

성찰일지를 활용한 PBL 기반 초등학교 프로그래밍 교육 교수·학습 전략 개발 및 적용

서정현 · 김영식

한국교원대학교 컴퓨터교육과

요 약

본 연구는 초등학생을 대상으로 PBL 기반의 프로그래밍 학습 과정에서 구조화된 성찰일지 작성 활동이 논리적 사고력에 미치는 영향을 분석하기 위해 성찰일지 작성 전후 논리적 사고력의 차이를 비교하여 효과를 분석하였다. 연구를 위해 초등학교 5학년 59명 학생들을 대상으로 실험집단과 통제집단을 구성하고 실험집단에는 PBL 기반의 프로그래밍 학습 단계별로 내용, 과정, 비판적 성찰일지 작성을 적용하였고 통제집단에는 PBL 기반의 프로그래밍 학습 단계별로 비구조화된 성찰일지 작성을 적용하였다. 연구 결과 실험집단의 구조화된 성찰일지 작성 전후의 논리적 사고력 차이를 공분산분석(ANCOVA)을 통해 분석한 결과 유의수준 .05에서 학습효과가 있음을 확인했고 통제집단과 논리적 사고력의 차이를 비교한 결과에서도 학습효과가 있음을 확인했다. 이를 통해 초등학교 5학년 학생을 대상으로 하는 PBL 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰일지 작성 학습자의 논리적 사고력 향상에 효과가 있음을 알 수 있었다.

키워드 : 프로그래밍 학습, 문제 중심 학습, 성찰일지, 논리적 사고력

Development and Application of Teaching-Learning Strategy for PBL-based Programming Education Using Reflection Journal in Elementary School

Jeonghyun Seo · Yungsik Kim

Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

ABSTRACT

The present study is aimed to find the effect of the activity of writing a structured reflection journal in the learning process of PBL-based programming on the logical thinking of elementary school students. To achieve the objective, this study carried out an experiment with 59 elementary school students in the 5th grade. They were divided into an experimental group and a control group. The experimental group was applied with PBL-based programming classes by learning step, including learning of the contents, its procedure, and the activities of writing a critical reflection journal while the control group received learning of PBL-based programming including un-

이 논문은 2015년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5A2A01013094).

교신저자 : 김영식(한국교원대학교)

논문투고 : 2016-08-25

논문심사 : 2016-08-26

심사완료 : 2016-10-28

structured reflection journal. And then the difference in their logical thinking was compared and analyzed before and after the experiment. The results demonstrated that the experimental group showed a significant difference in logical thinking before and after writing structured reflection journal (ANCOVA) at the significance level of .05, which evidenced writing a structured reflection journal has learning effect. Intergroup comparison of logical thinking also showed that there was learning effect. Those findings suggest that writing a structured reflection journal in the PBL-based programming learning for 5th grade elementary school students has a positive effect on the learners' logical thinking.

Keywords : Programming Learning, PBL, Reflection Journal, Logical Thinking

1. 서론

세계적으로 소프트웨어 관련 산업의 중요성이 높아지고 경쟁이 치열해지며 이와 관련된 인재 육성을 위해 프로그래밍 교육을 강화하고 있다. 우리나라에서도 '2015 개정교육과정'이 적용되는 2018년부터 초등학교에서 프로그래밍 교육이 필수화되며 이를 위해 실과 교과와 창의적 체험활동을 통해 프로그래밍 교육 시수를 확보하고 프로그래밍의 요소와 구조를 성취기준으로 제시하였다[16].

프로그래밍은 논리적 사고를 바탕으로 문제를 해결하기 위해 체계적으로 접근하고 논리적 흐름에 따라 프로그램을 설계하며 오류를 수정하는 과정으로 학습자는 컴퓨터나 다른 도구를 사용할 수 있도록 문제 구성하고 자료를 논리적으로 분석하고 표현하며 문제 상황을 가장 효율적으로 해결하기 위한 탐색 활동을 수행한다[2].

이 과정에서 학습자는 프로그래밍 언어의 문법, 구조, 실행 절차 등을 익히기 위해 많은 노력이 필요하지만 이를 원활하게 지속하지 못해 메타인지가 발달하기 이전에 학습을 포기하는 경우가 많다[9]. 또한 학습자 간 프로그래밍에 대한 선수학습 능력의 차이로 인해 많은 어려움을 겪을 수 있다. 이 경우 한 단계를 놓치거나 해결이 되지 않으면 다음 학습 단계를 따라가지 못할 수도 있다. 김수환(2010)은 초보 학습자는 시행착오를 통해 프로그래밍에 익숙해지지만 '디버깅(debugging)'이나 오류를 수정하기 위해 반성적 활동인 성찰 활동이 필요하다 하였다[10].

학습에서 성찰이란 학습자가 자신의 학습 과정과 결과에 대해 비판적 입장에서 평가해 보는 지적인 사고과정을 의미하며, 이러한 과정은 학습 경험을 의미 있게

생성하고 지식 구성을 확장 하는 데 필수적인 요소이다[6]. 성찰을 한다는 것은 단순히 지식의 습득에 그치지 않고, 문제해결력이나 비판적 사고력, 창의적 사고력과 같은 고도의 사고능력을 바탕으로 이루어지는 학습 능력이다. 이와 같이 학습에서 성찰 활동을 위한 방법으로 성찰일지(Reflection Journal) 작성 활동이 있다. 성찰일지는 학습자 자신이 학습 과정에서의 경험에 대해 반성하며, 그 과정에서 느낌이나 의견을 글로 표현하는 학습 양식으로 학습 과정에 대한 비판적인 사고를 통해 학습을 촉진하고 학습 경험을 의미 있게 하며 학습 과정에 대한 관리 능력을 향상시킨다[18]. 기존의 초등학생 대상의 프로그래밍 학습 연구에서 성찰일지와 유사한 소감문 쓰기 등의 학습 활동이 있었으나 문제중심학습(Problem-Based Learning: PBL) 기반의 프로그래밍 학습 모형과 같이 계획적으로 설계된 학습에서 구조화 된 성찰 활동에 대한 연구는 아직 미흡하다.

또한 '2015 개정교육과정'의 프로그래밍 교육의 성취 기준을 살펴보면 프로그래밍에 입문하는 초등학생에게 프로그래밍에 관련된 추상적 개념의 이해를 돕기 위해 센서(sensor) 기반의 피지컬 컴퓨팅(Physical Computing) 학습 매체와 블록 기반의 교육용 프로그래밍 학습을 제시하고 있다. 이와 같은 학습 매체를 활용한 프로그래밍 학습은 프로그래밍을 처음 접하는 단계부터 기본 단계에 이르기까지 강화물로 작용하고 즉각적인 피드백과 외적 동기를 제공하여 학습 초반에 강화물로 작용할 수 있지만 상위 학습 단계로 진행될수록 그 효과가 감소하여 프로그래밍 학습에 대한 내적 동기를 저해할 수 있는 문제점이 있다[13].

본 연구에서는 초등학생을 대상으로 하는 피지컬 컴

퓨팅 학습매체를 활용한 PBL 기반의 프로그래밍 학습 과정에서 구조화된 성찰일지 작성 활동이 논리적 사고력에 미치는 효과를 알아보는 데 그 목적이 있다. 이를 위해 실험처치 전과 후의 논리적 사고력의 차이를 비교 분석하여 내용, 과정, 비판적 성찰 단계로 구조화된 성찰일지 작성 활동이 피지컬 컴퓨팅을 활용한 PBL 기반의 프로그래밍 학습 과정에서 효과가 있는지 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 프로그래밍 학습자의 이해도 및 학습 과정에서 어려움을 이해하고 프로그래밍 학습에서 학습자를 지원하는 교수·학습 전략 연구의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 PBL 기반의 프로그래밍 학습

PBL은 인식론과 구성주의 교육 철학을 배경으로 하며 비구조화 되어있고 실제 세계에서 발생할 수 있는 다양하고 복잡한 문제를 해결하는데 필요한 학습 방법으로 제시되었다. PBL에서 학습자는 상호 협력하고 자기 주도적으로 문제를 해결하는 과정에서 학습 내용에 대한 이해, 비판력과 분석력과 같은 고등 정신 능력을 기를 수 있다. 또한, 실제 생활과 관련된 내용에 대해 흥미를 갖고 지식과 정보를 바탕으로 직접적인 경험을 통해 스스로 지식을 수정하며 구성하는 데 주안점을 둔다[7].

초등학생을 대상으로 하는 PBL 기반의 프로그래밍 학습에 관련된 선행 연구를 살펴보면 제종철(2010)은 PBL 기반의 프로그래밍 개념 학습 시스템이 학습자의 학업성취도 향상에 효과가 있음을 증명하였고 배학진 외(2009)는 PBL을 적용한 스크래치 프로그래밍 교수 학습 모형 연구를 통해 학습자에게 구체적 문제상황을 프로그래밍을 통해 구현하는 학습이 학습자의 논리적 사고력과 문제해결성향이 향상되는 것을 실험연구를 통해 증명하였다[1][5]. 이처럼 PBL 기반의 프로그래밍 학습은 학습자의 학습동기를 비롯하여 문제해결력, 의사소통능력, 협동능력 등의 다양한 능력을 향상시킬 수 있고 학습자 중심의 자율적인 분위기에서 적극적이고 책임감 있는 학습 기회를 제공하는 장점을 지니고 있다고 볼 수 있다.

PBL 기반의 프로그래밍 학습 환경에서 학습자는 프

로그래밍 언어의 문법, 구조, 실행 절차 오류 수정 등과 같은 문제 상황에 직면하고 이 과정에서 애매함과 복잡함을 비롯한 다양한 갈등 상황 속에서 문제를 해결하기 위해 계속적으로 의사결정을 하게 된다. 또한 학습자 스스로 자신의 학습요구를 확인하여 학습 과제를 도출하고 이를 해결하기 위해 학습 자원을 탐색하여 정보를 수집하고 이해하는 높은 차원의 학습 과정을 수행한다. 이 과정에서 학습자 개인의 프로그래밍에 대한 선수학습 능력의 차이로 학습의 많은 곤란을 초래할 수 있는데 프로그래밍 학습에 대한 성찰 활동을 수행하지 못하거나 피드백을 받지 못할 경우 학습 과정에서 문제 상황을 극복하지 못해 학습을 포기하는 경우가 발생할 수 있다.

이에 대해 Hemker(1998)는 PBL 기반 수업에 대한 과신과 의존을 경계하며 PBL 상황은 교사가 역할 모델이 아닌 촉진자의 역할로 한정되기 때문에 학습자가 반드시 알아야 할 개념 또는 지식을 빠뜨리거나 불필요한 것들을 학습하게 되어 시간이 낭비되거나 학습 효과가 저하될 우려가 있고 학습된 지식의 체계화 미흡으로 수업을 통해 얻은 지식이 체계화되기 어려운 점을 지적하였다[3]. 특히, 논리적이고 고차원적 사고능력이 필요한 프로그래밍 학습에서 성찰 과정이 결여된 PBL 기반의 프로그래밍 학습으로 인해 학습자들이 오개념을 학습할 우려가 있다.

이처럼 기존의 PBL 기반의 프로그래밍 학습이 성찰 과정 없이 지나친 개방성과 학습자의 학습 동기 중심으로 학습 설계가 이루어질 경우 프로그래밍의 필수 요소에 대한 학습 결핍으로 이어져 프로그래밍에 관련된 핵심 지식 학습과 논리적 사고력 형성을 방해할 우려가 있으므로 학습자는 프로그래밍 학습의 주요 단계에서 자신의 학습 방법 및 결과에 대한 구조화된 성찰 활동을 통해 자신의 학습 방법과 결과에 대해 비판적 입장에서 평가하며 학습을 통한 개념을 구성하고 지식 구성을 확장하는 과정이 필요하다.

2.2 PBL에서 성찰과 성찰일지

학습에서 성찰이란 학습자가 자신의 학습 과정과 학습 결과에 대해 비판적 입장에서 평가해 보는 지적인 사고과정을 의미하며, 이러한 과정은 학습경험의 유의미한 의미 생성과 지식 구성을 위해 필요한 학습 활동으로 볼 수 있다[9][14][15].

Merizow(1990)는 구성주의 학습 이론에 근거하여 학습에서 성찰 이론을 제안하며 학습 과정에서 발생하는 맥락 이해 부족으로 인한 왜곡과 선입견, 오개념과 같은 문제들에 대해 비판적 평가 과정을 통해 타당성을 검증하고 내면적 탐구 과정을 통해 지식을 명확하게 하는 과정의 필요성을 강조하였다. 그 방법으로 학습 단계 및 수준에 따라 내용 성찰(content reflection), 과정 성찰(process reflection), 비판적 성찰(critical reflection) 세 가지 유형으로 구조화된 성찰일지 작성 활동을 제시하였으며 세부 내용은 다음과 같다.

첫째, 내용 성찰은 사건 또는 문제의 내용에 대한 성찰로 주로 '무엇(what)'에 관련된 질문으로 이루어지며 문제를 인식하고 실행하는 과정에 대한 성찰이다.

둘째, 과정 성찰은 문제 해결에 사용된 전략을 확인하는 단계로 주로 '어떻게(how)'에 관련된 질문으로 이루어진다.

셋째, 비판적 성찰은 문제의 제기에 대한 가장 높은 수준의 성찰로 주로 '왜(why)'에 관련된 질문으로 이루어진다[15].

이러한 단계별 성찰 과정을 통해 학습자는 학습에서 개념의 변화 및 의미 체계에 대한 이해가 깊어지고 의미체계를 자유롭게 변형할 수 있다.

Hmelo-Silver(2004)는 PBL에서 성찰적 요소를 강조하며 학습자가 문제를 이해하거나 해결할 수 없으면 추가적 학습 이슈를 만들고 자료 탐색과 비판적 성찰 과정의 반복을 제시하였다[4].

2.3 성찰일지를 활용한 프로그래밍 학습

학습에서 성찰은 학습에서 직면한 문제 상황에 대해 새로운 방식으로 생각하고 해결책을 찾는 과정으로 학습자의 경험을 지식으로 구조화할 수 있는 중요한 활동이다[12].

프로그래밍 학습자는 프로그래밍의 기본 문법과 구조를 이해하고 작성 방법을 익히는 데 많은 노력을 필요로 한다. 이 과정에서 학습자가 느끼는 인지적 부담감을 줄이고 오류를 수정하기 위해 학습 단계별로 성찰 과정이 필요하다. 프로그래밍에 입문하는 초보 학습자는 시행착오를 통해 프로그래밍에 익숙해지지만 디버깅이나 오류를 수정하기 위해서는 반성적 성찰이 요구되며 학습자가 주어진 알고리즘을 작성하는 단계나, 알고리즘을 컴퓨터

로 구현하는 과정 등에서 성찰을 통해 어떻게 문제를 해결해 가는지 확인할 필요가 있다[10]. 김용천 외(2010)은 초등학생의 프로그래밍 학습에서 활동지를 이용한 성찰 활동 연구를 통해 성찰 활동을 통해 알고리즘을 작성한 학습자는 자신의 생각을 논리적으로 정리하여 프로그래밍 작업을 수행하고, 창의적인 프로젝트를 완성한 반면, 성찰의 과정 없이 문제를 해결한 학습자는 단순한 알고리즘 작성에 그치고 시행착오를 통해 불완전한 프로젝트를 완성하였다[11]. 김지선 외(2015)는 온라인 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰일지 작성이 프로그래밍 학습 성취도 향상에 효과가 있음을 증명하였다[9].

이상의 선행 연구들을 종합해 볼 때 프로그래밍 학습자에게 구조화된 성찰 활동은 학습 내용의 설계부터 구현에 이르는 전 과정에 필요한 학습 과정으로 볼 수 있다.

3. 교수·학습 전략

본 연구의 교수·학습 전략에서 사용된 학습 모형은 Hmelo-Silver(2004)의 성찰활동 기반의 PBL 모형을 기반으로 설계하였다 이 모형은 PBL의 각 학습 단계에서 학습자의 성찰활동을 강조하고 있다. 이를 바탕으로 피지컬컴퓨팅 학습매체를 기반으로 프로그래밍 학습 모형을 구성하였으며 각 학습 단계별로 사용된 성찰일지 양식은 Merizow(1990)의 3단계 성찰 유형을 바탕으로 Kim & Kim(2015)이 개발한 프로그래밍 학습 단계의 구조화된 성찰일지 양식을 적용하였다[9][4][15].

학습내용은 '2015 개정 교육과정'의 초등학교 실과 교과 내용 중 프로그래밍 학습 단원에서 제시하는 블록 기반의 프로그래밍 도구와 센서를 통한 자료 입력, 제어 및 동작 활동으로 구성하였으며 학습매체는 위 학습내용의 조건을 충족하는 프로그래밍 학습 매체인 허밍버드킷(Hummingbird Kit)을 선정하여 적용하였다. 허밍버드킷은 미국의 카네기멜론대학교에서 개발한 아두이노(Arduino) 기반의 피지컬 컴퓨팅 학습 매체로 브레드보드 등을 이용한 별도의 회로 구성 없이 센서와 액추에이터를 직접 연결할 수 있고 센서값에 대한 별도의 보정이 필요하지 않아 초등학생 수준에서도 쉽게 산출물을 구현할 수 있는 프로그래밍 환경을 제공한다.

본 연구의 교수·학습 전략 및 프로그래밍 학습 단계

별 구조화된 성찰일지 작성 양식은 각각 <Table 1>, <Table 2>와 같다.

3.1 문제 제시 및 파악

문제 제시 및 파악 단계에서는 먼저 프로그래밍 이 컴퓨터 이외에도 가전제품, 휴대용 통신기기 제품에 이

르기까지 다양한 분야에서 사용되고 기기의 종류와 복잡성에 따라 차이가 있지만 여기에 사용되는 프로그래밍 원리는 ‘입력-연산-출력’의 과정을 동일하게 거치며 프로그래밍을 통해 자동화가 이루어지는 컴퓨팅 시스템을 이해할 수 있는 자료를 제시한다. 이후 생활 속에서 센서값을 입력으로 하고 연산 과정을 통해 물리적인 동작으로 출력하는 모형을 만드는 문제를 제시한다.

<Table 1> Teaching and Learning Strategy

Step	Period	Contents
Description and Understanding of Problems	1	Proposing a problem and motivation
	2	Basics of physical computing programming
	~	- Composition of scratch screen
	4	- Command control block - Repetitive statement, conditional statement, variables
	4	- Control statement, data input/output - Introduction and structure of Hummingbird kit - LED, servo-motor, sensor, control
	5	Writing a structured reflection journal (content reflection)
Making a Problem Solving Plan	6	Composition of railway crossing barrier (example)
	~	- Making a compositional plan of a railway crossing barrier, using a servo-motor and a distance sensor
	7	- Finding necessary sensors and parts - Programming, using a distance sensor and a servo-motor - Designing a project
	8	Writing a structured reflection journal (content / process reflection)
Exploring Problems	9	Using various programming
	~	Adding what needs to know
	10	Finding and correcting error
	11	Writing a structured reflection journal (process/critical reflection)
Finding a Solution	12	Finding a solution and applying
	~	Applying new knowledge to a problem
	13	Selecting the optimum output
	14	Writing a structured reflection journal (process/critical reflection)
Presentation and Evaluation	15	Making a presentation of a solution
	16	Evaluating a solution and writing a reflection journal (critical reflection)

<Table 2> Reflection Style

Structure	Reflection style	Contents	Remark
Structured	Content reflect	1. Learning with present meaning schemes 2. Thinking back to what was done	event statement, 'what'
	Process reflect	1. Learning new meaning schemes 2. Considering actions origins and related factors	strategy, 'how'
	Critical reflect	1. Learning through meaning transformation 2. Propose and provide feedback for improvement and better performance by "If - then - because".	reason, 'why', change of concept
Unstructured	.	1. reflection on learning process, their identity as learners, what and how they've learned, and how to practice on their real life	learning process

학습에서 사용될 피지컬컴퓨팅 학습매체인 허밍버드 킷(Hummingbird kit)을 제어하기 위해 기초 알고리즘을 익히고 블록 기반의 교육용 프로그래밍 도구인 스크래치 이용하여 프로그래밍 할 수 있도록 기초 학습을 실시한다. 학습자는 이 단계의 학습을 마치고 학습 내용에 대한 구조화된 성찰일지를 작성한다.

3.2 문제 해결 계획 세우기

문제 해결 계획 세우기 단계에서는 주어진 문제를 단계적으로 분석하고 제어 과정에 따른 설계를 거친 후 센서(Sensor)와 서보모터(Servo Motor), LED(Light Emitting Diode) 등의 부품을 이용하여 구성하고 스크래치 프로그래밍을 통해 산출물을 구상하는 활동이 이루어진다. 본 연구에서는 ‘철도 건널목 차단장치 만들기’라는 과제를 제시하고 모형 기차가 건널목에 진입할 때 거리 센서값에 따라 경고용 LED 점등 및 서보모터에 연결된 차단봉의 동작을 어떻게 구현할 것인지 확인한다. 학습자는 문제 제시 및 파악 단계에서 학습한 내용을 어떻게 활용하고 새롭게 구현해야 할 프로그래밍 내용을 어떻게 구현할 것인지 3인 그룹별로 역할을 분담하여 문제 해결 계획을 세운다. 학습자는 이 단계의 학습을 마치고 학습자는 학습 내용과 과정에 대한 구조화된 성찰일지를 작성한다.

3.3 탐색하기

탐색하기 단계에서는 문제 해결 계획 세우기 단계의 설계를 통해 선택한 방법으로 프로그래밍을 실시하고 중간 시연 과정을 통해 추가로 개발할 내용을 확인하며 수정을 반복한다. 그리고 프로그래밍 산출물에 대한 1차 테스트를 실시하고 디버깅을 통해 발견된 오류나 추가되어야 할 기능을 분석하고 이에 대한 해결 방법을 탐색한다. 이 과정에서 학습자는 산출물 구현 과정에 대한 구조화된 과정과 비판적 성찰일지를 작성하고 성찰 내용에 따라 오류를 수정하는 방법을 탐색한다.

3.4 해결책 발견

해결책 발견 단계에서는 프로그래밍 오류에 대한 수정 사항과 추가 기능에 대한 고안 중 최적의 산출물을 만들

기 위한 구현 방법을 결정하고 이를 적용 및 수정하여 완성하는 단계이다. 이 과정에서 학습자는 산출물 구현 과정에 대한 구조화된 비판적 성찰일지를 작성한다.

3.5 발표 및 평가

프로그래밍 학습과 산출물 제작 과정 전반에 걸쳐 발표와 시연을 통해 평가하고 미해결된 문제나 좀 더 학습이 필요한 내용에 대해 학습자 간 또는 학습자와 교사 간 토론을 통한 피드백을 실시한다. 이 과정이 끝나면 학습자는 성찰 단계 중 가장 높은 단계인 구조화된 비판적 성찰일지를 작성한다. 이 단계에서 학습자에게 ‘만일-그때-왜냐하면’이란 질문이 주어지고 산출물 설계 및 제작에 있어 더 나은 수행 방안을 제시하고 학습 전반에 걸친 평가와 더불어 미비점을 보완하며 이 결과를 동료 학습자들과 공유하여 학습을 통해 얻은 개념을 구조화 하고 발전시킨다.

4. 연구 방법

4.1 연구대상

본 연구의 연구대상은 경기도 성남시에 소재하고 있는 N초등학교 5학년 2개 집단으로 구성하였다. 각 집단은 실험집단과 통제집단으로 구성하였으며 실험집단은 30명(남:17명, 여:13명), 통제집단은 29(남:15명, 여:14명) 총 59명으로 구성하였다.

4.2 연구가설

본 연구에서는 초등학교 5학년 학생을 대상으로PBL 기반의 프로그래밍 교수-학습 전략을 이용한 학습에서 성찰 유형에 따른 성찰일지 작성 활동이 학습자의 논리적 사고력에 미치는 효과를 검증하고자 한다.

연구의 효과를 검증하기 위한 가설은 다음과 같다.

연구가설 : PBL 기반의 프로그래밍 학습에서 성찰 유형에 따른 구조화된 성찰일지 작성 활동이 학습자의 논리적 사고력에 유의미한 차이가 있을 것이다.

4.3 연구절차

본 연구에서는 PBL 기반의 프로그래밍 학습에서 성찰 유형별 성찰일지 작성 활동이 논리적 사고력 향상에 미치는 효과를 검증하기 위해 실험집단과 통제집단으로 분류하였다.

연구 실시 전 실험집단과 통제집단의 논리적 사고력 점수 변인을 통제하기 위해 사전검사로 GALT 논리적 사고력 검사를 실시한 후 실험집단에 PBL 기반의 프로그래밍 학습에서 내용, 과정, 비판 3단계로 구조화된 성찰일지 작성 활동을 적용하고 통제집단에 PBL 기반의 프로그래밍 학습에서 학습 과정, 자기평가, 응용방안 등과 같은 자유로운 형식의 비구조화된 성찰일지 작성 활동을 적용하였다.

학습은 5주 간 총 16차시에 걸쳐 실시하였으며 학습 단계마다 성찰일지를 작성하도록 하였다

실험처치 후 사후검사로 논리적 사고력 검사 실시하고 사전검사 결과를 공변량으로 하여 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다.

본 연구의 실험 설계는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Experimental Design

G ₁	O ₁	X ₁	O ₂
G ₂	O ₁	X ₂	O ₂
G ₁ : Experimental Group			
G ₂ : Control Group			
O ₁ : Pre-Test(GALT Test)			
O ₂ : Post-Test(GALT Test)			
X ₁ : Programming Learning based on PBL (Using Structured Reflection Journal)			
X ₂ : Programming Learning based on PBL (Using Unstructured Reflection Journal)			

4.4 검사 도구

본 연구의 사전·사후 검사에서 학습자의 논리적 사고력을 측정하기 위한 도구로 GALT(Group Assessment of Logical Thinking) 축소본 검사를 실시하였다. Roadrangka 외(1983)가 개발한 GALT 검사지는 학습자의 인지수준을 측정하는 지필 평가 형식의 검사지로 보존논리, 비례 논리, 변인통제 논리, 확률논리, 상관논리, 조합논리 총 6개의 하위 항목으로 구성되어 있다.

Roadrangka 외(1983)는 21문항의 GALT 원본과 함께 시간 부족 등의 제약이 있을 경우 하위범주인 6가지 논리유형별로 2문항씩 선정하여 12문항으로 줄인 축소본을 사용해도 좋다고 제안하였다[17]. 강순희 외(1998)는 GALT 검사지로 학습자의 인지 수준을 측정할 경우 축소본이 원성분에 비해 높게 측정되는 측면이 있으나 두 집단의 사전검사 결과를 공변인으로 설정하여 실험처치 전후의 효과를 비교하는 실험연구의 경우 축소본을 사용할 수 있다는 결론을 얻었다[8]. 그러므로 본 연구에서는 12문항으로 구성된 GALT 축소본 검사도구로 선정하여 실험집단과 통제집단을 대상으로 실험처치 사전·사후 검사를 실시한다.

5. 연구 결과

5.1 사전검사

본 연구의 실험집단과 통제집단의 통계분석을 위한 정규분포와 등분산 가설 검정을 실시하였으며 검정 결과는 각각 <Table 4>, <Table 5>와 같다.

<Table 4> Test of Normality

Group	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	p
G ₁	.961	33	.269
G	.951	33	.143

<Table 5> Levene Statistic

	Levene statistic	df1	df2	p
GALT	.633	1	57	.430

실험집단과 통제집단의 정규성 검정을 위한 Shapiro-Wilk 검정 결과 유의수준 .05에서 각각 .269, .143으로 두 집단의 정규분포를 만족하고 등분산 가정 검정 결과 유의수준 .05에서 유의확률이 .430으로 두 집단의 등분산 가정을 만족하는 것으로 확인하였다.

실험집단과 통제집단의 실험처치 전 논리적 사고력 점수 차이를 알아보기 위해 사전검사를 실시한 후 독립표본 t검정을 실시하였으며 검정 결과는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Pre-Test (GALT)

Group	N	M	SD	t	p
G ₁	30	8.40	1.589	.302	.764
G	29	8.52	1.379		

실험집단과 통제집단의 유의확률이 .764로 영가설을 기각하지 못하므로 유의수준 .05에서 동일집단임을 확인하였다.

5.2 사후검사

본 연구의 내적타당도를 높이기 위해 통제집단의 실험처치 사전-사후 독립표본 t검정을 실시하였으며 검정 결과는 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Paired T-test

Group	Test	N	M	SD	t	p
G ₁	Pre-test	30	8.40	1.589	7.906	.000
	Post-test	30	10.07	1.172		
G ₂	Pre-test	29	8.52	1.379	3.448	.002
	Post-test	29	9.28	1.306		

실험처치 후 실험집단과 통제집단의 논리적 사고력 점수에 대한 사전-사후 대응표본 t검정 결과 유의수준 .05에서 두 집단 모두 실험처치 효과에 대해 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 그러므로 두 집단의 실험처치 과정에서 사전검사 점수를 통제한 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였으며 검정 결과는 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Results of ANCOVA on GALT Test

Source	SS	df	MS	F	p	partial η^2
Pre-test	36.637	1	36.637	40.211	.000	.418
Group	10.735	1	10.735	11.782	.000	.174
Error	51.023	56	.911			
Corrected total	96.881	58				

R squared = .473(adjusted R squared = .455)

실험처치 후 사전검사 점수를 공변량으로 처리한 공분산분석 결과 $F=40.211$, $p=.000$ 으로 유의수준 .05에서 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 또한, 실험집단과 통제집단 간 점수 차이는 $F=11.782$, $p=.000$ 으로 유의수준 .05에서 학습 방법에 따른 유의미한 차이가 있음을 확인하였다.

실험집단과 통제집단의 사전검사 점수를 통제한 교정 점수는 <Table 9>와 같다.

<Table 9> Results of Adjusted Mean on GALT Test

Group	N	Pre-test		Post-test		Adjusted Mean	
		M	SD	M	SD	M	SE
G ₁	30	8.40	1.589	10.07	1.172	10.09	.174
G ₂	29	8.52	1.379	9.28	1.306	9.24	.177

6. 결론 및 제언

본 연구는 초등학생을 대상으로 PBL 기반의 프로그래밍 학습 과정에서 구조화된 성찰일지 작성 활동이 논리적 사고력에 미치는 영향을 분석하기 위해 성찰일지 작성 전-후 논리적 사고력 검사를 통해 실험처치 효과를 분석하였다. 연구를 위해 초등학교 5학년 59명을 대상으로 실험집단과 통제집단을 구성하고 실험집단에는 PBL 기반의 프로그래밍 학습을 실시하고 학습 단계별로 구조화된 내용, 과정, 비판적 성찰일지 작성 활동을 적용하였고 통제집단에는 PBL 기반의 프로그래밍 학습에서 비구조화된 성찰일지 작성 활동을 적용하였다. 실험처치 후 각 집단별 사전-사후 대응표본 t검정을 실시하였고 사전검사 점수를 공변량으로 처리한 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였으며 결과는 다음과 같다.

첫째, 연구가설 검증을 위해 실험집단과 통제집단으로 나누어 실험처치 후 집단 간 차이를 비교한 결과 집단 간 점수 차이는 $F=11.782$, $p=.000$ 으로 유의수준 .05에서 유의한 차이가 있음을 확인하였다.

본 연구를 통해 초등학교 5학년 학습자를 대상으로 PBL 기반의 프로그래밍 학습을 적용하였을 때 각 학습 단계에서 내용, 과정, 비판적 성찰일지로 구조화된 성찰일지 작성 활동을 적용한 집단이 비구조화된 성찰일지 작성 활동을 적용한 집단에 비해 논리적 사고력 향상에 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 확인하였다.

그러나 성찰 유형에 따른 집단별 사전-사후 대응표본 t검정 결과 두 집단 모두 통계적으로 유의미한 차이가 있고 사전검사 결과를 공변량으로 처리한 공분산분석 결과 유의수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 있으나 집단 간 실험처치 효과를 나타내는 부분메타제곱 ($partial \eta^2$) 값이 .174로 낮게 나와 연구결과의 일반화를 언급하기에는 다소 무리가 있다. 다만 본 연구 결과를 토대로 기존의 초등학생을 대상으로 하는 PBL 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰일지 작성 활동이 소감문이나 자기평가지 같은 비구조화된 성찰일지 작성 활동에 비해 논리적 사고력 향상에 더 효과가 있음을 실험연구를 통해 증명하였다. 이는 현재 초등학생을 대상으로 하는 프로그래밍 학습매체로 주목받고 있는 피지컬 컴퓨팅 학습매체 활용 수업의 지나친 낙관을 경계하는 동시에 프로그래밍에 입문하는 초등학생 단계에서 학습 단계별 구조화된 성찰일지 작성활동의 중요성을 시사한다.

본 연구결과를 바탕으로 향후 연구과제에 대해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, ‘2015 개정교육과정’을 통해 프로그래밍 학습 초등학교에 도입되며 다양한 학습매체와 교수·학습 전략이 도입되고 있지만 실제로 프로그래밍이란 추상적인 개념은 초등학생 초등학생의 인지 발달 단계에서 이해하기 어려운 개념으로 이 과정에서 학습자는 많은 어려움을 겪는다. 그러므로 학습자의 수준에 따른 학습 전략과 학습 과정의 어려움 및 요구사항을 다양한 성찰 방법을 통해 파악하고 이를 지원할 수 있는 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구는 아두이노 기반의 피지컬 컴퓨팅 허밍버드킷(Hummingbird Kit)을 학습매체로 선정하여 실시하였다. 향후 연구를 통해 다양한 프로그래밍 학습매체 및 학습 환경에서 적용 가능한 성찰 유형에 관한 연구가 필요하다.

셋째, 학습자가 프로그래밍 학습 과정에서 작성한 성찰일지 내용을 분석하여 학습자의 과정에서 유형에 맞는 프로그래밍 교수·학습 전략을 개발하고 이를 평가할 수 있는 루브릭(Rubric)에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Bae Hak Jin, Lee Eun Kyoung, Lee Young Jun

(2009). A Problem Based Teaching and Learning Model for Scratch Programming Education. *Journal of Korean Association of Computer Education*, 12(3), 11-22.

[2] Choi Sook Yung (2011). An Analysis of "Informatics" Curriculum from the Perspective of 21st Century Skills and Computational Thinking. *Journal of Korean association of computer education*, 14(6), 19-30.

[3] Hemker, H. C. (1998). Critical perceptions on problem-based learning. *Journal of Advances in Health Sciences Education*, 3(1), 71-76.

[4] Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Journal of Educational psychology review*, 16(3), 235-266.

[5] Je Jong Cheol (2010). On the Effects of Students' programming Concept Learning System using PBL to Achievements. Korea National University of Education [master's thesis].

[6] Jeong Yung Ran (2003). The Effects of Reflective Practice on Attitudes, Performances of Students in Web-based PBL. *Journal of Educational Technology*, 19(2), 87-115.

[7] Kang In Ae (2003). Problem-Based Learning: PBL, Seoul: MoonEumSa.

[8] Kang Soon Hee, Park Jong Yun, No Jeong Won (1998). A Comparative Analysis of the GALT Full Version and Short Version Used in the Science Education Researches. *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 18(3), 399-413.

[9] Kin Ji Seon, Kim Yung Sik (2015). Effect of Reflective Journal Writing on the Achievement in Online Programming Learning. *Journal of Education Research*, 31(S), 115-132.

[10] Kim Soo Hwan, Han Sun Kwan (2010). A Study on Learner's Characteristics and Programming Skill in Computational Literacy Education - Focus on Learning style and multiple intelligence. *Journal of Korean Association of Computer Education*,

13(2), 15-23.

- [11] Kim Yong Cheon (2012). A Case Study on Reflection Using Worksheets for Elementary School Students in Programming Learning. *Journal of Korean Association of Information Education*, 16(1), 21-31.
- [12] Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- [13] Lee Eun Kyung (2009). A Robot Programming Teaching and Learning Model to Enhance Computational Thinking Ability. [dissertation]. Korea National University of Education.
- [14] Lee Seung Hee, Kim Dong Sik (2003). The Effects of Collaborative Reflection Supporting Tools on Problem Solving Performance and Process in Computer Supported Collaborative Learning Environments. *Journal of Educational Technology*, 19(1), 131-159.
- [15] Merizow, J. (1990). *Fostering critical reflection on adulthood: a guide to transformative and emancipatory learning*. San Francisco : Jossey-Bass.
- [16] Ministry of Education (2015). 2015 Curriculum of the Practical Arts Education. Ministry of Education. 2015-74(10).
- [17] Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction and Validation of group assessment of logical thinking (GALT). paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas. Texas.
- [18] Smith, J. (1989). *Critical perspectives on educational leadership* (Vol. 3). Psychology Press.

저자소개

서 정 현



2002 춘천교육대학교 윤리교육과 (교육학학사)
 2007 서울교육대학교 초등컴퓨터교육과(교육학석사)
 2011~현재 한국교원대학교 초등컴퓨터교육과 박사 과정
 관심분야: 프로그래밍 교육, 피지컬 컴퓨팅
 e-mail: eos1030@gmail.com

김 영 식



1982 서울대학교 전기공학과(공학사)
 1987 노스캐롤라이나주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)
 1993 노스캐롤라이나주립대학교 전기 및 컴퓨터공학 (공학박사)
 1993~1994 한국전자통신연구소 선임연구원
 1995~1996 한국전자통신연구소 위촉연구원
 1996~1998 한국전자통신연구소 초빙연구원
 1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
 관심분야: 컴퓨터 교육, 프로그래밍 교육, 피지컬 컴퓨팅, e-Learning,
 e-mail: kimys@knue.ac.kr