dimensions: A Model of Goal and Theory Description in Mathematics Instruction - The Wiskobas Project", D. Reidel Publishing Company, 1987.
- [16] Van den Heuvel-Panhuizen, M, "The didactical use of models in realistic mathematics education: An example from a longitudinal trajectory on percentage", Educational Studies in Mathematics, Vol. 54, No. 1, pp. 9-35, 2003.
- [17] Freudenthal, H, "Revisiting Mathematics

- Education”, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [18] Jeong Ho Woo, “A Study on the H.Freudenthal’s Phenomenological Theory of Mathematical Education”, The Journal of Educational Research in Mathematics, Vol. 4, No. 2, pp. 93-128, 1994.
- [19] Abt, C, “Serious Games”, University Press of America, Inc. 1987.
- [20] Tack Woo, Kay Youn Ahn, Soo Jin Yoon, “New possibilities of serious games”, Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 15, No. 2, pp. 17-23, 2011
- [21] Bransford, J, Bowne, A, L, Cocking R, R (Eds). “How people learn: Brain, mind, experience and school”, National Academy Press, 2003.
- [22] Caine, R, N. Caine G, “Understanding a brain-based approach to learning and teaching”, Educational Leadership, No. 48, Vol. 2, pp. 66-70. 1990.
- [23] Betz, J, A, “Computer games: Increases learning in an interactive multidisciplinary environment”, Journal of Educational Technology Systems, No. 24, Vol. 2, pp. 195-205, 1995.
- [24] Huntington, F, “Thinking is an adventure”, InCider October, pp 33-36, 1984.
- [25] Leutner, D, “Guided discovery learning with computer-based simulation games: Effects of adaptive and non-adaptive instructional support”, Learning and Instruction, Vol. 3, No. 2, pp 113-132, 1993.
- [26] Neal, L, “Implications of computer games for system design”, Proceeding INTERACT '90 Proceedings of the IFIP TC13 Third International Conference on Human-Computer Interaction, pp. 93-99, 1990
- [27] H.J. Lee, “Change to Useful Game: Trends of Serious Game”, Electronics and telecommunications trends, Vol. 27, No. 3, pp. 43-50, 2012.
- [28] Eungtae Kim, Han Shick Park, Jeong Ho Woo, “Introduction to Mathematics Education”, Seoul National University Press, 2007.
- [29] National Council of Teachers of Mathematics, “Principles and standards for school mathematics”, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2000.
- [30] Moon-Bong Kang, “A Study on Development and Utilization of the Elementary Mathematical Games”, The journal of educational research in mathematics, Vol. 10, No. 2, pp. 199-214, 2000.
- [31] Yong-Ryul Lee, Moon-Bong Kang, “Mathematics Instruction developing student’s attitude to learn mathematics spontaneously through altering text into a game”, The journal of educational research in mathematics, Vol. 6, No 1, pp 15-24, 1996.
- [32] Korea Creative Contents Agency, “2011 Korea Game White Paper”, 2011.
- [33] Jong Hyun Wi, Tae Yeon Kim, “Academic effectiveness of G-learning -The effect on the academic achievement of elementary school students-”, The journal of Digital Moving Image, Vol. 7, No. 1, pp. 67-82, 2010.
- [34] Jong-Hyun Wi, Eun-sok Won, “Effectiveness of G-Learning Math Class in Increase of Math Achievement of K-5 Students in USA”, Journal of Korea Game Society, Vol. 12, No. 1, pp. 79-90, 2012.
- [35] Jong-Hyun Wi, Eun-Sok Won, “The Effects and Process of the Politics Instruction Utilizing an Online Game ‘Goonzu’”, Journal of Korea Game Society, Vol. 9, No. 5, pp. 83-93, 2009.
- [36] Gravemeijer, K, P, E, “Developing Realistic Mathematics Education”, Freudenthal institute, 1994.
- [37] Lim, C, P, “Global citizenship education, school curriculum and games: Learning Mathematics, English and Science as a global citizen”, Computers & Education, Vol. 51, No. 3, pp. 1073-1093, 2008.
- [38] Korea Creative Contents Agency, “Serious Game Status and Promotion Strategies”, 2013
- [39] Barab, S, Thomas, M, Dodge, T, Carteaux, R, Tuzun, H, “Making Learning Fun: Quest Atlantis, A Game Without Guns”, Educational Technology Research and Development, Vol. 53, No. 1, pp. 86-107, 2005
- [40] Rollings, A, Adames, E, “Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design”, Pearson Education, Inc, 2004.
- [41] Jesse Schell, “The Art of Game Design”,

Translated by Yoo-Tack Jeon, Hyung Min Lee, Acorn Press, 2010.

- [42] Markus Fridel, "Online Game Interactivity Theory", Charles river media, 2003.
- [43] Chris Crawford, "The Art of Computer Game Design", Translated by Dong-il Oh, Books and people, 2005.
- [44] Salen, K, Zimmerman, E, "Rules of Play: Game Design Fundamentals", The MIT Press, 2004
- [45] Yeonbi Chun, Sung Kyun Chang, Tack Woo, "Classification of Smartphone Game based on Mechanics", Jornal of Korea Game Society, Vol. 12, No. 6, pp. 15-24, 2012.
- [46] Ministry of education, "Mathematics curriculum", 2011.
- [47] Nam Hee Kim, Gwisu Na, Kyungmee Park, Kyeong-Hwa Lee, Yeongok Chong, Jin Kon Hong, "Mathematics curriculum and textbook research for pre-service teacher and teachers", Kyungmoonsa, 2011.
- [48] Van de Walle, J, A, "Elementary and Middle School Mathematics: Teaching Developmentally", Allyn & Bacon, 2006.



김 요 섭 (Kim, Yo Seob)

2012 한동대학교, 컴퓨터공학 학사
2012-현재 서울대학교 융합과학기술대학원
디지털정보융합전공 석사 과정

관심분야 : 게임화, 기능성게임, 체험형게임, 차세대게임



우 탁 (Woo, Tack)

2002 University of Dundee, UK, 전자영상 학사
2004 University of Dundee, UK, 전자영상 석사
2010 University of Dundee, UK, 전자영상 박사
2007-2010 KAIST 엔터테인먼트공학연구소, 선임연구원
2010-2011 KAIST 문화기술대학원 초빙교수
2012-2013 서울대학교 융합과학기술대학원
게임미디어랩 교수
차세대융합기술연구원 게임융합미디어 센터장
2013-현재 경희대학교 디지털콘텐츠학과 교수

관심분야 : 게임화, 기능성게임, 체험형게임, 차세대게임



주 희 영 (Joo, Hee young)

2010-현재 이화여자대학교 수학교육과 학사 과정

관심분야 : 수학교육, 수학기능성게임

