

로봇 활용 프로그래밍 학습이 창의적 문제해결성향에 미치는 영향

이은경* · 이영준**

<국문 초록>

로봇과 같은 물리적인 객체와 교육용 프로그래밍 언어를 통합한 실체적 프로그래밍 지원 도구는 일반적인 문제해결력 신장 뿐 아니라, 창의적 사고 발현에 유용한 도구이다. 즉, 학습자가 설계한 문제해결과정을 가상의 시뮬레이션이 아닌 물리적 객체를 통해 시뮬레이션 하는 경험을 제공해 줌으로써, 사전지식이나 문제해결과정에 대한 고정관념을 최소화할 수 있는 기회를 제공한다. 이러한 경험은 새로운 해법을 꾸준히 탐색하고 능동적으로 환경을 변경하고자 하는 창의적 사고 유발에 효과적이다. 따라서 본 연구에서는 로봇을 활용한 프로그래밍 교수 학습 프로그램을 개발하여 이를 대학교 프로그래밍 입문 과정의 초보 학습자들에게 적용하였고, 로봇 활용 프로그래밍 학습이 학습자들의 창의적 문제해결성향 증진에 유의미한 영향을 주었음을 확인하였다. 특히 창의적 문제해결성향을 구성하는 3가지 하위요인 중 인지적 요인이 통제집단에 비해 유의미하게 높게 나타났다. 인지적 요인은 일반적인 문제해결력 뿐 아니라 창의성을 설명하는 문제인지 및 표상, 확산적 사고 등의 개념을 포함하고 있다. 따라서 이러한 결과는 로봇 활용 실체적 프로그래밍 학습이 학습자의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 요인으로 작용할 수 있음을 의미한다. 또한 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향 향상 정도를 분석한 결과, 로봇 활용 프로그래밍 학습 집단은 인지적 요인, 정의적 요인, 지식구성 요인 모두에서 유의미한 향상을 보였다. 이러한 결과는 로봇 프로그래밍 학습을 위한 교수 전략들이 문제해결력 뿐 아니라, 동기와 같은 정의적 요인 모두에 유의미한 영향을 끼친 것으로 해석할 수 있다.

주제어: 교육용 로봇, 프로그래밍, 창의성, 문제해결력, 창의적 문제해결성향

* 성안중학교 교사(한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정)

** 교신 저자: 이영준(yjlee@knue.ac.kr), 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수, 043-230-3765

I. 서론

창의적 문제해결력(Creative Problem Solving Ability)은 21세기 지식정보사회를 살아가는 모든 사람이 갖추어야 할 필수 능력이다. 따라서 주어진 환경에서 최선의 해답을 도출하기 위한 문제해결력과 더불어, 새로운 해법을 탐색하고 능동적으로 환경을 개척하고자 하는 창의성을 동시에 신장시킬 수 있는 교육 방안의 탐색은, 급변하는 현대사회가 요구하는 인재 육성을 위한 현대 교육 목표에 가장 부합하는 일이라고 할 수 있다.

일반적 문제해결력(General Problem Solving)은 실생활의 모든 영역의 문제 해결에 적용할 수 있는 전략적 지식으로, 수학이나 과학과 같은 영역 특수적인 지식(Domain Specific Knowledge)에 의존하기 보다는 제시된 상황에서 최적의 해를 찾기 위해 수행하는 단계인 문제해결과정에 초점을 둔다. 즉, 실생활에서 경험하게 되는 광범위하고 다양한 문제를 해결하기 위해 일반적으로 적용할 수 있는 절차와 방법인 과정적 지식을 의미한다.

이러한 문제해결력 향상을 위해 가장 효과적인 교육 내용은 알고리즘 및 프로그래밍 교육이라고 할 수 있다. 즉, 주어진 문제 상황에서 최적의 해를 도출하기 위한 절차를 의미하는 알고리즘을 설계하고 이를 컴퓨터를 통해 수행하기 위한 프로그래밍의 과정은 추상적 개념에 대한 실제적 경험을 제공해 줄 수 있기 때문이다.

그러나 이러한 문제해결력 향상을 위한 알고리즘이나 프로그래밍 교육은 추상적 사고를 요구하기 때문에 프로그래밍 교육을 처음 접하는 초보 학습자나 인지적 발달 수준이 낮은 어린 학습자들에게는 부담으로 작용할 수 있다. 또한 프로그래밍 언어의 사용법을 습득하고 문법을 익히기 위한 과정은 또 다른 외재적 인지 부하를 야기할 수 있다. 실제로 국내의 과거 프로그래밍 교육은 문제해결을 위한 과정인 알고리즘을 설계하고 개발하는 과정보다 특정 프로그래밍 언어의 사용법이나 문법 위주의 교육에 치중하여 왔다(배영권, 2006; 유인환, 2005; 한건우, 이은경, 이영준, 2006). 이러한 형태의 교육은 프로그래밍 언어 습득 자체의 어려움으로 인해 학습자의 흥미와 동기를 저해할 뿐 아니라 문제해결력 향상이라는 근본적인 프로그래밍 교육의 목표에 도달하지 못하는 결과를 초래할 수 있다.

최근 프로그래밍 학습에 있어서 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로, LOGO, Squeak Etoys, Alice, Scratch와 같은 교육용 프로그래밍 언어(EPL: Educational Programming Language) 활용에 관한 연구들이 이루어지고 있다. 이는 학습자에게 보다 쉽고 시각적인 프로그래밍 환경을 제공해 줌으로써 초보 학습자들이 프로그래밍 학습에 몰입하게 하기 위한 방법적 접근이라고 할 수 있으며, 실제 학습자의 동기 및 문제해결력 향상에 미치는 영향에 관한 연구들이 이루어지고 있다(이은경, 이영준, 2007).

그러나 이러한 시뮬레이션 기반 프로그래밍 학습 환경은 문제해결과정에 대한 고착 현상을 유발할 뿐 아니라 다양한 오개념(Misconception)을 유발할 수 있다. 즉, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 문제 해결 과정의 시연은 가상의 공간에서 이루어지기 때문에 실제 상황과는 많이 다르지만, 학습자들은 가상의 공간에서 자신이 설계한 문제해결과정이 제대로 시연되면 실제 상황에서도 동일한 문제해결과정을 적용할 경우, 최적의 해를 얻을 수 있을 것이라 생각하게 된다. 그러나 실세계는 다양한 물리적 제약 조건들이 존재하며, 문제해결과정을 수행하는 동안 환경적 조건들이 역동적으로 변경되기 때문에 학습자들이 가상의 공간을 통해 시연한 문제해결과정이 최적의 해를 도출한다는 것을 보장할 수 없으며, 새로운 해법을 꾸준히 탐색하고 능동적으로 환경을 변경하고자 하는 창의적 사고를 방해할 수 있다. 따라서 가상의 시뮬레이션으로 인한 문제해결과정에 대한 고착 현상을 최소화하고 오개념 형성을 최소화하기 위한 새로운 도구 및 방법적 접근이 필요하다.

로봇 활용 프로그래밍은 '실체적인', '만져지는' 프로그래밍 방법으로 교육용 프로그래밍 언어와 물리적인 다양한 교구들을 통합한 것으로, 자신의 창의적인 아이디어를 통해 다양한 물리적 객체들을 만들고 이를 교육용 프로그래밍 언어를 통해 제어함으로써 물리적인 시뮬레이터 또는 창의적인 과학 작품, 예술 작품 등을 만들 수 있다.

예로, LEGO Mindstorms와 같은 프로그래밍 가능한 로봇을 직접 구성하고, 구성된 로봇의 움직임, 지각, 상호작용 및 의사소통을 위한 다양한 프로그램을 작성한 후, 로봇 행동을 통해 시연하는 과정은 일반적인 문제해결력 신장 뿐 아니라, 프로그래밍 과정에서 발생할 수 있는 고착 현상 및 오개념을 물리적 시뮬레이션 과정을 통해 해소함으로써 학습자의 창의성 발현에 도움이 될 수 있다. 또한 Pico Cricket 로봇의 경우, 다양한 센서와 모터를 가진 도구들과 종이, 직물, 금속 등의 물리적 재료들을 이용하여 학습자 스스로 창의적인 작품을 만들고 그 작품과 상호작용하기 위한 프로그램을 작성하여 실제 물리적인 공간에서 시뮬레이션해 볼 수 있다(Rusk et al., 2008).

그러나 교육용 프로그래밍 언어의 활용과 더불어 이러한 물리적 객체의 활용은 학습자들에게 또 다른 인지적 부하를 야기할 수 있으며, 단지 새로운 매체나 최첨단 기술의 활용을 통한 흥미 유발은 일시적일 수 있다. 따라서 학습자들의 창의적 문제해결력 향상을 위해 로봇과 같은 실체적 프로그래밍 도구의 활용은 의미 있는 선택이지만, 학습자의 동기 유발 및 질적으로 높은 수준의 문제해결과정 학습 기회를 제공하고 이를 지원하기 위한 교수 학습 전략에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 학습자의 창의적 문제해결력 향상을 위한 로봇 활용 프로그래밍 교육을 위한 교수 학습 전략들을 설계하고 이러한 전략들이 학습자의 문제해결 성향에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위한 연구의 내용은 다음과 같다. II장에서는 창의적 문제해결력과 로봇 활용을 통한 프로그래밍 학습과 관련된 선행 연구 결과들을 고찰하였다. III장에서는 창의적 문제해결력 향상을 위한 로봇 활용 프로그래밍 교수 학습 전략들을 설계하였다. IV장에서는 설계한

교수 학습 전략을 기반으로 한 로봇 활용 프로그래밍 교육 프로그램을 대학생들을 대상으로 적용하고, 학습자들의 창의적 문제해결성향에 미치는 영향을 분석하였다. V 장에서는 연구 결과를 논의하고 VI장에서 결론을 제시하였다.

II. 이론적 배경

1. 창의적 문제해결력

창의적 문제해결력은 개인이나 집단이 어떤 문제를 해결하기 위해 창의적으로 사고하는 과정이나 노력들을 통칭하는 것으로, 문제해결과정에서 다양한 요인이 복합적이며 역동적으로 상호작용하여 문제 해결에 유용하며 독창적인 산출물 또는 해결책을 만들어 내는 능력으로 정의된다(강정하, 최인수, 2006; 배영권, 2006).

초기의 창의적 문제해결력과 관련된 연구들은 주로 개인의 인지적 사고과정에 초점을 두고 진행되었지만, 최근의 연구들은 이러한 능력이 발현되는 환경적 조건이나 동기 혹은 성격 등과의 상호작용에 대한 연구들이 활기를 띠고 있다. 즉, 창의적 문제해결력은 개인의 배경지식과 인지적 능력, 동기 및 성격적 특성, 이와 관련된 환경 등의 다양한 요소들의 상호작용을 통해 발현된다고 보고 있으며(Amabile, 1996; Lubart & Guignard, 2000; Sternberg & Lubart, 1995), 이는 교수 학습 전략이나 학습 환경 구성 등을 통해 창의적 문제해결력을 개발하고 신장시킬 수 있음을 의미한다.

특히 창의성과 지식, 문제해결력과의 관계에 관한 최근 연구의 동향은 창의적 사고 향상을 위해 개인의 영역 지식과 문제해결력의 중요성이 점차 강조되는 추세에 있으며, 이는 인지 학습 이론가들에 의해 꾸준히 검증되어 왔다(Weisberg, 1999; Weisberg, 2006). Fasko(2000-2001)는 창의성 발현을 위해 지식뿐 아니라 동기가 중요함을 강조하였다. Fasko(2000-2001)가 소개한 Runco와 Chand의 창의적 사고 모델에 의하면 창의적 사고에 영향을 끼치는 지식은 서술적(Declarative) 지식과 과정적(Procedural) 지식으로 서술적 지식은 사실에 대한 정보를 제공하고 과정적 지식은 문제해결과정인 전략적 사고를 위한 안내를 제공한다. Hennessey와 Amabile(1988)은 창의적 산물을 만들어내는 결정적인 요소로 내적 과제 지향 동기(intrinsic task motivation), 영역 관련 기술(domain relevant skills), 창의성 관련 과정(creativity relevant processes)을 제시하였다.

이러한 연구결과들은 창의적 문제해결력 향상을 위해 개인의 영역관련 지식 뿐 아니라, 일반적인 문제해결력과 같은 과정적 지식, 내적 동기의 중요성을 보여주고 있다. 창의적 문제해결력 향상을 위한 필수요인을 이러한 세 가지 측면으로 본다면, 로

봇 활용 프로그래밍 학습은 다음과 같은 측면에서 창의적 문제해결력 향상에 가장 부합하는 학습 내용 및 환경을 제공할 수 있다.

첫째, 프로그래밍 학습에 있어서 로봇의 활용은 물리적 환경에서 직접 체험하는 학습 경험을 제공함으로써 추상적 개념 학습을 구체적이고 실험적인 학습으로 전환시킨다. 이는 사전지식과 문제해결과정에서 부가되는 고착 현상 및 오개념을 최소화하고 프로그래밍 학습에 대한 내재적 동기를 유발할 수 있다.

둘째, 로봇 행동의 제어를 위해 제시되는 문제들은 실생활에서 접할 수 있는 실제적 문제(authentic problem)의 형태라 할 수 있다. 이러한 문제의 특성은 상황에 따라 다양한 요소가 결합되어 있어 해결책이 분명치 않은 비구조화된(ill-structured) 문제라 할 수 있다. 인지심리학자들은 비구조화된 실제적 문제를 협력학습을 통해 최적의 해결책을 찾는 과정이 학습자의 창의적 문제해결력 신장에 도움이 된다고 주장하고 있다. 이러한 로봇 프로그래밍 학습 환경의 특성은 서술적 지식, 과정적 지식, 내적 동기의 3가지 요소 모두를 통합적으로 향상시킬 수 있음을 의미한다.

2. 로봇 활용을 통한 프로그래밍 학습

실체적 프로그래밍이 가능한 대표적인 교육용 도구는 LEGO Mindstorms와 같은 로봇이다. LEGO Mindstorms는 1990년대에 출시된 이후, 최근까지 전 세계적으로 광범위하게 교육에 활용되고 있다. 이는 Papert의 구성주의(Constructionism) 교육 철학을 기반으로 개발된 것으로, Papert의 구성주의적 학습이론에 의하면, 학습자들의 최상의 경험은 그들이 제시된 학습 매체와의 간단한 상호작용에 참여하는 것이 아니라, 학습 매체를 가지고 설계, 생성, 개발의 과정을 통해 얻을 수 있으며, 학습자 스스로 자신의 결과물을 만들고, 설계하는 과정을 통해 최상의 학습 효과를 얻을 수 있다고 하였다(Resnick, 2006; Kafai, 2006).

LEGO Mindstorms는 프로그램 가능한 브릭(Programmable Bricks)을 포함하고 있어 학습자들은 이 브릭을 통해 직접 로봇을 구성하고, 구성된 로봇의 움직임, 지각(sensing), 상호작용 및 의사소통을 위한 프로그래밍 작업이 가능하다.

지난 10년 동안 수백 가지의 다른 종류의 장난감 로봇들이 출시되었지만, LEGO Mindstorms와는 근본적인 차이를 지닌다. 대부분의 장난감 로봇들은 미리 구성된 로봇과의 간단한 상호작용만을 지원하는 반면, LEGO Mindstorms를 가지고 학습자들은 그들 자신의 로봇을 창작할 수 있다. 그들은 기어, 축, 도르래 등을 사용하여 로봇을 구성하고, 로봇의 움직임을 위해 모터를 연결하고, 실세계의 상태를 감지하기 위해 센서를 부착한다. 그리고 로봇의 행동을 안내하기 위한 컴퓨터 프로그램을 작성한다. 이는 LEGO Mindstorms가 실세계와 가장 유사한 문제해결과정을 경험할 수 있는 학습 환경 구성을 위한 중요한 학습매체로 활용될 수 있음을 의미한다.

Pico Cricket 프로젝트의 경우, 이러한 로봇 활용 프로젝트의 확장된 형태로, 기존의

LEGO 브릭에 더하여 다양한 종류의 재료들(예를 들어, 직물이나 종이, 플라스틱이나 금속 공예품, 구슬 등)을 통해 보다 광범위하고 창의적인 작품들(예를 들어, 꽃이나 곤충, 이동식 랜턴, 악기 등)을 만들고 각 작품들의 동작을 제어하기 위한 프로그래밍 환경을 제공한다. 학습자들은 Pico Cricket을 통해 빛(light), 소리(sound), 음악(music), 동작들(motion)을 통합한 예술적인 창작품을 설계하고 프로그래밍을 할 수 있다. 이러한 전략은 기존의 로봇 활용 교육의 장점을 최대화함과 동시에 다양한 학습자의 흥미와 관심을 유발하기 위한 것으로 볼 수 있다. 즉, 로봇 활용 교육이 주로 로봇을 통한 도전과제 수행에 초점을 두고, 로봇 경기와 같은 경쟁적 구조를 지남에 따라 다양한 학습자의 요구와 흥미를 유발하지 못한 단점을 보완하기 위한 시도로 볼 수 있다 (Rusk et al., 2008).

실체적 프로그래밍 학습은 학습자의 인지적, 정의적, 심동적 영역 발달을 위한 유의미하고 흥미로운 교육활동으로서 새로운 교육 패러다임으로 자리 잡아 가게 될 것이며, 단지 최첨단 기술을 통한 흥미 유발 뿐 아니라 창의적 문제해결력 향상을 위한 기반 교육이 될 수 있다. 그러나 실체적 프로그래밍 학습을 위한 기존의 연구들은 다음과 같은 한계점을 지니고 있다.

첫째, 기존의 실체적 프로그래밍 학습을 위해 설계된 학습 내용의 편향성으로 인해 다양한 학습자의 요구와 흥미를 유발하지 못하고 있다. 기존 연구에서 제시되고 있는 대부분의 로봇 프로그래밍 학습을 위한 활동들은 도전과제 수행 및 경쟁적 구조를 지닌다. 예로, 미국 FIRST 재단과 덴마크 레고사가 공동으로 설립·운영하는 FIRST LEGO League는 국제적인 로봇 경기 프로그램으로 9-16세의 청소년들을 대상으로 5-10명으로 구성된 팀별 경쟁을 통해 이루어진다. 매년 제시된 도전과제를 수행하기 위한 경기는 지역 및 국가 예선을 걸쳐 국제대회에 출전하는 형태를 띠고 있다. 경쟁은 대부분의 학습자들에게 동기를 부여하지만 경쟁을 기피하는 학습자들에게는 오히려 학습 동기를 저해하는 요소로 작용할 수 있다.

배영권(2007)의 연구에서 로봇프로그래밍을 위한 학습 내용 조직에 있어 남학생은 공격적이며 투쟁적인 학습내용을 선호하고, 여학생은 생활 중심적이고 협력적인 학습내용을 선호하는 것으로 나타났으며, 공격적이고 경쟁적인 교육내용은 여학생들의 학습의욕을 저해시킬 수 있음을 지적하였다. Resnick(2006) 또한 이러한 경쟁 형태의 활동 구조의 문제점을 지적하고 있다.

둘째, 기존의 로봇 활용 프로그래밍 교육은 일반적인 문제해결과정인 알고리즘을 설계하고 프로그램을 개발하는 과정보다 물리적인 로봇을 구성하기 위한 공학적 사고 및 수학이나 과학적 개념 습득에 치중한 경향이 있다. 로봇의 활용 목적이 로봇공학을 학습시키기 위한 것이 아니라, 로봇 활용을 통한 창의적 문제해결력 향상에 있다면, 로봇 조립 및 구성과 같은 공학적 사고보다 문제해결과정 습득을 위한 프로그래밍 과정에 집중해야 할 것이다. 공학적 사고와 같은 영역 특수적인 지식이 물론 창의적 문제해결력에 영향을 미칠 수 있지만, 일상생활의 모든 문제해결에 공통적으로 적

용 가능한 지식은 일반적 문제해결과정을 의미하는 과정적 지식이라고 할 수 있다. 또한 로봇공학을 전공하지 않은 초보 학습자들의 경우, 로봇공학과 같은 선언적 지식의 습득은 어렵고 힘든 과정이 될 수 있다. 실제로 로봇 활용 교육이 학습자의 동기나 흥미 유발에 효과적이었음을 보고한 연구결과들은 존재하지만, 문제해결력 신장에 대한 긍정적 효과를 검증한 연구는 드문 실정이다. 예로, 비전공 대학교 1학년 학생들을 대상으로 한 Fagin과 Merkle(2003)의 연구 결과 로봇을 이용한 학습이 흥미롭고 재미있고 도전할 만하다고 평가되었지만, 학습효과는 부정적으로 나타났다. 또한, Hussain 외(2006)의 연구에서는 스웨덴 전역의 다양한 장소의 학교, 학급, 연령의 초·중학생들을 대상으로 로봇 활용 교육이 초·중학생의 수행능력에 미치는 효과를 조사하였으며, 연구결과 학습자의 수학적 해결 능력과 문제 해결 능력에 대한 로봇 활용 교육의 긍정적 효과를 검증하지 못하였다. 따라서 로봇과 같은 물리적 객체를 활용한 실제적 프로그래밍 교육을 위한 학습 설계에 있어서 공학적 사고와 같은 영역 특수적인 지식은 최소화하여야 하며 과정적 지식에 초점을 두어야 할 것이다.

셋째, 국내의 다양한 연구들이 학습자의 창의적 문제해결력 향상을 위한 교수 전략들을 제시하고 있지만, 대부분 창의성과 문제해결력의 속성과 구인에 대한 명확한 이해 없이 단지, 새로운 최첨단 기술이나 매체의 활용 방안을 제시하고 있다. 또한 창의성 향상을 위한 전략들은 대부분 확산적 사고 향상에만 초점을 둔 경향이 있다(배영권, 2006; 유인환, 2005). 그러나 최근 창의성 발현에 있어서 확산적 사고력의 중요성은 지식이나 지능, 인성과 환경의 역할에 비해 상대적으로 약화되었으며(Sternberg & O'Hara, 1999; Weisberg, 1999), 일반적 문제해결력을 강조하고 있다. 즉, 확산적 사고력은 갑자기 발현되는 것이 아니기 때문에, 창의적 업적을 만들기 위해서는 해당 영역에 관한 충분한 지식과 기술이 필요하며 이를 획득하기 위해서는 오랜 준비와 연습기간이 필요하다(Weisberg, 1999). 따라서 창의적 문제해결력 향상을 위한 교육은 일반적 문제해결력 향상을 위한 교육내용으로 구성되어야 하며, 단, 너무 많은 지식으로 인한 고착 현상이 창의성의 발현을 저해하는 요소로 작용할 수 있으므로, 이러한 고착 현상을 최소화 할 수 있는 교수 학습 전략을 제공하여야 한다. 로봇과 같은 물리적 객체가 실세계와 가장 유사한 경험을 제공해 줄 수 있기 때문에 이를 활용한 실제적 프로그래밍 학습 환경을 제공하는 것은 학습자의 창의적 문제해결력 향상을 위해 유의미한 선택이라고 할 수 있다. 그러나 학습자가 습득한 과정적 지식을 다양한 실제 상황에 적용해 볼 수 있는 경험을 제공하기 위해서는 이러한 학습과제 설계를 위한 교수 학습 전략에 대한 연구가 필요하다.

넷째, 기존의 로봇 활용 프로그래밍 교육의 학습과제들은 로봇이 장애물을 피해 목적지에 도달하게 한다거나, 특정 물건을 정해진 위치에 옮긴다거나 하는 제한적인 도전과제의 형태를 지닌다. 이러한 과제의 속성은 다양한 학습자의 참여를 유발하지 못하며, 창의성 촉진을 저해하는 요소로 작용할 수 있다.

Ⅲ. 로봇 활용 프로그래밍 학습을 위한 교수 설계

창의적 문제해결력 향상을 위한 로봇 활용 프로그래밍 교수 학습 프로그램은 다음과 같은 설계 원리에 따라 개발하였다.

첫째, 로봇 활용을 통한 프로그래밍 교수 학습 과제 설계에 있어서 기존의 도전과제(challenges) 형태를 지양하고 다양한 '개방형 활동 주제 중심 학습 활동'으로 구성하였다. 즉, 로봇을 통해 구현할 활동 주제들을 학습자 스스로 설정하고 같은 관심 분야의 학습자들이 서로의 아이디어를 공유하며 프로그래밍 활동을 수행하는 과정은 문제해결과정 뿐 아니라, 학습자 스스로 실세계의 '문제 발견(problem finding)' 과정에 참여할 수 있는 기회가 되며, 또한 '문제 표현(problem representation)' 활동을 수행할 수 있다. '문제 발견'과 '문제 표현'은 '문제해결과정'과 더불어 문제해결력을 설명하는 필수적인 능력이다. 또한 개방형 활동 주제 중심의 문제들은 창의적인 해결을 요구하는 비구조화된 문제(ill-structured problem)에 해당한다. 인지심리학자들은 이러한 비구조화된 문제를 해결하기 위해서는 문제를 새롭게 재정의하고(Sternberg & Lubart, 1991), 과감한 표상의 변화를 시도하는 창의성을 필요로 한다고 주장하고 있다.

둘째, 로봇 활용을 통한 프로그래밍 교수 학습 설계에 있어서 경쟁적 형태의 활동 과제를 지양하고 '협력적 형태의 활동 과제'로 구성함으로써 학습자의 내적 동기를 유발하기 위한 전략들을 구상하였다. 최근 창의성 관련 연구 학자들은 내적 과제 지향 동기(intrinsic task motivation)를 창의성 발현에 필수적인 요소로 보고 있다(Hennessey & Amabile, 1988). 또한 Csikszentmihalyi(1999)의 창의성의 체계 모델(System Model)에 의하면, 개인의 창의적 산물이 사회와 주위 사람들로부터 인정받지 못한다면 그 개인은 창의적이라 할 수 없다고 하였다. 즉, 창의성을 개인과 사회, 문화의 상호작용을 통해 구성되는 현상(phenomena)으로 설명하고 있다. 이러한 차원에서 볼 때, 개인의 창의성 발현을 위한 학습 환경 구성에 있어서 협력적 형태의 활동 과제의 제시는 개인의 창의성 발현에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다.

셋째, 창의적 문제해결력 향상을 위한 실제적 프로그래밍 과제는 비구조화된 문제의 형태를 지닐 뿐 아니라, 실세계의 다양한 문제들을 모델링하기 위한 것으로 초보 학습자들에게 과도한 인지적 부담으로 작용할 수 있다. 특히, 물리적 객체를 구성하고 조작하는 방법이나 이러한 객체들을 프로그래밍하기 위한 프로그래밍 도구의 사용 방법들을 익히는 과정은 학습자가 창의적 문제해결과정에 집중하기보다 외부적인 활동에 많은 시간과 노력을 할애하게 만들 수 있다. 따라서 프로그래밍 과제 설계 및 과제 제시 방식, 지원 정보 제공 방식 등을 통해 학습자의 과도한 인지적 부담과 학습 과제와 직접적 관련이 없는 외재적 인지부하를 감소시켜주기 위한 교수 학습 전략 설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 실제적 프로그래밍 학습 과정에서 학습자가 겪을 수 있는 과도한 인지적 부담과 외재적 인지 부하 감소를 위한 교수 학습 전략들을

설계하였다. 이러한 교수 학습 전략 설계의 원리는 실세계의 복잡한 문제해결과정 지원을 위한 교수 설계 방안인 4CID(Four Components Instructional Design) 모형을 적용하였다.

넷째, 로봇 활용 프로그래밍 학습 활동들은 로봇을 구성하기 위한 공학적 사고 및 수학이나 과학적 개념과 관련된 영역 특수적 지식 습득 보다, 일반적인 문제해결과정인 과정적 지식 습득에 초점을 두고 구성하였다. 또한 사전지식이나 문제해결력으로 인한 고착 현상을 최소화함으로써 창의성을 유발하기 위한 전략으로, '동일한 지식을 활용하여 해결 가능한 다양한 문제 상황들을 반복적으로 제공'하였다. 즉, 기본적으로 동일한 문제해결과정을 통해 해결해야 할 다양한 문제 상황들을 반복적으로 제시하고, 학습자들은 동일한 과정적 지식을 활용하여 각각의 문제 상황을 해결하기 위한 프로그래밍 활동을 수행하고 다양한 로봇을 통해 실제적 환경에서 시연해본다. 이러한 과정에서 학습자들은 본인이 습득한 과정적 지식이 모든 상황에서 적합한 해법을 도출해 줄 수 있을 거라는 고정 관념을 깨뜨리게 되는 경험을 반복할 수 있다. 실세계는 다양한 물리적 제약 조건이 존재하며, 환경적 조건의 변화는 고정 관념을 깨고 나오는 창의성을 요구하기 때문에 이러한 학습 활동은 창의적 문제해결력 신장에 도움이 될 것이다. 이러한 설계 전략들에 따라 전체 5주(20차시) 분량의 학습 내용을 구성하였으며, 구성된 세부 학습 과제의 예는 <표 1>과 같다.

<표 1> 로봇 활용 프로그래밍 학습 설계 예

개방형 학습 주제: 교실 상황에서 로봇이 교사를 대신하여 수행할 수 있는 활동			
지원 정보:			
전문가 모델: 로봇 프로그램 작성 과정 동영상 시연 자료			
인지 전략: 로봇 프로그램 작성을 위한 알고리즘 설계 과정			
정신 모델(mental models): 변수와 병렬처리에 관한 개념 모델(conceptual model)			
학습 과제 1: 풀이된 예제 정해진 위치로 이동하기 위한 프로그램 학습자들에게 해당 과제 해결을 위해 완성된 로봇 프로그램이 제시되며, 학습자들은 제시된 프로그램을 분석하고 따라하는 과정을 수행해야 함	개별 활동		부분과제 연습: 센싱 - 색상감지 - 물체감지
학습 과제 2: 완성형 문제 출석 체크하기 프로그램 학습자들에게 미완성된 과제가 제시되며, 학습자들은 제공된 절차 정보를 활용하여 문제를 해결해야 함	협력 활동	과정 정보: 프로그래밍 블록 사용방법 병렬프로그래밍 방법	
학습 과제 3: 전통적인 문제 교실 상황에서 로봇이 교사를 대신하여 수행할 수 있는 활동들을 설계하기 위한 과제가 제시되며 학습자들은 제공된 절차 정보를 활용하여 협력적으로 문제를 해결해야 함	협력 활동/ 개방형 주제	과정 정보: fading	

IV. 연구 방법

1. 연구 가설

본 연구의 목적은 로봇 활용 프로그래밍 교육을 통해 학습자의 창의적 문제해결력 향상을 위한 교수 학습 전략들을 개발하고 이러한 전략들이 실제 학습자의 창의적 문제해결성향에 미치는 영향을 검증하고자 하는 것이다. 이러한 연구 목적 달성을 위해 설정한 가설은 다음과 같다.

연구 가설: 로봇 활용 프로그래밍 학습은 초보 학습자의 창의적 문제해결성향에 유의미한 영향을 미칠 것이다.

2. 연구 대상

본 연구의 대상은 K대학 및 S대학의 '프로그래밍 입문 과정'의 강좌 수강학생들로 구성하였다. 연구대상자들은 모두 프로그래밍 학습을 처음 경험하는 초보 학습자들이며, 실험집단 2개반(36명), 통제집단 2개반(36명)으로 구성하였다.

3. 연구 설계

본 연구에서는 실험집단과 통제집단을 임의로 선정하여 실시하는 이질 통제집단 전후검사 설계를 사용하였다. 먼저 사전검사를 통해 두 집단의 창의적 문제해결성향을 비교하여 동질성 여부를 분석하였다. 이후, 실험집단은 로봇 활용 프로그래밍 학습을 20차시(5주)에 걸쳐 실시하고, 통제집단은 C 프로그래밍 학습을 20차시(5주)에 걸쳐 실시하였다. 수업 처치 이후에는 사후검사를 통해 두 집단의 창의적 문제해결성향을 측정하여 로봇 프로그래밍 학습이 학습자의 창의적 문제해결성향에 미치는 효과를 분석하였다. 구체적인 연구의 실험설계는 다음과 같다.

<표 2> 연구 설계

실험집단	O ₁	X ₁	O ₂
통제집단	O ₃	X ₂	O ₄

O₁, O₃ : 사전검사(창의적 문제해결성향)

O₂, O₄ : 사후검사(창의적 문제해결성향)

X₁ : 로봇 활용 프로그래밍 학습

X₂ : C 프로그래밍 학습

4. 연구 도구

창의적 문제해결성향 검사는 강정하와 최인수(2006)에 의해 개발된 투자이론검사를 사용하였다. 투자이론검사는 Sternberg와 Lubart의 '투자이론'을 통해 밝힌 6가지 자원의 하위요인들을 기초로 개발된 것으로 인지, 지적양식, 동기, 성격, 환경활용, 지식구성의 6요인 31문항 5점 평정 척도로 구성된다. 그러나 강정하와 최인수(2006)가 그들의 연구 결과에서 밝힌 것처럼 인지적 요인, 정의적 요인, 지식구성 요인의 3요인으로 통합하는 것이 바람직하므로, 본 연구에서는 최종 3요인 23개 문항을 창의적 문제해결성향 검사로 사용하였다. 따라서 가능한 점수 분포는 최고 115에서 최저 23이다. 본 연구의 검사지 신뢰도는 Cronbach α 값이 .91로 양호하게 나타났으며, 구체적인 문항 구성은 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> 창의적 문제해결성향 검사지 문항 구성

하위요인		문항수
인지적	문제인지, 문제정의, 문제표상, 시각적 표상, 전략선택, 평가, 통찰1: 실패 경험 활용, 통찰2: 유추와 은유, 통찰3: 연합, 확산적 사고, 지식의 재구성, 전반적&구체적 접근	10
정의적	자아실현욕구, 즐거움, 과제지향적, 목표지향적, 다양한 경험, 역할모델, 자유로운 환경, 문제상황 환경, 인내심, 개방성, 위험감수, 용기	9
지식구성	전문지식, 지식활용, 수평적 지식구성, 조직화	4
계		23

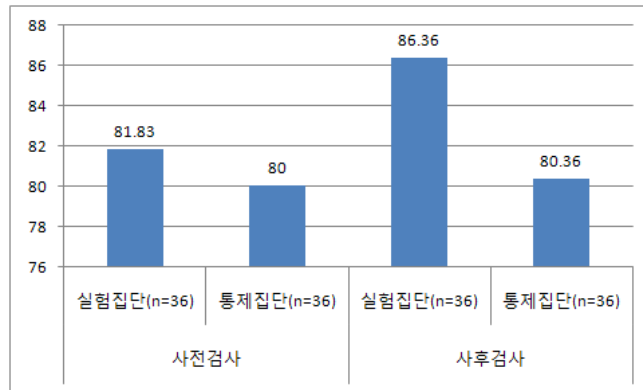
V. 연구 결과 및 논의

집단별 사전, 사후 창의적 문제해결성향 측정 결과를 변량분석하였으며, 그 결과는 다음 <표 4>, [그림 1]과 같다.

<표 4> 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향의 변량분석 결과

창의적 문제해결성향		평균	표준편차	F	p
사전검사	실험집단(n=36)	81.83	9.74	.693	.408
	통제집단(n=36)	80.00	8.93		
사후검사	실험집단(n=36)	86.36	10.62	4.974*	.029
	통제집단(n=36)	80.36	12.15		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$



[그림 1] 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향 분석 결과

사전 검사 결과, 두 집단은 유의한 차이를 보이지 않아 동질집단으로 나타났다. 반면, 사후 창의적 문제해결성향의 경우 실험집단과 통제집단이 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($F= 4.974, p= .029$).

창의적 문제해결성향 검사는 인지적 요인, 정의적 요인, 지식구성 요인의 3가지 하위요인으로 구성되어 있으며, 이들은 서로 상관관계를 지닌다. 따라서 창의적 문제해결성향에 대한 하위요인별 차이 검증을 위해 다변량분석(MANOVA)을 실시하였으며 결과는 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 집단별 사후 창의적 문제해결성향 다변량분석 결과

변량원	평균	표준편차	단변량 F	p	η^2	
인지적 요인	실험집단(n=36)	38.58	.81	8.273**	.005	.106
	통제집단(n=36)	35.31	.81			
정의적 요인	실험집단(n=36)	34.56	.92	3.606	.062	.049
	통제집단(n=36)	32.08	.92			
지식구성 요인	실험집단(n=36)	13.22	.45	.158	.692	.002
	통제집단(n=36)	12.97	.45			
전체	실험집단(n=36)	86.36	10.62			
	통제집단(n=36)	80.36	12.15			

Wilks' $\lambda=.858(F=3.744^*, p=.015)$

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

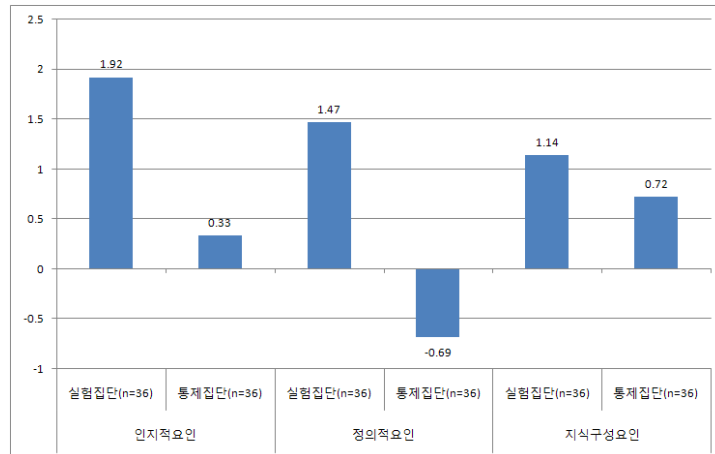
집단별 창의적 문제해결성향에 대한 다변량분석 결과, 실험집단과 통제집단이 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($\lambda= .858, p= .015$). 집단에 따른 차이를 개별 종속변인별로 분석한 단변량 F검정 결과를 살펴보면, 창의적 문제해결성향의 하위요인 중 인지적 요인($F= 8.273, p= .005$) 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

또한 각 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향 향상 정도가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 대응표본 t검정을 실시하였으며 그 결과는 <표 6>, [그림 2]와 같다.

<표 6> 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향의 대응표본 t검정 결과

		사후 창의적 문제해결성향 - 사전 창의적 문제해결성향				
		평균	표준편차	t	df	p
인지적요인	실험집단(n=36)	1.92	2.89	3.976***	35	.000
	통제집단(n=36)	.33	4.92	.406	35	.687
정의적요인	실험집단(n=36)	1.47	3.97	2.226*	35	.033
	통제집단(n=36)	-.69	5.17	-.806	35	.426
지식구성요인	실험집단(n=36)	1.14	2.02	3.389**	35	.002
	통제집단(n=36)	.72	2.58	1.679	35	.102
전체	실험집단(n=36)	4.53	6.12	4.436***	35	.000
	통제집단(n=36)	.36	10.24	.212	35	.834

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001



[그림 2] 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향의 차이

위 결과를 살펴보면, 로봇 활용 프로그래밍 학습 집단의 경우, 창의적 문제해결성향을 구성하는 인지적 요인, 정의적 요인, 지식구성 요인 모두에서 유의미한 향상을 보였음을 알 수 있으며, 통제 집단의 경우, 정의적 요인은 오히려 하락한 것을 알 수 있다.

VI. 결 론

로봇과 같은 물리적인 객체와 교육용 프로그래밍 언어를 통합한 실체적 프로그래밍 지원 도구는 일반적인 문제해결력 신장 뿐 아니라, 창의적 사고 발현에 유용한 도구이다. 즉, 학습자가 설계한 문제해결과정이 가상의 시뮬레이션이 아닌 물리적 객체를 통해 실제적인 경험을 제공해 줌으로써, 사전지식이나 문제해결과정에 대한 고정관념

을 최소화할 수 있는 기회를 제공한다. 이러한 경험은 새로운 해법을 꾸준히 탐색하고 능동적으로 환경을 변경하고자 하는 창의적 사고 유발에 효과적이다.

그러나 교육용 프로그래밍 언어와 더불어 로봇과 같은 물리적 객체의 활용은 학습자들에게 또 다른 인지적 부하를 야기할 수 있으며, 단지 새로운 매체나 최첨단 기술의 활용을 통한 흥미 유발은 일시적일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 로봇 활용 프로그래밍 학습에서의 창의적 문제해결력 향상을 위한 교수 학습 전략들을 설계하고 이러한 교수 학습 전략들이 실제 학습자의 창의적 문제해결성향에 미치는 영향을 분석하였다.

창의적 문제해결성향은 Sternberg와 Lubart의 '투자이론'에 토대를 둔 성향검사로 일반적인 창의적 문제해결 상황에 적용될 수 있다. 창의적 문제해결성향이 창의적 문제해결력을 완전히 설명해주는 충분조건은 아니지만, 창의적 수행 능력을 위한 필요조건이며, 인간의 창의적 사고와 행동을 설명할 수 있는 요인이기 때문에 창의적 문제해결력을 예측해 줄 수 있을 것이다.

연구 결과, 로봇 활용 프로그래밍 학습을 실시한 실험집단이 일반 프로그래밍 학습을 실시한 통제집단에 비해 창의적 문제해결성향이 유의미하게 높게 나타났음을 알 수 있었다.

특히 창의적 문제해결성향을 구성하는 3가지 하위요인 중 인지적 요인이 통제집단에 비해 유의미하게 높게 나타났다. 인지적 요인은 일반적인 문제해결력 뿐 아니라 창의성을 설명하는 문제인지 및 표상, 확산적 사고 등의 개념을 포함하고 있다. 따라서 이러한 결과는 로봇 활용 프로그래밍 학습이 학습자의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 요인으로 작용할 수 있음을 의미한다.

또한 로봇 활용 프로그래밍 학습 집단의 경우, 실험처치 전에 비해 실험처치 후 창의적 문제해결성향에 있어서 유의미한 향상을 보였으며, 인지적 요인, 정의적 요인, 지식구성 요인 모두에서 유의미한 향상을 보였다. 이러한 결과는 로봇 프로그래밍 학습을 위한 교수 전략들이 일반적 과정지식을 의미하는 문제해결력 뿐 아니라, 동기와 같은 정의적 요인 모두에 유의미한 영향을 끼쳤음을 의미한다.

단, 본 연구에서는 창의적 문제해결 과제 수행능력에 관한 연구가 이루어지지 않았기 때문에, 로봇 프로그래밍 학습을 통한 창의적 문제해결력 향상을 충분히 설명하기 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 창의적 문제해결성향 뿐 아니라 창의적 문제해결 과제 수행능력을 종합적으로 검토한다면, 창의적 문제해결력 향상을 위한 보다 효과적인 로봇 프로그래밍 교수 학습 설계가 가능할 것이다.

참고 문헌

- 강정하, 최인수(2006). 창의적 문제해결력 프로그램이 대학생의 창의적 문제해결 성향과 수행능력에 미치는 효과. *교육심리연구*, 20(3), 679-701.
- 배영권 (2006). **창의적 문제해결력 신장을 위한 유비쿼터스 환경의 로봇프로그래밍 교육 모형**. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 배영권(2007). 성별의 차이를 고려한 로봇프로그래밍 교수전략에 관한 연구. *컴퓨터교육학회논문지*, 10(4), 27-37.
- 유인환(2005). 창의적 문제해결력 신장을 위한 로봇 프로그래밍의 가능성 탐색. *교육과학연구*, 36(2), 109-128.
- 이은경, 이영준 (2007). 로봇 프로그래밍 교육이 문제해결력에 미치는 영향. *컴퓨터교육학회논문지*, 10(6), 19-27.
- 한건우, 이은경, 이영준(2006). Pair Programming이 학업성취도와 학습동기전략에 미치는 영향. *컴퓨터교육학회논문지*, 9(6), 19-28.
- Amabile, T. M.(1996). *Creativity in context*. Boulder. CO: Westview.
- Csikszentmihalyi, M.(1999). Implications of a systems perspective for the study of creativity. In R. J. Sternberg (Ed), *Handbook of creativity*(pp. 313-335). NY: Cambridge University Press.
- Fagin, B. S., & Merkle, L. S.(2003). Measuring the effectiveness of robots in teaching computer science. *ACM SIGCSE Bulletin, Proceedings of the 34rd SIGCSE technical symposium on Computer science education*, 35(1), 307-311.
- Fasko, D. (2000-2001). Education and creativity. *Creativity Research Journal*, 13(3&4), 317-327.
- Hennessey, B. A. & Amabile, T. M. (1988). The conditions of creativity. In Sternberg, R. (Ed), *The nature of creativity*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO Training on Pupils' School Performance in Mathematics, Problem Solving Ability and Attitude: Swedish Data. *Educational Technology & Society*, 9(3), 182-194.
- Kafai, Y. B.(2006). Constructionism. In Sawyer, R.K.(eds.), *Handbook of the learning sciences*. NY: Cambridge University Press.
- Lubart, T., & Guignard, J. (2000). The generality-specificity of creativity: A multivariate approach. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko, & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: From potential to realization* (pp. 43-56). Washington, DC: American Psychological Association.
- Resnick, M.(2006). Computer as Paint Brush: Technology, Play, and Creative Society. In Singer, D., Golikoff, R., and Hirsh-Pasek, K.(eds.), *Play=Learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth*. Oxford University Press.

- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M.(2008). New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 59-69.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1991). An investment theory of creativity and its development. *Human Development*, 34, 1-31.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. NY: Free Press.
- Sternberg, R. J., & O'Hara, L. A.(1999). Creativity and Intelligence. In Sternberg, R. J. (Ed.), *Handbook of Creativity*, NY: Cambridge University Press.
- Weisberg, R. W. (1999). Creativity and knowledge: A challenge to theories. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 226-250). NY: Cambridge University Press.
- Weisberg, R. W. (2006). *Creativity: Understanding innovation in problem solving, science, invention, and the arts*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

<Abstract>**The Effects of a Robot Based Programming Learning on Learners' Creative Problem Solving Potential**

EunKyoung Lee* · YoungJun Lee**

Using the tangible programming tools, which combines physical objects (e.g. robot) and educational programming language, may help to encourage learners' creative thinking as well as to enhance problem solving ability. That is, learners can have opportunities to simulate problem solving processes through the physical objects, such as robots. Therefore, they can minimize an fixation about problem solving process. These experience is effective to induce creative thinking that is useful to find new solutions and change environment actively.

Therefore, we developed a robot based programming teaching and learning curriculum and implemented it in college level introductory programming courses. The result shows that the robot based programming learning has a positive effect in all three factors of learners' creative problem solving potential, especially in a cognitive factor. The cognitive factor includes general problem solving abilities as well as factors that explain creativity, such as divergent thinking, problem recognition, problem representation.

These result means that the developed robot based programming teaching and learning curriculum give positive effect to creative problem solving abilities.

Key words: Educational Robot, Programming, Creativity, Problem Solving Ability, Creative Problem Solving Potential

* Teacher, SungAn Middle School(Ph.D. Candidate, Dept. of Computer Education, Korea National University of Education)

** Correspondence, Professor, Dept. of Computer Education, Korea National University of Education