

## 가슴형상 측정을 위한 PMP Moire 방법 활용

이 가 나 · 육 근 철\*\* · 김 병 미\*\*  
공주대학교 교육대학원 물리교육과 석사과정  
공주대학교 사범대학 물리교육과 교수\*\*  
공주대학교 자연과학대학 의류상품학과 교수\*\*

### A Study on the Measurement of the Breast Shape on Living Body by Using a PMP Moire Method

Ga-Na Lee · Keun-Cheol Yuk\*\* · Byeong-Mee Kim\*\*

Dept. of Physics Education, graduate school of Education, Kongju National University

Prof., Dept. of Physics Education, Kongju National University\*\*

Prof., Dept. of Fashion Design & Merchandising, Kongju National University\*\*

(2009. 3. 5. 접수; 2009. 5. 1. 수정; 2009. 5. 8. 채택)

#### Abstract

Recently, as custom-made demand about female underwear is increased, securing of a various dimension system is urgent, and satisfaction of each customer cannot be heightened with established dimensions. If we could measure shape of a living body with a fast and simple method, the custom-made demand of customers could be satisfied in the underwear as well as a clothing industry by using the method. One of the alternatives is shape measurement of the living body by a Moire fringe method.

If we put a grating in front of an object to be measured and illuminate light, a Moire fringe with contour line shape is generated in the object, so we can conveniently measure object shape without touching directly by using the pattern.

The Moire fringe and three-dimensional shape of the breast of the living body was acquired by a PMP method using a polygon mirror, and height and bottom width of the breast of the living body were measured by using obtained data in this study. Data of breast shape measurement through a mannequin was collected in a previous step as basic material for measuring the breast shape measurement of the living body.

Three women in the twenties were selected as one of methods for measuring breast shape of a woman. As a result of the breast shape measurement of a living body A, it was measured that height of the breast was about 67.24mm and the bottom width was 13781.60mm<sup>2</sup>.

This study is expected to contribute for collecting basic data of a female underwear industry and establishing a specification of a dimension system.

**Key Words:** Moire(무아레), Three-dimensional shape(3차원형상), PMP(Phase Measuring Profilometry), Breast shape measurement of a living body(인체의 가슴형상 측정)

---

Corresponding author ; Keun-Cheol Yuk

Tel. +82-41-850-8305, Fax. +82-41-850-8301

E-mail : kimbm@kongju.ac.kr

## I. 서론

측정하고자 하는 물체 앞에 격자를 놓고 빛을 비추면 그 물체에 등고선 형태의 Moire 무늬가 생기게 되고 우리는 그 무늬를 이용하여 직접 손을 대지 않고도 물체의 형상 측정을 간편하게 할 수 있다. 최근 여성 속옷에 대한 맞춤형 요구가 높아지면서 다양한 치수체계의 확보가 시급하며 또한 제정된 치수로는 소비자 하나하나의 만족도를 높일 수 없다. 빠르고 간단한 방법으로 인체의 형상을 측정할 수 있다면 이를 활용하여 속옷뿐만 아니라 의류산업에서도 소비자의 맞춤형 요구를 충족시켜 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서는 회전다면경을 이용한 PMP(Phase Measuring Profilometry)방법에 의하여 인체 가슴의 Moire 무늬와 3차원 형상을 획득하고 얻어진 자료를 이용하여 인체 가슴의 높이와 밑넓이를 측정하고자 한다. 또한 본 연구를 통하여 앞으로 여성 속옷산업의 기본 자료를 수집하고 치수체계의 규격을 제정하는 데 이바지 할 수 있을 것으로 기대한다. 인체의 가슴 형상 측정을 위한 전단계로 마네킹을 통한 가슴 형상 측정 data를 수집하여 기초 자료로 삼는다. 그리고 인체의 가슴 형상을 측정하기 위한 방법의 하나로 3명의 20대 여성을 선정하여 측정 방법과 data를 확보한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 무아레 무늬

무아레 무늬(Moire Fringe)는 백색광하에서 공간적으로 주기성을 갖는 2개 이상의 반사판이나 투과판을 겹쳐 놓을 때 보다 큰 주기를 갖는 물결무늬 형태의 간섭무늬를 말한다. 무아레 무늬는 비간섭성 광원을 사용해서도 얻을 수 있는 일종의 강도간섭 효과이다.

무아레 토포그래피(Moire Topography)는 두 개의 같은 주기를 갖는 구조가 서로 겹쳐질 때 나타나는 새로운 주기의 무늬에서 3차원적인 물체의 형상을 측정하는 기술로 그림자식과 투사식으로 나누어진다. 그림자식은 물체 가까이에서

위치한 격자를 통하여 물체를 볼 때 물체면에 투영된 격자의 그림자와 기준격자의 간섭에 의하여 발생된 무아레 무늬를 관찰하여 물체에 대한 정보를 얻는 방법으로 실험장치가 비교적 간단하다. 이에 반하여 투사식은 환등기 등을 이용하여 격자의 상을 물체에 투영시키고 이를 다른 격자를 통하여 볼 때 발생하는 무아레 무늬로부터 물체에 대한 정보를 얻는 방법으로 비교적 큰 물체의 측정에 이용된다. 무아레 토포그래피는 인체와 같이 접촉식 측정 방법으로는 측정하기 곤란한 형상 측정에 편리하며 이동하고 있는 물체의 정보를 손쉽게 알아낼 수 있는 새로운 기법이다. 움직이고 있는 물체의 형상을 2차원적 사진으로 등고선 형태의 윤곽선 무늬를 얻어 낸 다음 다시 3차원적 정보로 재현할 수 있다는 점에서 오늘날 그 응용 범위가 크게 주목받고 있다.

### 2. PMP Moire 방법에 관한 연구

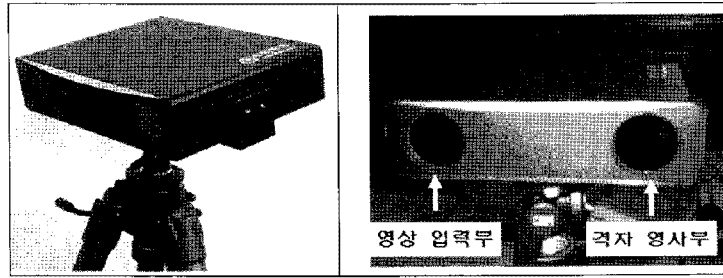
영사식 무아레 토포그래피에서는 광학계가 복잡한 단점과 우수한 측정정도를 동시에 가지고 있는데, 위상측정 형상측정법(PMP:Phase Measuring Profilometry)에서는 영사식 무아레에서 사용하는 위상천이법을 주된 방법으로 하여 우수한 측정정도를 확보하면서 광학계를 대폭 간소화시킨 측정법이다. 미세한 다수의 격자를 형성하는 빛의 밝기가 짜인파(정현파)가 되도록 하여 측정물에 영사하고, 이 격자를 위상천이시켜서 격자의 위상값을 최대한으로 세분화하여 얻고 있다. 또한 위상천이 횟수를 자유롭게 조절할 수 있다. 따라서 앞에서 기술된 다른 방법들보다 훨씬 정확한 격자의 각도를 얻을 수 있고, 결국 우수한 측정자료를 얻을 수 있게 된다.

## III. 연구내용 및 방법

### 1. 실험 장치 및 방법

#### 1) 실험 장치

본 연구에 사용된 스캐너는 지스캔사의 exyma-E

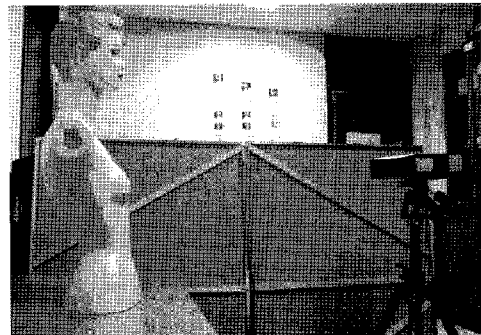


<그림 1> 3D scanner

이다. exyma-E는 측정영역 대비 높은 측정 분해능을 가지는 무아레방식과 간결한 시스템 구성에 용이한 위상천이 형상측정법의 장점을 결합시킨 고정밀, 고속, 비접촉식 3D Scanner이다. exyma-E는 격자의 위상천이 횟수를 자유롭게 조절할 수 있으며 간편하게 40회 이상의 위상천이를 신속하게 처리할 수 있다. 무아레방식을 이용하여 3차원 정보를 획득하고자 할 경우, 격자 간격이 조밀하게 지원될수록 고정밀의 3차원 기하정보, 3차원 자유곡면정보를 획득할 수 있다.

또한 exyma-E를 이용해 획득한 3차원 형상의 정보는 RapidForm 2006을 이용하여 구현하였다. (주)아이너스기술의 RapidForm 소프트웨어는 3차원 스캐너 및 3차원 측정 장비를 이용해 획득한 3차원 형상의 정보를 고품질의 polygon 및 곡면 모델로 재구성하여 주는 3D 스캐닝 소프트웨어이다.

획득한 후 마네킹 가슴의 높이와 밑넓이 및 부피측정을 위하여 RapidForm 소프트웨어를 이용하였다. exyma-E를 통해 획득한 3차원 형상의 이미지파일을 RapidForm에서 열어 인체의 가슴형상에 대한 측정값을 얻었다.



<그림 2> 3D scanner와 물체사이의 거리측정

2) 측정 방법

PMP장치와 인체 사이의 거리가 80cm가 되도록 하여 인체의 가슴형상을 측정하였다. 측정에 사용한 스캐너 exyma-E는 PC와 연결되어 있어 측정한 이미지를 곧바로 PC를 통해 획득할 수 있다. scan, 무아레 무늬, 3차원 형상을 차례로

2. 인체의 가슴형상 측정

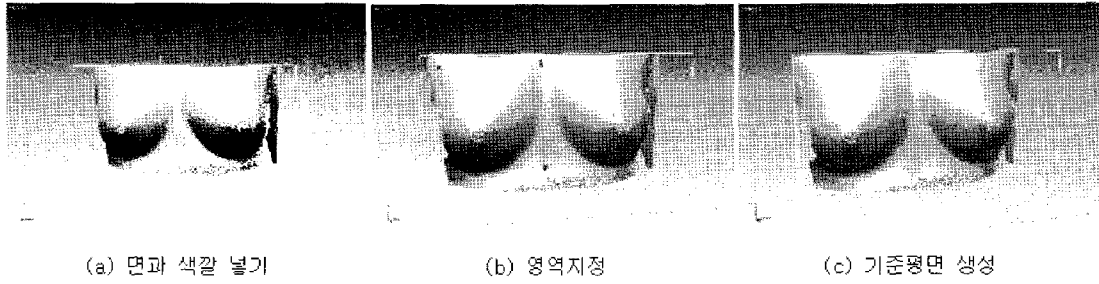
- 1) 인체의 가슴형상 scan, Moire무늬, 3차원 형상

인체의 가슴형상 Moire무늬와 3차원 형상을 획득하기 위하여 3명의 20대 여성을 선정하여 상의를 탈의한 후 가슴형상을 측정하였다.



(a) scan 상태                      (b) 무아레 무늬                      (c) 3차원 형상

<그림 3> 인체A의 피부에 파운데이션을 발랐을 때의 scan상태, 무아레 무늬, 3차원 형상

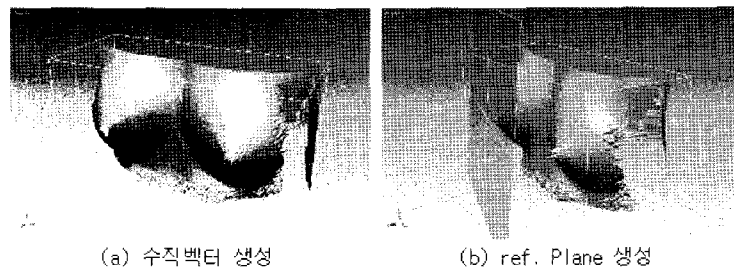


(a) 면과 색깔 넣기

(b) 영역지정

(c) 기준평면 생성

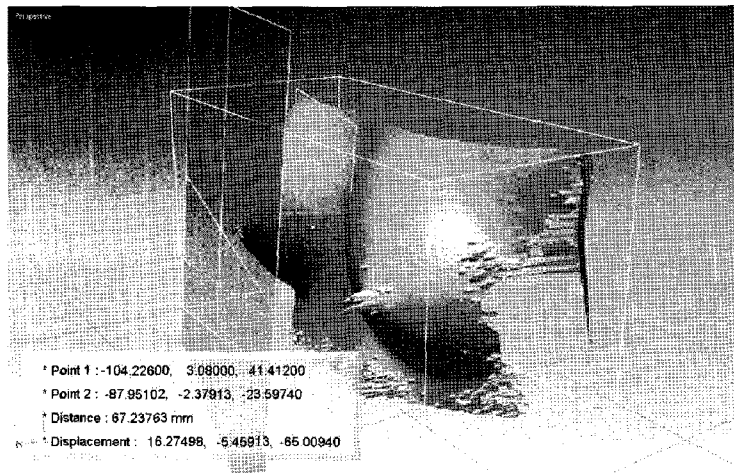
<그림 4> 기준평면 생성과정



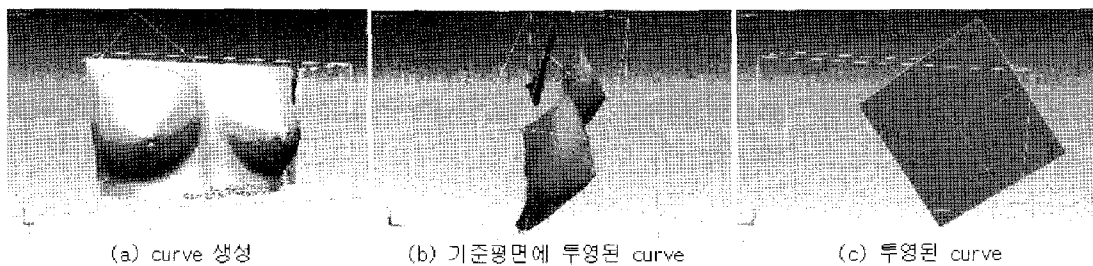
(a) 수직벡터 생성

(b) ref. Plane 생성

<그림 5> ref. Plane 생성과정



<그림 6> 인체 가슴의 높이 측정

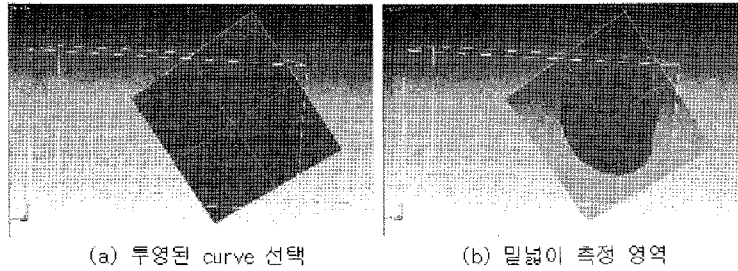


(a) curve 생성

(b) 기준평면에 투영된 curve

(c) 투영된 curve

<그림 7> curve 생성과 기준평면에 투영 과정



(a) 투영된 curve 선택

(b) 밑넓이 측정 영역

<그림 8> 밑넓이 측정영역 선택과정

<그림 3>은 피부에 파운데이션을 바른 인체A의 scan상태, 무아래 무늬, 3차원 형상이다.

2) 인체 가슴의 높이, 밑넓이, 부피 측정

(1) 인체 가슴의 높이 측정

가장 뚜렷하게 얻어진 3차원 형상의 파일을 RapidForm 2006 프로그램에서 열어 인체의 오른쪽 가슴의 높이를 측정하였다. <그림 4>의 (b)와 같이 기준평면을 생성할 곳에 4개의 영역을 지정하여 (c)와 같이 기준평면을 생성한 후 불필요한 부분은 지운다.

기준평면으로부터 수직벡터를 생성한 후 최고점에 ref. Plane을 생성한다.

기준평면과 ref. Plane 사이의 수직거리를 측정하여 인체 가슴의 높이를 구한다. <그림 6>에서 <Distance>가 최고점의 높이이다.

(2) 인체 가슴의 밑넓이 측정

<그림 7>의 (a)와 같이 밑넓이를 구할 영역에

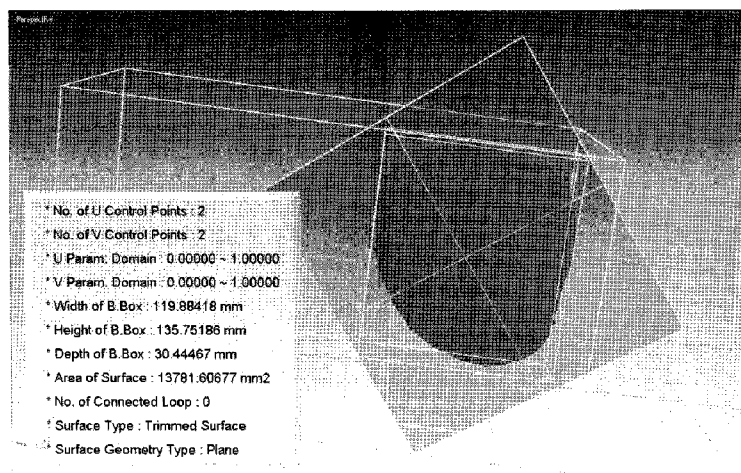
curve를 생성하여 이 curve를 기준평면에 투영시킨다. <그림 7>의 (b)를 보면 기준평면에 curve가 투영된 것을 볼 수 있다. <그림 7>의 (c)는 기준평면에 투영된 curve를 기준평면의 뒤에서 본 모습이다.

투영된 curve를 <그림 8>의 (a)와 같이 4개의 점으로 연결하고, 이 curve를 선택하면 <그림 8>의 (b)와 같이 밑넓이를 측정할 영역만 진한 색으로 선택이 된다.

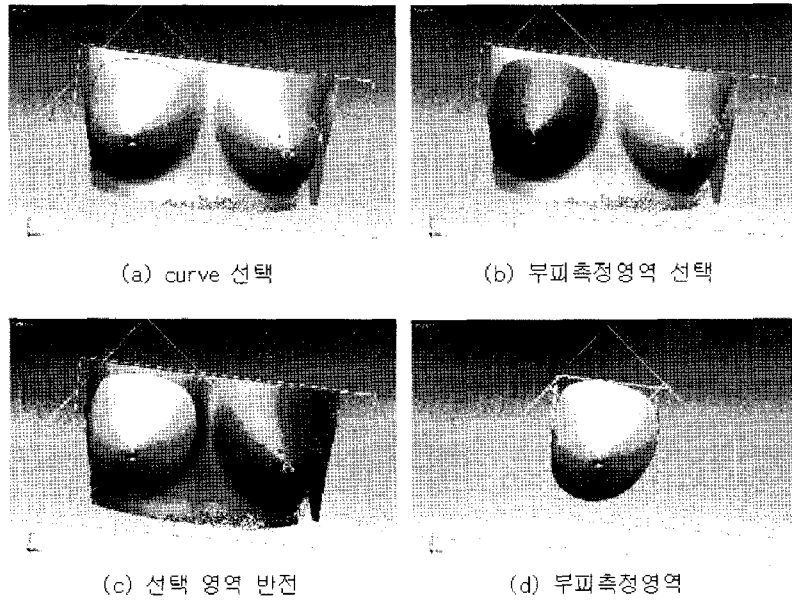
진한 색의 surface를 선택하면 선택영역의 정보가 나타나며, <그림 9>의 <Area of Surface>가 인체의 오른쪽 가슴의 밑넓이가 된다.

(3) 인체 가슴의 부피 측정

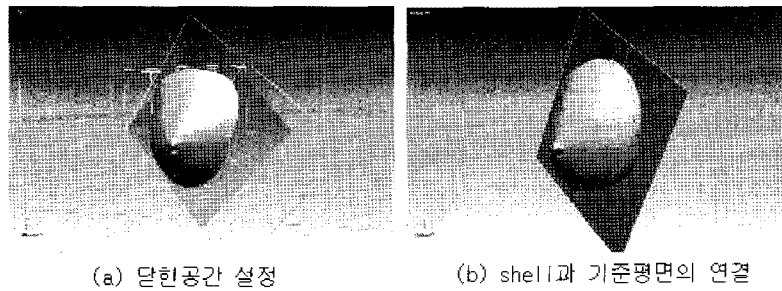
밑넓이를 구하기 위해서 생성했던 curve를 이용하여 <그림 10>의 (b)와 같이 부피를 측정할 영역을 선택한다. 필요 없는 부분을 삭제하기 위해서 <그림 10>의 (c)와 같이 선택한 영역을 반전하여 삭제하면 <그림10>의 (d)와 같이 부피를 측정하기 위해 필요한 부분만 남는다.



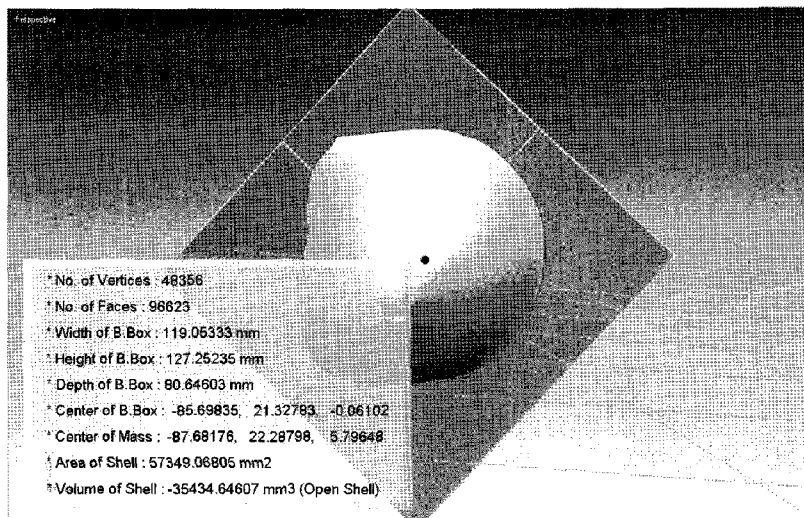
<그림 9> 인체 가슴의 밑넓이 측정



<그림 10> 부피 측정영역 선택과정



<그림 11> shell과 기준평면의 연결과정



<그림 12> 인체 가슴의 밑넓이 측정

부피를 측정하기 위해 열려있는 상태의 기준 평면을 <그림 11>의 (a)와 같이 붉은색 평면을 이용하여 닫힌 공간으로 만들어 주면 <그림 11>의 (b)와 같이 shell과 기준평면이 서로 연결이 되어 부피를 측정할 수 있는 상태가 된다.

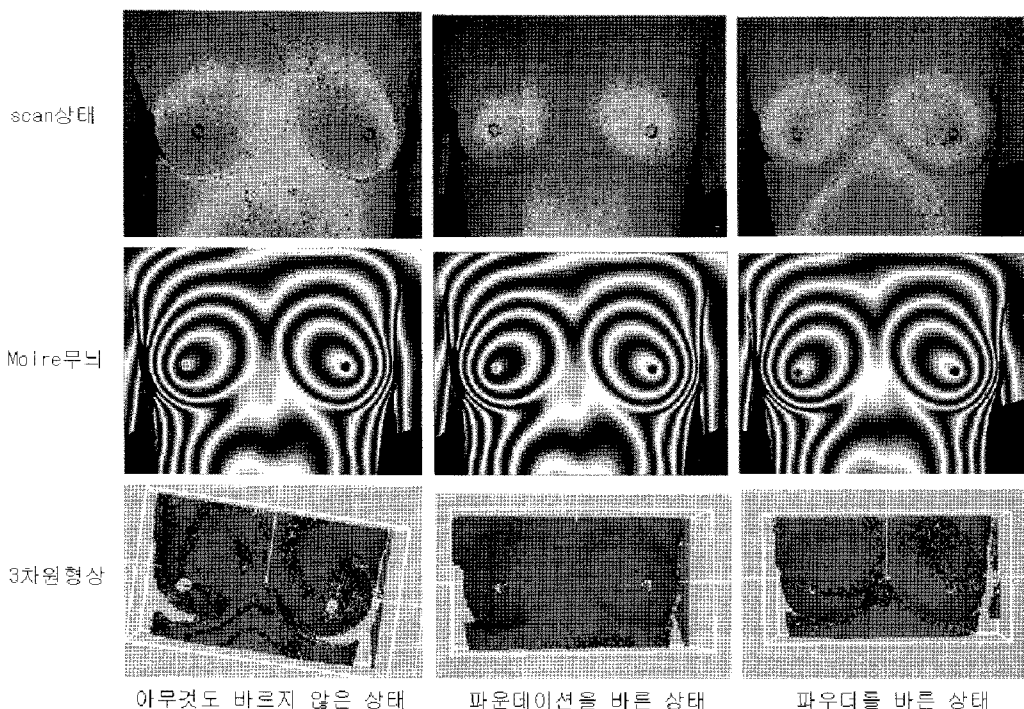
완성된 이미지를 선택하면 선택영역의 정보가 나타나며, <그림 12>에서 <Volume of Shell>이 인체 가슴의 부피이다.

## IV. 결 과

### 1. 인체의 가슴형상 scan, Moire무늬, 3차원 형상

PMP장치와 인체와의 거리가 80cm 가 되도록 하여 측정하였다. 상의를 탈의하고 피부에 아무것도 바르지 않은 상태에서 측정을 하여 그때의 scan상태, 무아레 무늬, 3차원 형상을 획득하였다. 여성 화장품 파운데이션을 바른 상태, 파우더를 바른 상태도 같은 방법으로 측정을 하였고, 데이터를 획득하였다.

<그림 13>은 인체A의 피부상태에 따른 scan 상태, 무아레 무늬, 3차원 형상이다. 피부에 아무것도 바르지 않은 상태에서의 scan상태의 이미지를 보면 가슴 부분에서 밝은 연두색 무늬가 나타나지 않아 그때의 3차원 형상이 제대로 얻어지지 않았다. 피부에 파운데이션을 바른 상태에서의 scan이미지는 가슴부분이 선명하게 밝은 연두색을 나타내었고 이때 가장 뚜렷한 3차원 형상을 획득할 수 있었다. 그러나 scan상태나 피부결에 따른 무아레 무늬의 차이는 크게 없었고 대부분의 무아레 무늬는 선명하게 획득하였다. 단, scan을 하는 과정에서 선명하게 밝은 연두색을 나타내지 않으면 깨끗한 3차원 형상을 획득하기 어려웠다. 그리고 scan상태의 사진을 보면 어두운 점 형태의 잡음이 나타나는데 이것은 인체의 미세한 움직임이 포착된 것으로 보인다. 자연스럽게 숨을 쉬면서 측정을 할 때는 잡음이 많이 나타났고, 측정하는 동안 잠깐 호흡을 멈추었을 때는 잡음이 적게 나타났다.



<그림 13> 인체A의 피부상태에 따른 scan상태, 무아레 무늬, 3차원 형상

## 2. 인체 가슴의 높이, 밑넓이, 부피 측정

### 1) 인체 가슴의 높이 측정

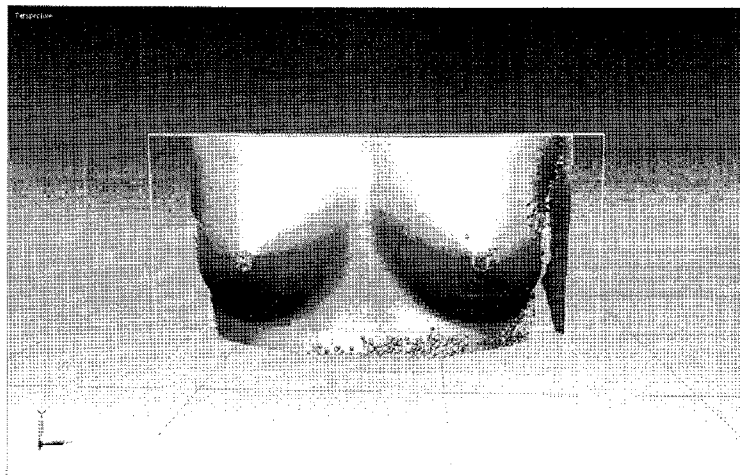
인체의 3차원 형상의 파일을 RapidForm 2006 프로그램에서 열어 인체 가슴의 높이를 측정하였다. 높이, 밑넓이, 부피를 측정하기 위해서는 3차원 형상이 뚜렷하고 구멍이 적어야 좋다. 따라서 인체 가슴형상의 측정에는 구멍과 잡음이 가장 적은 인체A의 파운데이션을 바른 상태의 3차원 형상을 이용하였다.

<그림 14>는 인체A의 3차원 가슴형상을 RapidForm 2006에서 열었을 때의 상태이다. 왼쪽 가슴 형상과 오른쪽 가슴형상을 비교했을 때 오른쪽 가슴의 형상이 왼쪽 가슴의 형상보다 구멍이 적고

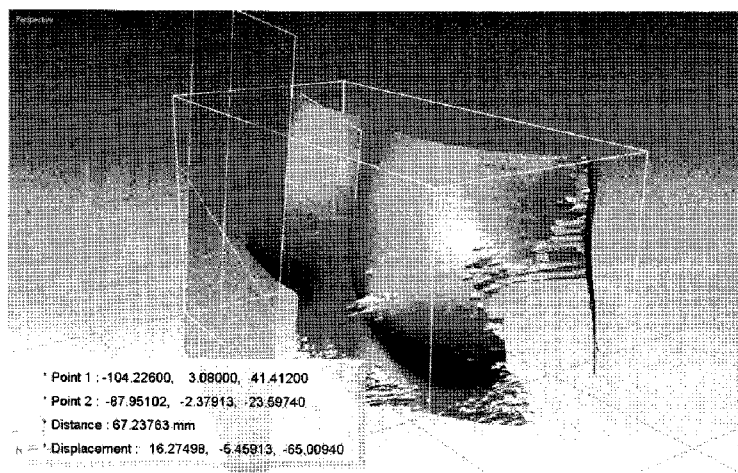
매끄러워 인체A의 오른쪽 가슴 형상에 대한 측정을 하였다. 기준평면을 오른쪽 가슴 형상 쪽에 생성하여 수직벡터를 만들고 기준평면으로부터 최고점까지의 높이를 측정하였다. 그러나 <그림 15>를 보면 최고점에서의 3차원 형상의 이미지가 깨져있어 실제보다 뾰족하게 솟아있다. 따라서 인체A의 실제 가슴의 높이와 오차가 있을 것이라 생각된다. 인체A의 가슴의 높이는 약 67.24mm로 측정되었다.

### 2) 인체 가슴의 밑넓이 측정

인체A의 가슴 형상에 구멍이 너무 많아 curve를 생성하기가 어려웠다. 그래서 밑넓이를 측정하기에 앞서 <그림 16>과 같이 오른쪽 가슴부분

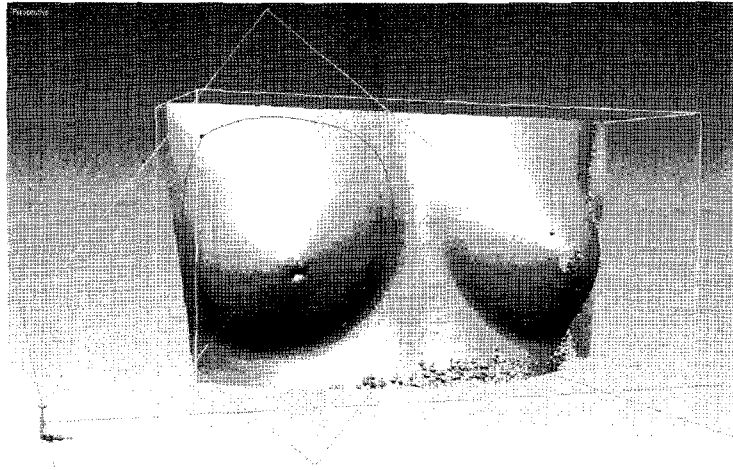


<그림 14> 인체A의 가슴형상을 RapidForm 2006 프로그램에서 열린 상태

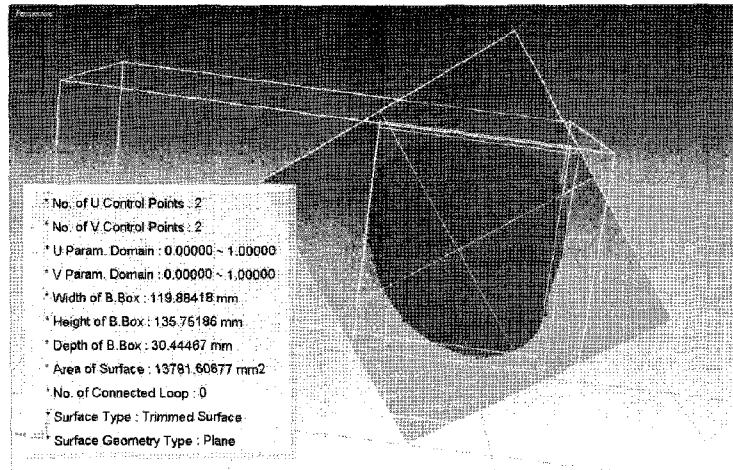


<그림 15> 인체A의 오른쪽 가슴의 높이 측정





<그림 16> 인체A의 오른쪽 가슴에 생성시킨 curve



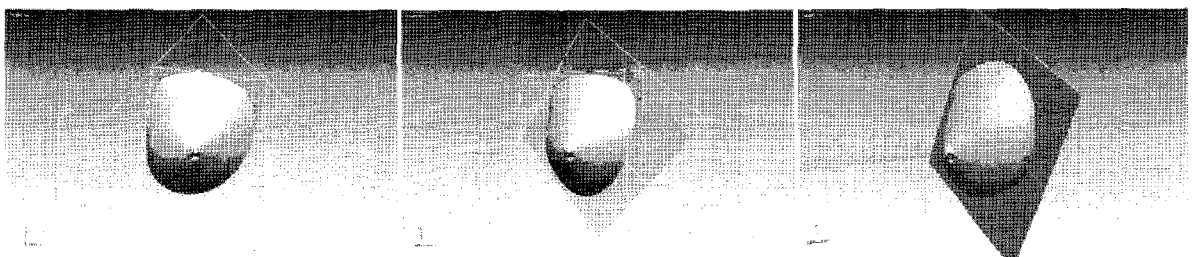
<그림 17> 인체A의 오른쪽 가슴의 밑넓이 측정

의 구멍을 모두 메운 다음 curve를 생성하였다. 가장 오른쪽 부분의 구멍은 매우 컸기 때문에 구멍을 메우는 과정에서 부드럽지 못하고 경사지게 구멍을 메웠다. 따라서 그 부분의 curve 또한 자연스럽지 못하다. 생성한 curve를 기준평면에 투영하여 투영된 curve의 밑넓이를 측정하였다.

인체A의 오른쪽 가슴의 밑넓이는 약 13781.60mm<sup>2</sup>이다.

### 3) 인체 가슴의 부피 측정

가슴형상의 부피를 측정하기 위해서는 가슴

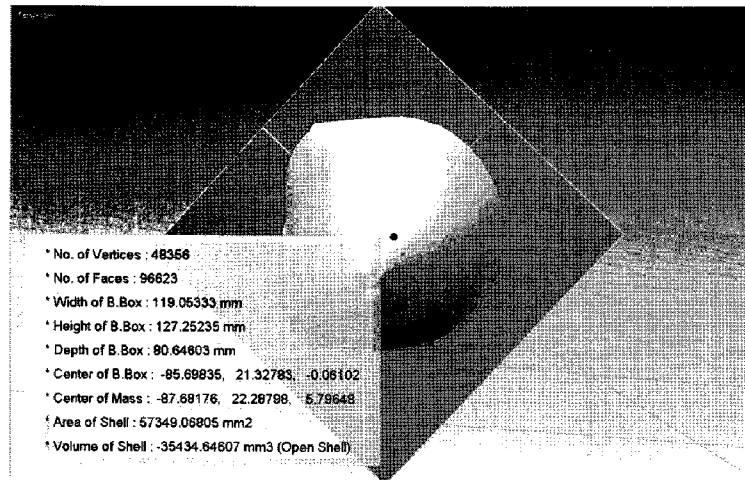


(a) 부피 측정 영역

(b) 말린공간 설정

(c) shell과 기준평면의 연결

<그림 18> 가슴 형상의 폐곡면 생성 과정



<그림 19> 인체A의 오른쪽 가슴의 부피 측정

형상이 폐곡면의 상태가 되어야한다. 그런데 폐곡면을 만드는 과정에서 기준평면이 닫힌 상태가 되지 않아 폐곡면이 만들어지지 않았다. 기준평면이 닫힌 상태가 되려면 <그림 18>의 (b)에서 보여지는 붉은색 평면과 기준평면이 일치해야 하는데 두 평면을 일치시키는 과정이 이루어지지 않는다. 기준평면의 위치와 curve의 생성 과정에서 문제가 발생했을 것으로 생각되어진다. 가슴 형상은 Open Shell이 되어 부피를 측정하지 못하였다.

## V. 결론 및 제언

본 연구에서는 인체의 가슴 형상 측정을 위하여 20대 여성 3명을 선정하여 PMP방법에 의하여 가슴 형상을 측정하였다. 이때 피부에 아무 것도 바르지 않은 상태, 파운데이션을 바른 상태, 파우더를 바른 상태로 나누어서 측정을 하였고 각각의 scan data, 무아레 무늬, 3차원 형상 data를 획득하였다. 피부결의 상태에 따른 무아레 무늬의 차이는 볼 수 없었고, 인체의 가슴 형상을 scan할 때 적정거리를 유지하여 scan data에 밝은 연두색 무늬가 뚜렷하게 나타나야 정확한 3차원 형상을 획득할 수 있다. 인체 가슴의 3차원 형상 data를 RapidForm 2006 프로그램에서 열어 인체 가슴의 높이와 밑넓이를 측정하였다. 그러나 인체 가슴 형상의 높이를 측정하는 과

정에서 기준평면을 생성해야 하는데 측정할 때마다 기준평면을 재설정해야하기 때문에 기준평면의 위치가 고정적이지 못하고 매번 바뀌는 문제점이 있다. 또한 밑넓이를 측정할 때 측정영역 설정을 위한 curve의 생성과정에서 인체 가슴의 정확한 기준을 잡기가 어렵다. 기준평면과 curve의 생성 과정에서의 정확성이 요구된다.

PMP장치를 이용하여 획득한 3차원 형상 data를 RapidForm 2006에서 열었을 때 많은 구멍이 나타난다. 특히 미세한 움푹임을 보이는 인체의 경우 움푹임이 전혀 없는 마네킹에 비하여 구멍과 잡음이 많다. 정확한 측정값을 얻기 위해서 구멍과 잡음을 줄일 수 있는 방법이 개발되어야 한다.

## 참고 문헌

- 1) 육근철, 조재홍, 장수 (1993). 두 개의 색 광원에 의해서 형성된 주기적인 구조에 의한 그림자식 무아레 무늬의 절대차수 결정. *새물리* 33, pp.161-165.
- 2) 육근철, 조재홍, 장수 (1993). 그림자식 무아레 토포그래피에서의 광원과 격자의 이동에 대한 무늬 민감도. *새물리* 33, pp.166-170.
- 3) 육근철, 조재홍, 장수 (1994). 그림자식 무아레 토포그래피에서 세가지 색광원을 이용한

- 물체의 높낮이 판별법. *새물리* 34, pp.241-245.
- 4) 김종수, 조재홍, 장수(1995). 그림자식 색채 무아레 토포그래피를 이용한 불연속적인 물체의 절대차수 측정 및 공간분해능 향상. *새물리* 35, pp.312-315.
  - 5) 박윤창 (2000). 모아레 현상의 원리와 응용. *한국정밀공학회지* 17(6), pp.25-31.
  - 6) 박윤창, 정경민, 장석준, 박경근 (2001). 회전 다면경을 이용한 줄무늬 격자 영사방법에 관한 연구. *한국정밀공학회지* 18(6), pp.159-165.
  - 7) P.S Theocaris (1969). *Moire fringes in Strain Analysis*. Pergamon-Oxford.
  - 8) H. Takasaki (1973). Moire Topography. *Appl. Opt.* 12, pp.845-850.
  - 9) P. Szwaykowski and K. Patorski (1989). Moire fringes by evolute gratings. *Appl. Opt.* 28, pp.4679-4681.
  - 10) Y. Yoshino and H. Takasaki (1976). Moire Topography by means of a grating Hologram. *Appl. Opt.* 15, pp.2414-2417.
  - 11) M. Idesaws, T. Yatagai. and T. Soma (1977). Scanning moire method and automatic measurement of 3-D Shapes. *Appl. Opt.* 16, pp.2152-2162.
  - 12) D. T. Moore and B. E. Truax (1979). Phase-locked moire fringe analysis for automated contouring of diffuse. *Appl. Opt.* 18, pp.91-96.