

# 웹 기반 JavaMAL 환경을 활용한 프로그래밍의 함수 개념 지도 방안

정명영<sup>o</sup>, 김갑수  
서울교육대학교대학원 초등컴퓨터교육전공

## Teaching Strategies of the Concept of Programming function Using a Web\_based JavaMAL Learning System

Myung\_Young Jung<sup>o</sup>, Kap-Su Kim  
Dept. of Computer Education, Seoul National University of Education

### 요 약

고도의 지식정보사회 속에서 논리적 사고력과 창의력, 문제해결력을 길러주는 프로그래밍 교육의 필요성은 더욱 강조되고 있다. 이에 본 연구에서는 초등학생들에게 적합한 교육용 프로그래밍 언어인 JavaMAL을 활용하여, 프로그래밍의 함수개념 형성을 위한 학습모형을 구안·적용하고 일반화 가능성을 탐색하고자 하였다. 먼저 기초적인 프로그래밍 요소 중 함수개념과 관련된 학습요소를 추출하여 차시별 지도계획을 수립하였다. 또한, 프로그래밍의 함수가 수학적 함수의 모방이라는 것에 착안하여 수학의 '규칙성과 함수'지도 단계를 LOGO의 문제해결력 수업모형인 안내된 발견식 교수법(guided discovery teaching method)에 강화한 후, 인터넷을 활용한 문제해결 수업모형을 구안하였다. 기본명령어와 변수개념을 이미 익힌 개발활동 부서 6학년 아동들을 지도 대상으로 한 달간 웹 기반 JavaMAL 환경에서 학습할 수 있도록 하였으며, 게시판 활동 및 활동지를 통해 함수개념 형성 여부를 측정하였다

## 1. 서론

### 1.1 연구의 필요성 및 목적

지식과 정보를 기초로 한 사회활동이 주를 이루는 지식정보화 사회에서, 교육은 사회적 변화를 예측하고 그러한 사회가 요구하는 인재를 길러내야 한다[1]. 즉, 학생들에게 다양한 문제 상황에 대응하고 사회 변화를 선도할 수 있는 능력을 키워줘야 하는 것이다.

지식정보화 사회에서는 지식의 개념도 살아서 움직이는 것으로서, 누군가가 만들어 놓은 것을 수동적으로 습득하는 것이 아니라 개인의 필요에 의해 재구성되고 실생활에 적용하여 시행착오를 통해 새롭게 만들어 내는 과정이 된다[2]. 이는 7차 교육과정에도 반영되어 21세기를 주도할 인재는 창의성과 자율성, 주체성을 갖춘 사람으로 그려지고 있다.

이러한 시대적인 흐름 속에서, 학생들의 인지양식, 문제해결력, 논리적 사고력 등에 긍정

적인 영향을 미치는 것으로 밝혀진 프로그래밍 교육의 필요성은 더욱 더 강조되고 있다. 프로그래밍 교육은 체계적인 구조와 방법으로 주어진 정보를 논리적으로 구성하고 조작하도록 하여 문제 추론기능, 인지적 전략기능, 논리적 사고력, 문제 분석 및 해결력들을 신장시켜주는 데 도움을 주기 때문이다[3].

최근 초등학교에서의 프로그래밍 교육에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있기는 하지만, 프로그래밍 교육의 당위성과 효과를 증명하거나 기존의 프로그래밍 언어를 사용하여 어떻게 효과적으로 교육할 것인가의 방법론에 치우쳐 있으며[4], 주로 정보영재를 학습 대상으로 하고 있다.

이런 면에서 볼 때, 간단하면서도 쉬운 교육용 프로그래밍 언어를 도구로 일반 초등학생들이 흥미롭게 프로그래밍 학습을 할 수 있도록 지원하는 현장 활용성이 높은 연구가 절실하다고 본다.

본 연구에서는, 프로그래밍의 변수개념 형성을 위한 이전 연구에 이어[5], 프로그래밍의 함수개념 형성을 위한 JavaMAL 환경에서의 학습모형을 구안·적용하여 그 일반화 가능성을 모색하고자 하였다.

## 1.2 연구의 내용

연구의 내용 및 방법은 다음과 같다.

첫째, 초등학생을 위한 교육용 프로그래밍 언어의 조건을 탐색하고, JavaMAL 언어의 특징과 기본 명령어를 살펴본다.

둘째, 프로그래밍의 함수개념 요소를 추출하고 차시별 지도 계획을 수립한다.

셋째, 안내된 발견식 교수법에 수학의 '규칙성과 함수'지도방법을 강화하여 인터넷을 이용한 문제해결학습 모형을 구안한다.

넷째, 기본명령어와 변수개념을 익힌 개발 활동부서 6학년 아동 13명을 지도대상으로 한 달간 웹 기반 JavaMAL 환경에서 학습한다.

다섯째, 웹(<http://oeeee.x-y.net>) 게시판에 학습결과를 게시하게 하여 게시판 활동 및 학습활동지를 통해 함수개념 형성 여부를 측정한다.

## 2. 본론

### 2.1 이론적 배경

#### 2.1.1 초등학교 교육용 프로그래밍 언어 요건

교육용 프로그래밍 언어란 컴퓨터를 가지고 알고리즘 학습을 할 때 사용하는 프로그래밍 언어를 말한다.

고일석(1998)은 교육용 프로그래밍 언어의 요건으로 ① 친근감을 주는 대화용 언어 ② 프로그램 작성이 용이한 언어 ③ 확장성이 있는 알고리즘 언어 ④ 호환성과 진이성이 있는 언어 등을 꼽았다[6].

위 요건에 초등학생의 특성을 고려하여 추가한다면, 프로그램의 실행결과가 색채감이 있고 동적인 요소를 지녀 학생들의 지속적인 흥미를 유지시킬 수 있어야 한다.

#### 2.1.2 JavaMAL 언어의 특징과 명령어

##### (1) JavaMAL 언어의 특징

교수보다 학습을 중요시하는 구성주의(constructionism)는 학습자가 의미 있는 물리적 인공물을 직접 만들 수 있는 놀이공간을 컴퓨터 속에 만들었는데 그것이 마이크로월드(microworld; Edwards, 1995)이다. Perpert(1980)의 Logo 이후 Starlogo(Resnick, 1994), Boxer(diSessa, 2000), JavaMAL(조한혁, 2003) 등의 마이크로월드가 구현되었고, 동적인 끝기를 통한 직접 조작환경인 GSP와 Cabri 등도 만들어졌다[7].

MAL(Mathematical Algorithmic Language; 조한혁, 1989)언어는 Perpert가 개발한 로고를 한글화한 것이고, 여기에 DGS(Dynamic Geometry System)의 동적 기능을 더해 웹에서 활용할 수 있도록 Java 언어로 구현한 것이 JavaMAL이다. MAL은 Basic의 문법 위에 LOGO언어의 그래픽 환경과 C와 Pascal 언어의 구조화 프로그래밍 기법 등의 장점을 통합해 설계되었으며 JavaMAL 역시 그 특징을 공유한다.

##### 1) 대화형 그래픽 환경

JavaMAL은 거북과 거북을 조작할 수 있는 명령문으로 이루어진 대화형 언어이며, 그래픽 환경에서 거북이와 학습자간의 자연스런 대화를 통해 학습할 수 있다.

##### 2) 함수문을 활용한 확장성

20여 개 기본 명령어를 가지고 이용해 필요에 따라 함수문을 만들어 확장할 수 있으며, C언어나 Pascal의 함수와 달리, 역동적 그래픽 학습 환경을 통해 컴퓨터와 대화하면서 만들고 사용할 수 있다.

##### 3) 구조화 프로그래밍과 Recursion 제공

if, for, while, 함수 명령문을 사용하여 구조화 프로그래밍을 할 수 있고, 리컬전 알고리즘을 실행할 수 있어 학습자의 문제해결력과 논리적 사고력을 길러줄 수 있다.

## (2) JavaMAL 명령어

<표 1> JavaMAL 명령어 목록

구분	사용 예	실행 결과
기본 명령어	fd(가자)	선 굵기는 여부 정하기
	fd 10	10만큼 앞으로 움직임(-는 반대)
	fd 10,20	거북을 좌표(10,20)으로 이동
	rt(돌자)	도는 방향 정하기
	rt 10	방향을 10도 돌리기(-는 반대)
	rt 10, 20	방향을 좌표(10, 20)으로
	tt(거북)	거북이을 보이게 안 보이게 정하기
	tt red	적색(red) 거북이
	tt 10, 20	거북이가 좌표(10,20)으로 이동
	tt 10,20,90	좌표(10,20)으로 방향은 90도
기타 명령어	pt(찍자)	선 지우기는 여부
	ht	거북이 안 보이게
	axis(축)	그래픽 화면에 좌표축 그리기
	cls(청소)	그래픽 화면 지우기
	print '글'	텍스트 화면에 '글' 쓰기
	쓰자 '글'	그래픽 화면에 '글' 쓰기
	window (화면) n	원점에서 오른쪽 끝까지의 거리를 n으로 맞추기
	repeat(반복) n( )	n만큼 ( )안의 실행문 반복
pause(멈춤) n	n/1000 초만큼 멈추었다가 실행함	
tile(타일) 명령어		
pt(찍자)로 형성된 도형과 합동인 semi-dynamic (준 동적) 객체 생성(반복 3(pt; fd 30; rt 120); 타일)		
타일	실행 때마다 타일 색깔이 바뀜	
타일 red	빨간색 타일로 지정	
tile 네모	타일객체 이름을 '네모'로 지정함 지정하지 않으면 t_i 로 자동 지정됨	
rt 타일명, 20	지정된 타일을 20도 만큼 돌게 함	
반복 n(rt 타일명, 20; 멈춤 50)	지정된 타일을 20도 만큼씩 50/1000 초 간격으로 n 번 돌리기	
반복 n(fd 타일명, 10; 멈춤)	지정된 타일을 10 만큼씩 50/1000초 간격으로 n 번 앞으로 이동하기	

### 2.1.3 프로그래밍의 함수와 수학적 함수 개념

#### 1) 프로그래밍의 함수 개념

1840년대 컴퓨터인 Babbage 해석기계 (Analytical Engine)는 프로그램의 여러 장소에서 명령어 카드의 묶음을 재사용하는 능력이 있었다. 현대의 프로그래밍 언어에서 그러한 문장의 집합은 부 프로그램으로 작성하여 재사용한다. 이는 메모리 공간과 코딩 시간을 포함

하여 여러 다른 종류의 절약을 가져다주며, 프로시저와 함수 두 종류가 존재한다.

프로시저는 매개변수화 된 계산을 정의하는 문장의 집합이고, 함수는 구조적으로 프로시저와 닮았지만 의미적으로는 수학 함수를 모방하여 새로운 연산을 정의한다.

프로시저와 함수는 모두 특정한 작업을 처리하는 실행 단위라는 점이 같지만, 함수는 처리 결과를 반환할 수 있고, 프로시저는 반환 값이 없다. 몇 개의 명령형 언어는 함수와 프로시저를 제공하지만, C기반 언어는 함수만을 포함한다. 하지만, 프로시저와 같이 동작하고 반환 타입을 void라고 정의함으로써 값을 반환하지 않도록 정의할 수 있다[8].

프로그래밍에서의 함수는 수학 함수를 모방한 것이므로, 수학에서의 함수개념 고찰을 통해 프로그래밍의 함수 교육방법을 모색해 볼 수 있다.

#### 2) 수학적 함수 개념

수학의 함수개념은 함수의 발견과 발전에 따라 '관계', '종속', '대응'의 개념으로 번갈아 가며 지도되어 왔다. '규칙성과 함수'라는 영역으로 포함된 7차 교육과정에서는 일상생활 속에서 접하게 되는 여러 가지 종속적인 관계로부터 함수의 개념을 도입하여 학생들에게 현실 속의 여러 상황 속에서 「하나의 속성이 변할 때 따라서 변하는 다른 속성과의 관련성」을 찾게 하여, 이런 종속·변화의 관계가 함수임을 가르치도록 되어 있다[9].

초등학교 수학에서는 함수 자체를 가르치는 것이 아니라 함수적 사고를 육성하는데 목적을 두고 있다. 함수적 사고 (functional thinking)란 함수이론에 근거를 두고 변화하는 현상을 보고, 생각하며 규칙을 찾아내는 과정이다. 일반적으로 함수적 사고의 핵심을 이루는 내용은 다음 세 가지로서(片桐重男,1988), 의존관계에 주목하고, 대응규칙을 발견하고 변화를 고찰하며, 관계의 표현방법을 탐구한다[10]

이러한 함수적 사고를 반영한 규칙성의 지도는 다음과 같은 과정을 통해 지도된다.

<표 2> 규칙성의 지도단계

단계	주요활동
활동	신체활동을 하거나 구체물을 조작하는 행위, 제시된 규칙을 따라서 반복해 보는 활동을 통한 탐구
규칙 찾기	규칙 활동에서 기본 단위 찾기, 다음에 올 것 찾기, 빈 곳에 알맞은 것 찾기, 주어진 대상의 규칙을 다른 대상으로 나타내어 보기
규칙을 설명하기	주어진 규칙을 그림, 도표, 기호, 식 등으로 다양하게 표현해 보기, 규칙을 만드는 설명서 만들기, 보고서 작성하기 등의 활용
규칙을 만들거나 확장하기	주어진 기본 단위를 변형하여 자신의 규칙에 따른 규칙 만들기, 여러 가지 차원으로 반복하기, 다른 구체물을 써서 자신의 규칙 만들기, 규칙 용지를 활용하여 규칙 만들기
익히기	재미있는 놀이나 문제해결 활동 등 여러 가지 부가 활동을 통해 규칙성을 익히는 활동

위 과정에서 ‘규칙 찾기’와 ‘규칙을 설명하기’는 ‘활동’과 함께 같이 이루어지기도 하며, ‘익히기’는 ‘규칙을 만들거나 확장하기’를 통해 지도할 수도 있다. [10]

### 3) 프로그래밍 함수와 수학 함수의 차이점

수학 함수는 정의역이라 불리는 집합의 원소를 치역이라 불리는 집합으로의 사상(mapping)이다. 함수는 치역 집합의 원소를 산출 또는 반환한다. 수학 함수는 명령형 프로그래밍 언어에 일반적인 순차와 반복보다는 재귀와 조건식으로 제어된다. 또한, 수학함수는 부 작용(side effect)이 없기 때문에, 동일한 인자 집합이 주어지면 항상 동일한 값을 정의한다. 프로그래밍 언어의 side effect는 메모리 장소를 모델하는 변수와 관계 되지만 수학에는 메모리 장소를 모델하는 변수와 같은 것이 없다. 프로그래밍 언어에서 함수에 있는 지역 변수는 함수의 상태를 유지하지만 수학에는 함수의 상태라는 개념이 없다. 수학 함수는 값을 생산하기 위해 메모리에 있는 값에 대한 연산들의 순서를 명시하기 보다는 값을 정의한다[8].

## 2.2 함수개념 지도를 위한 프로그램 계획

### 2.2.1 함수개념지도 학습내용의 구성

#### 1) 함수 개념 학습요소 추출

초등학생을 위한 프로그래밍의 함수개념과 관련된 학습요소를 추출한 후, 그 추출된 요소 중에서 JavaMAL 언어로 가르칠 수 있는 요소에 <표1>과 같이 ◎표를 해서 정리하였다.

<표3> 함수 개념 학습 요소

일반 프로그래밍 언어		JavaMAL 언어
함수의 선언		×
함수의 정의와 호출		◎
함수의 반환타입		×
매개 변수 프로파일	개수	◎
	순서	◎
	자료형	×
사용자정의 함수		◎
매개 변수 전달 방법	복사전달	◎
	접근 패스전달	×
변수의 범 위와 기간	지역변수	◎
	전역변수	◎
재귀함수		◎

#### 2) 차시별 지도 계획

<표4> 차시별 지도 계획

차시	주요 학습 활동
1차시	실생활 장면에서 함수적 개념을 가진 예를 찾아 함수놀이하기
2차시	함수의 정의와 호출
3차시	형식매개변수와 실 매개변수의 관계
4차시	사용자 정의 함수 만들기
5차시	변수의 범위와 유효기간
7차시	재귀함수

### 2.2.2 학습모형의 구안

문제해결력을 기르기 위해 개발된 교수·학습 모형으로는 Polya, Schoenfeld, Krulick, Rudnick, 한국교육개발원 모형 등이 있는데 Polya의 문제해결전략을 강화한 백영균(1994)의 안내된 발견식 교수학습방법[11]에 <표2>의 ‘규칙성의 지도단계’를 포함하여, 인터넷을 활용한 문제해결학습모형을 구안하였다.

<표5> 인터넷 활용 문제해결학습모형

안내된 발견식 교수학습방법	인터넷 활용 문제해결 전략	규칙성의 지도단계
준비단계 · 전시학습상기	준비단계 · 전시학습상기	
문제의 이해 · 구체적 행동 · 행동의 토론	문제의 이해 · 구체적 행동 · 행동의 토론	① 활동 ② 규칙 찾기 ③ 규칙을 설명하기
해결계획수립 · 행동의 표현	해결계획수립 · 행동의 표현	
계획의 실행 · 프로그래밍 · 실행	계획의 실행 · 프로그래밍 · 실행	④ 규칙을 만들거나 확장하기 ⑤ 익히기
결과의 반성 · 오류확인 및 수정 · 확장 및 일반화	반성 및 결과 제출 · 오류확인 및 수정 · 확장 및 일반화 · 게시판에 결과 올리기	
	의사소통 · 게시판에서 의견 주고받기 적용	

준비단계에서는 이전 차시에 다른 아동들이 제출한 프로그램 소스를 가지고 교사가 아동이 함께 실행과정을 비교하면서 해결전략의 차이점을 비교한다. 만일, 새로운 개념이나 명령어를 익혀야 할 때는 이미 완성된 코드를 가지고 실행시켜 보거나 수정하여 시각적 확인을 통해 익히도록 한다. 잘못된 코드입력으로 인해 명령어나 개념이해에 혼돈을 주지 않기 위해서다.

문제의 이해 단계에서는 주어진 문제를 가지고 거북이와 동일시하여 행동해 보거나, 자신의 행동의 규칙을 찾아서 설명해 보는 활동을 한다.

해결계획의 수립 단계에서는 토론한 내용을 바탕으로, 복잡한 문제를 통제 가능한 문제로 분석, 연계, 조직, 종합하여 활동지에 간단하게 요약하여 쓰게 한다. 이때 순서도를 활용할 수도 있지만 순서도 작성하는 일 자체를 아동들이 어려워할 수도 있으므로 강요하지 않는다.

계획의 실행단계는 활동지에 표현한 결과를 JavaMAL 명령어로 전환하여 작성한 후 실행시켜본다.

반성 및 결과제출 단계에서는 실행된 결과를 목표했던 의도와 비교해 보고 오류를 확인

수정하며, 결과를 재관찰한다. 또한, 다른 해결 방안을 탐색하고 개념이나 법칙, 원리 등을 발견하며 다른 영역의 문제에도 적용한다.

인터넷 문제해결학습에서는 위의 문제해결 전략과 함께, 게시판에 문제 해결 결과를 올리는 ‘결과제출’과 다른 학생들의 해결결과에 대해 서로 의견을 주고받을 수 있는 ‘의사소통’, 학습한 내용을 토대로 새로운 문제를 만들어 보는 ‘적용’단계가 추가된다.

2.2.3 학습모형 활용 예시

<표 6> 인터넷 활용 문제학습해결 수업 예시

본시 주제	매개변수에 따른 함수의 정의와 호출	차시	3/7
학습 목표	크기를 마음대로 늘리거나 줄일 수 있는 학교 그림을 만들어 형식매개변수와 실매개변수와의 관계를 알 수 있게 한다.		
준비	완성되어 있는 코드를 활용해서 매개변수가 없거나 한 개, 두 개인 함수를 호출하는 형식을 익히기 - 형식매개변수의 개수와 위치에 맞게 실매개변수 값을 주어서 호출해야 함을 시각적으로 익히기		
문제 이해	<input type="checkbox"/> 학습문제: 함수를 이용하여 크기를 마음대로 조절할 수 있는 예쁜 학교 그림을 만들어 보자 - 짝에게 거북이가 되어 그림을 그리도록 명령해 보기, 역할 바꾸어서 명령해 보기 - 서로의 명령에서 공통점, 차이점, 반복되는 명령 찾아보기 - 한 학생을 지명하여 교실 앞에 세워놓고, 차례로 명령하여 움직이게 해 보기		
해결 계획 수립	<input type="checkbox"/> 활동지에 해결계획 적어보기 - 어떤 순서로 그럴까? - 어떤 함수가 필요할까? - 매개변수의 개수와 순서는? - 어떤 명령어들을 사용해야 할까? - 순서도나 메모형태로 적기		
계획의 실행	<input type="checkbox"/> JavaMAL 명령어로 코드 작성하기 - 활동지에 적은 순서를 명령어로 변환하여 코드를 작성하기 - 함수 정의의 경우 하나의 함수를 만들어서 간단하게 호출하여 오류가 없는 지 확인한 후 다른 함수 정의하기 - ‘함수모음’파일을 열어서 이미 만들어진 함수 재활용해서 작성하기 <input type="checkbox"/> 실행		

반성 및 결과 제출	<input type="checkbox"/> 반성 및 결과 제출 - 화면에 나타난 모습을 보고 절차상의 오류인지 코드입력상의 오류인지 찾아내기 - 작품을 구현한 화면을 캡처하여 그림판에서 이미지 파일 만들기 → 저장하기 (*.JPG) - 새로 만든 함수가 있으면 자신의 '함수모음' 파일에 추가하기 <input type="checkbox"/> 결과제출 - 게시판에 자신의 이미지와 소스파일 올리기 (작성하지 못한 아동을 고려해서 수업 종료 후에 올릴 수도 있음) - 완성되지 못한 소스도 올리도록 함
	<input type="checkbox"/> 게시판 활동 - 게시판에 올린 아동작품에 대해 꼬리말 달아주기 - 완성되지 못한 프로그램 소스에 대해 교사와 아동 모두 의견 달아주기
의사소통	
적용	<input type="checkbox"/> 새로운 작품 만들어서 올리기 - 배운 내용을 토대로 하여 다른 작품을 만들어 올려보기

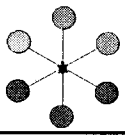
### 3. 학습 모형 적용 결과

총 7차시 수업 중에서 3차시 수업결과를 중심으로 정리하면 다음과 같다.

[활동1]은 준비단계에 형식매개변수의 개수와 위치에 맞게 실매개변수를 전달하는 과정을 익히게 하기 위해 다음의 활동을 제시하였다.

**활동 1** <http://oeeee.x-y.net> '나의 플그림' 게시판에서 '마법의 상자-함수(2)' 게시물을 열어서 편집창에 붙여 넣고 활용하세요.

#### 1. 매개변수가 없는 함수


함수의 정의	함수 풍선() 가자 40; 돌자 -90; 반복 36(찍자;가자 2; 돌자 10); 타일 거북 0,0; 돌자 90; 함수끝	모양 만들기	
	함수 호출		

**[결과]** 모든 아동들이 함수 호출을 정확하게 하였고 '나의 코드'는 2가지 형태로 나타났다.

나의 코드	반복(풍선()); 돌자 360/6;	나의 코드	반복 6(돌자 360/6; 풍선());
-------	---------------------	-------	-----------------------

<그림1> 활동1-1 아동 소스 예시

#### 2. 매개변수가 한 개인 함수

함수의 정의	함수 별(st) 반복 5(찍자;가자 st; 돌자 144);타일 함수끝	모양 만들기	
	함수 호출		

**[결과]** 별함수를 호출하긴 했으나 모양 만들기를 혼자 힘으로 완성하지 못한 아동이 2명, 나머지는 형식매개변수 개수에 맞게 실매개변수를 전달하여 호출하였다.

나의 코드	별(20); 돌자 120; 별(30); 돌자 120; 별(40)	나의 코드	별(30); 돌자 120; 별(40); 돌자 120; 별(50)
-------	-------------------------------------	-------	-------------------------------------

<그림2> 활동1-2 아동 소스 예시

#### 3. 매개변수가 두 개인 함수

3각형	반복 (찍자;가자 ___;돌자 360/___);타일
4각형	반복 (찍자;가자 ___;돌자 360/___);타일
5각형	반복 (찍자;가자 ___;돌자 360/___);타일
6각형	반복 (찍자;가자 ___;돌자 360/___);타일
8각형	반복 (찍자;가자 ___;돌자 360/___);타일
20각형	반복 (찍자;가자 ___;돌자 360/___);타일
36각형	반복 (찍자;가자 ___;돌자 360/___);타일
압축하기	반복 ○(찍자;가자 □;돌자 360/○);타일
함수 정의	
함수 호출	

**[결과]** 3명의 아동이 혼자 힘으로 해결했고, 7명의 아동이 교사와 함께 해결하였으며 나머지 3명은 개별지도를 통해서 완성하였다.

반복 (찍자;가자 [2];돌자 360/[3]);타일
함수 파각(a,b); 반복 a(찍자;가자 b;돌자 360/a);타일
다각(3, 10)
반복 (찍자;가자 [3];돌자 360/[5]);타일
다각 5(찍자;가자 [5];돌자 360/5);타일
함수끝
도형(20, 10)

<그림3> 활동1-3 아동 소스 예시

[활동2]는 준비단계를 먼저 해결한 아동들을 위해서 준비한 활동이다.

**활동 2** 위에 정의한 다각형 함수를 이용해서 다

음 도형을 그려 보세요.

함수의 정의	모양 만들기	
	나의 코드	
함수 호출		

【결과】 변수를 배울 때 한번 그려 본 것이라 비교적 쉽게 해결하였다. 지붕→벽면, 벽면→지붕의 순서로 그리는 2가지 유형이 있었다.

함수의 정의	함수 도형 (m,c): 벽면 색상 (b,d) 가자 c) 동자 가자(a); 타일 색상	모양 만들기	
함수 호출	도형 (a, b)	나의 코드	도형(m, b, c); 가자 d; 동자 s; 타일(c, d); 동자 -30; 가자 -20;

함수 도형 (a, b): 벽면 색상 (b, d) 가자 c) 동자 가자(a); 타일 색상	모양 만들기	
다각 (5, 10)	나의 코드	다각 (4, 30); 가자 20; 동자 30; 다각 (3, 30)

<그림4> 활동2 아동 소스 예시

**도전 !!** 과제는 본시 과제로서 하루 전에 게시판을 이용해 이미지 파일만 올려주어서 문제해결전략을 구상해 오게 했다. 13명의 아동 중 9명이 수업과정 중에 해결하였으며, 나머지 4명은 짝의 도움을 받거나 개별지도를 통해서 해결하였다

1) 필요한 함수가 무엇이었을까요?  
직사각형 삼각형

2) 어떤 순서로 그림과 생각하세요.  
직사각 → 가자 → 타일

3) 생각한 순서대로 코드를 편집장에 입력하고 그림이 그려지면 아래에 코드를 옮겨 적으세요.  
 함수 도형 (a, c)  
 벽면 색상 (b, d)  
 가자 c) 동자 가자(a); 타일 색상  
 함수 호출 (a, b)  
 벽면 색상 (b, d); 가자 c; 동자 s; 타일 색상

직사각 (20, 50);  
 가자 20; 동자 40; 가자 20;  
 타일 (20); 가자 -10; 동자 40

**도전 !!** 예쁘게 색깔만 바꾸고 화면에 그려 보세요.

1) 필요한 함수가 무엇이었을까요?  
직사각형, 삼각형

2) 어떤 순서로 그림과 생각하세요.  
직사각형을 그려도 삼각형을 그려도 삼각형을 그리면

3) 생각한 순서대로 코드를 편집장에 입력하고 그림이 그려지면 아래에 코드를 옮겨 적으세요.  
 직사각 (20, 50); 타일 red; 가자 20; 동자 40; 가자 20;  
 타일 (20); 가자 -10; 동자 40; 삼각 (20)

마지막으로, 학습정리 단계에서 아동들에게 함수에 대한 자신의 생각을 표현하게 했을 때, 아동들은 다음과 같이 표현하였다.

- 1) 함수는 창조자의 손이다. 왜냐하면 뭔가를 만들 때 필요하기 때문이다.
- 2) 함수는 친구이다. 왜냐하면 마음대로 불러낼 수 있기 때문이다.
- 3) 함수는 강아지다. 왜냐하면 내가 명령을 해야 움직이기 때문이다.
- 4) 함수는 기계이다. 왜냐하면 모든 것을 계속 반복할 수 있기 때문이다.
- 5) 함수는 파일이다. 왜냐하면 저장할 때 두 번 언제나 부를 수 있기 때문이다.
- 6) 함수는 손이다. 왜냐하면 뇌에서 시켜야 움직이는 손처럼 할 일을 써줘야 불러지기 때문이다.
- 7) 함수는 바보이다. 왜냐하면 자신은 주장한 바와 다르게 시키는 대로 하나까.
- 8) 함수는 끼리끼리 논다. 왜냐하면 함수 안에 함수를 넣어도 되기 때문이다.

#### 4. 결론 및 향후과제

프로그래밍의 함수개념 지도를 위해 웹 기반 JavaMAL 환경을 활용한 수업을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 13명의 개발활동 부서 아동을 지도대상으로 했다는 점, 한 달이란 짧은 기간에 수행된 연구라는 점을 고려해 볼 때, 학습목표도달도 약 70%의 활동지 결과와 게시판활동 분석결과를 프로그래밍의 함수개념지도를 위한 본 학습모형의 일반화 가능성을 기대할 수 있게 한다.

둘째, 새로운 개념이나 명령어를 익힐 때는 게시판에 올린 완성된 코드를 가지고 실행시켜 보거나 수정하여 시각적 확인을 통해 익히도록 하는 것이 효과적이었다. 또한, 코드를 잘못 입력한 것으로 인해 생기는 실행 에러가 개념 이해에 혼선을 주는 것을 피할 수 있다.

셋째, '타일(tile)' 명령어와 '돌자(rt)', '가자(fd)', '멈춤(pause)' 명령어를 결합하여 타일 색깔을 변화시키며 움직일 수 있는 작품을 만들

었을 때 아동들이 가장 흥미 있어 하였다.

넷째, 게시판에 자신의 작품 이미지나 작품 소스를 올려서, 댓글을 달거나 질문하는 의사소통 활동은 학습효과를 높였다.

향후 연구에 대한 제언 및 과제는 다음과 같다.

첫째, 짧은 기간에 여러 가지 함수개념의 지도 가능성을 탐색하고자 하여, 차시 당 학습분량이 많았다. 일반화를 위해서는 프로그래밍의 계획수립 단계에 구체적 행동과 규칙 찾기 토론에 충분한 시간을 할애할 수 있도록 학습내용을 줄이고, 차시별 지도내용을 세분화한 장기 지도전략이 필요하다.

둘째, 게시판에 작품소스를 수업 중에 올리면 다른 아동들이 그대로 복사해다 쓰려고 하는 경향이 있었으며, 문제해결 결과를 평가할 때는 완성된 이미지 뿐 아니라 해당 소스와 활동지, 질문법 등을 통해 함수개념 형성 여부를 다양하게 관찰해야 한다.

셋째, 정의한 함수를 호출하는 문법을 이해했어도, 주어진 문제에서 규칙을 발견해서 프로그래밍 하는 능력에 있어 뚜렷하게 차이가 났다. 이것은 수학의 함수적 사고와 프로그래밍의 함수적 사고 사이의 관련성 정도를 보다 정확하게 밝힐 후속연구가 필요하다고 본다.

넷째, 아동들이 자신이 만든 함수들을 '함수모음'이라는 파일로 만들었는데 이를 include 하여 재사용할 수 있으면 더 간편한 프로그래밍을 할 수 있을 것이다. 또한, 변수의 자료타입에 관한 지도방법 개발과 더불어 sound자료를 삽입할 수 있는 명령어를 개발하여 animation적 요소를 그래픽 환경에 추가할 필요가 있다.

## 5. 참고문헌

- [1] 교육부, 한국교육학술정보원, "2005 교육정보화서", 2005
- [2] 이옥화 외 14인 공저(2005), "컴퓨터 교육 4·U", 서울: 교육과학사,
- [3] 이태욱 외 2인 공저(2006), "정보영재 프로

그램 교육론", 서울: 형설출판사

- [4] 채수풍, "초등학교 프로그래밍 교육을 위한 LED제어 시스템 설계 및 구현", 서울교육대학교 대학원, 2005
- [5] 정명영, 김갑수, "프로그래밍의 변수 개념 형성을 위한 MAL-LOGO 활용 방안", 한국정보교육학회 2006 하계 학술발표논문집, 제11권 제2호, pp117-122, 2006
- [6] 고일석, "웹 기반 교육용 프로그래밍 언어 JavaMAL의 설계 및 활용", 서울대학교 대학원, 1999
- [7] 김화경, "재귀적 패턴과 거북 마이크로월드 설계", 한국수학교육학회지, 제 45권 제 2호, pp169-170, 2006
- [8] Robert W. Sebesta 著, 유원희·하상호 공역(2004), "프로그래밍 언어론(6/e)", 서울: 홍릉과학출판사
- [9] 손근섭, "7차 교육과정에서의 '규칙성과 함수'의 이론전 배경 및 지도의 실제에 관한 연구", 인하대학교 대학원, 2002
- [10] 교육인적자원부(2003), "초등교사 교육을 위한 수학교과교육 프로그램 개발"
- [11] 백영균, 우인상, "LOGO 프로그래밍의 수업방법이 문제해결력에 미치는 효과에 관한 연구", 교육공학 연구 제 9권, 제1호, p86, 1994
- [12] Mayer, Richard E. "Should there be a three strikes rule against pure discovery learning?", American Psychologist, Vol. 59, No. 1, pp14-19, 2004
- [13] Hanhyuk Cho, Hyuk Han, Manyong Jin, Hwakyung Kim, Minho Song, "Activities and programs for gifted students and enhancing mathematical creativity", College of education, Seoul National University, 2003
- [14] 김갑수, "구성주의 이론을 기반으로 컴퓨터 교육의 수업 모델에 관한 연구", 한국초등교육, pp393-413