

강화 이론에 근거한 교사 보조 로봇 인터랙션 디자인에 관한 연구

- 로봇에 대한 인상과 선호도 측정을 중심으로 -

The Interaction Design of Teaching Assistant Robots based on Reinforcement Theory

- With an Emphasis on the Measurement of the Subjects' Impressions and Preferences

곽소나

한국과학기술원 산업디자인학과 박사과정

Sonya S. Kwak

Korea Advanced Institute of Science and Technology

이동규

한국과학기술원 산업디자인학과 석사과정

Dongkyu Lee

Korea Advanced Institute of Science and Technology

이민구

한국과학기술원 산업디자인학과 석사과정

Mingu Lee

Korea Advanced Institute of Science and Technology

한정혜

청주교육대학교 컴퓨터 교육과 조교수

Jeonghye Han

Cheongju National University of Education

김명석

한국과학기술원 산업디자인학과 교수

Kim myung-suk

Korea Advanced Institute of Science and Technology

※ 본 연구는 지역산업기술개발사업(교사보조 및 학습보조 도우미로봇 개발) 연구비 지원으로 이루어졌음

1. 서론

2. 강화 이론

3. 실험설계

3-1. 가설

3-2. 실험방법

3-2-1. 피실험자

3-2-2. 실험진행

3-2-3. 실험도구

3-2-4. 평가척도

4. 실험결과

4-1. 주관적 인상

4-2. 선호 순위

4-3. 다른 학습법과의 비교

4-4. 자극수에 따른 로봇의 인상

5. 결론

5-1. 결론

5-2. 추후연구

참고문헌

(要約)

본 연구는 교사의 교수 방식에서 효과적으로 사용되는 행동주의 학습이론 중 강화 이론이 교사 보조 로봇에도 효과적으로 적용되는지를 검토하는 데 그 목적이 있다. 피험자내 설계 실험(n=36)으로 성적유형에 따른 우등, 열등 피험자가 강화 유형에 따른 세 가지 로봇의 인터랙션(2*3)을 경험케 했다. 즉, 강화 이론과 토큰강화 방식에 기초해 '정적 강화'를 제공하는 로봇('칭찬이'), '부적 강화'를 제공하는 로봇('엄벌이'), '정적 강화'와 '부적 강화'를 모두 제공하는 로봇('상벌이')의 인터랙션을 디자인하고 로봇유형과 피험자의 성적유형에 따른 학생들의 로봇에 대한 인상 및 선호도를 알아보았다. 결과적으로 학생들은 정적 강화를 제공하는 로봇을 가장 선호하고, 부적 강화를

제공하는 로봇을 가장 덜 선호함이 검증되었다. 또한, 강화의 자극을 디자인함에 있어서는 우등 학생에게 부적 강화를 제공하는 로봇에서 로봇이 주는 자극수가 낮을수록 로봇에 대한 긍정적 인상이 증가함을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 강화 유형에 따른 학생들의 교사 보조 로봇에 대한 인상 및 선호도를 검증하며, 교사 보조 로봇의 인터랙션 디자인에 효과적인 가이드라인으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

(주제어)

교사 보조 로봇, 주관적 인상, 선호도, 인간 로봇 상호작용, 강화 이론, 토큰 강화

(Abstract)

This study examines whether the reinforcement theory could be effectively applied to teaching assistant robots between a robot and a student in the same way as it is applied to teaching methods between a teacher and a student. Participants interacted with a teaching assistant robot in a 3 (types of robots: positive reinforcement vs. negative reinforcement vs. both reinforcements) by 2 (types of participants: honor students vs. backward students), within-subject experiment. Three different types of robots, such as 'Ching-chan-ee' which gives 'positive reinforcement', 'Um-bul-ee' which gives 'negative reinforcement', and 'Sang-bul-ee' which gives both 'positive and negative reinforcement' were designed based on the reinforcement theory and the token reinforcement system. Subjective impressions and preferences were measured according to the types of robots and the types of participants. Participants preferred the positive reinforcement robot most, and the negative reinforcement robot least. Regarding the number of stimulus, in case of the negative reinforcement robot for honor students, the less the stimulus is, the more positive the impressions toward the robot are. The findings demonstrate that the reinforcement interaction is important and effective factor which determines children's preferences and impressions for teaching assistant robots. The results of this study can be implicated as an effective guideline to interaction design of teaching assistant robots.

(Keyword)

Teaching assistant robot, subjective impressions, preferences, human robot interaction, reinforcement theory, token reinforcement

1. 서론

로봇 공학 기술의 발달은 일상생활 속에서 인간 및 주변 환경과 상호작용 하는 개인용 서비스 로봇의 연구 및 개발을 가능하게 했다. 다양한 기능의 개인용 서비스 로봇에 대한 디자이너의 고려 중 로봇의 대상 사용자에 대한 연구 및 그에 따른 로봇 디자인은 중요한 연구 이슈가 되고 있다(Woods, S., Dautenhahn, K., & Schultz, J. 2005). 일본 정부의 위탁으로 국가 로봇산업을 총괄 기획, 관리하는 일본 신 에너지산업 기술종합개발기구(NEDO 기술개발기구)에서는 2005년에 '차세대 로봇'으로 청소로봇, 안내로봇, 경비로봇, 보육(Childcare)로봇, 지능형 자율주행의자 등 5개 부문을 선정하며 아동을 대상으로 하는 로봇에 대한 필요성을 강조했다(최문수, 2005).

아동은 성인에 비해 로봇을 긍정적으로 인식하며 자율적인 로봇을 보다 생명체와 가깝게 인식하기 때문에 로봇과의 인터랙션에 몰입할 가능성이 높다. 이와 같은 이유로 로봇에 대한 아동의 인식에 대한 연구(Woods, et al., 2004, 2005; Han, J., Lee, J., & Cho, Y., 2005), 아동의 물리적 행동으로부터 아동간의 관계를 파악하는 로봇에 대한 연구(Kanda, T. & Ishiguro, H., 2004), 아동의 파페로(PaPeRo)에 대한 인식 평가(Ito, T., 2001)등 아동을 대상으로 하는 로봇에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서도 교사 보조 역할을 하는 아동용 로봇이 나타낼 수 있는 인터랙션에 대하여 살펴보고자 한다.

아동용 로봇 중 교육용 로봇에 대한 연구도 최근 연구 이슈가 되고 있다. 한정혜의 1인(Han, J. & Kim, D., 2006)의 연구에서는 교육 목적으로 로봇이 적용된 연구를 '로봇 소양 교육(Learning about RT)'과 '로봇 활용 교육(Learning with RT)'으로 크게 두 가지로 나누어 설명하고 있다. 레고 마인드 스톰(Mind Storm, 2006) 또는 RB5X (2006)등이 '로봇 소양 교육'과 관련되며(Imberman, S. P., 2004; Fagin, B. S. & Merkle, L., 2002; Kumar, A. N., 2004), '로봇 활용 교육'에는 로보비(Robovie)를 영어 교육에 적용한 연구 (Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., & Ishiguro, H., 2004), 아이로비(IROVIE)를 영어, 한국어, 음악 교과에 적용한 연구(Han, J. & Kim, D., 2006), 파페로를 음악 에듀테인먼트에 적용한 연구(Osada, J., 2005), 아이보(AIBO)를 아동의 이야기책을 들려주고 이야기를 들어주는 로봇으로 구현한 연구(Decuir, J. D., Kozuki, T., Matsuda, V. & Piazza, J., 2004), 곤충 형상 로봇을 학습 환경에서 활용하며 아동의 반응을 분석한 연구(Cooper, M. et al., 1999)

등이 관련된다.

지금까지의 교육용 로봇에 대한 연구는 로봇을 교육환경에 적용하였을 때 아동들의 반응 및 학습 효과에 대한 것이 주를 이룬다. 그러나 로봇을 교육 현장에 도입시키기 위해서는 단순히 로봇을 교육에 적용하는 것에 그치지 않고, 기존의 다양한 교육학 이론을 교육용 로봇의 인터랙션 디자인에 적용하고 이를 아동을 대상으로 검증해볼 필요가 있다.

교육용 로봇은 다른 매체에 비해 학습을 돕는데 보다 친근한 이미지를 주며, 특히 아동들의 동기 유발에 효과적임이 밝혀졌다(Han, J. & Kim, D., 2006; Kanda et al., 2004). 또한 초등학교 교사 보조 로봇의 기능에 대한 선호도 조사에서 교육 내용의 전달 기능(29%)보다 발표자 뽑기 기능(65%)에 대한 필요성이 중시되었다(Han, J. & Kim, D., 2006). 이는 교사 보조 로봇의 중요한 역할로서 교육 내용 전달보다 매체로서의 관계성이 아동의 동기 유발을 촉진함을 시사한다. 광소나, 이동규, 이민구, 한정혜와 김명석(2006)은 강화 이론을 교사 보조 로봇의 인터랙션 시스템 디자인에 적용하여 학생의 유형과 로봇의 인터랙션 유형에 따른 수행도와 반응률을 비교한 바 있다.

이 논문에서는 교사를 대신하여 학생의 학습 동기를 유발할 수 있는 교사 보조 로봇을 개발하기 위하여, 행동주의 학습이론 중 강화이론을 바탕으로 토큰 강화 체계에 의한 교사 보조 로봇 인터랙션 시스템을 디자인한다. 강화 유형에 따라 '칭찬이', '엄벌이', '상벌이' 세 종류의 로봇을 제안한다. 이 로봇 유형에 대한 우등, 열등 학생의 로봇에 대한 인상 및 선호도를 실험으로 측정하여, 학생의 유형과 로봇 유형에 따른 로봇에 대한 인상을 비교하고 선호도가 높은 로봇 유형을 찾아내고자 한다.

2. 강화 이론

스키너(Skinner, B. F., 1971)에 따르면 강화는 자극(S)을 주거나 빼앗음으로써 바람직한 행동의 반응(R)을 증가시키는 것이며, 자극의 유형에 따라 정적 강화(reward)와 부적 강화(relief)로 구분된다. 정적 강화는 정적 자극을 제공해서 긍정행동반응을 증가시키는 것이고, 부적 강화는 부적 자극을 경감해서 긍정행동반응을 증가시키는 것이다(김언주, 2003).

토큰 강화는 강화의 표현 방식의 하나로 긍정행동반응을 증가시키고 부정행동반응을 감소시키기 위하여 행동 결과에 따라 토큰에 해당하는 포상을 주거나(Allen, K. E., Hart, B., Buell, J. S., Harris, F. R., & Wolf, M. M., 1964) 빼앗고, 일정 개수 이상의 포상이

누적되면 그에 해당하는 보상으로 바꾸어 주는 방식이다. 토큰 강화 시스템은 학습효과를 높이기 위한 동기부여 방법으로 사용되고 있다. 또한, 유친근(1969)은 학생의 성적 유형에 따른 칭찬과 질책의 효과에 대한 연구에서, 우수아에게는 칭찬보다 질책이, 열등아에게는 질책보다 칭찬이 효과적임을 발표한 바 있다.

강화이론의 적용 방법은 인간의 자극에서 시작하여 기계, 미디어 매체, 컴퓨터 소프트웨어 및 하드웨어 등을 거쳐 로봇에 이르기까지 다양한 시도를 통해 발전하였다.

자기속도학습(self-paced learning)은 아동이 교수 기계(teaching machine)나 프로그램의 교재를 이용하여 자기의 이해속도에 따라 학습하는 것이며, 아동의 개개의 반응 뒤에는 그 반응이 맞았는지의 여부에 관한 피드백(강화자)이 즉각적으로 뒤따른다(김언주, 2003).

다양한 매체를 통한 강화 자극에 대한 연구로, 컴퓨터나 비디오를 통한 강화 유형을 수학 교육에 적용한 연구(Xin, J. F., 1999, 2001), ROBallet이라는 하드웨어를 통한 강화 자극을 예술 표현 학습에 적용한 연구(Cavallo, D. et al., 2004) 등의 사례가 있다. 고츠와 2인(Goetz, J., Kiesler, S., & Powers, A., 2003)이 컴퓨터에 적용된 연구들이 로봇에도 일반화될 것이라고 언급했듯이 비디오, 컴퓨터 등의 다양한 매체를 통한 강화 자극은 로봇에서도 적용될 수 있다.

3. 실험설계

본 실험에서는 교사-학생 사이에 적용되는 토큰 강화 시스템을 인간-로봇 인터랙션에 적용하여 사용자의 로봇에 대한 인상 및 선호도를 평가해보고자 한다.

앞서 설명한 강화 이론에서의 반응(R), 자극(S)을 학생의 수학 학습에 적용시켜, 수학 문제를 해결(R)할 때마다 그 수행 정도에 따라 하트스티커(S)를 제공하는 실험을 진행하고자 한다. 또한, 실험이 끝난 후 하트스티커는 다른 강화보상물로 교환해준다. 이를 통해 정적 강화(r+)는 하트스티커(S)를 많이 받기 위하여 수학 문제를 많이 해결하려는(R) 원리로, 부적 강화(r-)는 하트스티커(S)를 빼앗기지 않기 위하여 수학 문제의 해결에 집중(R)하여야 하는 원리로 설계하였다. 이에 따라 학생들이 하트스티커를 얻거나(R→Sr+) 빼앗기지 않기(R→Sr-) 위하여 수학문제를 풀려는 현상이 발생할 수 있다[표 3-1].

[표 3-1] 로봇의 유형 별 자극 종류 및 예상되는 행동

로봇 종류	자극 종류	예상되는 행동
칭찬이	격려(S) Loop(R→Sr+→R→Sr+→)의 순환이 지속됨	격려를 받기 위해 수학 문제를 해결(R)
	정적 강화(S) Loop(R→Sr+→R→Sr+→)	하트스티커를 받기 위해 수학 문제를 해결(R)
엄벌이	재촉(S) 학생이 20초 동안 수학 문제를 안 풀고 있을 때 재촉함	재촉을 받지 않기 위해 수학 문제를 해결(R)
	부적 강화(S) 학생이 한번 더20초 동안 수학 문제를 안 풀고 있을 때 재촉 대신 하트스티커를 하나 빼앗음	하트스티커를 빼앗기지 않기 위해 수학 문제를 해결(R)
상벌이	격려(S) 학생이 수학 5문제를 풀었을 때마다 격려함 Loop(R→Sr+→R→Sr+→)의 순환이 지속됨	격려를 받기 위해 수학 문제를 해결(R)
	정적 강화(S) 학생이 수학 10문제를 풀었을 때마다 격려 대신 하트스티커를 하나 줌 Loop(R→Sr+→R→Sr+→)	하트스티커를 받기 위해 수학 문제를 해결(R)
	재촉(S) 학생이 20초 동안 수학 문제를 안 풀고 있을 때 재촉함	재촉을 받지 않기 위해 수학 문제를 해결(R)
	부적 강화(S) 학생이 한번 더20초 동안 수학 문제를 안 풀고 있을 때 재촉 대신 하트스티커를 하나 빼앗음	하트스티커를 빼앗기지 않기 위해 수학 문제를 해결(R)

S: 자극, R: 반응, r+:정적 강화, r-: 부적 강화,
Sr+:정적 강화 자극, Sr-: 부적 강화 자극

3.1. 가설

본 연구에서는 강화 유형에 따른 로봇 유형과 피험자의 성적 유형을 독립변인으로 하고, 로봇에 대한 주관적 인상과 선호도를 종속 변인으로 한다. 이와 같은 변인을 기초로 본 연구에서 제시하는 연구 가설은 다음과 같다.

● **가설 1.** 로봇의 주관적 인상(subjective impressions)에 대해 성적유형과 로봇유형의 교호작용이 존재하지 않는다. 즉, 로봇유형에 따라 로봇의 인상에 대한 인식 차이는 있으나, 성적유형에 따라 로봇의 인상에 대한 인식 차이는 없을 것이다.

● **가설 2.** 성적유형과 로봇유형에 따라 선호도 차이가 존재한다. 즉, 우등 피험자는 정적 강화와 부적 강화를 모두 제공하는 로봇을 선호하고, 열등 피험자는 정적 강화를 제공하는 로봇을 선호할 것이다.

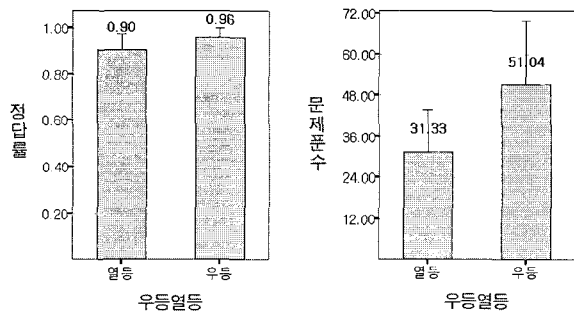
● **가설 3.** 다른 학습법 대비 선호도에 대해 성적 유형과 로봇유형의 교호작용이 존재한다. 즉, 가설 2와 같은 결과가 학습법에 따른 선호도 차이에서도 나타나고, 선생님을 제외한 다른 학습법 보다 로봇을 선호할 것이다.

● **가설 4.** 강화 유형의 자극수와 인상 간에 상관관계가 있다. 즉, 정적 강화의 자극수와 인상에는 정적 상관관계가 있고, 부적 강화의 자극수와 인상에는 부적 상관관계가 있을 것이다.

3.2. 실험방법

3.2.1. 피실험자

토큰 강화 시스템이 적용된 교사 보조 로봇 인터랙션 시스템에 대한 학생의 성적 유형에 따른 인상 및 선호도 차이를 비교하기 위하여 우등 학생과 열등 학생을 구분하여 피험자를 모집하였다. 피험자는 학교 성적에 의해 우등, 열등 학생으로 구분되어 추천되었다. 동일 학교에서 우등, 열등 학생을 모집할 경우 피험자들 사이에 발생할 수 있는 우등, 열등 구분에 따른 심리적 부담감을 제거하기 위해 평준화된 대전 소재 두 개의 초등학교를 선정하여, 한 학교에서는 우등학생(24명: 남 12명, 여 12명)을, 다른 학교에서는 열등학생(12명: 남 6명, 여 6명)을 각각 추천 받았다. 우등, 열등 군이 동일 배분되지 못한 것에 대해서는 분석시 등분산 검정을 통해 이로 인한 오류를 배제하였다. 본 실험에서 제공한 수학 문제에 대한 정답률과 문제풀수를 분산분석하여, 모집된 피험자의 성적 유형에 따른 구분을 검증하였다. 분석 결과, 우등, 열등 군에 따라 정답률($F = 25.371, p=0.000$)과 문제풀수($F=26.784, p=0.000$)에 우등-열등의 순으로 차이가 나타났다[그림 3-1]. 피험자들에게는 단순히 로봇을 통한 실험에 참여하게 된다는 정보만 주어졌으며, 실험 후에는 학용품이 선물로 제공되었다.



[그림 3-1] 우등열등 군별 정답률과 문제풀수의 평균

3.2.2. 실험진행

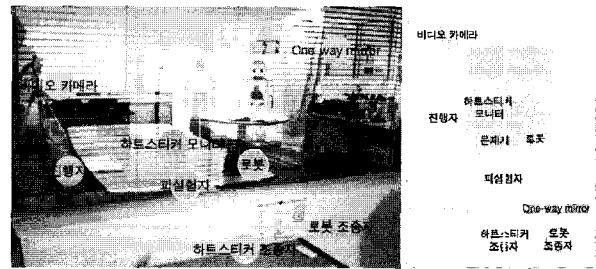
실험은 학생의 성적 유형과 토큰 강화에 따른 로봇 유형의 2*3 수준으로 무작위 순으로 진행되었고, 한 피험자가 세 가지 로봇 모두에 대한 실험에 참여하였다.

(1) 실험환경

실험은 일방투시거울(One-way mirror)이 설치된 관찰 실험실 환경을 통해 오즈의 마법사 기법(Wizard of Oz Technique)¹⁾으로 실시되었다. 일방투시거울이

1) 오즈의 마법사 기법(Wizard of Oz Technique): 구현되지 않은 기술에 대해 인간이 대신 시스템의 반응을 시뮬레이션함으로써 시스템을 평가할 수 있도록 하는 기법 (Wizard of Oz,

설치된 방 안에 로봇, 수학문제지, 토큰 강화를 위한 하트스티커 모니터가 배치되었다. 학생들이 주어진 태스크에 집중하는 것을 방해하기 위해 실제 로봇 제품, 로봇 관련 잡지, 로봇 그림을 실험실에 배치하였고, 사용자 관찰 분석을 위한 비디오카메라를 설치하였다. 일방투시거울의 반대편 방에서 두 명의 실험자가 로봇 및 하트스티커 모니터를 조종하였다[그림 3-2].



[그림 3-2] 관찰 실험실 환경

(2) 본실험

실험은 선생님 역할을 하는 진행자의 간단한 실험에 대한 설명으로 시작되었다. 실험은 각 로봇에 대해 10분 동안 선생님 없이 진행되었으며, 실험 태스크로 2학년 1학기 과정의 두 자리 수 뺄셈 문제가 주어졌다. 로봇은 토큰 강화 방법에 따라 '격려, 상, 재촉, 벌'의 네 가지 자극을 제공하였다[표 3-1]. 정적 강화에 해당하는 자극 중 격려는 피험자가 태스크를 수행하고 있는 것을 칭찬하는 것으로 5문제를 해결할 때마다 주어졌으며, 상은 피험자에게 보상으로 하트스티커를 제공하는 것으로 10문제를 풀 때마다 제공되었다. 부적 강화에 해당하는 자극 중 재촉은 피험자가 태스크를 수행하도록 재촉하는 것으로 문제 푸는 시간이 20초를 경과했을 때 제공되었으며, 벌은 벌로 피험자에게서 하트스티커를 뺀 것으로 재촉이 두 번 누적되었을 때 제공되었다. 이와 같이 정적 강화에 대한 토큰 누적과 부적 강화에 대한 토큰 누적을 2회로 통일하였다. 토큰 강화 자극은 로봇을 통해 주어졌으며, 보상 및 벌에 관계되는 하트스티커는 타블렛 PC를 통해 실시간으로 제공 및 철회되었다. 벌 자극에 의한 하트스티커 철회를 고려하여 세 개의 하트스티커로 실험이 시작되었다. 10분간의 태스크 수행 종료마다 선생님이 다시 투입되어 누적된 하트스티커 수에 상응하는 통일된 단위의 보상을 제공하였으며, 로봇에 대한 인상 및 로봇과의 인터랙션에 대한 인상과 다른 수학 학습법 대비 로봇에 대한 선호도를 묻는 5점 리커트(5-scale Likert) 및 신상에 대한 설문도 실시되었다. 설문 시 학생이 단어의 의미

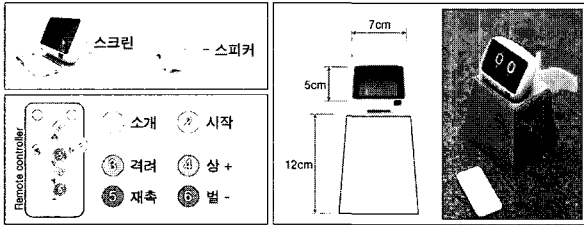
를 모르는 경우 선생님이 설명해주었다.

실험 후 인터뷰를 통해 격려, 상, 재촉, 벌에 대한 피험자의 느낌 및 수학 학습에의 영향, 그리고 선호하는 로봇유형 순서에 대한 질문이 실시되었다.

3.2.3. 실험도구

(1) 로봇 플랫폼

본 실험에 사용된 로봇에 필요한 인터랙션의 형태는 대사를 표현해 줄 수 있는 음성과, 표정 및 얼굴 생김새를 표현해 줄 수 있는 디스플레이이다. 이에 따라 음성 및 비주얼 콘텐츠를 제작하여 탑재가 가능한 Mp3 플레이어(iRiver U10)를 사용하여 로봇 플랫폼을 제작하였다[그림 3-3]. 본체의 구성은 음성 및 디스플레이를 구현하는 머리와, 작동은 하지 않지만 로봇의 형태를 완성해주는 몸통, 그리고 학생들을 위한 로봇의 캐릭터를 부여하는 날개로 구성하였다. 로봇의 대사 및 표정은 Macromedia Flash Lite 1.1을 사용하여 제작, 탑재하였다.



[그림 3-3] iRiver U10, 원격 조종기와 로봇 플랫폼의 외형

로봇에 탑재된 인터랙션의 종류는 총 6 가지로 구성되었으며 각 인터랙션 유형별 대사를 만들고 그에 적합한 표정을 디자인하였다[표 3-2]. 토크 강화 유형에 따른 로봇의 캐릭터에 대한 학생들의 이해를 돕기 위하여 세 가지의 로봇의 이름을 짓고(칭찬이, 엄벌이, 상벌이) 대사 및 인터랙션의 종류를 다르게 지정하였다. 칭찬이 로봇은 격려와 상 인터랙션을, 엄벌이 로봇은 재촉과 벌 인터랙션을, 상벌이 로봇은 격려, 상, 재촉, 벌 모두의 인터랙션을 제공하였다[표 3-3]. 로봇 인터랙션의 조작은 총 6개의 조작 버튼으로 구성된 원격 조종기를 통하여 실시간으로 이루어졌다 [그림 3-3].

(2) 하트스티커 모니터

로봇의 토크 강화 자극에 따라 실시간으로 하트스티커를 제공 및 철회하기 위해서 MS Powerpoint로 제작된 하트스티커 판을 타블렛 PC에 탑재하여 무선 마우스를 통해 원격으로 실시간 조종하였다.

(3) 수학문제지

문제문수와 정답률 측정에 의해 학생 유형을 구분하기 위하여 학생들의 성적유형(우등, 열등)에 관계없

이 모두가 쉽게 풀 수 있도록 3학년의 피험자에게 2학년 1학기 과정의 두 자리 수 뺄셈 문제가 주어졌다. 문제는 한 페이지당 20문제를 두 섹션으로 나누어 제공하였고 학생들의 문제 푸는 습관에 영향을 받지 않도록 계산할 수 있는 공간을 비워두었다.

[표 3-2] 로봇의 인터랙션 별 대사 및 표정

	대사	표정
소개	안녕하세요. 저는 "~~" 입니다. 저와 함께 수학문제를 풀어보아요.	😊
시작	문제를 드리겠습니다. ~~~. 10분 동안 열심히 풀어주세요. 자 그럼 지금부터 시작~	😊
격려	잘 풀고 있네요~ 계속 열심히 해주세요.	😊
상+	참 잘했어요! 10문제를 풀었으니 하트를 줄게요. 계속 열심히 해주세요.	😊
재촉	문제를 오랫동안 안 풀고 있네요. 얼른 문제를 풀어주세요.	😠
벌-	문제를 열심히 안 풀고 있네요. 두 번째 주의를 주는 것이니 하트를 뺏겠습니다. 계속 열심히 해주세요.	😠

[표 3-3] 로봇의 유형별 소개, 시작 대사 및 인터랙션 종류

로봇 종류	소개 및 시작 대사	인터랙션 종류
칭찬이	소개 "안녕하세요. 저는 착한어린이에게 하트스티커를 주는 '칭찬이' 입니다. 저와 함께 수학문제를 풀어보아요."	격려, 상
	시작 "문제를 드리겠습니다. 열심히 하는 어린이에게 칭찬을 하고 상을 줄 거예요. 하트스티커 숫자대로 사탕을 줄 것이니 10분 동안 열심히 풀어주세요. 자 그럼 지금부터 시작!"	
엄벌이	소개 "안녕하세요. 저는 나쁜 어린이에게서 하트스티커를 뺏는 '엄벌이' 입니다. 저와 함께 수학문제를 풀어보아요."	재촉, 벌
	시작 "문제를 드리겠습니다. 열심히 하지 않는 어린이에게는 혼을 내고 벌을 줄 거예요. 하트스티커 숫자대로 사탕을 줄 것이니 10분 동안 열심히 풀어주세요. 자 그럼 지금부터 시작!"	
상벌이	소개 "안녕하세요. 저는 착한어린이에게 하트스티커를 주고 나쁜 어린이에게서 하트스티커를 뺏는 '상벌이' 입니다. 저와 함께 수학문제를 풀어보아요."	격려, 상, 재촉, 벌
	시작 "문제를 드리겠습니다. 열심히 하는 어린이에게 칭찬을 하고 상을 주지만 열심히 하지 않는 어린이에게는 혼을 내고 벌을 줄 거예요. 하트스티커 숫자대로 사탕을 줄 것이니 10분 동안 열심히 풀어주세요. 자 그럼 지금부터 시작!"	

3.2.4. 평가척도

본 실험은 로봇유형과 성적유형을 독립변인으로 하고, 주관적 인상과 선호도를 종속변인으로 하였으며, 주관적 인상과 선호도를 측정하기 위한 평가척도는 다음과 같다.

(1) 주관적 인상

첫 번째 종속 변인인 주관적 인상은 문서 기반 설문지(paper-and-pencil)로 측정하였다. 각 문제는 SD(Semantic Differential) 방법에 기초해 형용사 짝(adjective pairs)으로 구성되었으며 5점이 가장 긍정

적인 형용사를 의미하는 5점 척도가 사용되었다. 형용사 짝으로 칸다 외 3인(Kanda, T., Ishiguro, H., & Ishida, T., 2001)이 '로봇의 응시(eye gaze)에 따른 피험자의 주관적 인상'을 평가하는데 사용한 네 가지 요인인 '친밀감(familiarity), 즐거움(enjoyment), 활동력(activity), 수행도(performance)' 중 친밀감과 즐거움을 사용하고 활동력과 수행도를 제외하였다.

친밀감 요인은 칸다의 11개 항목으로 구성된다: 친절한(kind), 마음에 드는(favorable), 친구 같은(friendly), 안전한(safe), 따뜻한(warm), 예쁜(pretty), 편한(frunk), 결단력 있는(distinct), 가까이하기 쉬운(accessible), 밝은(light), 배려하는(altruistic). 이 항목들은 '로봇에 대한 인상' 평가에 사용되었다. 즐거움 요인은 칸다의 5개 항목으로 구성된다: 재미있는(exciting), 기쁜(pleasant), 좋아하는(likable), 흥미로운(interesting), 좋은(good) (본 설문에서 '좋아하는'은 '싫어하는(unlikable)'에 대한 상대 개념으로, '좋은'은 '나쁜(bad)'에 대한 상대 개념으로 사용되었다). 이 항목들은 '로봇과의 인터랙션에 대한 인상' 평가에 사용되었다.

본 실험에서 사용한 로봇 플랫폼은 디스플레이의 표정과 음성을 통한 인터랙션만을 제공하고 이동성을 통한 인터랙션은 제공하지 않기 때문에 '활동력'에 대한 요인이 제외되었다. 또한 본 실험에서는 사용자의 자극에 대한 로봇의 반응을 평가하는 것이 아니라, 로봇의 자극에 대한 사용자의 반응을 평가하는 것이므로 로봇의 수행도를 평가하는 항목인 '수행도'는 설문 항목에서 제외되었다.

(2) 선호도

두 번째 종속 변인인 선호도는 다른 수학학습법과의 비교에 대한 설문지와 인터뷰를 통해 측정하였다. 다른 수학학습법과의 비교에 대한 설문지는 문서 기반 설문지로, 5점 척도가 사용되었다. 다른 수학학습법과의 비교는 세 가지 다른 학습법(선생님, 컴퓨터, 학습지)에 대한 상대 비교 문제를 통해 측정되었다.

인터뷰를 통한 선호도 측정은 로봇에 대한 선호 순위 매기기로 측정하였다.

(3) 정성적 분석

종속 변수들과 별개로 정성적 분석은 설문 이후에 진행된 심층 인터뷰(In-depth interview)분석을 통해 정리하였다. 실험 후에 느끼는 로봇에 대한 인상과 로봇의 학습 동기부여 효과에 대하여 느낀 점들을 질문하여 정리하였다. 또한, 관찰지 기록과 비디오 분석을 통해 나타난 실험 중의 특이사항으로 피험자의 특수한 반응이 로봇의 인상과 어떤 관계를 갖는지에 대하여 심층적으로 분석하였다.

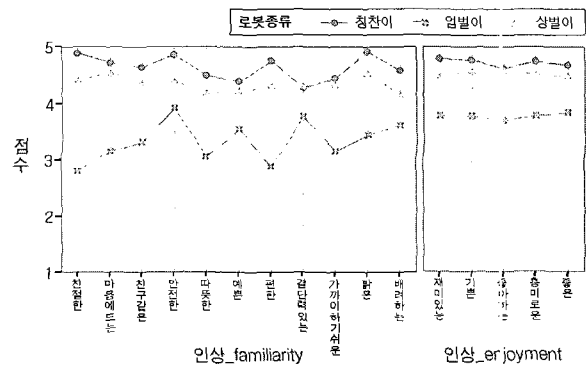
4. 실험결과

4.1. 주관적 인상

가설 1은 피험자의 성적유형에 관계없이 로봇 인상에 대해 로봇유형 별 차이가 있을 것이라는 가설이다. 인상에 대한 로봇유형과 성적유형의 교호작용을 검토해보기 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석 결과 인상에 대한 성적유형의 주 효과는 유의미하지 않고, 로봇유형의 주 효과만이 유의미하다는 결과를 얻게 되어 가설 1이 채택된다.

로봇유형의 주 효과가 유의미하기 때문에 로봇 인상에 대해 일원 분산분석을 수행하였다.

로봇 인상에 대한 설문은 로봇 자체의 인상에 대해 묻는 친밀감 요인과 로봇과의 인터랙션에 대한 로봇 인상을 묻는 즐거움 요인으로 나누어 실시되었다. 친밀감 요인에 대해서 '예쁜, 배려하는'은 $p < 0.05$ 의 범위로, '결단력 있는'은 $p < 0.10$ 의 범위로, 그리고 나머지 8 항목은 $p=0.000$ 의 범위로 로봇유형 별 유의미한 차이를 보였다. 친밀감 요인 중 '결단력 있는'을 제외한 모든 항목에서 칭찬이-상별이-엄벌이의 순으로 긍정적인 인상을 나타냈다[그림 4-1]. 또한, 즐거움 요인에 대해서는 '좋은'에서는 $p < 0.05$ 의 범위로, 그리고 '좋은'을 제외한 네 가지 항목에서는 $p = 0.000$ 의 범위로 로봇유형 별 유의미한 차이를 보였다. 즐거움 요인에 포함된 모든 항목에서 칭찬이-상별이-엄벌이의 순으로 긍정적인 인상을 나타냈다[그림 4-1]. 본 분석 결과는 격려와 상의 정적 강화 자극을 제공하는 로봇이 보다 긍정적인 인상을 나타내며, 재촉과 벌의 부적 강화 자극을 제공하는 로봇이 보다 부정적인 인상을 나타낸다는 가설 1을 검증한다.



[그림 4-1] 로봇유형에 따른 주관적 인상

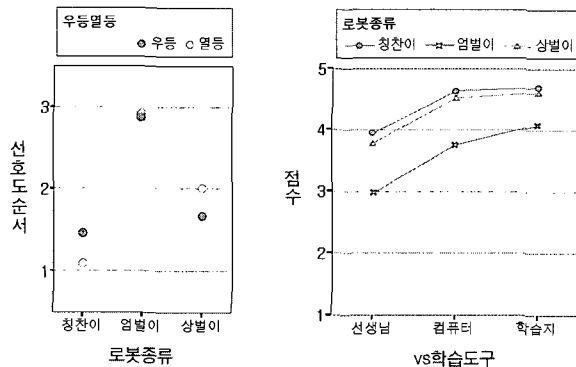
4.2. 선호 순위

가설 2는 로봇 선호도에 대한 것으로 우등 피험자는 상별이 로봇을, 열등 피험자는 칭찬이 로봇을 선호한다는 가설이다. 크루스칼-월리스 검정(Kruskal-Wallis Test)을 통해 비모수 검증을 한 결과

세 가지 로봇 종류별 선호도 순위의 차이는 유의($p=0.000$)한 것으로 나타났다. 순위의 평균값은 1.33(칭찬이) >1.78 (상별이) >2.89 (엄벌이)로 나타났다. 칭찬이와 상별이는 순위에서 크게 차이가 나지 않았지만, 엄벌이는 확연한 차이를 보이며 대부분이 3순위로 선택했음을 알 수 있다.

로봇 별 성적유형에 대한 비모수 값의 차이검증의 결과 칭찬이($p=0.043$)와 상별이($p=0.087$)의 우등, 열등에 대한 선호도 순서 차이는 유의하고, 엄벌이의 우등, 열등에 대한 선호도 순서 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 각각의 로봇 별로 우등, 열등에 대한 선호도 순위의 평균은 칭찬이의 경우 1.08(열등) >1.46 (우등), 상별이의 경우 1.67(우등) >2.00 (열등)으로 나타났다[그림 4-2]. 우등, 열등 모두 좋아하는 순서는 칭찬이-상별이-엄벌이 순서로 같았지만, 열등이 우등에 비해 칭찬이를 더 선호하고 우등이 열등에 비해 상별이를 더 선호하는 것으로 나타났다. 실험 후의 인터뷰 내용을 참고하면 이는 평소에 칭찬을 많이 받지 못한 열등 학생들이 칭찬을 받는 것에 대해 더 우호적인 입장을 가지고 있고, 우등의 경우는 상과 벌이 모두 제공되어야 더 효과적인 학습이 된다고 생각하고 있었음을 알 수 있었다.

성적유형에 따른 선호도 순위 차이에 대한 분석 결과는 우등, 열등 모두 칭찬이-상별이-엄벌이의 순서로 선호도를 보여 가설 2를 부분적으로만 지지한다.



[그림 4-2] 로봇유형에 따른 다른 학습법 대비 선호도 비교(좌) / 로봇유형에 따른 성적유형 별 선호도 순서 비교(우)

4.3. 다른 학습법과의 비교

가설 3은 다른 수학학습법과 비교 시 로봇유형별 선호도에서 우등은 상별이 로봇을, 열등은 칭찬이 로봇을 선호할 것이고, 토큰 강화를 적용한 로봇이 선생님을 제외한 다른 수학학습법보다 선호될 것이라는 가설이다. 로봇과 다른 수학학습법과의 비교를 위해 일원 분산분석을 수행하였다. 분석 결과 다른 수학학습법과의 비교를 통한 로봇유형별 차이가 유의미했다

(로봇vs.선생님: $F=7.141$, $p=0.001$, 로봇vs.컴퓨터: $F=7.915$, $p=0.001$, 로봇vs.학습지: $F=4.372$, $p=0.015$). 즉, 우등, 열등 모두 칭찬이-상별이-엄벌이의 순서로 선호도를 보여 가설 3을 부분적으로만 지지하고, 가설 2로부터 얻어진 선호도 결과와 일치한다.

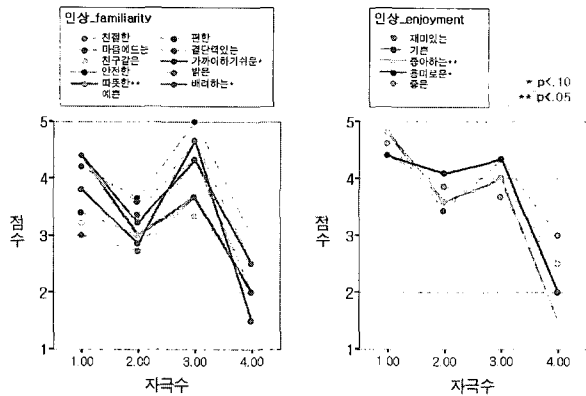
또한 로봇유형에 따른 다른 수학학습법 대비 선호도에서 상대적인 차이를 나타냈다. 칭찬이 로봇과 상별이 로봇에서는 로봇-선생님-컴퓨터-학습지의 순서로, 엄벌이 로봇에서는 선생님-로봇-컴퓨터-학습지의 순서로 선호도를 보였다[그림 4-2]. 한정혜 외 3인 (Han, J., Jo, M., Park, S., & Kim, S., 2005)의 연구 결과에서 알 수 있듯이 칭찬이 로봇과 상별이 로봇에서 선생님보다 로봇을 보다 선호한 결과는 새로운 매체 또는 제품을 처음 접했을 때에만 관심을 보이고 곧 흥미를 잃게 되는 신기효과(novelty effect)의 영향이라 추정된다.

가설 3에 대한 분석 결과를 요약해보면, 첫째, 다른 수학학습법과의 비교에 따른 로봇유형별 선호도가 칭찬이-상별이-엄벌이의 순서로 나타났으며, 이는 가설 2의 선호도 결과와 일치한다. 둘째, 토큰 강화가 적용된 로봇이 신기효과를 감안했을 때 선생님보다는 선호도가 낮으나 컴퓨터나 학습지 보다는 선호됨을 알 수 있으며, 이는 다른 학습법과의 비교에 대한 가설 3을 지지한다. 가설 3의 검증을 통해 로봇의 교사 보조로서의 역할에 대한 필요성을 검증할 수 있었고, 선호도 평균이 가장 낮은 학습지를 대체 또는 보완하는 교사 보조로서의 로봇 시장 킬러 어플리케이션에 대한 가능성을 점검해 볼 수 있다.

4.4. 자극수에 따른 로봇의 인상

가설 4는 자극수와 인상 간의 상관관계에 관한 것으로, 본 가설을 검증하기 위해 피험자가 격려와 상의 자극을 제공하는 칭찬이 로봇과 재촉과 벌의 자극을 제공하는 엄벌이 로봇에서 각각 받은 총 자극수와 인상 간의 회귀분석을 실행하였다. 분석 결과 격려와 상 자극수 증가에 따른 긍정적 인상 증가는 기각되었고, 우등 피험자에서 재촉과 벌 자극수 증가에 따른 긍정적 인상 감소는 채택되었다. 즉, 엄벌이 로봇의 경우 전반적으로 자극수가 누적될수록 인상이 나빠지는 흐름을 관찰할 수 있었고, 자극수에 따른 인상점수가 자극 2번의 단위로 떨어지는 경향을 보였다[그림 4-3]. 엄벌이 로봇은 재촉-벌(하트스티커 뺏기)의 반복으로 자극이 이루어져 있어 2번의 자극마다 하트스티커를 빼앗게 된다. 2번 단위에서 하트스티커를 빼앗기고 실험이 끝난 학생들이 1번 단위에서 재촉을 받고 끝난 학생들에 비해 보다 높은 부정적 인상을

가졌다고 볼 수 있다.



[그림 4-3] 업벌이 로봇유형에 대한 우등 학생들의 자극수에 따른 주관적 인상 점수

5. 결론 및 추후연구

5.1. 결론

본 연구에서는 행동주의 학습이론 중 강화 이론을 로봇 인터랙션 디자인에 적용하였다. 이를 위해 토근 강화 체계에 기초한 정적 강화와 부적 강화의 자극을 제공하는 로봇 인터랙션을 디자인하였다. 또한, 로봇 유형과 피험자의 성격유형에 따른 로봇에 대한 인상, 선호도, 다른 학습법 대비 선호도, 자극수와 로봇 인상간의 상관관계를 알아보기 위한 실험을 실시하였다.

실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 로봇유형에 따라 로봇에 대한 인상이 유의미한 차이를 보였다. 칭찬이-상벌이-업벌이 순으로 긍정적인 인상이 높게 나타났다.

둘째, 로봇유형에 대한 선호도 순서 차이 분석에서 우등, 열등 모두 칭찬이-상벌이-업벌이 순으로 선호도를 보였으나, 우등이 열등에 비해 상벌이 로봇을 선호하고 열등이 우등에 비해 칭찬이 로봇을 선호했다. 우등 학생의 경우 정적 강화와 부적 강화를 모두 제공하는 로봇이 학습 효과에 보다 도움을 줄 것이라고 생각하는 반면, 평소에 칭찬을 많이 받지 못한 열등 학생의 경우 정적 강화를 제공하는 로봇을 보다 선호하는 것으로 해석된다.

셋째, 로봇유형별 다른 수학학습법과의 비교에서 칭찬이-상벌이-업벌이 순의 선호도를 나타냈으며, 칭찬이, 상벌이 로봇에서는 로봇-선생님-컴퓨터-학습지의 순으로, 업벌이 로봇에서는 선생님-로봇-컴퓨터-학습지의 순으로 높은 선호도를 보였다. 칭찬이, 상벌이 로봇에서 신기효과를 고려한다면, 로봇을 선생님보다는 선호하지 않으나 다른 수학학습법 보다는 선호한

다는 결론을 얻게 되어 로봇의 교사 보조로서의 역할을 검증할 수 있다. 또한 학습지의 낮은 선호도를 보완 대체하는 로봇 시장을 점검할 수 있었다.

넷째, 우등 학생에서 업벌이 로봇의 자극수와 인상 간에 부적상관계가 관찰되었다. 우등 학생의 경우 업벌이 로봇에서 자극수가 증가할수록 긍정적인 인상이 감소했으며, 2회의 간격으로 인상에 대한 값이 보다 떨어짐을 관찰할 수 있었다. 이는 재촉-별로 구성된 업벌이 로봇의 자극에서 학생들이 재촉에 대한 자극보다 벌에 대한 자극에 부정적인 인상을 많이 받게 됨을 알 수 있다.

본 연구를 통해 교사 보조 로봇의 필요성을 비롯해 강화 유형에 따라 교사보조 로봇의 인상 및 선호도가 달라짐을 검증할 수 있었다.

5.2. 추후 연구

추후 연구로 자극 빈도수 조절을 통해 성격유형에 따른 선호하는 자극 빈도수를 찾는 연구, 사회나 미술 등 다른 과목에의 적용에 대한 연구, 토근 강화 시스템이 적용된 교사 보조 로봇의 필드 적용을 통해 다 대 일 대응의 인간-로봇 인터랙션에 따른 연구 등이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- 곽소나, 이동규, 이민구, 김명석, 한정혜. (2006). 강화 이론에 근거한 교사 보조 로봇 인터랙션 디자인: 수행도와 반응을 측정을 중심으로. *로봇공학회논문지*, 1(2), 142-150.
- 김언주, 구광현. (2003). *신교육심리학*. 서울: 문음사.
- 유천근. (1969). *칭찬과 질책이 우수아와 열등아의 학습에 미치는 효과*. 서울대학교 미간행 석사학위 논문.
- 최문수. (2005, 12. 07). *도쿄2005 국제로봇전을 보고...로봇 "못하는게 없어요"*. 서울경제.
- Allen, K. E., Hart, B., Buell, J. S., Harris, F. R., & Wolf, M. M. (1964, 06). Effects of social reinforcement on isolate behavior of a nursery school child. *Child Development*, 35(2), 511-518.
- Cavallo, D., Sipitakiat, A., Basu, A., Bryant, B., Welti-Santos, L., Maloney, J., et al. (2004, 06). RoBallet: exploring learning through expression in the arts through constructing in a technologically immersive environment. *In Proceedings from International Conference of the Learning Sciences, California, USA*, 105-112.

- Cooper, M. et al. (1999, 11). Robots in the classroom—tools for accessible education. *Proceedings of AAATE Conference 1999, The 5th European Conference for the Advancement of Assistive Technology, IOS Press, 448-452.*
- Decuir, J. D., Kozuki, T., Matsuda, V. & Piazza, J. (2004, 04). A friendly face in robotics: Sony's AIBO entertainment robot as an educational tool. *ACM Computers in Entertainment, 2(2), 1-4.*
- Fagin, B. S. & Merkle, L. (2002, 12). Quantitative analysis of the effects of robots on introductory computer science education. *ACM Journal of Educational Resources in Computing, 2(4), 1-18.*
- Goetz, J., Kiesler, S., & Powers, A. (2003, 10.31-11.02). Matching robot appearance and behavior to tasks to improve human-robot cooperation. *Proceedings of the 12th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN 2003), Milbrae, CA, 55-60.*
- Han, J., Jo, M., Park, S., & Kim, S. (2005). The educational use of home robots for children. *Proceedings of the 14th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN 2005), 378-383.*
- Han, J. & Kim, D. (2006, 01). Field trial on robots as teaching assistants and peer tutors for children. *Proceeding of Asia Pacific International Symposium on Information Technology, KIPS.*
- Han, J., Lee, J., & Cho, Y. (2005). Evolutionary role model and basic emotions of service robots originated from computers. *Proceedings of the 14th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN 2005).*
- Imberman, S. P. (2004, 09). An intelligent agent approach for teaching neural networks using LEGO handy board robots. *ACM Journal on Educational Resources in Computing, 4(3).*
- Ito, T. (2001). *How Children Perceive Robots*. NEC Personal Robot Research Center. (retrieved in June, 2006). available from http://www.incx.nec.co.jp/robot/english/robotcenter_e.html
- Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., & Ishiguro, H. (2004). Interactive robots as social partners and peer tutors for children: a field trial. *Human Computer Interaction (Special issues on human-robot interaction), 19(1-2), 61-84.*
- Kanda, T. & Ishiguro, H. (2004). Reading human relationships from their interaction with an interactive humanoid robot. *International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems (IEA/AIE).*
- Kanda, T., Ishiguro, H., & Ishida, T. (2001). Psychological analysis on human-robot interaction. *IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA 2001), 4166-4173.*
- Kumar, A. N. (2004, 09). Three years of using robots in an artificial intelligence course - lessons learned. *ACM Journal on Educational Resources in Computing, 4(3).*
- Mindstorm. (retrieved in June, 2006). available from <http://www.legomindstorms.com/>
- Osada, J. (2005). The development of childcare robot PaPeRo. *Proceedings of Robot Design Forum, 29-36.*
- RB5X. (retrieved in June, 2006). available from <http://www.edurobot.com/>
- Skinner, B. F. (1971). *Beyond freedom and dignity*. New York:Alfred A. Knopf.
- Wizard of Oz. (retrieved in November, 2006). available from <http://www.usabilitynet.org/tools/wizard.htm>
- Woods, S., Dautenhahn, K., & Schulz, J. (2004). The design space of robots: investigating children's views. *Proceedings of the 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN 2004), Kurashiki, Japan.*
- Woods, S., Dautenhahn, K., & Schultz, J. (2005, 04). Child and adults' perspectives on robot appearance. *Proceedings of the AISB'05 Symposium Robot Companions: Hard Problems and Open Challenges in Robot-Human Interaction, UK, 126-132.*
- Xin, J. F. (1999). Computer-assisted cooperative learning in integrated classrooms for students with and without disabilities. *Information Technology in Childhood Education, 1(1), 61-78.*
- Xin, J. F. (2001). Video-assisted vocabulary instruction for elementary school students with learning disabilities. *Information Technology in Childhood Education Annual, 87-103.*