

컴퓨터응용디자인 교과과정에 관한 연구

- 제품디자인의 표현내용을 중심으로 -

A study on the Curriculum of Computer-Aided Design

이 성 남

여주대학 산업디자인학과

(목차)

I. 서론

1. 교과목의 정의와 구성
2. 적용의 대상
3. 적용 기간
4. 교과 과정의 진행 방법과 절차
5. 실습을 위한 컴퓨터 시스템

II. 교과과정의 진행내용

1. 배경학습을 위한 내용과 발표과정

- 1-1. 제품구조에 대한 인식 과정
- 1-2. CG 활용의 현황 인식 과정
- 1-3. 인체와 제품의 관계 인식 과정
- 1-4. 제품이미지 인식 과정

2. 디자인 실전

- 2-1. 제품 컨셉트 설정 과정
- 2-2. 아이디어 스케치 과정
- 2-3. 도면제작 과정
- 2-4. 모델링 과정

1) 3D 모델링의 이해

2) 제품 모델링

2-5. 시뮬레이션 과정 (사례 설명)

1) 안경 디자인

1-1) 디자인 Concept

1-2) 아이디어스케치

1-3) 도면과 모델링

1-4) 렌더링과 시뮬레이션

2) 주전자 디자인을 통한 도면요소의 세부적 내용 평가

2-1) 도면 사례

2-2) 시뮬레이션 사례

3) 가위 디자인을 통한 제품 설명의 방법 평가

3-1) 도면과 모델링 제시

3-2) 렌더링

2-6. 발표(Presentation) 과정

III. 결론

참고문헌

(要約)

컴퓨터를 활용한 커뮤니케이션 기술의 발전은 디자인 환경에서 컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics - 이하는 CG로 명명함)의 활용을 일반화하고 디자인의 표현 한계를 확대하게 되었다. 따라서 다양한 디자인 영역에 적합하게 적용할 수 있는 CG 활용의 기술과 방법은 디자인의 결과와 밀접한 관계가 있으며, 디자이너와 디자인 환경에 대한 경쟁력의 요건이 되고 있다. 특히 학생들의 전문성을 책임져야 하는 대학의 교과과정에서 CG 응용에 관한 내용은 경쟁력 있는 교육적 성과가 더욱 요구되는 것이다. 이러한 의미에서 본 연구는 공업(제품)디자인 학과에 개설된 "컴퓨터 응용 디자인"이란 교과목의 내용을 중심으로 CG 활용 교육에 대한 방법론적인 접근을 한 것이다. 연구의 내용은 제품디자인의 표현내용을 중심으로 편성한 10개의 실습 과정에 대한 개념과 방법, 그리고 이를 실천한 학생들의 결과물을 사례로서 제시하였다. 이 과정에서 학생들이 제품 디자인과 CG 분야의 이해, 그리고 CG 프로그램의 구체적인 기능과 활용의 방법을 배우게 된 것을 성과라고 할 수 있다.

(Abstract)

The development of communication technology applying the computer has generalized the application of Computer Graphics and enlarged the limit of expression in Design environment. Therefore, the technology and the method of CG application, which can be applied in diverse Design areas appropriately, are closely connected with the results of Design, and these are becoming the important matter of the competitiveness for Designer and Design environment. Especially, in the curriculum of university or college having the responsibility for specialities of students, the contents about CG application are being more needed the educational results having the competitiveness. By this meaning, this study presents the methodological approach for the CG applied education concerned with the subject "Computer Aided Design (for Product Design)" which is opened in the Industrial Design Dept. The contents of this study are about the concepts of the 10 steps of design practice and the methods of them which are based on the contents of expression in Product Design. And it presents the results of practice by students as the examples. The result of this study is that students could understand the Product Design and CG, and they could learn the CG programs' functions and the methods for the application.

(Keyword)

Computer Graphics, Product Design, Computer Aided Design,

I. 서 론

80년대 증반을 기점으로 디자인 작업에 CG가 도입된 이래로 그 활용의 범위와 방법이 다각도로 이루어지고 있다. 이러한 변화는 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어의 발전과 함께 실현된 이들의 일반화된 보급의 영향이라고 할 수 있다. 80년대에 있어서의 CG는 특정한 전문분야에 국한된 응용기술이었던 반면, 90년대에 들어서면서 이러한 제한적인 응용의 상황은 급속히 확대되어 분야를 초월하고, 연령을 초월하여, 누구나 사용할 수 있는 일반화된 도구의 개념으로 받아들여지게 되었다. 따라서 이렇듯 일반화된 CG 환경에서 전문가 집단의 CG 활용은 더욱 더 차별화 된 전문성이 요구되어지는 것이다. 오늘날 디자인 분야에 있어서 CG와 컴퓨터 응용기술은 디자인 정보에 대한 표현 도구로서의 의미뿐만 아니라, 이들 정보에 대한 정성적(定性的)/정량적(定量的) 해석과 평가를 통해서 최적화 된 디자인 정보를 추출하는 전문가 시스템으로 활용되기에 이르렀다. 결국 컴퓨터 응용기술의 발전과 더불어 디자인을 위한 지식의 범위가 확대되고, 이들 정보를 처리하는 방법이 통합적이고 시스템 적으로 진보하는 가운데, 디자인 교육의 방법에도 이러한 환경적 변화에 적절히 대응하여 경쟁력 있는 디자이너를 양성할 수 있는 책임 있는 교육의 실천이 요구된다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 이러한 디자인 교육의 당면 과제에 대한 문제인식을 바탕으로 "컴퓨터 응용 디자인"이란 교과목의 효과적인 운영에 대한 방법론적인 접근을 한 것이다. 연구의 내용은 CG를 활용하여 제품디자인을 효과적으로 실천할 수 있는 방법에 관한 것으로서 10개의 과정으로 편성된 교과내용에 대한 개념과 방법을 설명하고, 각 과정에서 학생들이 실천한 실험/실습의 결과를 제시하는 것으로 하였다. 본 교과목을 통해서 실천한 각 과정의 내용과 결과는 교과과정의 내용계획에 대한 방법론적인 접근사례로서의 의미가 있다고 할 수 있다.

1. 교과목의 정의와 구성

본 과정은 "컴퓨터 응용 디자인"이란 선택 교과목으로서(週 1회 3~4시간 16週 과정) 제품디자인에 대한 전공/비전공의 저학년(대학1, 2학년) 학생들을 대상으로 하여, 제품디자인의 기본교육을 위한 이론(1~2시간)과 CG를 활용하여 제품디자인을 실천하는 실습(2~3시간)시간으로 구성하였으며, 이론시간의 내용으로는 제품디자인과 CG 활용의 이해를 돕기 위한 배경학습과 더불어 관련된 사항에 대한 내용을 주제에 따라 개인이나 팀별로 조사하여 발표하도록 하였으며, 실습시간은 특정 CG 프로그램을 이해하고 주어진 과제 (2D/3D 디자인작업)에 대해서 이들의 기능을 활용하여 제작하는 방법으로 하였다.

2. 적용의 대상

제품디자인에 대한 전공/비전공 대학생으로서, "컴퓨터응용디자인"이란 교과목과 "디자인분야"에 관심을 가지고 본 교과목을 신청한 학생들을 대상으로 하였다.

표1) 실험/실습 대상 학생 분포도 (총 253명)

구 분	남 자	여 자	계
전공대학생	100	77	177 (70%)
비전공대학생	60	16	76 (30%)
계	160 (63.2%)	93 (36.8%)	253 (100%)

이상의 실험/실습 대상 학생들의 분포에서 알수 있는 특기할 사항은 제품디자인과에 개설된 특정 교과목에 대한 타 학과 학생들의 관심도가 높다는 것이다. (전공학생 70%, 비 전공학생 30%) 이것은 컴퓨터와 응용 기술인 CG가 특정 전공과 관계없이 일반적인 관심의 대상인 것을 보여주고 있으며, 타 전공 학생들의 디자인 분야에 대한 관심도 또한 높다는 것을 보여주는 것이다.

3. 적용 기간

본 과정은 "컴퓨터 응용 디자인"이란 교과목으로 1997년도의 1학기과 2학기, 두 차례에 걸쳐서 적용하여 실천하였다.

4. 교과과정의 진행 방법과 절차

본 교과 과정은 제품디자인에 대한 지식과 경험이 부족하거나 없는 학생들을 대상으로 하는 만큼 제품디자인에 대한 인식을 새롭게 하고 CG를 활용한 디자인 작업의 체험을 위해서 이론과 실험/실습을 병행하였으며, 다음과 같은 방법과 절차를 기준으로 수업을 진행하였다.¹⁾ 진행의 도입부로서 학생들로 하여금 제품과 제품디자인에 대한 인식을 새롭게 하기 위해서 주변에 존재하는 제품을 관찰하고 분석하도록 하였으며, 제품과 인체의 관계성을 관찰하고 실험함으로써 제작자의 의도와 제품 그리고 사용자와의 관계성을 발견하도록 하였다. 또한 자신의 제품에 독특한 이미지를 부여하는 기준을 마련하기 위해서 특정한 제품군을 선정하여 관찰/분석하는 실습을 통해 이들 제품군의 조형적/구조적/기능적 질서의 기준을 발견하도록 하였다. 학생들 자신의 디자인을 실천하기 위해서는 표현의 대상인 제품의 물리적/기능적 특성을 파악하고, 이들 특성과 CG의 구체적인 표현기술과의 상관성을 확인하도록 하였다. 이렇게 실험/실습을 통해서 체득한 제품디자인에 대한 인식과 CG 기술의 구체적 내용은 본인의 디자인 작업에서 표현하게 되는데, 표현의 전 과정(全過程)은 CG를 통해서만 실천하도록 함으로써 페이퍼리스 디자인(Paperless Design)의 가능성과 CG의 기능 활용에 대한 다양한 실질적 체험을 하도록 하였다.

5. 실습을 위한 컴퓨터 시스템

디자인의 작업내용을 표현하기 위해서 활용된 컴퓨터 시스템은 다음과 같으며, 소프트웨어의 기능과 특징은 작업의 내용과 적용할 시점에 따라서 활용 방법을 소개하고 실습을 통해서 익힐 수 있도록 하였다.

하 드 웨어 : IBM호환기종

소프트웨어 : AutoCAD, 3D Studio/3D Studio MAX,

Corel-Draw, Adobe PhotoShop, 한글 96,

훈민정음

II. 교과과정의 진행 내용

1. 배경학습을 위한 내용과 발표과정

1-1. 제품구조에 대한 인식 과정 (제1주~제2주)

본 과정은 실험/실습의 첫 단계로서, 제품에 대한 조형적/구조적 특징

1) 각 과정의 내용과 접근방법(작업인원 분배(개인 또는 팀) 동등), 그리고 시간의 할당은 교육자의 의도와 목표에 따라서 달라질 수 있으며, 여기에 제시한 내용은 연구자의 교육적 의도와 목표에 따른 사례이다.

을 이해하도록 하는 목적이 있다. 제품디자인을 실천하기 위해서는 먼저, 제품디자인의 실질적 대상인 제품에 대한 이해가 우선 되어야 하며, 다음으로는 디자인의 방법과 내용을 이해해야 하는 것이다. 따라서 이 과정에서 학생들은 제품 디자인에 대한 포괄적인 지식전달과 함께 제품 디자인 분야에 대한 이해의 폭을 넓히고, 또한 실질적인 대상인 제품에 대한 이해를 넓히기 위해서 주변에서 쉽게 접할 수 있는 인쇄 매체 속에서 3종류의 제품의 사진을 선정하여 이들 제품의 특징을 관찰하도록 하였다. 관찰의 기준은 제품의 특징 중 물리적인 가공과 관련된 내용은 동사형(Verb) 언어로 표기하도록 하였으며, 제품의 부분적인 특징이 주는 심리적 효과에 대해서는 형용사형(Adjective)의 언어로 표기하도록 하였다. 즉 제품의 존재는 재료의 물리적 가공에 의한 것이며, 제품의 이미지는 제품의 요소가 주는 심리적 효과의 반영이기 때문에, 모든 제품의 특징은 이들 동사/형용사적인 두 언어로 해석이 가능하기 때문이다. 따라서 각각의 제품 사진에 이들 두 언어적 표현을 동시에 표기하여, 각각의 제품에 나타나는 특징들을 비교 분석함으로써 제작자의 입장에서 제품의 특징을 판단할 수 있는 안목을 갖도록 하였다. 본 실험을 통해서 나타난 사실은, 제품에 대한 개인적인 체험의 정도에 따라서 대상인 제품에 대한 관찰의 양과 질에 차이가 나타난다는 점이다. 제품디자인이란 재료에 대한 디자이너의 의도를 반영하는 행위라고 할 때, 디자이너의 의도란 디자이너가 대상에 대해서 체험한 물리적 성질과 가공의 방법을 부여하는 것이라고 할 수 있다. 따라서 디자이너의 대상에 대한 체험의 정도에 따라서 대상에 대한 가공의 방법과 내용이 달라지게 되고 그에 따른 효과가 결정되게 된다. 이러한 논리를 바탕으로 하여 실시한 본 실험은, 학생들로 하여금 제품의 물리적 특성을 간접적으로 체험하게 하고 자연스럽게 자신의 대상에 대한 이해도(理解度)를 평가할 수 있도록 하였다.

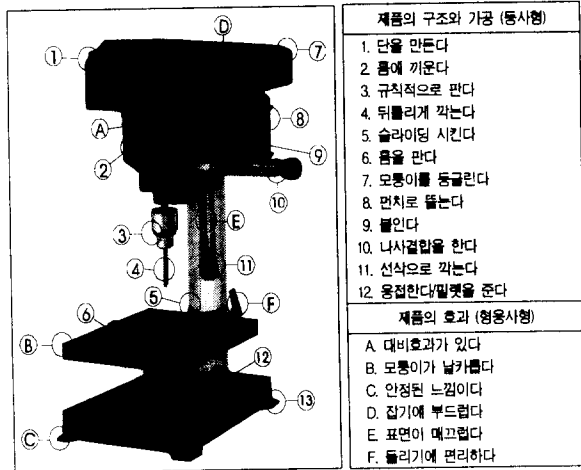


그림 1) 제품의 구조적 특징과 표현 효과 (관찰/분석의 예)

이와 같은 제품의 관찰/분석의 과정을 통해서 학생들은 CG를 활용한 디자인 작업시, 특정 소프트웨어의 명령어 체계에 익숙하지 않은 상태에서도 실질적으로 제품에 반영된 구조와 표현 효과의 특징을 발견하고 이해하는 과정에서 제품을 재현하는 데에 사용되어질 CG의 구체적인 명령어를 연역적으로 유추할 수 있는 능력을 갖게 되는 것이다. 이것

2) 일반적인 이론 교육과 함께, 참고도서들에 대한 보고서를 워드프로세서로 작성하게 함으로써, 이 과정에서 학생들은 100% 워드프로세서에 익숙해지게 되었다.

은 학생들이 실제적인 현상 속에서 관찰/분석한 내용과 CG의 기능을 비교하면서 CG의 기능은 실제 세계의 현상과 원리를 재현하기 위한 기능적인 특성에 불과하다는 사실을 인식함으로써 얻게되는 효과라고 할 수 있다. 본 과정을 통해서 관찰한 제품의 종류와 이들의 특징에 대해서 추출한 동사/형용사형 언어 표현의 분포는 다음과 같다.

표 2) 표본 제품의 수와 제품의 특징에 대한 언어 표현 분포

표본 제품 수량	동사형 표현	형용사형 표현
759종	7873개	6426개

1-2. CG 활용의 현황 인식 과정 (제3주~제5,6주)

CG에 관한 구체적인 실습에 들어가기 전에 CG 분야의 전반적인 현황을 파악하는 과정이다. 이것은 학생들에게 CG 분야에 대한 현실감을 체험하게 함으로써, 직접적이고 막연하게 가졌던 CG 분야의 현상인식은 물론, 다양한 사례 속에서 각자의 관심 분야를 구체화 할 수 있는 기회를 갖게 하는 의미가 있다. 특히 각자의 전공 분야에서 활용되고 있는 현황을 직접 조사하고 확인하게 함으로써, CG 학습의 당위성과 활용방법에 대한 뚜렷한 목표의식을 갖게 된다. 본 실습을 위해서 학생들은 개인적인 관심 분야를 자유롭게 선정하여, 그 분야에서 CG가 활용되는 실태를 조사하고 자료를 슬라이드 화하여 발표하였다. 각자의 관심 분야에서 수집된 슬라이드자료가 발표를 통해서 공유되는 과정에서, 학생들은 CG의 활용이 특정한 분야에서만 쓰여지는 전문적인 도구가 아니라, 정보화 사회에 속한 모든 분야와 개인에게 일반적으로 쓰여지고 있는 도구인 것을 공감하게 되었다. 또한 이 과정에서 학생들은 자신들의 자료를 제시하는 방법에 있어서도 새로운 매체활용에 적극성을 보여 주었다. 즉 자료조사 과정에서 산업 현장의 장비나 기술을 접하면서 자신의 발표 내용을 가지고 실습할 기회를 가진 학생들은, 그 결과를 새로운 형태로 제시함으로써 다른 학생들에게 파급효과를 가져온 것이다. 발표는 기본적으로 슬라이드 프레젠테이션으로 하였으나, 그중 여러 학생들은 방송 편집기술과 멀티미디어용 소프트웨어를 이용하여 제작 발표하기도 하였다. 본 과정에서 학생들에 의해서 활용된 매체의 종류는 슬라이드, OHP필름, 비디오, CD ROM 등이었다. 이 같은 매체활용에 있어서의 개방적인 방법은 다양한 경우를 통한 표현효과와 가능성과 함께, 학생들 상호간의 긍정적인 자극이 되었다고 볼 수 있다. 다음은 학생들에 의해서 조사 발표된 CG 활용에 대한 구체적인 분야의 내용이다.

표 3) CG 응용 분야별 조사내용 분포

산업분야	CG 응용 분야(팀)	총 발표 팀
환경	인테리어(6), 건축(5), 건설(2), 조경(1)	14
제품	자동차(5), 이동통신(1), 카메라(1), 항공기(2), 가구(2), 컴퓨터 HW(1), 섬유/의류(2), 가전(2), 기계(2), 패키지(2), 그래픽 소프트웨어(3), 교육용 CD-ROM(1)	24
영화	만화영화(11), 특수효과(10), Image Processing(2), Motion Control(1)	24
광고	TV(7), 잡지(4), 신문(2), 포스터(3), 스트리트 광고(2), 책표지(1)	19
오락	게임(5), 캐릭터(3)	8
기타	Web Site(2), 가상현실(3), 사진(1)	6
총 31개 CG 응용 분야		95 팀

이러한 조사/발표의 방법은 학생들이 갖기 쉬운 피상적이고 한정적인 CG 분야에 대한 인식의 폭을 넓히고, 또한 정보화 사회에 대한 현상 인식을 분명하게 하는 의미가 있으며, 구체적인 분야의 응용 사례들을 통해서 각자의 전공과 관련된 창의적인 응용의 가능성을 발견할 수 있는 기회가 되는 것이다.

1-3. 인체와 제품의 관계 인식 과정 (제7주~제8,9주)

본 과정은 제품과 인간의 관계성을 이해하는 단계로서, 디자이너의 의도에 의해서 형성된 제품의 특징은 사용자의 행동을 유도한다는 사실을 체험하도록 하였다. 본 실험/실습을 통해서 학생들은 자신이 디자인 하는 제품이 인간의 행동 역학적 측면에서 어떠한 동작을 유도하며, 효과와 영향을 줄 수 있는지에 대한 인식과 함께, 제품에 인간적 요인을 반영하는 방법을 찾도록 하였다. 이 과정에서 학생들은 무의식적으로 사용해왔던 제품에 대해서, 그 제품을 디자인한 디자이너의 의도적인 계획을 발견하는 안목을 갖게되고, 제작자로서의 책임감을 인식하게 된다. 제품의 의미는 인간이 의도하는 일과의 관계성 속에서 발생하는 것이며 인간과 제품의 관계적 범위는 광범위하다. 근본적으로 일의 성격은 의도하는 목적과 내용에 따라 구분되며, 이러한 일의 의도와 목적은 일반적으로 인간의 신체적 구조의 특징과 활동 범위에 따라서 결정되는 것을 알 수 있다. 따라서, 인체의 구조적 특징과 활동의 범위는 제품의 종류와 기능을 결정하는 중요한 기준이 되는 것이다. 인체 활동의 특징과 제품의 관계성은 인체의 복잡한 구조만큼이나 복잡하고 무한한 영역에 이르기 때문에 본 과정에서는 이 같은 관계성을 이해한다는 실험/실습의 목적 상, 인체의 범위를 손과 팔목의 영역으로 제한하고 이들 인체 부위와 제품의 관계성을 관찰하고 체험하도록 하였다. 이 같은 실험의 적용은 인간의 심리적/신체적인 모든 영역에 가능하며, 그 필요성이 강조되어지는 바이다. 다음은 본 실험을 위한 인체의 제한적 범위를 보여준다.

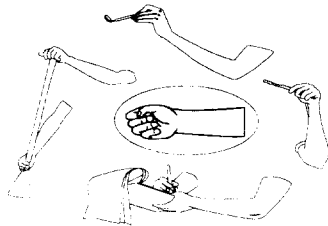


그림 2) 인체와 제품의 관계성을 실험하기 위한 제한적 범위

학생들은 자신들의 관찰/실습을 2인 1조로 하여 제한된 영역의 인체 부위와 다양한 제품의 관계성을 파악하도록 하였으며, 이들 제품을 다루는 데 있어서 제품의 구조와 기능에 따라 제한된 인체부위가 가장 자연스럽게 대응하는 상황을 슬라이드 화하여 발표하도록 하였다. 본 실험을 위해서 학생들은 832개 종류의 제품과 제한된 인체부위와의 관계성을 관찰/실습하였다.

이 과정에서 학생들은 여지껏 사용자의 입장에서 지나쳐온 인체에 대한 제품의 구조와 기능의 함목적적/합리적인 이유와 근거를 발견할 수 있는 안목을 갖게 되었으며, 이러한 체험에서 인식된 경험은 자신의 제품을 디자인하기 위해서 고려하게 되는 인간적 요인에 대한 공통된 인식을 갖게 되었다.

1-4. 제품이미지 인식 과정 (제10주~제12주)

제품은 용도와 기능에 따라서 독특한 이미지를 나타낸다. 이러한 제품의 이미지는 소비자/사용자의 기억 속에 존재하는 제품의 상징적 의미이며, 소비자/사용자는 이러한 상징적 의미에 따라서 목적을 분류하고, 이에 따라 제품을 선택/사용하게 되는 것이다.

본 과정은 특정 제품군에서 보여지는 제품이미지의 질서를 관찰/분석하여 이들 제품이미지의 특징을 파악함으로써 본인의 제품에 부여할 제품이미지의 질서를 마련하는 방법을 체험하는 목적으로 이루어 졌다. 실천의 방법으로 학생들은 주변에 있는 많은 제품군 속에서 특정한 제품 분야를 선택하여 이들 분야의 제품들이 보여주는 공통된 특징적 질서를 관찰하고 이들의 질서에 대한 해석과 더불어 디자인을 위한 룰(Rule)을 발견하도록 하였다.

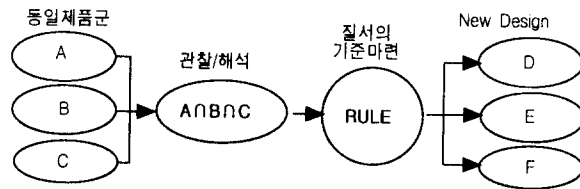


그림 3) 제품 이미지 해석/적용의 과정

가전제품 분야의 TV를 예로 들면, 다양한 TV들을 샘플링 하여 TV의 제품 이미지를 형성하고 있는 공통된 부분들(케이스의 구조, 조정부위 등등)에 대한 질서를 발견하고 해석하는 것이다. 이 과정에서 학생들이 관찰한 제품분야와 이미지 분석의 대상은 다음과 같다.

표 4) 제품이미지 분석대상

제품 분야	제품이미지 분석 대상	대상수
가전	오디오 콘솔의 배열, 전화기 형태, 컴퓨터 몸체, 휴대용 카세트 조정부, 호출기(2), 스피커 그릴, 냉장고 콘트롤 부위, 전동공구의 손잡이	9
자동차	모델 네이밍, 휠커버의 형태(3), 도어 손잡이(3), 후미등, 기어마크, 백미러, 전조등(2), 보안등, 레디에이터 그릴, 운전대, 카세트 레이아웃,	16
생활잡화	의류단추, 수저/포크 손잡이, 싱크대 그릴, 안경(글라스), 선글라스, 안경테, 볼펜 뚜껑, 화장품 뚜껑(로션), 립스틱, 화장품 용기, 가정용 문짝, 벽시계, 펜과 뚜껑의 결합, 손목시계(상벌과 특징), 세면기, 콘센트/플러그, 운동화, 컵 손잡이, 가방 손잡이	20
기타	제품의 모서리처리와 안전성, 공작기계의 색채,	2
총 40종류의 분석대상		47

제품이미지에 대한 위와 같은 학생들의 사례 중 오디오 콘솔(Audio Console)의 배열에 관한 해석의 내용을 살펴보면 다음과 같다. 본 사례를 조사/분석한 학생은 다음과 같은 디자인 기준을 발견하였다.

- ① 조작부의 배열은 사용자의 행동 범위를 관찰하고 이를 반영한다.
- ② 일과 동작의 종류에 따른 구조와 형태적 특징을 충분히 고려한다.
- ③ 유사한 제어가 여러 개 있는 경우는 색채로 구분하여 배열한다.
- ④ 오 작동을 최소화하기 위하여 버튼의 형태를 움푹하게 하거나 볼록한 형태로 응용할 수 있다.
- ⑤ 일의 종류에 따라서 배열의 간격을 조절한다.

이와 같이 학생들은 각각의 제품에 대한 이미지를 기능적/형태적 특 징별로 분류/그룹핑 하여 분석함으로써, 이들의 부분적 특징이 제품의 전체적 이미지를 형성하는 유기적인 관계 질서가 있음을 발견할 수 있 게 되었다.

2. 디자인 실천 (제8주~제16주)

이상과 같은 제품정보와 CG에 관한 내용을 조사/관찰하고 실험/실습 한 배경학습과 CG의 기능을 활용하여 학생들은 본격적으로 제품디자인 의 실천 과정에 이르게 된다. 본 디자인 실천 과정은 제품디자인의 프 로세스 중 디자인의 표현과정을 온전히 CG 만을 활용하여 실습하도록 함으로써 자연스럽게 CG의 다양한 기능을 습득하고, 자신의 실습과정 과 작업의 결과에 대한 평가를 받을 수 있도록 하였다.³⁾ 다음의 각 과 정에서 제시하는 내용들은 학생들이 실습을 통해서 제작한 결과물로서 설명을 돕기 위한 예로서 사용하였다.

2-1. 제품 컨셉트 설정 과정 (제8주)

그 동안 배경학습을 통해서 체현한 디자인 적인 사실을 자신의 디자 인에 부여하는 과정으로서, 학생들은 생활의 주변에서 쉽게 접하는 단 순한 제품을 중심으로 주제를 정하도록 하였다. 제품의 주제를 주변의 것으로 한정하는 것은 제품디자인에 대한 전공/비 전공에 상관없이 이들 제품에 대한 이해가 분명하리라는 이유에서이며, 제품에 대한 이해가 분명한 가운데, 학생들은 제품의 용도에 따른 기능과 형태에 대한 비판 과 개선의 아이디어를 쉽게 도출 할 수 있게 되며, 구체적인 제품 컨셉 트를 설정할 수 있기 때문이다. 이러한 목적에 의해서 학생들이 선정 한 제품의 종류와 분포는 다음과 같다.

표 5) 디자인 실천을 위한 제품의 종류와 분포

제품분류	디자인 제품	제품수
전기/전자	핸드폰, 시터폰, 카세트, 화상전화기, 전화기, 커피 메이커, 토스터, 다리미, 선풍기, 팬히터, 워크맨, CD플레이어, 비파, 리모콘, 스피커(5), 마우스(5)	24
기계/기구	소화기(4), 정수기, 헤드랜턴, 레이저투레쉬(2), 자동차 휠커버(2)	10
사무	컴퓨터본체(2), 책상(2), 샤프펜슬, 필통(2), 볼펜, 유닛의자, 의자(5), 만년필	14
가정	콘센트, 화장품용기(7), 시계(3), 양념통, 콩나물재배기, 수도꼭지, 조리기, 야외용책상, 탁상시계, 오물통(4), 쓰레기통(5), 구두닦개, 스프레이 빗, 압축쓰레기통, 벽시계, 손전등, 주전자(7), 향수병, 조명등(11), 립스틱용기	51
잡화	1회용면도기, 손톱깎기, 펜던트, 동산용갈, 작업용 장갑, 안경(8), 담배케이스, 가위(8), 라이터(2), 나이프(2)	26
유아	목마, 보행기, 토기조형물, 공룡장난감, 유아용사다리, 유아용차	6
기타	수족관, 캔디박스, 휴대용 히터, 실내디자인(2), 3.5" 디스켓(3)	8
총70개의 제품 분야		139

위와 같은 제품에 대해서, 학생들은 일반적으로 일상생활 속에서 느 끼는 제품의 개선점과 요구사항을 제품의 컨셉트로 설정하였다.

3) 본 과정을 시작하며 조사한 바에 의하면, 전체의 15% (37/253)의 학생이 워드프로세서로 경 험 하였고, CG의 활용의 경험은 2%/45253에 불과하였다.

2-2. 아이디어 스케치 과정 (제8주~제9주)

일반적으로 아이디어 스케치는 디자이너가 주제에 따라서 연상하는 내면의 이미지를 시각적으로 구체화하는 단계로서, 그 범위와 내용은 디자이너가 가지고 있는 주제에 대한 인식의 범위에 따라서 질적/양적 인 차이를 보이게 되며, 아이디어의 표현 방법과 도구의 사용 능력을 결정하게 된다. 그러나 본 과정에선 아이디어 전개 시 초기 단계에서 흔히 발생하는 디자인 사고(思考)의 광범위한 영역 탐색을 제한하고, 아 이디어의 전개 범위를 제품 컨셉트에 집중하여 빠른 시간 내에 구체적 인 결과를 얻을 수 있도록 하는 방법으로서 CG 프로그램 (AutoCAD와 Corel Draw를 주로 사용하여)을 이용한 아이디어 스케치 방법을 실시 하였다. CG 프로그램을 활용한 아이디어 스케치 방법은 제품 컨셉트 의 초기 안을 그리는 과정에서 아이디어의 범위를 구체적으로 접근하게 하는 효과가 있다. 또한 이미 그려진 초기 안에 대해서 집중하는 가운 데 개선점의 발견과 함께 도출되는 2차안에 대한 아이디어는 초기 안을 복사/수정함으로써 쉽게 얻을 수 있게 한다. 이 같은 과정을 반복함으 로써 학생들은 초기 안부터 단계적으로 발전된 결과들을 얻게되며, 이 과정을 통해서 발전된 안들은 곧바로 도면 작업이 가능할 만큼 정리되 고 규격화되어지게 된다. 다음은 가위 디자인의 스케치 사례로서, 가위 의 두 날을 접었다 폼다 할 수 있도록 하는 제품 컨셉트를 단계적으로 전개한 과정이다.

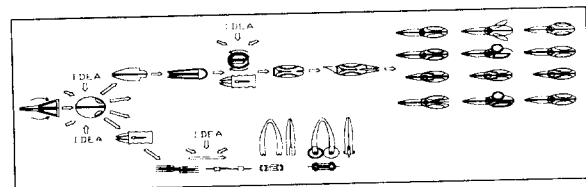


그림 4) 가위 디자인을 위한 스케치 과정의 사례 (학생작업 예)

이와 같은 스케치의 전개 과정에서 강조되는 점은, 아이디어의 발전 과정에서 파생되어지는 새로운 제품 개념에 대한 아이디어는 엄격히 분 류하여 놓고 본래의 목적에 집중해야 한다는 것이다. 이 과정에서 파생 된 새로운 제품 개념들은 또 다른 제품개발을 위한 자료로서 활용될 수 있게 된다. 위와 같은 스케치 과정을 원활히 수행하기 위해서 학생들 은 이론시간과 병행한 실습시간에 다음과 같은 다양한 2차원 도형실습 을 제2주~제5,6주에 걸쳐서 실습하며 다양한 CG의 기능을 익힘으로써 본 스케치 과정에서 자신의 의도대로 활용할 수 있도록 하였다.

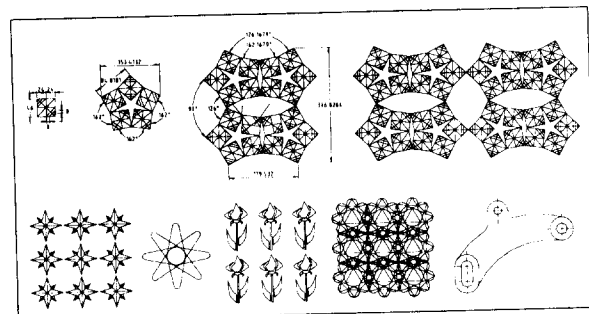


그림 5) 2차원 도형 실습 (학생작업 예)

특히 위와 같은 도형실습에 있어서는 학생들로 하여금 자신의 아이디 어를 실천하도록 하는 과제를 부여함으로써 명확히 이해하고 있는 도형

이미지의 구조와 작도방법(作圖方法)을 특정 프로그램의 기능에 효과적으로 적용할 수 있는 응용력을 키우게 되며, 실질적인 기능학습의 효과를 가져오게 된다.

2-3. 도면 제작 과정 (제10주~제11주)

아이디어 스케치 과정에서 정리된 구체화된 모델의 스케치는 3각도법에 의한 2차원적인 입체해석과 함께 곧바로 도면화가 가능하게 된다. 스케치에서의 비 규격화된 도면 요소는 도면작도에 대한 KS의 규정을 참고하고 CAD의 편집기능으로 수정/보완하여, 모델링을 위한 구체적인 도면을 완성하게 된다. 다음은 단일 체(單一體)인 3차원 모델에 대한 2차원적인 해석과 도면작도의 방법을 보여주고 있다.

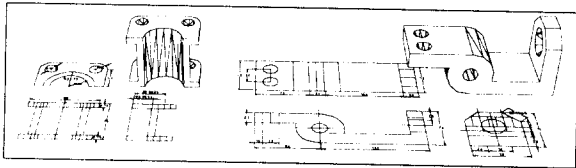


그림 6) 단일 체의 2차원적 해석과 도면요소 (학생작업 예)

이 과정에서 학생들은 제품에 대한 2차원적 해석능력과 도면작도를 위한 지식습득, 그리고 이들 정보를 CAD로 재현하는 능력을 키우게 된다. 또한 도면을 통해서 제품을 구성하는 각각의 부품에 대한 명료한 관계성을 점검/평가함으로써 제품의 합리성과 합목적성을 확인하게 된다. 즉 완성된 제품의 합리성과 합목적성은 제품을 구성하는 각 요소의 기능적 특징의 조합에 의해서 이루어진다는 것을 확인하면서 학생들은 디자인의 범위에 대한 인식을 기능/구조/형태의 미시적인 영역에까지 확대할 수 있게 되며, 제품의 아이덴티티(identity)에 대한 근본적인 인식을 하게 되는 것이다. 위와 같은 단일 체에 대한 2차원해석을 실습한 학생들은 다음과 같은 복합체(複合體)에 대한 2차원적 해석과정을 통해서 제품을 구성하는 부품간의 상관성을 종합적으로 체험하게 된다.

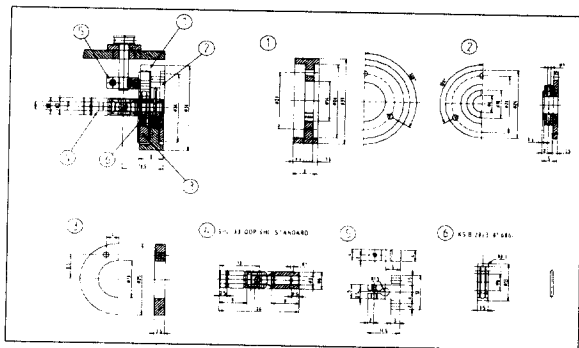


그림 7) 복합체에 대한 2차원적 해석과 부품 상관도 (학생작업 예)

위 도면은 마찰 커플링(Friction Coupling)에 대한 설계도면을 보여주는 것으로서, 제품을 구성하고 있는 부품의 특징을 보여주는 부품도와 이들 부품이 조립된 상황을 통해서 제품의 구조적/기능적 특징을 파악할 수 있는 조립도를 보여주고 있다. 이같이 완성된 최적화 된 2차원 도면은 CAD의 3차원 편집기능을 이용하여 다음과 같이 곧바로 3차원 모델링으로 변형이 가능하게 된다.

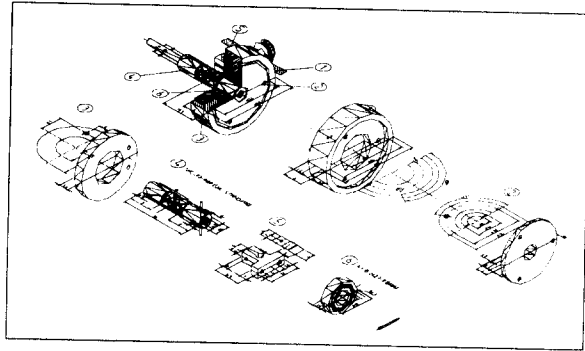


그림 8) 3차원 모델링과 구조적 이해 (학생작업 예)

3차원 모델링을 통해서 완성된 각각의 부품은 설계의 목적에 따라서 입체적인 조립과 함께, 구조적/기능적인 실험이 이루어지게 되며 디자인 개념에 대한 평가와 문제점을 발견하게 된다.

2-4. 모델링 과정

1) 3D 모델링의 이해 (기초과정 제6주~제8주)

기본적으로 3차원 모델은 2차원 도면에서 파악된 물체의 3면도인 평면을 구조화한 것으로서 각각의 평면 도형에 3차원 속성인 높이/두께값을 부여하는 과정인 것이다. 일반적으로 학생들은 물체에 대해서 2차원적인 해석보다는 3차원적인 이미지가 강하게 자리잡고 있다. 그러나 CG를 활용한 3차원의 재현은 기본적으로, 대상에 대한 2차원적인 해석을 바탕으로 접근하는 것이므로 이에 대한 훈련이 필요하게 된다.⁴⁾ 따라서 학생들에게 각자가 연상하는 3차원 물체에 대한 2차원적인 해석과 함께 이들 정보를 구조화하는 모델링 실습을 통해서 그 방법을 체험하도록 하였으며, 이 과정에서 3차원적 속성에 대한 개인적인 해석능력에 따라서 다음과 같은 다양한 접근 방법을 보여 주었다.

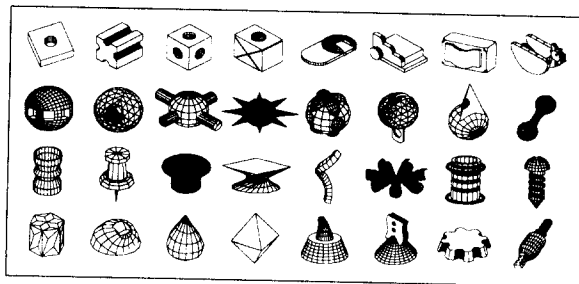


그림 9) 3차원 모델링의 다양한 접근 사례 (학생작업 예)

이러한 실습을 통해서 학생들은 대상의 구조에 대한 명확한 이해와 해석은 CG 프로그램에서 제공하는 명령어나 기능을 효과적으로 사용하여 하는 선행조건임을 체험하게 된다.

2) 제품 모델링 (주제과정 제12주~제13주)

모델링에 대한 이해와 실습을 통해서 학생들은 구체적인 제품에 대한 모델링을 실습하게 된다. 본 과정의 실습을 위한 모델링 기초과정(제6

4) 모든 대상은 크기와 위치에 대한 상대적 관계성에 의해 모양과 구조가 이루어진다. 따라서 각각의 대상은 공간상의 3개의 좌표 기준(x, y, z)에 대한 상대적 관계를 파악함으로써 2차원적인 해석이 가능해진다. 결국 CG에서의 모델링은 해석된 모델의 2차원적인 비례치수의 상대적 관계성을 부여하고/수정하는 과정이라고 할 수 있다. (연구자 주)

주~제8주)에서 학생들은 주변에서 쉽게 접할 수 있는 제품중 자신의 역량에 따라서 충분히 재현할 수 있는 주제를 선정하여 3차원 모델링을 하도록 하였다. 왜냐하면 아무리 단순한 주제라도 학생들이 스스로 선정한 제품에 대해서 완벽하게 재현하는 과정을 체험하게 함으로써 자신의 대상에 대한 구조 해석과 문제 해결의 능력을 점검해 볼 수 있는 기회가 되기 때문이다. 다음은 본 과정을 통해서 학생들이 재현한 제품의 사례이며, 이런 과정을 통하여 학생들은 하나의 제품을 구성하는 다양한 구조적 특징과 세세한 부분의 표현 방법을 체득하게 되었다.

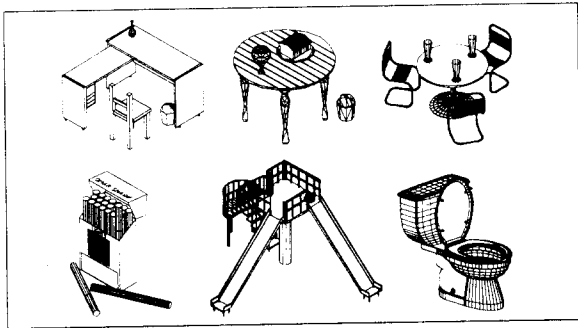


그림 10) 제품 모델링의 사례 (학생작업 예)

또한 완성된 제품의 모델은 CG 프로그램의 가상의 공간에서 다양한 관점(View-Points)의 변화와 함께, 제품에 대한 입체적인 이해를 할 수 있게 되며, 본인이 제작한 제품을 효과적으로 제시할 수 있는 방법을 시험하게 된다. 다음은 완성된 제품을 제시하는 방법으로서, 제품의 특징에 따라서 표현을 달리한 사례이다. (주제과정 사례)

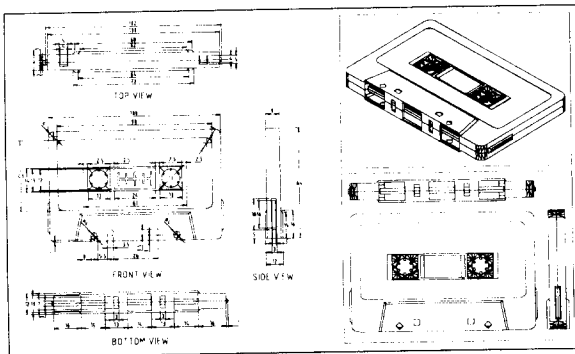


그림 11) 도면에 대한 3D 모델링 표현 (학생작업 예)

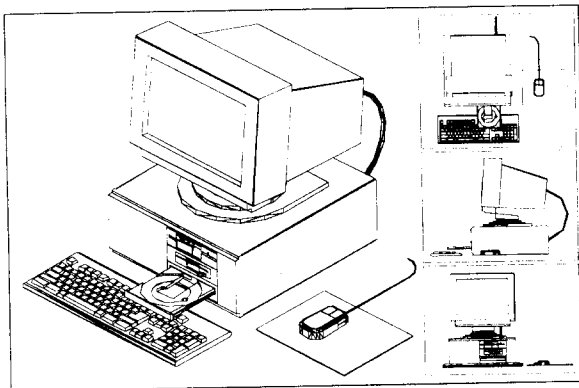


그림 12) 제품의 입체적 특징 표현 (학생작업 예)

2-5. 시뮬레이션(Simulation) 과정 (제14주~제15주)

이상의 과정을 통해서 학생들은 다양한 CG의 기능을 습득하고, 본격적으로 자신이 설정한 제품 컨셉트를 바탕으로 아이디어의 전개와 도면 제작, 그리고 모델링/렌더링/애니메이션을 통해서 제품디자인을 제시하게 된다.5) 본 과정을 통해서 학생들은 총 70개분야 139개의 제품에 대한 디자인을 실천하였으며, 이들 중 3개의 제품 사례를 가지고 학생들의 작업내용을 다음과 같이 설명하였다.

- 1) 안경디자인을 통해서 작업의 과정을 제시하였다.
- 2) 주전자 디자인을 통해서 도면 제작의 세부적인 내용을 설명하였다.
- 3) 가위 디자인을 통해서 제품설명의 방법을 평가하였다.

1) 안경 디자인

1-1) Design Concept

본 디자인은 레저용 안경으로서 하나의 프레임에 다양한 글라스를 교체함으로써 용도에 따른 적응성과 착용감의 변화를 줄 수 있도록 하였다.

1-2) 아이디어 스케치

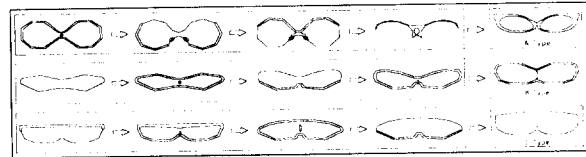


그림 13) 안경디자인을 위한 아이디어 스케치 (학생작업 예)

1-3) 도면과 모델링

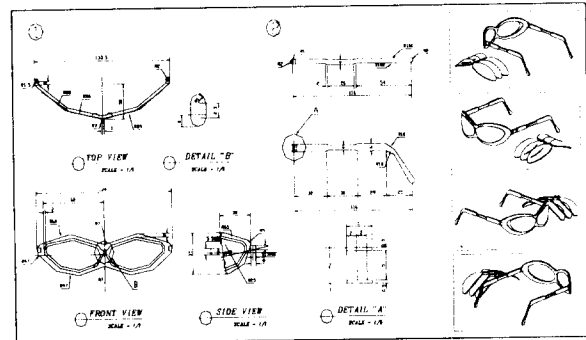


그림 14) A형 디자인의 도면과 모델링 (학생작업 예)

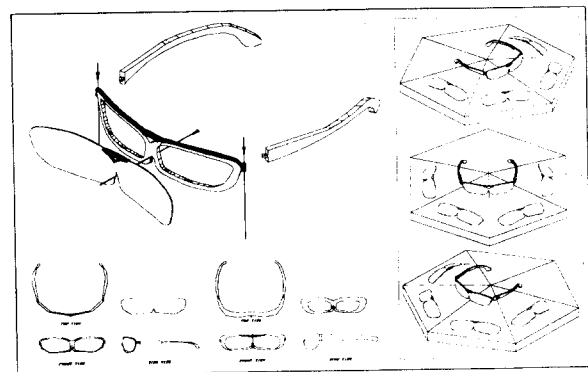


그림 15) B형 디자인의 제품설명과 모델링 (학생작업 예)

5) 렌더링(Rendering)과 애니메이션(Animation)은 3D Studio 또는 3D MAX를 활용하여 제작하도록 하였다.

1-4) 렌더링과 시뮬레이션

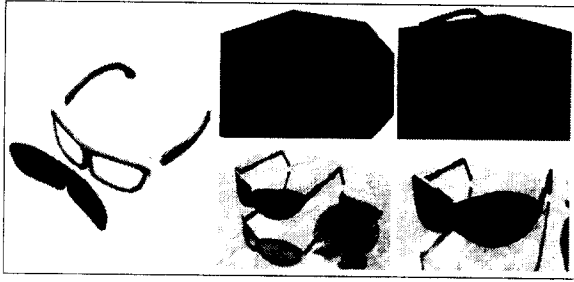


그림 16) A형과 B형의 렌더링과 시뮬레이션 (학생작업 예)

2) 주전자 디자인을 통한 도면 요소의 세부적 내용 평가

2-1) 도면 사례

학생들의 도면 제작에 대해서 중요하게 강조 된 점은, 제품을 구성하고 있는 부품 요소는 합리적인 구조 결합에 의해서 비로소 하나의 제품으로 완성된다는 것을 도면을 통해서 입증하도록 하는 것이었다. 따라서 학생들은 부품간의 상관성에 있어서 합리적인 구조설계와 이에 대한 도면 작도법을 숙지하였다. 결합 부위가 작아서 표현이 명료하지 않은 부분은 부분 상세도를 통해서 구조를 명확하게 하고, 또한 표제란을 작성하여 부품의 양과 재질에 대한 인식도 분명히 하도록 하였다.

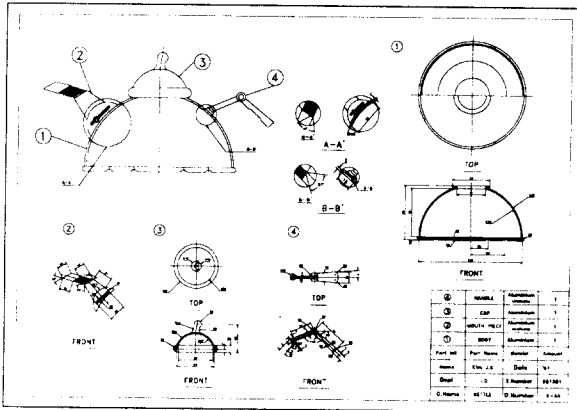


그림 17) 주전자 디자인의 세부도면 요소 (학생작업 예)

이 과정을 통해서 학생들은 자신들이 제작한 제품에 나타나는 구조적/기능적 합리성을 체험하고 또한 자신의 제품설계에서 나타나는 결합과 구조적 불합리함을 발견하는 체험을 하도록 하였다.

2-2) 시뮬레이션 사례



그림 18) 부품결합을 위한 시뮬레이션 (학생작업 예)

3) 가위 디자인을 통한 제품 설명의 방법 평가

3-1) 도면과 모델링의 제시

본 디자인의 주제인 A형과 B형의 집기식 가위는 부품의 구조적 특징이 주된 포인트가 되는 것이므로, 이들 구조가 명료하게 보여 질 수 있

도록 결과를 제시하도록 하였다. 따라서 제작자는 가위의 앞과 뒤를 동시에 보여 줌으로써 제품의 구조에 대한 이해가 분명하도록 제시하였다.

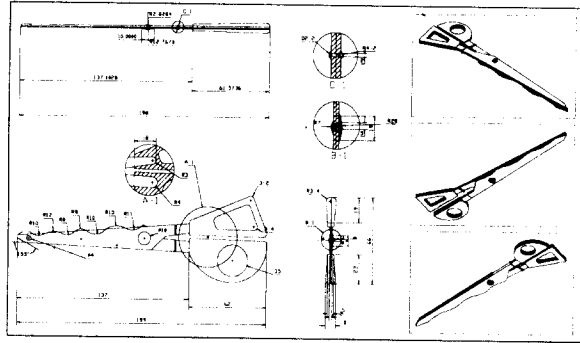


그림 19) A형 가위 디자인의 도면과 모델링 (학생작업 예)

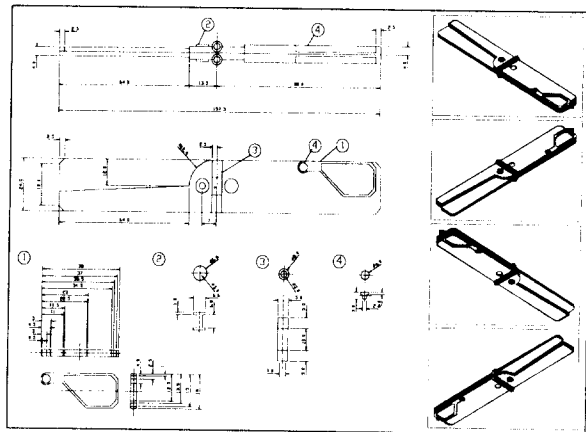


그림 20) B형 가위 디자인의 도면과 모델링 (학생작업 예)

3-2) 렌더링

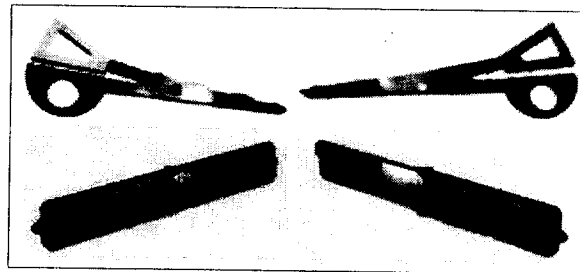


그림 21) A/B형 가위의 렌더링 (학생작업 예)

2-6. 발표(Presentation) 과정 (제16주)

본 과정에서 학생들은 CG를 활용하여 실천한 자신의 디자인 결과와 체험을 발표를 통해서 공유하게 된다. 또한 이 과정에서 학생들은 자신의 디자인을 설득력 있게 전달하는 방법과 그 결과에 대해서 최종의 평가를 받게된다. 발표는 각자의 디자인 작업시 각 과정에서 제작한 CG 데이터를 촬영하여 제시하는 것을 내용으로 하였으며, 슬라이드 프레젠테이션을 기본으로 하는 한편, 학생들의 능력에 따라서 매체활용은 개방하였다. 발표를 통해서 학생들은 그 동안 각자가 체험한 디자인에 대한 인식과 CG의 활용에 대한 다양한 아이디어를 교환하였으며, 각자의 전공에 있어서 CG활용에 대한 분명한 방향성을 갖게 되었다.

III. 결론

이상과 같은 고과 과정을 통해서 학생들은 CG를 활용한 제품디자인을 체험하였으며, 4가지 측면의 교육적 성과를 얻게 되었다고 평가할 수 있다. 첫째, 정보화 사회의 특징인 전문 분야간의 학제적 연계를 다른 전공의 학생들과 공동 학습을 통해서 체험하게 되었으며, 인간과 제품과의 관계성에 대한 인식과 관심을 새롭게 하는 계기와 더불어 다양한 분야에 있어서 공통된 커뮤니케이션 도구로서의 CG의 활용성을 확인하게 되었다. 둘째, 전문분야의 정의와 지식의 범위에 대한 이해가 선행될 때, CG의 활용을 효과적으로 할 수 있다는 것을 체험하였다. 다양한 응용 가능성을 지닌 CG의 기능과 효과는 단순히 정보전달을 위한 표현의 도구에 불과한 것임을 본 과정에서 실시한 다양한 관찰과 실험을 통해서 확인하게 되었으며, 이 기회를 통해서 학생들은 각자의 전공에 대한 관심도를 높게 될 때, 효과적으로 CG를 활용할 수 있게 된다는 사실을 알게 되었다. 셋째, CG 활용의 기술은 이미 호기심의 대상이 아닌 정보화 사회 속에서의 필수적인 표현 도구인 것으로 인식의 전환이 이루어 졌다. 다양한 CG활용의 사례를 조사/발표하는 과정에서 그 활용의 범위와 방법이 무한함을 목격하였고, 다양한 전공의 학생들과 실시한 실험/실습을 통해서 일반화된 CG의 도구로서의 의미를 체험하게 되었다. 따라서 학생들은 각자의 전문분야 내에서 CG 활용에 대한 독창성과 역량을 스스로 점검하는 계기가 되었다. 넷째, 본 과정의 실습을 통해서 학생들은 자연스럽게 다양한 CG 응용기술을 익힐 수 있는 방법을 체험하였다. 본 과정은 단순히 CG의 기능적인 특성을 전달하기 위한 방법이 아닌, 각자가 처한 전공의 정보 내용을 이미지화 하고, 전달하는 도구로서의 의미에 집중하도록 하는 교육적 접근을 한 것이다. 따라서 학생들은 특정 전공의 실질적인 내용을 CG에 직접적으로 적용하여 실습함으로써, CG의 기능은 물론 전공과의 연계성에 있어서 그 활용의 방법을 익히게 되었고, 자기만의 독창적인 접근 방법에 대한 인식을 갖게 되었다.

이상과 같은 결과가 의미하는 것은 특정 분야의 지식을 전달하는 데에 있어서 교과목의 내용과 진행의 방법은 교육적 성과를 결정하게 하는 중요한 조건이 된다는 것이다. 따라서 학생들에게 전문성을 부여하는 목적으로 편성되는 각 분야의 전공 과목은 학생들의 전문성에 대한 경쟁력을 높일 수 있는 책임있는 내용이 되어야 하는 것이다. 이같은 취지에서 실시된 본 "컴퓨터 응용 디자인" 교과목은 기존의 CG교육에서 보여지는 특정 소프트웨어에 대한 기능적인 학습을 탈피하여 제품디자인의 각 표현의 과정에서 필요한 실제적인 내용과 CG의 기능을 접목하여 실습함으로써, CG 활용에 있어서의 가능성과 문제점을 실질적으로 체험하게 하여 각자의 전공에 곧바로 적용이 가능하도록 하는 방법론적인 접근을 한 것이다. 오늘날 CG 교육에 있어서의 이 같은 접근 방법은 학생들로 하여금 CG 활용에 있어서 일반인과는 다른 차별화된 전문성을 부여하는 방법으로서의 의미를 갖게 되며, 다각적인 실천의 방법이 요구되는 가운데 하나의 사례로서 제안하는 바이다.

특히 제품 디자인의 프로세스에 익숙한 디자이너에게 있어서 CG의 활용은 제품디자인 분야에 대한 적극적인 관심과 더불어 무한한 가능성과 구체적인 실천의 방법이 열려 있다고 볼 수 있다. 또한 CG 응용 기술의 발전으로 디자인을 표현하는데 있어서 자유로와 진 오늘날의 디자이너에게 이와 같은 새로운 커뮤니케이션 도구의 효과적인 활용법에 대한 독창적인 아이디어의 개발은 자신의 디자인에 경쟁력을 가져오게 하는 부분임을 과제로서 제안하는 바이다.

참고문헌

- 김민수: 21세기 디자인 문화 탐사, 서울: 솔출판사, 1997.
- 김영석: 멀티미디어와 정보사회, 서울: 나남출판사, 1997.
- Stuart Ewen, 백지숙 역: 이미지는 모든 것을 삼킨다, 서울: 시각과 언어, 1996.
- 우홍룡: 디자인 사고와 방법, 서울: 창미, 1996.
- William H. Gates III: 이규형 역, 미래로 가는길, 서울: 도서출판 삼성, 1995.
- 李舜堯, 長町三生: 정보화 시대의 감성인간공학, 서울: 양영각, 1996.
- 이재환 편역, 인체와 산업디자인, 서울: 조형사, 1996.
- 임연웅: 디자인 인간공학, 서울: 미진사, 1994.
- 전석호: 정보사회론, 서울: 나남출판사, 1997.
- 佐野 眞, 현동희, 강화선 역: 21세기의 디자인, 서울: 태학원, 1997.
- 홍성태 역음: 사이보그, 사이버컬처, 서울: 문화과학사, 1997.
- 홍재성 역: 정보사회와 교육, 서울: 나남출판사, 1990.
- Adobe Systems Incorporated: Adobe Photoshop 4, IN: Adobe Press, 1997.
- Autodesk: 3D Studio Max Tutorials, KINETIX, 1996.
- Autodesk: 3D STUDIO Tutorial Guide, Autodesk, 1993.
- Christopher Williams: Origins of Form, Conn: Architectural Book Pub., 1995.
- Doblin, Feiner, et al: Design in the Information Environment, NY: Alfred A. Knopf, 1985.
- Donald A. Norman: The Design of Everyday Things, NY: Bantam Doubleday Dell, 1988.
- Francis Soen, David Pitzer, et al.: Inside AutoCAD Release 13 for Windows and Windows NT, IN: New Rider Publishing, 1995.
- Frank Koelsch: The Informedia Revolution, Ontario, Canada: Graw-Hill, 1995.
- Henry Petroski: To Engineering is Human(The Role of Failure in Successful Design), NY: First Vintage Books, 1993.
- Jerry Palmer and Mo Dodson: Design and Aesthetics, NY: Routledge, 1996.
- Louis Fried: Managing Information Technology in Turbulent Times, NY: John Wiley & Sons, 1995.
- Nicholas Negroponte: being digital, NY: Alfred A. Knopf, 1995.
- Paul Jacques Grillo: Form Function & Design, Ontario, Canada: Dover, 1960.
- Richard Saul Wurman: Information Anxiety, NY: Bantam Books, 1990.
- Robin Baker: Designing the Future, NY: Thames and Hudson, 1993.
- Roy L. Harmon: Reinventing the Business, NY: The Free Press, 1996.
- Stanley Lebergott: Pursuing Happiness(American Consumers in the Twentieth Century), NJ: Princeton University, 1993.
- Subrata Dasgupta: Technology and Creativity, NY: Oxford Univ., 1996.