

시각적 학습 선호도에 따른 정화상 CAI와 애니메이션 CAI의 효과 비교

차정호[†] · 김경순^{††} · 노태희^{†††}

요 약

본 연구에서는 학습자의 시각적 학습 선호도에 따른 정화상을 이용한 CAI와 애니메이션을 이용한 CAI의 효과를 학습자의 개념 이해도, 개념 응용력, 학습 동기의 측면에서 비교하였다. 서울시에 소재한 중학교에서 1학년 59명을 대상으로 분자의 운동에 대하여 4차시 동안 수업을 진행하였다. 이원 공변량 분석 결과, 학습자의 시각적 학습 선호도와 관계없이 애니메이션을 이용한 CAI 집단이 정화상을 이용한 CAI 집단 보다 개념 검사 점수가 유의미하게 높았다. 그러나 개념 응용력 검사와 학습 동기 검사 결과는 두 집단 간에 차이가 없었다.

키워드 : 컴퓨터 보조수업, 정화상, 애니메이션, 시각적 학습 선호도, 개념검사, 학습동기

A Comparison of the effects of Static Graphic and Animation in CAI by visual learning preference

Cha, Jeongho[†] · Kim, Kyungsun^{††} · Noh, Taehee^{†††}

ABSTRACT

This study investigated the effect of visual learning preference levels in computer assisted instruction (CAI) using static graphics and animations on students' conceptual understandings, application abilities and learning motivations. Fifty-nine seventh graders were selected from a middle school in seoul, and they were taught about the motion of molecule for 4 class hours. Two-way ANCOVA results revealed that the scores of the conception test of the animations group, regardless of student's visual learning preference levels, were significantly higher than those of the static graphics group. However, there were no differences between the two groups in the scores of application test and learning motivation test.

Keywords : Computer assisted instruction, static, animation, visual learning preference, conception test, learning motivation

1. 서 론

정보의 생성과 저장, 전달에 없어서는 안 될

중요한 매체인 컴퓨터는 효과적인 교수·학습을 위한 멀티미디어 교수 자료의 제작에 활발하게 이용되고 있다[14][15]. 특히, 컴퓨터 그래픽을 이용한 정화상, 동영상, 애니메이션 등은 교육 자료를 구성하는 중요한 요소들으로써[17], 이들의 교수 효과를 조사하는 연구들이 다양하게 시도되어 왔

† 정 회 원: 서울대학교 화학교육과 시간강사
†† 준 회 원: 서울대학교 화학교육과 박사과정
††† 준 회 원: 서울대학교 화학교육과 교수(교신저자)
논문접수: 2004년 6월 26일, 심사완료: 2004년 7월 13일

다. 초기의 연구들은 주로 정적인 그래픽 자료에 관한 연구에 집중되었으나[11], 점차 그래픽 프로그램이나 저작 도구의 발전으로 최근에는 애니메이션과 같은 동적인 그래픽 자료의 교수 효과에 대한 연구들도 이루어지고 있다[1][8][17].

정적인 그래픽과 달리 애니메이션은 물체의 움직임을 나타내는 모션(motion)과 그 움직임을 행로인 궤적(trajjectory)이라는 두 가지 속성을 지니고 있다[15]. 이러한 애니메이션의 특성은 학습과제가 지니는 추상적인 요소와 학습자의 구체적인 경험 사이를 연결해 주는 다리 역할을 한다[3]. 그러므로 과학 교과와 같이 거시적·미시적 수준에서 사물이나 현상의 시간에 따른 변화를 강조하고, 추상성이 높은 개념들을 다루는 경우[3][6], 애니메이션이 적절한 교수 도구가 될 수 있다.

선행 연구에 따르면, 애니메이션은 학생들이 원리와 법칙에 관한 정보를 해석하고 기억하는 것을 돕기 때문에 정적인 그래픽 보다 더 효과적이라고 한다[15][16]. 한편, 애니메이션과 같은 동적인 시각 자료가 정적인 그래픽 자료의 교수 효과와 별 차이가 없다는 주장들도 보고 되고 있다[3][13]. 이와 같이 시각 자료들의 교수 효과가 일관적인 결과를 보이지 않는 것은 학습할 정보의 내용이나 시각 매체의 종류뿐만 아니라, 학습자의 개별적인 특성 등이 영향을 미치기 때문이다[6][13][17]. 그러나 정화상, 동영상, 애니메이션과 같은 시각 자료들의 교수 효과뿐만 아니라 여러 요인들의 영향을 검증할 만한 실험 연구들이 충분하지가 않다[6][17].

특히, 학습 양식(learning style)과 같은 학습자의 개별적인 특성은 다양한 시각 자료를 통한 학습의 성공 여부를 결정하는 가장 핵심적인 요소라고 할 수 있다. 이 중에서도 시각적 학습 선호도는 학습자들이 시공간적인 정보를 처리할 때 겪는 어려움의 정도와 관련이 있는 것으로 보고되었다[6]. 따라서 시각적 학습 선호 수준이 다른 학습자들을 위한 교수-학습 자료의 적절한 선택과 활용이 중요하다[5][17]. 이에 본 연구에서는 중학교 1학년 과학 과목의 '분자 운동'에 대한 학습에서 정화상 및 애니메이션을 이용한 CAI의 효과를 학습자의 시각적 학습 선호도에 따라 알

아보고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상

본 연구는 서울시에 소재한 남자 중학교 1학년 59명을 대상으로 실시하였다. 중간고사 과학 성적 평균이 유사한 두 학급을 선정 후, 정화상을 이용한 CAI 집단(정화상 CAI)과 애니메이션을 이용한 CAI 집단(애니메이션 CAI)으로 무선 배치하였다. 또한, 시각적 학습 선호도 검사의 평균 점수에 기초하여 평균 점수 이상은 상위로 평균 점수 미만은 하위로 구분하였다(표 1).

<표 1> 연구 대상

시각적 학습 선호 수준	정화상 CAI	애니메이션 CAI
상위	14	15
하위	16	14
계	30	29

2.2. 연구 절차

사전 검사로는 시각적 학습 선호도 검사와 수업 후 학생들의 학습 동기 향상 정도를 조사하기 위해 사전 학습 동기를 조사 하였다. 대상 단원은 눈에 보이지 않는 미시적인 입자 수준의 분자 운동에 대한 개념 이해를 학습 목표로 하고 있는 중학교 1학년 '분자 운동' 단원으로 선정하였다. 본 수업을 진행하기 전에 학생들이 CAI에 익숙해지도록 컴퓨터 조작과 프로그램 진행 방법에 관한 오리엔테이션을 실시하였다. 또한, 본 수업의 앞단원인 '물질의 세 가지 상태' 단원의 내용으로 1차시 연습 수업을 한 후, '분자 운동' 단원에 대해 총 4차시 동안 CAI 수업을 진행하였다. 정화상 및 애니메이션을 이용하여 학습자들이 분자 수준의 운동과 관련된 개념을 얼마나 이해했는지 조사하기 위하여 개념 이해도 검사 및 개념 응용력 검사를 실시하였고, CAI 프로그램을 통한 학습이 학생들의 동기에 영향을 미쳤는지를 조사하기 위하여 사후 학습동기를 조사하였다.

2.3. CAI 프로그램 및 수업 방법

본 연구에서 사용한 프로그램은 학생들의 개념 학습을 돕기 위해 도입, 탐구 활동, 내용 설명, 적용, 종료 단계로 이루어져 있다. 정화상과 애니메이션을 이용한 두 종류의 프로그램 모두 화면을 구성하고 있는 그래픽 장면과 학습 내용을 설명하는 텍스트는 동일하다.

(1) 도입 단계

프로그램의 도입 단계에서는 학생들의 흥미와 학습 동기를 유발시키기 위해 실생활과 관련된 탐구 문제를 제시하였다(그림 1). 모든 화면의 우측 하단에는 이전 화면, 다음 화면, 다시 보기로 이동할 수 있는 아이콘을 제공하였고, 매 화면마다 장면 번호를 표시하였다.

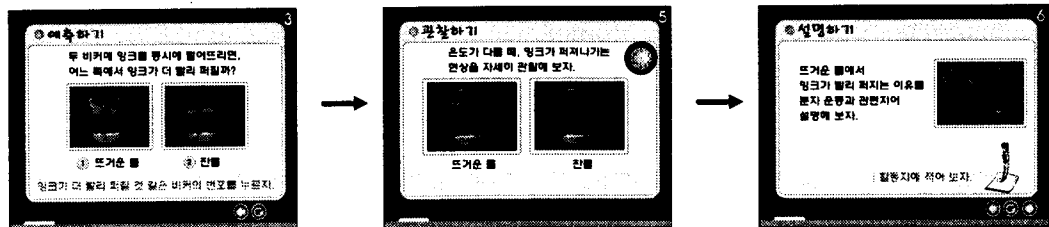


<그림 1> 도입 화면 예시(애니메이션 CAI)

(2) 탐구 활동 단계

탐구 활동 단계는 학생들이 프로그램을 통한 학습 과정에 능동적으로 참여할 수 있도록 하기 위해 예측하기, 관찰하기, 설명하기의 단계를 거치는 POE(prediction-observation-explanation) 활동으로 구성하였다(그림 2).

예측 단계에서는 학생들이 실험 과정을 설명하고 실험 결과에 대한 예측과 그렇게 생각한 이유



<그림 2> POE 활동의 예시(애니메이션 CAI)

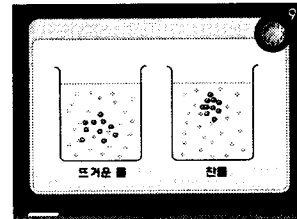
를 활동지에 적어보도록 함으로써, 자신의 생각을 정교화시키도록 하였다.

관찰 단계에서는 전 단계에서 예측한 탐구 실험의 결과를 애니메이션 또는 정화상으로 제시함으로써, 자신이 관찰한 현상을 명료화시킬 수 있도록 하였다.

설명 단계에서는 가능한 한 모든 가능성을 고려하여 관찰한 것과 예측한 것 사이의 모순을 해결하도록 하였다. 학생들이 POE 활동을 충실하게 수행하도록 하기 위해, 비밀 번호를 입력해야만 다음 단계로 이동할 수 있도록 개발하였다.

(3) 내용 설명 단계

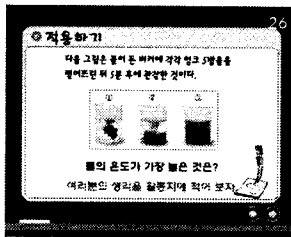
내용 설명 단계는 POE 활동에서 제시된 탐구 실험의 원리를 설명하는 부분이다. 입자 개념에 대한 이해를 돕기 위해 애니메이션 CAI 집단에서는 입자 수준의 애니메이션을, 정화상 CAI 집단에서는 몇 개의 입자 수준의 정화상 화면을 이용하여 구성하였다(그림 3).



<그림 3> 내용 설명 예시(애니메이션 CAI)

(4) 적용 단계

적용 단계에서는 POE 활동과 내용 설명 과정을 통해 학습한 개념을 새로운 상황에 적용해봄으로써 견고화할 수 있는 기회를 제공하기 위해 <그림 4>와 같이 연습 문제를 제시하였다.



<그림 4> 적용 단계 예시(애니메이션 CAI)

(5) 종료

프로그램의 가장 마지막 화면은 학습이 끝났음을 알려주는 화면으로 프로그램을 끝내거나 원하는 부분부터 다시 학습할 수 있도록 아이콘을 제시하였다.

2.4. 수업 방법

두 집단의 수업은 각각 정화상 CAI 프로그램과 애니메이션 CAI 프로그램을 이용하여 학습자들이 개별적으로 활동지를 작성하면서 학습하도록 하였다. 활동지는 CAI 프로그램의 진행 순서에 따라 예측-관찰-설명 의 과정으로 활동 결과를 적고, 내용을 정리하는 문제들로 구성되어 있으며, 처치 기간 동안 4차례의 퀴즈를 실시하였다.

2.5. 검사 도구

개념 이해도 검사는 '기체의 확산', '기체의 압력과 부피 관계', '기체의 온도와 부피 관계'에 관련된 분자 수준의 개념 이해 정도를 측정하기 위해, 선행 연구[12]를 참고하여 4개의 문항을 연구자가 개발하였다. 모든 문항은 입자 수준의 그림을 그리고 그에 대해 설명하는 서술형으로 구성하였다.

개념 응용력 검사는 분자 운동 개념을 다양한 상황에 응용하는 능력을 측정하기 위해, Bloom의 이원 목표 분류에서 적용 영역에 해당하는 문항을 연구자가 개발하였다. 총 8문항의 이 검사지는 주어진 답지 중에서 하나를 선택하고 그 이유를 설명하는 형식으로 구성되어 있다. 개념 이해도 검사와 개념 응용력 검사 모두 내용 전문가 3인과 교사 2인으로부터 안면 타당도를 검증 받았

다.

학습 동기 검사는 주의집중, 관련성, 자신감, 만족감의 네 가지 측면에서 학습자의 학습 동기를 측정하기 위한 도구인 Course Interest Survey[7]를 사용하였다. 총 34문항의 5단계 리커트 척도로 구성된 이 검사의 신뢰도(Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 각각 .88과 .92였다.

시각적 학습 선호도 검사는 Learning Preference Questionnaire[9] 중에서 '시각적 학습 선호도(Visual Learning Preference)' 범주에 해당하는 10문항을 5단계의 리커트 척도로 구성하여 사용하였다. 이 검사지의 신뢰도(Cronbach's α)는 .59로 다소 낮은 것으로 보고되었는데, 이 연구에서의 신뢰도(Cronbach's α)는 .46이었다.

2.6. 분석 방법

개념 검사의 응답을 정량화하기 위해 Noh와 Scharmann[12]의 기준을 이용하여 채점하였다. 각 문항에 2~4개의 목표 개념을 설정하고 학생들의 응답을 '비과학적인 이해', '오개념이 하나 포함된 충분한 이해', '부분적 이해' 및 '과학적 이해'로 분류하여 채점하였다. 개념 응용력 검사는 올바른 답지를 선택하면 1점, 선택한 답지에 대한 설명이 과학적으로 진술되어 있으면 1점으로 하여 각 문항당 2점 만점으로 채점하였다. 개념 이해도 검사와 개념 응용력 검사 모두 채점 과정에서 분석의 신뢰도를 높이기 위해 일부 학생들의 답안지를 무작위로 선정하여 채점하는 과정을 반복하였다. 이 때, 두 명의 분석자간 일치도가 95% 이상임을 확인한 후, 연구자 중 1인이 모든 답안지를 채점하였다.

통계 분석은 수업 처치를 독립 변인으로 하고, 시각적 학습 선호도를 구획 변인으로 하는 2x2 요인 방안에 의한 이원 공변량 분석(two-way ANCOVA)을 실시하였다. 개념 이해도와 개념 응용력 검사 점수는 중간 고사 과학 성적을, 학습 동기 검사 점수는 사전 학습 동기 검사 점수를 공변인으로 사용하였다.

3. 연구 결과 및 논의

3.1. 개념 이해도에 미치는 효과

11점 만점으로 구성된 개념 이해도 검사의 평균과 교정 평균을 <표 2>에, 이원 공변량 분석 결과를 <표 3>에 제시하였다. 시각적 학습 선호 수준이 상위인 경우 애니메이션 CAI 집단의 교정 평균(7.45)이 정확상 CAI 집단(6.20)보다 높았고, 하위에서도 애니메이션 CAI 집단의 교정 평균(8.00)이 정확상 CAI 집단(7.02)보다 높게 나타났다. 통계 분석 결과 시각적 학습 선호 수준에 관계없이 애니메이션 CAI 집단(7.72)과 정확상 CAI 집단(6.64) 사이에 유의미한 차이가 있었다 ($p<.05$).

이러한 결과는 애니메이션 CAI 프로그램이 학생들의 시각적 학습 선호 수준에 관계없이 정확상 CAI 프로그램보다 개념 학습에 효과적이었음을 의미한다. ‘분자 운동’ 단원은 거시적인 물질과 자연 현상을 미시적인 관점에서 분자의 배열과 운동으로 설명하는 내용으로 이루어져 있다. 이를 위해 정확상은 미시적인 수준의 그래픽을 보여줄 수는 있으나 정적인 상태만을 보여 주므로 동적인 본성을 표현하는 데에는 한계가 있다 [16]. 그러나 애니메이션의 역동성은 물질의 시공

간적 변화와 움직임의 인과 관계에 대한 적절한 표현과 안내를 제공함으로써 정확상에 비해 효과적인 것으로 보인다[3][5][16].

한편, 선행 연구에 따르면 시각적 학습을 선호하지 않는 학생들의 경우는 애니메이션이 학습을 방해하는 요소가 될 수 있다고 한다. 즉, 학습자의 시각적 학습 선호도와 같은 개별적인 특성에 따라 시각적 정보처리에 필요한 정신적인 노력이 다르며, 이로 인해 시각적 자료를 통한 학습결과도 달라질 수 있다고 한다[6]. 그러나 선행 연구와 마찬가지로 개념 학습에서 수업 처치와 학습자의 시각적 학습 선호도 간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

3.2. 개념 응용력에 미치는 효과

개념 응용력 검사의 평균과 교정 평균은 <표 4>와 같다. 16점 만점의 개념 응용력 검사 점수는 애니메이션 CAI 집단의 교정 평균(12.89)이 정확상 CAI 집단의 교정 평균(12.44)보다 조금 높았으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다($MS=2.38, F=.43, p=.514$). 수업 처치와 시각적 학습 선호도와의 상호작용 효과도 없었다 ($MS=4.45, F=.81, p=.373$).

<표 2> 개념 이해도 검사의 평균, 표준편차, 교정 평균

시각적 학습 선호 수준	정확상 CAI		애니메이션 CAI	
	평균 (표준편차)	교정 평균	평균 (표준편차)	교정 평균
상 위	6.29(2.23)	6.20	7.47(1.06)	7.45
하 위	7.00(2.10)	7.02	7.93(1.82)	8.00
계	6.67(2.16)	6.64	7.69(1.90)	7.72

<표 3> 개념 이해도 검사의 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
수업 처치	18.26	1	18.26	7.22	.010*
수준	6.81	1	6.81	2.69	.107
수업 처치×수준	.26	1	.26	.10	.748

* $p<.05$

분자 운동과 관련된 입자 수준의 개념 이해는 애니메이션 CAI가 정화상 CAI보다 효과적이었지만, 개념 응용력에 대해서는 차이가 나타나지 않았다. 개념 응용력은 학습자들이 학습한 개념을 능동적으로 변화시켜 새로운 상황과 문제에 적용시키는 능력으로 충분한 시간과 경험이 필요하다[4]. 즉, 학생들이 새로운 개념을 자신의 인지구조에 통합하고 일관적으로 사용하는 응용력을 기르기 위해 좀 더 많은 개념 적용의 기회를 제공할 필요가 있다[2].

3.3. 학습 동기에 미치는 효과

5단계 리커트 척도로 구성된 학습 동기 검사의 평균과 교정 평균은 <표 5>와 같다. 정화상 CAI와 애니메이션 CAI 집단간에 학습 동기 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 없었는데($MS=.44$, $F=3.02$, $p=.088$), 이러한 결과는 선행 연구 결과와 유사하다[14]. 그러나 두 집단 모두 동기 점수가 3점 이상인 것으로 볼 때, CAI가 학생들의 학습 동기에 긍정적인 영향을 주고 있는 것으로 볼 수 있다[2][6][14]. 한편, 정화상 CAI 집단의 학습 동기 교정 평균(3.69)이 애니메이션 CAI 집단의 교

정 평균(3.51)보다 다소 높게 나타났다. 이는 정화상이 애니메이션보다 학습 진행이 빠르고 학습 시간이 짧기 때문에 학습자들의 정신적인 노력이 덜 요구되므로 보다 쉽게 여긴 것으로 생각된다[6][10][17]. 또한, 시각적 학습 선호 수준이 낮은 학생들은 시각적 정보 처리에 더 어려움을 겪을 수 있다[6]고 제안되었으나 수업 처치와의 상호작용 효과는 없었다($MS=.02$, $F=.11$, $p=.737$).

4. 결 론

본 연구에서는 중학교 1학년 과학 교과의 '분자 운동'에 대한 학습에서 정화상과 애니메이션을 이용한 CAI의 효과를 학습자의 시각적 학습 선호도에 따라 개념 이해도, 개념 응용력, 학습 동기의 측면에서 조사하였다.

연구 결과, 애니메이션 CAI는 학습자의 시각적 학습 선호도에 관계없이 정화상 CAI보다 분자 운동에 관한 개념 이해를 증진시키는데 효과적이었다. 즉, 애니메이션은 보이지 않는 미시의 물질 세계를 시각화시켜줄 뿐만 아니라, 구체화시켜준다. 또한, 개념의 추상적인 수준을 감소시켜주므로 물질의 입자적 특성에 관한 학생들의 개념 이

<표 4> 개념 응용력 검사의 평균, 표준편차, 교정 평균

시각적 학습 선호 수준	정화상 CAI		애니메이션 CAI	
	평균 (표준편차)	교정 평균	평균 (표준편차)	교정 평균
상 위	12.86(2.88)	12.69	13.67(2.19)	13.64
하 위	12.19(2.95)	12.23	11.93(4.20)	12.09
계	12.50(2.89)	12.44	12.83(3.37)	12.89

<표 5> 학습 동기 검사의 평균, 표준편차, 교정 평균

시각적 학습 선호 수준	정화상 CAI		애니메이션 CAI	
	평균 (표준편차)	교정 평균	평균 (표준편차)	교정 평균
상 위	3.90(0.40)	3.70	3.63(0.56)	3.55
하 위	3.57(0.50)	3.70	3.31(0.47)	3.48
계	3.72(0.48)	3.69	3.48(0.54)	3.51

해에 도움을 준 것으로 보인다. 따라서 학습자의 개념 이해를 향상시킬 수 있는 다양한 시각자료의 교수 효과에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 한다. 그러나 학습한 개념을 새로운 상황에 적용시키는 개념 응용력에서는 시각적 학습 선호도에 관계없이 통계적으로 유의미한 효과가 없었으므로, 이를 향상시킬 수 있는 방안에 대한 추후 연구가 필요하다.

또한, 애니메이션이 정의적인 측면에서도 긍정적인 효과를 미칠 것이라고 기대하였으나 정화상 CAI와 애니메이션 CAI간에 유의미한 차이가 나타나지 않았고, 시각적 학습 선호 수준에 따른 상호작용 효과도 없었다. 그러나 학습자의 시각적 학습 선호 수준은 학생들이 시각적 정보를 처리하는데 필요한 정신적인 노력의 정도에 영향을 미친다[6]. 따라서 정화상이나 애니메이션과 같은 시각적 자료의 활용이 학습자의 정의적인 측면에 미치는 영향에 대한 심도 깊은 연구가 이루어져야 함을 보여 준다.

이 연구에서는 개별 학습자의 특성 중에서 시각적 학습 선호도에 따른 효과만 조사하였으나, 학습자의 다양한 학습 양식과 인지 양식(cognitive style)에 대해서도 알아볼 필요가 있다. 또한, 시공간적 정보처리 능력과 관련된 공간 지각 능력(spatial ability), 심상 수준(mental imagery levels) 등에 관한 연구도 진행되어야 한다[3]. 뿐만 아니라, 음향 효과와 2차원·3차원의 그래픽 등이 교수 효과에 미치는 영향에 대해서도 지속적인 관심을 가질 필요가 있다[5]. 이러한 연구들로부터 교과 내용과 학습자의 개별 특성에 따른 적절한 시각 자료의 선택과 효과적인 교수·학습 자료의 개발 방향을 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

[1] 노태희·차정호·김창민(1999). 고등학교 화학 수업에서 입자 수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 컴퓨터 보조 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 19(1), pp. 128-136.
 [2] 노태희·차정호·박혜영·김경은(2002). 협동적 CAI에서 소집단 구성 방법의 효과. 한

국과학교육학회지, 22(3), pp. 508-516.
 [3] 이수경(1998). 애니메이션과 인지양식이 과학적 이해와 과제에 미치는 영향. 교육공학연구, 14(2), pp. 69-102.
 [4] 조희형·박승재(1999). 과학 교수-학습. 교육과학사: 서울.
 [5] Baek, Y. K. & Layne, B. H.(1988). Color, graphics, and animation in a computer-assisted learning tutorial lesson. *Journal of Computer-Based Instruction*, 15(4), pp. 131-135.
 [6] ChanLin, L. & Chan, K.(1996). Computer graphics and metaphorical elaboration for learning science concepts. The Annual Meeting of the Association for Editorial Communication and Technology, Indianapolis, IN.
 [7] Keller, J. M.(1987). Development and use of the ARCS model of motivational design. *Journal of Instructional development*, 10(3), pp. 2-10.
 [8] Kini, A. S.(1994). Effects of cognitive style and verbal and visual presentation modes on concept learning in CBI. The Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
 [9] Kirby, J. R., Moore, P. J., & Schofield, N. J.(1988). Verbal and visual learning style. *Contemporary Educational Psychology*, 13(2), pp. 169-184.
 [10] Koroghlanian, C. & Klein, J. D.(2000). The use of audio and animation in computer based instruction. The annual proceedings of selected research and development papers presented at the national convention of the association for educational communications and technology, Denver, CO.
 [11] Mayer, R. E. & Anderson, R. B.(1992). The instructive animation: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), pp. 444-452.

- [12] Noh, T. & Scharmann, L. C.(1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), pp. 199-217.
- [13] Park, O. C. & Hopkins, R.(1993). Instructional conditions for using visual displays: A review. *Instructional Science*, 21, pp. 427-449.
- [14] Poohkay, B. & Szabo, M.(1995). Effects of animation & visuals on learning high school mathematics. Paper presented at the Annual Meeting of the Association for Educational Communications and Technology, Anaheim, CA.
- [15] Reiber, L. P.(1990). Effects of animated visuals on incidental learning and motivation. Proceedings of Selected Paper Presentations at the Convention of the Association for Educational Communications and Technology.
- [16] Williamson, V. M. & Abraham, M. R.(1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), pp. 521-534.
- [17] Wilson, F. & Dwyer, F.(2000). Effect of time and level of visual enhancement in facilitating student achievement of different educational objectives. The Annual Proceedings of Selected Research and Development Papers Presented at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology, Denver, CO.

차 정 호



1996 서울대학교
화학교육과(이학사)
1998 서울대학교
과학교육과(교육학 석사)
2003 서울대학교
과학교육과(교육학 박사)
2003~현재 서울대학교 화학교육과 시간강사
관심분야: CAI, WBI, 과학교육
E-Mail: earlyworm@empal.com

김 경 순



1990 서울여자대학교
화학과(이학사)
1995 고려대학교
과학교육과(교육학 석사)
2002~현재 서울대학교
과학교육과 박사과정
관심분야: CAI, WBI, 과학교육
E-Mail: chemstar@chemed4u.net

노 태 희



1985 서울대학교
화학교육과(이학사)
1988 미국 시카고대학교
화학과(이학 석사)
1991 미국 시카고대학교
화학과(이학 박사)
1991~1992 미국 콜롬비아대학교(Postdoctor)
1995 미국 캔사스주립대학(교육학 박사)
1994~현재 서울대학교 화학교육과 교수
관심분야 : 과학교육, 문제 해결, CAI, 협동 학습
E-Mail: nohth@snu.ac.kr