

로봇활용교육의 체계적 문헌고찰에 관한 연구

김 철

광주교육대학교 컴퓨터교육과

요 약

본 연구는 초·중등학교 정규교과에서 로봇활용교육의 효과를 고찰하기 위한 것으로 2001년부터 2013년까지 국내학술지를 대상으로 체계적 문헌고찰 연구방법을 수행하였다. 문헌고찰을 위한 데이터베이스는 KISS, DBpia, E-article의 세 종류를 활용하였으며 ‘로봇 & 교육’과 ‘로봇활용교육’의 두 옵션으로 검색을 실시하였다. 최초 검색된 논문은 481편이었으나 프로토콜에 따라 모니터링하고 추출을 진행한 결과 최종 50편이 선정되었다. 로봇활용교육의 연구 주제는 창의성, 문제해결능력이 가장 많았으며 연구방법으로는 이질집단사전사후설계와 t 검증이 높은 빈도를 차지하였다. 교육적 효과측면에서 교과흥미도, 학습몰입도, 학습태도, 학습동기, 창의성, 문제해결능력 향상이 확인되었다. 하지만 일부 연구에서는 유의미 하지 않은 연구결과도 보고되었다. 문헌분석 결과를 기초로 로봇활용교육에 고려되어야 할 점을 제시하였다.

키워드 : 로봇교육, 로봇활용교육, 체계적 문헌고찰

A Study on Systematic Review of Learning with a Robot

Chul Kim

Dept. of Computer Education, Gwangju National University of Education

ABSTRACT

The study is to review the effects of learning with a robot among regular courses of elementary and middle schools so that the research method of systematic review for papers from 2001 and 2013 was conducted. The database for review were KISS, DBpia, and E-article and it was searched with two options of ‘robot & education’ and ‘learning with a robot’. Initially, 481 papers were searched; but finally 50 were selected after monitoring and extraction execution in line with protocol. Great volume of researches focused on academic skill such as a creativity, problem solving skills and as for research methods, Pretest-Posttest Control Group Design and t-test took the lion’s share. As for educational effects, improvements of course interest, immersion, attitude, motivation, creativeness and problem solving skills were identified; but in some researches, insignificant research outcomes were reported. Based on analysis results, considerations for learning with a robot were suggested.

Keywords : Robot Education, learning with a robot, Systematic Review

이 논문은 2013년도 광주교육대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

논문투고 : 2013-05-31

논문심사 : 2013-05-31

심사완료 : 2013-06-17

1. 연구의 필요성 및 목적

최근 로봇은 K-12 교육에서 인기 있는 활동 중의 하나가 되고 있으며, 로봇 기술의 발전은 유치원에서 대학생까지 그 활용대상을 넓히게 하고 있다. 또한 교사, 학생, 학부모를 대상으로 로봇활용에 대한 인식조사 결과에서도 긍정적인 결과가 보고되기도 하였다[16].

Baker et al(2012)은 로봇교육을 학습목표로서 로봇교육, 학습지원으로서 로봇교육, 그리고 학습도구로서 로봇교육으로 구분하였다[11]. 이러한 분류는 국내외의 다른 연구자에 의해서도 활용되었다[6][13]. 학습목표로서 로봇교육은 고등학교 이상 수준의 과학, 엔지니어링, 그리고 컴퓨터과학 등 전공과목에 해당되는 것으로 컴퓨터과학, 공학, 인공지능, 그리고 로봇틱스 분야에 필요한 지식과 기능을 배우는 것이다[19]. 학습지원으로서 로봇교육은 로봇을 보조 장치로 사용한다는 것인데, 예를 들어 교실에서 교사를 지원하기 위해 개발된 교사보조로봇이 그 예라 할 수 있다. 학습도구로 로봇을 보는 관점은 로봇이 물리, 생물, 지리, 수학, 과학, 전기 그리고 기계공학 등의 학문과 읽기, 쓰기, 협동, 의사결정, 문제해결, 커뮤니케이션 등의 능력을 기르기 위해 효과적으로 활용될 수 있다는 관점이다[14].

교육부문에서 로봇은 교과학습을 향상시키고 긍정적인 방향으로 변화시키는 장점을 가지고 있는 것으로 받아들여지고 있는데, 많은 연구는 교육에서의 로봇 활용이 정규교육과 밀접하게 관련한 STEM 개념 학습의 성취도를 향상시킨다고 밝히고 있다[18][22]. 또한 로봇은 창의성, 문제해결능력, 협력학습 등의 학업능력(academic skills)의 신장 기회를 제공한다고 알려져 있다[17][20]. Resinick(2007)은 로봇과 함께 한 창작활동에서 학습자는 스스로 원하는 것을 상상, 창작 그리고 다른 사람들과 공유 및 반성하는 반복적인 활동경험을 통해 새로운 아이디어를 발생하게 된다고 하였다. 또한 로봇을 활용하여 엔지니어링을 배우는 프로젝트 활동을 통해 설계 능력과 창의성이 향상된다는 긍정적인 결과가 보고되고 있다[21].

국내에서도 창의성, 문제해결능력 신장을 위한 효과적인 도구로 활용되어 왔다[3][10]. 유인환·김태완(2006)은 MINDSTORMS 프로그래밍 학습을 한 실

험집단에서 창의력 향상을 발견하였으며[8], 배영권·남재원(2010)의 연구에서도 로봇활용 프로그래밍 학습이 학습자들의 창의적 문제해결성향 증진에 긍정적인 영향을 미쳤다[5]. 또한 김종훈·김종진·이태욱(2006)은 C언어를 통한 동작 제어가 가능하고 전기, 기계의 원리를 이해할 수 있는 라인트레이서 로봇 프로그램을 적용한 결과 초등학교 학생의 창의성 신장에 효과가 있음을 확인하였다[1].

하지만 로봇을 활용한 모든 연구가 긍정적인 결과를 보고하고 있는 것은 아니다. 예로 Williams et al(2007)의 연구를 보면 6, 8학년 학생을 대상으로 로봇캡 프에서 LEGO를 이용하여 뉴턴의 운동법칙을 지도한 결과 인지적 요인은 효과적이었지만 과학탐구능력에는 큰 영향을 주지 못한 것을 알 수 있다[17]. 오히려 학생들은 과학탐구과정을 배웠음에도 문제해결을 위해 대부분 시행착오를 반복하는 경향을 나타냈다. Sullivan(2008)의 연구는 전반적인 과학탐구능력에서는 효과가 있었으나 일부 능력은 향상되지 않는 것으로 나타났다[23]. 심지어 컴퓨터과학을 배우는 학생들이 프로그램을 배우는데 로봇이 효과적이지 않다는 연구결과도 발표되었다[15]. 이러한 상반된 연구결과는 교실현장에서 로봇을 도입하는데 있어 로봇교육의 효과에 대한 체계적인 분석이 선행되어야 한다는 것을 시사한다.

최근 발표된 국내의 로봇교육 연구동향 분석에 따르면 교육현장에서 로봇활용교육에 대한 연구 편수가 증가하고 있으며 양적, 질적으로 다양해지고 있는 것을 알 수 있다[2]. 로봇교육 분석에 관한 선행연구로 Benitti(2012)는 초, 중등교육에서 도구로서 로봇을 활용한 연구를 체계적으로 분석한 결과 유의미한 연구결과와 유의미하지 않은 결과가 함께 존재함을 확인하였다[12]. 하지만 분석에 활용한 논문은 양적 실험 연구로 제한되었으며 10편에 불과하였다. 한편 박광렬(2011)은 우리나라의 로봇 교구와 로봇 교육의 변천과 현황 그리고 앞으로의 발전 방향에 관한 연구를 수행하였는데[4], 연구의 일부로 로봇소양교육과 활용교육의 동향과 교육효과를 다루었다. 하지만 체계적으로 로봇교육의 효과를 분석한 것이 아니라 로봇교육의 현황을 보고하는 수준에 머물렀다.

최근 김철(2012)는 로봇교육의 연구동향 분석에서

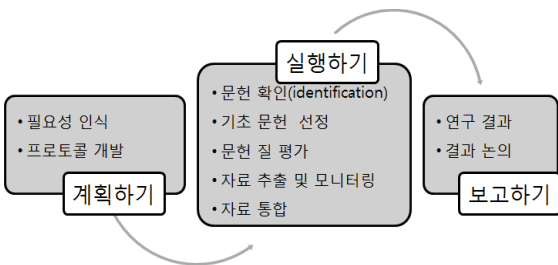
학술지, 연도, 연구형태, 연구주제, 연구대상, 연구방법별로 분석하였는데 로봇의 교육적 효과에 초점을 두고 분석결과를 제시하기 보다는 일반적인 동향을 보고하였다[2].

현시점에서 로봇을 활용한 연구 주제, 연구방법, 연구효과 등 로봇활용교육에 대한 점검을 통해 발전적 방향을 모색하는 것은 중요한 연구의미를 갖는다고 볼 수 있다. 따라서 이와 같은 선행 연구를 기초로 본 연구는 로봇활용의 교육적 효과에 대한 체계적이고 종합적인 연구를 수행하였다.

2. 연구방법 및 제한점

2.1 연구 방법

첫째, 도구적 목적으로서 로봇의 교육적 효과를 분석하기 위해 Benitti(2012)가 실시한 체계적 문헌고찰을 재활용하였다[12]. 다음 (그림 1)과 같이 계획하기, 실행하기, 보고하기의 3단계의 과정으로 구성되어있다.



(그림 1) 체계적 문헌고찰 연구방법(Benitti, 2012)

계획단계(planning)는 로봇을 활용한 체계적 문헌고찰의 필요성을 인식하고 문헌 검색 및 추출을 위한 프로토콜을 개발하는 단계이다. 실행단계(conducting)는 프로토콜에 따른 문헌을 검색하고 나온 결과를 바탕으로 문헌의 질(quality)을 평가한다. 보고단계(reporting)는 문헌 고찰을 실시하고 연구문제에 대해 분석 활동을 실시하고 도출된 결과를 보고하는 단계이다.

본 연구도 연구의 목적에 검색 조건을 정한 후 검색된 논문을 대상으로 단계적으로 필터링을 수행하였으며 최종 선정된 논문을 대상으로 분석을 실시하였다.

둘째, 연구현황, 연구목표(주제), 연구대상(유, 초,

중, 고), 연구내용(수업모델, 수업내용, 수업일정, 로봇교구), 연구방법(표본, 실험설계, 실험절차), 연구효과에 문헌연구 분석을 수행하였다.

셋째, 빈도분석을 위해 Excel 2010에 코딩하여 각 항목별로 빈도와 비율을 산출하였으며 내용분석도 병행 실시하였다.

2.2 연구의 제한점

문헌분석을 통해 발견된 이상의 내용에 대한 해석 및 논의에 있어 제한점은 다음과 같다.

첫째, 국내 대표적인 논문데이터베이스에서 로봇 교육 관련 키워드를 통해 분석대상이 되는 논문을 검색하였으나 해당 데이터베이스를 통해 검색되지 않는 다른 논문이 존재할 가능성을 배제할 수 없다.

둘째, 추출된 논문의 질적 수준은 논문지의 등급에 따라 일괄 평가되어 각 논문의 질적 수준을 동일하게 통제할 수 없었다.

3. 연구절차

체계적 문헌고찰에 소요된 연구는 2013년 2월 10일부터 2013년 5월 15일까지 세 달이 소요되었다. 이 과정에서 연구자 이외의 컴퓨터교육전공 박사 1인을 제 2분석자로 두었다. 제 2분석자는 교육경력 13년 이상인 초등학교 교직경력을 지니고 있었다. 연구진은 로봇교육관련 논문 20편을 우선적으로 분석한 후 문헌 검색 키워드, 프로토콜 우선순위, 분석 기준, 범위 및 분석방법을 충분히 논의하였다.

문헌고찰은 2001년부터 2013년 3월까지 발표된 국내 학술지로 한국학술정보원, 누리미디어, 학술교육원의 세 개의 검색엔진을 활용하였다. 검색조건은 '로봇 & 교육', '로봇활용교육'의 두 키워드로 입력한 후 검색결과로 나타난 문헌을 다음과 같은 조건으로 단계적으로 추출하였다.

1 단계 : 연구의 질(quality)관리 차원으로 **등재·등재후보**지에 속한 논문을 대상으로 하였으며 학술대회논문의 경우는 제외하였다.

2 단계 : 로봇활용의 교육적 효과를 분석하는 것으로 연구대상은 **K-12** 학생을 대상으로 하였다.

3 단계 : 로봇은 학습자 스스로 조작할 수 있는 교구로 국내외에 알려진 **교육용 로봇**(ex. 레고 마인드스톰)을 활용한 논문을 대상으로 하였다.

4 단계 : 로봇활용 연구효과를 보고한 **양적·질적 논문**을 대상으로 하며, 기술개발과 같이 로봇교육과 관련성이 없거나 프로그램 개발 후 현장 적용 결과를 보고 하지 않은 논문은 제외하였다.

최초 검색 결과는 학술교육원 83편, 학술정보원 118편, 누리미디어 280편으로 총 481편이었다. 연구자는 먼저 문헌별 제목과 초록을 다운받아 읽은 후 다섯 단계의 조건에 따른 문헌 분석 및 추출을 실시하였다. 초록에 연구목적, 연구내용, 연구방법이 명시되지 않아 추출이 불가능할 경우 전체 문헌(full text)을 참고하였다. 이후 선정된 논문을 대상으로 엑셀 프로그램에 연구자, 연구대상, 실험설계, 로봇유형, 주제어, 연구효과 등의 리스트를 작성하였다. 단계별로 문헌 제외 결과는 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 조건에 따른 문헌 추출 결과

검색엔진	검색 결과	문헌 추출 결과				최종선정 (중복)
		1단계	2단계	3단계	4단계	
누리미디어	280	142	91	45	36	36(19)
학술정보원	118	76	52	24	15	15(12)
학술교육원	83	75	45	24	20	20(9)
계	481	293	188	93	71	50(21)

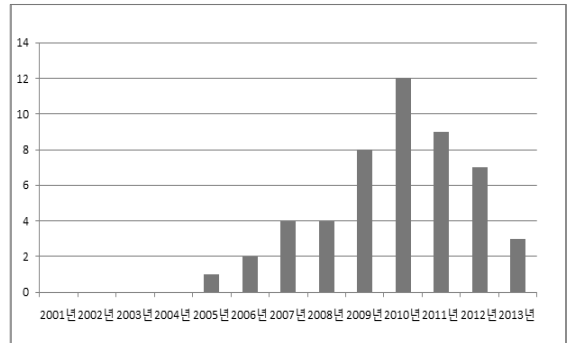
1단계 188편(39%), 2단계 105편(22%), 3단계 95편(20%), 4단계 22편(5%)이었으며 최종적으로 75편(16%)이 추출되었다. 하지만 최종 분류된 문헌 중 40편은 타 데이터베이스와 중복된 문헌으로 나타나 이를 제거한 결과 최종 문헌고찰에는 50편(10%)이 활용되었다. 문헌고찰대상 논문을 저자, 논문 제목, 학회지별로 제시하면 <표 5>와 같다.

4. 연구결과 및 논의

4.1 연구 현황

로봇교육의 효과를 살펴보기 위해서는 연구 현황에 대한 파악이 필요하다. 먼저 로봇활용교육의 효과

를 보고한 논문의 출판년도는 다음 (그림 2)와 같다. 2010년도에 가장 많은 12편이 발표되었으며 2011년 9편, 2009년 8편, 2012년 7편 순서로 높게 나타났다. 이러한 결과는 로봇의 연구동향을 분석한 김철(2012)의 선행 연구와도 일치한다[2].



(그림 2) 연도별 분석대상 논문 편수

분석대상 연구 학년은 다음 <표 2>와 같이 연구 대상은 초등학교 고학년에 편중되는 것으로 나타났다. 이것은 실과교과가 5, 6학년에 편성되어 있는 외적요인과 인지적 발달단계 측면에서 로봇의 조립과 프로그래밍에 대한 이해가 고학년에 적합하다는 것을 반증한다고 볼 수 있다. 그리고 초등학교 중학년과 고학년을 함께 연구한 논문도 8편이 되었다. 선행 연구에 의하면 유치원 대상의 로봇교육 논문은 전체의 15.2% 정도를 차지하였는데[2], 본 연구에서는 유치원이 주로 활용한 보조교사로봇을 제외하여 비율이 낮게 나타났다.

<표 2> 분석대상 연구의 대상학년

학년	논문수	백분율(%)	누적백분율(%)
유치원	2	3%	3%
초(1, 2)	1	2%	5%
초(3, 4)	15(8)	26%	31%
초(5, 6)	34(8)	59%	90%
중학생	2	3%	93%
고등학생	4	7%	100%

연구의 규모는 50명 미만이 21편(42%)으로 가장 많이 차지하였으며 50명~99명 16편(32%), 그리고

100명 이상의 대규모 연구는 6편(12%)으로 나타났다. 하지만 연구대상을 명확히 표기하지 않은 논문도 7편(14%)로 나타났다.

<표 3> 분석대상 연구의 연구규모

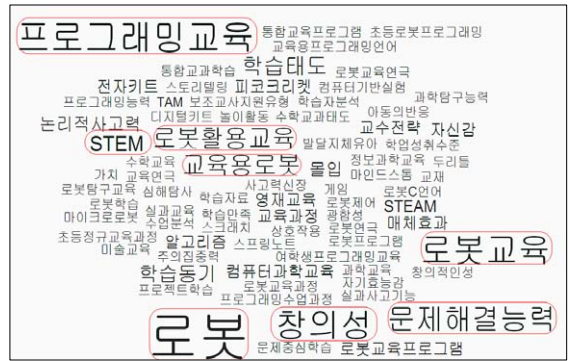
대상자수	논문수	백분율(%)	누적백분율(%)
50명 미만	21	42%	42%
50명 ~ 99명	16	32%	74%
100명 이상	6	12%	86%
기타(미표기)	7	14%	100%

분석에 활용한 로봇 유형은 레고 마인드스톰이 16편에서 활용되었으며, 피크크리켓 12편, RoboRobo 5편, 전자키트 5편 순으로 많이 활용되었다. 그리고 문성환 외(2011), 권대용 외(2010), 현은자 외(2012)의 연구처럼 연구자가 직접 개발한 로봇이 활용되기도 하였다. 재량 및 특기적성의 로봇은 프로그래밍 학습의 도구로 활용되었으며 정규교과에서 로봇은 센서를 활용한 과학실험, 모터와 LED를 이용한 창작표현활동, 노작활동, 모터 회전 비율을 이용한 수학교과 활동에 활용되었다. 교육유형별로는 정규교과(중등 정보 포함)가 22편으로 가장 많았고, 재량 및 특별활동 16편, 방과후 활동 12편순으로 나타났다.

4.2 주제어 분석

연구의 주제어는 각 주제어의 빈도수를 분석한 다음 태그 구름(Tag Cloud) 기술을 활용하여 분석하였다. 태그 구름은 주제어의 빈도수에 따라 태그의 가중치를 색상의 명도 조절, 글자의 크기 증가, 두껍게 처리, 텍스트 색상 등의 효과를 시각적으로 표시하는 방식이다[7].

50편의 연구물에 명시된 주제어는 총 184개로 분석되었으며, 「로봇」이 19개로 가장 많이 사용되었으며, 「로봇교육」과 「창의성」이 각 10개, 「문제해결능력」 8개, 「로봇활용교육」과 「교육용로봇」이 각 6개, 「학습태도」 5개, 「학습동기」 4개, 「STEM」 4개 순으로 사용 빈도가 높게 나타났으며 태그 기술로 표현 결과는 다음 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 연구 주제어 분석

연구주제 측면에서 로봇을 활용하여 많은 연구가 진행된 주제는 프로그래밍교육을 통한 창의성, 문제해결능력이며 로봇 교육과정 및 프로그램의 개발을 통한 교육효과에 대한 연구, 영재교육, 알고리즘교육의 효과에 관한 연구 그리고 학습동기, 학습태도와 같은 정의적 요인에 대한 연구가 수행되었다. 또한 로봇은 STEM(과학, 기술, 공학, 수학)관련 교과학습의 도구로서도 활용되었다.

또한 로봇활용교육에 관한 많은 연구가 수행되었는데 주로 초등학교의 수학, 과학, 실과 관련 교과학습의 단원/주제와 관련되었으며 중등학교에서의 로봇활용 교육연구는 실시되지 않았다.

4.3 교육 방법

재량 및 특별활동, 방과후 활동에서의 로봇은 프로그래밍 학습의 도구로 활용되었는데 수업모형으로는 문제중심학습(문제해결학습)이 7편으로 가장 빈도가 높았고, 창의성 학습이 6편, 주제통합, 로봇연극 학습, 스토리텔링, 안내된 발견학습, 게임기반학습, 알고리즘학습 모형이 각 1편씩이었다. 하지만 일부 문헌에서는 학습모형에 대해 명시하지 않고 로봇을 활용한 수업계획만 기술하고 있었다. 정규교과의 로봇활용수업에서는 STEM(STEAM) 5편으로 가장 많았으며 교과별 성격에 따른 과학, 수학, 실과 등의 수업모형이 활용되었다.

4.4 연구방법

연구방법으로 양적연구는 30편, 질적연구는 13편 그리고 양적·질적연구 방법의 혼용은 7편이었다.

총 37편의 양적연구 방법 중 연구자들이 가장 많이 사용한 실험설계는 이질집단 사전 사후 실험설계로 총 30편에서 활용되었으며 단일 사전·사후검사 설계는 7편이 적용되었다. 양적연구의 검증방법으로 33편에서 t검증을 활용하였으며 공변량분석 1편, 분산분석 2편, 카이검증 1편이 사용되었다. 질적연구의 방법으로는 조사 및 분석 11편, 인터뷰 8편, 관찰연구 9편이 활용되었다.

4.5 연구효과

로봇을 활용한 교육효과를 요약하여 제시하면 다

음 <표 4>와 같다.

첫째 로봇을 과학, 수학, 실과, 미술, 정보 그리고 STEAM 활동에 활용한 결과 교과에 대한 학업성취도 뿐만 아니라 교과에 대한 자신감, 흥미, 태도, 몰입 등의 정의적 요인에도 긍정적 영향을 주었다. 그리고 교과학습 과정에서 창의성, 탐구능력, 문제해결력의 학업능력의 신장도 가져왔다.

둘째 교과 외 활동으로 재량활동, 캠프, 영재교육 활동에의 로봇은 프로그래밍 교육의 도구로 사용되었으며 입증된 연구결과는 창의성, 논리적사고력, 문제해결력, 주의집중력, 프로그래밍에 대한 긍정적 가치, 자신감, 태도 등이었다. 이와 같은 학업능력에 대해 『21세기 능력을 위한 파트너십』은 학교를 졸업 후 사회에 진출하는 학습자가 현실적으로 직면하게 되는 문제해결상황에 도움이 되므로 강조하고 있는 요인들로 보고 있다[24]. 하지만 로봇을 활용한 모든

<표 4> 로봇교육의 주요 연구 결과 분석(양적·질적 연구)

구분	유의미한 결과(○-양적연구, ■-질적연구)	유의미하지 않은 결과
과학	○ 과학 흥미도(한정혜, 2011), 과학학습동기(박정호, 2012)	
	○ 과학탐구능력의 하위요인 중 측정, 추리, 예상(김철, 2011)	○ 하위요인 중 관찰, 분류
	○ 학습몰입도(김경현, 2011)	
수학	○ 수학학습태도(송정범, 2010; 박정호·김철, 2010)	
	○ 학습참여도, 호감도(김철, 2013), 문제해결능력(박정호·김철, 2010)	○ 수학학업성취도(김철, 2013)
실과	○ 실과사고기능(송정범·이태욱, 2009), 문제해결능력(전윤주 외, 2008)	
	○ 컴퓨터태도, 컴퓨터학습태도(이진영 외, 2009)	
	○ 전자제품 이해, 자신감, 흥미 및 관심, 태도(김성민·유영길, 2005)	
미술	○ 창의성 - 유창성, 개방성(박정호·김철, 2011)	○ 융통성
	○ 과학, 수학, 실·컴, 미술, 국어, 도덕, 사회 흥미도(한정혜, 2011)	○ 과학 학업성취도(지식영역)
	○ 창의적 인성검사(권순범 외, 2012)	
STEAM	○ 수학, 과학 학업성취도와 학습태도(송정범, 이태욱, 2010)	
	○ 내적동기, 창의적 문제해결성향(이은경·이영준, 2009)	○ 창의적 문제해결성향(지식영역)
정보	○ 독창성(서형업, 2007)	○ 유창성, 융통성(서형업, 2007)
	○ 창의성(박경제, 이수정, 2010)	
재량 및 특별활동	○ 논리적 사고력, 수학학업성취도(김소연, 설문규, 2010)	○ 과학학업성취도
	○ 논리적사고력 - 보존논리, 조합논리(박응식, 문성환, 2009)	○ 비례, 변인 통제, 확률, 상관논리
	○ 국어, 수학 학업성취도(이경희, 류영선, 문성환, 2010)	○ 사회, 과학 학업성취도
	■ 주의집중력 향상에 로봇활동이 도움(이경희, 류영선, 문성환, 2010)	
	○ 문제해결력(송정범, 이태욱, 2008; 송정범, 백성혜, 이태욱, 2009)	
	■ 자폐아와 로봇의 긍정적 상호작용 증가(구현진, 이효신, 2012)	
방과후	■ 프로그래밍에 대한 긍정적 인식(유인환, 채재호, 2008)	
	○ 보조교사유형과 자기효능감(송정범, 권오성, 고병오, 양건우, 신수범, 2011)	○ 보조교사유형과 창의성
	○ 프로그래밍 기능적지식, 로봇수업의 태도(박정호, 김철, 2012)	○ 프로그래밍 구조적지식
영재 교육	■ 로봇탐구수업에서 아동의 자신감, 태도 변화(김민경, 민선희, 2008)	
	○ 창의성(김종훈, 김종진, 이태욱, 2006),	

<표 5> 분석대상 논문 목록

No.	저자(연도)	논문 제목	논문지(권/호)
1	김소연,설문규(2010)	게임식 로봇교육을 통한 초등학생의 논리적 사고력 변화	한국정보교육학회(14/1)
2	송정범,신수범,이태욱(2010)	교육용 로봇을 활용한 STEM 통합교육의 효과성 연구	컴퓨터교육학회(15/6)
3	송정범,이태욱(2011)	교육용 로봇을 활용한 STEM 통합교육이 학업성취, 교과태도에 미치는 효과	한국정보교육학회(15/1)
4	홍기천,심재국(2013)	교육용 로봇을 활용한 초등학교 과학교과의 STEM 교육 수업 방안	한국정보교육학회(17/1)
5	심재권,김자미,이원규(2010)	교육용 프로그래밍 도구 활용의 정보과학교육을 통한 초등학생의 정보과학에 대한 인식 분석	한국정보교육학회(14/3)
6	문의식(2007)	교육용로봇을 이용한 프로그래밍 학습 모형	한국정보교육학회(11/2)
7	유인환, 김태환(2006)	MINDSTORMS를 이용한 프로그래밍 학습이 창의력에 미치는 효과	컴퓨터교육학회(9/1)
8	박경재,이수정(2010)	두리틀과 로봇 프로그래밍 교육이 창의성에 미치는 효과 비교 연구	한국정보교육학회(14/4)
9	오경란, 허경(2010)	라인트레이서를 활용한 센서기반 초등로봇프로그래밍 PBL문제개발 적용 분석	한국정보교육학회(14/3)
10	김민경, 민선희(2008)	로보틱스 탐구에서 나타난 아동의 반응 및 교육적 의미 분석	한국실과교육학회(21/3)
11	이경희 외(2010)	로봇 교육활동을 통한 초등학생의 주의집중력 향상 모색	한국실과교육학회23(1)
12	구현진, 이효신(2012)	로봇 자극에 대한 자폐유아의 상호작용 연구	정서행동장애연구(28/2)
13	김성민, 유영길(2005)	로봇 학습이 실과 전자단원의 아동 인식 변화에 미치는 영향	한국실과교육학회18(4)
14	신승용(2012)	로봇 활용 STEAM 교육에 참가한 초등학생들의 학습지속 요인분석	컴퓨터교육학회(15/5)
15	김철(2013)	로봇 활용 수학수업의 설계 및 적용	한국정보교육학회(17/1)
16	박정호,김철(2010)	로봇 활용 수학학습이 학습태도 및 문제해결능력에 미치는 영향	컴퓨터교육학회(13/5)
17	서형업(2009)	로보틱언어교육프로그램이창의력과프로그래밍능력향상에미치는효과	대한공업교육학회(34/1)
18	송정범외(2011)	로봇교육에서 보조교사 유형이 학습자의 창의성과 자기효능감에 미치는 영향	컴퓨터교육학회(14/1)
19	유인환, 제재호(2008)	로봇을 활용한 초등학교 프로그래밍 교육 방안	한국정보교육학회(12/3)
20	이영준, 이은경(2009)	로봇활용 알고리즘 학습 프로그램	컴퓨터교육학회(12/1)
21	손충기,김영태(2012)	로봇활용수업이 초등학생의 학습태도에 미치는 효과	공학교육연구(15/4)
22	김경현(2010)	로봇활용수업이 학생의 상호작용 촉진에 미치는 효과	공학교육연구(13/6)
23	김경현(2011)	로봇활용수업이 학생의 학습몰입 향상에 미치는 효과	컴퓨터교육학회(14/2)
24	김종훈 외(2006)	마이크로로봇교육을통한초등학교창의성개발에대한연구	한국콘텐츠학회(6/8)
25	정분임,문의식(2006)	문제 해결력 신장을 위한 로봇의 교육적 활용 방안	정보교육학회(10/3)
26	서형업(2007)	문제중심학습(PBL)에 기초한 로봇교육 프로그램이 창의력 향상에 미치는 효과	공학교육연구(10/4)
27	송정범 외(2009)	성별의 차이 고려한 로봇 프로그래밍 학습이 여중학생의 몰입수준/문제해결력	컴퓨터교육학회(15/1)
28	배영권(2007)	성별의 차이를 고려한 로봇프로그래밍 교수전략에 관한 연구	컴퓨터교육학회(10/4)
29	유승한,문의식(2007)	수월성 교육을 위한 초등학교 로봇프로그래밍 교육과정 개발과 적용	한국정보교육학회(11/1)
30	박정호,김철(2012)	스토리텔링을 활용한 로봇 프로그래밍 수업의 효과	한국정보교육학회(16/2)
31	송정범, 이태욱(2009)	실과'목공단원'에서교육용로봇의활용이실과사고기능에미치는효과	실과교육연구(15/3)
32	전윤주 외(2008)	실과에서로봇활용이학습자의문제해결력에미치는효과	실과교육연구(14/4)
33	이진영 외(2009)	실과에서로봇활용프로그래밍교육이컴퓨터학습태도와컴퓨터태도에미치는영향	실과교육연구(15/3)
34	박홍제, 문성환(2010)	아동의창의력신장을위한로봇교육연구프로그램개발및적용	한국실과교육학회(23/2)
35	이정훈,허경(2010)	알고리즘적 사고 문제 모델을 이용한 초등로봇 프로그래밍 문제 개발 및 적용	한국정보교육학회(14/2)
36	현은자 외(2012)	증강현실과 로봇 기술을 기반으로 한 등극 활동에서 기술적인 요소에 대한 유아의 반응 연구	한국콘텐츠학회(12/5)
37	한정혜외(2011)	초등정규교육과정에서 STEAM을 위한 로봇활용교육	한국정보교육학회(15/3)
38	송정범외(2012)	초등학교 프로그래밍 수업 과정의 과학적 분석	컴퓨터정보학회(17/10)
39	박정호(2012)	초등학교에서 로봇을 활용한 STEAM 교육의 적용 연구	컴퓨터교육학회(17/4)
40	박정호,김철(2011)	초등학교에서 로봇활용 미술수업이 창의성 신장에 미치는 효과	한국정보교육학회(15/2)
41	김철(2011)	초등학교에서 로봇활용실험이 과학탐구능력에 미치는 효과	한국정보교육학회(15/4)
42	문의식(2011)	초등학교재량활동시간에라인트레이서를이용한C프로그래밍학습모형	한국정보교육학회(15/4)
43	강경옥, 문성환(2008)	초등학생을 위한 '로봇' 주제 통합교육 프로그램 개발 및 적용	한국실과교육학회(21/4)
44	박응식,문성환(2009)	초등학생의 논리적 사고력 신장을 위한 로봇 교육 프로그램 개발 및 적용	한국실과교육학회(22/2)
45	권대용 외(2010)	프로그래밍 학습을 위한 교육용 로봇 게임 프레임워크	한국실천공학교육(2/1)
46	이진영 외(2009)	피코크리켓을 활용한 로봇프로그래밍 학습이 문제해결력과 흥미에 미치는 효과	컴퓨터정보학회(14/2)
47	송정범, 이태욱(2008)	피코크리켓(PicoCricket)을활용한프로그래밍교육이문제해결력에미치는효과	실과교육연구(14/4)
48	신승기, 박관우, 배영권(2012)	SRD Program을 통한 창의성 신장 프로그램 모형 개발	한국콘텐츠학회(12/9)
49	권순범,남동수,이태욱(2012)	STEAM 기반 통합교과 학습이 초등학생의 창의적 인성에 미치는 영향	컴퓨터정보학회(17/2)
50	문성환 외(2011)	UCR전자카트활용 실과교육이 초등학생의 전자수업에 대한 이해도와 흥미도에 미치는 효과	한국실과교육학회(24/1)

연구가 긍정적인 결과를 가져온 것은 아니었다. 유의미하지 않은 연구 결과는 창의성, 논리적 사고력, 탐구능력 등의 일부 요인에서 발견되었으며 짧은 기간의 연구처치로 인한 학업성취도에 영향을 미치지 못한 연구결과도 존재하였다.

교과관련 연구에선 김철(2011)은 과학탐구능력의 하위영역 중 측정, 추리, 예상의 세 요인에서는 유의미한 차이가 나타났지만 관찰과 분류에서는 차이가 없었다고 하였다. 창의성 영역에선 서형업(2007)은 로봇활용수업이 독창성에 효과가 있었으나 유창성과 융통성에는 효과가 없다고 하였다. 융통성 요인에 유의미하지 않은 연구는 박정호·김철(2011)의 연구결과에서도 동일하였다. 지식영역에서 김철(2013)은 로봇이 수학학습태도 향상에는 도움이 되지만 수학학업성취도에는 영향을 미치지 못한다고 하였으며 송정범·이태욱(2010)도 과학학업성취도의 지식영역에는 도움이 되지 않았다고 하였다.

교과 외 활동에서는 이경희 외(2010)는 로봇이 주의집중력과 국어, 수학 학업성취도에 긍정적 영향을 미치지만 사회, 과학성취도에는 유의미한 효과가 없었다고 보고하였으며, 박용식·문성환(2009)의 연구에 의하면 6가지의 논리적 사고력 요인 중 4가지에서 유의미하지 않게 나타나기도 하였다.

이러한 상반된 연구결과에도 불구하고 일반적으로 로봇활용수업은 교과의 학업성취도, 학습동기, 학습몰입도, 학습태도 등의 인지적·정의적 요인뿐만 아니라 창의성, 문제해결능력, 논리적 사고력, 의사소통능력, 협동능력 등의 학업능력의 신장에도 효과적이라고 결론내릴 수 있다.

4.6 로봇활용교육에 대한 논의

이 장에서는 로봇활용교육 논문 분석을 통해 드러난 한계점을 찾고 발전방향에 대해 논의하고자 한다.

첫째, 연구주제 측면에서 로봇 프로그래밍교육을 통한 창의성, 문제해결능력, 논리적사고력 등의 학업능력과 STEM 관련 교과의 학습동기, 성취도 신장에 관한 연구가 많이 수행되었다. 하지만 프로그래밍교육의 연구결과와 관련하여 흥미로운 사실은 ‘창의성 증진, 문제해결능력’과 관련한 연구 주제가 많이

발표되었음에도 불구하고 유사 연구가 반복적으로 수행되고 있다는 점이다. 즉 선행연구를 기초로 발전적 후속연구가 수행보다는 연구 상황과 조건을 달리 한 유사한 연구가 계속 발표되고 있는 것으로 나타났다. 따라서 향후에는 교육방법 개선과 같은 다양한 각도에서 연구가 수행되어야 할 것으로 보이며 특히 로봇프로그래밍 활동의 연구는 효과가 있고 없음을 보고하는 수준을 넘어 결과 도출의 전 과정에 대한 심도 있는 분석이 필요할 것으로 사료된다.

둘째, 연구방법 측면으로 질적 연구는 양적연구의 약 1/3에 불과하였다. 두 연구 모두 지식을 산출한다는 공통점을 지니지만 산출된 지식의 형태는 다르다. 양적 연구는 결과, 일반화, 예측, 인과적 설명에 초점을 둔 지식을 산출한다면, 질적 연구는 과정, 의견, 이해, 설명을 강조하는 지식을 산출한다고 볼 수 있다. 지난 10여 년간 로봇은 프로그래밍교육 및 교과활동에서 긍정적 교육적 효과를 충분히 입증해 왔다고 볼 수 있으며 향후 연구는 질적인 연구로의 전환이 필요한 시점으로 볼 수 있다.

셋째, 연구표본 추출에 있어 실험 및 비교집단 모두 주위에서 이용하기 쉬운 가용표본을 이용하였다. 이러한 표본추출은 주위에서 쉽게 구하고 학습관리에 용이한 측면도 있지만 단점은 표집오차가 높고 일반화를 위한 대표성이 결여된다는 단점이 있다. 한국의 현 교육과정 실정상 무작위 표본선정의 어려움은 있지만 창·체의 동아리 활동, 다수가 참여하는 캠프활동에서는 이러한 실험설계가 가능할 것으로 보인다.

넷째, 대부분의 로봇교육 연구가 단 기간의 프로그램 적용 및 검증에 관한 것이었는데 장기적인 플랜을 갖고 연구를 수행할 필요가 있다. 미국의 경우 로봇을 엔지니어링 교육활동에 적용하려는 시도를 하고 있는데, 매사추세츠주의 K-12까지 과학, 기술, 엔지니어링 교육과정을 운영하고 있는 점과 조혜경 외(2012)의 초중등 로봇소양교육과정 시범학교 운영과 같은 장기간의 연구 수행이 요구된다[9]. 이러한 측면에서 Eguchi(2007)가 뉴욕주 컬롬비아 초등학교 2-4학년 대상으로 2년 동안 수학, 과학, 기술의 교육과정에서 로봇 프로그래밍을 가르치기 위해 주제 중심의 통합교육과정을 운영한 사례를 주목할 필요가 있다[14].

다섯째, 연구효과 측면에서 로봇은 대부분 긍정적인 연구결과를 제공하였지만 일부 유의미하지 않은 결과도 보고되었다. 이러한 상반된 연구결과는 교실에서 로봇 활용 자체가 교육적 효과를 장담하기 보다는 교육과정, 교육방법, 교수학습에 관련된 교사, 학생 모두가 학습 성공의 중요한 열쇠임을 의미한다. 그리고 연구효과 기술에 있어 대부분의 연구가 로봇을 활용함으로써 효과가 '있다', '없다'에 의미를 두었는데 '왜 어떤 요인이 영향을 미쳤는지'에 대한 구체적인 해석과 논의가 포함되어져야 한다. 또한 일부 연구에서 모듈 편성 및 역할부여, 로봇교구 수, 활용로봇 명칭, 교사의 역할, 정규교과 도입을 위한 교육과정 분석 과정, 수업장면 등이 누락되어 로봇활용수업을 이해하는데 어려움이 있었다.

여섯째, 로봇은 교구의 특성상 지도교사 단독으로 수업하기에 어려움이 있는데, 이러한 문제는 미국 텡즈대학의 STOMP(<http://stompnetwork.org>) 와 TASEM 프로젝트처럼 로봇소양을 갖춘 예비교사를 멘토로 현장교육 전문가인 현장교사를 멘토로 구성된 협력수업이 효과적인 대안이 될 수 있다[25].

끝으로 로봇활용수업을 위해 연구자들이 제안하는 내용들은 다음으로 요약되었다.

첫째, 실습을 위한 충분한 교구 확보가 중요한데 3-4인내의 1set가 갖추어져야 한다(박정호, 2012). 그리고 모듈활동에서 김철(2013)은 명확한 역할 부여 및 순환으로 일부 학생에 의해 로봇이 독점되는 것이 예방되어야 한다고 하였다.

둘째, 학습과제 수행 전 충분히 로봇을 탐색할 기회 즉, 충분한 로봇소양을 갖추기 위한 시간이 주어져야 한다(박정호, 2012).

셋째, 학습과제는 몰입을 이끌어 내기 위해 학생이 현재 갖고 있는 능력에 비해 도전감이 있는 과제 제시가 요구된다(김경현, 2011). 그리고 이은경·이영준(2009)은 실제적이고 통합적인 문제해결 경험 제시를 위해 '전체 과제 제시 전략'을 활용하였다.

넷째, 로봇교육을 실시할 수 있는 전용 교실이 필요하다. 로봇의 조립, 제작, 프로그래밍을 위해서는 컴퓨터와 연결해서 구동할 수 있는 충분한 여유 공간 확보가 필요하다(한정혜, 2011)

끝으로 교사의 역할은 학생을 자극하는 중요한 역

할을 담당하게 되므로 로봇소양 및 컴퓨터소양이 갖추어져야 한다(한정혜, 2011).

5. 결론 및 제언

본 연구는 도구로서 로봇교육의 교육적 효과를 분석하기 위해 체계적 문헌고찰의 연구방법을 수행하였다.

2001년부터 2013년까지 국내학술지 대상으로 검색한 결과 총 481편이었으며 논문의 질, 연구대상, 교육용 로봇활용 유무, 양적·질적 연구의 4가지 조건에 따라 문헌을 추출하고 모니터링을 실시하였다. 최종적으로 선정된 논문은 50편이었으며 연구현황, 연구주제, 교육방법, 연구방법, 교육효과의 5가지 측면에서 분석을 실시하였다.

연구현황에서 2010년도에 가장 많은 논문이 발표되었으며 연구대상은 초등학교 고학년(5-6), 중학년(3-4)에 집중되는 경향을 보였다.

연구주제에 측면에서 프로그래밍교육을 통한 창의성, 문제해결능력에 관한 연구가 많이 수행되었으며 로봇 교육과정 및 프로그램의 개발을 통한 교육효과에 대한 연구, 영재교육, 알고리즘교육의 효과에 관한 연구 그리고 학습동기, 학습태도와 같은 정의적 요인에 대한 연구가 수행되었다.

교육방법에서 프로그래밍 학습에서는 문제중심학습의 빈도가 가장 높았으며 교과에서는 STEM 수업모형이 많이 활용되었다.

연구방법에서 양적연구는 질적 연구의 약 3배를 차지하였으며 t검증과 이질집단 사전사후 실험설계가 대부분을 차지하였다.

교육효과는 교과와 교과 외 활동으로 구분하여 제시하였는데 일부 종속변인에서는 유의미한 차이가 발견되지 않았다.

이러한 연구결과를 기초로 향후 로봇교육 연구를 위한 발전적 논의를 진행하였다.

향후 연구를 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 양적연구와 더불어 로봇활용수업을 설명하는 질적연구가 수행되어야 한다.

둘째, 교과는 로봇 프로그래밍 수업의 학습맥락이 될 수 있는데 중등학교 수준에서 STEM 융합과 관

련한 연구가 요구된다.

셋째, 연구 표본 추출시 창·체의 동아리 활동, 다수가 참여하는 캠프활동을 통하여 무작위 표본추출 및 배치를 통한 실험을 통해 일반화를 위해 노력해야 한다.

넷째, 일선교육현장에 로봇활용수업을 확대하기 위해서는 교육과정 분석, 로봇활용 수업환경, 교사의 역할, 수업실시, 연구효과 등의 기술에 있어 보다 구체적인 기술이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 김종훈, 김종진, 이태옥 (2006), 마이크로 로봇 교육을 통한 초등학교 창의성 계발에 대한 연구, **한국콘텐츠학회논문지**, 6(8), 124-132.
- [2] 김철 (2012), 로봇교육 관련 국내 연구동향 및 교육효과 분석, **정보교육학회지** 16(2), 233-243.
- [3] 문외식 (2011), 초등학교 재량활동시간에 라인드레이서를 이용한 C프로그래밍 학습모형, **정보교육학회**, 15(4), 603-612.
- [4] 박광렬 (2011), 초등학교 로봇 교육 및 교구의 현황과 발전 방향의 고찰, **한국실과교육학회지** 24(3), 323-343.
- [5] 배영권, 남재원 (2010), 웹 2.0을 활용한 로봇프로그래밍 교육이 문제해결력 신장에 미치는 영향, **한국콘텐츠학회논문지**, 10(11), 468-475.
- [6] 신나민, 김상아 (2007), 로봇과 학습의 관계 맺기: 초,중,고등학생의 관점에서, **한국교육정보미디어학**, 13(3), 79-99.
- [7] 안희영, 이현주 (2008). 웹 환경에서 텍스트 표현 방식에 따른 가독성에 관한 연구-태그 클라우드를 중심으로. **인포디자인이슈**, 13, 65-72.
- [8] 유인환, 김태완 (2006), MINDSTORMS을 이용한 프로그래밍 학습이 창의력에 미치는 효과, **컴퓨터교육학회 논문지**, 9(1), 1-11.
- [9] 조혜경, 김미량, 박광현, 신승용, 박정호 (2011), **로봇 소양교육과정 개발 연구**, KERIS 연구보고 KR 2011-5.
- [10] 홍기천 (2009), 레고 NXT 로봇을 활용한 예비 교사의 프로그래밍 언어 수업 방안, **정보교육학회**, 13(1), 71-78.
- [11] Baker, B.S., Nugent, G., Gradgenett. N & Adamchuk, V. I. (2012), *Robotics in K-12 Education : a new technology for learning*.
- [12] Benitti, F. B. V (2012), Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review, *Computers & Education*, 58, 978-988.
- [13] Dimitris, A. (2009), Teacher Education on Robotics-Enhanced constructivist Pedagogical Methods, School of Pedagogical and Technological Education, from <http://www.terecop.eu>.
- [14] Eguchi, A. (2007), *Educational Robotics for Elementary School Classroom*. In R. Carlsen et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2007*, 2542-2549.
- [15] Fagin, B., & Merkle, L. (2003), Measuring the effectiveness of robots in teaching computer science, *Proceedings of the 34rd SIGCSE technical symposium on computer science education*, Retrieved January 16, 2006 from <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=611994&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=11715560&CFTOKEN=40703716>.
- [16] Lin. C.H., Liu. E.Z.F. & Huang. Y.Y. (2012), Exploring parents'perceptions towards educational robots: Gender and socio-economic differences, *British Journal of Educational Technology*, 43(1), 31-24.
- [17] Lindh. J., & Holgersson. T. (2007), Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?, *Computers & Education*, 49, 1097-111.
- [18] Miller, D. P., Nourbakhsh, I. R., & Sigwart, R. (2008), *Robots for education*. In Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.), *Springer handbook of robotics*(pp. 1283-1301). New York, NY:Springer-Verlag.
- [19] Mitnik, R., Nussbaum, M., & Soto, A. (2008), An autonomous educational mobile robot mediator, *Autonomous Robots*, 25(4), 367-382.

- [20] Resnick, M. (2008), Sowing the seeds for a more creative society, *Learning & Leading with Technology*, 35(4), 18-22.
- [21] Ringwood, J.V., Monaghan, K., Maloco, J (2005), Teaching engineering design through Lego Mindstorms. *European Journal of Engineering Education*, 30(1), 91-104.
- [22] Rogers, C., & Portsmore, M. (2004), Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5, 17-28.
- [23] Sullivan, F. R. (2008), Robotics and science literacy: thinking skills, science process skills and systems understanding, *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373 - 394.
- [24] The Partnership for 21st Century Skills (2002), <http://www.p21.org/overview/skills-fra-network>.
- [25] Varney, M.W., Janoudi, A., Aslam, D.M. & Graham, D. (2012), Building Young Engineers: TASEM for Third Graders in Woodcreek Magnet Elementary School, *IEEE Transactions on Education*, 55(1), 78-82. Retrieved from <http://www.editlib.org/p/64513>.
- [26] Williams, D., Ma, Y., Prejean, L., Lai, G., & Ford, M. (2007), Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp, *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), 201-216.

저 자 소 개



김 철

1997 전남대학교 전산통계학과 (이학박사)

1998 University of Washington (객원교수)

1992~현재 광주교육대학교 컴퓨터교육과 교수

관심분야 : 인터넷자원관리, 교육용콘텐츠, 메타데이터, e-Learning

e-mail : chkim@gnue.ac.kr