

# 게임세대를 위한 수학문장의 그래픽 표현방법

장희동

호서대학교 게임공학과

dooly@hoseo.edu

## A Method of Graphic Representation of Mathematical Sentences for Game Generation

Hee-Dong Chang

Dept. of Game Engineering, Hoseo University

### 요 약

그래픽으로 표현된 정보는 컴퓨터게임에 익숙한 게임세대들에게 정보를 인지하는데 텍스트보다 선호하는 스타일이다. 또한 수학교육에 있어서도, 그래픽으로 표현된 수학문제를 통해 해를 찾는 학습은 학습자들에게 문제해결 능력을 향상시키는 데 뚜렷한 효과가 있다고 한다. 본 논문에서는 게임세대인 학습자들의 효과적인 학습을 위해, 수학문장을 그래픽적으로 표현하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 가시성이 우수한 그래픽 요소들을 사용하여 단위정보를 논리적인 구조로 배치하고 단위 정보들 사이의 논리적인 연관성을 기호, 선분, 또는 화살표로 표현하여 게임세대들이 문장의 내용을 인지하지 쉽고 논리적으로 정확하게 이해할 수 있다. 기존의 수학문장의 그래픽표현방법과 달리 제안하는 방법은 문장의 시제와 태까지도 정확하게 표현할 수 있다. 제안하는 방법은 게임세대인 학습자들에게 효과적인 수학학습이 이루어질 수 있도록 학습도구로 사용될 수 있고 또 수학교육용 컴퓨터게임의 학습 스킴폴딩 기능을 위해 사용되는 수학정보의 그래픽표현을 위해 널리 활용될 수 있다.

### ABSTRACT

The information represented by graphic is preferred more than by text to the game generation familiar to computer games in the cognitive style. The learning to solve the math problems represented by graphic is significantly effective to improve learner's problem-solving power in math education. In this paper, we proposed a method of graphic representation of mathematical sentences for effective learning of the game generation. The proposed method arranges the unit informations in the logical structure and represent the logical interrelation between the informations by symbols, line segments, or arrows using the graphic elements with good visibility for the game generation to recognize easily and to understand accurately the logical meaning. The proposed method is able to represent accurately the math sentences until the detail level that appears the tense and the voice of the sentences differently from the previous graphic representation method's ability. The proposed method could be used as learning tools and used widely to represent graphically mathematical informations for the instructional scaffolding of an educational game in order that the game generation could learn effectively.

**Keywords** : Graphic Representation of Mathematical Sentences, Educational Game, Instructional Scaffolding

Received: Aug. 20, 2012 Revised: Oct. 04, 2012

Accepted: Oct. 16, 2012

Corresponding Author: Hee-Dong Chang(Hoseo University)

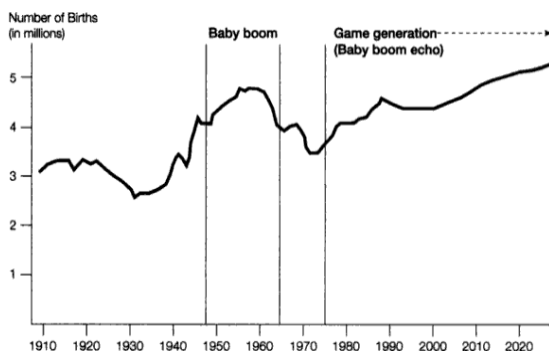
E-mail: dooly@hoseo.edu

© 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

## 1. 서론

게임세대는 [Fig. 1]과 같이, 베이비붐 세대 이후의 세대인, 1970년 중반 후에 태어난 세대이다. 이들 게임세대는 컴퓨터게임을 친숙하게 즐기는 문화생활을 경험한 세대이다. 오늘날 우리사회는 40대 이하의 모든 세대는 게임세대라 할 수 있다. 컴퓨터게임은 이들 게임세대의 생각, 행동, 그리고 학습의 방식에 큰 변화를 주었다[1].



[Fig. 1] Boomer-Gamer populace in U.S.[1]

게임세대들과 이전세대들과의 주요 인지적 스타일의 차이점은 다음과 같다[2].

- ① Twitch speed vs. conventional speed
- ② Parallel processing vs. linear processing
- ③ Graphics first vs. text first
- ④ Random access vs. step-by-step
- ⑤ Connected vs. standalone
- ⑥ Active vs. passive
- ⑦ Play vs. work
- ⑧ Payoff vs. patience
- ⑨ Fantasy vs. reality
- ⑩ Technology-as-friend vs. technology-as-foe

특히, 정보에 대한 인지적 스타일에 있어서, 게임세대들은 텍스트방식 보다는 그래픽으로 표현된 정보를 우선적으로 선호한다.

또한 수학교육을 위한, 수학 문제의 그래픽 표현 기법은 문장으로 표현된 수학 문제를 풀기위한 전략을 사용하는 방법을 보여주는데 효과적으로 사용될 수 있다[3]. 왜냐하면 문장으로 이루어진 수학 문제의 효과적인 해결은 학습자가 해를 찾을 수 있는 문제의 표현을 장안하는 것을 요구하기 때문이다[4]. 수학 정보의 그래픽 표현 기법은 문제를 해석하고 해를 찾기 위해 학습자가 문제의 정보들을 조직화하도록 해주는 도식적 다이어그램들을 사용하는 것이 큰 특징이다. 또한 이 그래픽표현기법은 학습자의 인식처리 부담을 줄여주고 문제를 분석하고 해를 찾도록 집중하기 위한 정신적 자원들을 만들어 줄 수 있다[5]. 그래픽표현기법의 학습 효과를 검증하기 위한 연구에서 수학 학습장애를 갖고 있는 어린이들을 대상으로 문장으로 표현된 수학 문제들을 해결하기 위해 그래픽표현기법을 사용한 학습을 실시한 결과 뚜렷한 학습효과가 있음이 보고되었다[5].

한편 게임세대들은 보통 전통적인 교육방법(예: 강의식 교육)에 학습 동기유발이 잘 일어나지 않기 때문에 컴퓨터게임을 통한 학습이 매우 효과적인 교육방법이 될 수 있다[2].

컴퓨터게임을 통한 학습은 학습자 스스로 진행하는 자율학습 방식이기 때문에, 학습자가 교육목표 달성할 수 있도록 학습안내와 필요한 학습정보를 제공해 주는 학습 스캐폴딩 기능이 매우 중요하다[6].

특히 수학교육용 컴퓨터게임에서 학습자에게 제공하는 수학적 정보 즉 문장으로 이루어진 수학적 정보의 경우는 게임세대들에게는 선호하는 인지적 스타일이 아니어서 수학적 정보의 내용을 쉽게 정확하게 이해하기 어려운 문제가 나타난다. 이로 인해 학습자에게 도움을 주기위한 수학적 정보가 게임세대인 학습자들에게 외면받기 쉽고 결국에는 수학교육용 컴퓨터게임을 통한 학습효과도 떨어지게 될 가능성이 높다.

본 논문에서는, 게임세대인 학습자들에게 높은 학습동기를 유발시키기 위해 수학교육용 컴퓨터게

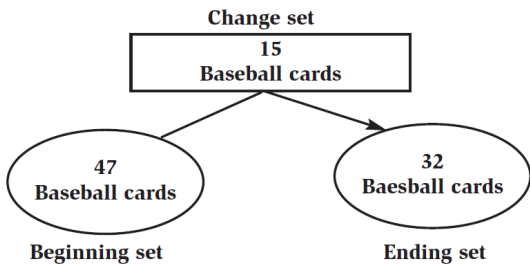
임을 통한 수학학습에서, 문제해결 능력을 향상시키고 학습자가 쉽고 정확하게 이해할 수 있는 문장으로 표현된 수학적정보의 그래픽표현방법을 제안하는 것을 연구목표로 한다.

수학적정보를 표현하기 위한 적절한 그래픽표현방법이 되기 위해서는 다음과 같은 요구조건들을 만족해야 한다.

- (1) 정확한 표현력
- (2) 가시성이 우수한 표현력
- (3) 인식하기 쉬운 표현력
- (4) 이해하기 쉬운 표현력

이를 위한 기존 연구결과로는 학습장애가 있는 초등학생들의 특수 수학교육을 위해 기본 문제 상황 스토리인 변화(change) 상황 스토리, 그룹핑(group) 상황 스토리, 그리고 비교(compare) 상황 스토리에 대해, [Fig. 2]와 같이, 미리 정해진 도식적 다이어그램으로 표현하는 방법을 사용하였다[5]. 그러나 이 방법은 문장으로 표현된 내용을 모두 나타낸 것이 아니라 수학적인 상황 스토리 측면만을 표현할 수 있는 제한이 있다.

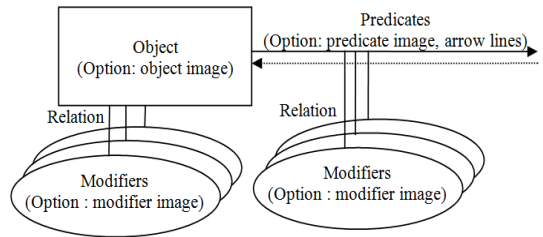
또 다른 연구결과는 수학적 문장을 객체지향 기반 도식적 다이어그램들로 [Fig. 3]과 같이, 표현하는 방법이다[7].



[Fig. 2] Change story situation and a schemata diagram for change[5]

이 방법은 명사를 기본 객체로 하여 직사각형으로 표시하고 명사를 수식하는 형용사 부분은 명사와 이어진 선분과 타원형으로 표현하고 서술어를 화살표로 표현하여 수학을 문장을 그래픽적으로 표현

하는 방법이다. 그러나 이 표현방법은 주어, 서술어, 목적어 정도를 구분할 수 있는 상세수준의 표현 방법이기 때문에 동사시제(과거, 현재, 미래 등), 보어 표현, 그리고 동사 서술어, 형용사 서술어, 계사 서술어를 시각적으로 표현할 수 없었다. 이러한 표현 기능은 문장의 내용을 정확히 표현하기 위한 중요한 부분들이다.



[Fig. 3] The description rules for object-based visual sentences[7]

본 논문에서는 한 문장의 구성요소를 주어부(주어와 주어를 수식하는 부분), 서술어부(서술어와 서술어를 수식하는 부분), 보어부(보어와 보어를 수식하는 부분), 목적어부(목적어와 목적어를 수식하는 부분)로 가정하여 학습자가 인지하기 쉽고 정확하게 이해할 수 있도록 수학 문장을 그래픽적으로 표현하는 방법을 제안하였다.

제안하는 방법은 쉽게 인지될 수 있는 도형들과 이 도형들의 관계를 선분, 화살표, 또는 기호로 표현하여 높은 가시성과 인지성을 추구하였다. 또한 문장의 단위 정보들을 논리적 구조로 배치하고 서로의 연관성을 선분 또는 화살표로 표현하였기 때문에 학습자가 문장의 내용을 논리적으로 정확하게 이해할 수 있게 했다.

본 논문의 구성은 2장에서 제안하는 수학기호의 비주얼 표현방법을 설명하고 특징을 분석하고, 3장에서는 제안한 표현방법을 사용한 수학기호의 표현 사례를 제시하고 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 비주얼 수학기호 표현방법

수학 문장은 수학 내용을 다루는 문장으로 참과 거짓을 판단할 수 있는 명제(proposition)[8]들로 이루어진 문장을 의미한다. 수학 문장은 수학기호[9]를 포함한 수식이나 단어들로 구성된 문장으로 나타난다.

본 논문에서 제안하는 수학 문장의 그래픽 표현 방법은 다음과 같다.

### (1) 그래픽 표현방법에서 사용하는 한 문장의 구성

본 논문에서 제안하는 한 문장의 표현방법은 주어부, 서술어부, 보어부, 또는 목적어부의 순서대로 한 문장으로 구성된다는 것을 전제로 한다. 문장의 형식[10]의 요소들에 따라 그래픽 표현방법을 정의하였다.

### (2) 주어부 그래픽 표현방법

주어부는 문장에서 주어의 역할을 하는 부분으로 주어와 주어를 수식하는 수식어들로 구성되어 있다. 여기서 주어의 수식어는 형용사나 형용사구가 해당된다. 주어부의 그래픽 표현방법은 [Fig. 4]와 같다.



[Fig. 4] Graphic description rules for subject module

### (3) 서술어부 그래픽 표현방법

서술어부는, [Fig. 5]와 같이, 서술어 역할을 하는 부분으로 서술어(예: 동사)와 서술어를 수식하는 수식어로 구성되어 있다.

그런데 서술어는 크게 동사 서술어(예: ~에 간다), 형용사 서술어(예: 파랗다), 계사 서술어(예: ~

이다)로 나눌 수 있다. 그리고 동사 서술어가 취하는 형태는 능동태와 수동태가 있다.

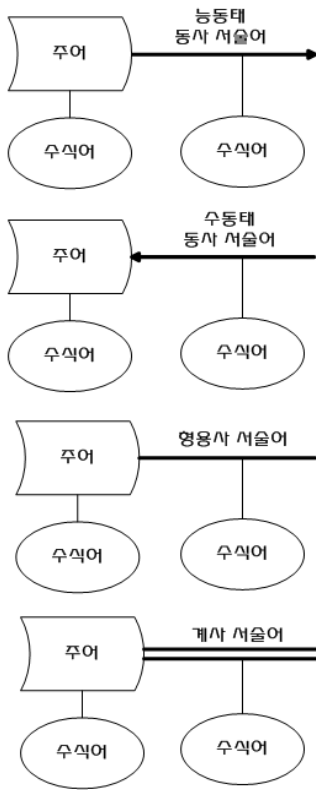
서술어의 기본 시제는 현재, 과거, 그리고 미래가 있고 진행형 시제는 현재 진행형, 과거 진행형, 미래 진행형이 있으며 완료형 시제는 현재 완료형, 과거 완료형, 미래 완료형이 있다. 이들의 표현방법은 [Table 1]과 같다. 서술어부의 시제는 서술어부를 나타내는 그래픽 기호의 왼쪽 하단부에 [Fig. 6]와 같이, 표기한다.

### (4) 목적어부 그래픽 표현방법

목적어부는 목적어 역할을 하는 부분으로 목적어와 목적어를 수식하는 수식어로 구성되어 있다. 목적어부를 표시하는 방법은 [Fig. 7]과 같다. 그런데 한 문장에서 간접목적어와 직접목적어가 함께 사용될 때는 직접목적어는 목적어와 그래픽적으로 동일하게 표현하고 간접목적어는 [Fig. 7]과 같이, 목적어와 모양은 같지만 테두리는 점선으로 표현한다.

### (5) 보어부 그래픽 표현방법

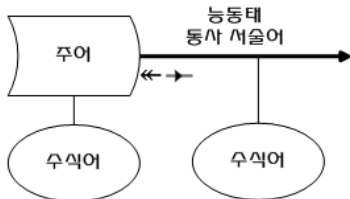
보어부는 보어 역할을 하는 부분으로 보어와 보어를 수식하는 수식어로 구성되어 있다. 보어부를 표시하는 방법은 [Fig. 8]과 같다.



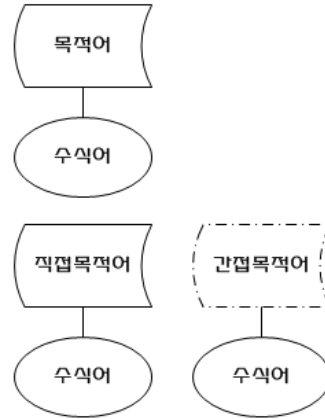
[Fig. 5] Graphic description rules for predicate module

[Table 1] Symbols for describing predicate tense

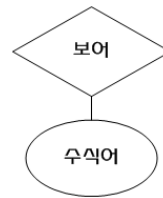
	기본시제	진행형시제	완료형시제
과거	←	← →	← ●
현재	↓	↓ →	↓ ●
미래	→	→ →	→ ●



[Fig. 6] Graphic description rules for predicate module with past progressive tense and the active voice



[[Fig. 7] Graphic description rules for object module



[Fig. 8] Graphic description rules for complement module

(6) 수식어부 그래픽 표현방법

수식어부는 주어부, 서술어부, 목적어부, 보어부, 수식어부, 그리고 문장전체를 수식하는 역할을 하는 부분으로 수식어와 수식어를 수식하는 수식어로 구성될 수 있다.

경우에 따라서는 문장의 한 구성요소에 여러 개의 수식어들이 [Fig. 11] 같이, 함께 수식할 수 있고 또한 수식어들이 다른 수식어를 수식할 수 있다. 이 경우에는 [Fig. 9]과 같이, 수식하는 수식어들은 하위에 수식받는 수식어들은 상위 계층으로 구성된 트리 구조로 수식의 관계를 표현한다.

한 문장의 구성 요소에 대해 여러 개의 수식어들이 함께 수식하는 경우, 수식어들 사이의 관계성을 나타낼 필요가 있을 때는 [Fig. 11]과 같이 두 수식어사이에 관계성이 존재한다는 의미로 두 수식어 사이를 선분으로 연결하고 선분위에 관계성의 기호를 표시한다. 두 수식어 사이의 관계성을 나타

내는 기호들은 [Table 2]와 같다.

한 단어보다 큰 범위를 수식하는 경우에는 [Fig. 9]과 같이, 수식 대상범위를 나타내는 직사각형과 수식어와 선분으로 연결하여 나타낸다.

[Table 2] Relational symbols between modifiers

관계성	기호
의미 연결	+
논리적 and	$\wedge$
논리적 or	$\vee$
논리적 implication	$\Rightarrow$

#### (7) 복합 문장의 그래픽 표현 방법

문장과 문장사이의 접속관계는 [Table 2]와 같은 관계성을 가지며 그래픽 표현을 위한 기호는 타원 안에 [Table 2]의 해당 기호를 표시하는 방식을 사용한다.

예를 들면 두 문장의 관계성이 ‘의미 연결 (예: 그리고)’을 나타내는 접속사의 경우는  $\oplus$ 를 사용한다.

#### (8) 의무문의 그래픽 표현 방법

‘예 또는 아니요’로 대답하는 의무문인 경우에는 ‘서술부’ 오른쪽 끝에 기호 ‘?’를 붙이고, 특정 내용으로 답해야 하는 의무문인 경우에는 답해야 하는 질문에 해당하는 문장의 구성요소 부분의 오른쪽 끝에 기호 ‘?’을 [Fig. 10]과 같이, 붙인다.

이는 질문의 대상을 명확히 표현하기 위함이다.

제안한 수학기장의 그래픽 표현방법에서는 한 문장을 구성할 때 그래픽적으로 문장의 의미가 잘 표현될 수 있도록 하기 위해 다음과 같은 순서로 표현한다.

- ① 주어부 + 서술어부
- ② 주어부 + 서술어부 + 보어부
- ③ 주어부 + 서술어부 + 목적어부
- ④ 주어부 + 서술어부 + 직접 목적어부 + 간접 목적어부
- ⑤ 주어부 + 서술어부 + 목적어부 + 보어부

제안하는 그래픽표현 방법은 가시성이 우수한 그래픽 요소들(예: 다각형, 선분, 화살표)을 사용하였고 게임세대들이 인식하기 쉽고 논리적 의미를 정확히 이해할 수 있도록 단위정보들을 논리적 구조로 배치하고 논리적 연관성은 기호, 선분, 화살표로 도식적으로 표현하였다. 기존의 수학기장의 그래픽표현방법과 달리 제안하는 방법은 문장의 시제와 능동태/수동태 등의 상세수준까지 정확하게 표현할 수 있다. 그래서 다른 그래픽 표현방법보다 정확성이 높고 또한 문장으로 표현된 섬세한 내용까지도 그래픽표현이 가능하므로 논리적 구조와 관계성이 시각적으로 분명히 나타나기 때문에 게임세대인 학습자가 더욱 분명하게 수학기장을 인지하고 이해할 수 있다. 또한 수학기장이 그래픽적으로 표현되었기 때문에 수학기장해결 능력이 향상되는 학습효과도 기대할 수 있다[5].

제안한 그래픽 표현방법은 기존의 텍스트기반의 문장 표현방법과의 주요 특징비교를 하면 [Table 3]과 같다.

### 3. 수학기장의 표현 적용 사례

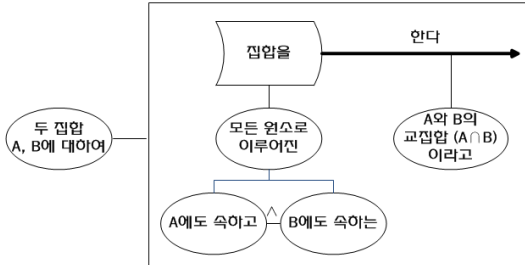
제안하는 수학기장의 그래픽 표현방법으로 수학 문장들을 표현한 사례를 통해, 내용기술방법, 인지적 우수성, 정확한 의미의 전달성, 그리고 표현에 필요한 영역 크기를 살펴보면 다음과 같다.

#### (1) 수학기장 사례 1:

##### ① 텍스트 기반 표현:

두 집합 A, B에 대하여 A에도 속하고 B에도 속하는 모든 원소로 이루어진 집합을 A와 B의 교집합( $A \cap B$ )이라고 한다.

② 그래픽 표현:



[Fig. 9] The graphic description for the case 1 of the math sentences

[Table 3] Comparison with features of the proposed method and of the text-based representation method

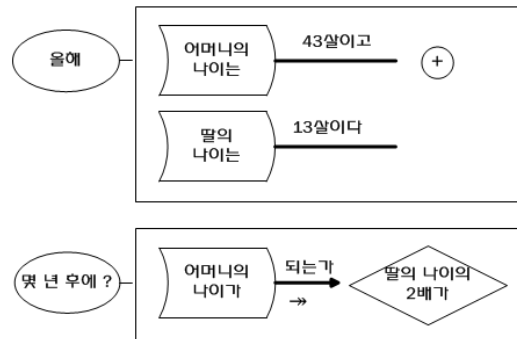
특징 항목	제안하는 방법	텍스트표현방법
내용 기술방법	다각형도형들과 선분, 화살표, 기호들을 사용하여 문장 구조와 의미관계성을 표시하여 내용을 시각적으로 나타냄	텍스트 기반으로 문장형식을 갖추어 문법에 맞는 표현을 하여 내용을 표현함
인지의 선호성	수학정보가 도형, 선분, 화살표, 기호들인 그림으로 표시되어 게임세대가 선호함	텍스트 기반의 문장으로 표시되어 게임세대가 선호하지 않음
정확한 의미 전달성	수학정보가 도형, 선분, 화살표, 기호로 표시되기 때문에 정확한 의미가 시각적으로 나타나 있음	수학정보가 텍스트 기반의 문장으로 표시되어 있어 학습자의 독해능력에 따라 정확한 의미의 이해 정도가 결정됨
표현에 필요한 영역 크기	수학정보를 도형, 선분, 화살표, 기호로 표시하기 때문에 비교적 큰 표현영역이 필요함	수학정보를 텍스트 기반으로 표현하기 때문에 비교적 작은 표현 영역이 필요함

(2) 수학문장 사례 2:

① 텍스트 기반 표현:

올해 어머니의 나이는 43살이고, 딸의 나이는 13살이다. 몇 년 후에 어머니의 나이가 딸의 나이의 2배가 되는가?

② 그래픽 표현:



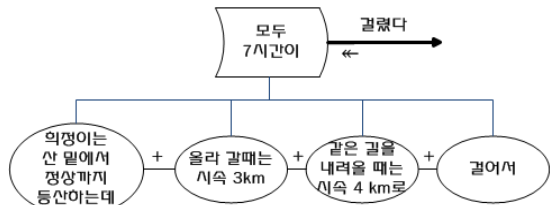
[Fig. 10] The graphic description for the case 2 of the math sentences

(3) 수학문장 사례 3:

① 텍스트 기반 표현:

희정이는 산 밑에서 정상까지 등산하는데 올라갈 때에는 시속 3 km, 같은 길을 내려올 때에는 시속 4 km로 걸어서 모두 7시간이 걸렸다.

② 그래픽 표현:



[Fig. 11] The graphic description for the case 3 of the math sentences

## 4. 결 론

컴퓨터게임을 친숙하게 즐기는 문화생활을 해온 게임세대는 이전세대와 달리 인지적 스타일에 있어 근본적으로 다른 차이를 갖고 있다. 그 중에서는 특히 텍스트기반으로 표현된 정보 보다는 그래픽기반으로 표현된 정보를 선호하며 더 잘 인지할 수 있다.

특히 수학학습에 있어, 기존 수학교육방법에서 사용된 텍스트 기반의 수학기장은 게임세대들에게 쉽게 인지되지 않을 뿐 아니라 그 의미를 정확하게 이해하기 어려운 인지적 스타일을 갖고 있다. 그래서 게임세대들을 위한 수학교육을 위해 수학기장의 그래픽표현방법이 필요하다. 왜냐하면 수학기장의 그래픽적 표현을 통한 학습은 뚜렷한 학습효과가 있었다[5].

따라서 본 논문에서는 게임세대인 학습자들이 인지하기 쉽고 그 의미를 정확하게 이해하기 쉬운 수학기장의 그래픽표현 방법을 제안하였다.

제안하는 방법은 게임세대인 학습자들에게 효과적인 수학학습이 이루어질 수 있도록 학습도구로 사용될 수 있고 또 수학교육용 컴퓨터게임의 학습스캐폴딩 기능을 위해 사용되는 수학기장(예: 학습참고자료 또는 학습 도움말)의 그래픽표현을 위해 널리 활용될 수 있다.

## REFERENCES

[1] J. C. Beck, M. Wade, "How the Gamer Generation Is Reshaping Business Forever", Harvard Business School Press, Boston, 2004.

[2] M. Prensky, "Digital Game-Based Learning", Paragon House, St. Paul, 2001.

[3] Y. P. Xin, A. K. Jitendra, "The effects of instruction in solving mathematical problems for students with learning problems: A meta-analysis", The journal of Special Education, Vol. 32, no. 4, pp. 207-225, 1999.

[4] S. Goldman, "Strategy Instruction in

Mathematics", Learning Disability Quarterly, Vol. 12, pp. 43-55, 1989.

[5] A. Jitendra, "Teaching Students Math Problem-Solving Through Graphic Representations", Teaching Exceptional Children, Vol. 34, no. 4, pp.34-38. 2002.

[6] Y. An, C. J. Bonk, "Finding that SPECIAL PLACE: Designing Digital Game-Based Learning Environment", TechTrends, vol. 53, no.3, pp. 43-48, 2009.

[7] H. Chang, "Object-Based Visual Representation for Mathematical Statements", IJUCI vol. 3, no. 1, April. 2011.

[8] A. G. Hamilton, "Logic for Mathematicians", Cambridge University Press, 1978.

[9] Irving M. Copi, Carl Cohen, "Introduction to Logic", 8th Ed. New York: Macmillan, 1990.

[10] 이익섭, 임홍빈, "국어문법론", 학연사, 1983.



장 희 동 (Chang, Hee Dong)

1987-1997 한국전자통신연구원 영상통신연구실  
선임연구원  
1998-2002 숭의여자대학 컴퓨터게임과 조교수  
2003-현재 호서대학교 게임공학과 부교수

관심분야 : 교육용게임 디자인, 디지털게임 디자인,  
게임 메카닉스 디자인