

논리적 사고력 신장을 위한 Logo 프로그래밍 활동의 효과 분석

김 수환 (영등포여자고등학교)*

이 재학 (한국교원대학교)

I. 서론

A. 연구의 필요성 및 목적

중·고등학교의 학생들은 아주 놀라운 정서적, 육체적 그리고 지적 다양성을 드러낸다. 이 연령 집단을 가르치는 교사들은 학생들을 효과적으로 가르치려는 시도에서 가끔 당혹감을 느끼고 좌절하기도 하지만, 계속 유의미하고 동기를 유발하는 교육과정 그리고 효과적인 교수법을 탐색하여야 한다.

Piaget의 인지발달 단계로는, 구체적 조작 단계와 형식적 조작 단계가 중학교와 매우 관련성이 높다. Juraschek (1983)은 15세가 되면 모든 가능한 논리적 조합에 기초한 가설적인 추론을 이용하여 통제된 실험을 수행할 능력을 갖게 되는 형식적 조작 단계에 들어갈 수 있지만, 대부분의 중학생들이 구체적 조작기와 형식적 조작기의 전이 과정에 있으며, 실제로 형식적 조작이 가능한 학생은 얼마되지 않는다고 한다.

현재 우리 나라 수학교육이 직면하고 있는 가장 큰 문제점 중의 하나는 수학적 사고력의 신장이다. 문제해결력이나 적용력 등의 고등정신 기능을 강조하는 일반 교육목표와는 달리 구체적인 교육목표는 거의 계산능력이나 단편적인 지식의 이해 수준에 머물러 있으며, 실제 수업에서도 지적 호기심이나 탐구심을 유발시키지 못한 채 교사에 의한 일방적인 설명식 수업으로 진행되고 있을 뿐 아니라 평가 역시 학습이나 교수방법의 개선에 이용되기 보다는 평가 자체가 목표가 되어 순위나 당락을 결정하는 데 초점이 맞추어져 있으므로 수학교육이 학생들의 사고력을 촉진시키지 못하고 있다(류 회찬 1990). 류 회찬은 사고력을 신장시키는 방법에는 여러 가지가 있겠지만, 21세기의 사회적 성격이 정보화 사회라는 점을 감안하고 현재 우리 나라 초·중등학교의 컴퓨터 보급 계획과 관련하여, Logo 컴퓨터 언어를 이용한 사고력 향상의 방안을 모색하는 것이 의의 있는 일이라고 주장한다.

* 이 논문의 많은 부분은 첫 번째 저자의 1992년 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문에 포함되어 있음

교육용 컴퓨터에서 시급히 요구되는 것은 훌륭한 연구 기반이다. Logo를 아동들에게 가르친 효과들에 관한 문헌들을 살펴보면, 경험적 증거의 부족을 알 수 있다. 그 원인과 결과를 가려내기가 어렵기는 하지만, 경험적 증거의 부족으로 인하여 불행하게도 Logo 운동에 대한 불건전한 교조적 맹신주의가 탄생하였으며, 실제로 많은 문헌들이 Logo에 대한 자격이 없는 열성주의자들의 단순한 감사의 표시나 맹신에 기반을 두고 집필되었다. 너무 많은 Logo 옹호자들이, 마치 Papert는 그 언어가 제시되는 학습 환경의 변형을 요구하지 않았다는 듯이, Logo 언어 그 자체에만 초점을 두었다 (Maddux, 1985). 학습 환경의 다양한 변화란 연구 상황에서 조정될 필요가 있는 잠재적 독립 변수들을 구성하는 것이므로, Logo 언어의 구문론을 강조하는 문법적 접근보다는 관련되는 문제해결 예제들에 기초한 '안내된 발견적 방법'을 이용한 경험적 실험 연구가 필요하다.

본 연구는 이미 대중화 단계에 접어든 개인용 컴퓨터와 인지적 다양성을 드러내는 중학교 단계에서의 인지발달을 촉진시킬 가능성이 있는 유력한 도구로 보고, 특히, 학습을 위한 컴퓨터 언어인 Logo 프로그래밍 활동을 통하여 논리-수학적인 경험들을 제공해 줌으로써 중학교 학생들의 인지발달, 즉, 논리적 사고력의 향상을 가져올 수 있는가를 알아보고자 한다.

B. 연구문제

1. Logo 프로그래밍 활동을 통한 논리-수학적 경험이 중학교 학생들의 인지발달을 촉진하는가?
2. Logo 프로그래밍 활동을 통한 논리-수학적 경험이 중학교 학생들의 형식적 조작 사고의 5가지 하위 논리, 즉 비율 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 그리고 조합 논리의 형성을 촉진하는가?
3. Logo 프로그래밍 활동을 통한 논리-수학적 경험이 중학교 학생들의 인지발달을 촉진한다면, 그 이유는 무엇인가?

C. 용어의 정의

1. Logo 프로그래밍 활동: 학습을 위한 컴퓨터 언어인 Logo를 이용하여 주어진 문제를 컴퓨터로 하여금 해결할 수 있도록 학생이 컴퓨터에게 교수하는 활동을 의미한다. 즉, 학생이 Logo의 화면에 나타나 있는 거북이에게 어떤 문제를 해결할 수 있는 방법을 가르쳐 주고 거북은 마치 로봇과 같이 학생이 시키는 대로 행함으로써 문제를 해결해 가는 과정을 말한다.
2. 논리-수학적 경험: 학습 경험 자체가 현행의 수학 교육과정의 학습 내용과 다르더라도 인지 발달에 도움이 되는 5가지 논리, 즉 비율 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 그리고 조합 논리와 관련되는 경험을 말한다.

3. 인지 발달 : Piaget의 네 가지 인지 발달 단계 중 구체적 조작기(C₀)와 형식적 조작기(C₂)에 초점을 두어 이들 두 단계의 전이 단계(C₁)를 설정하고, C₀→C₁, C₁→C₂, C₀→C₂로의 전이를 인지 발달, 또는 논리적 사고력의 향상이라 한다. 인지 발달 단계는 비율 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 그리고 조합 논리로 구성된 논리적 사고력(TOLT)의 검사 결과, 0-3점은 구체적 조작기(C₀), 4-6점은 전이 단계(C₁), 7-10점은 형식적 조작기(C₂)로 구별한다.

D. 연구의 제한점

1. 현재의 교육용 컴퓨터의 보급 상황이 제한적이므로, 연구 대상의 선정에 있어서, 임의성이 결여되어 있다. 그리고 표본 집단의 크기도 그리 크지 못하다. 따라서, 본 연구의 결과를 일반화하는 데는 제한점이 있다고 하겠다.
2. 연구 대상 학년이 중학교 2학년 학생들이었으므로, 중학교 1학년이나 3학년을 대상으로 하였다면, 결과가 달라질 수도 있을 것이다.
3. Logo 활동의 과정에서 인지 발달을 보인 학생들의 사례들을 그들의 Logo 활동 디스켓이나 지필 프로그래밍 과정을 통하여 분석하였다. 그러나, 분석은 학생의 프로그래밍 활동의 결과에 대한 연구자의 주관적인 서술에 의한 것이므로, 신뢰도에 의문을 제기할 수 있다. 즉, 그것만으로 그들의 사고 과정을 충분히 파악하였다고 보기는 어렵다.
4. 실험 집단 학생들의 Hawthorne effect를 최소화하려는 시도로 통제 집단 학생들은 아침 자습 시간 동안에 담임 교사로부터 정속 지도를 받았으나, 실험 집단 학생들이 Logo 프로그래밍 활동에 대한 참여와 신기함(novelty)으로부터 발생하는 효과가 전혀 없다고 보기는 어렵다.

II. 문헌의 검토

본 연구와 관련되는 문헌들을 크게 4개의 단원, 즉 인지발달과 수학실험실 활동, 컴퓨터의 대중화와 교육용 컴퓨터, Logo 프로그래밍 활동과 사고 기능의 발달, 그리고 선행 연구의 분석으로 나누어 검토하였다.

첫째 단원에서는, Piaget의 인지발달 이론에서의 구체적 조작과 형식적 조작의 개념이 무엇이며, 인지발달 이론이 중학교 수학교육에 주는 시사점이 무엇인가를 알아보았다. 그리고, 컴퓨터가 구비된 수학실험실 활동이 교사와 학생들에게 구체물들을 통한 활동을 보다 잘 활용할 수 있는 중요한 방법을 제공해줄 것으로 보고, Dienes의 구성적 원리, 다각적 구현의 원리, 역동성의 원리, 지각적 다양성의 원리 등의 개념을 살펴보았다.

둘째 단원에서는, 컴퓨터의 발달사와 학교 교육과정에서의 프로그래밍 교육의 역할에 대하여 알아보았다.

세째 단원에서는, Logo 의 기원과 그 특징, Papert 와 Logo, 컴퓨터와 논리 - 수학적 경험, 그리고 Logo 와 사고 기능의 발달에 대해서 알아보았다.

네째 단원에서는, Logo 와 관련된 선행 연구들을 수학적 개념의 획득에 관한 연구, 수학적 사고력과 문제해결력의 향상에 관한 연구, 수학에 대한 태도의 긍정적 변화에 관한 연구, 그리고 교육과정의 통합을 위한 연구 등으로 분류하여 살펴보았다.

III. 연구 방법론

A. 가설

1. 주 가설: 실험집단과 통제집단의 학생들은 인지발달 단계의 구성비에 있어서 차이가 있을 것이다.
2. 보조 가설: 실험집단과 통제집단의 학생들은 논리적 사고력의 5 가지 하위 논리, 즉 비율 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 그리고 조합 논리의 형성 정도의 구성비에 있어서 차이가 있을 것이다.

B. 연구설계

<표 3-1> 사전-사후검사 통제집단 설계

E	T ₁	C ₀	X	T ₂	C ₀
	T ₁	C ₁	X	T ₂	C ₁
	T ₁	C ₂	X	T ₂	C ₂
C	T ₁	C ₀	X'	T ₂	C ₀
	T ₁	C ₁	X'	T ₂	C ₁
	T ₁	C ₂	X'	T ₂	C ₂

E: 실험 집단 C: 통제 집단 X: 실험 처치 X': 자율 학습
 T₁: 사전검사 (TOLT A 형) T₂: 사후검사 (TOLT B 형)
 C₀: 구체적 조작 (0-3 점) C₁: 전이단계 (4-6 점) C₂: 형식적 조작 (7-10 점)

C. 연구 대상

본 연구를 수행하기 위하여, 교육부의 교육용 컴퓨터의 보급 계획에 따라 16비트 교육용 컴퓨터가 30 대 이상 구비된 서울시 동작구에 소재하는 00 중학교를 대상 학교로 선정하였다. 실험 대상은 2학년 8개 학급 중 임의로 4개 학급을 추출하여, 그 중 2개 학급 103명 중에서 피험자 35명은 실험집단, 다른 2개 학급 104명 중에서 실험집단 35명 (C₀:C₁:C₂=13:15:7) 과 비슷한 인지발달 단계에 있는 학생 35명 (13:16:6)은 통제집단으로 하였다.

D. 검사도구

사전 - 사후검사에 사용된 검사도구는 Tobin 과 Capie (1981) 에 의하여 개발되고 타당도가 인정된 도구인 TOLT (Test of Logical Thinking) 를 번안하여 변형한 것이다.

E. 연구 절차

1. 연구 일정: 1991년 8월 21일 (수) ~ 9월 18일 (수)

2. 실험 처치:

실험집단의 학생들은 학교의 사정에 의하여, 3주에 걸쳐, 주 당 3 - 5일, 하루에 45분씩, 12일 동안 Logo 과정을 수행하였다. 그리고 통제집단들의 효과적인 통제를 위하여 매일 아침 자율학습 시간을 이용하였다. 통제집단은 보통 때와 같이 담임 선생님의 지도 하에 자율 학습을 실시하였다. Logo 프로그래밍 활동을 위한 교수법은 안내된 발견적 방법을 이용하였다.

Logo 과정의 핵심은, 학생들이 거북이가 점점 복잡한 모양들을 그리도록 하는 방법을 발견하여 문제 해결 기법들을 구체화하도록 고무되는 것과 같이, 문제 해결에 관한 것이었다. 다시 말해서 단순히 Logo 언어를 교수 - 학습하는 것이 아니라, 매 시간 사고력을 요하는 문제 상황들을 제시하고 이를 해결하는 과정에서 프로그래밍 언어와 기법들을 학습하도록 하였다. 그리고 언제나 옳은 방법과 그릇된 방법들이 존재하는 것이 아니라, 똑같은 결론에 이르는, 다소 다른 방법들이 존재한다는 사실을 강조하였다. 즉, 학생들은 어떤 시행을 "그릇된" 것으로서가 아니라, 오류수정되거나 재설계될 필요가 있는 것으로서, 그 바람직한 결과들을 산출하지 못하는 절차들로 보도록 고무되었다.

3. 자료의 수집:

1) 논리적 사고력 검사 (TOLT) A형 (사전검사): 8월 23일 (금) 08:00 - 08:45

2) 자기 얼굴 그리기: Logo 과정 투입 5차시 과제

3) 각 학생들의 탐구내용 발표 및 토론: Logo 과정 투입 12차시 과제

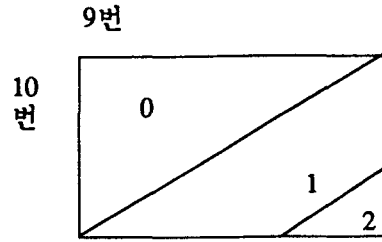
4) 논리적 사고력 검사 (TOLT) B형 (사후검사): 9월 18일 (수) 08:00 - 08:45

4. 자료의 처리:

논리적 사고력 검사 자료의 처리는 황 증현 등 (1989) 이 실시한 TOLT 검사의 채점 방식에 의한 것이다. 즉, 문항별로, 0점 (둘 다 틀린 경우), 1점 (둘 중 하나만 맞을 경우), 2점 (둘 다 맞을 경우) 으로 채점한 다음, 다시 각 논리 문항별로 교차 확인 방법에 의하여, 0점 (비형성), 1점 (과도기), 2점 (형성) 으로 분류하여 각 논리의 형성 정도를 구분하였다. 조합 논리의 문항인 9, 10 번은 27 가지, 24 가지의 조합을 짚지울 수 있어서 교차한 정답 조합들의 합이 99.5% 미만은 0점, 170.3% 이상은 2점, 그리고 그 증간은 1점으로 분류하여 채점하였다.

<표 3-2> 각 논리 문항별 교차확인 방법

2번 \ 1번	0	1	2
0	0	0	1
1	0	1	1
2	1	1	2



그리고 5 가지 각 논리별로, 0 점, 1 점, 2 점씩으로 채점한 총 인지 점수의 합은 10 점 만점이며, 이를 다시 구체적 조작기 (C₀:0-3 점), 전이 단계 (C₁:4-6 점), 형식적 조작기 (C₂:7-10 점)로 구별하였다 (Tobin & Capie, 1981).

F. 자료 분석

본 연구는 논리적 사고력의 향상을 위한 Logo 프로그래밍 활동의 효과를 분석하기 위하여 3 개의 연구문제를 설정하였으며, 이들의 검증을 위한 자료의 분석방법은 다음과 같다.

주 가설과 보조 가설의 검정을 위한 자료의 통계 처리는 SPSS PC+ 의 교차분석 (crosstabulation) 으로 하였다. 교차분석에서 이용되는 값은 χ^2 로서 기대 빈도와 실제 빈도와 의 차이에 의해 나타난다 (이 태욱, 1991). 사전 검사 (TOLT A 형) 에 의한 두 집단의 동질성 여부를 검정한 후, 사후 검사 (TOLT B 형) 에 의한 두 집단의 동질성 여부를 검정하였다. 그리고 연구 문제 3) 을 위해서는 Logo 활동의 과정에서 인지 발달을 보인 학생들의 사례들을 그들의 Logo 활동 디스켓이나 지필 프로그래밍 과정을 통하여 분석하였다.

IV. 결과 및 논의

<표 4-1> 두 집단의 인지발달 단계의 동질성 검정 (사전검사)

인지발달 단계별 \ 집단별	구체적 조작기 명 (%)	전이 단계 명 (%)	형식적 조작기 명 (%)	합계 명	df	χ^2	유의도 수준
실험집단 (E)	13 (37.1)	15 (42.9)	7 (20.0)	35	2	0.10918	0.9469
통제집단 (C)	13 (37.1)	16 (45.7)	6 (17.2)	35			

<표 4-2> 두 집단의 5 가지 논리형성 정도의 등질성 검정 (사전검사)

형성별 집단별 논리별		비형성 명 (%)	과도기 명 (%)	형 성 명 (%)	합계 명	df	χ^2	유의도 수준
비율논리	E	10 (28.6)	11 (31.4)	14 (40.0)	35	2	0.73056	0.6940
	C	7 (20.0)	13 (37.1)	15 (42.9)	35			
변인통제	E	18 (51.4)	7 (20.0)	10 (28.6)	35	2	1.55644	0.4592
	C	19 (54.3)	10 (28.6)	6 (17.1)	35			
확률논리	E	19 (54.3)	9 (25.7)	7 (20.0)	35	2	1.19786	0.5484
	C	15 (42.9)	13 (37.1)	7 (20.0)	35			
상관논리	E	12 (34.3)	21 (60.0)	2 (5.7)	35	2	1.61645	0.4456
	C	17 (48.6)	17 (48.6)	1 (2.9)	35			
조합논리	E	7 (20.0)	17 (40.0)	14 (40.0)	35	2	1.02366	0.5994
	C	8 (22.9)	17 (48.6)	10 (28.6)	35			

<표 4-3> 두 집단의 인지발달 단계의 등질성 검정 (사후검사)

인지 발달 단계별 집단별		구체적 조작기 명 (%)	전 이 단 계 명 (%)	형식적 조작기 명 (%)	합계 명	df	χ^2	유의도 수준
실험집단 (E)		5 (14.3)	18 (51.4)	12 (34.3)	35	2	7.46753	0.0239
통제집단 (C)		15 (42.9)	10 (28.5)	10 (28.6)	35			

<표 4-4> 두 집단의 5 가지 논리형성 정도의 동질성 검정(사후검사)

논리별 집단별	형성별	비형성 명 (%)	과도기 명 (%)	형 성 명 (%)	합계 명	df	χ^2	유의도 수준
비율논리	E	6 (17.1)	15 (42.9)	14 (40.0)	35	2	0.67797	0.7125
	C	8 (22.9)	16 (45.7)	11 (31.4)	35			
변인통제	E	15 (42.9)	7 (20.0)	13 (37.1)	35	2	0.66403	0.7175
	C	18 (51.4)	7 (20.0)	10 (28.6)	35			
확률논리	E	15 (42.9)	11 (31.4)	9 (25.7)	35	2	0.76848	0.6810
	C	17 (48.6)	12 (34.3)	6 (17.1)	35			
상관논리	E	5 (14.3)	21 (60.0)	9 (25.7)	35	2	0.95659	0.6198
	C	7 (20.0)	22 (62.9)	6 (17.1)	35			
조합논리	E	1 (2.9)	9 (25.7)	25 (71.4)	35	2	9.10000	0.0106*
	C	9 (25.7)	11 (31.4)	15 (42.9)	35			

1. 주 가설의 검정:

유의 수준 5% 하에서 사전검사에서는 두 집단은 동질집단이었으나 (<표 4-1>), 사후검사에서는 두 집단은 동질집단이 아니므로 (<표 4-3>) 이는 실험처치의 유의미한 효과로 볼 수 있다. 다시 말해서 Logo 프로그래밍 활동을 통하여 실험 집단 학생들의 논리적 사고력이 향상되었음을 알 수 있다.

2. 보조 가설의 검정:

첫째, 비율 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 그리고 상관 논리에 대해서는 유의수준 5% 하에서의 사전검사 (<표 4-2>)와 사후검사 (<표 4-4>)의 결과 두 집단이 동질집단인 것으로 나타났으므로 이는 실험처치의 유의미한 효과가 없는 것으로 볼 수 있다. 둘째, 조합 논리에 대해서는 유의수준 5% 하에서의 사전검사에서는 두 집단은 동질집단이었으나 (<표 4-2>), 사후검사에서는 두 집단은 동질집단이 아니므로 (<표 4-4>) 이는 실험처치의 유의미한 효과로 볼 수 있다. 다시 말해서 Logo 프로그래밍 활동을 통하여, 실험집단 학생들의 조합 논리의 형성이 촉진되었음을 의미한다.

3. 인지발달을 보인 학생들의 사례연구: Logo 프로그래밍 활동의 과정에 대한 사례 연구로 실험대상들 중 인지발달을 보인 학생들, 즉 구체적 조작 단계 혹은 전이 단계에서 형식적 조작 단계로 전이된 학생들의 사례들을 분석해본 결과 인지발달을 보인 학생들은 Plato 의

Menon 과 같이 오래된 학습에 관한 역설의 재현으로서의 Logo 프로그래밍 활동을 통하여 기지의 것과 미지의 것, 간단한 것과 복잡한 것, 그리고 즐거운 것과 당황하게 하는 것 등의 이분법의 양면을 동시에 표상하는 기교를 부림으로써 (Disessa, 1983), 흥미와 놀람을 통한 발견의 기쁨을 경험하였다. 뿐만 아니라 태극기, 성조기, 거미줄 그리기, 그리고 글자 만들기 (GOODBYE) 와 같이 스스로 독창적인 어떤 문제를 만들어 그 문제를 해결하기 위한 치밀한 계획과 지속성을 보인 학생들이 많았다. 그 결과로 Logo 프로그래밍 활동은 조합 논리의 형성을 촉진하였으며 (<표 4.4>), 두 집단 간의 인지 발달 단계의 구성비에 있어서 유의미한 차이 ($p < 0.05$) 를 보였으므로 (<표 4.3>) 논리적 사고력의 향상을 가져왔다고 볼 수 있겠다.

V. 결론 및 제언

첫째, Logo 프로그래밍 활동을 통한 논리-수학적 경험으로 인하여, 중학교 학생들의 인지 발달이 촉진될 수 있다.

이것은 9학년 학생들에 대한 Logo 의 투입이 구체적 사고에서 형식적 사고로의 전이에 유익한 긍정적인 효과를 갖는다 (Blackwelder 1986) 는 선행 연구를 보다 신뢰롭게 해줄 뿐 아니라, 인간의 학습에 주로 관심이 있는 교육자들에 의하여 만들어진 Logo 언어가 Piaget 의 인지 발달 단계들 간의 전이를 촉진시키는 유력한 도구가 될 수 있다 (Papert 1980) 는 주장의 증거가 된다고 볼 수 있다. 그러나 이 연구의 결과를 모든 중학교 학생들에게 일반화하는 데는 제한점이 없는 것은 아니다. 즉, 교육용 컴퓨터가 보급되어 있는 학교가 현재로서는 한정적이고, 또 교육용 컴퓨터를 보유하고 있는 학교에서도 정규 교육과정의 운영으로 밀리암은 실험투입의 애로점으로 인하여 실험 집단을 임의 추출하였다고 보기 어렵다는 점이다.

둘째, Logo 프로그래밍 활동을 통한 논리-수학적 경험으로 인하여 중학교 학생들의 조합 논리의 형성이 촉진될 수 있다.

이것은 프로그램을 작성하고 오류 수정을 하는 과정에서 아동은 문제해결이나 조합적 사고와 유사한 것을 학습할 것이다 (Blackwelder 1986) 라고 하는 주장을 보다 신뢰롭게 해줄 뿐 아니라, Logo 프로그래밍 활동을 통한 논리-수학적 경험으로 인하여 중학교 학생들의 인지 발달이 촉진될 수 있다고 하는 가능성의 증거로 볼 수 있겠다.

셋째, 실험 대상들 중 인지 발달을 보인 학생들은 잘 정의된 목표를 독창적으로 설정하여, 목표지향적인 프로그래밍 활동을 하였다.

즉, 태극기, 성조기, 거미줄 그리기, 그리고 글자 만들기 (GOODBYE) 와 같이, 스스로 독창적인 어떤 문제를 만들어 그 문제를 해결하기 위한 치밀한 계획과 지속성을 보인 학생들이 많았다. 이것은 국민학교 5-6학년 남녀 학생들의 수학적 과제에 대한 지속성과 문제해결력의 향상을 위하여 Logo 를 발견술과 관련한 교육의 도구로 하여 살펴본 결과 수학적 문제해결과 그 도구로 마이크로 컴퓨터를 사용한 발견술을 지도받은 학생들은 이러한 경험이 없는

학생들보다 개념과 응용을 필요로 하는 문제들을 해결하는 방법을 더 잘 학습하였다(Billings 1986) 고 하는 선행 연구를 보다 신뢰롭게 해준다. 그리고 Logo 는 문제해결을 연습할 수 있는 어떤 환경이다 (Torgerson 1984) 라는 주장에 근거하여 투입한 Logo 과정의 핵심이 학생들로 하여금 거북이가 점점 복잡한 모양을 그리게 하는 방법을 발견하여 문제해결 기법들을 구체화하도록 고무하는 문제해결에 관한 것이었기 때문인 것으로 보인다. 다시 말해서 단순히 Logo 언어를 교수 - 학습하는 것이 아니라 매 시간 사고력을 요하는 문제상황들을 제시하고 이를 해결하는 과정에서 프로그래밍 언어와 기법들을 학습하도록 하였으며, 언제나 옳은 방법과 그릇된 방법들이 존재하는 것이 아니라, 똑같은 결론에 이르는 다소 다른 방법들이 존재한다는 사실을 강조하였기 때문이라 생각된다.

네째, 실험 대상들 중 인지 발달을 보인 학생들은 Plato의 Menon 과 같이 오래된 학습에 관한 역설의 재현으로서의 Logo 프로그래밍 활동을 통하여 기지의 것과 미지의 것, 간단한 것과 복잡한 것, 그리고 즐거운 것과 당황하게 하는 것 등의 이분법의 양면을 동시에 표상하는 기교를 부림으로써 (Disessa 1983) 흥미와 놀람을 통한 발견의 기쁨을 경험하였다.

이것은 Logo 프로그래밍 활동의 가장 기초적이고 광범위한 목적은 수학 공포증을 치료하려는 교육방법으로 묘사될 수 있다 (Siegel & Davis 1986) 고 하는 주장의 근거가 된다고 볼 수 있다. 그 결과로 그들의 Logo 프로그래밍 활동은 조합 논리의 형성을 촉진하였으며, 논리적 사고력의 향상을 가져왔다고 생각된다.

다섯째, 본 연구의 결과 논리적 사고력의 5 가지 하위 논리 중 조합 논리에서 만 유의미한 실험 처치의 효과가 드러났다.

이는 실험 투입 기간이 짧았기 때문이라 생각된다. 따라서 보다 장기적인 Logo 과정의 투입으로 비율 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리에서의 효과를 검증해 볼 필요가 있을 것이다.

학생들에게 유의미하고 동기를 유발하는 교육과정과 효과적인 교수법을 탐색하려는 시도를 하고자 하는 연구자를 위하여, 그리고 본 연구와 관련된 제한점들을 보완한 보다 신뢰로운 후속 연구를 위하여 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

1. 실험 연구의 결과를 모집단에 일반화할 수 있기 위해서는 실험 집단의 추출에 있어서 임의성의 개념에 유의하여야 한다. 그리고 표본의 크기도 크게 할수록 좋을 것이다.
2. 본 연구의 결과 12 시간 동안의 Logo 프로그래밍 활동을 통한 논리 - 수학적 경험으로 인하여 실험 집단의 조합 논리의 형성과 그로 인한 인지 발달이 유의미하게 촉진되었지만 ($p < 0.05$), 이는 형식적 조작 단계에서의 유의미한 차이이기보다는 구체적 조작기와 전이 단계에서의 유의미한 차이로 인한 것이므로 보다 장기적인 실험 처치의 투입으로 조합 논리 뿐 아니라, 비율 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 그리고 상관 논리의 형성을 촉진하여 형식적 조작 단계에서의 유의미한 효과가 있는가를 알아볼 필요가 있다고 생각한다.

3. 실험 집단에 투입할 Logo 과정은 학생들이 거북이로 하여금 점점 복잡한 모양을 그리게 하는 방법을 발견하여 문제해결 기법들을 구체화하도록 고무하는 문제해결에 관한 것이 좋을 것이다. 즉, 단순히 Logo 언어를 교수 - 학습하는 것이 아니라 매 시간 사고력을 요하는 문제 상황들을 제시하고 이를 해결하는 과정에서 프로그래밍 언어와 기법들을 학습하도록 하며 언제나 옳은 방법과 그릇된 방법들이 존재하는 것이 아니라, 똑같은 결론에 이르는 다소 다른 방법들이 존재한다는 사실을 강조할 필요가 있다.
4. Plato의 Menon 과 같이 오래된 학습에 관한 역설의 재현으로서의 Logo 프로그래밍 활동을 통하여 기지의 것과 미지의 것, 간단한 것과 복잡한 것, 그리고 즐거운 것과 당황하게 하는 것 등의 이분법의 양면을 동시에 표상하는 기교를 부림으로써, 흥미와 놀람을 통한 발견의 기쁨을 경험할 수 있는 프로그래밍 대상들을 찾아 Logo 학습지도안을 구성하도록 노력하여야 할 것이다.

참고 문헌

1. 김 명렬 (1984), *Logo 프로그래밍*, 서울: 산학사.
2. 류 회찬 (1990), Logo 컴퓨터 언어와 수학적 사고 교육, *수학교육논총*, 제 8 집. 대한수학회, pp. 177-196.
3. 이 태욱 (1991), *컴퓨터 교육 원론*, 서울: (주) 교학사.
4. 이 옥화 (1990), *PC LOGO 프로그래밍*, 서울: (주) 교학사.
5. 이 혜경 (1988), *Logo 프로그래밍 언어의 도형 학습에 관한 연구*. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.
6. 장 혜원 (1991), *Logo 언어의 수학교육적 고찰 -- van Hiele의 기하 학습 수준과 장 의준 - 장 독립 인지양 식이 Logo 학습에 미치는 영향을 중심으로 --*. 서울대학교 대학원 수학교육과 석사학위 논문.
7. 황 금연, 박 인근, 김 태성 (1989), *고교생의 과학적 사고력에 관한 연구 -- 논리적 사고와 추리력을 중심으로 -- 한국과학교육학회지*, 제 9 권 1호.
8. Billinigs, L. J. Jr. (1986), *Development of mathematical task persistence and problem - solving ability in fifth and sixth grade studnets through the use of logo and heuristic methologies*. In Dissertation Abstracts International 47/07A, p. 2433, Publication No. AAC8617391.
9. Blackwelder, C. K. (1986), *Logo : A possible aid in the development of piagetian formal reasoning*. In Dissertation Abstracts International 47/11A, p. 40-43, Publication No. AAC8703946.
10. Disessa, A. (1983), *The technical revolution and its impact on mathematics education*. In M. Zweng, T. Green, J. Kilpatinck, H. Polak & N. Suidam (Eds.), *Proceedings of the 4th*

ICME, 632-636. Stuttgart, Birkäuser.

11. Juraschek, W. (1983), Piaget and middle school mathematics. *School Science and Mathematics*, 83 (1), pp. 4-13.
12. Maddux, C. D. (1985), The need for science versus passion in educational computing. In C. D. Maddux (Ed.), *Logo in the schools*. New York : The Haworth Press.
13. Papert, S. (1980), *Mindstorms*. New York : Basic Books, Inc..
14. Siegel, M. A., & Davis, D. M. (1986). *Understanding computer-based education*. New York : Random House.
15. Tobin, K. G. & Capie, W. (1981), The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 413-423.
16. Torgerson, S. & Others (1984), *Logo in the classroom*. In ERIC Document Reproduction Service No. ED 248847.