

웹기반 지구과학교육에서 가상현실 기술의 활용

김 희 수*

공주대학교 과학교육학부 지구과학교육 전공, 314-701 충남 공주시 신관동 182

The Use of Virtual Reality in Web-based Earth Science Education

Hee-Soo Kim*

Earth Science Education Major, College of Education, Kongju National University,
Kongju 314-701, Korea

Abstract : The experimental side of earth science contains a lot of variables that cannot be controlled in the classroom or in the laboratory. Therefore, as one method to overcome these difficulties, a learning program using 3D Virtual Reality technique has been developed. The program was used with 701 middle school students. The result showed that the program had a very positive effect on inducing interest and motivation through a sense of immersion, and it also showed to be a big help in the improvement of space perception ability.

Keywords : virtual reality, space perception ability

요 약 : 지구과학 학습 내용들은 교실이나 실험실에서 통제하기 어려운 내용들이 많다. 따라서 이를 극복할 수 있는 하나의 방안으로 가상현실 기술을 도입하여 웹상에서 활용할 수 있는 3D 가상현실 학습프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 701명의 중학교 학생들에게 투입되었다. 그 결과 몰입감을 통한 흥미유발 및 동기유발에 아주 긍정적인 효과가 있었으며, 공간지각 능력 향상에도 큰 도움이 되는 것으로 보여졌다.

주요어 : 가상현실, 공간지각능력

서 론

최근의 정보화 기술의 발달에 따라 가상현실(Virtual Reality: VR) 기술이 강력한 교육적 도구로 떠오르게 되었다. 가상현실 기술은 가상의 공간에서 현실세계와 유사한 상황이 전개되어 마치 현실세계에서 행동하는 것처럼 조작, 시각화, 상호작용 기능을 제공한다. 또 이 기술은 현실 세계에서 아주 위험한 실험도 가상의 공간상에서는 위험치 않게 수행가능하며, 현실적으로 불가능한 실험도 가능하게 한다. 또 물리적 공간의 한계, 시간의 제약 등은 문제가 되지 않는다. 따라서 가상현실 기술은 개별화 학습, 협동 학습, 문제 해결 학습을 실시하는데 적용가능성이 매우 높으며, 그 동안 학습의 과정에서 강조되어온 경험주의, 인지주의, 구성주의 교수-학습 이론과 일치된 학습을 구현하는데 직접적으로 활용할 수 있다(한정

선과 이경순, 2001).

지구과학과 같이 천문학, 대기과학, 해양학, 지질학으로 구성된 대상 중심 및 현상 중심 과학 영역에서는 실제 자연 속에서 탐구를 수행하면서 그 속에 숨어있는 규칙이나 원리를 찾는 것이 중요하다. 그런데 학생의 이동 문제, 고가 실험 실습 기자재 문제 등 교육환경적인 측면에서의 문제점 외에 지구과학이라는 학문이 본질적으로 갖고 있는 초실험적인 내용이 많아 교수-학습 과정에서 어려움이 많다(김희수 1997, 1999, 2000).

이러한 문제점들은 현재 구축되어 있는 초고속 통신망과 3차원 가상현실 기술을 활용한 탐구활동 학습 프로그램을 개발하여 활용하면 크게 극복할 수 있다고 판단된다. 예를 들면 가상현실 기술을 이용하여 원격지에 설치된 천체망원경을 사이버 상에서 움직여 찾고자 하는 천체를 실시간으로 찾아 직접 활용할 수 있다(이상현, 1996). 즉, 학습자는 원거리의 컴퓨터에 접속하여 평소에는 시간적·공간적 제약 때

*E-mail: heesoo54@kongju.ac.kr

문에 불가능했던 일을 가능하게 할 수도 있다. 또 각각 내부구조와 같이 학습자가 직접 관찰하기 어려운 학습 내용도 가상현실 기술을 활용하면 실제와 유사하게 실제감을 제공할 수 있다. 2차원으로 개발된 프로그램은 정해진 코스를 따라 일정하게 진행하지만 3차원 가상현실을 이용하면 현실과 같은 공간을 만들어 놓고 그 곳에 들어가 있는 것처럼 이곳 저곳을 돌아다닐 수 있다. 또 어떤 물체를 360° 회전시켜가면서 그 물체의 전체적인 모습이나 내부 구조도 잘 들여다 볼 수 있다(이종원과 서은석, 2002). 그리고 학습자는 실수를 해도 부담없이 다시 시도할 수 있으며, 현실감뿐만 아니라 상호작용성이 매우 높기 때문에 개념이나 원리를 이해하는 데 매우 유용하다(Winn, 1995; Youngblut, 1998).

이에 본 연구에서는 중학교 지구과학교육용 가상현실 탐구활동 학습프로그램을 개발·투입하여 지구과학 교육에의 이 기술의 활용 가능성을 알아보고자 한다.

가상현실

1990년대부터 인터넷이 국가 기간 산업으로 크게 발전하면서 가상현실의 기술에 큰 영향을 미치게 되었다. 그리고 과거의 많은 장비 활용 중심으로만 활용되어오던 가상현실 기술이 인터넷을 기반으로 하는 네트워킹형 가상현실 기술로 발전하고 있다(임대현과 김재근, 2000). 다음은 본 연구의 내용과 직·간접적으로 관련이 되는 가상현실의 개념, 특징, 유형 그리고 적용분야 등을 간략히 제시한다.

가상 현실의 개념

가상 현실이란 컴퓨터가 생성한 3차원 시뮬레이션으로 사용자와의 실시간 상호작용이 가능한 미디어를 말한다. 즉 사용자들의 반응이나 움직임에 따라 컴퓨터 화면에서 그래픽 이미지나 내용을 반응적으로 변화시킬 수 있는 테크놀로지의 통합체로서 사용자들에게 현실감과 현존감을 경험시킬 수 있는 전달 방법의 하나이다(한정선과 이경순, 2001). 현실감을 크게 느끼게 하는 것은 시각, 청각, 촉각, 후각까지 포함된 시각화의 특징의 결과이다. 이 중에서 특히 시각적 감각이 많이 활용된다.

이러한 가상현실은 지금까지 멀티미디어로 구현하기 어려웠던 직접적인 상호작용과 체험을 가능하게 해준다. 즉 일반적인 멀티미디어는 시각과 청각을 활

용한 정해진 경로에 따라 진행되는 것이 대부분이었다. 하지만 가상현실은 사용자가 정해진 경로를 따라가면서 진행하는 것이 아니라 사용자가 임의적으로 가상의 3차원 공간 속에서 오감을 통해 다양한 객체들과 상호작용을 하면서 다양한 경험을 할 수 있다.

가상 현실의 적용 분야

일반적으로 가상현실 기술이 적용되는 분야는 다음과 같다(김재현 외 2001).

위험성이 높아서 실제 접근이 어려운 분야: 원자력 발전소와 같은 곳에서는 그 동안은 로봇을 이용하거나 시뮬레이션을 통한 수치자료로 위험에 대한 검증을 해왔다. 현재는 가상현실 시스템을 이용하여 적절히 조절하면서 발전소의 상황을 점검하고 있다.

실제로 연습해보기 어려운 분야: 병원의 성형 수술 분야에서 수술후의 모습을 확인하는데 활용되고 있다. 그리고 항공기 및 전차 훈련 분야에서 가상현실 시스템이 보다 현실감 있게 훈련을 가능하게 하고 있다.

고차원 가시화 분야: 천문학, 화학, 생물학 분야 등에서 가시화 자료가 너무 작거나 커서 가시화가 어려운 경우, 예를 들면 가상의 태양계, 분자 및 DNA 구조 등을 시각화하는데 활용되고 있다. 또 태풍의 구름모습이나 엘리뇨 등과 같은 자연현상의 입체 영상으로 시각화하는데 이용된다.

교육 및 오락 분야: 학습자들에게 시간 및 공간적 제약없이 활용할 수 있는 3차원 원격교육, 가상 도서관, 실제 세계에서 학습하기 어려운 실험이나 실습 등에 가상현실 기술이 많이 활용된다. 또 가상현실 기술은 가상현실 영화관, 가상 박물관, 가상 미술관, 가상 스포츠, 가상 여행, 가상 현실 게임 등에도 많이 활용되어가고 있는 추세이다.

토목 및 건축 분야: 토목 공사는 비용, 안전, 미관성 면에서 시행착오는 큰 대가를 치르게 된다. 이 경우 가상현실 기술을 이용하면 위험성, 미관성 등을 실제와 같이 검증할 수 있는 기회가 된다. 또 건축 분야에서도 가상의 공간에 현실감있게 공간 구성 및

기능을 배치할 수 있어서 시행착오를 줄이고 비용을 절감시킬 수 있다.

가상 스튜디오: 선거 결과나 옛 유적 복원 등 중요한 이벤트가 있을 때 방송국 등에서 개발하여 활용하고 있다.

선행 연구

가상현실을 교육에 접목시키고자하는 여러 연구자들(Barab *et al.*, 2000; Youngblut, 1998)은 가상현실 기술의 가장 큰 장점으로 지리적 공간의 한계를 벗어나 가상공간에서 상호작용을 할 수 있다는 점을 들고 있다. 즉 학습자들이 가상의 공간에서 상호작용적으로 학습해나갈 수 있기 때문에 탐구능력을 키우거나 개념획득 및 구성에도 매우 효과적이라고 주장한다(Slazman *et al.*, 1999). 가상현실 기술의 또 다른 강력한 장점은 공간지각능력을 키울 수 있다는 점이다. Barab과 그의 동료들(2000)은 시간과 함께 변하는 공간개념의 이해를 하는데 가상현실 기술을 활용한 학습이 매우 효과적이었다고 주장하였다. 그 예가 National Geography 사가 개발한 ‘Virtual Solar System’이다. Kali and Orion(1996)은 지질학에서 지각구조의 변형과 지구의 내부 힘과의 관계를 이해하는데 3차원 공간 지각능력의 중요성을 강조한 바 있는데 그러한 내용의 경우에도 3차원 가상현실 기술을 활용하면 효과적이라는 것이다. Durlach *et al.*(2000)은 공간행위 능력을 키울 수 있는 하나의 방법이 가상현실 기술이라고 하면서 공간행위 능력은 크게 공간 지각력(spatial perception), 인식(recognition), 자각(awareness)으로 나누어진다고 주장하였다. 가상현실 기술을 활용한 학습은 인간이 경험할 수 없는 원자의 구조처럼 미시세계나 우주와 같이 거대 세계까지 자유스럽게 드나들 수 있으며 현실적으로 불가능한 것들을 가능하게 해준다. Pantelidid(1995)는 학교교육에서 가상현실 기술을 활용한 학습은 가상 세계에 대한 새로운 경험을 자기 주도적으로 할 수 있는 장점과 아울러 학습참여를 적극적으로 유도할 수 있다고 주장하였다.

연구 방법 및 과정

여러 기술이 그러하듯이 가상현실 기술이 만능은

개발 내용의 선정 → 설계 → 프로그램 개발
→ 수정 및 적용

Fig. 1. Procedure of VR program development.

아니다. 또 가상 현실 기술의 교육적 효과에 대한 연구결과도 많지 않다(김재현 외 2001). 본 연구에서는 가상현실 기술의 지구과학 교육적 효과를 알아보기 위하여 Fig. 1과 같은 과정에 따라 개발·투입하여 그 반응을 알아보았다.

개발 내용의 선정

지구과학의 여러 학습 내용 중 다음과 같은 몇 가지 원칙에 따라 개발 내용을 선정하였다.

첫째, 3차원적으로 제시해야 학습 효과를 높일 수 있는 내용

둘째, 야외 학습이 필요한 내용

셋째, 공간 개념과 관련된 내용

넷째, 상호작용이 필요한 내용

이러한 원칙에 따라 교육부(1997)에서 제시하고 있는 중학교 과학의 교육과정을 토대로 하여 3차원 가상현실 기술로 개발한 주제를 다음과 같이 선정했다.

천문학: 우주선의 발사, 태양계 탐사, 천문대, 망원경 다루기, 망원경의 종류

대기과학: 대기 복사 평형, 거리에 따른 복사에너지, 색깔에 따른 복사에너지, 대기권의 구조

해양학: 풍속에 따른 파도 크기, 해양의 염분, 조석력

지질학: 암석의 관찰, 광물의 관찰, 광물의 조흔색, 화성암의 결정, 암석의 분류

지구물리학: 지각 평형, 지진파

설계

설계는 크게 교수 설계와 화면 설계의 두 가지로 이루어졌다(김희수 1997). 교수 설계는 학습 과제를 철저히 분석하여 다양한 교수 전략과 적절한 교수-학습 모형을 적용하여 학습자들이 학습 목표를 효과적으로 달성할 수 있도록 지도 전략을 짜는 일이다. 이 과정에서 채택한 학습모형은 순환학습 모형이다. 순환학습 모형에 따른 학습 단계는 탐색단계, 개념도입단계, 개념응용 단계로 이루어져 있다. 탐색단계에서는 학습자들이 궁금하게 생각한 문제를 스스로 탐구

활동하면서 해결해보는 단계이다. 개념 도입 단계는 학습자들이 활동한 결과를 토대로 개념을 도출하게 하고 또 학습자들이 해결하지 못했던 점들을 교사가 자세히 알려주는 단계로서 학습자들의 궁금증이 해결되는 단계이다. 개념 응용단계는 배운 개념을 명확히 하는 단계로서 다른 상황에 응용해보거나 실생활 등에 적용해 보는 단계이다. 순환학습 모형을 적용한 전체적인 학습의 흐름은 다음과 같고, 그 적용결과는 프로그램 개발 결과에 제시되어 있다.

진단평가: 본시 학습으로 들어가기 전에 학습자가 이미 알고 있는 지적 수준을 파악하기 위하여 진단평가를 실시하였다. 진단평가는 십자말 맞추기를 이용하거나 대략 3문제 정도의 문제를 제시하여 짧은 시간에 학습자의 수준을 진단하게 하였다. 평가 결과가 옳으면 적절히 격려하고 틀린 경우에는 오답 메시지와 함께 간단하게 개념을 정리해 주었다.

흥미유발 자료 제시: 본시 학습에서 배울 내용과 관련된 내용으로서 학습자들이 경험했을 가능성이 많은 흥미있는 과제 중심으로 흥미유발 과제를 제시하였다. 여기에서는 애니메이션을 최대로 활용하였다. 그리고 학습자들의 호기심과 궁금증을 최대한 자극하여 지적 갈등을 갖게 하도록 구성하였다. 흥미유발 자료 뒷 부분에는 학습목표에 해당하는 내용을 포함시켜 배워야 할 내용이 무엇인지를 자연스럽게 알게 하였다.

탐색: 이 단계는 학습자가 궁금하게 생각한 내용을 탐구 활동을 통해 해결해보는 단계이다. 이 단계에서는 학습자들이 원하는 실험을 하기 위하여 가상 실험실로 입장하여 가상의 공간에 비치된 여러 실험기구 등을 살펴보고 현실 세계에서처럼 실험 탁자 위에 실험 기구를 끌어다 놓는 등 실험준비와 함께 실험 활동을 한다. 그리고 상호작용 실험을 실시하면서 실험 자료를 얻는다. 실험이 끝나면 실험 결과를 분석하여 자신의 궁금증을 해결해본다. 궁금증을 완전히 해결 못하는 경우도 있다.

개념도입: 탐색 단계에서 얻은 결과를 토대로 개념을 정리하는 단계이다. 학습자가 가상의 실험 공간에서 얻은 실험 분석 결과를 2차원 화면을 통해서 정리해 볼 수 있도록 먼저 질문을 하여 대답하게 한다.

즉 학습자가 자신의 실험 결과를 분석하고 해석하는 과정에서 깊이 있는 생각을 하도록 하기 위함이다. 그리고 나서 전체적인 개념 정리를 명확하게 정리해 준다. 개념 정리는 2차원적인 화면에 제시하는 것이 더 안정적이다.

개념적용: 이 단계에서는 앞서 배운 개념을 토대로 다른 자연 상황 등에 적용하여 개념의 정착이나 개념의 연결을 분명히 하는 단계이다. 여기서 다른 자연상황에 적용, 확장, 응용하는 과정에서는 3차원 가상의 공간상에서 이루어지도록 하였다. 그리고 나서 2차원 화면에 관련 개념 및 내용을 정리해주었다. 학습자가 나름대로 학습을 진행하다가 수시로 관련학습 과제나 보충 및 심화학습 과제로 넘나들 수 있도록 하였다(김희수, 1998). 학습이 끝나면 형성평가를 통해 학습자의 성취 수준을 평가하고 피드백 할 수 있도록 설계하였다.

한편 화면설계는 학습 내용 및 개념 정리 등은 기존의 2차원 방식의 설계를 하였으며, 가상의 3차원 공간에서 실시되는 실험 관련 내용은 3차원 방식으로 설계하였다. 3차원 설계는 3차원 공간에 학습 내용과 관련된 다양한 객체들을 위치시키고 학습자의 행위에 따라 반응이 나타날 수 있도록 여러 기능들을 부여하는 작업이다. 이때 학습자가 가상의 공간 속에 들어가 있기 때문에 길을 잃을 수도 있다. 따라서 가상의 공간상에서 학습자의 위치를 알 수 있도록 지도와 길 안내판 등을 두어서 순서적인 학습이 될 수 있도록 설계하였다. 화면 설계 용지에 설계 내용을 포함시키고 설명하는 것은 기존의 2차원 방식과 거의 같다(김희수, 1997).

프로그램 개발

프로그램의 개발은 앞서 준비된 교수설계 자료와 화면설계 자료를 토대로 하였다. 가상 현실 프로그램은 몰입형의 유형에 따라 개발 방법에 차이가 있다. 본 연구에서는 인터넷상에서 활용이 가능한 비몰입형(desk-top형)으로 개발하였다. 개발을 위한 저작도구는 영국의 Superscape사 제품인 3D Webmaster를 이용하였다. 3D Webmaster는 3차원 가상세계를 만들 수 있도록 World editor, Shape editor, Image editor, Sound editor 등 네 가지 에디터가 있다. 이 네 가지 에디터를 종합적으로 활용하여 가상의 공간에 가상의 세계를 만들어나간다(김재현 외 2001, 남주현 2001).

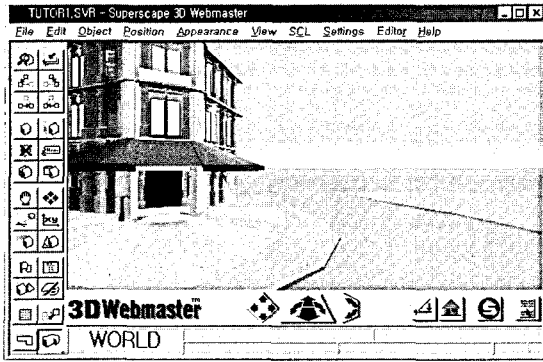


Fig. 2. World editor.

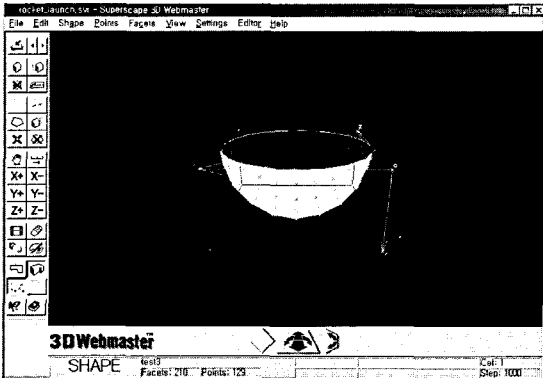


Fig. 3. Shape editor.

World editor(Fig. 2)는 셰이프 에디터를 통해 만든 객체 또는 클립아트에서 제공된 객체를 불러들여 3차원 공간상에 크기, 위치, 기능 등을 부여하는 편집기이다.

Shape editor(Fig. 3)는 점과 면을 이용하여 3차원 객체를 제작할 수 있는 편집기이다. 처음에는 단순하게 시작해나다가 복제, 변형 등의 과정을 거치면서 색 입히기, 텍스처 입히기 등 정교한 모습의 3차원 객체를 만들어나간다.

Image editor(Fig. 4)는 World editor와 Shape editor의 텍스처를 편집하고 디자인할 수 있다. 다양한 포맷의 소스들을 불러들여 디자인하고 재편집할 수 있다. 이미지 에디터 안에는 잘라기, 리사이징, 자르기, 복사하기 등을 할 수 있다.

Sound editor(Fig. 5)는 사운드 파일을 직접 제작하거나 불러들여 3차원 월드 제작을 위한 사운드 소스를 편집하는 기능을 갖고 있다. 이 에디터는 소리의 합성, 다른 필터를 통한 특수 효과를 생성할 수도 있

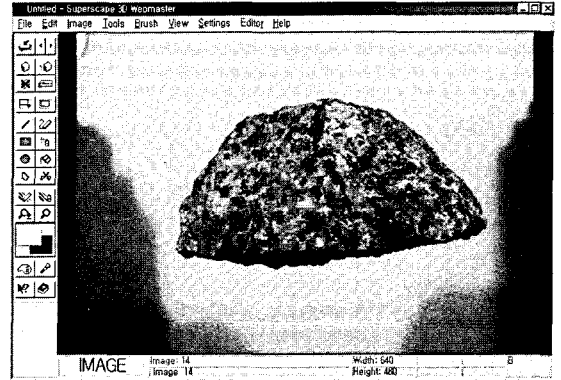


Fig. 4. Image editor.

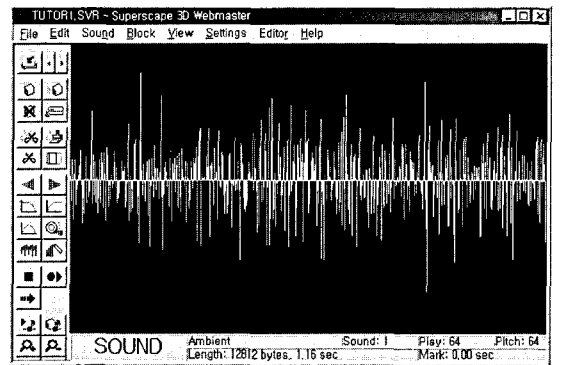


Fig. 5. Sound editor.

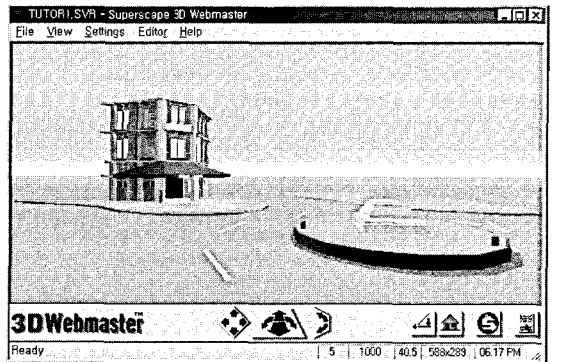


Fig. 6. Webmaster browser Viscape.

다. 제작된 소리는 가상 세계의 객체가 불러들여 사용하게 된다.

이러한 에디터들을 활용하여 제작된 결과는 Fig. 6과 같은 Viscape라는 3D Webmaster의 브라우저로 익스플로러나 넷스케이프와 같은 웹브라우저 상에서 플러그인되어 볼 수 있게 된다. Viscape에는 하단에

마우스를 이용하여 네비게이션을 할 수 있게 되어 있다.

그밖에 SCL(Superscape Control Language)를 사용하여 객체의 움직임을 프로그래밍 할 수 있다(김희수 2001). 3D Webmaster 개발결과는 파일의 크기가 작아 인터넷상에서 효과적으로 활용할 수 있는 장점이 있다.

개발 결과

본 연구에서 개발한 가상 학습 프로그램을 보다 현실감 있게 진행하기 위하여 가상의 공간 속에 실제와 거의 유사한 사이버 캠퍼스를 만들고 캠퍼스 내에 가상현실 과학관을 만들었다. 이 가상현실 과학관 내에는 물리, 화학, 생물, 지구과학, 수학 등 학문 영역별로 나누어 가상 실험관을 구성하였다. 지구과학 가상현실 실험관에는 우주 탐험관, 대기과학 실험실, 해양학 실험실, 지질학 실험실, 지구물리학 실험실의 5개 실험실습실로 구축하였다. 학습자는 나름대로 각 실습실에 입장하여 원하는 실험실습을 수행해 나가게 된다. 실험 실습 후에는 2차원 화면 방식으로 실험 실습한 내용을 정리하여 개념 및 원리 등을 정리할 수 있도록 구성하였다. 즉 활동은 3차원 공간상에서 이루어지지만 정리는 2차원상에서 이루어지는 것이 보다 안정된 느낌을 주었기 때문이다. 여기에서는 3차원 가상현실 실험·실습 과정 중심으로 특징적인 장면만을 설명하겠다. 먼저 학습자가 입장하는 곳은 Fig. 7과 같은 3차원 가상 캠퍼스이다.

이 캠퍼스는 실제의 캠퍼스와 거의 유사하게 구성하였기 때문에 실제감을 갖기에 충분하다. 학습자는 마우스로 하단의 이동 버튼을 이용하여 캠퍼스의 이곳 저곳을 돌아다닐 수도 있고 각 건물들에서 어떤 일들을 하는지도 알 수 있다. 각 건물들마다 도우미가 나와서 친절한 소개를 해주기 때문이다. 지구과학 실험실습을 하기 위해 입장한 학습자는 Fig. 8과 같이 VR 과학관 내부로 입장해야 한다.

가상 실습실은 꽤 넓다. 처음 학습자가 가상현실 과학관 내부로 입장하면 도우미가 내부를 안내하면서 설명해준다. 또 안내판이 잘 제시되어 있기 때문에 진행상의 어려움은 없다. 이 가상 실습관에는 물질 탐구관, 지구환경관, 우주 탐험관, 정보통신관, 협동 학습, 과학교육연구소, 가상현실 체험관, 학습 자료관, 원격제어 실험관, 놀이동산, 게시판, 과학기술 문



Fig. 7. 3D VR campus.



Fig. 8. Interior of VR Science building.

명관, 생명과 인간관, 수리 탐구관, 빛과 에너지관 등이 있다. 따라서 학습자는 자기가 실습해보고자 하는 실습실로 입장하여 다양한 가상 체험과 아울러 실험실습을 진행할 수 있게 구성되어 있다. 그리고 학습의 실질적인 진행은 앞서 제시한 순환학습 과정에 따라 실시하게 된다. 그 예를 보이면 다음과 같다. 먼저 도입 단계에서는 흥미 유발과제를 제시하여 본시 학습내용에 대한 흥미와 호기심을 갖도록 하기 위해 Fig. 9와 같이 만화 등을 제시하였다. 경우에 따라 플래시 애니메이션을 제시하기도 하였다.

탐색 단계에서는 학습자들이 탐구 활동을 실시하는 단계이다. 여기서는 앞서 궁금하게 생각했던 학습내용을 학습자가 학습 프로그램과 상호작용을 하면서 궁금증을 해결해보는 단계이다. Fig. 10은 돋보기로 암석의 이곳 저곳을 관찰해보는 장면이다. 즉 학습자는 마우스로 돋보기를 끌고 다니면서 암석의 특정 위치에 갔다대면 확대된 영상이 보이게 되며 암석을 이루고 있는 조직 등 그 특징을 알 수 있게 된다.

개념 도입 단계에서는 앞서 실시했던 탐구 활동 결



Fig. 9. Interest induction phase.

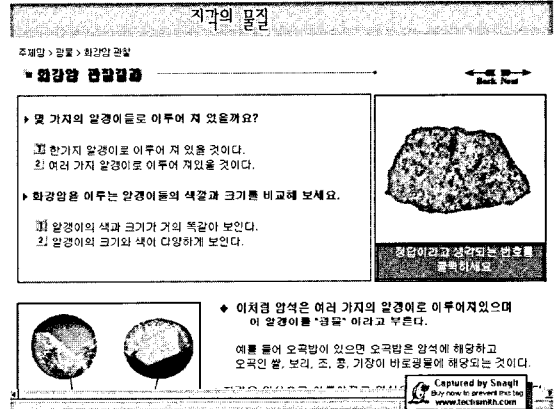


Fig. 11. Concept introduction phase.

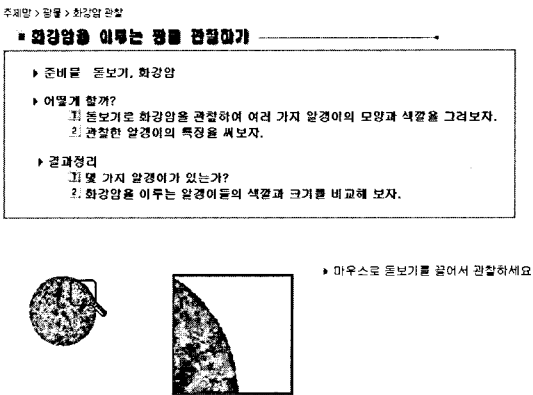


Fig. 10. Exploration phase.

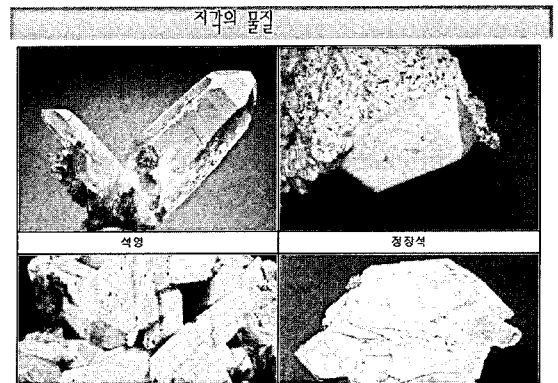


Fig. 12. Concept application phase.

과를 정리하는 단계이다. 여기서는 처음부터 개념을 정리해주는 것이 아니고 탐구 활동 결과를 토대로 학습자들이 스스로 개념을 정리할 수 있도록 몇 가지 질문을 제시한 후 종합적으로 개념을 정리해주었다.

개념 적용 단계에서는 앞서 배운 개념을 보다 확고히 하는 단계로서 다른 상황에 적용-응용-확장해 보는 단계로서 Fig. 11처럼 특정 광물에 대한 관찰 학습이 끝난 다음, 다른 여러 광물에 대한 관찰도 해보도록 전체적인 구성을 하였다. 이러한 과정이 끝나고 나면 형성평가를 실시하여 하나의 소단원 내용이 끝나도록 구성하였다. 다음은 탐구 실험관별 주요 특징이다.

우주 탐험관

Fig. 13은 우주 탐험관으로 입장한 장면이다. 이 곳은 열린 3차원 공간에 우주 발사대, 천체 관측실, 망원경 조작, 태양계 탐험 등 천문학과 관련된 내용

을 다양하게 경험할 수 있도록 구성되어 있다. 천체 관측 전에는 반사 망원경, 굴절 망원경의 부품들이 따로 실험 탁자에 놓여 조립을 실시하도록 하였다. 완성된 각 망원경은 마우스를 이용하여 상하좌우로 움직일 수 있다. 또 망원경은 갈릴레오식, 케플러식, 카세그레인식 등 여러 종류의 망원경이 제시되어 망원경의 종류에 따라 사용하는 방법을 알도록 하였다. 참고로 전파 망원경도 함께 설치하여 움직여 보도록 하여 사용 방법을 터득하도록 하였다. 특히 여러 천체 관측소 중 하나는 침상대 모습으로 재현하여 우리 조상들의 슬기를 간접적으로나마 느낄 수 있도록 하였다.

Fig. 14는 태양계 탐험을 위해 우주선을 발사하는 장면이다. 누르기 버튼을 누르면 10부터 0까지 카운트다운을 한 후, 우주선은 큰 소리를 내며 추진력에 의해 우주로 날아가게 된다. 이 우주선을 타고 태양

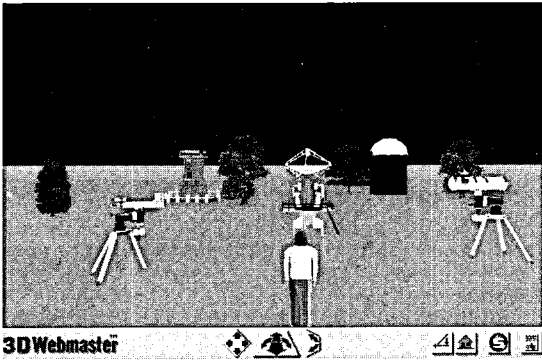


Fig. 13. VR astronomical observatory.

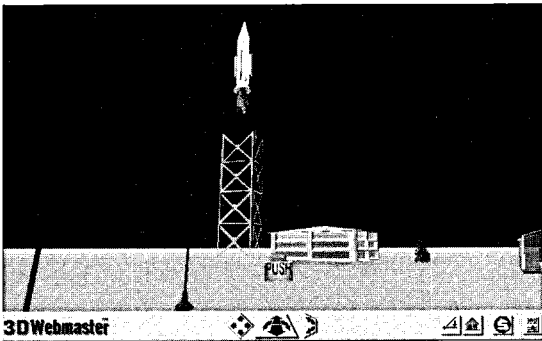


Fig. 14. Space shuttle station.

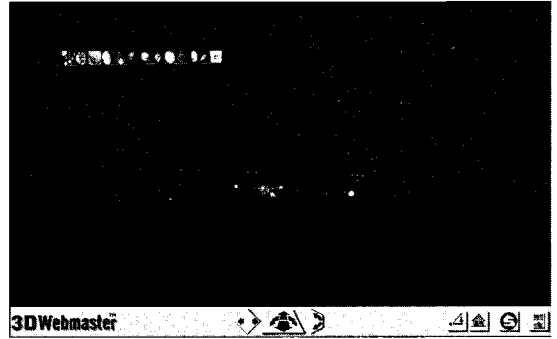


Fig. 15. Solar system.

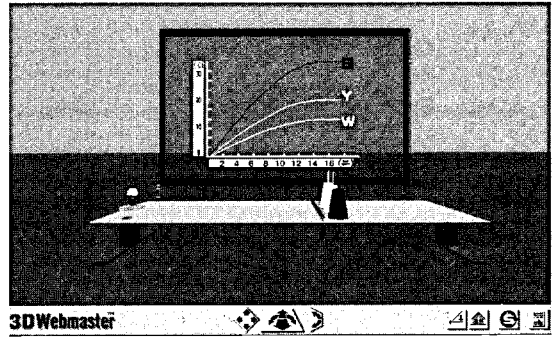


Fig. 16. Absorption of radiation energy to color of cup.

계의 9개의 행성, 위성, 소행성, 혜성 등을 탐험하고 각 천체들의 표면상의 특징을 관찰하게 된다.

Fig. 15는 태양계의 행성과 혜성 등이 태양계 공간에서 운동하고 있는 모습이다. 이 천체들은 태양계 공간에서 태양을 중심으로 운동을 한다. 각 천체들의 운동은 실제의 물리 상수값을 입력하여 제작하였기 때문에 실제 상황과 거의 유사하다. 운동하고 있는 각 천체를 클릭하면 클로즈업 되어 그 천체들에 대한 특징을 자세히 알 수 있지만 움직이는 천체를 순간적으로 클릭하기 어려운 경우를 고려하여 마우스로 좌측 상단 화면에 주요 태양계 천체들을 작은 아이콘으로 제시하여 각 천체들을 클릭하면 해당 천체에 대한 외형적, 표면적 특징 및 자세한 정보들이 제공 되도록 구성하였다.

대기과학관

대기과학관에서는 ‘색깔에 따른 복사 에너지 흡수’, ‘대기 복사 평형’, ‘거리에 따른 복사에너지’, ‘대기권의 구조’ 등의 실험 활동을 할 수 있다. 그 한 가지

예로 Fig. 16은 대기과학 가상 실험실 중의 일부인 ‘색깔에 따른 복사에너지 흡수’ 실험 장면이다. 이 가상 실험은 광원에서 같은 거리에 흰색 컵, 노란색 컵, 검정색 컵을 마우스로 끌어서 위치시킨 다음, 광원 버튼을 누르면 전구에서 복사에너지가 복사되기 시작한다. 그러면 온도계가 꽂혀있는 각 컵들의 내부 온도는 시간이 증가함에 따라 점점 상승하게 된다. 그 결과는 직접 그래프에 애니메이션 효과로 그려지게 된다. 학습자는 실험실에서 실험을 하듯이 거의 유사한 활동을 마우스로 실시하게 되며, 그 결과 처리 및 분석도 보다 쉽게 알아볼 수 있다. 결과적으로 학습자는 색깔에 따른 복사 에너지 흡수 그래프를 보고 컵의 색깔에 따른 복사 에너지 흡수 차이를 알게 된다. 또 필요에 따라 측정결과를 다른 스프레드시트에서 활용할 수 있도록 하였다. 이러한 실험 후 몇 가지 질문을 통하여 실험을 얼마나 정확하게 실시했는지 알아본다. 또 이 실험과 관련된 내용들을 보충 및 심화 학습 과제를 제시하여 학습자의 흥미와 수준에 따라 추가적인 학습을 할 수 있도록 안내하였다.

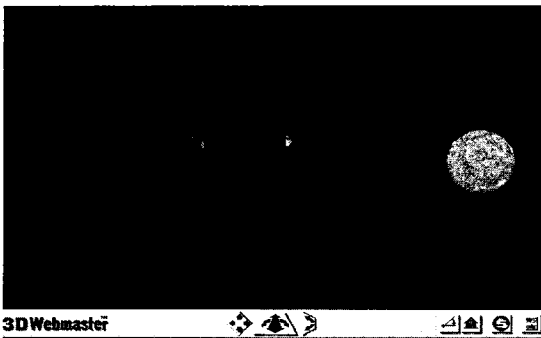


Fig. 17. Tidal force simulation.

해양학 실험실

해양학 실험실에서는 ‘풍속에 따른 파도의 크기’, ‘해양의 염분 측정’, ‘조석력’ 등의 실험을 가상의 3차원 공간에서 수행 가능하다. ‘풍속에 따른 파도 크기’ 실험은 풍속 값을 변화시키면서 파도의 크기가 달라지는 정도를 시각적으로 이해할 수 있도록 구성했다. ‘해양의 염분 측’ 실험은 사해, 동해, 서해 등 바다에 따라 염분비가 다르다는 것을 일반 실험실에서 실험을 실시하듯이 바닷물을 컵에 붓고 알콜 램프에 불을 붙여 최종적으로 남은 염분을 측정하여 염분비 차이를 비교해보는 실험을 구체적으로 상호작용을 하면서 수행할 수 있도록 하였다. Fig. 17은 태양과 달의 위치에 따라 지구상에 나타나는 ‘조석력’의 변화를 보인 가상 실험이다. 이 실험은 달이 지구 주위를 동주기 자전할 때 그 위치에 따라 지구상에 나타나는 조석력의 크기가 연속적으로 변화함을 보여준다. 여기서 학습자는 다양한 관찰점(view point) 즉 위·아래·옆 등에서 관찰해 보기도 하고 보다 가까이 가서 자세히 살펴보기도 하면서 나타나는 현상을 우선 자세히 기술한 다음, 그 현상이 나타나는 까닭, 개념, 원리 등을 정리해 나간다.

지질학 실험실

지질학 실험실에서는 ‘암석의 관찰’, ‘광물의 관찰’, ‘광물의 조흔색’, ‘화성암 결정 만들기’ ‘암석의 분류’ 등 다양한 가상 실험을 수행할 수 있다. ‘암석의 관찰’과 ‘광물의 관찰’ 실험은 암석 및 광물을 돋보기로 관찰하는 것이다. 여기에서 특징적인 것은 암석이나 광물을 돋보기로 확대해 볼 때 마치 실제 돋보기나 현미경으로 확대해 보는 것처럼 기본적인 해상도가 유지되면서 세부적인 모습이 확대되어 보인다

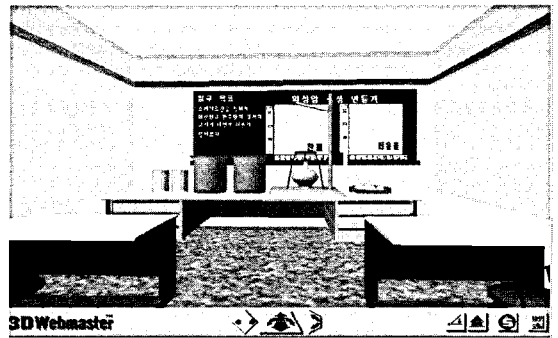


Fig. 18. Igneous crystal making.

것이다. 즉 일반적으로 컴퓨터에서 어떤 영상을 확대하면 해상도가 나빠지게 되는데 본 연구에서 개발된 확대프로그램은 영상이 깨져 보이지 않는다. ‘광물의 조흔색’ 실험은 금, 황철석, 황동석 등의 광물을 굽어서 그 가루의 차이를 확인한 다음 광물을 감정하는 실험이다. ‘암석의 분류’ 실험은 다양한 암석을 제시하여 그 특징별로 모아보게 하는 실습이다. 암석들을 특징별로 집단화시킬 때는 마우스로 드래그 앤 드롭(drag and drop) 기능을 이용하여 암석들을 끌어 모은다. Fig. 18은 ‘화성암의 결정 만들기’ 가상 실험이다. 이 실험은 얼음물의 스테아르 산과 더운물의 스테아르 산의 식는 속도에 따라 결정 크기가 어떻게 달라지는지를 알아보는 실험이다. 학습자에 따라 가상 실험의 순서나 방법을 정확히 모르는 경우, 화면에 제시된 각 객체에 대한 명칭, 실험 순서 및 방법 등을 도움말 화면으로 제공하여 실험에 어려움이 없도록 하였다. 결국 학습자는 마그마의 식는 속도에 따른 결정의 크기가 어떻게 달라지는지를 자연스럽게 알 수 있도록 하였다.

이 외에 지구물리 실험실에서는 ‘지각 평형설’, ‘지진파 실험’ 등의 실험을 할 수 있도록 구성하였다. ‘지각 평형설’ 실험에서는 학습자가 여러 블록을 마우스로 끌어서 물이 차있는 수조에 채워나가면서 지각 평형의 개념을 이해할 수 있도록 구성하였고, ‘지진파 실험’에서는 횡파와 종파의 파동이 진행되는 방향과 매질이 진동하는 방향을 통해 각 지진파의 특성을 이해할 수 있도록 하였으며, 실험 후 실험결과를 분석할 수 있도록 하였다.

종합적으로 보아 학습의 과정은 실험을 먼저 실시하거나 가상의 공간에 나타난 현상을 관찰하게 한 다음, 귀납적으로 개념이나 원리 등을 정리하게 하는

순환학습의 틀을 유지하였다. 특히 개념 정리나 형성 평가 영역은 2차원적인 화면상에서 이루어지도록 하였다.

결과 및 논의

개발된 프로그램은 충청남도 소재 중학교 3학년 남학생 452명 여학생 258명 계 710명을 대상으로 2001년 3월부터 2001년 9월까지 6 개월 동안 투입되어 그 반응이 조사되었다. 개발된 가상현실 학습 프로그램의 질적 수준과 가상 현실 기술의 지구과학 교육적 활용가능성 여부를 알아보기 위함이었다. 프로그램 투입 후 그 반응을 알아보기 위한 설문지의 구성은 현실감 정도, 화면 구성, 학습내용의 이해, 수준별 학습, 탐구실험 환경에의 적극적 참여수준, 실험 학습의 효과, 몰입감 정도, 상호작용 정도, 공간지각 능력을 키울 수 있는지의 여부 등으로 구성하였다. 설문지의 총 문항은 10 개 문항이며 3 단계 리커트 척도 방식으로 구성하였다.

한편 본 설문지 구성 요소별 질문내용이 타당하게 잘 구성되어 있는가를 알아보기 위하여 5 단계 리커트 척도 방식으로 재구성하여 가상현실 전문가 5명, 과학교육 전문가 5인, 과학교육과 박사 과정생 6명으로부터 검증과정을 거쳤다. 그 결과 응답 결과의 90% 이상이 설문지 구성요소별 질문내용이 타당한 것으로 응답하였다. 그래서 이를 가상 현실 프로그램과 함께 학습자들에게 제시하여 그 반응을 조사하였

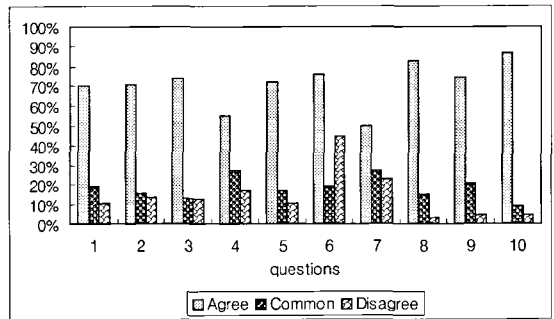


Fig. 19. Responses of learning students for this VR program.

다. 학습자들의 반응 결과는 Table 1과 Fig. 19와 같다.

본 연구에서 개발한 학습 프로그램의 가장 큰 특징은 현실 세계와 유사한 상황을 3차원적으로 표현했다는 점이다. 따라서 현실감 정도가 중요하다. 본 프로그램을 활용한 학습자들의 약 70%는 본 가상현실 프로그램이 현실 세계를 잘 표현하고 있다고 응답하였다. 이러한 결과는 본 프로그램의 개발과정에서 현실 세계와의 동질성을 유지하기 위해서 사물과 사물이 부딪혔을 때의 충격을 실감있게 나타냈다는가, 각 사물에 대한 중력값, 질량값 등 물리량을 구체적으로 입력해 설계하여 현실 세계와 최대한 유사한 환경을 얻고자 했기 때문인 것으로 보인다.

그리고 임의의 학습공간에서 학습을 위한 사물들을 쉽게 찾아가서 효과적으로 상호작용하면서 학습할 수

Table 1. Responses of learning students for this VR program.

질문 번호	질문 내용	반응		
		긍정	보통	부정
1	학습상황이 실제 상황과 유사한가?	70.2	19.4	10.4
2	화면이 전체적으로 조화롭게 구성되었는가?	70.5	15.9	13.6
3	학습 내용을 잘 이해할 수 있는가?	74.4	13.2	12.4
4	수준에 따라 선택적으로 학습할 수 있는가?	55.1	27.5	17.4
5	실험 환경은 학습자가 적극적으로 참여가 가능한가?	72.3	17.0	10.7
6	실험목표를 효과적으로 달성할 수 있게 구성되었는가?	76.1	19.4	4.5
7	임의의 실험 조건에 따라 임의의 실험 결과를 얻을 수 있도록 구성되었는가?	50.2	27.3	22.5
8	본 프로그램에서 느끼는 몰입감은 학습자의 흥미 및 동기 유발에 도움을 주는가?	82.1	14.9	3.0
9	학습자와 본 학습 프로그램과의 상호작용은 가능한가?	74.6	20.9	4.5
10	본 학습 프로그램은 공간 지각 능력을 향상시키는데 도움이 된다고 생각하는가?	86.6	9.0	4.4

있도록 방향 표시판 등을 표시해 설계하였다. 이 결과에 대한 학습자들의 70.5%는 화면구성이 긍정적이었다고 반응하였다. 2차원 프로그램과 달리 3차원 프로그램의 설계는 더 복잡하다. 따라서 보다 면밀한 화면설계 및 구성이 필요하다. 또 학습 진행 도중에 해당 학습 과제와 관련된 내용들을 링크해두어 참고 하도록 하였으며, 학습이 끝난 다음에는 형성평가를 통해 학습목표 도달도를 측정하였다. 학습 목표에 효과적으로 도달한 학습자는 심화학습을 할 수 있도록 했으며, 학습 목표에 도달하지 못한 학습자는 피드백을 통해 앞서 배운 학습 내용을 다시 한번 정리해준 후, 보충학습을 하여 완전학습이 될 수 있도록 하였다. 이와 관련한 설문 응답에서는 학습 내용은 쉽게 이해할 수 있다(74.4%)고 했지만 수준별 학습은 완전치 못했다(55.1%)는 반응이다. 이러한 결과는 본 연구에서 제공한 수준별 학습 내용은 각 실험·실습 내용과 관련된 대표적인 학습 내용만을 보충수준 및 심화수준 내용으로 구성한 결과였기 때문으로 보인다. 따라서 향후에는 탐구 실험 내용과 관련된 다양한 내용에 대한 수준별 보충·심화 학습내용을 포함하여 설계해야 할 것으로 판단된다.

본 학습 프로그램은 개념학습보다는 탐구학습에 방향을 맞추었다. 즉 가상의 3차원 공간에서의 실험 학습이 어느 정도의 의미가 있을까? 라는 점에 관심을 두었다. 여기서 중요한 점은 탐구 실험 활동을 원활히 하기 위해서는 학습자가 탐구 실험 환경에 적극적으로 참여하여 상호작용적으로 실험을 실시하고, 그 실험결과를 도출하여 해석하는 과정이 필요하다. 이에 대한 학습자들의 반응은 참여 가능 정도에 대한 긍정적인 응답이 72.3%, 탐구 실험목표 달성 정도에 대한 긍정적인 응답이 76.1%로 비교적 탐구 실험 학습에 긍정적인 반응을 보였다. 또 탐구 실험 과정에서 중요한 점은 다양한 실험 조건에서 다양한 실험 결과를 얻을 수 있어야 한다는 점이다. 이 질문에 대한 학습자들의 반응은 50.2%만이 긍정적이라고 대답하였다. 본 프로그램은 일정한 학습코스를 진행하다가 정해진 결과만을 얻을 수 있도록 하는 코스웨어를 지양하고, 다양한 조건에서 다양한 결과를 얻을 수 있도록 설계했지만 본 프로그램에는 이러한 부분이 다소 미흡했던 것으로 판단된다. 따라서 앞으로는 가상 현실 학습 프로그램에서는 이러한 점들이 보다 정교하게 설계되어 프로그램으로 구현되어야 한다고 보여졌다. 결국 탐구 실험 학습과 관련된 응답

에서 얻은 하나의 시사점은 천문학이나 지질학 학습처럼 야외 실습이 어려운 경우나 경비가 많이 들어 가거나 위험한 실험의 경우, 컴퓨터를 활용한 3차원 가상의 공간에 학습상황을 제공하면 직접적인 상황 학습에 대한 대체효과가 있다고 하는 점이었다.

본 설문결과에서 아주 긍정적으로 응답한 영역은 몰입감과 흥미유발이었다(82.1%). 이러한 결과는 기존의 학습 프로그램의 대부분이 2차원적이었던 것에 반해서, 본 프로그램이 3차원 시뮬레이션 게임을 하듯이 3차원 공간을 돌아다니면서 학습할 수 있도록 제공한 결과로 보여진다. 응답자들은 동기유발에도 도움이 되었다고 응답했다. 따라서 학습 동기유발이 필요한 학습자들에게 이러한 프로그램을 적용하면 그 효과가 클 것으로 판단되었다.

상호작용 효과는 3차원 학습 프로그램에서는 기본적인 기능 중 하나이다. 학습자들은 본 프로그램에 상호작용 효과가 비교적 잘 고려되었다고 응답했다(74.6%). 학습자가 3차원 가상현실 학습 프로그램을 활용하여 학습할 때, 학습자는 학습할 전체적인 공간을 잘 인식하여야 효과적인 학습이 진행된다. '본 프로그램을 활용해 본 학습자에게 공간지각능력을 키울 수 있는가?'라는 질문에 86.6%의 응답자가 긍정적이라고 대답하였다. 결국 3차원 공간에서의 상호작용적 실험 학습을 실시하면 의미있게 실험 목표를 달성하면서 공간지각능력도 키울 수 있다는 사실을 알게 되었다. 따라서 학습자들에게 공간지각 능력을 키우기 위해서는 본 연구에서와 같은 3차원 가상현실 학습 프로그램을 활용해 불만한 가치가 있다고 판단된다.

결론 및 제언

본 연구에서 개발된 가상현실 프로그램을 중학교 701명에게 투입한 결과를 토대로 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 본 연구에서 개발한 3차원 가상현실 학습 프로그램에 대한 학습자들의 반응은 전체적으로 긍정적이었다. 이러한 결과는 3차원 가상현실 기술의 특징인 몰입감이나 상호작용 기능이 학습자들에게 흥미유발이나 동기유발에 효과가 있었기 때문으로 판단된다. 따라서 3차원적으로 제시해야 하는 내용, 상호작용이 필요한 내용, 공간 개념 또는 공간 지각능력이 요구되는 내용 등에 대해 이 기술을 활용하면 지구과학

의 학습효과를 크게 달성시킬 수 있을 것이다.

2) 자연을 임의로 통제하면서 탐구 실험결과를 얻어내기 어려운 초실험적 학습내용의 경우, 3차원 가상현실 기술을 활용하면 의미있는 간접적 상황학습이 될 수 있다고 판단된다. 또 가상현실 기술은 활용한 학습은 학습자들에게 동기유발에 효과적이기 때문에 학습 시작이나 학습 도중에 학습자들의 주의력 집중 도구로 활용할 수 있을 것이다.

3) 가상현실 학습프로그램이 현실 세계에 가까운 학습하는 프로그램처럼 구현되기 위해서는 다양한 실험조건에서 다양한 실험결과를 얻을 수 있도록 설계되고 구현되어야 한다. 이러한 부분은 학습내용과 관련된 다양한 상황을 반영한 정교화된 설계와 개발이 필요하다. 또 다양한 학습자들의 수준을 고려한 설계도 중요하다고 판단된다.

4) 향후에 현실세계에서 보여주기 어려운 학습 과제, 위험 요소가 있는 실험학습 과제, 3차원적으로 보여주어야 효과가 있는 학습과제, 경비가 많이 요구되는 실험과제 등에 대한 가상현실 프로그램이 좀 더 많이 개발·투입되어 가상현실의 지구과학 교육적 가치에 대한 보다 면밀한 평가가 이루어져야 한다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단의 연구비 지원(KRF-99-005-D00076)에 의해 수행되었다. 관계자에게 감사드린다.

참고문헌

- 교육부, 1997, 과학과 교육과정, 교육부 고시 제 1997-15호 (별책 9).
- 김재현, 김태균, 김현섭, 김희수, 박달원, 박상태, 박종석, 배성호, 변두원, 서명석, 신영숙, 심규철, 이성희, 이희복, 2001, 가상현실과 과학교육, 118-132.
- 김희수, 1997, 고등학교 천문학 분야의 CBI-CD ROM 개발, 한국지구과학회지 18(5), 347-366.
- 김희수, 1999, 학습자 능력에 따라 진행되는 인터넷용 멀티미디어 학습프로그램 개발, 한국지구과학회지, 20(1), 3-17.
- 김희수, 2000, 지구과학학습을 위한 멀티미디어 데이터베이스 개발, 한국지구과학회지 21(2), 116-127.
- 김희수, 신영숙, 김여상, 서명석, 2001, 지구과학 교과교육을 위한 웹기반 3차원 가상현실의 활용, 교육공학 연구 17(3), 85-106.
- 남주현, 2001, 웹에서 가상현실 구축하기, 도서출판 미학사, 86 p.
- 이상현, 1996, 감쪽같은 가상현실, 김영사, 86-87.
- 이종원, 서은석, 2002, 가상현실 홈페이지 만들기. 삼각형프레스, 21 p.
- 임대현, 김재근, 2000, Web 3D를 이용한 가상현실 구축하기. 가남사, 3 p.
- 한정신, 이경순, 2001, 교수-학습 과정에서 가상현실의 구현을 위한 이론적 고찰, 교육공학연구 17(3), 133-163.
- Barab, S. A., Hay, K. E., Barnett, M. G., and Keating, T., 2000, Virtual solar system project: Building understanding through model building. Journal of Research in Science Teaching, 37(7), 719-756.
- Durlach, N., Allen, G., Darken, R., Garnett, R. L., Loomis, J., Templeman, J., and E. von Wiegand, T., 2000, Virtual environments and the enhancement of spatial behavior: Towards a comprehensive research agenda. Presence, 9(6), 593-615.
- Kali, Y. and Orion, N., 1996, Spatial Abilities of High-School Students in the Perception of Geologic Structures. Journal of Research in Science Teaching, 33(4), 369-391.
- Pantelidid, V. S., 1995, Reason to use virtual reality in education and training. Electronical document. <http://150.216.8.1/vr/vrlnla.txt>.
- Slazman M. C., Dede C., Loftin R. B., and Jim Chen J., 1999, A Model for Understanding How Virtual Reality Aids Complex Conceptual Learning. Presence, 8(3), 293-316.
- Winn, W., 1995, The Virtual Reality Roving Vehicle Project. Technological Horizons in Education Journal, 23(5), 70-75.
- Youngblut, C., 1998, Educational Use of Virtual Reality Technology. Institute for Defense Analyses, 84-91.

2002년 7월 19일 원고 접수
2002년 9월 3일 수정원고 접수
2002년 9월 28일 원고 채택