

웹 기반 가상현실 프로그램과 지필 학습 프로그램이 공간시각화 능력에 미치는 영향¹⁾ -성별을 중심으로-

권 오 남 (이화여자대학교)

I. 서론

정보, 통신 기기의 발달과 개인용 컴퓨터의 보급이 보편화되면서 수학의 교수-학습에 이를 활용하려는 시도가 빈번하여지고 있다. 한국은 제7차 교육과정에서 국민공통교육기간의 수학 교수-학습 과정에서 적절하고 다양한 교육기자재를 사용할 것과 복잡한 계산, 수학적 개념·원리·법칙의 이해, 문제해결력의 향상 등을 위하여 계산능력 배양이 목표인 영역을 제외하고 가능하면 계산기나 컴퓨터를 활용할 것을 적극 권장하고 있다(교육부, 1997). 그러나 컴퓨터와 그 주변기기는 여성에게보다는 남성에게 친화적인 것으로 생각되어지고 있다(Mark, 1992; Murray & Kliman, 1999). 그러나 시간과 공간의 제약에서 벗어나 이전에 알지 못했던 수많은 사람들과 만나고 의견을 교환할 수 있는 인터넷과 같은 통신망에 의해서 구축되어지는 가상공간의 특징을 고려해 볼 때, 사용자들은 현실공간에서 나타날 수 있는 성별 차이에 관한 여러 가지 제약을 없애거나 바꾸어 버릴 수도 있다. 이 가상공간에서는 성별의 분리가 무의미해 질 수 있으며, 오히려 이미 현실공간에서 나타나는 성별 차이를 가

상공간에서의 교육을 통해서 좁힐 수 있을 것으로 기대된다.

이에 본 연구에서는 웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램을 이용한 학습 방법과 지필 중심의 공간시각화 학습 방법 사이의 학습효과 차를 비교함으로써, 가상공간에서의 공간시각화 학습 경험이 남녀학생들에게 어떤 영향을 미치는지를 살펴보고자 한다. 본 연구의 구체적인 문제는 다음과 같다.

첫째, 웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램을 이용한 학습 방법과 지필 중심의 공간시각화 학습 방법은 남녀학생들의 공간시각화 능력에 어떤 영향을 미치는가?

둘째, 웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램을 이용한 학습 방법과 지필 중심의 공간시각화 학습 방법 중 남녀학생들에게 어느 학습 방법이 더 효과적인가?

II. 공간시각화에서의 성별차이 연구

1950년대부터 수학교육자들이 공간 능력과 수학적 능력간의 관련성에 주목하였다. 여러 선행 연구들에 의하면(Battista, 1990; Ben-Chaim, Lappan & Houang, 1988; Fennema & Tartre, 1985), 수학 성취도와 공간 능력 사이의 상관관계수는 0.3 - 0.6으로 비교적 높은 양의 상관관계를 지니고 있기 때문에, 수학 성취도에 있어서의 성별 차이는 상당 부분 공간 능력에 있어서의 성별 차이에서 기인한다고 볼 수 있을 것이다. 그러므로 Fennema 등(1977, 1985)은 공간 능력에 있어서의 성별 차이를 줄여 주는 방법으로 학업 성취도의 성별 차이를 줄일 것을 주장하고 있다.

공간 능력(spatial ability)은 공간 속에 있는 내적 표

1) 이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음(KRF-99-005-C00058). 연구보조원 김은미, 이순주, 허윤정과 수업 적용 실험에 협조해 준 임상훈 선생님, 주소연 선생님께 감사를 표한다.

* 2002년 3월 투고, 2002년 5월 심사 완료.

* ZDM분류 : U13

* MSC2000분류 : 97C99

* 주제어 : 공간시각화, 가상현실, 성별,

상(internal representation)을 기호화하거나 만들거나 기억하며, 이것을 다른 사물이나 공간 위치에 관계시키는 능력으로 정의한다(황정규, 1984). 즉, 공간능력은 머릿속의 상들의 움직임과 변화를 시각화하는 능력으로, 대상물을 머릿속에서 평행이동, 선대칭, 점대칭하는 능력을 포함한다(권오남·박경미, 1995).

공간 능력이 선천적으로 갖게 되는 하나의 특별한 능력인가에 대한 의견은 분분하였으며, 공간 능력의 정의에 대한 문제와 공간 능력 테스트를 구성하는 요소에 대한 문제는 지금까지도 여전히 논쟁 중에 있다(Bishop, 1983). 역사적으로 공간적 요소의 명확성에 대해서는 기계적인 적성과 실제적인 능력에 대한 연구로 이어져 왔으며, 1925년 이래로 수많은 요인분석학적 연구는 언어적 능력으로부터 분리된 공간 요인을 수학적으로 밝혀왔다(권오남·박경미·입형·허라금, 1996). 공간 능력을 구성하는 요인을 분석하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 권오남 등(1996)은 대표적으로 Linn & Petersen(1985), McGee(1979), Lohman(1979)의 공간요인 분석으로 분류하고 있다.

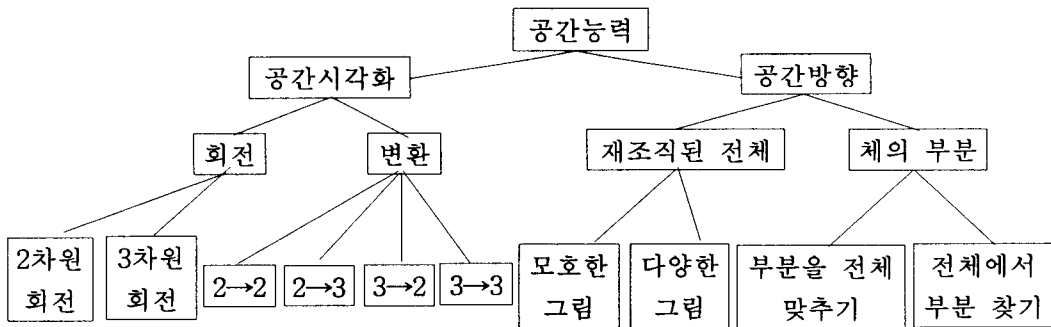
Linn & Petersen의 공간요인 분석: Linn & Petersen은 공간능력을 구성하는 하위요인으로 공간지각, 회전, 공간시각화 능력 등으로 설정하였다. 공간지각(spatial perception) 능력이란 중력적(gravitation), 운동 감각적(kinesthetic) 단서를 통해 공간 사이의 관계를 명확하게 인지할 수 있는 능력이고, 회전(심적 회전, mental rotation) 능력이란 2차원이나 3차원의 물체를 회전했을 때의 상태를 정확하게 파악할 수 있는 능력이며, 공간시각화(spatial visualization) 능력이란 주어진 공간적 정보

를 머릿속에서 가시화하여 그려볼 수 있는 능력이다.

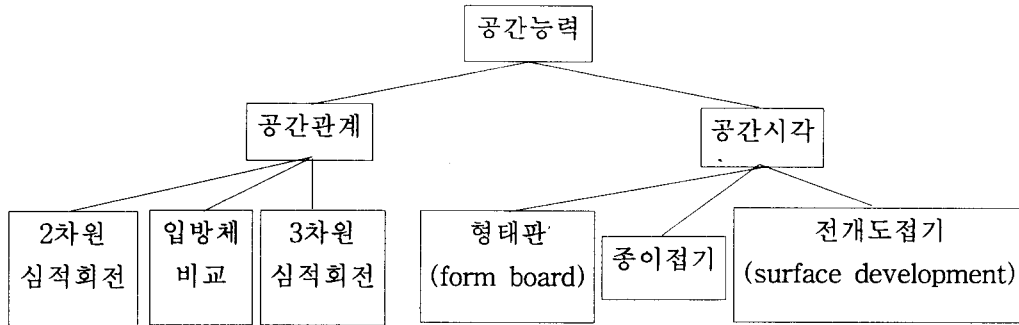
McGee의 공간요인 분석: McGee는 공간 능력에 관한 문헌들을 정리하고 분석하는 과정에서 인간의 공간 능력에 관한 심리측정학적 연구를 요약 정리하고, 공간화 검사 점수에서 개인차를 나타내는 원인으로 환경적, 유전적, 호르몬적, 신경학적 영향을 소개하고 이와 관련된 연구보고서를 소개한 바 있다. 그는 공간능력을 구성하는 요인을 공간시각화와 공간방향으로 보고, 공간시각화에 회전(rotation)과 변환(transformation), 공간방향에 재조직된 전체(reorganized whole), 체의 부분(part of field)이라는 하위요인을 설정하였다.

여기에서 공간시각화란 주어진 물체를 심상에 의하여 회전시키거나 재배열 혹은 조합시키는 능력이며, 공간방향이란 시각적 표현을 이해시키거나 두 표현 사이에 일어난 변화를 감지하는 능력을 말한다.

Lohman의 공간요인 분석: Lohman은 McGee의 두 가지 요인에 공간관계(spatial relation)를 첨가하여 공간방향, 공간관계, 공간시각의 세 가지 요인으로 공간 능력이 구성된다고 보았다. 첫 번째의 공간방향은 주어진 대상물이나 일련의 대상물들이 실제로 그 대상물이 보여지는 것과 다른 공간적 조망으로부터 어떻게 나타내어질 것인가를 상상할 수 있는 능력이다. 두 번째의 공간관계는 주로 심적 회전(mental rotation)이라고 할 수 있는데, 하나 혹은 그 이상의 시각화된 대상물을 빠르고 정확하게 심적으로 회전하는 능력이다. 세 번째의 공간시각에는 종이 접기나 전체적인 형태를 완성시키기 위하여 한 대상물의 조각들을 심적으로 재배열하는 능력이 요구된다. 이 세 가지 요인 중 첫 번째 공간 방향은 공간검사와 크



<그림 1> McGee의 공간요인 분석(권오남 외, 1996)



<그림 2> Lohman의 공간요인 분석(권오남 외, 1996)

계 관련되지 않는다고 볼 수 있으므로, 공간관계와 공간 시각만 고려 대상으로 삼았으며 그 하위 요인들을 도식 하면 위와 같다.

여러 연구들에서 공간시각화에 있어서 남성의 능력이 여성보다 뛰어나다는 전형적이거나 일반적이지는 않은 결과들이 제시되었다(Battista, 1990; Ben-Chaim, Lappan & Houang, 1988; Bishop, 1983; Fennema & Sherman, 1977; Fennema & Tartre, 1985; Ferrini-Mundy, 1987; Harris, 1981). 또한 Fennema & Tartre(1985)는 공간 능력이 수학 성취도에 미치는 영향이 남학생보다는 여학생에게 보다 뚜렷하게 나타난다고 주장했다. 이와 같이 공간 능력에 있어서의 성별 차이는 비록 그 증거가 결정적이지는 않았지만 오랫동안 논의되어 왔다.

여러 연구들의 결과를 분석해 보면, 공간 능력의 성별 차이는 회전 능력에서 가장 두드러지며 공간지각 능력에서도 어느 정도 차이가 존재하지만, 공간시각 능력에서는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다(Linn & Petersen, 1985; Scali et al., 2000)²⁾. 그리고 그러한 차이는 초등학교

에서 시작하여 모든 연령에서 드러났다(Fennema & Tartre, 1985; Linn & Petersen, 1985).

그러나 Harris(1981)는 공간시각화에서의 성별 차이를 입증하는 어떤 연구의 평균차이도 일반적으로 하나의 성 내에서 또는 전체 표본에서의 차이의 범위보다는 작다는 점을 지적했다. 몇몇 연구자들은 이러한 차이가 검사에 사용된 문제 유형의 문항에 의해서 산출되는 검사 편향으로서 방법론상의 에러에 기인한다고 말하고 있다. 특히 Linn & Petersen(1985)은 심적 회전 전략을 사용하는 공간시각화 검사는 작지만 지속적인 성별 차이를 산출한다는 결론을 내렸다.

지금까지 공간 능력 및 공간시각화에서의 성별 차이의 원인에 관하여 많은 이론적 설명과 가설이 있었다. 몇몇 연구에서는 공간능력에서의 성별 차이에 생물학적 변인의 기여를 강조하여, 공간 능력 및 공간시각화 능력에서의 성별 차이를 천성(nature)으로 보았고, 다른 연구자들은 공간능력에서의 성별 차이에 영향을 미치는 것으로 앎과 실습, 사회화의 역할을 강조하여 후천적인(nurture)으로 보았다(Harris, 1981; Linn & Petersen, 1985). 그리고 공간 능력에 영향을 미치는 것으로서 성과 공간시각화 학습 방법의 상호작용을 고려하는 연구들이 계속되고 있다(Harris, 1981).

많은 연구자들은 개인의 공간시각화 능력의 표현에 포함되는 특정 기능이 실습과 함께 개발되는지 아닌지에 관심을 가지고 있으며, 비록 공간 시각화가 어느 정도 유전적으로 결정되는 타고난 특성이라도 이것이 환경적 변인에 의해 개선될 수 있는지 그리고 어느 정도까지 개선될 수 있는지에 관심을 가지고 있다(Ben-Chaim et al.,

2) 여기서 회전 능력(rotation)이란 Linn과 Petersen의 공간요인 분석에서는 공간 능력의 하위요인이고, McGee의 공간요인 분석에서는 공간시각화 능력의 하위 요인이며, Lohman의 공간요인 분석에서는 공간관계 능력의 하위 요인이다. 공간지각 능력(spatial perception)은 회전능력과 공간시각 능력과 더불어 Linn과 Petersen의 공간요인 분석 중, 공간 능력의 하위요인이다. Lohman의 공간요인 분석 중, 공간 능력의 하위요인이며, 회전은 공간시각 능력의 하위요인이 아닌 공간관계의 하위요인이다. 본 연구에서는 spatial visualization을 McGee와 Lohman의 요인 분석 방법에 따라 각각 공간시각화 능력과 공간 능력을 구분하고 있다.

1989). 만약 교수(instruction)의 개입 이후에 학생들이 성별에 관계없이 공간시각화 과제에서 훈련 프로그램을 통해 유의한 점수 차이를 보인다면, 해부학적으로 남성은 좌뇌가 여성은 우뇌가 상대적으로 발달되어 공간시각화 능력은 선천적이라는 주장과 대치되는 결과로서 학생 개인의 공간시각화에 관한 기능은 적절한 훈련에 의해서 수정되고 향상될 수 있다는 것이다. 실제로 여러 연구에서 공간시각화 학습 프로그램이 학생들의 공간시각화 능력에 긍정적인 영향을 미친 연구 결과들을 살펴볼 수 있다(Ben-Chaim et al., 1988; Battista, 1990; Lean & Clements, 1981; Michelmore, 1975). 그러므로 공간능력 및 공간시각화에서의 성별 차이는 학교환경과 교사, 또래집단, 대중매체 등과 같은 사회·문화적인 환경과 부모를 포함하는 환경적 변인과 학습자의 인지능력 변인, 그리고 수학에 대한 자신감과 불안감, 유용성, 남성과 여성의 성향, 성공과 실패의 귀인 방식, 과제 지속력과 같은 학습자들의 내부신념 변인들에 의해 설명될 수 있을 것이며, 성별 차이의 해소와 공간능력 및 공간시각화 능력의 향상을 위한 적절한 중재 전략이 필요하다.

III. 가상현실을 이용한 웹 기반 학습

기존의 공간시각화 능력을 향상시키기 위한 학습 프로그램들은 대부분 실제적인 조작물과 활동지 사용을 병행하여 이루어지는 학습 활동으로 학생들은 구체적 조작물을 가지고 활동지에 제시된 모양대로 만들어보거나 그 모양을 그림이나 언어로서 설명하고 묘사하는 활동을 하였다. 그러나 물리적인 공간과 실제적인 조작물이 필요한 학습은 초등학교와 같은 저학년에게는 적합하지만, 교과 내 학업에 대한 부담감이 높고 수업시간이 충분하지 않은 고학년에게는 적합하지 않은 형태로 보여진다. 따라서 고학을 위한 공간시각화를 학습을 할 수 있는 학습 방법으로 김영옥(2000)은 웹 기반 가상현실 공간시각화 학습 프로그램을 개발하고 그 효과를 분석하였다. 그 결과를 살펴보면, 이 프로그램이 학습자에게 공간시각화 능력의 향상을 가져왔음을 보여주고 있다. 이와 같이 컴퓨터와 인터넷을 이용하는 새로운 학습 프로그램 개발 연구가 더욱 다양하고 활발하게 이루어지고 있고 수학교육에서 컴퓨터와 인터넷의 도입이 적극 장려되며

교수학적인 목적으로서 이의 활용이 활성화되고 있는 이때, 수학교육에서 컴퓨터와 인터넷을 활용하는 학습 방법이 학생들에게 실질적인 도움이 되며 효과적인 중재 전략으로 사용될 수 있는지 가능성을 살펴보는 것 또한 의미가 있으리라 생각된다.

1. 웹 기반 교육(Web-Based Instruction)

첨단 테크놀로지의 급격한 발전으로 70년도 이후의 컴퓨터의 보급은 전세계 생활환경의 변화를 일으키면서 교육환경에도 커다란 변화가 일어났다. 컴퓨터 관련 테크놀로지를 비롯하여 90년대의 멀티미디어와 인터넷의 발명과 그 보급의 영향은 상상을 초월하는 상태이며, 교육에서의 컴퓨터 관련 테크놀로지란 멀티미디어, 텔레커뮤니케이션, 원격교육, 화상교육 등 다양하게 등장하는 교육용 테크놀로지를 포함한다.

수학연구에서 컴퓨터의 사용이 그 초기에는 새로운 직관과 새로운 이론을 발견할 수 있는 자료를 생성하고 적당한 예나 반례를 만들고 수학적 사고의 마지막 단계로서의 형식적 증명을 하기 위해서 사용되었다면, 학생들의 수학적 아이디어를 개념화하도록 도와줄 목적으로 설계된 컴퓨터 소프트웨어의 개발을 통해 컴퓨터를 수학교육에 이용할 가능성이 더욱 높아지게 되었다. 그러므로 학생들의 지식의 구성을 돕고 자극할 수 있게 설계된 컴퓨터를 이용하는 환경에서 컴퓨터가 학생들의 마음속에 지식을 구성하도록 도움으로써 학생들의 학습능력이 향상될 수 있다는 가정이 가능하다(Tall, 1991).

수학은 매우 추상적인 학문으로 인식되어져 학습자들이 근본적으로 어려워하는 특성을 가지고 있다. 따라서 수학교육에 컴퓨터를 이용하여 추상적인 학습내용을 시각화하고 학습자의 실습이나 실험과 같은 직접적인 수학을 활성화함으로써 수학교육의 어려움을 완화시키려는 노력이 끊임없이 시도되어져왔다. 예를 들어, 형식적인 증명이나 개념학습에 있어서 그래픽이나 애니메이션, 시뮬레이션을 활용하는 것은 보다 쉽게 학습자의 이해도를 높이는 데 도움을 준다.

그러나 오늘날 인터넷의 급속한 보급에 따라 하이퍼텍스트 형식의 멀티미디어 정보교환이 자유로운 웹은 앞의 컴퓨터 보조 학습과는 다른 새로운 교육환경을 제공하는 교수-학습 방법으로 주목받고 있다. 지식 네트워킹

의 수단으로의 컴퓨터 네트워크의 대표적인 예가 인터넷이며 인터넷은 서로 다른 교수-학습 사회를 전자적으로 연결시켜 정보획득과 지식 창출을 도와주는 하나의 통신 수단이다.

인터넷에 접속할 수 있는 가장 인기 있는 방법인 월드 와이드 웹(World Wide Web)의 등장과 함께 인터넷은 가장 중요한 교육 도구로서 교사들에게 인식되고 있으며, 웹을 기반으로 한 새로운 교육인 웹 기반 교육에 많은 관심과 연구가 진행되고 있다. 웹 기반 교육은 매체로서 웹을 이용하여 장거리의 학습자에게 교육을 전달하기 위한 혁명적인 접근법으로 볼 수 있다. 교수(instruction)란 학습자들이 의도된 어떤 특정한 목적을 용이하게 획득하도록 필요한 활동과 정보를 전달하는 것이라는 정의와 함께, 매체는 교육적 메시지가 오고 갈 수 있도록 만들어 주는 물리적인 방법으로 인식되고 있다. 웹에서의 교육 설계와 전달은 바로 이런 교수적 설계 원리에 입각하여 웹의 가능성을 어디에 사용할 것인가 하는 조사와 분석을 요구하게 된다. 따라서 교수 원리에 입각한 웹 기반 교육의 정의를 살펴보면, Ritchie & Hoffman(1996)은 웹 기반 교육을 특정한 그리고 여러 가지의 계획된 방법으로써 학습자의 지식이나 능력을 향상시키기 위한 의도적인 상호작용을 웹을 통해 전달하는 교수-학습 활동이라고 정의 내렸으며, Khan(1997)은 학습이 일어나거나 조장되는 유의미한 학습환경을 조성하기 위해서 웹의 특성과 웹이 제공하는 자료들을 활용하여 전개하는 하이퍼미디어 기반의 교수프로그램으로 보았다. 결국 이를 종합해 보면, 나일주(1999)의 정의와 같이 웹 기반 교육이란 웹이 제공하는 풍부한 정보와 통합적인 환경을 활용하여 이루어지는 원격 교육의 일종이라고 할 수 있을 것이다.

2. 가상현실(Virtual Reality) 프로그램

일반적으로 인터넷과 같은 통신망으로 연결되는 가상공간(cyberspace)에서 시각화는 인간의 지각을 확장시키는 컴퓨터의 사용이며, 컴퓨터의 사용은 물리적 현상에 대한 학습자의 직관을 깊게 하기 위한 강력한 방법이 된다(Dede, 1992). 웹은 문자, 이미지, 오디오, 비디오를 통해 가상공간으로 색채감 있는 화면을 제공한다. 그러나 이러한 형식들은 정보를 거의 2차원적으로 반영하고 사

용자의 참여 면에서 한정된 능력을 제공한다. 사용자가 한 웹 페이지에서 다른 페이지로 하이퍼링크를 통해 이동할 수 있기는 하지만, 그럼에도 불구하고 사용자는 거의 구경꾼으로 남게 된다. 그런 경험은 텔레비전의 채널을 돌리는 것과 거의 다를 것이 없다.

과학적 시각화(scientific visualization)는 일반적으로 시각이 분석을 위한 적당한 기회를 제공하는데 실패했을 때나 시각 그 자체가 직접적으로 가능하지 않을 때, 문제해결 상황에 우리의 시각적 시스템의 사용을 가능하도록 발전된 컴퓨터 그래픽 테크놀로지이다. 과학적 시각화는 단순히 그래픽적인 것만을 의미하지는 않으며, 도구와 기술 그리고 결과를 얻기 위해 컴퓨터 그래픽 장치를 사용하는 것이다(Thomas et al., 1996).

과학적 시각화의 한 예로서 가상현실을 들 수 있다. 연구자들은 공간 능력을 가르치기 위해 다양한 방법들을 사용했는데, 전통적인 종이와 연필, 2D CAD, 3D CAD, 3D 애니메이션, 컴퓨터 게임 등이 학생들의 공간 능력을 개발시키기 위해서 사용되어왔다. 그 중에서 학생들의 시각화 능력을 향상시키기 위한 가장 잠재성 있는 기술들 중 하나가 가상현실(virtual reality) 기술이다. 이 기술은 2차원적인 컴퓨터 스크린에 3차원적인 스크린을 그려내며, 대시보드(dashboard)라는 긴 네모난 모양의 제어판이 시뮬레이션화 되어 있어서 사용자는 어떤 방향이든 상관없이 가상의 공간을 앞, 뒤, 위, 아래 그리고 옆 또는 바로 그 지점에서 회전까지 할 수 있다. 가상현실은 컴퓨터를 통하여 3차원 세계를 경험하도록 하는 가장 획기적인 학습도구이며, 넓은 의미의 학습환경이다.

가상현실은 Virtual Reality Modeling Language (VRML)라는 구체적 형태를 통해 실현되었으며, 이 언어는 3차원 세계의 묘사를 제공하며 적당한 브라우저 소프트웨어의 사용으로 글과 그림을 묘사하고 나타내는 것을 가능하게 한다. VRML은 HyperText Markup Language (HTML)의 도움으로 더욱 완전해지는데, 컴퓨터 스크린에서 2차원 형식으로 나타날 어떤 정보이든지 일일이 열거한다는 성질을 가진다. 이런 응용으로 인해 HTML이 수많은 구조로 창을 분리할 수 있고, 그 창 중에 하나를 VRML을 이용해 3차원 세계를 표현하기도 한다. 또 VRML을 보완해 주는 것으로 자바 프로그래밍(Java Programming) 언어를 들 수 있다. 자바는 HTML로 대

상을 묘사하거나 VRML 세계를 제어하는데 이용될 수 있는 용도의 언어이며, 전체적 구조가 VRML로 상세히 기술된 3차원적인 세계에서 여러 대상 사이의 복잡한 관계를 묘사하거나 그것들로부터 정보를 받아들이는데 사용된다. 다시 말해서, HTML은 스크린에서 2차원적인 표현을 펼치는 데 이용되는 반면에 VRML은 3차원적인 다감각용용(multi-sensory)을 제공해 준다. 그리고 자바는 2-D 스크린, 3-D 세계, 사용자들의 복잡한 상호작용 사에서 각 행위들을 제어하는 데 사용된다.

IV. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상과 실험기간

가상공간에서의 공간시각화 학습 경험이 남녀학생에게 어떤 영향을 미치는지를 살펴보고자, 서울 시내에 위치하며 남녀 공학인 2개 중학교의 3학년 남학생 87명(실험 집단 A 25명, 실험 집단 B 30명, 통제 집단 32명)과 여학생 107명(실험 집단 A 30명, 실험 집단 B 34명, 통제 집단 43명) 총 194명을 연구대상으로 하였다. 실험 집단 A(컴퓨터 집단)는 웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램을 사용하여 학습한 학습자들로 이루어졌으며, 실험 집단 B(지면 집단)는 지필 환경에서 공간시각화 지면학습지를 사용하여 학습한 학습자들이었다.

2001년 6월 28일~29일에 사전 검사를 실시하였고 사전 검사를 실시한 학생들 중 실험 집단 A와 B는 일주일 후인 2001년 7월 6일~16일까지 2주 동안에 웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램과 지필 중심의 공간시각화 지면학습지를 사용하여 각각 5시간의 학습을 하였다. 통제 집단은 공간시각화 학습이 교육과정에 포함되어 있지 않기 때문에 실험집단의 처치 기간중의 수업시간에 전통적인 수학수업을 실시하였다. 프로그램 적용 후 7월 16일에 실험 집단 A와 B, 통제 집단 모두 사후검사를 실시하였다.

2. 연구 절차

가. 검사도구

실험에 쓰인 사전 검사지는 MGMP³⁾(Middle Grades

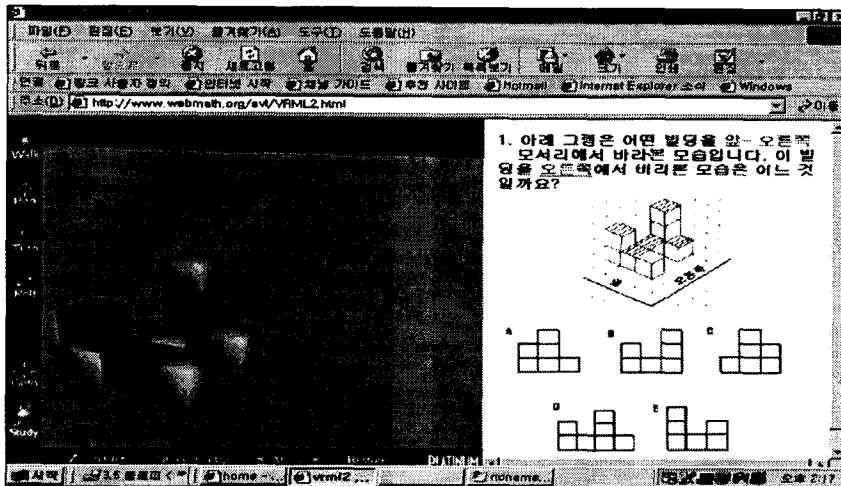
Mathematics Projects)에 의해 개발된 공간시각화 검사지(SVT: Spatial Visualization Test)이며, 사후 검사지는 이와 동형인 검사지로 실시하였다. 검사지의 문항은 10가지 유형으로 분류할 수 있으며, 각 문항이 5지 선다형의 객관식으로 되어 있다. 문항의 이미지들은 2차원적 평면관점(two-dimensional flat view), 3차원적 코너 관점(three-dimensional corner view), 평면도(map plan)와 같은 세 가지 형태로 구성되어 있다.

<표 1> 문제 유형

| 문제 유형 | 내용 | 문항 번호 | 문항 수 |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------|
| 유형1 | 큐브로 만들어진 빌딩의 3차원적 코너면을 주고 앞뒤나 좌우의 2차원적인 면을 찾는 문제이다. | 1, 2, 3 | 3 |
| 유형2 | 큐브로 만들어진 빌딩의 평면지도가 주어지고 동일한 빌딩의 특정한 면을 찾는 문제이다. | 4, 5, 6 | 3 |
| 유형3 | 큐브로 빌딩의 이차원적인 면이 주어지고, 동일한 빌딩의 반대편 이차원 면을 찾는 문제이다. | 7, 8, 9 | 3 |
| 유형4 | 큐브로 만든 육면체의 3차원적인 코너면을 주고, 그 입체물을 만들기 위해서 필요한 큐브의 개수를 묻는 문제이다. | 10, 11 | 2 |
| 유형5 | 큐브로 만들어진 빌딩의 밑면과 이차원적인 앞면과 오른쪽 면이 주어지고, 그 빌딩을 완전하게 만들 수 있는 평면지도들 찾거나 최대 또는 최소 개수의 큐브를 가지고 그 빌딩에 적합한 평면지도들 찾는 문제이다. | 12, 13, 14, 15 | 4 |
| 유형6 | 큐브로 만들어진 빌딩의 3차원적인 코너면이 주어지고 화살표로 가르키고 있는 어느 한 큐브와 면을 접하고 있는 다른 큐브들의 개수를 찾는 문제이다. | 16, 17 | 2 |
| 유형7 | 큐브로 만들어진 3차원적인 코너면이 주어지고 그 빌딩에서 한 개 또는 그 이상의 지적된 쌓기 나무를 첨가하거나 제거한 후의 모습과 동일한 빌딩의 3차원적인 측면을 찾는 문제이다. | 18, 19, 20, 21 | 4 |
| 유형8 | 큐브로 만들어진 빌딩의 평면지도가 주어지고, 그와 같은 빌딩의 3차원적인 코너의 면을 찾는 문제이다. | 28, 29, 30 | 3 |
| 유형9 | 두 개의 다른 입체도형의 3차원적인 코너면이 주어지고 두 개를 결합시켜 만들 수 있는 빌딩의 3차원적인 코너면을 찾는 문제이다. | 31, 32 | 2 |
| 유형10 | 큐브로 만들어진 빌딩의 3차원적인 코너면이 주어지고, 그 빌딩의 다른 코너면을 발견하는 문제이다. | 22, 23, 24, 25, 26, 27 | 6 |

Marry Jean Winter, David Ben-Chaim, Alex Friedlander, Zaccheaus Oguntebi, Pat Yarbrough 등이다.

3) MGMP(Middle Grades Mathematics Projects)는 미국 National Science Foundation-Development in Science Education에서 지원한 연구비에 의해 이루어진 교육과정 개발 프로젝트로 그 연구 책임자는 Glenda Lappan이며 그 밖의 참가 교수로는 William M. Fitzgerald, Elizabeth Phillips,



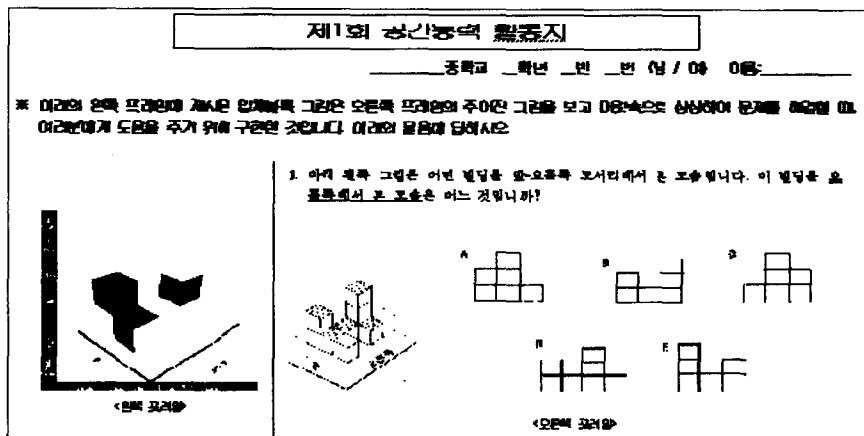
<그림 3> 웹 기반 가상현실 프로그램

나. 웹 기반 가상현실 공간시각화 학습 프로그램

실험 집단 A에서 사용한 프로그램은 웹 기반 가상현실 공간시각화 학습 프로그램으로, Kwon, Kim & Kim(2002)이 VRML을 프로그래밍하여 3차원적인 가상모형을 만들어 놓은 것이다. 이 프로그램에 쓰인 문항들은 MGMP의 공간 시각화 검사지에 나오는 문항들과 동형인 것들을 HTML문서로 작성해 놓은 것이다. 이것은 플러그인 프로그램에 의해 나타나는 데시보드를 이용하여 가상모형을 자유자재로 움직여 볼 수 있다.

다. 공간시각화 지면 학습지

실험 집단 B에서 사용한 공간시각화 지면 학습지는 지필 환경의 교실에서 학습하는 학습자들이 공간시각화 학습을 할 수 있도록 본 연구를 위해 제작한 것이다. 이때 쓰인 문항들은 웹 기반 가상현실 학습 프로그램에서 사용된 것과 동형으로 만들어졌으며, 학습자들이 머릿속으로 상상하는데 도움이 되도록 하기 위해, 학습지의 왼쪽 프레임에 3차원 가상모형의 화면을 넣었다.



<그림 4> 공간시각화 활동지 1회 1번

V. 자료 분석

1. 공간시각화 능력에서의 집단 차이

실험 집단의 무선화 단계를 거치지 않고 이미 정해져 있는 학급을 대상으로 실험 집단과 통제 집단을 구분하였으므로 실험 대상의 출발점 상태를 통제할 수가 없다. 따라서 사전검사점수의 집단간 평균에 대한 분산분석을 통해 집단의 동질성 검증을 실시하였다. <표 2>는 컴퓨터 집단(실험 집단 A)과 지면 집단(실험 집단 B), 통제 집단의 각 집단별 학업 성취도 검사에 대한 서술통계치이며, <표 3>는 사전검사에 대한 집단간 분산분석 결과이다.

<표 2> 각 집단별 학업 성취도 검사에 대한 서술통계

| | 컴퓨터 집단(55명) | | 지면 집단(64명) | | 통제 집단(75명) | |
|--------|-------------|------|------------|------|------------|------|
| | 평균 | 표준편차 | 평균 | 표준편차 | 평균 | 표준편차 |
| 사전 성취도 | 17.25 | 5.53 | 18.23 | 6.29 | 17.45 | 6.70 |
| 사후 성취도 | 22.18 | 5.53 | 23.91 | 5.16 | 18.61 | 7.97 |

<표 3> 사전검사에 대한 집단간 분산분석(ANOVA)

| 변산원 | 자유도 | 자승합 | 평균자승 | F |
|---------|-----|---------|-------|-------|
| 집단간(집단) | 2 | 33.35 | 16.68 | |
| 집단내(오차) | 191 | 7466.51 | 39.01 | 0.439 |
| 전체 | 193 | 7499.86 | | |

분석 결과 집단간의 점수 차이는 없는 것으로 나타났다($F_{(2,191)}=0.43, p=0.6533$). 즉, 컴퓨터 집단과 지면 집단 그리고 통제 집단간에 사전검사에 있어 평균 차이는

없었으며, 이것은 세 집단이 공간시각화 검사에서 동질 집단이라는 것을 의미한다.

웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램을 이용한 공간시각화 학습 방법과 지필 환경에서의 공간시각화 지면 학습지를 사용한 학습방법이 중학교 3학년 남녀학생들의 공간시각화 능력에 어떤 영향을 미치는지를 보기 위한 세 집단의 사후검사 점수를 분산분석한 결과는 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 사후검사에 대한 집단간 분산분석

| 변산원 | 자유도 | 자승합 | 평균자승 | F |
|---------|-----|---------|--------|-----------|
| 집단간(집단) | 2 | 1017.87 | 508.94 | |
| 집단내(오차) | 191 | 8025.41 | 42.02 | 12.11**** |
| 전체 | 193 | 9043.28 | | |

**** $p < .0001$

분석 결과 사후검사에 대한 집단간 분산분석 결과 집단간에 차이가 있는 것으로 나타났다($F_{(2,191)}=12.11, p=0.0001$). 따라서 어느 집단간에 평균의 차이가 있는지를 알아보기 위하여 Tukey의 사후검증을 하였고 그 결과 컴퓨터 집단과 통제 집단, 지면 집단과 통제 집단간의 평균의 차이가 각각 3.568, 5.293으로 나타났으며, 유의수준 0.05에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 컴퓨터 집단과 지면 집단의 평균의 차이는 1.724로 지면 집단의 평균이 조금 높은 값을 나타내었으나 유의수준 0.05에서 통계적으로는 유의미하지 않았다. 따라서 사전검사에서의 집단간 평균에 대한 변량분석 결과 세 집단의 평균이 동질적이었는데 반해 사후검사에서는 위와 같은 결과를 나타내었으므로 프로그램의 효과가 있다고 할 수 있다.

<표 5> 각 집단의 사후검사와 사전검사의 차이 검증

| 집단 | N | 사전검사점수 | 사후검사 | 사후-사전 | t |
|--------|----|-------------|-------------|------------|-----------|
| 컴퓨터 집단 | 55 | 17.25(5.53) | 22.18(5.53) | 4.93(4.11) | 8.89**** |
| 지면 집단 | 64 | 18.23(6.29) | 23.91(5.16) | 5.67(4.10) | 11.06**** |
| 통제 집단 | 75 | 17.45(6.70) | 18.61(7.97) | 1.16(5.15) | 1.95 |

**** $p < .0001$

구체적으로 두 프로그램의 효과를 알아보기 위하여 사후검사에서 사전검사의 점수를 뺀 점수가 통계적으로 유의미한가를 알아보기 위해 집단별로 t-검증을 실시하였고 그 결과는 <표 5>와 같다.

분석 결과 컴퓨터 집단과 지면 집단에서는 사후검사에서 사전검사 점수를 뺀 학습효과 점수가 통계적으로 유의미하였다. 그러나 통계 집단의 점수는 유의미하지 않았다. 따라서 컴퓨터 집단과 지면 집단에서의 사후검사는 통계적으로 의미 있게 향상된 점수를 보였으나 통계 집단에서는 사전검사와 사후검사간에 의미 있는 변화가 없었다.

2. 공간시각화 능력에서의 성별차이

공간시각화 능력에 성별 차이가 존재하는지를 살펴보기 위하여 실험집단 남학생과 여학생의 사전 검사 점수의 평균을 t-검증을 하여 그 차이를 분석한 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 성별 사전검사에 대한 t-검증

| 성별 | N | 평균 | 표준편차 | 자유도 | t |
|-----|----|-------|-------|-----|---------|
| 남학생 | 55 | 19.33 | 5.731 | 117 | 2.698** |
| 여학생 | 64 | 16.45 | 5.85 | | |

**p<0.01

분석 결과 남학생의 평균점수와 여학생의 평균점수 사이의 t값은 통계적으로 유의하였으며, 남학생이 여학생에 비해 평균 점수가 2.87점 높게 나타났다. 그리고 성별 사후검사에 대한 서술 통계는 <표 7>과 같다.

<표 7> 성별 사후검사에 대한 서술통계

| 성별 | N | 평균 | 표준편차 | 교정평균 |
|-----|----|-------|------|-------|
| 남학생 | 55 | 24.04 | 5.46 | 23.00 |
| 여학생 | 64 | 22.31 | 5.22 | 23.14 |

사전 검사에서 성별 차이가 나타났으므로 사후 검사에 대한 성별 평균에 대한 분석을 위해서 사전 검사를 공변량으로 하여 사전 검사의 효과를 배제한 후의 효과를 분석하였고 그 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 남·여의 사후 검사에 대한 공변량 분석표

| 변산원 | 제 III 자승합 | 자유도 | 평균자승 | F | p |
|------------|-----------|-----|----------|--------|-----|
| 수정 모형 | 1931.81 | 4 | 482.95 | 37.16 | .00 |
| 절편 | 1402.65 | 1 | 1402.649 | 107.91 | .00 |
| 성별 | 0.51 | 1 | 0.51 | 0.04 | .84 |
| 집단 | 30.05 | 1 | 30.05 | 2.31 | .13 |
| 사전총점 (공변량) | 1712.96 | 1 | 1712.96 | 131.79 | .00 |
| 성별 * 집단 | 19.17 | 1 | 19.172 | 1.48 | .23 |
| 오차 | 1481.77 | 114 | 12.998 | | |
| 합계 | 66964.00 | 119 | | | |
| 수정 합계 | 3413.58 | 118 | | | |

분석 결과 공변량 효과를 제거했을 때의 성별의 차이는 F값이 0.04이며, p값이 0.84로 통계적으로 유의미하지 않았다. 즉, 사전 검사에서는 성별의 차이가 있었으나, 사후 검사에서 성별의 차이가 없는 것으로 나타났기 때문에 각 프로그램의 효과가 성별에 영향을 미침을 알 수 있다.

3. 공간시각화 학습 방법이 집단별·성별에 미치는 영향

각각의 공간시각화 학습 프로그램이 남녀 학생들의 공간시각화 능력에 어떤 효과가 있는지 알아보기 위해, 각각의 집단내에서 남녀 학생의 사전 검사와 사후 검사간 평균 차이에 대한 t-검증을 실시한 결과는 다음 <표 9>과 같다. 이 때, 사전 검사와 사후 검사간 평균 차이는 공간시각화 능력에 대한 학습 효과를 나타낸다.

<표 9> 각 집단내의 성별 평균에 대한 t-검증

| 집단 | 성별 | N | 사전검사 | | 사후 검사 | | 사후-사전 | | t |
|--------|----|----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | | | 평균 | 표준편차 | 평균 | 표준편차 | 평균 | 표준편차 | |
| 컴퓨터 집단 | 남 | 25 | 19.20 | 5.77 | 23.84 | 5.34 | 4.64 | 4.05 | -0.47 |
| | 여 | 30 | 15.63 | 4.85 | 20.80 | 5.38 | 5.17 | 4.21 | |
| 지면 집단 | 남 | 30 | 19.43 | 5.79 | 24.20 | 5.64 | 4.77 | 4.05 | -1.68 |
| | 여 | 34 | 17.18 | 6.60 | 23.65 | 4.76 | 6.47 | 4.04 | |
| 통계 집단 | 남 | 32 | 18.31 | 7.01 | 19.63 | 8.38 | 1.31 | 3.80 | 0.23 |
| | 여 | 43 | 16.81 | 6.47 | 17.86 | 7.66 | 1.05 | 6.01 | |

세 집단 모두 사후검사 점수에서 사전검사 점수를 뺀 학습효과의 평균점수에서 남녀간에는 유의수준 0.05수준에서는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 그러나 성별 학습효과 사후-사전의 평균점수를 살펴보면 컴퓨터 집단과 지면 집단에서 여자가 남자보다 높은 점수를 나타내며 특히 지면집단에서는 여학생이 남학생보다 학습효과가 크게 나타나며 유의수준 0.10에서는 통계적으로 유의미한 결과를 나타내었다($t_{\alpha}=-1.68, p=0.09$).

4. 성별에 따른 문제 유형별 공간시각화 학습효과

남학생과 여학생의 공간시각화 검사지 문제유형별로 가장 효과적인 공간시각화 학습 방법을 알아보기 위해, 남학생과 여학생의 세 집단의 문항별 사전·사후간 점수 차이를 공간시각화 검사지의 문제유형별로 묶어서 집단간 비교하는 다변량분산분석을 실시하였다. 이 분석을 통해 남학생과 여학생의 공간시각화 검사지의 각 문제유형에서 세 집단의 학습 효과가 다른지를 살펴보고, 사후 다중 비교를 문제유형별로 실시하여, 남학생과 여학생의 공간시각화 검사지 문제유형별로 가장 효과적인 공간시각화 학습 방법을 알 수 있다. 남녀학생의 각 집단의 문항별 사전 검사와 사후 검사의 점수 차이의 평균들이 서로 다른지를 살펴본 다변량분산분석 결과는 <표 10>에 나타나 있다.

<표 10> 다변량 분산분석 결과

| 구분 | 성별 | 비 | F-비 | 자유도 | p-값 |
|---------------|----|------|---------|---------|--------|
| Wilk's Lambda | 남자 | 0.64 | 1.88* | 20, 150 | 0.0175 |
| Wilk's Lambda | 여자 | 0.60 | 2.81*** | 20, 190 | 0.0001 |

* $p < .05$, ** $p < 0.01$ *** $p < .001$

<표 11>에서 알 수 있듯이, 남학생, 여학생 모두 컴퓨터 집단, 지면 집단, 통제 집단간에 공간시각화 문제 유형별 학습효과에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

이에, 각 문제 유형에, 사후 다중 비교를 실시하여, 남학생들과 여학생들의 각 문제유형에 어떤 집단의 공간시각화 학습 방법이 가장 효과적인지를 살펴보았다. <표 12>는 문제 유형별에 따른 남학생, 여학생의 평균과 표준편차를 나타낸다.

<표 11> 남녀별로 문제 유형별 학습효과의 평균과 표준편차

| 문제 유형 | 남학생 | | | 여학생 | | |
|-------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| | 컴퓨터 집단 | 지면 집단 | 비교 집단 | 컴퓨터 집단 | 지면 집단 | 비교집단 |
| 유형1 | 0.48(0.87) | 0.63(1.03) | 0.16(0.88) | 0.60(1.04) | 1.00(0.98) | 0.35(1.23) |
| 유형2 | 0.92(1.04) | 0.07(1.17) | 0.28(1.11) | 0.83(1.26) | 0.91(1.00) | 0.51(1.03) |
| 유형3 | 0.92(1.12) | 0.17(1.15) | -0.13(1.43) | 0.70(1.53) | 0.44(1.33) | -0.42(1.24) |
| 유형4 | -0.08(0.40) | 0.17(0.53) | -0.09(0.64) | -0.03(0.61) | 0.09(0.38) | -0.12(0.66) |
| 유형5 | 0.00(1.47) | 0.40(1.22) | -0.03(1.23) | 0.33(1.47) | 0.79(1.45) | 0.23(1.23) |
| 유형6 | 0.20(0.50) | 0.37(0.67) | 0.03(0.74) | 0.20(0.81) | 0.29(0.58) | 0.23(1.00) |
| 유형7 | 0.36(0.91) | 0.43(0.97) | -0.13(1.31) | 0.33(1.24) | 1.06(0.92) | -0.16(1.09) |
| 유형8 | 0.08(1.35) | 0.30(1.06) | 0.41(0.80) | 0.50(1.17) | 0.24(0.78) | 0.19(0.82) |
| 유형9 | 0.56(1.00) | 0.70(0.75) | 0.28(0.63) | 0.40(1.04) | 0.74(0.71) | 0.02(0.91) |
| 유형10 | 1.20(1.73) | 1.53(1.14) | 0.53(1.27) | 1.30(1.66) | 0.91(1.14) | 0.21(1.93) |

사후다중비교를 위한 Turkey 검정 결과, 남학생은 유형 2와 유형 3에서 컴퓨터 집단이 지면 집단과 비교해 유의수준 .05에서 유의미한 차이를 보였고, 유형 10에서 지면 집단이 통제 집단에 대비해 유의미한 차이를 보였다. 한편, 여학생은 유형 1과 유형 3에서 지면 집단이 통제 집단에 대비해 유의미한 차이를 보였고, 유형 7에서 지면 집단이 컴퓨터 집단과 통제 집단에 대비해 유의수준 .05에서 유의미한 차이를 보였으며, 유형 9에서 지면 집단이 통제 집단에 대비해 유의수준 유의미한 차이를 보였다. 또, 유형 10에서 컴퓨터 집단이 통제 집단에 대비해 유의수준 .05에서 유의미한 차이를 나타내었다. 즉, 남학생들은 공간시각화 능력을 향상시키는데 주로 웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램을 이용한 학습 방법(유형 2, 3)에서 도움을 받은 데 반해, 여학생들은 지필 중심의 공간시각화 학습 방법(유형 1, 3, 7, 9, 10)에서 주로 도움을 받았음을 알 수 있다. 여학생은 남학생보다 여러 문제유형에서 웹기반 가상현실 공간시각화 프로그램보다는 지필 중심의 공간시각화 프로그램에서 긍정적인 효과를 보였음을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 연구는 웹 기반 가상현실 공간시각화 프로그램과 지필 중심 공간시각화 프로그램을 개발하고 현장 교육에 적용해 봄으로써 개발 전 공간시각화 프로그램의 효과를 성별로 분석하였다. 중학교 3학년 194명을 대상으로 프

로그래를 투입한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 사전검사 결과 유의수준 0.05에서 남학생의 공간시각화 검사 평균점수가 여학생의 평균점수보다 높았다. 그러나 프로그램 적용 후 남·여학생의 공간시각화 평균점수가 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 컴퓨터 집단과 지면 집단의 성별 학습효과는 여학생이 남학생보다 높았다. 이는 개발한 두 프로그램이 여학생에게 긍정적인 영향을 주었다고 볼 수 있다.

둘째, 웹 기반 공간시각화 프로그램을 적용한 컴퓨터 집단과 지면집단 간에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이것은 웹 기반 가상현실을 이용한 공간시각화 프로그램과 지필 중심의 공간시각화 프로그램이 공간화 능력 신장에 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 이 연구 결과는 적절한 교육적 중재가 제공되었을 때, 공간시각화능력과 기술은 신장될 수 있다는 연구 결과(Ben-Chaim, Lappan & Houang, 1988; Battista, 1990; Lean & Clements, 1981; Michelmor, 1975)들의 결론과 일치한다.

셋째, 각 집단에 따라 성별의 학습효과를 사전검사와 사후검사의 차이 검증을 실시한 결과 컴퓨터집단보다는 지면집단에서 여학생이 남학생보다 더 긍정적인 효과를 나타내며 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 유의수준 0.1에서 차이가 있어 실질적유의성 (practical significance) 이 있다고 해석할 수 있다. 이 분석결과는 여학생이 지필 중심의 공간시각화 학습방법에서 긍정적인 효과를 나타낸 문제 유형별 분석결과와도 일치한다. 이것은 컴퓨터의 컴퓨터 사용 경험(예를 들면 컴퓨터 그래픽, 워드 프로세싱, 프로그램 작성, 자료 관리, 인터넷, 전자 우편, 컴퓨터 게임, 컴퓨터 교육 등)에 있어서 성별 차이가 있으며 이 경험이 컴퓨터 불안과 태도에 성별 차이와 상관이 있다는 연구(Mark, 1992; Shashaani, 1995; 조아미, 1995)에 주목할 필요가 있다는 것을 의미하며, 이와 관련된 후속 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

김영옥 (2000). 공간시각화 학습에서의 웹 기반 가상 현실 프로그램 개발 및 효과 분석, 이화여자대학교 석사 학위논문.

권오남·박경미 (1995). 수학적취도에 있어서의 성별차이에 대한 고찰, 『한국여성학』 11, pp.202-203.

권오남·박경미·임형·허라금 (1996). 공간능력에서의 성별차이에 관한 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육> 35, pp.125-141.

교육부 (1997). 수학과 교육과정, 교육부 고시 제 1997-15 호 <별책 8>

나일주 (1999). 웹기반 교육의 전개. 웹 기반 교육, 교육과학사. 3-19.

조아미 (1995). 학년과 성별에 따른 수학에 대한 태도와 수학불안의 차이, 인간발달연구 23, pp.95-111.

황정규 (1984). 인간의 지능, 서울: 민음사.

Battista, M.T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry, *Journal for Research in Mathematics Education* 21(1), pp.47-60.

Ben-Chaim, D.; Lappan, G. & Houang R.T. (1988). The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls, *American Educational Research Journal*, 25(1), pp.51-71.

Ben-Chaim, D.; Lappan, G. & Houang, R.T. (1989). Adolescents' ability to communicate spatial information: Analyzing and effecting students' performance, *Educational Studies in Mathematics* 20. pp.121-146.

Bishop, A.J. (1983). Space and geometry. In R. Lesh & M. Landan (Eds.), *Acquisition of mathematics concepts and processes*, New York, NY: Academic Press.

Dede, C.J. (1992). The future of multimedia: Bridge to virtual world. *Educational Technology* 32(5), pp.54-60.

Fennema, E. & Sherman, J.A. (1977). Sex-related difference in mathematics achievement, spatial visualization and affective factors. *American Educational Research Journal*, 14(1), pp.51-71.

Fennema, E. & Tartre, L.A. (1985). The use of spatial visualization in mathematics by girls and boys. *Journal for Research in Mathematics Education* 16(2), pp.184-206.

Ferrini-Mundy, J. (1987). Spatial training for calculus students: Sex differences in achievement and in visualization ability. *Journal for Research in Mathematics Education* 8(2), pp.126-140.

- Harris, L.J. (1981). Sex-related variations in spatial skill, in L.S. Liben, A.H. Patterson, and N. Newcombe(Eds), *Spatial Representation and Behavior Across the Life Span: Theory and Application*, pp.83-125, New York: Academic Press.
- Khan, B.H. (1997). Web-Based Instruction(WBI): What is it and Why is it? In Badrul H. Khan(ed.), *Web-Based Instruction*, pp.5-18, Englewood Cliffs. NJ: Educational Technology Publications. Inc.
- Kwon, O.N.; Kim, Steven, & Kim, Y. (2002). Enhancing spatial visualization through virtual Reality on the web: Software Design and Impact Analysis, *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, **21(1)**, pp.17-31.
- Lean, G. & Clements, M.A. (1981). Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance. *Educational Studies in Mathematics* **12**, pp.267-299.
- Linn, M.C. & Petersen, A.C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development* **56**, pp.1479-1498.
- Lohman, D.F. (1979). *Spatial ability: A review and reanalysis of the correctional literature* (Tech. Report 8) Stanford (Aptitude Research Project. School of Education. Stanford University.
- Mark, J. (1992). Beyond Equal Access: Gender Equity in Learning with Computer. *WEEA Digest*.
<http://www.terc.edu/mathequity/>
- Mark, J. & Hanson, K. (1992). Beyond equal access: Gender Equity in Learning with computers. *Women's Educational Equity Act Publishing Center Digest*.
- McGee, M.G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences, *Psychological Bulletin* **86(6)**, pp.889-918.
- Michelmore, M.C. (1975). The perceptual developments of Jamaican students with spacial reference to visualization and drawing of three-dimensional geometrical figures and the effects of spatial training. (Doctoral dissertation, Ohio State University, 1974). Dissertation Abstracts International **35**, 7310A.
- Murray, M. & Kliman, M. (1999). Beyond Point and Click: The Search for Gender Equity in Computer Games. *ENC focus* **6(3)**, pp.23-27.
<http://www.enc.org/focus/topics/edtech/articles/a04/index.htm>
- Ritchie, D.C. & Hoffman, B. (1996). Using Instruction Design Principles to Amplify Learning on The World Wide Web.
<http://edweb.sdsu.edu/clrit/learningtree/DCD/WWWInstrdesign/WWWInstrdesign.html-size4 K-12>.
- Shashaani, L. (1995). Gender Differences in Mathematics Experience and Attitude and Their Relation to Computer Attitude. *Educational Technology* **35(3)**, pp.32-38.
- Scali, R.M.; Brownlow, S. & Hicks, J.L. (2000). Gender Differences in Spatial ask Performance as a Function of Speed or Accuracy Orientation. *Sex Roles* **43**, pp.359-376.
- Tall, D. (1991). *Advanced mathematical thinking / edited by David Tall* pp.231-243, Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Thomas, D.A.; Johnson, K. & Stevenson, S. (1996). Integrated mathematics, science, and technology: An introduction to scientific visualization. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* **15(3)**, pp.267-294.

The Gender-Related Effects of a Web-Based Virtual Reality Program and a Paper-Based Program on Spatial Visualization Skills of Middle School Students

Kwon, Oh Nam

Dept. of Mathematics Education, Ewha Womans University, Seoul Korea, 120-750
onkwon@mm.ewha.ac.kr

This study was conducted to investigate the gender-related effects of two instructional programs on spatial visualization skills of ninth grade students. Two instructional programs were developed for this study: a web-based virtual reality program and a paper-based program. 194 ninth graders from two middle schools in Seoul participated in this study. Six classes were divided into experimental groups and control groups. The Middle Grades Mathematics Projects (MGMP) Spatial Visualization Test was used to measure spatial visualization skills. The data analysis indicated that both the web-based and paper-based programs were effective to improve spatial visualization skills to treatment groups. Although boys' test mean scores were higher than girls' in the pretest, when deleting the effect of covariance of pretest, there were no statistical significance in the post-test. Girls in the treatment groups favored the paper-based spatial visualization program. These results imply that spatial training may benefit girls' performance more than that of boys and mode of instructional programs can create gender-related differences regarding spatial visualization skills.

* ZDM classification : U13

* MSC2000 classification : 97U99

* key word : spatial visualization, gender-related differences,
virtual reality, web-based instruction.