

# JAVA 3D를 이용한 웹 기반 입체도형 학습 프로그램의 개발

고신대학교 인터넷비즈니스학과 김종민  
jmkim@kosin.ac.kr

고신대학교 교육대학원 수학교육전공 주영진  
yjoo@kosin.ac.kr

본 논문에서는 입체도형에 대한 학습을 효과적으로 수행하기 위한 웹 기반 입체도형 학습 프로그램을 설계하고 구현하였다. 이를 위해 학습자에게 편리한 사용자 인터페이스와 입체도형 학습에 필요한 기능을 분석하였으며, 학습자의 흥미를 유발할 수 있는 다양한 입체도형 학습기능을 개발함으로써 실제 수업 현장에서 쓰일 수 있는 유용한 학습프로그램이 될 수 있도록 하였다. 기존 연구와의 비교분석과 초등 학교 학생들의 사용 평가를 통해 본 프로그램의 유용함을 확인하였다.

주제어 : 입체도형 학습, 자기 주도적 학습, JAVA 3D

## 0. 서론

21세기 정보화 시대는 컴퓨터와 인터넷 망의 급속한 질적, 양적 팽창으로 사회 전반에 많은 변화를 겪고 있다. 교육 분야도 컴퓨터와 웹을 활용한 교수-학습 활동이 점차 증가하고 있는 추세이다. 수학교육도 이에 영향을 받아 컴퓨터와 웹을 활용하여 교사 중심의 교육이 아니라, 학습자 중심의 교육과 교육의 다양화를 지향하는 교육과정으로 변모하고 있다.

도형영역의 교육은 실생활에 밀접한 부분에 적용되어지기 때문에 과학적 사고에 필요한 공간적 추론능력을 증가시킬 뿐만 아니라([7]), 논리적 사고 능력을 발달시키고 실세계의 공간에 대한 직관력을 발달시키므로 수학적 사고력을 길러주는데 가장 중요한 역할을 하고 있다([1]). 그런데 도형영역의 교육에 있어서 컴퓨터 프로그램의 활용을 권장하고 학생들을 지도하는 교사들의 많은 주의와 노력을 기울이지만, 실제 학교 현장에서의 도형영역 중 입체도형 영역교육은 3차원 표현이 어렵고 현실성이 떨어지는 텍스트나 모형중심의 방법으로 진행되고 있다. 이런 방법의 교육은 멀티미디어에

익숙한 학습자에게 새로운 학습동기를 부여하기에 부족하며, 효과적인 학습수행도 어렵다는 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하고 효과적인 입체도형 학습을 지원하기 위해서는 입체도형의 특성, 학습자의 특성, 3차원 공간의 특성 등을 고려한 학습프로그램의 개발이 필요하다.

이에 따라 본 연구에서는 3차원 가상현실을 효과적으로 구현할 수 있는 JAVA 3D를 이용하여 웹 기반 입체도형 학습프로그램을 설계하고 구현하였다. JAVA 3D는 수행능력이 높고, 플랫폼에 독립적이며, 다양한 로더를 제공할 뿐만 아니라, 웹 상에서 3차원 그래픽을 효과적으로 표현할 수 있다는 특징이 있다([6], [16], [18]).

본 연구에서 개발한 입체도형 학습프로그램을 통해 학습자는 가상공간에서 입체도형을 직접 만들고 조작하고 관찰함으로써 입체도형과 공간개념에 대한 이해를 높여 효과적인 입체도형 학습을 수행할 수 있다. 또한, 학습자에게 입체도형 학습에 대한 동기를 높여 자기 주도적 학습(Self Directed Learning)을 가능하게 하고, 창의력 향상에 도움을 줄 수 있다.

## 1. 컴퓨터를 활용한 도형영역 교육의 발전 과정

1946년 미국 펜실베이니아대학 J. W. 모클리와 P. 에커트가 최초의 전자식 계산기 에니악(ENIAC)을 완성한 이래 컴퓨터는 눈부신 발전을 거듭하였는데, 컴퓨터가 본격적으로 수학교육 영역에서 활용되기 시작한 것은 그리 오래되지 않았다.

초·중등 수학교육에 있어서 컴퓨터가 활용되어야 한다고 본격적으로 논의되기 시작한 것은 1980년대이다. 미국의 NCTM(National Council of Teachers of Mathematics)은 ‘An Agenda for Action: Recommendations for School Mathematics of the 1980s’에서 컴퓨터와 같은 기술공학을 이용하는 것이 수학교육과정의 핵심이 되어야하고 컴퓨터를 창의적인 다양한 방법으로 이용할 수 있는 자료들이 개발되고 활용되어야 한다고 주장하였다. 또한 1990년대의 미국 수학교육의 방향을 제시하고 있는 NCTM의 ‘Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics’에서도 수학교육에 있어서의 컴퓨터 활용의 중요성을 언급하고 있다([8]).

우리나라에서는 1980년대 중반부터 개인용 컴퓨터가 대량 보급되면서 컴퓨터를 학교 수학교육에 활용해야 한다는 움직임이 있었으며, 1985년에 개편된 제5차 교육과정에서부터 컴퓨터가 학교교육에 도입되고 있으나 수학교육에 있어서의 직접적인 연관성은 없었다. 1980년대 후반 이후에 하드웨어 측면에서 획기적으로 성능이 향상되었으며, 학교교육을 변화시킬 만한 교육용 컴퓨터언어와 도구들이 개발되었다([8]).

컴퓨터와 수학의 연관성을 볼 때 다양한 수학교육 영역에서 컴퓨터가 활용될 수 있

는데, 계산, 함수, 기하, 통계, 확률, 미적분 등에서 폭넓게 응용될 수 있다. 본 연구에서 다루고자 하는 도형영역의 교육에서 컴퓨터를 활용하기 위해서는 도형 데이터를 이용한 개체의 효율적인 시각화가 필수적이기 때문에 빠른 그래픽 표현 능력이 요구되고 직관적이고 효과적인 사용자 인터페이스 환경이 필수적이다.

1990년대에 빠른 그래픽 능력과 연산능력을 가진 개인용 컴퓨터가 보급되고 디스플레이 장치와 네트워크의 발달로 인해 도형영역의 교육에 있어서 컴퓨터를 활용하려는 노력이 있었다([4], [9], [11]). 이러한 연구들은 컴퓨터를 활용하여 기하영역의 문제를 해결하고자하는 시도로서 교육현장에서 직접 활용과 응용이 가능한 실제적인 연구라고 볼 수 있다.

한편, 1997년 제7차 교육과정에서도 학습 효과를 높이기 위하여 교과용 도서 중심의 교육에서 탈피하여 교육 정보망, 멀티미디어 등 컴퓨터를 활용한 교육이 활성화되도록 권고하고 있으며, 특히 수학과 도형영역의 교육에 있어서는 그림이나 도형을 그리고 이를 이동, 변화시킬 수 있게 설계된 컴퓨터 프로그램의 활용은 학생들로 하여금 도형 영역의 학습을 도와 줄 수 있을 것으로 기대하였다.

WWW(World Wide Web)의 발달과 인터넷의 급속한 보급을 통해 2000년대에 들어서는 웹에 기반한 도형학습을 위한 연구가 활발히 진행되었으며([2], [3], [5], [10], [13], [14]), 웹을 활용하지 않은 멀티미디어 학습에 관한 연구도 있었다([12]). 이와 같이 웹을 기반으로 한 연구가 활발한 이유는 학습자가 시공간적 제약을 벗어나 자유롭게 학습 프로그램에 접근할 수 있으며, 도형의 표현과 조작이 편리한 학습 환경을 제공할 뿐만 아니라, 프로그램의 수정 및 재배포 등이 용이하기 때문이다.

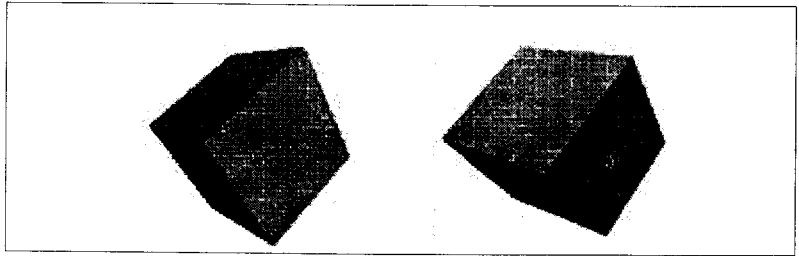
이와 같은 이유로 인해 앞으로도 웹을 기반으로 한 연구는 계속 활발하게 진행될 것으로 판단되며, 향후에는 마우스와 키보드와 같은 전통적인 컴퓨터 입력 장치를 통한 도형의 생성과 조작에서 벗어나 보다 현실감 있는 첨단 가상현실 기법들이 교육환경에 응용될 것으로 보인다.

## 2. 기존의 입체도형 학습 프로그램 분석

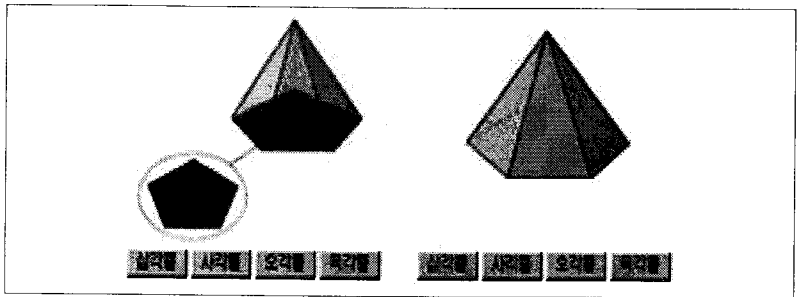
최근들어 입체도형 학습 프로그램에 대한 연구가 활발히 진행되었는데, FLASH와 3D Studio Max를 이용하여 3차원 입체도형 학습을 위한 연구는 학습 진행을 위해 관련 CD를 활용하는 방식으로 웹 환경을 고려하고 있지 않는 방법이다([12]). 웹을 기반으로 FLASH, JAVA Applet등을 이용하여 입체도형을 표현하는 기법을 사용한 연구([2], [13])에서는 텍스트와 2차원의 이미지로 구성되어있어 입체공간에 대한 개념형성이 어렵다는 단점이 있다.

한편, 웹상에서 3차원 표현이 가능한 VRML을 이용하여 입체도형 학습을 위한 연구([3], [5])에서는 <그림 1>과 <그림 2>에서와 같이 마우스를 이용하여 입체도형을

관찰하는 것은 가능하였으나, 입체도형의 절단면을 학습자가 자유롭게 만들어 관찰하고 다양한 변환을 통해 입체도형을 학습하는 기능이 부족하였다.

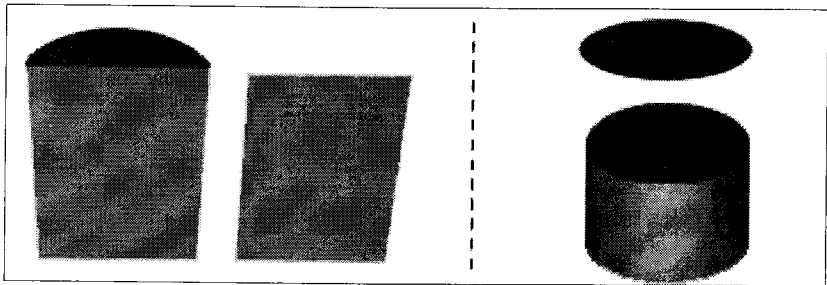


<그림 4> 입체도형 관찰



<그림 5> 각별 이름 관찰

웹을 기반으로 3D Studio Max를 활용한 3D이미지와 애니메이션을 이용하여 구현한 입체도형 학습코스웨어([14])는 <그림 3>과 같이 회전체 절단면 관찰 부분으로 원기둥, 원뿔, 구의 수직 또는 수평으로 회전체를 잘라보고 단면을 살펴봄으로써 회전체의 성질을 알게 함은 물론 회전체에 대한 가상체험을 가능하게 하였다.



<그림 6> 회전체 절단면 관찰

그러나 절단면 관찰은 제공되는 입체도형 중 회전체에만 국한되어 있고 절단면의 방향도 수직이나 수평의 방향으로 정해져 있어, 다양한 입체도형에 대해 원하는 절단면을 지정하여 절단하여 관찰할 수 있는 기능이 부족하다는 문제가 있다. 또한 일부 기능은 학습자가 직접 조작이 불가능한 애니메이션으로 처리되므로, 학습자는 제시된

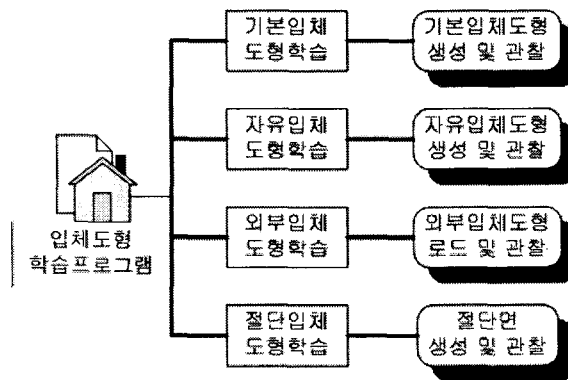
정보만을 관찰하는 수동적인 입장에 놓이게 되기 때문에 입체도형에 대한 이해를 높이는 데 부족한 점이 있다.

따라서 효과적인 학습을 위해 학습자가 다양한 입체도형을 대상으로 조작할 수 있는 기능이 필요하며, 학습자가 언제 어디서나 접근이 가능하도록 하기 위한 웹 기반 학습 환경이 요구된다.

### 3. 새로운 웹 기반 입체도형 학습 프로그램의 설계

#### (1) 학습 프로그램의 구성

본 연구에서 개발한 입체도형 학습 프로그램의 전체 구성은 <그림 4>와 같다. 구성은 크게 기본입체도형 학습, 자유입체도형 학습, 외부 입체도형 학습, 절단도형 학습으로 구분되고 학습자는 원하는 학습을 선택하여 학습을 할 수 있으며 상세내용은 아래와 같다.



<그림 4> 입체도형 학습 프로그램의 구성도

기본입체도형 학습은 초등학교 5, 6학년 도형부분에서 다루는 각기둥, 각뿔, 회전체를 제공하여 기본적인 입체도형의 구성요소 및 성질을 파악하고 입체도형의 모양에 대한 감각을 길러 입체도형에 관련한 기본학습을 충실하게 수행할 수 있도록 하였다.

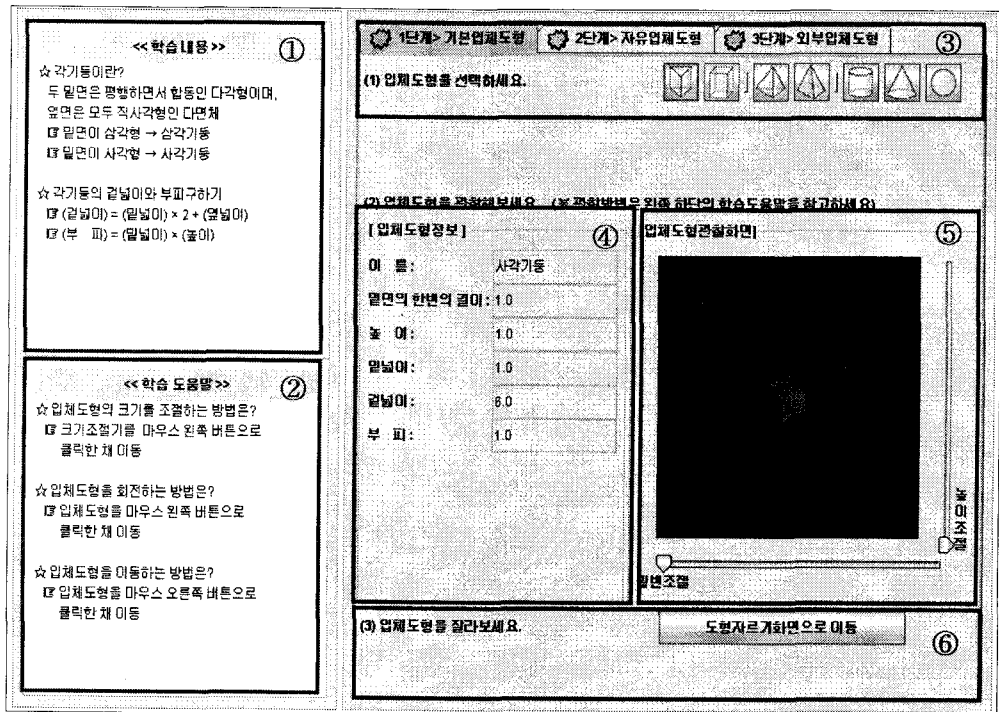
자유입체도형 학습은 기본도형에서 다룰 수 없었던 입체도형을 학습자가 스스로 생성하고 학습할 수 있도록 하여 학습자의 다양한 욕구를 충족시킴과 동시에 능동적이고 창의적인 학습을 가능하게 하였다.

외부 입체도형 학습은 더욱 풍부한 학습 자료를 제공하기 위하여 실생활에서 직간접적으로 경험할 수 있는 다양한 입체도형을 사용자 컴퓨터로부터 로드하여 학습할 수 있는 기능을 제공하여 도형에 대한 흥미와 동기를 유발 시킬 수 있도록 하였다.

절단입체도형 학습에서는 공간추론능력 향상을 위하여 앞서 기본입체도형, 자유입체도형, 외부 입체도형을 학습자가 원하는 방향으로 절단하는 과정을 통하여 절단면과 절단된 도형을 추측하고 그 결과를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다.

## (2) 사용자 인터페이스의 설계

사용자 인터페이스의 전체적인 구성은 <그림 5>와 같이 좌측의 텍스트영역과 우측의 사용자 조작영역으로 구분하여 최대한 간결하고 학습하기 편리한 형태로 구성하였다.



- ① 학습내용
- ② 학습도움말
- ③ 입체도형 선택과 생성
- ④ 도형정보
- ⑤ 입체도형 관찰
- ⑥ 화면이동명령

<그림 5> 사용자 인터페이스(GUI)

일관성있는 인터페이스는 사용자에게 친숙하고 예측가능하게 해주므로([15],[17]), 일관성, 사용자 조절, 직접조작, 피드백 등의 설계원칙을 가지고 사용자 인터페이스를 설계하였다.

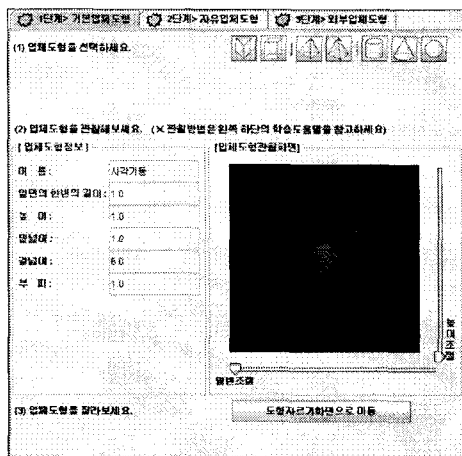
#### 4. 입체 도형학습프로그램의 기능 분석

본 연구에서는 먼저 각기둥, 각뿔, 회전체를 제공하여 기본적인 입체도형 학습이 가능하게 하였다. 학습자는 마우스를 이용하여 입체도형을 회전, 이동, 확대, 축소, 절단, 절단면의 관찰 등의 다양한 기능을 수행할 수 있고, 입체도형의 크기를 변화시키면서 입체도형 속성값의 변화도 확인할 수 있다. 이러한 과정을 통하여 학습자는 입체도형에 대한 기본적인 학습을 할 수 있고 입체도형에 대한 이해를 높일 수 있다.

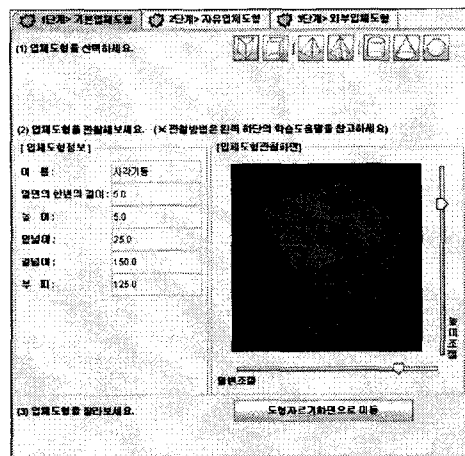
또한 본 연구에서 개발한 입체도형 학습프로그램에서는 학습자가 입체도형을 직접 생성할 수 있을 뿐만 아니라, 다른 3D 도구로 개발된 다양한 입체도형 데이터를 입력받아 관찰할 수 있도록 함으로써 능동적이고 창의적인 도형학습이 가능하도록 개발하였다. 본 연구에서 제안하는 입체도형 학습프로그램의 각 기능별 세부사항은 다음과 같다

##### (1) 기본입체도형 생성 및 관찰

기본입체도형 학습부분으로 각기둥(삼각기둥, 사각기둥), 각뿔(삼각뿔, 사각뿔), 회전체(원기둥, 원뿔, 구)가 기본입체도형으로 제공되고 학습자는 관찰하고자하는 입체도형을 선택하여 학습을 진행할 수 있다. 입체도형의 특성을 살리기 위해 입체도형을 선이 아닌 면으로 나타내어 현실감 있게 입체도형을 표현하였다. 또한 고정된 크기의 입체도형을 제공하지 않고 스크린의 오른쪽과 아래쪽에 위치한 슬라이드 바를 이용하여 입체도형의 높이와 밑면의 크기를 조정할 수 있는 기능을 제공하여 학습자는 능동적으로 입체도형 학습을 진행할 수 있다. 이와 같은 기능을 이용하여 학습자가 생성한 사각기둥과 사각뿔의 생성과정을 <그림 6>와 <그림 7>에 각각 나타내었다.

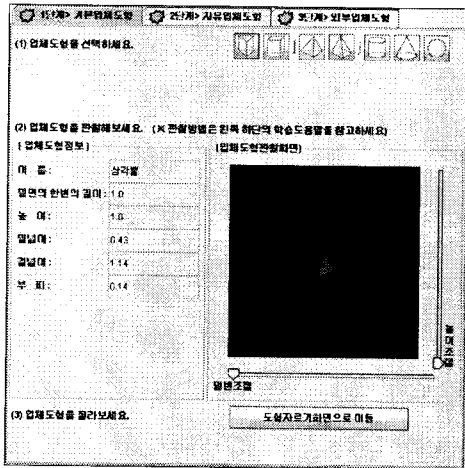


(a)사각기둥선택



(b)사각기둥크기조절

<그림 6> 사각기둥의 생성과 크기조정



(a)삼각뿔선택

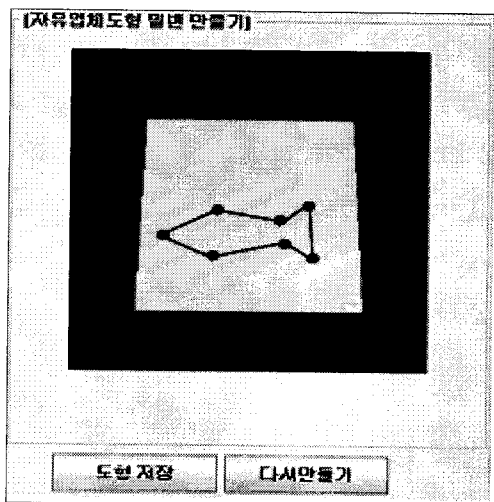


(b)삼각뿔크기조절

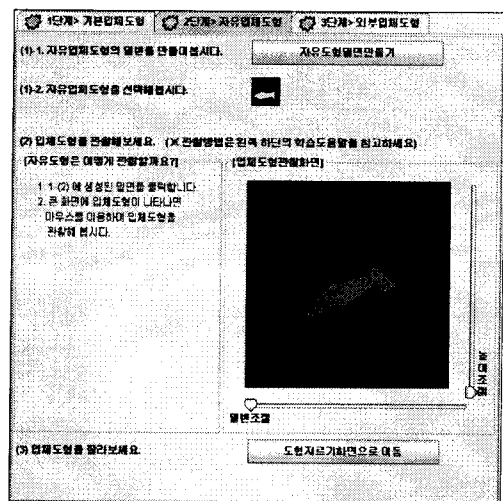
<그림 7> 삼각뿔의 생성과 크기조절

## (2) 자유입체도형 생성 및 관찰

본 연구는 학습자의 다양한 욕구 충족과 능동적이고 창의력적인 학습 수행을 위해 자유입체도형 학습부분에 입체도형을 직접 만들고 관찰할 수 있는 기능이 제공된다. 이 기능을 통해 학습자는 미리 만들어져있는 입체도형뿐만 아니라, 학습자가 원하는 모양으로 만든 밀면으로 생성된 입체도형에 대해서 자유롭게 관찰하고 절단하는 기능을 수행할 수 있기 때문에 보다 다양한 입체도형에 대한 학습이 가능하며, 학습자의 흥미를 증대시킬 수 있다는 장점이 있다.



(a)자유입체도형 밀면 만들기



(b)자유입체도형의 생성과 관찰

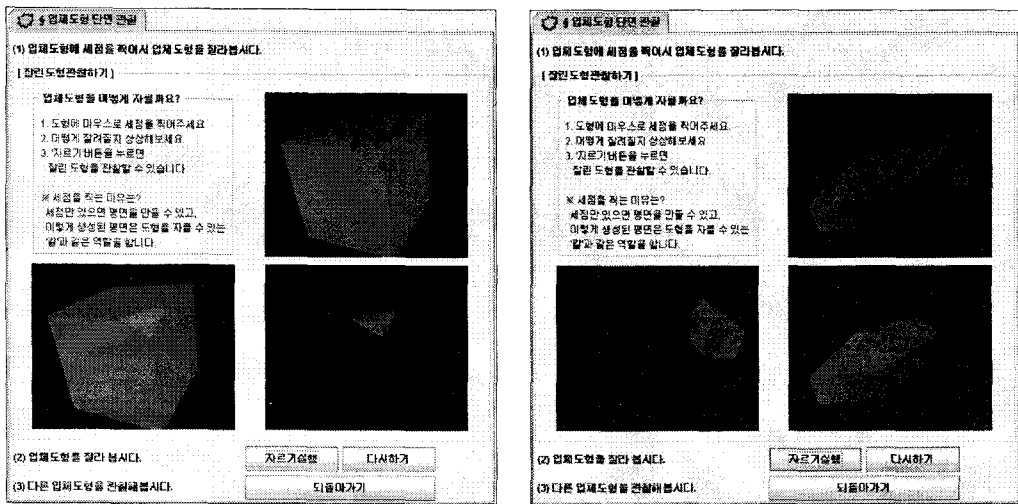
<그림 8> 자유입체도형밀면 생성 및 관찰



자유입체도형을 생성하기 위해서는 먼저 입체도형을 이용하여 주어진 캔버스에 점을 찍어 학습자가 원하는 모양의 밑면을 생성할 수 있다. 밑면이 필요한데 이것은 <그림 8>의 (a)와 같이 마우스 이후 생성된 밑면을 바탕으로 각기둥이 생성되고 <그림 8>의 (b)와 같이 입체도형 관찰화면에 위치한 슬라이드 바를 이용하여 자유입체도형의 높이와 밑면의 크기를 조정하고 마우스를 이용하여 생성된 자유입체도형을 다양한 관점에서 관찰할 수 있다.

### (3) 입체도형 절단 및 절단면 관찰

본 연구는 <그림 10>에서와 같이 학습자가 원하는 위치에서 입체도형을 절단하고 그 결과를 확인할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 절단면 관찰을 위해서 여러 가지 입체 도형에 대한 절단면을 사용자가 지정하고 절단하여 절단면을 관찰하는 기능을 개발했다.



(a) 사각기둥 절단 및 절단면 관찰

(b) 자유도형 절단 및 절단면 관찰

<그림 10> 입체도형 절단 및 절단면 관찰

입체도형을 절단하기 위해서는 먼저 절단면이 필요한데, 본 연구에서는 기존의 연구에서와 같이 미리 만들어진 절단면을 이용하지 않고 <그림 10> (a) 오른쪽 상단화면에서와 같이 학습자가 입체도형을 보면서 마우스를 이용하여 세 점을 결정하면, 프로그램에서는 이 세 점을 이용하여 절단면을 생성하게 된다.

이와 같이 생성된 절단면을 이용하여 입체도형이 절단되고 <그림 10> (a) 하단화면에서와 같이, 절단된 두 입체도형을 분리해서 각각을 관찰할 수 있는 기능을 제공

하여 학습자가 절단된 면과 절단된 도형의 결과를 동시에 관찰하게 하였다.

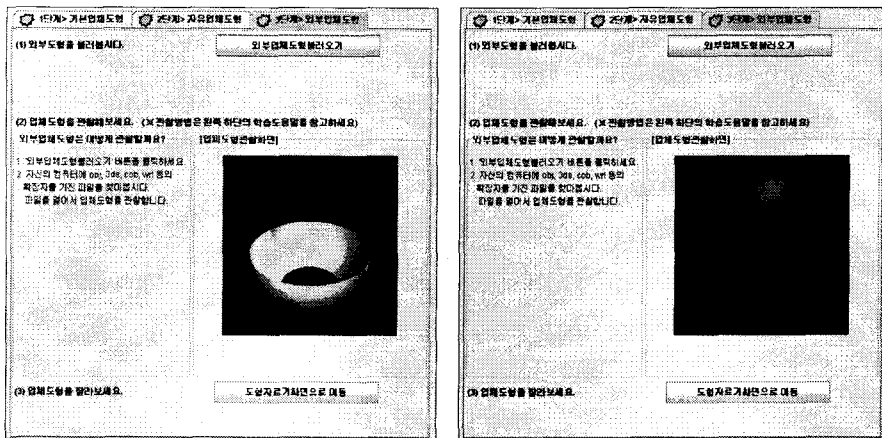
절단면 관찰기능을 통해서 입체도형에 대한 이해와 상상력을 풍부히 키울 수 있으며 학습자는 입체도형이 절단면을 추측하고 그 결과를 시각적으로 확인할 수 있으므로 공간추론능력을 향상시킬 수 있다.

#### (4) 외부 입체도형 로드 및 관찰

본 연구에서 개발한 입체도형 학습프로그램에서는 기본 입체도형 외에 기존의 3D 도형 제작 프로그램에서 생성한 3D 데이터 파일을 읽어 들여서 입체도형을 관찰할 수 있는 기능이 제공된다. 이와 같은 기능이 가능한 이유는 다른 웹용 솔루션의 경우 자체 파일 포맷을 가지고 있어서 자체 저작도구를 이용하여 만들거나 다른 저작 도구로 만든 것을 변환하여 이용하지만, JAVA 3D의 경우에는 다양한 3D 데이터 파일에 대한 로더를 제공하여 별도의 변환 없이 그대로 이용할 수 있는 장점 때문이다.

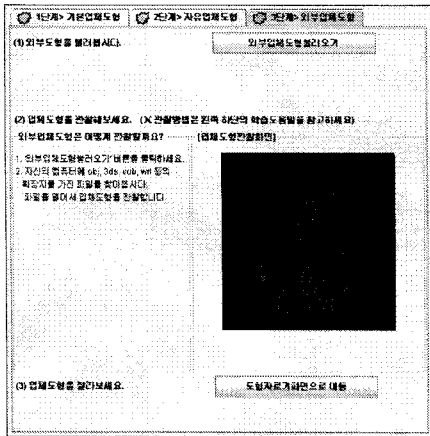
본 연구에서는 NCSA에서 제공하는 공개 로더를 사용하여 외부 입체도형을 로드하는 기능을 구현하였고, <그림 9>는 다양한 로더를 이용하여 3D Studio MAX, Caligari trueSpace, Wavefront Visualizer, Virtual Reality Modeling Language에서 모델링한 입체도형을 읽어 들인 결과를 보여주고 있다.

이와 같이 외부 데이터를 읽어 들여 만들어진 입체도형 역시 본 연구에서 제안하는 학습프로그램에서 제공하는 절단, 회전, 이동 등의 다양한 기능을 이용하여 관찰과 조사가 가능하다. 외부 입체도형 로드 기능을 통해, 인터넷을 통해 구할 수 있는 매우 다양한 입체도형을 이용한 학습이 가능하기 때문에 제한된 입체도형에 대해서만 학습이 가능한 다른 연구에 비해 학습자의 입체도형에 대한 학습동기와 흥미를 유발할 수 있도록 하였다.

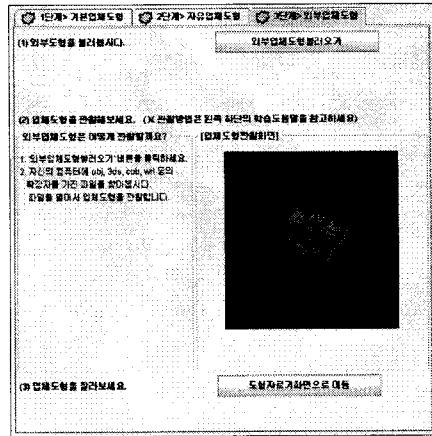


(a) \*.3ds

(b) \*.wrl



(c)\*.obj

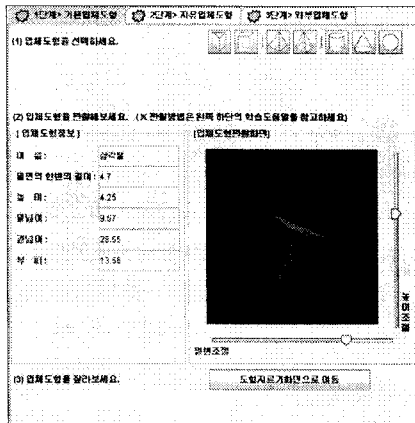


(d)\*.cob

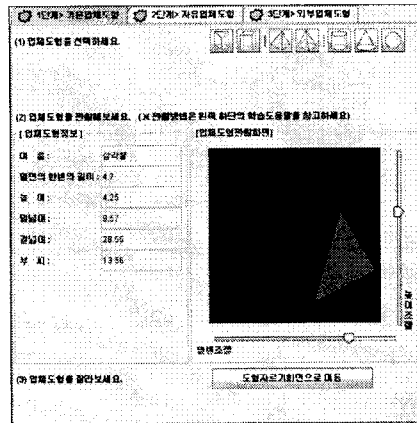
<그림 9> 다양한 외부 입체도형 로드 및 관찰

### (5) 입체도형의 변환(회전, 이동, 확대, 축소)

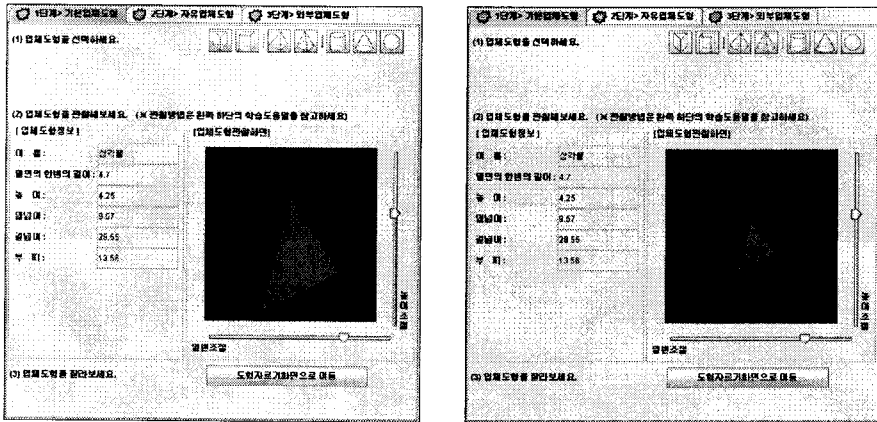
본 연구는 입체도형을 <그림 11>에서와 같이 회전(rotation), 이동(translation), 확대/축소(Zoom In/Out)할 수 있는 기능이 제공된다.



(a) 삼각뿔의 회전



(b) 삼각뿔의 이동



(c) 삼각뿔의 확대

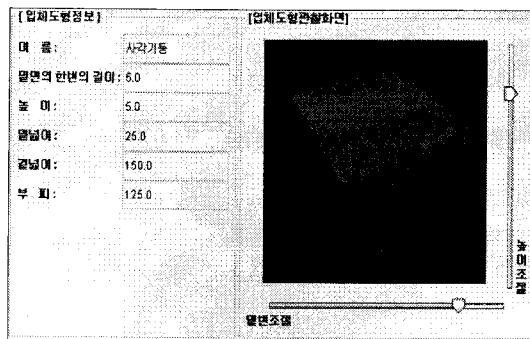
(d) 삼각뿔의 축소

<그림 11> 입체도형 변환

이러한 능동적인 변환 과정을 통하여 학습자는 다양한 위치와 방향에서 입체도형을 관찰할 수 있어 시각적, 행동 조작적 이해도를 높일 수 있고 학습자의 주도적인 학습을 가능하게 하여 공간지각개념을 효과적으로 형성할 수 있다.

### (6) 입체도형 속성 값 제공

학습자는 입체도형 관찰화면에서 슬라이드 바를 이용하여 입체도형의 크기를 편리하게 변화시킬 수 있는데, 여기서 단순히 입체도형의 크기 변화에만 중점을 두지 않고, 기본입체도형 학습부분에서는 입체도형의 겹넓이, 밑넓이, 부피 등의 기본 속성값을 표시하여 입체도형 측정영역의 이해도를 높이고자 했다. 해당 기능을 이용하여 학습자는 입체도형의 크기를 변화시켜 속성값을 확인 할 수 있고 그 과정을 <그림 12>에 나타내었다.



<그림 12> 입체도형의 속성값 보기

## 5. 입체도형 학습프로그램의 분석 및 평가

### (1) 입체도형 학습프로그램의 기능비교 분석

본 연구에서 개발한 입체도형 학습프로그램과 관련연구를 3D표현, 입체도형 절단 및 관찰, 자유입체도형 생성, 3D로더 기능, 입체도형 변환기능, 속성 값 제공, 웹기반의 7가지 기능적 측면에서 비교하였고 그 결과는 <표 1>과 같다.

<표 1> 입체도형 학습 프로그램들의 기능 비교

항목 \ 연구	[3]	[5]	[14]	본 연구
3D 표현	○	○	○	○
도형절단과 관찰	-	-	△	○
자유입체도형 생성	-	-	-	○
3D파일 로더기능	-	-	-	○
입체도형 변환기능	○	△	△	○
속성값 제공여부	-	○	-	○
웹기반 여부	○	○	○	○

본 연구는 관련연구와의 기능비교결과를 통하여 관련연구 분석에서 발견된 문제점을 보완하여 입체도형의 학습효과를 향상시킬 수 있는 다양한 기능을 제공하고 있음을 다음과 같이 확인할 수 있다.

첫째, 웹에서 효과적인 3차원 도형 표현이 가능하다. 본 연구는 사용자 상호작용이 뛰어나고 웹상에서 수행되는 3차원 애니메이션 제작이 가능한 JAVA 3D를 활용하여 입체도형을 더욱 현실감 있게 표현하였다.

둘째, 입체도형을 학습자가 임의의 평면으로 절단할 수 있으며 절단면 관찰이 용이하고 자유로운 입체도형 조사가 가능하다. 대부분의 관련연구는 회전체를 정해진 수직이나 수평의 방향으로 잘라보고 단면을 관찰하는 기능을 제공하여 학습자의 능동적인 학습에 제약이 있었다. 이런 점을 보완하여 본 연구는 기본입체도형, 사용자가 직접 생성한 자유입체도형, 외부 3D 도구에서 생성된 입체도형 모두를 대상으로 사용자가 직접 절단면을 임의로 지정하고 절단하여 절단면을 관찰하게 하여 입체도형의 절단면을 추측하고 그 결과를 시각적으로 확인할 수 있게 하였다.

셋째, 다양한 입체도형을 관찰할 수 있다. 기존의 3차원도형 학습프로그램은 교과서 기반의 각기둥, 각뿔, 회전체등을 제공하여 학습자의 다양한 욕구를 충족시키지 못했다. 따라서 본 연구에서는 학습자가 자유롭게 입체도형을 생성할 수 있는 기능을 제공하고, 더욱 풍부한 학습 자료를 제공하기 위하여 실생활에서 직간접적으로 경험할

수 있는 다양한 입체도형을 사용자 컴퓨터로부터 로드하여 학습할 수 있는 기능을 제공한다.

## (2) 입체도형 학습프로그램 평가

본 연구에서 개발한 입체도형 학습프로그램의 평가를 위해 부산광역시 소재 S초등학교 5학년 1개 학급을 대상으로 30분간 본 연구에서 개발된 프로그램에 접속하여 학습하도록 한 후, 평가 설문지를 작성하도록 하였다.

평가 설문지는 <표 2>와 같이 학습내용영역, 학습효과영역, 학습평가영역, 소프트웨어영역을 중심으로 구성되어 있으며, 평가요소별 설문문항은 초등학생이 쉽게 이해할 수 있도록 작성되었다. 평가 점수는 '매우 그렇다'에 5점, '그렇다'에 4점, '보통이다'에 3점, '그렇지 않다'에 2점, '전혀 그렇지 않다'에 1점을 배정하였고 가능 평균은 5.00이다. 설문을 통해서 수집된 자료는 각 영역별로 평균(M)과 표준편차(SD)를 구하여 그 결과를 분석하였다.

<표 2> 평가 설문지의 구성

영역	평가요소	점수
학습내용	이해도, 수준, 유용성	3
학습효과	흥미, 주의집중, 장기기억	3
학습평가	만족감, 자기 주도적 학습 반영, 지속적 학습 반영	3
소프트웨어	화면구성, 사용설명, 마우스조작	3
전체		12

본 연구의 각 영역별 설문조사 결과는 <표 3>와 같다. 각 영역별 평균점수가 4.39점~4.61점 사이로 분포하고 있고 전체 평균(M)이 4.47점으로, 본 연구에서 개발한 프로그램이 입체도형 학습에 유용한 것으로 평가되었다.

<표 3> 입체도형 학습프로그램에 대한 영역별의 평가 결과

가능평균: 5.00

영역 구분	평균(M)	표준편차(SD)
학습내용	4.49	.73
학습효과	4.39	.80
학습평가	4.61	.80
소프트웨어	4.40	.81
전체	4.47	.79

본 연구에서 개발한 웹기반 입체도형 학습프로그램에 대한 평가 결과를 간단히 분석해 보면 다음과 같다.

첫째, 학습내용영역에서는 학습내용의 이해도, 학습자 수준의 적합성, 학습내용의 유용성을 평가하고 4.49점으로 평균점 이상의 좋은 평가를 받았다. 이는 학습자가 가상공간에서 직접 입체도형을 생성, 조작, 관찰 하는 과정을 통하여 입체도형의 학습에 도움이 된 것으로 분석되어 본 연구의 입체도형 학습 내용은 입체도형 학습에 적합한 것으로 판단하였다.

둘째, 학습효과영역에서는 흥미도, 주의집중도, 장기기억을 평가하고 평균 4.39점을 얻어 다른 영역에 비해 다소 낮은 점수를 받았다. 이는 장기기억부분의 다소 낮은 평가 때문이며 설문 대상 학습자들이 장기간 본 연구를 학습한 후 평가한 것이 아니라 30분간 본 연구로 입체도형을 학습한 후 설문을 실시한 것이므로 장기기억부분에 좋은 평가를 내리기는 다소 무리가 있었다고 판단되었다. 그러나 흥미도에서는 4.56점의 높은 점수를 받아서 본 연구가 입체도형 학습의 흥미유발에는 효과적인 것으로 판단하였다.

셋째, 학습평가영역에서는 학습 후의 만족감, 지속적 학습의 반영, 자기 주도적 학습의 반영을 평가하고 평균 4.61점으로 다른 영역에 비해서 높은 점수를 받았다. 이는 다양한 관점에서 입체도형을 관찰 및 조작할 수 있는 기능뿐만 아니라 학습자의 흥미를 유발할 만한 자유입체도형 생성 및 관찰 기능, 외부 입체도형 관찰기능, 입체도형 절단면 생성 및 관찰 등이 포함되어있어 학습자는 학습 후의 높은 만족감을 가지고 지속적으로 본 연구로 학습하고 싶은 욕구를 가졌기 때문인 것으로 판단된다.

넷째, 소프트웨어영역에서는 화면구성, 사용설명, 마우스조작을 평가하고 평균 4.40점을 받아 대체적으로 우수한 것으로 평가되어 기능상으로는 학습자가 학습하는데 큰 어려움 없으리라 판단되었다 .

앞에서 살펴본 기능비교분석과 실제 설문평가를 통해, 본 연구에서 개발한 입체도형 학습프로그램을 초등학교 5, 6학년 도형학습 부분에 적용하면 효과적인 입체도형 학습을 진행할 수 있을 것으로 기대되며, 학습자는 인터넷을 통해 언제 어디서나 학습프로그램에 접속하여 프로그램을 이용할 수 있다. 학습자는 입체도형을 마우스를 이용하여 다양한 조작을 시도해 보는 것에서 새로운 흥미를 느낄 수 있고, 정적인 시각화보다 역동적이고 상호작용적인 기능들을 사용함으로써 공간과 입체도형 학습에 대한 흥미를 증진시킬 수 있다. 그리고 학습자가 기존의 강의식 수업에서 벗어나 학습자 스스로 조작하고 탐구하고 관찰하는 과정을 수행함으로써 능동적인 학습을 가능하게 하여 성취의욕을 높여 긍정적인 학습 효과가 있을 것이다. 또한 다양한 입체도형을 다루게 되므로 창의력과 응용력을 신장시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 6. 결론

본 연구에서는 입체도형 학습을 웹 상에서 효과적으로 수행할 수 있는 웹기반 입체도형 학습프로그램을 설계하고 개발하였다. 이때 웹상에서 가상공간을 효과적으로 표현하고 3차원 애니메이션 제작에 유리한 JAVA 3D를 활용하였다. 본 연구에서 개발한 교육프로그램은 입체도형 학습에 필요한 다양한 기능을 분석하고 개발하였으며, 초등학교 학생에게 적합한 직관적인 사용자 인터페이스를 제공함으로써 기존의 연구와 차별화된 웹기반 학습프로그램이라 할 수 있다. .

본 연구의 평가를 위해서 관련연구와의 기능과 환경 비교 평가를 통하여 제안한 입체도형 학습프로그램의 성능을 평가 하였으며, 또한 실제 초등학교 수업시간에 학생들을 대상으로 적용한 후, 설문을 통한 학생들의 평가를 통해서 본 연구에서 개발한 웹기반 학습프로그램의 질적 우수성을 검증받았다.

본 연구에서 개발한 학습프로그램을 수업에 활용할 경우, 학습자는 입체도형을 효과적으로 이해하고 학습할 수 있으며 공간개념을 학습하는데 도움을 받을 수 있다. 또한 학습자를 학습과정에서 적극적으로 개입시키는 다양한 기능을 제공하고 있기 때문에, 학습자의 능동적인 참여를 유도하여 자기 주도적 학습을 가능하게 할 뿐만 아니라, 창의력 향상에 큰 도움을 줄 수 있다. 또한 간단하면서도 일관성있고 직관적인 사용자인터페이스를 제공함으로써, 컴퓨터에 익숙하지 않는 학습자들도 손쉽게 사용할 수 있는 학습환경을 제공하고 있다.

향후에는 학습자들의 요구분석작업을 통해 입체도형 학습에 필요한 다양한 기능을 수정 및 보완함으로써 더욱 더 입체도형 학습을 효과적으로 수행할 수 있도록 본 연구를 지속적으로 개선하고자 한다.

또한 입체도형뿐만 아니라 평면도형에 대한 학습 기능을 추가하고, 학습자가 보다 흥미를 느끼며 학습할 수 있도록 학습에 도움이 되는 도형게임 등을 개발하여 웹상에서 통합적으로 평면과 입체도형 학습을 수행할 수 있는 프로그램으로 발전시켜 나갈 것이다.

## 참고 문헌

1. 강옥경, 웹 환경에서 상호작용기법을 활용한 공간도형 교육에 관한 연구, 연세대학교 교육대학원 석사학위논문, 2000.
2. 고병오, 강 석, 웹을 이용한 자기 주도적 CAI 개발: 수학과 도형영역중심, 한국정보교육학회논문집 (2001) Vol. 4, No. 1, 341-350.
3. 김정화, VRML을 이용한 웹 기반 입체도형학습 코스웨어의 설계 및 구현, 성신여



- 대 교육대학원 석사학위논문, 2004.
4. 남승인, 컴퓨터 Simulation을 이용한 기본 도형의 성질 지도, 한국수학교육학회지 시리즈E:수학교육논문집, (1997) 제2권, 107-118
  5. 노희숙, 웹 기반 멀티미디어 학습자료 개발 및 적용: 초등학교 수학과 도형 단원, 영남대 교육대학원 석사학위논문, 2003
  6. 박동규, 자바 3D 프로그래밍, 대림출판사, 2001.
  7. 박성민, 중등기하 교육에서 시각적 경험에 관한 연구, 단국대 대학원 석사학위논문, 2005.
  8. 신동선, 류희찬, 수학교육과 컴퓨터, 경문사, 2002
  9. 신양재, 심광보, 이재훈, GSP를 활용한 열린 기하 수업에 관한 연구, 한국수학교육학회지시리즈E:수학교육논문집, (1999) 제8권, 303-315
  10. 이상숙, 웹 기반의 입체도형 학습 자료 개발 :중학교 1학년 수학의 회전체를 중심으로, 공주대학교 교육정보대학원 석사학위논문, 2002.
  11. 이상철, LAN을 이용한 산수과 도형 영역의 지도 방법 연구, 한국수학교육학회지 시리즈A:수학교육 (1993) 제32권4호, 317-334
  12. 임중선, 중학교 수학교과 입체도형 학습을 위한 멀티미디어 CAI 설계 및 구현, 여수대 교육대학원 석사학위논문, 2003.
  13. 장도훈, WBI 환경에서의 수학교과 도형지도에 관한 연구, 한서대 교육대학원 석사학위논문, 2002.
  14. 진해연, 3D 이미지와 애니메이션을 이용한 입체도형 학습 코스웨어 구현, 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문, 2004
  15. 최영완, 소프트웨어의 마지막 단계 사용자 인터페이스 설계, 프로그램세계, 1999.
  16. 한용희, Java 3D 컬럼 연재, 마이크로소프트웨어, 2001.
  17. B. Shneiderman, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (3rd ed.), Addison Wesley, 1998.
  18. Daniel Selman, *Java 3D Programming*, MANNING, 2002.

## Development of Web based 3D Figure Learning Program Using JAVA 3D

Dept. of Internet Business, Kosin University, **Jong Min Kim**  
Graduate School of Education, Kosin University, **Young Jin Ju**

In this study, we designed and developed Web-based 3D figure learning program which can create and control the 3D figures effectively in cyberspace. To develop this learning program, we used the JAVA 3D because JAVA 3D can express 3D figures effectively in cyberspace and is platform independent. This program is very helpful for learners to understand the concept of 3D space and the formulation of space concept effectively. Also it motivates learners to understand 3D figures study and enables Self-Directed-Learning.

*Key words*: JAVA 3D, Self Directed Learning, 3D figure learning program

2000 Mathematics Subject Classification : 97U50

ZDM Classification : U52

논문 접수 : 2008 년 1월

심사 완료 : 2008년 2월