

항공고등학교 실습교육에서 연소실 분해 조립을 중심으로 고찰한 3D 학습 자료의 활용 방안

Potential Use of 3D Course Material as a Pedagogical Tool for Laboratory Courses with respect to Assembly/Disassembly of the Combustion Chamber in Vocational High Schools

이 태 균¹ 김 중 성^{2*}
Tae-gyoon Lee Jong-Seong Kim

요 약

본 논문에서는 항공고등학교 정비실습 교육과정에서 Solidworks를 이용하여 제작한 3D 학습 자료를 활용하는 방법에 대해 연구하였다. 현행 교과서는 연소실분해조립 실습과정을 2D 사진을 기반으로 설명을 하고 있기 때문에 학생들이 입체로 조립되는 가스터빈 기관 연소실의 분해조립순서를 익히고, 부품 내부의 상호관계를 이해하는데 많은 어려움이 있다. 연소실은 가스터빈기관을 구성하는 주요 구성품중에서도 가장 중요한 핵심부품으로써 연소실 분해·조립 실습교육은 학생들이 정확하게 이해하고 학습해야만 한다. 제작된 3D 학습 자료에서는 정투상도 기법을 응용하여 연소실 부품과 같은 3차원 객체를 X, Y, Z 축을 기준으로 부품이 360° 회전하는 애니메이션을 제작해 학생들이 다양한 각도에서 회전하는 물체를 관찰할 수 있도록 하였으며, 학습효과를 높이기 위해 물체의 정면, 평면, 측면을 동시에 관찰할 수 있는 등각보기에서 부품의 회전 영상을 애니메이션으로 추가하였다. MS office power point 2007을 기반으로 전용 viewer를 제작하여 제작된 3D 학습 자료를 학생들이 쉽게 이용할 수 있도록 하였으며 3D 학습 자료를 활용한 학습 지도안을 제안하였다.

☞ 주제어 : 3D학습자료, 기관실습, 항공정비, 연소실, 전용 viewer

ABSTRACT

In this study, 3D-image based course material has been suggested as a potential pedagogical tool for laboratory courses for aviatational maintenance in vocational high schools. With a special focus on assembly/disassembly of the combustion chamber, 3D contents described here are created by Solidworks 2014 based on the textbook widely used in aviatational high schools. By analyzing several textbooks currently adopted at various schools, we have clearly shown that the current text-based teaching method is far from being effective regarding providing adequate learning environment for high school students who study aviatational maintenance.

From the analysis of the conventional textbooks, it is seen that it is urgent that we should come up with more effective and efficient way of teaching methods for these topics at vocational high schools. Using Solidworks, we have developed very vivid 3D image-based course material for topics related to a combustion chamber in the airplane. Newly developed 3D material is seen to clearly show step by step procedures of assembly and disassembly of the combustion chamber which has crucial importance in the aviatational laboratory courses. Especially the transparent feature in Solidworks could make it possible to observe the parts covered by outer casing, which can not be seen even in any laboratory class with real objects. 3D animated views could provided unprecedented learning environment for students to acquire core knowledge with ease for the maintenance of a combustion chamber. In order to provide easy access for students to this 3D-based course material, the exclusive viewer is also developed using MS office powerpoint 2007. An example of a learning plan using 3d course material is suggested as well.

☞ keyword : 3D-based course material, Solidworks, a combustion chamber, aviatational maintenance, the exclusive viewer

1. 연구의 필요성

현대의 항공기는 기계, 기관, 전기, 전자, 항법 등 다양한 분야의 기술이 집약체이며 Boeing 747기준으로 부품 수가 약 450만개 이상이다[1]. 항공기의 안전을 책임지고 있는 항공정비사의 주된 업무 중의 하나는 결함이 발생한 계통의 원인을 파악하여 정상적인 작동을 하지 못하는 부품을 교환, 수리하고 이상 유무를 확인 하는 것이다.

¹ Major in Information & Communication Education at the Graduate school of Education Andong National University., Andong, 36729, Korea.

² Dept. of Electronics Eng. Education, College of Education, Andong National University., Andong, 36729, Korea.

* Corresponding author (rhody@hanmail.net)

[Received 16 February 2016, Reviewed 24 February 2016, Accepted 11 April 2016]

☆ 본 논문은 2015년도 인터넷정보학회 추계학술발표대회 우수 논문 추천에 따라 확장 및 수정된 논문임.

비행안전을 위해 항공정비사 교육과정에서 부품을 교환, 분해, 조립하는 과정은 체계적이고 정확한 교육이 요구된다. 항공정비를 교육하는 항공고등학교의 항공기 기체와 항공기 기관 관련실습 항목 중 자격 증명시험에도 출제되는 주요 항목을 살펴보면 표 1과 같이 정리 할 수 있다.

(표 1) 항공정비 실기항목 예
(Table 1) Examples of major course contents for aviatinal maintenance in vocational high schools

| | |
|--------|--|
| 항공기 기관 | 실린더 장탈·착, 연소실 분해 조립, 가스 터빈 기관 부품 장탈·착, 마그네토 장탈·착 |
| 항공기 기체 | 마스터 실린더 분해조립, 꼬리바퀴 분해조립, 바퀴다리 분해조립, 브레이크 분해조립 |

항공기관, 기체 실습 항목을 살펴보면 고등학교 항공정비 실습 항목에는 입체 개념과 부품 상호관계의 이해가 필수적으로 요구되는 부품의 장탈, 장착, 분해, 조립 과정이 대부분이다. 그럼에도 불구하고 항공정비를 교육하고 있는 한국의 항공고등학교에서 사용하는 항공기 기관 관련 교과서는 종이 매체의 특성상 사진이나 텍스트만으로 연소실 분해·조립실습에 대해 설명하고 있다.

항공정비사가 되기 위해 공부하는 학생들에게 있어 부품의 분해·조립 실습은 대단히 중요한 과정으로, 분해·조립 절차 및 내부구조에 대해 정확한 학습이 요구된다. 하지만 2D 기반의 자료를 중심으로 부품의 분해·조립을 설명하는 교과서 위주의 수업으로는 작업 절차와 방법을 정확하게 학습하는 데 부족한 점이 많다. 항공실습 교육의 효과를 높이기 위해서는 기존과는 다른 형태의 학습자료 개발이 필요하며 3D 영상 기반 수업자료는 유력한 대안이 될 수 있을 것으로 생각한다.

이에 본 연구에서는 Solidworks를 이용하여 항공고등학교 실습 과정중 중요도가 높은 항목의 하나인 연소실의 분해 조립 과정에 대한 3D 학습 자료를 개발하고 조립 및 분해 작업 절차와 방법을 중심으로 그 결과를 분석하였다.

2. 연구방법

본 논문에서는 2D 기반 교과서를 이용한 현행 교육방식이 항공기 기관실습 교육을 하기에는 제한점과 부족함이 많음을 인식하여 실습교육에 3D 학습 자료를 활용하는 방법에 대해 연구하였다. 다양한 항공기 정비실습 항목 중에서도 부품의 상호 관계와 내부구조에 대한 확실

한 이해가 요구되는 기관실습의 연소실 분해 조립을 선택하였다.

먼저 현재 여러 항공고등학교에서 사용되고 있는 교과서의 관련내용을 분석하여 교과 내용이 연소실의 조립 분해 과정을 숙지하는데 충분한 지를 검토하였다. 이를 바탕으로 학생들이 수업 내용을 쉽게 이해할 수 있도록 상용 3D SW인 Solidworks를 이용하여 연소실의 조립 분해 과정에 대한 3D 학습 자료를 제작하였다[2].

Solidworks를 이용해 먼저 가스터빈기관 연소실을 구성하는 부품을 각각 모델링하여 3D 연소실을 제작하였다. Solidworks의 다양하고 강력한 기능을 이용하면, 부품의 상세한 관찰과 분해 조립 과정의 애니메이션 구현, 외부 케이스의 투명화 등을 통해 내부구조와 부품 상호관계를 이해하는데 도움을 줄 수 있다. 그러나 Solidworks와 같은 3D 소프트웨어를 학교 교육에 활용하려면 고급 사양의 하드웨어와 고가의 소프트웨어 가격은 물론 SW를 익히는 데도 많은 시간이 필요하다는 문제가 있다[7]. 이런 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 Solidworks를 이용하여 3D 콘텐츠를 제작하되 Solidworks를 사용하지 않고도 수업이 가능하도록 MS office power point 2007을 기반으로 전용 viewer를 제작하였다.

제작된 3D 자료는 교육에 효과적으로 활용할 수 있도록 정투상법을 응용하여 X, Y, Z 및 등각방향 등 4가지 방향에서 각각의 연소실 부품과 조립도, 분해도, 애니메이션 등을 학생들이 관찰 할 수 있도록 구성하였으며, 형성평가를 통해 교육 내용을 확인하고 부족한 부분에 대해 보충 할 수 있도록 하였다. 제작한 3D 학습 자료를 수업에 활용하기 위해 학습지도안을 만들어 실제 수업에서 활용할 수 있도록 하였으며, 1차시에 걸쳐 학생들에게 교육을 실시 한 후 결과에 대한 피드백을 통해 3D 학습 자료를 보완하여 수정된 교육 방안을 제시하였다.

3. 연구결과

수업에 있어서 가장 중심이 되는 학습 자료는 교과서이다. 교과서는 교사와 학생 간에 충분한 지식 전달이 될 수 있는 기본이며 표준이 되어야 한다. 국내 5개 항공고등학교에서 사용하는 항공기관 교과서를 조사한 결과 경남교육청에서 2013년 8월30일 승인한 '고등학교 항공기 기관' 인정도서를 공통적으로 사용하고 있다[4]. 항공기 기관 교과서에서 실습 항목이 포함된 단원은 왕복기관, 가스터빈기관, 프로펠러 등으로 3가지로 분류 되며 각 단원에 총 12개의 실습과제가 포함되어 있다. 12개의 실습

항목은 부품의 장탈·착이나 분해·조립이 동반되는 실습과 단순한 측정, 검사 등의 실습으로 나눌 수 있다

그 중 가스터빈기관은 압축기, 연소실, 터빈 등 주요 3가지 부품으로 구성되는데, 그 중에서도 연료를 연소하여 대량의 가스를 발생 시키는 연소실은 추력(Thrust)을 발생시키는 가장 중요한 구성품 중 하나이다. 연소실의 중심부는 가스터빈 기관 중 온도가 가장 높기 때문에 열에 의한 손상이나 균열 등의 결함이 발생 할 가능성이 매우 높고, 작은 손상이 발생하더라도 연소실 내부에서 발생하는 고온, 고압의 가스에 의해 결함이 확대, 전파되는 경향이 있다. 엔진 EGT(Exhaust Gas Temperature) 계기가 한계 범위를 넘어서거나, 엔진의 주기검사 시기가 도래하면 연소실의 결함 여부를 주기적으로 분해하여 검사하여야 하며, 숙련된 정비사에 의해 신중하고 꼼꼼하게 검사되어야 하는 부분이기도 하다.

(표 2) 부품의 장탈·착, 분해·조립이 동반되는 실습
(Table 2) Laboratory courses requiring Assembly/Disassembly of Parts

| 단원 | 실습 항목 |
|-------|-------------|
| 왕복 기관 | 실린더 장탈, 장착 |
| | 마그네토 장탈, 장착 |
| | 피스톤링 검사 |
| | 실린더 안지름 측정 |
| 가스 터빈 | 연소실 장탈, 장착 |
| | 연소실 분해, 조립 |

(표 3) 측정, 검사 실습
(Table 3) Laboratory course material for Measurements & Inspection

| 단원 | 실습 항목 |
|-------|-------------|
| 왕복 기관 | 색조 칩투 검사 |
| | 자분 탐상 검사 |
| | 밸브 간극 조절 |
| 가스 터빈 | 보어스코프 검사 |
| 프로펠러 | 프로펠러 패도 검사 |
| | 프로펠러 깃 각 측정 |

12개 실습 항목을 분석해 보면 부품의 장탈·착이나 분해·조립이 동반되는 실습이 전체의 약 50%에 해당되는 것으로 나타났다. 그러나 부품의 장탈착과 장착 과정 및 분해/조립 과정은 유사하면서도 엄밀히 따지면 서로 다

른 실습으로 분류할 수 있기 때문에 이 부분까지 세부적으로 분류한다면 실습이 전체 항목의 약 2/3 정도에 달한다고 볼 수 있다.

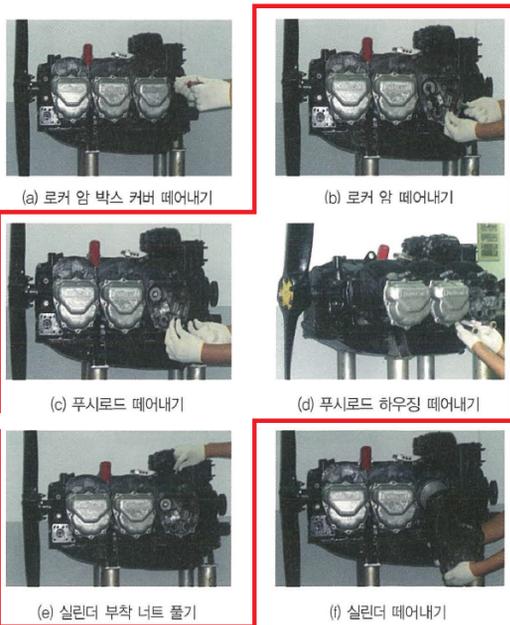
현행 교과서를 실습 항목과 관련한 내용면에서 살펴보면, 교과서라는 매체의 특성상 실습 과정을 텍스트와 그림만으로 실습 과정을 설명하고 있다. 이론이 아닌 실기수업이라는 관점에서 바라볼 때 충분한 이해를 돕기 위해서는 텍스트 설명과 각 설명을 뒷받침해 주는 그림이 충분히 효과적으로 조합되어 있어야 한다. 현재 사용 중인 교과서가 이런 필요성에 충분히 대응할 수 있는지를 파악하기 위해 실습 항목별 설명 텍스트 항목과 교과서에 수록된 그림의 수를 분석해 보았다.

(표 4) 실습 항목별 텍스트와 그림 개수
(Table 4) The number of the test items and the figures shown in the related textbooks

| 실습 항목 | 텍스트 항목 수 | 그림 개수 |
|------------|----------|-------|
| 실린더 장탈 | 13 | 6 |
| 실린더 장착 | 11 | 4 |
| 마그네토 장탈 | 6 | 6 |
| 마그네토 장착 | 14 | |
| 색조칩투검사 | 7 | 6 |
| 자분탐상검사 | 11 | 6 |
| 밸브간극조절 | 5 | 1 |
| 피스톤링 검사 | 4 | 1 |
| 실린더 안지름 측정 | 7 | 2 |
| 연소실 장탈, 장착 | 18 | 3 |
| 연소실 분해, 조립 | 10 | 3 |
| 보어스코프 검사 | 9 | 2 |
| 프로펠러 패도 검사 | 8 | 6 |
| 프로펠러 깃각 측정 | 9 | 2 |

각 실습 항목을 설명하고 있는 텍스트와 그림의 개수를 살펴보면 텍스트 수에 비해 그림이 현저하게 적어서 텍스트 위주로 설명이 되어 있음을 알 수 있다. 마그네토 장탈과 장착 실습의 경우 20개 항목의 절차를 단 6개의 그림으로 표현하고 있으며, 이 그림들마저 마그네토의 이해를 돕기 위한 그림이지 작업 절차를 설명하는 내용과는 거리가 멀었다. 또 실린더 장탈 실습을 살펴봐도 그림 1과 같이 6장의 사진으로 설명하고 있는데 (b)~(e) 까지의 과정에 대한 사진이 하부에 설명이 나와 있기는 하지만 사실상 4개의 사진이 무슨 작업을 설명하고

있는지 사진만 봐서는 차이점을 구분하기조차 힘들어 작업 절차를 설명하기 위한 사진이라고 보기는 어렵다. (a)나 (d)사진도 역시 알아보기 어려운 것은 사실이다. 텍스트 항목과 그림이 조합되어 실습 내용을 효과적으로 나타낼 수 있다면 항목수와 사진의 개수는 큰 의미가 없을 수도 있으나 부품이 분해되는 단계별 과정을 설명하면서 관련 그림이 명확하지 않다면 오히려 역효과를 불러올 수도 있다는 점에서 유의할 점이 아닐 수 없다.



(그림 1) 실린더 장탈, 장착 그림

(Figure 1) Assembly/Disassembly of a Cylinder published by Gyongsangnamdo Office of Education

실습의 형태와 내용면에서 교과서를 분석해 본 결과 항공기 기관 실습의 2/3 이상이 부품의 장탈과 장착, 분해와 조립 과정이 필수적임을 알 수 있었다. 반면 교과서는 2차원 평면상에서 텍스트와 그림만으로 실습과정을 효과적으로 설명해야 하므로 한계가 있을 수밖에 없다. 숙련된 정비사와 할지라도 작업 항목의 순서를 나열한 텍스트와 몇 개의 사진만을 가지고 작업을 수행하기는 어려움이 있다. 더구나 처음 항공정비를 배우기 시작하는 학생들이 교과서만으로 내용을 이해하는 것은 대단히 어려울 것으로 보인다. 즉 텍스트와 2D 사진만으로 표현되어 있는 교과서의 내용만으로는 학생들이 학습내용을 이해하여 실습목표를 달성하는데 분명히 한계점이 있다.

본 연구에서는 3D 영상을 이용하여 2D 기반 학습에서 부족한 부분을 보완하리므로 항공기 정비 실습 과정을 학생들에게 보다 효과적으로 이해시키기 위한 방법에 대해 연구하였다. 항공기 기관실습에서는 부품의 장착과 탈착, 분해와 조립이 동반되는 형태의 실습이 주로 이루어지는 것을 고려하면 정비실습을 위한 교육 자료는 다음과 같은 사항들이 요구된다.

3D학습 자료는 항공기 정비 작업시에 이루어지는 단계별 과정을 충분히 이해하고 습득할 수 있으며, 조립체로 이루어지는 기관 부품 상호간의 조립관계를 이해하는데 도움을 줄 수 방향으로 제작되어야 한다. 또한 교육 자료의 활용 측면에서 보면 제작된 3D 학습 자료를 누구나 쉽게 활용할 수 있어야 하고 학습이 용이해야 한다. 이런 요구사항에 비추어 볼 때 입체로 분해 조립이 이루어지는 실습교육에 2D의 한계를 극복하기 위해서는 각 부품을 3D로 모델링하여 분해 및 조립이 되는 과정을 단계별로 보여주고, 부품을 세부적으로 관찰하여 부품 상호 관계의 이해를 높일 수 있는 방법을 선택하였다.



(그림 2) 경남교육청 발행 항공기 기관 교과서 (Figure 2) Excerpted from a textbook for Combustion chamber published by Gyongsangnamdo Office of Education

본 연구에서는 항공기 기관 교과서에 수록된 12개의 실습 항목 중 비교적 중요도가 높다고 판단되는 캔형 연소실 분해 조립을 중심으로 3D 학습 자료를 제작하였다. 국내 5개 항공고등학교에서는 경남교육청 2013년 8월30일 승인한 '고등학교 항공기 기관' 인정도서를 사용하고

있는 것으로 나타났다. 경남교육청 발행 항공기 기관 교과서 내용 중 연소실 분해·조립 부분을 보면 그림 2와 같이 분해와 조립 과정을 10개 항목과 3장의 사진으로 설명하고 있다. 부품의 명칭이 정확히 표현 되지 않아 실물 연소실이 있다 하더라도 10개의 작업 순서를 따라 작업을 진행하기는 어려움이 있고, 10개의 단계를 단 3장의 사진으로 표현해서는 작업의 절차를 알 수도 없다. 부품 간의 상호 조립 관계에 대한 부분이 설명이 없어 항공정비를 처음 익히는 학생들에게 정확한 작업 절차를 익히기에는 부족함이 많다.

2D 기반으로 작업 과정을 설명하는 현행 교과서의 실습내용을 분석한 결과 기관실습의 학습하는 데 있어 다음과 같은 어려움이 있음을 알 수 있었다.

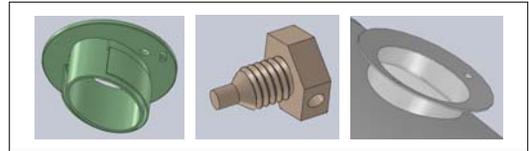
- 첫째, 분해·조립 절차를 텍스트 위주로 절차만 설명하고 있기 때문에 학생들이 이해하는데 큰 어려움이 있다.
- 둘째, 부품의 명칭을 명확히 알 수 있도록 도면이나 별도의 그림 등을 이용하여 자세하게 설명해야 함에도 불구하고 이런 내용이 누락되어 명칭을 잘 알 수 없다.
- 셋째, 작업 절차를 제대로 설명하기 위해서는 단계별로 변화되는 과정을 그림이나 사진을 이용하여 설명하는 내용이 반드시 필요하지만 현재의 교과서에는 이런 내용이 없어서 분해·조립 과정을 정확하게 파악하는데 많은 어려움이 따른다.
- 넷째, 조립 시에 부품 상호간의 연결 관계를 이해하는 것이 대단히 중요한 반면 텍스트에 의한 설명만으로는 이런 관계를 이해하기가 쉽지 않다.

따라서 3D 영상을 기반으로 교육은 이러한 제한점을 극복 할 수 있는 방향으로 이루어져야 하며 학습자료 역시 학생들이 쉽게 활용 가능한 형태로 제작되어야 한다는 점을 전제로 학습 자료를 개발하였다.

3.1 Solidworks를 이용한 3D 학습 자료의 특징

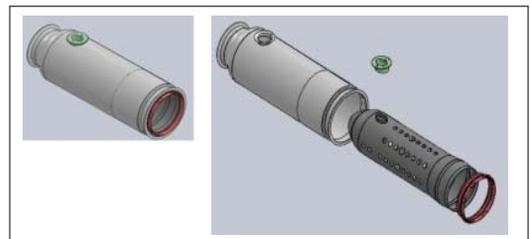
3D 학습 자료와 텍스트나 단순한 그림을 위주로 하는 기존 교과서와의 가장 큰 차이는 3D 학습 자료의 경우 각 부품을 원하는 방향에서 관찰하는 것이 가능하여 각 부품의 세부적인 모습을 3D 영상으로 마치 실물을 보는 것처럼 관찰 할 수 있다는 점이다. 즉 3D 영상을 통해 마치 실물을 보는 것처럼 부품의 특징을 정확하게 파악할 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 뿐만 아니라 조립 과정에

서 일어나는 상호간의 결합 관계를 상세히 관찰할 수 있기 때문에 조립 과정에 대한 이해도 역시 높일 수 있다는 장점이 있다.



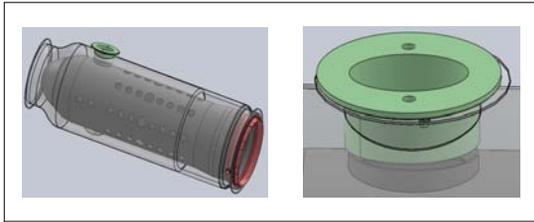
(그림 3) 개별 부품의 세부 확대 화면
(Figure 3) Close-up of each part

항공기 부품의 분해와 조립은 실제 3D로 이루어지기 때문에 2D 기반으로 설명된 교과서의 내용만으로 연소실의 분해조립순서, 부품의 모양, 부품상호간의 조립관계 등 실습작업에 필요한 내용을 알기 어렵다. 해당 기관의 정비 실무경력이 있는 능숙한 실습교사라 하더라도 교과서만을 이용해 교육할 경우 정확히 교육시키기 어렵다는 문제점을 안고 있다. 3D 학습 자료를 활용할 경우 입체 형태의 분해도와 조립도를 볼 수 있어 각각의 부품이 어느 부위에 조립이 되는지 한 눈에 알 수 있다. 또한 가상 공간속에서 분해, 조립되는 모습은 실제로는 볼 수 없는 모습으로 다양한 각도에서 조립도와 분해도를 관찰할 수 있어 분해조립 방법을 정확하게 이해하는데 많은 도움을 줄 수 있다.



(그림 4) 입체 조립도와 분해도
(Figure 4) Exploded views of the outlet casing

Solidworks로 제작한 각각의 부품을 조립한 후 투명기능을 적용하면 그림 5와 같이 외부 케이스(Outer Casing)에 의해 가려져 관찰이 불가능한 케이스 내부의 Flame Tube와 Inner Liner의 상호 조립 관계 등 실물을 확인이 불가능한 부분까지 관찰이 가능하다. 이런 기능을 이용하면 교과서는 물론 실물을 이용한 수업에서도 이해가 힘든 연소실의 조립 과정을 쉽고 정확하게 파악할 수 있으므로 학습 효과를 높이는데 크게 기여할 것으로 판단 된다.



(그림 5) 표면 투명화에 의한 내부 모습 관찰 화면
(Figure 5) Transparent views of the inside of the assembly using the transparency feature

3.2 3D 학습 자료의 제작 방향

2D 기반의 교과서에서 나타난 제한 사항을 분류하면 크게 가) 작업 과정을 글로 설명한 부분에 대한 이해의 어려움, 나) 명칭에 대한 정보의 부족, 다) 분해·조립 절차의 습득 어려움, 라) 부품의 상호조립 관계를 이해 못함 등 4가지로 요약할 수 있다. 그러므로 3D 학습 자료는 2D기반 교과서의 제한 사항을 극복하고 3D의 특징을 잘 활용 할 수 있도록 다음과 같은 기능들을 포함시키는 방향으로 제작하였다.

- 첫째, 부품의 명칭을 쉽게 알 수 있어야 하며, 상세히 관찰 할 수 있어야 한다.
- 둘째, 분해절차와 조립 절차를 체계적으로 익힐 수 있어야 한다.
- 셋째, 투명 기능을 활용하여 부품의 상호 조립 관계를 이해할 수 있어야 한다
- 넷째, 분해도와 조립도를 다양한 관점에서 관찰 할 수 있어야 한다.
- 다섯째, 쉽게 교육에 활용할 수 있어야 한다.

본 연구에서 제작한 3D 학습 자료는 크게 분해도 및 조립도, 부품관찰, 분해 및 조립 애니메이션, Casing 투명화 등의 4가지로 나눌 수 있다. Solidworks를 활용하여 3D로 학습 자료를 제작하는 것도 중요하지만 수업에 참여한 학생들이 어렵게 제작된 3D 학습자료를 자유롭게 사용할 수 환경이 제공되지 않는다면 본연의 목적을 상실하게 된다. 그러므로 3D 자료를 모든 학생이 자유롭게 수업에 활용할 수 있는 방법은 학습 자료의 제작만큼이나 중요한 문제라고 볼 수 있다. 물론 가장 좋은 방법은 Solidworks를 컴퓨터마다 설치하는 방법이다. 그러나 고가의 Solidworks 소프트웨어를 학생 수 만큼 구매하기에는 현실적으로 많은 제약이 따른다. 따라서 3D 영상을

교육에 효과적으로 활용할 수 있도록 하기 위해서는 대부분의 학교에서 사용되고 있는 상용 소프트웨어를 기반으로 학습 자료를 쉽게 활용하거나 독립된 프로그램 형태로 개발하는 작업이 필요하다. Solidworks사에서 Solidworks 파일을 볼 수 있는 eDrawing Viewer를 무료로 제공하고는 있으나 64 bit 운영체제용으로만 다운로드가 되고 32 bit용은 제공되지 않고 있어 교육용으로 활용하기에는 어려움이 따른다. 이외에도 eDrawing Viewer에서는 애니메이션 기능을 활용 할 수 없는 제약이 있기 때문에 강력한 기능에도 불구하고 수업에 적용하는 데는 문제가 있어서 사용하지 않기로 결정하였다.

누구나 쉽게 사용이 가능하면서 Solidworks로 만든 3D 학습 자료를 효과적으로 표현할 수 있는 소프트웨어를 찾던 중 MS Office Powerpoint 2007에서 가능성을 엿보았다. MS Office Powerpoint 2007의 기능 중 슬라이드쇼 - 슬라이드쇼 설정에서 대화형 자동진행을 체크하여 프리젠테이션을 한번 시작하면 Esc Key를 눌러 프리젠테이션 종료를 하기 전까지는 Hyper Link에 연결된 페이지만 메뉴 간에 이동이 가능하고 Hyper Link에 의해서만 페이지 전환이 제한되기 때문에 마치 하나의 독립된 교육용 프로그램을 사용하는 것처럼 사용자 인터페이스를 구축할 수 있다. 특히 웹 브라우저를 사용하는 느낌으로 진행되기 때문에 학생들은 인터넷 웹서핑과 익숙한 인터페이스를 제공받아 쉽게 사용할 수 있다. 이런 점에서 MS Office Powerpoint 2007은 텍스트, 사진, 동영상 등의 멀티미디어를 쉽게 구현할 수 있어 3D 학습 자료를 활용하기 위한 소프트웨어로서 매우 적합하다고 판단된다.

3.3 학습 자료의 구성

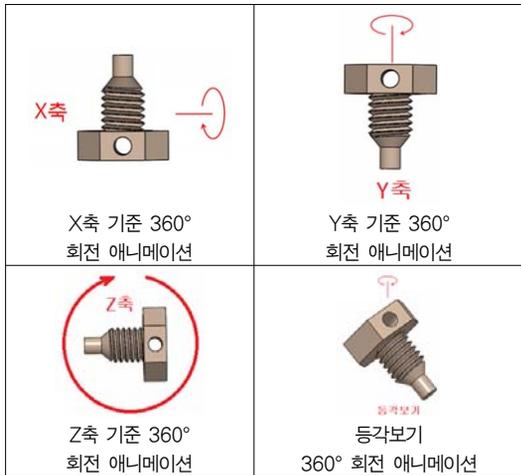
학습 자료의 구성에 있어서는 분해도 및 조립도, 부품 관찰, 분해 및 조립 애니메이션, Casing 투명화 등의 4가지 메뉴를 선정하여 3D 교육 자료의 특징을 가장 잘 활용할 수 있도록 하였다. 부품의 분해도 및 조립도를 클릭하면, 하위 메뉴에서 분해도, 조립도를 별도로 관찰 할 수 있는 화면 구성이 나타난다. 이와 같이 분해도 및 조립도, 부품관찰, 분해 및 조립 애니메이션, Casing 투명화 등의 4가지 주요 메뉴에서 각각의 서브메뉴를 호출하여 세부적인 기능을 활용 할 수 있도록 구성하였다.

학생들에게 3D 자료를 보여주고 효과적으로 관찰 할 수 있는 방법을 연구하던 중 기계제도에서 입체로 되어 있는 물체의 모양과 크기를 도면에 정확하게 나타낼 때 사용하는 정투상법에 대해 주목하였다 [3]. 정면도, 우측



(그림 6) 3D 학습자료 메뉴 구성
(Figure 6) The menu of 3D teaching material

면도, 평면도 등 3가지 방향에서 바라본 도면을 이용하여 3D 객체를 정확히 표현하듯이 X, Y, Z 3가지 축을 기준으로 연소실 부품을 회전시켜 관찰하도록 하면 정투상법과 마찬가지로 정확하게 부품의 모든 면을 상세히 나타낼 수 있다. 또한, 학습 자료에 대한 이해를 더 높이기 위해 제도에서 물체의 정면, 평면, 측면을 하나의 투상면 위에서 볼 수 있도록 물체의 세 모서리가 120°의 등각을 이루게 표현하는 등각 투상도 기법을 추가로 적용하였다 [3].



(그림 7) Lug Bolt 관찰 360° 회전 애니메이션
(Figure 7) 360 degree animated view of a Lug bolt

그림 7 과 같이 Solidworks의 피처를 X, Y, Z축을 기준으로 부품이 360° 회전하는 애니메이션 영상을 제작하여 3가지 방식으로 부품을 관찰 할 수 있도록 하였으며, 학습 효과를 높이기 위해서 등각보기(등각투상도)에서 Y축을 기준으로 360° 회전하는 영상을 추가로 제작하여 3D

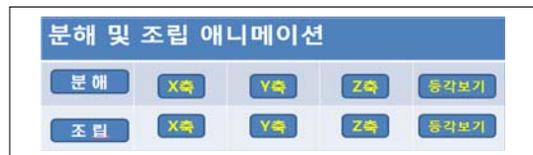
학습 자료에 포함시켰다.

4개의 메인메뉴 중 처음메뉴인 부품관찰의 서브메뉴에서는 그림 7, 그림 8과 같이 각 부품의 명칭을 보여주고 해당 부품을 4가지 방향에서 상세히 관찰할 수 있게 구성하여 부품의 명칭과 모양을 쉽게 익힐 수 있도록 하였다.



(그림 8) Flame Tube 관찰 360° 회전 애니메이션
(Figure 8) 360 degree animated view of a Flame tube

분해도 및 조립도, 분해·조립 애니메이션 등 나머지 메뉴에서는 부품의 명칭이 필요하지 않기 때문에 그림 8과 같이 분해와 조립 2가지 서브메뉴를 구성하여 2가지 항목에 대해 부품 관찰과 마찬가지로 4가지 방향에서 회전하는 애니메이션을 관찰 할 수 있게 하였다. 조립과 분해 상태의 연소실을 각각 4가지 방향에서 관찰함으로써 각 부품이 어떤 방식으로 서로 조립이 되고 분해가 되는지 확인 할 수 있다.



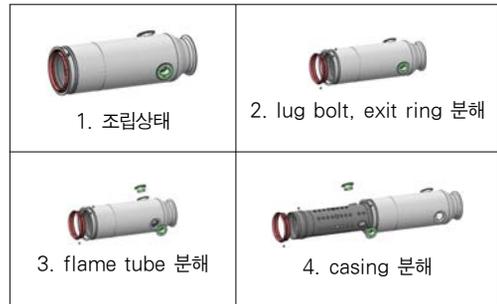
(그림 9) 부품관찰 서브메뉴와 360° 회전 애니메이션
(Figure 9) The Submenu for animation of assembly/disassembly

특히 그림 9와 같이 분해 상태의 부품을 회전시켜 관찰하는 것은 현실에서도 불가능하고 3D 학습 자료에서만 가능한 기능으로 부품의 분해 조립 관계를 이해하는데 큰 도움을 줄 수 있다. 분해 조립 과정을 단계별 애니메이션으로 제작하여 4가지 방향에서 관찰할 수 있게 하여 분해와 조립 절차를 익힐 수 있게 구성하였다. 분해 순서에 따라 부품의 분해·조립 과정을 애니메이션을 통해 반복 학습할 수 있는 장점이 있다. 특히 순서가 틀릴 경우 조립체의 완성이 어려운 연소실 분해조립 순서를 보다 정확하게 이해할 수 있다. 또 필요시 애니메이션 중간에 멈추거나 다른 방향에서의 관찰이 가능하여 보이지 않는 뒷면에서의 조립 모습도 눈으로 확인하고 학습할 수 있어 실습교사가 별도로 설명하지 않아도 분해조립 순서를 학생 스스로 쉽게 이해할 수 있다



(그림 10) 연소실 분해조립 학습 360° 회전 애니메이션
(Figure 10) 360 degree animated view of assembly /disassembly of a combustion chamber

그림 10은 연소실 분해 조립 과정을 단계별로 보여주는 애니메이션이다. 분해 과정을 애니메이션 영상을 통해 순서대로 보여주고, 조립 과정을 분해의 역순으로 보여 주므로써 분해와 조립 순서를 정확히 익힐 수 있다. 애니메이션에 의해 3D 공간상에서 보여지는 분해 조립 과정은 현실에서도 구현이 불가능한 3D 학습 자료만의 핵심적인 특징과 기능이라 할 수 있다. 뿐만 아니라 다양한 시점에서 분해 조립 과정을 관찰하고 학습이 가능하기 때문에 향후 실습교육에 있어 효용성이 높은 매우 효과적인 기능 중 하나라고 생각된다.



(그림 11) 단계별 연소실 분해조립 애니메이션
(Figure 11) Step-by step animated views of assembly /disassembly of a combustion chamber

3D 학습 자료를 이용한 학습 후에는 학습한 내용을 확인하고 평가 할 수 있는 형성평가를 메인 메뉴 하단의 구성에 추가하였다. 형성평가에서는 학생들의 집중력 향상과 학습 효과증진을 위해 풀이 도중 답이 틀리게 되면 힌트를 제공하여 학습 자료를 다시 학습한 후 필요한 부분에 대해 반복학습이 가능하도록 유도하였다. 또한, 형성평가의 질문 내용은 분해조립 순서, 부품 상호관계의 이해, 세부적인 부품의 모습 등 분해조립 실습을 하기 위해서 필요한 내용 위주로 편성하였다.



(그림 12) 형성평가와 힌트화면
(Figure 12) An example of Evaluation and Hint

3D 학습 자료를 이용한 교육은 실제 항공기용 연소실을 이용하여 분해 및 조립 실습 작업이 이루어지기 전에 실습 내용을 충분히 익히기 위한 목적으로 진행되어야 한다. 효과적인 학습을 위해서는 학생 1인당 1대의 컴퓨터를 사용할 수 있는 환경과 제작된 학습 자료를 보는데 필요한 MS office power point (2007 이상 버전)가 미리 준비되어야 한다. 표 5에서는 3D 학습 자료를 이용한 교육을 위한 학습 지도안을 제시하였다.

(표 5) 연소실 분해·조립 3D 학습 지도안

(Table 5) A learning plan for Assembly/Disassembly of a Combustion Chamber using 3D Learning material

| | | | | | |
|---------|---|--|------|------|----------|
| 학습대상 | 고등학교 1학년 | 학습형태 | 개별학습 | 소요차시 | 1/1(50') |
| 학습주제 | ■ 연소실 분해 및 조립 방법의 기능을 습득한다 | | | 학습환경 | 컴퓨터실 |
| 학습목표 | ■ 연소실을 구성하는 구성품의 특징과 조립 상호 관계를 알 수 있다 ■ 연소실 분해 및 조립 순서와 방법을 알 수 있다 | | | | |
| 교수-학습자료 | 3D 학습자료 | | | | |
| 단 계 | 학습과정 | 교수 - 학습 활동 | | | 시간 |
| 도 입 | 동기유발 | ■ 분위기 조성 ㄹ 식사했나요? 밥을 먹으면 몸의 어느 부위에서 소화를 시킬까요? - 위에서 소화가 됩니다 ㄹ 그렇죠~! 그렇다면 비행기에서 사람의 위와 같은 기능을 하는 것이 무엇이 있을까요? - 연소실? ■ 문제의식 갖기 ㄹ 가스터빈 기관의 연소실은 어떻게 검사를 할까? ㄹ 손상 되었을 경우 수리 또는 교환은 어떻게 할까? | | | 5' |
| 전 개 | 학습안내 | ■ 본시 학습 안내하기 ㄹ 연소실의 구성품에 대해 알아 본다 ㄹ 연소실 구성품의 기능과 조립 관계에 대해 알아 본다 ㄹ 연소실 분해 및 조립 순서와 방법을 알아 본다 | | | 40' |
| | 활동 1 | ■ 연소실의 구성품 알아보기 ㄹ 3D 분해도와 조립도를 관찰하여 구성품의 종류를 알 수 있다 ㄹ 각 구성품의 3D 자료를 보고 구체적 외형을 관찰 한다 | | | |
| | 활동 2 | ■ 분해도 및 조립도 학습하기 ㄹ 분해 및 조립된 상태의 3D 애니메이션을 활용하여 분해와 조립 관계를 이해 할 수 있다 | | | |
| | 활동 3 | ■ 분해 및 조립 방법 ㄹ 분해 및 조립 3D 애니메이션을 활용하여 분해순서와 조립 순서를 알 수 있다. ㄹ 3가지 방향과 등각에서의 영상을 관찰 한다 | | | |
| | 활동 4 | ■ 조립 후 부품 상호 관계 확인 ㄹ 외부 Casing 투명화 기능으로 제작된 3D 자료를 관찰 한다 ㄹ 부품이 조립된 이후 부품간의 상호조립 관계를 관찰 한다 | | | |
| 활동 5 | ■ 형성평가 ㄹ 학습한 내용을 바탕으로 형성 평가 실시 | | | | |
| 정 리 | 학습정리 | ■ 학습 내용 정리하기 ㄹ 연소실을 구성하는 부품에 대해 정리 한다 ㄹ 연소실 분해 및 조립 순서에 대해 정리 한다 ㄹ 실제 연소실 분해 및 조립 작업 안전 및 주의 사항에 대해 다음 차시 수업 예시 한다 | | | 5' |

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 항공고등학교 정비실습 교육과정에서 Solidworks를 이용하여 제작한 3D 학습 자료를 활용한 교육 방안에 대해 연구하였다

현행 교과서를 분석한 결과, 분해·조립 절차를 텍스트 위주로만 설명하고 있기 때문에 학생들이 이해하기

어렵고, 부품의 명칭을 명확히 파악하는데 필요한 내용도 충분하지 못함을 알 수 있었다. 특히 분해·조립 과정에서 부품 상호간의 연결 관계를 이해하는 것이 대단히 중요한 반면 교과서에는 단계별 작업 절차에 대한 충분한 설명이 없어서 텍스트와 충분하지 못한 그림만으로는 이런 관계를 이해하기가 쉽지 않아 이를 보완할 수 있는 학습자료 개발이 필요함을 확인하였다.

이런 점을 고려하여 3D 학습 자료는 다음과 같은 점에 주안점을 주고 제작하였다. 우선 부품의 명칭을 쉽게 알 수 있고, 상세히 관찰이 가능하며 분해절차와 조립 절차를 체계적으로 익힐 수 있어야 한다. 또 분해도와 조립도를 다양한 관점에서 관찰할 수 있어야 하며 Solidworks의 투명 기능을 활용하여 부품의 상호 조립 관계를 이해할수록 하였다. 특히 제작된 3D 학습 자료를 학생 개인이 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 3D 애니메이션 영상을 다양한 각도에서 관찰할 수 있도록 MS office power point 2007을 이용하여 볼 수 있도록 하는 전용 viewer를 개발하였다.

본 연구에서 개발된 3D 학습 자료와 전용 viewer를 이용하면 학생들은 정면도, 우측면도 및 평면도 등 3가지 방향에서 바라본 도면을 이용하여 3차원 객체를 X, Y, Z 3개 축을 기준으로 부품을 회전시켜 관찰이 가능하여 부품의 모든 면을 정확하고 상세하게 파악할 수 있다.

특히 실습 시 가장 중요한 조립 및 분해 과정의 경우 분해 과정을 단계별로 애니메이션 영상을 통해 보여준 다음 조립 과정을 분해의 역순으로 보여 주므로써 분해와 조립 순서를 정확히 익힐 수 있다. 애니메이션에 의해 3D 공간에서 보여 지는 분해 조립 과정은 현실에서도 구현이 불가능한 3D 학습 자료만의 핵심적인 특징과 기능이라 할 수 있다. 또 Solidworks의 투명 기능을 활용하면 완성된 조립체 내부의 부품간의 상호 조립 관계까지 확인할 수 있다. 이런 기능을 이용하면 실물을 이용한 수업에서도 구현이 힘든 연소실의 조립 과정을 쉽고 정확하게 파악할 수 있으므로 학습 효과를 높이는 데 크게 기여할 것으로 생각 된다.

3D 학습 자료를 이용한 수업 후에는 분해조립 순서, 부품 상호관계의 이해, 세부적인 부품의 모습 등 분해조립 실습을 하기 위해서 필요한 내용 위주로 형성 평가를 실시하여 형성평가를 필요한 부분에 대해 반복학습이 가능하도록 유도하였다.

본 논문에서는 3D를 이용한 학습 자료를 제작하는 과정과 이를 활용하기 위한 방안에 대해 제시를 하였다. 향후 경북항공고등학교 3학년 학생을 대상으로 통제 집단과 실험집단 2개의 반을 선정하여 표 5에서 제시한 학습지도안을 바탕으로 실험을 진행할 것이다. 설문지를 통해 학습흥미도와 이해도 등에 대해 피드백을 받아 3D 학습 자료의 실제 활용에 대한 실용성과 가능성을 판단해 보고 부족한 부분에 대해서는 수정 보완하여 향상된 교육 방안을 제시할 예정이다.

3D를 학습 자료는 한 개념에 관련된 다양한 형태의

자료를 제공할 수 있으므로 개념을 보다 쉽게 이해 할 수 있을 뿐 아니라 종합적으로 이해를 도울 수 있기 때문에 학생들의 이해도를 높일 수 있다[6]. 그러나 항공정비를 교육하고 있는 4년제 및 2년제 대학 항공정비학부나 육해공군의 항공정비사 교육기관, 국토교통부인정 전문교육기관, 항공고등학교 등 항공정비를 교육하는 기관에서 3D 학습 자료를 제작하여 적용한 사례는 거의 없고 대부분 교과서 중심으로 교육이 이루어지고 있다. 따라서 정확히 알고 정비하는 실력있는 항공정비사의 양성과 이를 통해 항공기 안전사고를 예방하기 위해서는 3D 학습 자료를 이용한 교육 방안에 대한 지속적이고 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3D 학습 자료를 이용한 교육은 위에서 설명한 바와 같이 여러가지 긍정적인 면을 가지고 있다. 그러나 실제 교육 현장에서 적용했을 때 예상치 못한 문제점들이 나타날 수도 있고, 교육의 주체인 교사와 학생들에게 얼마나 효과가 있는 지도 검증할 필요가 있다. 따라서 이를 파악하기 위해서는 3D 학습 자료를 활용한 수업 및 설문지를 활용한 통계 분석을 통해 3D 학습 자료의 교육 효과에 대한 체계적인 분석 및 이를 바탕으로 보완된 교육 방안을 제시하는 작업이 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

“이 논문은 2015학년도 안동대학교 연구비에 의하여 연구되었음”

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] Y. Son, “A study on the application of e-Pedigree to prevent distribution of counterfeit aircraft parts”, Dept. of Air Transport, Transportation & Logistics Graduate School of Korea Aerospace University, Aug. 2013, p.1 <http://www.riss.kr/link?id=T13262614>
- [2] B. Lee, S. Lee, “Step-by-step tutorial - How to learn Solidworks easily”, 『Geongiwon』, Feb. 2014, 2nd edition
- [3] Y. Jang et al, “Basic Drawings for High school”, 『Chunjae Education Inc.』, March 2015, 2nd Edition, pp. 80~107
- [4] J. Jung et al, “Airplane Engine Textbook for High School”, 『Derambook』, March 2014, pp 75~245

http://dream-book.co.kr/default/menu1/menu11.php?com_board_basic=read_form&com_board_idx=63&topmenu=1&left=1&&com_board_search_code=&com_board_search_value1=&com_board_search_value2=&com_board_page=&

- [5] T. Lee, J. Kim, “Applying Solidworks as a teaching tool to train assembly and disassembly of Airplane combustion chamber at aviation high school”, 『Korean Society for Internet Information, Fall Conference』, Oct. 2015
- [6] Y. Kim “Design and Implementation of a 3D Courseware For Internal-Combustion Engine”, 『Computer Science Education Major Graduate School of Education Semyung University』, Aug. 2001, p.27
<http://lod.nl.go.kr/page/KDM200142473>
- [7] H. Rhyu, “The Design and Embodiment of Course Data Using 3D Computer Graphic Animation”, 『Department of Education Graduate School of Education Dankook University』, May. 2007 p.40
<http://www.riss.kr/link?id=T11017821>

● 저 자 소 개 ●



이 태 균 (Tae-gyoon Lee)

1996년 호원대학교 정보통신공학과(공학사)
2015년 ~현재 안동대학교 교육대학원 정보통신교육전공(석사과정)
관심분야 : 3D 교육, 항공정비.
E-mail : ggopdan@naver.com



김 종 성 (Jong-seong Kim)

1980년 경북대학교 전자학과(공학사)
1982년 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1992년 University of Rhode Island, 대학원, 전기컴퓨터공학과(공학박사)
2004-2005 : University of Alberta, 컴퓨팅 사이언스 학과 객원교수
1994~현재 안동대학교 사범대학 전자공학교육과 교수
관심분야 : 3D 영상처리, 3D 기반 교육
E-mail : rhody@hanmail.net