

## 수학교육에서 컴퓨터 환경이 지니는 유창성의 의미

김화경<sup>1)</sup>

이 글은 컴퓨터 환경에서의 유창성 교육에 대하여 논의한다. 여기서 유창성이란 컴퓨터 환경, 기술 정보 환경을 이용하여 지식을 재조직하고, 창의적이고 적절한 방법으로 자신을 표현하고, 정보를 단지 이해하기 보다는 생산하거나 만드는 능력을 말한다. 이 글은 구성주의적 입장에서 유창성 교육의 의미와 유창성 교육을 위한 학습 전략으로 디자인을 통한 학습에 대하여 살펴본다. 또한 디자인을 통한 학습 환경으로 수학교육용 마이크로월드설계의 설계 원칙을 생각하고 이를 적용하여 마이크로월드를 구현한다. 마지막으로 이 환경에서의 학습-지도 사례를 제시하여 그 의미를 생각한다.

주요용어 : 컴퓨터와 수학교육, 구성주의, 마이크로월드, 디자인과 학습, 유창성, 통합 환경, 타일, 전개도

### I. 들어가며

Resnick(2002)은 다가오는 미래는 지식 정보화 사회를 넘어 창의력이 강조되는 창의적 사회라고 말한다. 미래의 창의적 사회에서 중요한 것은 많은 지식의 습득이 아니라 창의적으로 생각하고 행동하는 것이며, 이러한 창의적 사회에 대비하기 위해서는 적절한 새로운 기술 도구를 아동들에게 제공해야 한다. 특히 이 도구는 단순히 지식을 전달하는 매개체가 아닌, 원하는 결과물을 얻을 수 있고 자신을 표현할 수 있는 창의적 도구가 되어 한다. 즉, 새로운 도구는 텔레비전과 같은 정보의 전달 수단이 아닌 그림을 그리기 위한 창의적 표현 도구인 붓이 되어야 한다. 기술 환경의 새로운 도구인 컴퓨터 환경을 붓과 같이 사용하는 능력을 기술 환경<sup>2)</sup>에서의 유창성(flucency in technology)이라고 한다. National Research Council(1999; NRC)는 다음과 같이 기술 환경에서의 유창성을 정의하고 있다.

‘컴퓨터 환경에서 지식을 재조직하고, 창의적이고 적절한 방법으로 자신을 표현하고, 정보를 단지 이해하기 보다는 생산하거나 만드는 능력’ (NRC, 1999).

이러한 기술 환경에서의 유창성은 수학적 사고를 통한 수학적 표현과 관련하여 컴퓨터

1) 서울대학교 대학원 (indices2@snu.ac.kr)

2) 이 글은 여러 가지 다른 기술 환경 중 컴퓨터 환경에 주목한다.

와 수학교육(조한혁, 2003)에서도 중요한 연구 문제이다. 컴퓨터를 단순히 지식 전달의 수단으로 보지 않고 사고도구나 수학적 의미를 보는 창(Noss et al., 1996)으로 여겨 수학교육을 생각한다면, 컴퓨터 환경에서의 유창성은 그 전제 조건이다. 텔레비전을 보듯이 수학적 정보나 사실 등이 컴퓨터를 통하여 전달되는 교수 상황에서와는 달리 컴퓨터 환경과 함께 사고하는 학습 상황에서 유창성이 꼭 필요하다. 즉, 컴퓨터 환경에서, 수학적 지식을 재조직하고 수학적으로 자신을 표현하고 수학적 구조를 가진 정보를 생산하거나 만드는 능력이 중요하다. 그러나 이런 능력 계발을 위한 수학교육 연구가 전무한 것이 사실이다.

그렇다면 컴퓨터가 수학교육에서 단순한 텔레비전이 아닌 창의적 도구인 붓이 될 수 있는 방법은 무엇인가? 이 문제에 대한 해결 방법은 다시 두 가지 측면에서 접근해야 한다. 하나는 컴퓨터 환경 설계의 측면으로, 바람직한 컴퓨터 환경의 설계를 연구하고 이를 구현하여 아동에게 제공해야 한다. 다른 하나는 구현된 환경에서의 학습의 설계 측면으로, 유창성 교육을 위한 바람직한 학습 전략을 생각해야 한다. 나아가 이 두 가지 측면은 서로 유기적으로 연결되어야 한다. 즉, 컴퓨터 환경을 설계하고, 그 환경을 수업에 적용하고, 다시 컴퓨터 환경 설계에 반영하고, 수업에 적용하는 유기적 관계가 필요하다.

이 글은 어떻게 하면 컴퓨터가 학습자에게 수학교육을 위한 붓이 될 수 있는 방법을 알아보려 한다. 이를 위하여 먼저 문헌 자료와 선행 연구들을 통하여 유창성의 의미를 보다 자세히 알아보고, 나아가 바람직한 유창성 교육을 위한 유용한 학습 전략은 어떤 것이 있을지 생각한다. 이후 유창성 측면에서 바람직한 컴퓨터 환경이 가져야 할 특징이 무엇인지 그 설계 원칙을 알아보고, 이러한 원칙으로 설계할 수 있는 컴퓨터 환경을 설계·구현하여 제시한다. 마지막으로 그 컴퓨터 환경에서의 학습-지도 사례를 통해 컴퓨터 유창성 교육의 가능성을 모색한다.

## II. 이론적 배경

Ackermann(2004)는 Piaget의 'constructivism', Papert의 'constructionism'과 Vygotsky로부터 시작된 '사회 구성적 접근(socio-constructivist approach)'를 비교하고 있다. 이들 이론들은 모두 발달 학습이론들로서, 지식은 단순히 전이되는 것이 아니라 학습자가 적극적으로 구성하는 것이라는 관점을 가지고 있다. 그러나 각각의 이론들에서 학습을 위해 강조하는 것은 경험, 도구, 사회 등으로 차이가 있다. 우리는 이 중에서 도구를 통한 학습을 강조하는 Papert의 구성주의(constructionism<sup>3)</sup>)를 이론적 배경으로 한다. 이는 컴퓨터 환경을 통한 학습을 생각하고 있기 때문이다. 다음과 같이 Kafai et al.(1996)은 구성주의를 설명하고 있다.

구성주의는 학습이론이면서 또한 교육을 위한 전략이다. 기본적인 관점은 지식은 단순히 교사에게서 학습자로 전달되는 것이 아니라, 학습자의 마음속에서 활발하게 다시 구성되어진다는 Piaget식 constructivism이다. 즉, 아동들은 아이디어를 얻는 것이 아니라 만드는 것이며, 따라서 구성주의는 학습자들이 외부의 인공물들(로봇, 시, 모델링, 컴퓨터 프로그램)을 활발하게 만드는 여러 환경에 관심이 많다. 즉 구성주의는 개인적으로 의미 있는 인공물을 구성하며 또한 그러한 맥락 속에서 지식의 구성을 추구

3) 이 글에서 구성주의는 모두 Papert의 constructionism을 말한다. Piaget의 constructivism은 별도로 영어로 제시하도록 하겠다.

하는 두 종류의 구성과 관계된다(Kafai et al., 1996, p. 1).

이러한 구성주의는 학습자 혹은 아동이 인공물을 직접 만들 수 있는 놀이 공간(playground)을 필요로 한다. 이러한 놀이 공간을 컴퓨터 세계 속에 만든 것이 바로 마이크로월드(microworld; Edwards, 1995)이다. Papert(1980)가 Logo를 만든 이후로 많은 마이크로월드가 만들어졌다. 대표적으로 Logo 기반으로 설계된 StarLogo(Resnick, 1994), Boxer(diSessa, 2000), JavaMAL(조한혁, 2003)과 마우스 끌기(dragging)를 통한 직접 조작 환경인 Geometer's Sketchpad(GSP; Goldenberg et al., 1998), Cabri(Laborde et al., 2001) 등이 있다. 우리는 이 글을 통해 구성주의적 관점에서 컴퓨터 환경이 지니는 유창성의 의미와 그 교육을 위한 학습 전략을 알아보려 한다.

## 1. 컴퓨터 환경에서의 유창성

컴퓨터를 비롯한 기술 환경의 발전은 컴퓨터 사용 기술이라는 새로운 소양(literacy) 능력을 요구한다. 문자가 없던 말로만 의사소통을 하던 시대에 비하여 문자가 도입되면서 글을 읽고 쓸 수 있는 능력 개발이 교육의 주요한 목표의 하나가 되었듯이, 컴퓨터 환경이 급속히 발전하고 있는 지식 정보화 사회에는 주어진 컴퓨터 환경을 이용할 수 있는 기술, 즉 컴퓨터 소양 능력이 필수적이다. 그러나 지식 정보화 사회를 넘어 창의적 사회에는 단순한 컴퓨터 소양 능력보다 컴퓨터 환경에서의 유창성이 보다 강조되고 있다. NRC(1999)은 정보 기술 환경에서의 유창성이란 “지식을 재조직하고, 창의적이고 적절한 방법으로 자신을 표현하고, 정보를 단지 이해하기 보다는 생산하거나 만드는 능력”이라고 정의하고 있다. 컴퓨터 환경에서의 유창성은 기존의 컴퓨터 소양 능력 개념을 확장한 것으로, 기존에 정의된 컴퓨터 활용 능력보다는 정보처리나, 의사소통, 문제해결을 위하여 정보 기술에 대한 더 깊고, 더 중요한 이해와 숙련이 필요하다고 보고 있다.

NRC(1999) 보고서는 또한 과거에 컴퓨터 소양 교육이 주로 교실 환경, 특히 컴퓨터-과학 교실에서 많이 다루어졌지만, 방과 후의 비정규적 교육 활동이 유창성 계발을 위한 주요한 부분이 되어야 한다고 지적하고 있다. 또한 이 보고서는 미국에는 예전에 비하여 많은 지역 센터들이 생겼지만, 그 대부분은 기본적 컴퓨터 활동인 워드(word) 작성, 이메일(email), 웹(web) 탐색 등의 컴퓨터 소양 교육에 치우쳐 있다는 점을 지적하고 있다. 마찬가지로 학교 방과 후 특기/적성 교육은 교육용 게임들의 소개 등만을 제시하는 경향이 강하다고 말한다. 이러한 유창성 교육의 한계는 우리나라에서도 마찬가지로 초등학교에서 운영되는 방과 후 특기/적성 교육 프로그램들이나 지역적으로 운영되는 센터들은 워드 작성, 이메일, 웹 탐색 등에 치우쳐 있다.

Resnick(2002)은 유창성 교육의 한계를 극복하기 위하여 다른 방식의 방과 후 특기/적성 교육(The Clubhouse)의 운영을 시도하고 있다. 이 방과 후 특기/적성 교육은 기존의 완성된 컴퓨터 환경뿐만 아니라 연구자들이 직접 만든 환경이 이용된다. 이 방과 후 특기/적성 교육에 이용되는 컴퓨터 환경의 공통된 특징은 참여자가 스스로 무언가를 만들 수 있는 환경이라는 점이다. Resnick(2002)은 몇 년간의 방과 후 특기/적성 교육 운영 경험을 토대로 유창성 측면에서 'Photoshop 문화'를 언급하고 있다. 이는 특정 프로그램인 Photoshop이라는 프로그램을 이용하여 자신이 원하는 그림을 그리고, 그 그림을 통하여 서로 의사소통하는 문화를 말한다. 학생들은 자신의 그림을 그리고 인터넷 게시판을 통하

여 서로 공유하게 된다. Photoshop 사용 기술뿐만 아니라 Photoshop 환경에서 자기표현과 정보 생산 활동이 벌어지고 있음을 말하고 있다.

그러나 Resnick(2002)는 이러한 Photoshop 문화는 프로그래밍 수준으로는 발전하지 못한다고 지적한다. NRC(1999) 보고서는 프로그래밍과 연계된 기술이 유창성을 기르기 위한 핵심적인 역할을 한다고 지적하고 있다. 즉, 정보 기술이 어떻게 그리고 왜 작동하는지를 이해하는 데에는 프로그래밍과 같은 절차적(algorithmic) 사고가 중요하다는 것이다. 여기서 절차적 사고는 복잡한 문제를 잘게 쪼개어 간단한 문제들의 모임으로 만들고, 간단한 문제를 순차적으로 해결하여 전체 문제를 해결하는 수학적 사고방식을 말한다. 이러한 절차적 사고의 중요성은 다른 사람들(diSessa, 2000; Kay, 1991; Papert, 1980)도 강조하고 있다.

절차적 사고를 통한 유창성 교육 환경으로 가장 처음 고려된 것이 기존 전문적 프로그래밍 환경이다. 하지만 이러한 환경에서의 교육은 처음부터 유창성 교육을 목적으로 설계된 환경이 아니었으므로, 그리 성공적이지 못하였다. 이에 새로운 유창성 교육 환경의 설계에 대한 연구들(Orhun, 1995; Resnick et al., 2005)이 진행되게 된다. 마찬가지로 우리는 이 글을 통해 바람직한 컴퓨터 환경의 설계의 예를 제시하도록 하겠다.

## 2. 디자인을 통한 학습(Learning through design)

다음으로 유창성 교육을 위한 학습 전략을 생각해 보도록 하자. 컴퓨터 환경에서의 유창성은 컴퓨터 환경에서 어떤 인공물을 만들어 자신을 표현하는 것이므로 인공물 만들기를 강조하는 구성주의와 연결된다.

구성주의 원리인 만들기를 통한 학습(learning by making)을 보다 자기표현성이라는 측면으로 확장한 개념이 '디자인을 통한 학습(learning through design)'이다. 즉, 디자인 활동을 통한 학습이다. 본래 디자인 이론과 학습 이론은 서로 다른 것으로 여겨졌다. 특히 디자인 이론은 만드는 과정보다는 그 결과물을 중시한다. 이는 학습 결과보다는 과정을 중시하는 학습 이론과는 동떨어진 것으로 여겨졌다. 그러나 구성주의 학습 이론에서 만들기가 강조하게 되면서, 또한 디자인 이론에서 만드는 과정이 완성된 디자인에 주는 영향을 고려하게 되면서 두 이론은 서로 가까워졌다(Kafai, 1995). 특히 교육적 측면에서는 디자인 활동을 통한 학습의 가능성을 생각하게 되었다. 이렇게 학습자가 디자인 활동에 능동적으로 참여할 때의 학습을 생각하고, 장려하는 이론이 '디자인을 통한 학습' 이론이다. Papert는 이 이론이 새로운 것이 아니며 구성주의의 바람직한 확장이라 말하고 있다.

구성주의	Learning by Making	Learning through Design
대표 학자	Papert	Resnick, Kafai
학습 원천	물리적 인공물 구성 활동	디자인 활동
비교	독립된 인공물, 특정 지식	복잡한 인공물, 유창성

[표 1] 디자인을 통한 학습

[표 1]은 기존 구성주의 시각과 디자인을 통한 학습을 정리한 것이다. 또한 Harel(Kafai, 1995, 재인용)은 디자인을 통한 학습은 보다 복잡한 형태를 가진다고 말하고 있다. 즉, 디자인을 통한 학습은 문제 해결뿐만 아니라 문제 제기나 문제에 대한 반성도 포함하는 복잡한 해결 양태를 가진다는 점을 지적하고 있다.

디자인을 통한 자기표현과 결과물 만들기는 유창성의 의미와 부합한다. 이에 디자인을 통한 학습 전략은 컴퓨터 환경에서의 유창성 교육을 위한 하나의 학습 방법이 될 수 있다. 여기서 실제 디자인을 통한 학습을 시도한 예를 살펴보자. 선행 연구에서 발견되는 디자인을 통한 학습의 시도 사례들은 다시 그 의도에 따라 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 교과 내용과 연계된 의도를 가지고 진행하는 경우이고, 둘째는 특정 학습 의도 보다는 유창성 계발을 위한 경우이다. 김남희(2004), Shaffer(1997)는 디자인 활동을 수학적 내용과 연결하여 수학 학습 측면에서 살펴보고 있다. 반면 Eisenberg(2002)와 Resnick et al.(2005)은 컴퓨터 환경에서의 유창성 계발 측면에서 디자인을 통한 학습 환경을 고려하고 있다. 그러나 전자의 특정 의도를 가진 전자의 경우라 하더라도 드러내 놓고 학습자에게 그 의도를 강요하지 않으며 정의적인 측면과 많은 부분 연결된다.

### Ⅲ. 컴퓨터 유창성 학습-지도 마이크로월드 설계

유창성 교육을 위한 컴퓨터 환경의 설계 원칙으로 우리는 다음 네 가지 원칙을 제시한다. 첫째, 기존 수학교육을 위한 컴퓨터 환경과 크게 다르지 않아야 하며, 둘째, 디자인 활동 환경이어야 하며, 셋째, 수학적으로 설계 되어야 하며, 마지막으로 인터넷 학습 환경이어야 한다. 이 환경은 구성주의 입장에서 수학교육을 위한 컴퓨터 환경이므로 수학적 마이크로월드라고 부르기로 하겠다. 각각을 설계 원칙으로 삼는 이유와 구체적 실천 방안을 살펴보자.

① 수학적 마이크로월드는 기존 환경들의 통합 환경이어야 한다. 일찍이 Papert(1980)는 학습자가 원하는 그림을 그릴 수 있는 환경으로 Logo를 제시하였고, 이는 가장 대표적인 수학교육 환경이다. 학습자는 자신이 원하는 것을 만들기 위해 수학을 사용하여 디자인한다. 다른 환경으로 Shaffer(1997)는 동적 기하 환경(dynamic geometry system; DGS; Goldenberg et al., 1996)인 GSP 환경에서의 디자인을 통한 기하 감각의 발달에 대하여 논의하고 있다. DGS 환경은 기존의 정적인 학교기하를 동적인 측면에서 바라볼 수 있도록 하는 환경이다. Logo와 DGS는 가장 대표적인 수학적 마이크로월드 환경이지만 서로 다른 조작 방법을 이용하는 환경이다. 그러나 Eisenberg(1995)는 Logo와 같은 프로그래밍 환경과 DGS와 같은 직접 조작 환경이 서로 대립되는 것이 아니라 상호 보완적이라고 말한다. 또한 바람직한 교육용 소프트웨어는 직접 조작 인터페이스와 쌍방향 프로그래밍 환경이 적절히 함께 존재하는 통합 환경이어야 한다는 점을 지적하고 있다. 통합 환경에 대한 연구로 Sherin(2002)은 프로그래밍 환경의 입장에서 DGS의 설계에 대하여 논하고 있다. 그러나 한쪽을 강조하여 다른 한쪽을 흡수하여 설계하는 것보다 좀더 능동적인 통합 환경으로 설계하여야 한다.

② 동적 움직임이 강조되는 환경이어야 한다. 초기 Logo의 성공적인 적용에도 불구하고, 기술 환경의 발전은 보다 동적이고 흥미로운 프로그램을 요구하게 되었다. 움직이는 디자인이 가능한 환경은 유창성 측면과 더불어, 수학적 지식과 물리 현상의 연결

(Wilensky, 1993)시키는 기능을 한다. 예를 들어 은하계의 운동을 디자인 한다던지, 물체의 낙하 현상을 컴퓨터에서 실험하는 일들은 컴퓨터 환경의 동적인 특성 때문에 가능한 활동이다.

③ 수학적 구조를 가지고 설계된 수준 상승 환경이어야 한다. 수학적 구조와 동떨어져서 흥미만을 유발하는 것을 경계하여야 하며, 또한 직접적으로 수학적 지식을 강요하는 환경이어서도 안 된다. 유창성 교육이 이후의 수학교육과 연계되거나 유창성 교육이 잠재적으로 수학교육을 포함하고 있는 것이 바람직할 것이다. 이는 어떤 의미로 처음 설계 원칙과 관련이 되어 있다. 기존의 수학적 마이크로월드의 특성을 유지하는 통합 환경의 설계로 수학적 구조는 보존될 수 있다.

④ 협동 학습 환경이어야 한다. 디자인 활동은 협동성이 강조되며, 컴퓨터 환경에서의 학습이 소집단활동으로 조직될 때 그 효과가 크다는 연구 결과가 알려져 있다(Stahl et al., 2003). 나아가 근본적으로 컴퓨터 환경에서 디자인을 한다는 것 자체가 컴퓨터와 학습자의 협동 작업이다. 특히 인터넷이라는 기술의 발전은 협동 학습을 새로운 개념으로 바꾸고 있다. 같은 시간, 같은 장소에서의 의사소통을 통한 기존의 협동 학습은 인터넷 기술로 다른 형태의 협동이 가능하게 되었다. 특히 컴퓨터 환경에서의 새로운 형태의 협동 학습을 연구하는 분야를 컴퓨터 기반의 협동학습(computer-supported collaborative learning; CSCL; Koschmann, 1996)이라고 부른다.

이제 이 설계원칙을 적용하여 구현한 수학적 마이크로월드의 사례를 살펴보도록 하자. 이 사례는 현재 초등학교 3학년과 4학년 수학 익힘책(교육인적자원부, 2002a, 2002b)에 제시된 거북이 환경을 수정한 컴퓨터 환경이다.

### 1. Logo와 DGS의 통합 환경

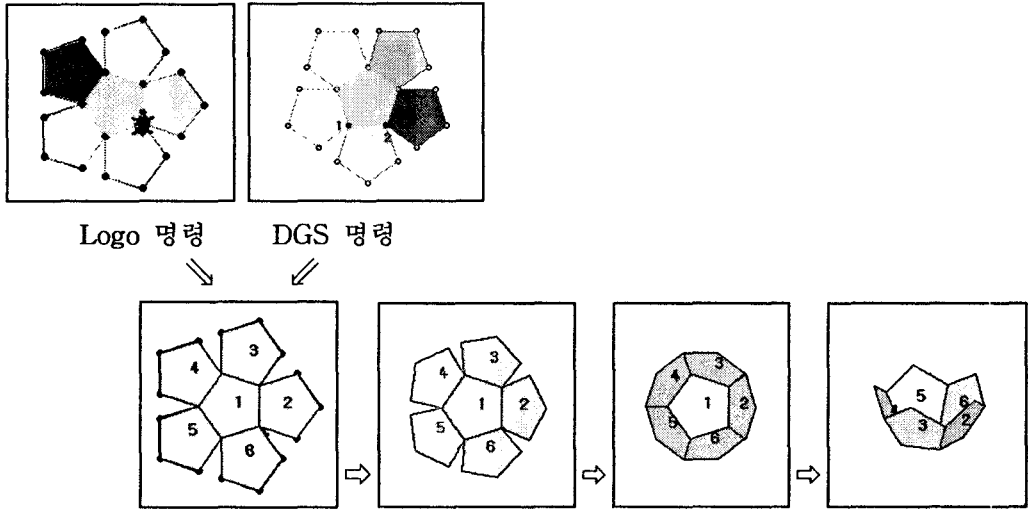
Cho, et al.(2004)은 Logo와 DGS의 통합 환경을 설계하고 있다. 이는 Logo와 DGS의 통합 환경 설계를 위해 준동적(semi-dynamic) 대상인 타일(tile)이라는 새로운 객체를 통해 두 가지 환경을 통합하려는 시도이다. 타일은 Logo의 언어적 명령으로도 만들 수 있고, 또한 DGS의 마우스 클릭 순서나 메뉴를 이용한 명령으로도 만들 수 있으며, 이렇게 만들어진 타일을 또한 각각의 방식으로 조작할 수 있다. [표 2]을 보면 타일의 생성, 조작 방법에 Logo와 DGS의 방법이 공존하여 두 환경을 연결하는 중간 역할을 기대한다.

타일	구성 방법	조작 방법	유사 대상
Logo적 특성	언어적 명령(행동)	언어적 명령	거북이
DGS적 특성	메뉴(관계)	마우스 조작	점

[표 2] 행동과 관계의 통합 환경

타일의 도입과 마찬가지로 입체도형을 만들 수 있는 새로운 대상인 전개도(folding net)를 도입하여 Logo와 DGS의 통합도 가능하다. 먼저 Logo와 DGS 명령 방식으로 입체도형의 전개도를 만들고, 이를 컴퓨터 화면에서 접어지는 과정을 보여 입체도형을 만드는 환

경이다. 또한 이렇게 전개도를 접어 구성된 입체도형을 다시 Logo와 DGS 명령으로 조작하여 움직임을 주도록 설계되어 있다. [그림 1]은 Logo와 DGS 명령을 통하여 전개도를 만들고 그 전개도를 접어 입체도형을 만들어 입체도형을 조작하는 모습이다.

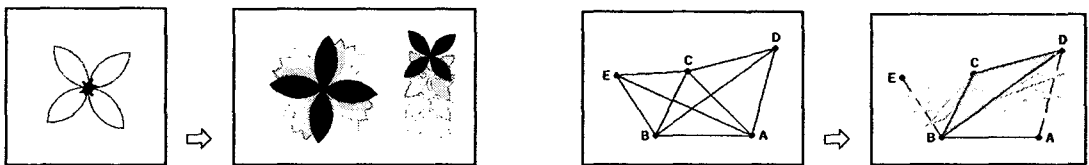


[그림 1] 전개도 환경

또한 타일과 전개도 환경은 Logo와 DGS 환경에서의 단점을 보완하는 측면이 있다. 타일은 Logo 환경의 정적인 측면에 동적인 움직임을 부여하는 동시에, DGS 환경의 너무나 자유로운 움직임을 순간 정지 화면으로 멈추게 하는 기능을 한다.

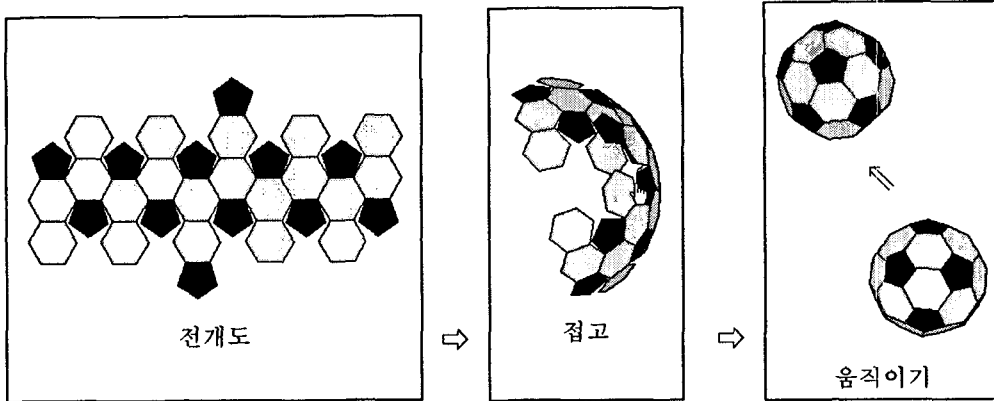
## 2. 움직임을 강조되는 동적 환경

이렇게 Logo와 DGS의 통합을 위해 도입된 새로운 대상인 타일과 전개도는 움직임을 강조되는 동적 환경이다. Logo에서는 거북이의 움직임보다는 거북이의 자취에 주목하게 된다. 예를 들어 거북이가 별을 그릴 때, 거북이의 운동보다는 그 자취인 별에 주목한다. DGS는 점들의 사이의 관계에 주목하게 한다. 예를 들어 평행사변형의 한 꼭지점을 마우스로 끌 때, 평행사변형의 운동보다는 평행사변형이 가지는 성질에 주목하게 한다. 이에 비하여, 타일은 타일 자체의 움직임에 주목하도록 하여 애니메이션과 같은 디자인 활동이 가능한 환경이다. [그림 2]은 Logo와 DGS로 만들어진 타일의 동적 움직임을 나타낸다.



[그림 2] 타일의 동적 특성

마찬가지로 전개도 환경 역시 움직임이 강조된다. 전개도 환경은 타일보다는 좀더 복잡한 움직임을 가지는 데, 하나는 입체도형으로 접어지는 움직임이고, 다른 하나는 일단 완성된 입체도형의 움직임이다. [그림 3]은 전개도 환경에서의 동적 특성을 나타낸다.



[그림 3] 전개도의 동적 특성

### 3. 수학적 구조와 수준 상승

많은 수학교육용 컴퓨터 소프트웨어들은 수학적 지식을 담고 있다. 특별히 구성주의 마이크로월드 환경에서는 수학적 지식과의 연결성은 명시적으로 드러나지 않고 감춰져 있다. 오히려 마이크로월드에서는 수학을 적용하면 할수록 더 풍부한 결과물을 얻을 수 있다(Edwards, 1995). 타일과 전개도 환경에서 마찬가지이다. 타일을 만들기 위해서는 수학을 적용하여야 하고, 수학을 적용하면 할수록 더 멋진 타일을 만들 수 있다. 예를 들어 다각형 타일을 만들기 위해서는 다각형의 외각을 이용해야 하며, 나아가 함수 개념을 사용하면 보다 더 멋진 타일을 만들 수 있다. 다시 만들어진 타일을 움직이기 위해서는 절차적 명령을 이용해야 한다. 특히 Logo 명령의 사용은 많은 고등 수학과 연결되며(Abelson et al., 1980), 직접 조작 명령은 독립과 종속이라는 함수적 관계와 연결된다(김화경외, 2004). 전개도 환경은 보다 직접적으로 수학적 구조와 연결된다. 미리 정해진 입체도형을 보여주거나 전개도를 확인시키는 다른 소프트웨어들과 다르게 전개도 환경에서는 면들 사이의 인접(adjacency) 관계와 사이각을 알아야 원하는 입체도형을 만들 수 있다. 인접 관계는 이산수학의 그래프(graph) 이론의 가장 중요한 개념이며, 사이각은 입체도형의 정사영이나 삼각함수라는 수학적 지식과 연결된다.

나아가 이 타일과 전개도 환경을 담고 있는 수학적 마이크로월드는 이후 수학 학습 환경이다. 이 환경은 Logo의 절차적 사고를 강조하는 환경이며, DGS의 동적 기하 환경을 동시에 고려하고 있는 환경이며, 재귀적 패턴의 조작과 구성을 실험할 수 있는 환경이며, 사진 등의 생활 속의 소재를 컴퓨터 화면으로 읽어 그 속의 수학을 찾아볼 수 있는 환경이기도 하다(조한혁, 2003).

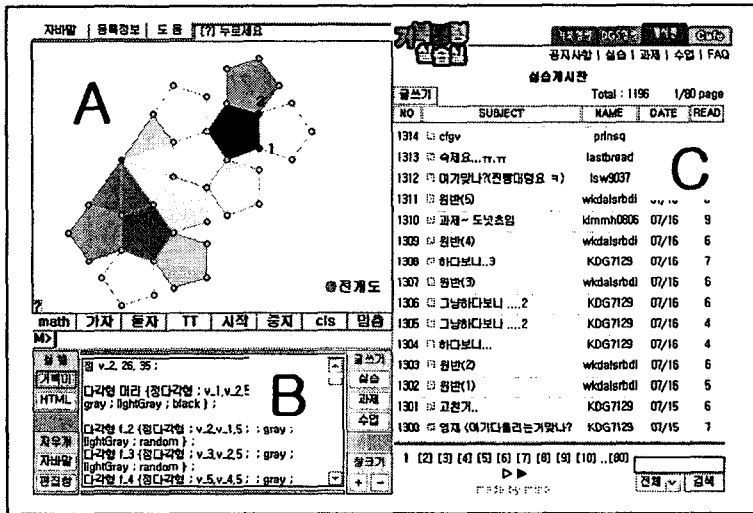
또한 Logo를 행동 문자로 수준 상승을 도모하고, DGS의 기하적 관계를 대수적 관계로 나타낼 수 있는 표현의 수준 상승 환경이며, 나아가 새로운 대상을 만들고 조작하는 구성의



수준 상승 환경이다.

#### 4. 인터넷 기반의 협동 학습 환경

컴퓨터 환경에서의 상호작용과 협동 학습은 컴퓨터 기반의 협동학습으로 학습자 간의 상호작용을 통한 협동 학습과(Koschmann, 1996), 인간과 컴퓨터의 상호작용을 통한 개인적 해석(Shaffer et al., 2005)으로 나뉘 볼 수 있다. 원활한 상호작용을 위하여 기존의 마이크로월드에 인터넷 웹 게시판(board) 기능을 추가하였다. 게시판을 통하여 시간과 공간에 제약을 받지 않고 다른 그룹 구성원들과 의사소통이 가능하도록 하였고, 마이크로월드의 명령을 저장하고 실행하는 컴퓨터와의 상호작용을 가능하도록 하였다.



[그림 4] 인터넷 기반 환경

[그림 4]에서 A 부분은 마이크로월드이고, B 부분은 수학적 표현을 통한 명령 공간이며, C 부분은 인터넷 게시판이다. 특히 마이크로월드(A)와 게시판(C)은 서로 분리되어 있는 것이 아니라, 명령 저장과 의사소통을 통하여 유기적으로 연결되어 있다.

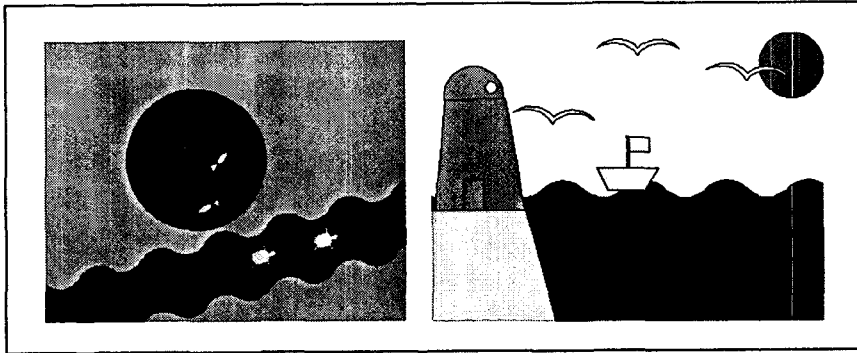
마이크로월드가 인터넷을 기반으로 하고 있다는 점은 다른 계속 수정 가능성과 일괄 적용성이라는 측면에서 장점을 갖는다. 즉, 계속적으로 소프트웨어는 수정이 가능하며, 동시에 같은 마이크로월드를 어디서나 사용할 수 있다. 이러한 특징은 컴퓨터 환경 개발 연구자와 학습자 사이의 거리를 좁혀 준다. 컴퓨터 환경 개발 연구자는 마이크로월드 환경을 수정하여 학습자들에게 영향을 주며, 게시판에 나타난 학습자의 반응은 컴퓨터 환경 개발 연구자에게 영향을 준다.

#### IV. 연구 내용

우리는 앞서 설계된 컴퓨터 환경에서의 디자인 활동을 통한 학습에 대해 알아보려고 한

다. 디자인 활동에서 학생들의 디자인의 특징을 유창성 측면에서 살펴보고, 디자인 활동과 유창성, 수학교육의 관계를 알아보려 한다. 구체적으로는 앞서 설계하여 제시한 컴퓨터 환경이 수학적 디자인에 어떤 역할을 하는 지 알아보고자 한다. 초등학교 방과 후 특기/적성 교육 프로그램으로 수학적 마이크로월드에서 디자인 활동 수업을 진행한 사례를 살펴보자. 이 수업의 목적은 방과 특기/적성 교육 프로그램으로 디자인 활동을 통한 유창성 교육의 가능성을 알아보는 것이다.

우리는 수업을 진행하기 전 2년(2002년~2003년) 동안 초등학교 방과 후 특기/적성 교육 프로그램을 운영한 경험을 가지고 있었다. 이러한 사전 경험에서 디자인 활동의 가능성을 이미 발견할 수 있었다. [그림 5]는 사전 경험으로 디자인을 통한 학습의 가능성을 확인한 예이다. [그림 5]의 예들은 정지된 화면이 아니라 움직이는 상황으로 교사의 안내에 따라 초등학생들이 디자인한 예이다. 이런 사전 경험을 바탕으로 유창성 측면에서 디자인 활동에 대한 수업을 진행하였다.



[그림 5] 참여자에게 제시된 예

2004년 9월부터 2004년 11월까지 초등학교 방과 후 특기/적성 교육 프로그램 중의 하나로 '컴퓨터 창의력 수학교실'이라는 프로그램을 운영하였다. 서울시 강남구에 위치한 8초등학교에서 매주 수요일 1회 2시간씩 초등학교 5학년 학생을 대상으로 진행하였으며, 참여 학생들은 모두 지원자로 총 12명이었다. 수업은 모두 11주 동안 진행되었으며 처음 8주 동안은 Logo의 명령과 타일의 명령을 배우는 일반적 강의식 수업 1시간과 실습 1시간으로 매주 2시간 수업을 진행하였다.

수업	수업 형태	수업 시간	수업 장소	수업 내용
1-8주	강의+실습	주 1회 2시간씩	8초등학교	Logo, 타일
9, 10주	소집단 활동	주 1회 2시간씩	8초등학교	디자인 활동
11주	소집단 활동	4시간	대학	디자인 발표

[표 3] 주별 수업 진행 내용

이 때, 강의식 수업은 교실을 이용하였고, 실습은 컴퓨터실에서 이루어졌다. 마지막 3주 동안 디자인 활동을 시도하였으며 이 3회의 수업 중 처음 2회는 초등학교 컴퓨터실에서 진행하였으며, 마지막 1회는 대학 전산 강의실에서 진행하였다. 특히 마지막 수업은 4시간 동안 진행되었으며, 자신의 디자인을 발표하는 시간도 주어졌다. 모두 12명의 참여자들은 2명 내지 3명이 소집단 이루어 5개의 소집단으로 디자인 활동에 참여하였다. [표 3]은 주별 수업 진행 내용이다.

컴퓨터 환경에서 수학적 표현을 통한 디자인 활동을 관찰하기 위하여 자유로운 디자인 활동을 과제로 제시하였다. 즉, 자신이 만들고 싶은 그림이나 이야기를 수학적 마이크로월드에서 만들도록 하였다. [그림 5]와 같이 이전 학생들의 작품을 먼저 보여주고, 준비한 종이에 자신의 계획을 그림과 이야기로 나타내고 이를 바탕으로 마이크로월드에서 디자인하는 과제를 제시하였다. 과제 해결 중 수시로 교사와 디자인에 대하여 상의할 수 있도록 하였으며, 다른 소집단의 디자인을 인터넷 게시판을 통해 참고할 수 있도록 하였다. 또한 수업 시간이 끝난 후에도 디자인을 인터넷 게시판에 저장하여 집과 같은 다른 장소에서도 디자인을 수정을 할 수 있도록 하였다. 소집단에서 협동 학습을 강요하지 않았으며, 각각의 소집단은 하나의 디자인만 완성하면 되도록 하였다. 또한 완성된 디자인은 완성되었다는 표시를 하여 인터넷 게시판에 공개하고, 마지막 시간에 디자인을 발표하게 하였다. [표 4]는 각각의 소집단의 구성원과 디자인 작품, 디자인 활동의 특징을 정리한 것이다.

소집단	구성원	디자인 특징	디자인 활동의 특징
<소집단 A>	남학생 2명 (A1, A2)	동적 디자인 복잡한 타일	한 명이 주도
<소집단 B>	여학생 2명 (B1, B2)	정적 디자인 단순한 타일	같은 활동을 둘이 나누어 진행
<소집단 C>	남학생 3명 (C1, C2, C3)	동적 디자인	개별 완성 후 다시 합침
<소집단 D>	남학생 2명 (D1, D2)	복잡한 타일	한 명이 주도

[표 4] 소집단 활동

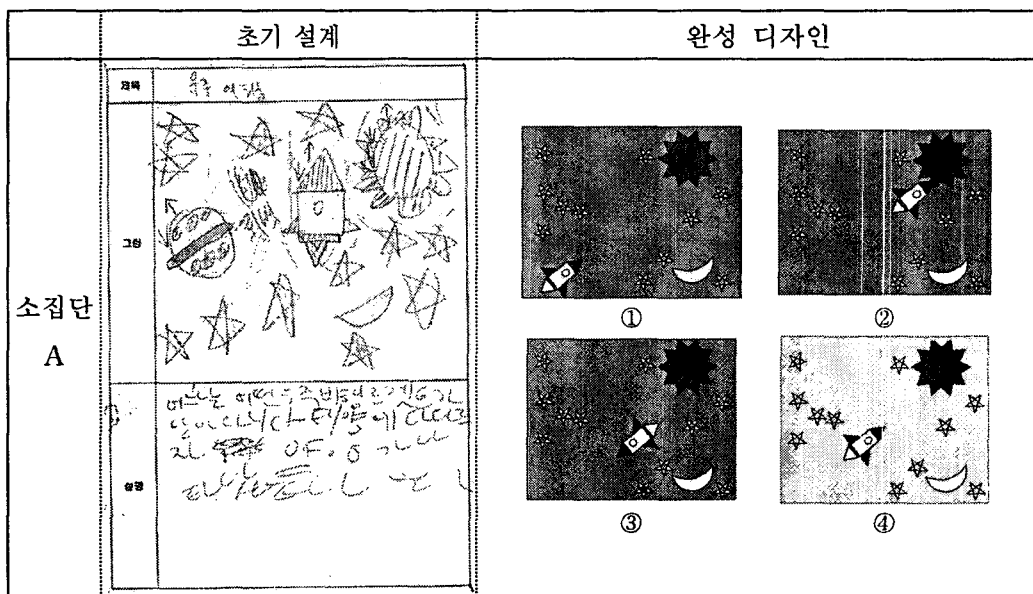
#### IV. 결과 분석 및 토의

##### 1. 디자인 결과 분석

처음 열린 주제의 과제를 제시했을 때, 참여 학생들은 당황하였다. 연구자가 기대했던 협동이나 적극적인 디자인 활동은 일어나지 않았다. 이에 교사가 몇 가지 디자인을 예시하였다([그림 5]). 또한 하늘을 나는 로켓에 대한 이야기하였다. 이후 모든 소집단들은 우주와 로켓으로 디자인 활동을 시작되었다. 한 소집단이 우주를 배경으로 디자인을 시작하

자 다른 소집단들도 로켓이나 우주를 배경으로 디자인하기 시작하였다.

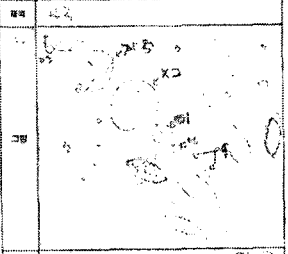
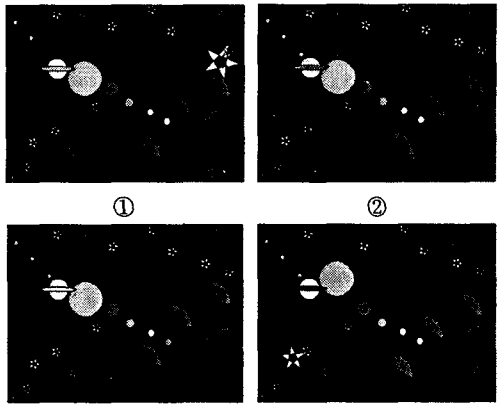

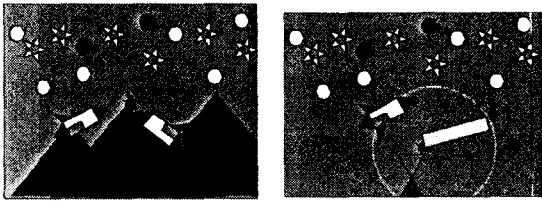
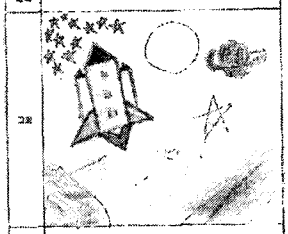
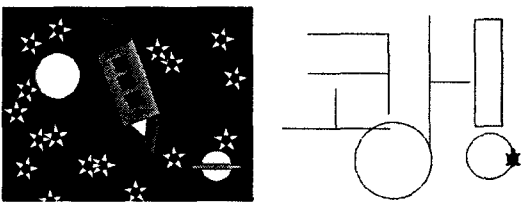
<소집단 A>의 초기 디자인에는 움직임이 별로 없었다. 단지 하늘의 로켓과 해가 정적으로 멈춰 있을 뿐이었다. 그러나 점차로 움직임을 강조하게 되었다. 처음 시작은 로켓을 디자인 하는 것, 즉 대상을 만드는 것에서 시작하여 타일을 움직이는 순으로 디자인 하였다. 특히 로켓이 날아가 태양과 부딪히고 다시 돌아오는 과정을 표현한 점이 이 디자인의 특징이다. <소집단 A>의 디자인은 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 소집단 A의 디자인

<소집단 B>의 각각의 타일들은 그 자리에서 크기를 바꾸거나 회전을 하여 제자리로 돌아오는 등의 소극적 움직임을 표현하고 있다. 초기 의도와 가장 비슷한 디자인을 완성하고 있다. <소집단 C>와 <소집단 D>의 디자인 활동도 초기 디자인을 반영하면서 로켓의 움직임을 강조하고 있다. [그림 7]은 각 소집단들의 디자인 결과이다.

보다 자세히 살펴보면, <소집단 A>의 디자인은 로켓의 움직임에 초점이 맞춰져 있다. 로켓 타일은 매우 복잡하게 만들어져 있다. 다른 해와 달은 배경의 역할을 한다. 이에 비하여 <소집단 B>의 디자인은 각각의 해와 달, 행성, 별들이 나름대로의 움직임을 갖는다. 하지만, <소집단 A>의 로켓이 해와 부딪히고 돌아오는 역의 과정을 표현한 적극적 움직임을 보이는 데 비하여, <소집단 B>의 타일들은 하나의 패턴으로 소극적으로 움직인다. 또한 <소집단 C>은 세 명이 서로 다른 컴퓨터를 사용하여 자신이 맡은 부분을 만들고 나중에 이를 합쳤다. 이에 비하여 <소집단 B>는 한 컴퓨터에 2명이 모여 서로 이야기를 주고받으며 디자인하였다. 그러나 <소집단 A>와 <소집단 B>는 한 명이 주도적으로 디자인 작업을 수행하고, 다른 한 명은 주변적 위치에 머물러 있었다.

<p>소집단 B</p>	<p>제목 우주</p>  <p>내용</p> <p>우주는 무한대의 공간이다. 우리가 살고 있는 지구는 이 우주에서 한 점에 불과하다. 우리는 이 우주에서 태어났고, 언젠가는 이 우주로 돌아갈 것이다.</p>	 <p>① ② ③ ④</p>
<p>소집단 C</p>	<p>제목 우주</p>  <p>내용</p> <p>우주는 무한대의 공간이다. 우리가 살고 있는 지구는 이 우주에서 한 점에 불과하다. 우리는 이 우주에서 태어났고, 언젠가는 이 우주로 돌아갈 것이다.</p>	
<p>소집단 D</p>	<p>제목 우주</p>  <p>내용</p>	

[그림 7] 소집단 B, C, D의 디자인

## 2. 면담 분석

디자인 활동과 소집단별 발표가 끝난 후 면담을 실시하였다. 우리는 면담을 통해 참여자가 디자인 활동을 좋아한다는 사실과 디자인 활동을 통해 수학적으로 자신을 표현하고

있다는 점을 확인할 수 있었다. 또한 컴퓨터 환경의 한계를 인식하고 있었다. 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째 참여자의 태도의 변화 관점이다. 디자인을 통한 학습이 진행되는 3주 동안의 수업이 참여도가 그 이전의 강의식 수업에 비하여 높았다. 아마도 자신의 작품을 만든다는 사실이 보다 흥미로웠을 것이다. 실제로 학생들과의 면담에서 모든 소집단에서 디자인 활동이 주어지는 과제보다 흥미로웠다고 대답하였다.

- T 이렇게 자유롭게 그림 그리는 것이 재미있어? 선생님이 그리라고 주는 것이 재미있어?
- C2 그냥 스스로 그리는 거.
- C1 제가 그리고 싶은 거.  
(중략)
- T 그림 이렇게 작품 만드는 것이 재미있어? 선생님이 그리라는 거 그리는 것이 재미있어?
- C3 작품 만드는 거요.
- T 선생님이 그리라고 할 때는?
- C3 머 그냥 하는 거죠.  
(중략)
- T 광하고 우주선이 제일 맘에 든다고? D1은 하기 싫어하면서 왜 했어?
- D1 어쩔 수 없잖아요. 할 수 밖에 없었으니까.
- T 재미있어서 한거야? 아니면 할 수 밖에 없어서 한거야?
- D1 상도 받을 수 있으니까.
- T 하면서 재미있었어?
- D1 재미있기도 하고, 안되면 짜증나고.
- T 작품 만드는 것이 재미있어? 아니면 선생님이 그리라는 것이 재미있어?
- D1 작품 만드는 게.
- T D2도?
- D2 네

둘째 디자인을 통한 유창성 학습의 측면이다. 짧은 시간이었음에도 참여 학생들은 완성도 있는 디자인을 완성하고 있다. 자신이 배운 별이나 달의 타일을 이용하여 원하는 디자인을 구현하고 있으며, 절차적 사고를 통하여 수학적 구조를 갖는 디자인을 구현하고 있다. 수학적 구조와 연결하여 생각하면 역(거꾸로 가는 로켓)이나 좌표 개념(별의 위치), 닳음 개념(크기가 변하는 별) 등을 사용하고 있다.

- T 별하고 동그라미가 처음에는 같은 쪽으로 돌았잖아. 지금은 다른 방향으로 돌지? 누가 했어?
- C1 C2가 했어요.
- T 도는 방향을 바꾸려고 어떻게 했어?
- C2 마이너스 붙여서.  
(중략)
- T 전체적으로 거북이 할 때 뭐가 좋은 거 같아? 뭐 하면서 감탄했어?
- C3 멋있을 때.
- T 멋있는 그림 그렸을 때? 수학하는 거 같아?
- C3 네. 가자나 돌자나 계산하는 거요.

수학교육에서 컴퓨터 환경이 지니는 유창성의 의미

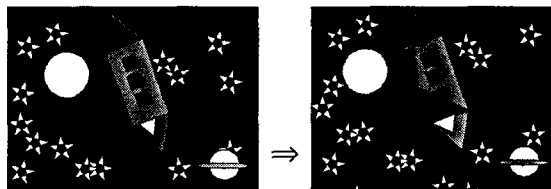
(중략)

- T       거북이 하면서 재미있다는 느낌이 들었을 때는?  
 D1       좌표 같은 거...  
 D1,D2   움직이는 것 만들 때요.  
 D1       좌표 같은 걸로 있는 곳을 다르게 해서, 있는 장소가 좌표가 틀리니까 저렇게 바뀌주면서 한 곳이 아니라 여러 곳에 그릴 수 있어서요.

셋째 디자인 활동과 이전의 수업을 통해 학생들은 컴퓨터 환경의 한계를 인식하고 있다. 즉, 자신이 디자인 활동을 하는 환경의 장·단점을 인식하고 있다.

- T       만약에 저 그림에서 시간이 있어서 고치고 싶은 곳이 있다면. 아까 붙여지는 것 안 되는 부분하고, 또?  
 D1       반복 그거하고요. 저기 달을 초승달로 바꾸고 싶어요.  
 T       D2는?  
 D2       저는 이 행성을 (원래 스케치 그림대로).  
 D1       그게 가능할 거라 생각해?  
 T       그림 보면 그릴 수 있다 없다 생각이 나?  
 D1       네? 이런 거 못 그리겠어요.  
 T       이런 건 왜? 어려운 거야?  
 D1       좌표가 엄청나게 어렵고, 구불구불 곡선이잖아요.  
 D2       구불구불한 거는 .. 거북이는 곡선으로 잘못 그리잖아요. 동그라미나 그런 거 잘 못 그리잖아요.  
 T       곡선 그리려면 어떻게 해야 해?  
 D2       반복 엄청나게 많이 해야 해요.  
 D1       이거요? 반복 36이 아니고 18이라던가. 여러 개 만들어야 되요.

학생은 '초승달'의 곡선이 이 컴퓨터 환경에서는 그리기 어려운 것이라는 점을 인식하고 있다. '엄청나게 많이'라는 표현을 통해 굉장히 귀찮은 작업이라는 생각을 가지고 있다. 나아가 <소집단 D>의 디자인은 [그림 8]과 같은 오류를 가지고 있었다.

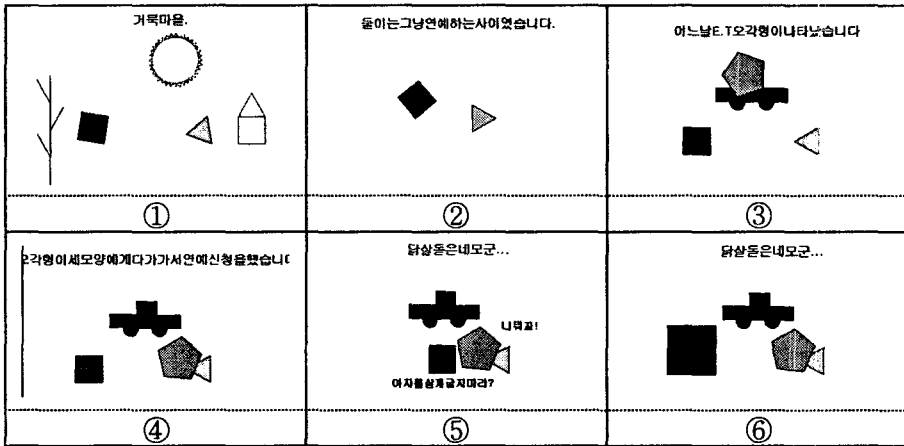


[그림 8] 디자인 활동의 오류

디자인 보기를 작동하면 [그림 8]의 왼쪽과 같이 제대로 나타난다. 그러나 이 디자인을 중지 시킨 후 다시 보기를 누르면 오른쪽과 같이 로켓 부분이 제대로 표현되지 못한다. 이러한 오류에 대하여 <소집단 D> 뿐만 아니고 다른 학생, 교사도 그 오류의 원인을 제대로 찾아내지 못했다. 대신 이 오류가 발생하지 않고 디자인 결과를 확인할 수 있는 편법을 사용한다. 즉, 화면을 처음부터 다시 시작하는 방법으로 오류를 비켜가고 있다.

이 후 짧은 발표를 끝으로 3주 동안의 디자인 활동은 끝이 나고 동시에 방과 후 특기/적성 교육도 마쳤다. 그러나 그 이후 게시판에는 한 참여 학생이 올린 다른 디자인이 올

라와 있었다. [그림 9]는 모든 프로그램을 마친 후 한 참여 학생이 게시판에 남긴 이야기 화면이다. 기본 도형을 이용하여 스토리를 만들고 디자인 했다. 이는 주어진 과제와 상관 없는 것으로 수업시간에 이루어진 것도 아니며, 집에서 인터넷으로 접속하여 자신의 이야기를 작성한 것이다. 간단한 도형을 이용하여 멋있는 디자인을 완성하였다. <소집단 A>에 속하는 A1 학생의 디자인으로 컴퓨터 유창성을 나타내는 좋은 예이다.



[그림 9] 유창성 사례

### 3. 토의 및 제언

우리는 디자인 활동을 통한 컴퓨터 유창성 교육에 대한 수업과 면담을 진행하였다. 몇 가지 의미 있는 사실을 발견할 수 있었으나 일률적으로 디자인이 모두 우주를 배경으로 하고 있으며 자신이 하고 싶은 이야기를 만들어내기 보다는 다른 소집단에서 만든 멋진 그림을 복사하는 수준의 디자인을 하고 있다. 긍정적으로 보면 [그림 9]에서 창의적 자기 표현의 가능성을 조금이라도 발견할 수 있었다.

여기에 제시된 사례는 단편적인 예일 뿐만 아니라, 충분한 시간 동안 반복되어 실험된 사실이 아니라는 점은 이 연구가 가지는 한계점이다. 또한 표본이 많지 않았다는 점이나 참여 학생들이 특정 지역의 특정 학생이었다는 점은 이 연구가 가지는 제한점일 수 있다. 특히 디자인 활동 이전에 참여 학생 개개인이 가진 컴퓨터 소양 능력이나 수학적 능력에 대한 조사가 없었던 점은 큰 아쉬움이다. 그러나 이 연구를 통하여 컴퓨터와 수학교육에서의 유창성을 생각하고 수학적 마이크로월드를 설계, 구현, 적용하여 그 가능성을 발견한 것은 나름대로 의미가 있다.

디자인 활동을 통한 학습을 시도해 본 결과 그 가능성을 확인할 수 있었지만 컴퓨터 환경 디자인에 대한 개선 요소도 발견할 수 있었다. 첫째, 초기 대상 만들기에 너무 많은 시간을 투자하게 된다. 디자인 활동은 전체적인 체계를 만들고 이를 순서대로 나열하고 각각의 부분을 만들어 조합하는 것이라고 볼 수 있다. 그러나 초기 대상이 되는 부분을 만드는 데 너무 많은 시간을 소비한다. 또한 완성된 명령이 너무 길어서 [그림 8]과 같은 오류를 교정하기 어렵다. 물론 이는 수학적으로 의미 있는 활동이지만 때로는 이러한 대상



만들기에 치우쳐 그 대상에 대한 움직임을 소홀히 하는 경우가 있다. 이에 대한 해결책은 다시 두 가지로 생각해 볼 수 있다. 하나는 초기 대상을 만들기 쉽도록 하는 것이다. 그림판을 이용하거나 메뉴 방식을 이용할 수 있을 것이다. 그러나 이는 초기 대상을 만들면서 기대할 수 있는 수학적 사고를 포기하는 단점도 있다. 다른 하나의 보완책으로는 자주 사용되는 대상들을 만들어 제공하는 것이다. 이는 별도의 게시판에 포함될 수 있을 것이다. 로켓이나 행성, 몇 가지 입체도형의 전개도 등을 만들어 이는 그냥 사용할 수 있도록 하는 방법이다. 때에 따라 제공할 수도 있고 아니면 제공하지 않을 수도 있을 것이다. 이는 초기 대상 만들기의 어려움을 해결하는 하나의 해결책이 될 수 있다. 둘째, 화면의 크기 문제이다. 인터넷을 이용하고 각 터미널에 있는 모니터의 종류를 알 수 없는 관계로 비교적 작은 화면으로 구성된 마이크로월드는 디자인 활동을 하기에는 너무 협소한 공간이다. 이에 대한 해결책으로 화면을 키울 수 있는 기능이 존재한다. 그러나 이는 화면과 함께 화면 안에 존재하는 대상도 비례적으로 크기가 커져 별 효과를 거둘 수 없다. 화면의 크기를 선택할 수 있도록 수정하는 것이 하나의 해결책이 될 수 있을 것이다.

## V. 마치며

이 글에서 우리는 기술 환경에서 유창성을 새롭게 생각해 보았다. 여기서 유창성이란 단순히 컴퓨터 환경을 이용할 줄 아는 소양 능력이 아니고, 컴퓨터 환경을 이용하여 자신의 생각을 만들고, 표현할 줄 아는 능력이라는 점을 살펴보았다. 또한 이러한 기술 환경에서의 유창성을 수학교육과 관련하여 살펴보았다. 그리고 기존 컴퓨터 소양 교육의 문제점을 살펴보고, 이를 수학교육과 연계할 수 있는 방안을 모색하여, 하나의 대안으로 디자인을 통한 학습을 생각하였다. 또한 우리는 디자인을 통한 유창성 교육 환경인 수학적 마이크로월드의 설계 원칙으로, Logo와 DGS의 통합 환경, 동적 움직임이 강조되는 환경, 수학적 구조를 가진 환경, 협동 학습을 위한 환경이라는 네 가지를 제시하였다. 이러한 설계 원칙을 바탕으로 기존 초등학교 수학 익힘책에 제시된 컴퓨터 환경을 수정·보완하여 수학적 마이크로월드를 설계, 구현하였다. 마지막으로 수학적 마이크로월드에서 디자인을 통한 학습을 시도한 짧은 사례를 소개하고 디자인을 통한 학습으로 수학교육에서 컴퓨터 환경 유창성 교육의 가능성을 살펴보았다.

실제 학교 현장에서는 기존의 교육과정을 보완하기 위하여 창의적 재량 수업, 특별활동, 방과 후 특기/적성 교육, 영재센터와 같은 비정규적인 교육 과정이 운영되고 있다. 그러나 기존의 교과와 연관성을 가지고 학과 수업을 보조하거나 확장하는 프로그램은 드물다. 정규 교육과정과 이들 비정규적 프로그램은 서로 상보적인 관계를 유지한다면 그 효과는 더욱 커질 수 있을 것이다. 이런 관점에서 초등학교 방과 후 특기/적성 교육과정으로 디자인을 통한 유창성 교육 프로그램은 학교 현장에서 의미를 가질 수 있을 것이다.

Papert(1993)는 “배고픈 사람에게 물고기를 줄 수도 있지만, 그에게 낚시대와 물고기를 잡을 수 있는 방법을 가르치는 것이 더 낫다” 아프리카 속담에서 지식 구성에 알맞은 좋은 컴퓨터 환경과 그 환경에서의 유창성이 ‘낚시대와 그 낚시대를 사용하는 방법’이라고 말하고 있다. 우리는 이 연구를 통하여 낚시대의 설계와 낚시대를 사용하는 능력 개발의 한 방법을 생각해 보았다.

## 참 고 문 헌

- 교육인적자원부 (2002a). 수학 3-가 익힘책. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부 (2002b). 수학 4-가 익힘책. 대한교과서주식회사.
- 김남희 (2004). 중등수학 탐구를 위한 예비수학교사의 수학프로그램(GrafEq.) 활용 사례, 한국수학교육학회 시리즈 A <수학교육> 제43권 4호, 405-417.
- 김화경, 조한혁 (2004). DGS 동적 기하에서의 새로운 함수적 관점의 정의, 한국수학교육학회 시리즈 A <수학교육> 제43권 2호, 177-186.
- 조한혁 (2003). 컴퓨터와 수학교육, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육> 제42권 2호, 177-191, 서울: 한국수학교육학회.
- Abelson, H. & diSessa, A. (1980). *Turtle geometry*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Ackerman, E. K. (2004). Constructing knowledge and transforming the world, In M. Tokoro & L. Steels(Eds.), *A learning zone of one's own: Sharing representations and flow in collaborative learning environments*, Amsterdam: IOS Press.
- Cho, H.; Kim, S.; Han, H.; Jin, M.; Kim, H. & Song, M. (2004). Designing a microworld for mathematical creativity and gifted education, *The SNU Journal of Education Research* 13, 133-147.
- diSessa, A. (2000). *Changing minds; Computers, learning, and literacy*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Edwards, L. D. (1995). Microworlds as representation. In A. A. diSessa, C. Hoyles, R. Noss & L. Edwards(Eds.), *Computers and exploratory learning*, Berlin: Springer.
- Eisenberg, M. (1995). Creating software application for children: some thoughts about design, In A. A. diSessa, C. Hoyles, R. Noss & L. Edwards(Eds.) *Computers and exploratory learning*, Berlin: Springer.
- Eisenberg, M. (2002). Output devices, computation, and the future of mathematical crafts, *International journal of computers in mathematical learning*, 7(1) 1-44.
- Goldenberg, E.P. & Cuoco, A.A. (1998). What is dynamic geometry? In R. Lehrer & D. Chazan(Eds.), *Designing learning environments for developing understanding of geometry and space*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kafai, Y. (1995). *Minds in play*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Kafai, Y. & Resnick, M. (1996). *Constructionism in practice*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Kay, A. (1991). Computers, networks, and education, *Scientific American*, 265(3), 100-107.
- Koschmann, T. (1996). Paradigm shifts and instructional technology, In T. Koschmann(Ed.) *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Laborde, C. & Mariotti, M. A. (2001). Grounding the notion of function and graph in DGS, *Cabri World 2001 - Montreal*.
- National Research Council (1999). *Being fluent with information technology*, National

Academies Press.

- Noss, R. & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Orhun, E. (1995). Design of computer-based cognitive tools, In A. A. diSessa, C. Hoyles, R. Noss & L. Edwards(Eds.) *Computers and exploratory learning*, Berlin: Springer.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*, Cambridge, Massachusetts: Perseus Publishing.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*, New York: Basic Books.
- Resnick, M. (2002). Rethinking learning in the digital age, In G. Kirkman(Ed.), *The global information technology report: Readiness for the networked world*, Oxford: Oxford University Press.
- Resnick, M. (1994). *Turtles, termites, and traffic jams: explorations in massively parallel microworlds*, Cambridge: MIT Press.
- Resnick, M. & Silverman, B. (2005). Some reflections on designing construction kits for kids, *Proceeding of interaction design and children conference*, Boulder, CO.
- Shaffer, D. W. (1997). Learning mathematics through design: The anatomy of Escher's world, *Journal of mathematical behavior*, 16(2), 95-112.
- Shaffer, D. W. & Clinton, K. A. (2005). Why all CSL is CL: Distributed mind and the future of computer supported collaborative learning, Retrieved from: <http://coweb.wcer.wisc.edu/cv/papers/allCSLisCLatCSCL05.pdf>.
- Stahl, G.; Weimar, S.; Shumar, W.; Bach, C.; & Robertson, S. (2003). Studying online collaborative learning at the Math Forum, Proposal to the National Science Foundation ROLE program, Retrieved from: <http://www.cis.drexel.edu/faculty/gerry/publications/proposals/role2003/description.pdf>.
- Wilensky, U. J. (1993). *Connected mathematics: building concrete relationship with mathematical knowledge*, Thesis of doctor of philosophy at the MIT.

김화경

# Fluency in Technology for Mathematics Education

Kim, Hwa Kyung<sup>4)</sup>

## Abstract

In creative society, fluency in technology means the ability to reformulate knowledge, to express oneself creatively and appropriately, to produce and generate information in computer environment. Fluency in technology is essential for mathematics education with a point of constructivist view. In this paper, we study the meaning of fluency in technology, related to mathematics education.

For this purpose, we suggest Papert's constructionism as a theoretical background and consider the principle of 'Learning through design' for fluency in technology. And we consider some principles for designing a mathematical microworld and implement a mathematical microworld for fluency in technology. With this microworld, we consider the after-school-program where students have participated a design activity.

Key Words : Computers and mathematics education, Constructionism, Microworld, Design and learning, Fluency in technology, Integrating environment, Tile, Folding net

---

4) Department of Mathematics Education, The Graduate School, Seoul National University  
(indices2@snu.ac.kr)