

웹 기반 가상현실 프로그램이 초등학생의 공간시각화 능력 향상에 미치는 효과

곽원규^o, 김홍래
춘천교육대학교 초등컴퓨터교육과
kwkiss@empal.com

The Effect of Web-Based Virtual Reality Programs on Elementary Schoolers' Spatial Visualization Skills

Won-kyu Kwak^o, Hong-rae Kim
Chuncheon National University of Education

요 약

공간 능력 및 공간 시각화 능력의 향상은 우리가 살고 있는 세계를 표현하고 설명하는데 도움을 주고 실생활과 직업에 관련된 문제해결 능력을 기를 수 있게 한다. 초등학교에서는 비형식적인 방법으로 일상생활에서 접하는 대상과 다른 구체적 자료를 사용한 조사, 실험, 탐구를 통하여 여러 위치에서 도형을 시각화하고, 그려보고, 비교하는 활동을 강조하고 있다.

제 7차 수학과 교육과정에서 공간능력 및 공간 시각화 능력을 향상시키기 위한 학습으로 구체적 조작물과 학습지 사용을 병행하고 있다. 하지만 초등 기하는 공간적인 경험을 현실 상황이나 구체물 조작을 통하여 형성된 공간직관을 수확화하도록 하여야 하나, 실제 현장에서는 학교여건 등의 여러 실정으로 조작 자료들이 제대로 마련되어 있지 않거나 잘 사용하지 않고 있다.

3차원을 경험할 수 있는 공간 시각화 학습프로그램을 적극 활용하여 어떤 방향이든 상관없이 가상의 공간에서 물체를 옮기거나 회전시킬 수 있으며 시간적, 공간적 제약을 받지 않고 학습자들의 공간시각화 능력을 향상시킬 수 있는 학습 프로그램 개발이 필요하다.

이에 본 연구에서는 이런 요구에 의해 아동과의 상호 작용성과 접근성을 향상시킨 웹 기반 가상현실 프로그램을 개발하고 그 효과 분석을 통해 웹 기반 가상현실 학습 프로그램에 대한 가능성을 진단해 보고자 한다.

1. 서 론

현대의 수학교육은 비형식적인 지도에 의하여 획득되는 “감각”의 개발에 중점을 두고 있어서, 수 감각과 공간감각의 개발이 초등학교 수학교육의 중요한 목표로 대두되고 있으며 [1], 공간 능력 및 공간 시각화 능력의 향상은 우리가 살고 있는 세계를 표현하고 설명하는데 도움을 주고 실생활과 직업에 관련된 문제 해결 능력을 기를 수 있다.

또한 NCTM(National Council of Teachers of Mathematics, 1989)에서도 도형의 변화를 공간감각에 대한 기하교육의 중요한 측면으로 보고, 초등학교에서는 비형식적인 방법으로 일

상생활에서 접하는 대상과 다른 구체적 자료를 사용한 조사, 실험, 탐구를 통하여 여러 위치에서 도형을 시각화하고, 그려보고, 비교하는 활동을 강조하고 있다.

이러한 측면에서, 제 7차 수학과 교육과정의 도형 영역에 ‘공간감각 기르기’라는 소 영역이 새롭게 설정되었다. 1-나 단계에서 ‘점판에서 평면도형 만들기’, 2-가와 3-가 단계에서 ‘도형 옮기기, 뒤집기, 돌리기’, 3-나 단계에서 ‘거울에 비치는 상 관찰하기’, 4-나 단계에서 ‘주어진 도형으로 여러 가지 모양 만들기’, 5-가 단계에서 ‘여러 가지 모양으로 주어진 도형 덮기’, 그리고 6-가 단계에서는 ‘주어진 모양을 쌓기 나무로 만들기’를 지도내용으로 선정

하여 교과서에 그 내용을 반영하고 있다.

제 7차 수학과 교육과정에서 공간능력 및 공간 시각화 능력을 향상시키기 위한 학습은 대부분 구체적 조작물과 학습지 사용을 병행하여 이루어지는 학습활동으로 학생들이 구체물을 가지고 학습지에 제시된 모양대로 만들어 보거나 그 모양을 그림이나 언어로써 설명하고 묘사하는 활동중심으로 이루어진다. 따라서 학생들이 수업을 준비하는 시간이 너무 많고, 2차원 평면과 3차원 입체의 변환을 이해하는데 어려움이 있으며, 구체물을 조작하는데 따른 어려움도 있다. 즉, 초등 기하는 공간적인 경험을 현실 상황이나 구체물 조작을 통하여 형성된 공간직관을 수학화하도록 하여야 하나, 실질적으로 현장에서는 학교여건 등의 여러 실정으로 조작 자료들이 제대로 마련되어 있지 않은 실정이다.

이러한 문제점을 극복하고 공간 시각화 능력을 향상시키기 위하여 국내에서는 공간 시각화 학습이 수학적 문제해결력에 미치는 효과[2], 공간 시각화를 위한 수학 학습자료 개발 연구[3], 초등학생의 공간 지각 발달에 관한 연구[4], 수학적 활동을 통한 공간감각 능력의 신장 방안[5], 초등학교 수학에서 공간감각 지도에 관한 연구[1] 등의 연구가 있었다.

이처럼 현장에서는 공간 시각화 능력을 향상시키기 위한 교구의 개발과 활용방안에 관한 연구들이 꾸준히 이루어지고 있다. 그러나 공간 시각화 능력을 향상시키기 위한 교수·학습 방안에 관한 연구와 함께 그것이 실제로 현장에 적용되었을 때 효과가 어느 정도인지에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

최근 들어 컴퓨터 성능의 발달과 인터넷의 확산으로 교수·학습에 컴퓨터와 인터넷이 적극 활용되고 있다. 3차원을 경험할 수 있는 공간 시각화 학습프로그램을 적극 활용하면 어떤 방향이든 상관없이 가상의 공간을 앞, 뒤, 위, 아래 그리고 옆 또는 바로 그 지점에서 회전할 수 있는 장점이 있으므로 공간 시각화 능력에 도움이 될 수 있다[6]는 연구들이 나오고 있다.

이에 본 연구에서는 아동과의 상호작용성을 높이고 접근성을 향상시킨 웹 기반 가상현실 프로그램을 개발하여 적용한 학습 방법과 구체물을 활용한 학습 방법을 비교함으로써 초등학교 학생들의 공간 시각화 능력 향상에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 살펴보고, 공간 시각화 학습 방법에 따라 성별로 어떠한 차이가 있는지에 대해서도 살펴보고자 한다.

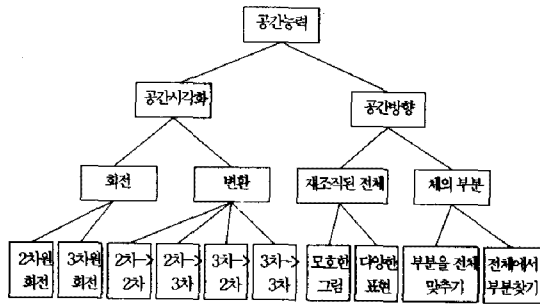
2. 이론적 배경

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 공간 능력 및 공간 시각화에 대한 개념과 여러 학자들의 연구에서 나타난 공간시각화와 공간 방향에 대한 정의를 살펴보고, 선행연구의 고찰을 통해 성별에서 나타나는 공간시각화 능력의 차이, 수학과 교육과정에 나타난 공간시각화와 관련된 내용분석과 수학학습과의 관계를 찾아보았다.

2.1. 학교교육에서의 공간시각화 능력

McGee[7]는 공간능력에 관한 문헌들을 정리하고 분석하는 과정에서 인간의 공간능력에 관한 심리측정학적 연구를 요약 정리했으며, 공간화 검사 점수에서 개인차를 나타내는 원인으로 환경적, 유전적, 호르몬적, 신경학적 영향을 소개하고 이와 관련된 연구보고서를 소개한 바 있다. 그는 공간능력을 구성하는 요인을 공간시각화(spatial visualization), 공간방향으로 보고, 공간시각화에 회전(rotation)과 변환(transformation), 공간방향에 재조직된 전체(reorganized whole), 체의 부분(part of field)이라는 하위요인을 설정하였다. <표 1>는 McGee가 정의한 공간능력 구성요소와 그 하위 요소를 도식화 해 둔 것이다

<표 1> McGee의 공간요인 분석 틀[6]



NCTM(2000)은 모든 학년에 기하와 공간 감각에서 수학의 문제 해결을 위하여 시각화와 공간적 추론, 기하적 모델링을 집중 영역으로 강조하고 있으며, 다음과 같은 능력을 취학 전부터 K-12까지 할 수 있어야 된다고 명시하고 있다.

- 기하와 관련된 수학적 논의들을 발전시키고 2, 3차원의 기하적 형태의 성질과 특성을 분석하기
- 좌표 기하와 다른 표현적 시스템을 사용하는 공간 관계를 묘사하고 위치를 명기하기
- 수학적 상황을 분석하기 위해서 대칭을 사용하고 변환을 적용하기
- 수학의 문제 해결을 위하여 공간적 추론, 기하적 모델링, 시각화 사용하기

제 7차 교육과정에서 수학과목의 내용 영역은 수와 연산, 도형, 측정, 확률과 통계, 문자와 식, 규칙성과 함수 영역으로 구분하고 있다. 이 중 도형 영역에서는 생활 주변의 모양에 관심을 가지게 하고, 관찰을 바탕으로 입체도형, 평면도형을 기르도록 하며 공간 감각 기르기의 소 영역을 신설하여 공간 감각 능력을 신장하도록 하였다.

공간시각화는 2, 3차원의 물체를 정신적으로 표현하고 조직하며 동일한 물체를 다른 각도에서 인식하는 것을 포함한다. 공간시각화의 한 측면은 2, 3차원의 모양과 그들의 표상 사이를 움직이는 것이다. 초등학생들은 특정 전개도가 측정 물체에 맞는지를 추측하기 위한 학습의 한 단계로 블록을 종이 전개도로 입힐

수 있다. 학년이 더해 가면서 학생들은 그들이 합동, 닮음, 변환을 이해하게 되는 것과 같이 체계적으로 물체의 위치, 방향, 그리고 물체의 크기를 신체적, 정신적으로 학습해야 할 필요가 있다.

현재 학교 교육에서는 구체물을 가지고 직접 만들어 보거나 회전시키는 정도만 국한되어 학습이 진행되고 있다. 기술 공학이 발달하고 있는 현 시점에서 학생들에게는 보다 다양한 경험을 제공해 주어야 한다.

이상의 경험에 비추어 볼 때 컴퓨터 그래픽과 기타 기술 공학적 환경이 결합된 학습 프로그램을 학생들에게 제공함으로써 학생들의 공간시각화 능력과 문제해결력을 향상시키게 된다. 이러한 것은 가상현실을 통해 실현 될 수 있다.

2.2. 가상현실과 공간시각화 능력

가상현실(Virtual Reality)이란 컴퓨터가 만들어낸 가상의 세계를 사용자에게 다양한 감각기관을 통해 제공함으로써 사용자로 하여금 생성된 가상 세계에 몰입하도록 하는 것과 동시에, 가상세계 내에서 현실세계에서와 같은 자연스러운 상호작용이 가능하도록 하는 제반 기술과 이러한 기술에 필요한 이론적 바탕을 지칭한다[8].

교육 및 훈련에의 적용을 위한 가상현실의 역할과 효과성을 결정하는 것으로 사실성(verity), 통합성(integration), 그리고 자연적 인터페이스 대 인공적 인터페이스(natural versus & versus artificial interface)의 세 요소라 할 수 있다.

가상현실의 고유한 특성인 상호작용은 인간의 인지능력을 확장시키고 강조하는데 그 목적을 둔다. 그러므로, 이것은 공간 시각화 능력의 개발을 가능하게 하고 강화시키는데 있어서 최고의 매체이다. 회전과 변환은 관찰자와 물체들에서의 이러한 행동들을 형성하기 위한 컨트롤처럼 이 공간 시각화 능력의 측면에 포함된다.

이러한 공간 시각화 능력 향상을 위한 가상 현실은 학자에 따라 다양한 기준으로 분류하고 있다. 가상현실의 다양한 유형들이 교육의 영역에서는 어떻게 활용되고 있는지에 대해 Johnson 등(1998)은 문자 네트워크 가상현실, 데스크탑 가상현실, 몰입형 가상현실의 3가지로 나누어 <표 2>와 같이 설명하고 있다.

<표 2> 교육적 영역에서 활용되는 가상현실의 유형

구분	문자 네트워크 VR	데스크탑 VR	몰입형 VR
미디어	문자	3D그래픽, 사운드, 비디오	3D 그래픽, 사운드, 비디오
플랫폼	PC +네트워크	PC +네트워크	고성능컴퓨터 HMD, 헤드폰, 데이터글로브, 3D 마우스 등
플랫폼 비용	저가	저가-중가	고가
내용 개발비	저가	중가	고가
몰입 효과	낮음	보통	높음
참여 사용자	다수 사용자	다수 사용자	단독 사용자

이러한 가상현실의 다양한 유형에서 발견되는 공통점은 사용자에게 가상적 현존감(virtual presence)을 준다는 것이다. 가상적 현존감이란, 사용자는 비록 가상의 공간에서 통합된 경험(synthetic experience)을 하는 것이지만 이는 실제 현장에서의 경험과 동일하다는 것이다. <표 2>에 제시된 것과 같이 현존감을 높일 수 있는 것은 몰입효과를 크게 하는 것이다. 몰입효과가 좋은 몰입형 VR은 교육적인 활용면에서 매우 고가의 개발비와 개인별 프로그램제작으로 인해 부대 비용이 크다는 단점이 있다. 또한 문자 네트워크 VR의 경우 제작 비용이 적게 들고 다수의 사용자가 동시에 경험을 할 수 있다는 장점이 있

으나 현존감을 나타내는 몰입효과 면에서 크게 떨어지는 단점을 갖고 있다.

따라서, 제작에 따른 부대 비용이나 몰입효과, 참여사용자 수를 모두 만족시킬 수 있는 가상현실 유형이 데스크탑 VR이다. 이것은 상호작용 능력이 뛰어나며 몰입효과도 있고, 인터넷을 활용할 경우 여러 사용자가 동시에 접속하여 같은 상황을 다른 사용자와 함께 할 수 있다는 장점을 지니고 있어 사용자의 공간 시각화 능력을 향상시킬 수 있는 좋은 도구가 된다. VRML은 가상현실을 구현하는데 가장 좋은 도구로 알려져 있다.

2.3. 공간 시각화능력 향상을 위한 VRML

VRML이란 “Virtual Reality Modeling Language”의 약어이다. 가상현실을 표현하는 언어라는 의미로 수 년 전부터 연구되어 왔던 가상현실에서 시작된 용어이다. 인터넷을 통해 3차원의 모형을 구현할 수 있는 그래픽 언어가 바로 VRML이다. 즉, VRML은 사용자의 행동에 반응하는 상호작용적인 3차원의 물체와 웹에서 구현되는 가상공간을 표현하기 위한 파일 형식을 말한다[9].

가상현실 기법에 사용되는 하드웨어나 소프트웨어들은 값비싼 것들이기 때문에 교육분야에 적극적으로 활용되지 못하였다. VRML은 이를 극복할 수 있는 것으로 교육분야에 그 활용가치가 점점 커지고 있다.

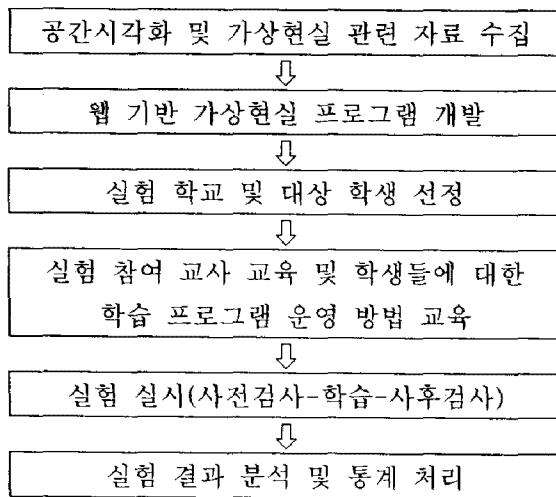
인터넷상의 가상현실은 전 세계적으로 디지털화된 정보의 홍수를 수용할 수 있는 통합된 환경을 제공한다. 이것은 가능성으로의 접근뿐만 아니라 가상현실은 어쩔 수 없는 정보 현상을 위한 다 감각 응용 전달 수단을 마련해 준다. 가상 세계는 학생들에게 그들이 쉽게 접근할 수 없는 개념에 대한 탐구를 가능하게 하여 공간상의 관계를 탐구하고, 그림자와 빛의 효과를 알 수 있으며, 3차원을 파악할 수 있도록 가상적인 3차원적 공간을 탐색하는 사용자의 적극적인 역할과 시스템의 즉각적인 응답과 같은 내실 있는 경험을 제공하게 된다.

인터넷에서의 가상현실의 전망은 VRML로 짜여진 교육적 프로그램을 통해서 설명될 수 있으며, 공간 개념을 형성하는데 효과성을 입증 받은 가상현실은 공간시각화 능력 향상에 도 효과가 있을 것이다. 이것은 VRML로 표현될 때 그 효과성을 크게 만들 수 있다.

3. 연구 방법

본 연구는 구체물을 통한 공간 시각화 학습 프로그램과 3차원 입체로 구성된 웹 기반 가상현실을 통한 공간시각화 학습 프로그램 사이의 학습 효과 차를 비교하여 각각의 학습 프로그램이 초등학생들의 공간시각화 능력에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보고자 한다.

3.1. 연구절차



<그림 1> 연구절차

3.2. 웹기반 가상현실 프로그램 개발

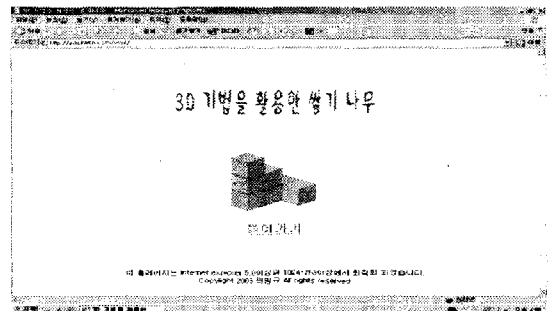
3.2.1. 웹 기반 가상현실 프로그램 개발절차

<표 3> 웹 기반 가상현실 학습프로그램 개발절차

단계	기준	내용	구체적 적용 내용
1 단계	계획	요구 분석	웹 기반 가상현실을 이용한 공간시각화 학습프로그램 개발 필요성
		개발 목적	웹 기반 공간시각화 학습을 통해 학생들의 공간시각화 능력 향상
		개발 환경	HTML, VRML, JAVA, 포토샵 등을 중점적으로 사용하여 개발함
		개발 방향	초등학교 6학년 학생들을 대상으로 웹기반 공간시각화 학습 프로그램 개발
2 단계	설계	내용 선정	공간시각화 학습 프로그램에 사용될 구체적 학습 유형 선정
		과제 분석	MGMP의 공간시각화 검사 문제 유형 분석
		학습 흐름	웹페이지 접속->웹기반 공간시각화 학습
		스토리 보드	개발전 실제 화면 설계
3 단계	개발	프로그래밍	HTML, VRML, JAVA 스크립트
		디버깅	오류발견, 수정
4 단계	시험 적용 및 평가	평가	학습 내용을 평가
		수정, 보완	문제점 수정, 보완

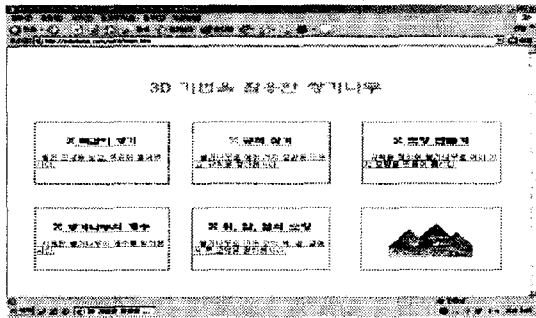
3.2.2. 웹기반 가상현실 프로그램 실제 화면

학습자들은 공간시각화 학습 프로그램을 시작하기 위해 본 연구자가 제작한 웹 사이트에 접속한다.



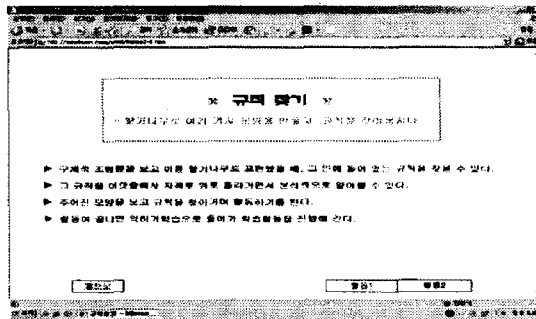
<그림 2> 공간시각화 학습 웹 사이트

영역별로 구성된 서브 메뉴에 있는 각각의 학습을 클릭 한다.



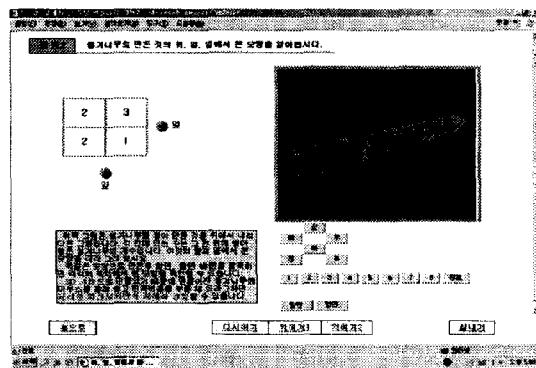
<그림 3> 공간시각화 학습 프로그램이 링크되어 있는 서브 메뉴

각 영역별로 학습자들이 학습을 통하여 얻을 수 있는 도착점 행동과 학습방법에 대해 설명해 두었다.



<그림 4> 영역별 학습 목표 및 방법

<그림 5>는 공간시각화 문제로서 왼쪽에 나타나 있는 2차원적 평면에 제시된 숫자에 맞게 3차원 모양으로 만드는 과정이다. 오른쪽 아래의 실행버튼을 이용하여 가상 모형을 이동, 회전시킬 수 있어 학습자의 이해를 도와준다.



<그림 5> 공간시각화 학습 평가 장면

3.3. 실험설계

두 집단 중 가상현실 프로그램으로 학습한 집단을 실험집단으로, 구체물을 활용하여 학습한 집단을 통제집단으로 설정하였다. 두 집단에게 먼저 사전 공간시각화 검사를 실시하고 2주 동안 공간시각화 학습을 받도록 한 후 공간시각화 능력의 향상 정도를 분석, 비교하기 위해 두 집단에게 다시 사전 검사와 동일한 사후 공간시각화 검사를 실시하였다.

<표 4> 실험 설계

O1	X1	O1
O1	X2	O1

O1 : 사전, 사후검사

X1 : 쌍기나무와 같은 구체물을 이용한 학습

X2 : 웹 기반 가상현실 프로그램을 이용한 학습

3.4. 연구대상

실험대상 학생들은 강원도 원주시에 위치한 A초등학교 6학년 학생으로 1개반은 실험집단으로 1개반은 통제집단으로 설정하였다. 실험집단은 남학생 13명, 여학생 12명, 총 25명이며, 통제집단은 남학생 12명, 여학생 11명, 총 23명으로 선정하였다. 실험집단에 참여하는 학생들은 인터넷과 컴퓨터를 비교적 자유롭게 사용할 수 있는 학생들로 구성하였다.

3.5. 검사도구

실험에 사용된 공간시각화 검사지는 미시간주립대학교의 MGMP에 의해 개발된 공간시각화 검사지(SVT:Spatial Visualization Test)를 사전 검사에 사용하였다. 사후 검사지는 사전 검사지와 동일한 검사지를 사용하였다.

MGMP-SVT는 총 32개 문항으로 이루어져 있으며 모든 문항을 10가지 유형으로 분류해 놓았는데, 이 문제 유형들은 본 연구과정에서 제작된 공간 시각화 학습 프로그램의 학습 내

용으로도 참고하여 사용되었다.

<표 5> 문제 유형에 따른 MGMP-SVT 문항 분류

문제 유형	문항번호	문항 수	문제 유형	문항번호	문항 수
1	1,2,4	3	6	14,17	2
2	3,6,7	3	7	18,19,23,26	4
3	5,8,9	3	8	20,25,27	3
4	10,12	2	9	22,28	2
5	11,13,15,16	4	10	21,24,29,30,31,32	6

3.6. 자료처리

웹 기반 가상현실을 이용한 공간시각화 학습을 한 실험 집단과 일반적인 교육과정에 의해 쌓기나무를 활용하여 학습한 통제 집단에 대한 실험 결과를 SPSS 10.0을 이용하여 자료를 처리하였다.

두 집단에 대한 공간시각화 사전 검사 결과를 독립표본에 대한 t-검정으로 두 집단의 동질성을 가정하였으며, 2주간의 학습을 마친 후, 실험 집단과 통제집단에게 사전 검사지와 동일한 검사지로 사후 검사를 실시하여 각 집단의 변화 정도 및 두 집단간의 성적 비교를 독립 표본 t-검정으로 실시하였다.

또한 두 집단에게 실시한 공간시각화 검사의 사전, 사후 공간시각화 검사지의 문제 유형별 분석을 통하여 공간시각화 능력의 하위 요인에 대해 알아보았으며, 실험집단 및 통제집단의 사전, 사후검사의 차이를 비교하기 위해 종속표본 t-검증을 실시하였다.

4. 연구 결과 및 논의

4.1. 공간시각화 학습 효과 분석 및 비교

<표 6> 실험 집단과 통제 집단의 동질성 검증

집단 비교	사례수	평균	표준 편차	t	p
실험 집단	25	18.16	4.74	.700	.487
통제 집단	23	17.09	5.84		

<표 7> 실험 집단의 사전, 사후 검사 차이 검증

구분	사례수	평균	표준 편차	t	p
사전 검사	25	18.16	4.74	-5.363	.000
사후 검사	25	22.36	4.08		

<표 8> 통제 집단의 사전, 사후 검사 차이 검증

구분	사례수	평균	표준 편차	t	p
사전 검사	23	17.08	5.84	-2.767	.011
사후 검사	23	19.52	4.37		

<표 9> 실험 집단과 통제 집단의 차이 검증

구분	사례수	평균	표준 편차	t	p
실험 집단	25	22.36	4.08	2.35	.025
통제 집단	23	19.52	4.37		

실험 집단과 통제 집단 모두에게 실시한 사전검사 점수와 사후검사 점수 비교를 위한 두 종속 표본 t-검증에 의하면 두 집단 모두 공간시각화 능력이 의미있는 수준으로 향상되었

다는 것을 알 수 있었다. 이것은 공간시각화 능력이 학습에 의해서 향상될 수 있다는 것을 말해 준다.

웹 기반 가상현실을 활용하여 학습한 실험 집단과 구체물을 활용하여 학습한 통제집단의 학습 방법의 효과성을 비교해 보기 위해 사후 검사 점수의 평균값에 대해 독립 표본 t-검증을 실시하였다. 검증 결과 실험 집단의 사전, 사후 표준편차는 각각 4.74, 4.08인데 반해 통제 집단의 사전, 사후 표준편차는 5.84, 4.37로 실험결과 t 통계값 2.35, 유의확률 .025로 유의 수준 .05에서 두 집단의 사후 점수는 유의미한 차이가 있다는 결론을 내릴 수 있었다.

4.2. 문제 유형 분석

실험집단의 사전, 사후검사 결과를 10가지 문제 유형별로 구분하여 독립표본 t-검증에 의해 <표 10>과 같이 비교하였다.

<표 10> 실험집단의 문제유형별 사전, 사후검사 차이 검증

문제 유형	검사 비교	평균	표준 편차	t	p
1 (3문항)	사전	2.04	1.05	-1.98	.053
	사후	2.52	.58		
2 (3문항)	사전	1.44	1.12	-3.40	.001
	사후	2.36	.75		
3 (3문항)	사전	2.52	.87	-.93	.353
	사후	2.72	.61		
4 (2문항)	사전	1.84	.37	-1.41	.164
	사후	1.96	.20		
5 (4문항)	사전	1.00	1.04	-1.07	.289
	사후	1.36	1.31		
6 (2문항)	사전	.88	.78	-2.28	.027
	사후	1.36	.70		
7 (4문항)	사전	2.72	.89	-3.50	.001
	사후	3.52	.71		
8 (3문항)	사전	1.28	.97	-1.28	.204
	사후	1.64	.99		
9 (2문항)	사전	1.28	.79	-1.56	.124
	사후	1.60	.64		
10 (6문항)	사전	3.16	1.28	-.459	.648
	사후	3.32	1.18		

실험집단의 문제유형별 사전, 사후 검사를 비교해 볼 때, 총 10개 문제유형 중에서 유형 2, 유형6, 유형7을 포함하는 3개 문제 유형이 유의수준 .05에서 유의미한 차이를 보였다. 이 3개의 문제 유형들은 사후정답률이 사전 정답률 보다 훨씬 높아졌다는 것으로 가상현실을 이용한 공간시각화 학습 프로그램이 이들 3개 문제 유형의 공간시각화 하위요소에 대해 효과적이라는 결론을 내릴 수 있다.

문제유형 2는 2차원적으로 제시된 3차원적 입체물에 대한 정보를 이용하여 정신적으로 그 입체물을 만들어내고 다시 그 입체물을 회전하여 물체에서 요구하는 측면을 찾는 문제이다. 문제유형 2는 공간시각화 하위 요인인 3차원적 회전과 2차원에서 3차원에서의 변환을 포함하는 유형이며 이 유형에 대한 실험집단과 통제집단은 긍정적인 효과를 비쳤다고 볼 수 있다.

문제유형 6은 3차원적 입체물에 대해 분리하여 3차원적 입체물을 다시 만들고 그 일부분에 정보를 찾는 문제이다. 문제유형 6은 공간시각화 하위 요인인 체의 부분중 전체에서 부분 찾기에 해당되는 유형이며 이 유형에 대한 실험집단은 긍정적인 효과를 비쳤다고 볼 수 있다.

문제유형 7은 3차원적 입체물에서 체의 일부를 제거하고 다시 3차원적 입체물을 완성하여 찾는 문제이다. 문제유형 7은 공간시각화 하위 요인인 부분을 전체에 맞추기와 3차원에서 3차원에서의 변환을 포함하는 유형이며, 이 유형에 대한 실험집단은 긍정적인 효과를 비쳤다고 볼 수 있다.

5. 결론 및 제언

실험에 따른 실험집단과 통제집단의 사전 검사 및 사후 검사 점수를 총점 및 문제 유형별로 비교 분석하였으며 분석결과 본 연구에서 제시한 연구문제에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 실험 집단과 통제 집단 모두 사전 검

사와 사후검사에 대한 두 종속표본 t-검증 결과 실험집단의 t값이 -5.363으로 유의수준 .05에서 유의미한 차이를 보였으며, 통제집단도 t값이 -2.767으로 유의수준 .05에서 유의미한 차이를 나타냈다. 즉, 가상현실을 이용한 공간 시각화 학습프로그램으로 학습한 실험집단이나 구체물을 이용하여 학습한 통제집단 모두 공간시각화 학습 후 공간시각화 능력이 향상되었음을 말해준다. 이것은 공간시각화 능력이 학습에 의해 향상될 수 있음을 시사하고 있다.

둘째, 웹 기반 가상현실을 활용한 공간시각화 학습프로그램으로 학습한 실험집단과 구체물을 활용하여 학습한 통제집단의 학습 방법의 효과성을 비교해 보기 위해 사후검사 점수의 평균값에 대해 독립표본 t-검증을 실시한 결과 실험집단의 사전, 사후 표준편차가 4.74, 4.08인데 반해 통제 집단의 사전, 사후 표준편차는 5.84, 4.37로 유의확률 .025로 유의수준 .05에서 두 집단의 사후 점수는 유의미한 차이를 나타냈다. 다시 말해 구체물을 활용한 학습을 통해 공간시각화 능력의 향상을 꾀할 수 있었으나 회전이나 변형을 학습하는데는 어려움이 있었다. 하지만 웹 기반 가상현실 학습프로그램은 학생들에게 흥미를 불러 일으켰으며 학생들의 적극적인 학습 참여와 가상공간에서의 물체를 회전하는데 어려움이 없었으므로 구체물을 활용한 학습보다는 더 큰 학습효과를 얻을 수 있다는 것을 보여주고 있다.

셋째, 실험집단의 사전, 사후 검사에 대한 문제 유형별 비교 실험을 실시한 결과 10가지 문제 유형중에서 유형2, 유형6, 유형7이 유의미한 차이를 보였다. 이 유형들에 속한 문제들은 공간시각화 하위 요인 중에서도 회전, 변환과 관계되는 문제들로서 이것은 웹 기반 가상현실 학습프로그램이 가상공간에서 물체를 마음대로 움직일 수 있도록 설계되어 있어 공간 시각화 하위 요인 중에서도 3차원적 회전 능력과 변환능력에 높은 효과를 나타낸다는 것을 말해준다.

이상의 연구 결과를 토대로 몇 가지 제언을 하고자 한다.

첫째, 제 7차 교육과정에서 강조되어 포함된 도형 영역에서 공간능력의 향상을 위해 구체물을 통한 학습방법을 제시하고 있으나 저학년이 아닌 고학년 학생들에게까지 매 시간마다 구체물을 통한 학습으로 전개하는대는 학생들의 학습참여도가 떨어질 것이다. 학습을 통해 공간능력이 향상될 수 있으며 따라서 교육과정에서 강조하는 공간능력의 향상을 위해서 학생들의 흥미와 시간적, 공간적 제약을 받지 않는 웹 기반 가상현실 학습프로그램을 적극 권장하며 두 학습을 병행하는 것도 좋을 것이다.

둘째, 여러 가지 공간시각화 학습 프로그램의 개발보다 어떻게 하면 주어진 학습을 효과적으로 전개하여 학생들의 공간시각화 능력을 향상시킬 수 있는가에 대한 학습 방법에 대한 세밀한 연구가 필요하다.

셋째, 본 연구자가 개발한 웹 기반 가상현실 학습프로그램에서 마우스로 방향키를 클릭하여 가상의 물체를 이동하였으며 물체를 드래그하여 옮길 수 있고 학습자와의 상호 작용성을 더욱 높일 수 있는 프로그램으로 보완 개발해야 할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] 한기완, "초등학교 수학교육에서 공간감각 지도에 관한 연구", 단국대학교 교육대학원 박사학위 논문, 2002.
- [2] 신준식, "공간시각화 학습이 수학적 문제 해결력에 미치는 효과", 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문, 1992.
- [3] 이석주, "공간시각화를 위한 수학 학습 자료 개발 연구", 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문, 1996.
- [4] 신국환, "초등학생의 공간 지각 발달에 관한 연구-입체 도형에 대한 평면 도형을 중심으로-", 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문, 1998.
- [5] 류옥자, "수학적 활동을 통한 공간감각 능력의 신장 방안", 부산교육대학교 교육대

학원 석사학위논문, 2002.

- [6] 권오남, 박경미, 임형, 허라금, “공간능력에
서의 성별차이에 관한 연구”. 한국수학교
육학회시리즈 A, 35(2), pp125~141, 1996.
- [7] McGee. M. G. Human spatial abilities
:Psychometric studies and environmental,
genetic, hormonal, and neurological
influences. Psychological Bulletin. 86,
1979.
- [8] 심우섭. “가상현실이란 무엇인가?”, 그래픽
스, 1997.
- [9] 이상영, “VRML2”, 인포북, 1997.