Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 24, No. 4 pp.7-13, November 2005

3차원적 접근 방식을 통한 머리 부위 사진 측정법의 개발*

김 웅** · 남윤자** · 김민효***

Development of the Photogrammetric Method of Head Through 3-Dimensional Approach*

Woong Kim**, Yun-Ja Nam**, Min-Hyo Kim***

ABSTRACT

We developed an accurate and reliable photogrammetric method available instead of the direct measurement method and the three-dimensional scanning method. Our research was restricted to a head on the body. Approaching three-dimensionally, we calibrated a distorted image of a photograph and got linear equations of camera beams. Then we assigned z values of landmarks in the head and obtained three-dimensional coordinates for each landmark putting those z values in linear equations of camera beams and finally could calculate measurement results from those three-dimensional coordinates. When we compared results obtained by a program, 'Venus Face Measurement(VFM)' that we had developed applying our method with results obtained by the direct measurement method, VFM showed very accurate and reliable results. In conclusion the photogrammetric method developed in this study was testified to an outstanding measurement method as a substitute for the direct measurement method and the three-dimensional scanning method.

Keyword: Photogrammetric method, Three-dimensional, Head, Venus Face Measurement

1. 서 론

인체 측정은 기능적이고 아름다운 의복을 제작하기 위한 가장 기초적인 작업이다. 의류학에서 일반적으로 사용하고 있는 인체 측정 방법은 크게 직접 측정법과 간접 측정법으로 나눌 수 있다. 숙련된 측정자가 국제적 표준의 마틴 계측기를 이용하여 피험자를 직접 측정하는 것이 직접 측정법이고 인체 형상의 재현물에서 측정치를 얻어내는 방법을 간접 측정법이라고 한다. 간접 측정법에는 사진 측정법, 석고 붕대법, 슬라이딩 게이지법, 모아레 사진 측정법, 3차원 스캐너 측정법 등이 있다.

직접 측정법은 실제 피험자를 통하여 측정치를 얻으므로 어느 정도의 신뢰성이 있지만, 측정 시간이 길고 피험자가 기준 자세를 일관되게 유지하는 데에 어려움이 있으며 측정자의 숙련도에 따라 오차가 발생할 수 있는 단점이 있다. 간접 측정법인 사진 측정법은 사진이라는 2차원 자료에서 3차원 측정치를 얻어내기 때문에 특정 항목에 따라 큰 오차가 발생할 수 있지만, 측정 방법이 간단하고 피측정자의 형상 보관이 가능하며 무엇보다도 짧은 시간 안에 많은 자료를 모을 수 있다는 장점이 있다. 한편, 최근에 주목 받고 있는 3차원 스캐너를 이용한 측정법은 스캔되지 않는 부위의 존재, 측정점 자동 추출의 어려움 등으로 아직은 빠르고 정확한 측정이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 설사 빠르고 정확한 측정이 이루어진다 하더라도 장비가 고가이고 공간을 많이 차지하는 등의 단점이 있다. 사진 측정법은 직접 측정법과

*본 연구는 산업자원부 기술표준원의 한국인 인체치수조사사업과 서울대학교 생활과학 연구소의 일부 연구비 지원으로 수행되었음.
**서울대학교 의류학과, ***담비 소프트
교신저자: 김 웅
주 소: 151 - 742 서울시 관악구 신림9동 산56 - 1, 전화: 02 - 880 - 8768, E - mail: lovwoong@freechal.com

3차원 스캐너 측정법에 비해 상대적으로 저가이고 간편하며, 측정이 빠른 시간 안에 이루어지고 피측정자의 형상 보관이 가능하다는 장점이 있다. 그러므로, 사진 측정법에서의 정확성을 높인다면 이용 분야가 크게 확대될 수 있을 것이다 (Pierre and Shi, 2000).

본 연구에서는 사진 자료를 3차원적으로 접근함으로써 정확성을 크게 높인 사진 측정법을 개발하였다. 측정 부위는 머리 부위로 한정하였는데, 일반적으로 머리 부위의 영상이 인체 전체의 영상보다 근접 촬영으로 인하여 영상 왜곡이 심하므로, 본 연구의 결과를 큰 수정없이 인체 전체로 적용시킬 수 있으리라 생각한다.

2. 기존 사진 측정법에서의 오차 요인

사진 상의 두 점 간의 실제 거리는 단순히 '픽셀 개수×인접한 두 픽셀 간의 실제 거리'로써 구할 수 없다. 사진 측정의 경우에는 렌즈의 왜곡 문제를 간과할 수 없기 때문이다 (Itoh, et al., 1984; Luh and Klassen, 1985). 렌즈의 왜곡은 사진 상의 위치에 따라 픽셀과 실제 거리 간의 비율을 다르게 한다. 예를 들어 머리 부위의 경우 앞면 사진에서 머리옆점 부위의 픽셀 간 거리와 눈동자점 부위의 픽셀 간 거리, 눈초리점 부위의 픽셀 간 거리, 코끝점 부위의 픽셀 간 거리가 모두 다르다. 카메라에 가까운 부위일수록 확대되어 픽셀을 더 많이 포함하기 때문에 확대 부위는 픽셀 간 실제 거리가 작아지게 된다. 왜곡된 영상을 바로 잡기 위하여 카메라 보정(Camera Calibration) 과정을 거치게 된다. 카메라 보정은 이미지 상의 점들의 3D 실제 좌표를 올바르게 파악하는 과정이다(Lenz and Tsai, 1988).

또, 카메라의 시각 때문에 정확한 옆면 경계선이 인식되지 못해 오차가 발생할 수 있다. 옆면보다 약간 앞쪽이 옆면으로 인식되어 머리 부위의 경우 머리마루점, 턱끝점, 머리옆점 등 머리 실루엣 상의 점들이 정확히 인식되지 않는다. 그 밖에 촬영 거리, 피험자의 자세, 카메라의 기울임, 마우스 입력 등에 의해 오차가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 위와 같은 오차 요인들을 감안하여 오차를 최소화하는 정밀한 사진 측정법을 개발하였다.

3. 3차원적 접근 방식을 통한 머리 부위 사진 측정

본 연구에서는 먼저, 촬영된 사진의 왜곡된 영상을 보정하고 촬영 거리가 다른 두 개의 보정판 사진을 통하여 카메라 영상선의 방정식을 얻었다. 그 후에 측정점들에 z값을 부여하였고, 그 값을 앞서 구한 영상선 방정식에 대입하여 측정점들의 3차원 좌표를 얻었다. 그를 통해 각 측정 항목에 대한 측정치를 산출하였다.

3.1 사진 영상 보정과 카메라 영상선 방정식

본 연구에서는 김민효(2000)가 사용한 방법을 이용하여 촬영된 사진의 왜곡된 영상을 보정하고, 카메라 영상선의 방정식을 얻었다. 본 연구에서 사용한 보정판은 그림 1과 같다. 보정판은 가로, 세로의 길이가 408×528mm이고, 가로와 세로 라인 간격 12mm의 각 교차점에 지름 8mm의 원형 구멍을 뚫어 바둑판에 바둑알을 올려 놓은 모습이다. 배경색은 무광의 검은색으로 하였고, 원형 구멍에는 흰색의 공업용 석고를 채워 넣었다. 원형 구멍들 중에서 가장 가운데에 위치한 것에는 프로그래밍 시의 필요에 따라 검은색으로 지름 4mm의 동심원을 표시하였다. 한편, 본 연구에서 사용한 디지털 카메라의 이미지 해상도는 1028×960이다. 그림 2는 사진의 왜곡된 영상을 보여주고 있는데, 각 원형들의 중심 좌표와 실제 보정판 위 원형들의 중심 좌표를 비교하여 영상 좌표를 보정하게 된다. 그림 3은 카메라 영상선 방정식을 구한 원리를 보여 준다. 보정판 1 위의 점(x1, y1, 0)과 보정판 2 위의 점(x2, y2, 200)을 식 1에 대입하여 카메라 영상선의 방정식을 구하게 된다. 두 점의 z값 0, 200은 보정판 1과 보정판 2 사이의 거리 200mm에서 기인한다. 카메라와 보정판 1 사이의 거리 1100mm, 카메라와 보정판 2 사이의 거리 1300mm, 보정판 1과 보정판 2 사이의 거리

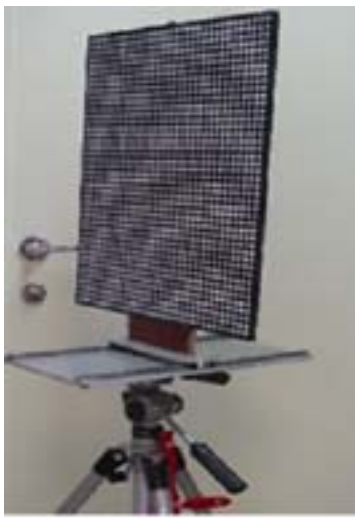


그림 1. 보정판

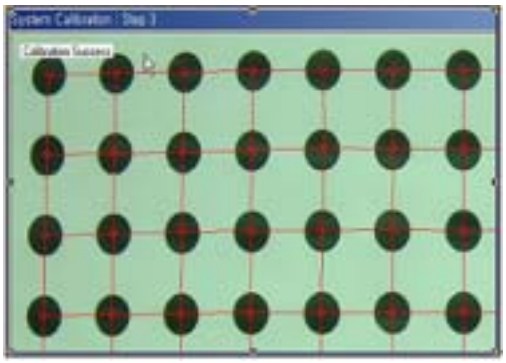


그림 2. X, Y축 방향의 사진 영상 왜곡

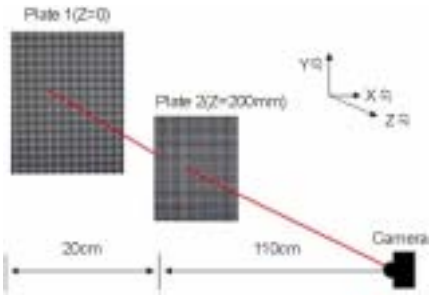


그림 3. 카메라 영상선 방정식을 구한 원리

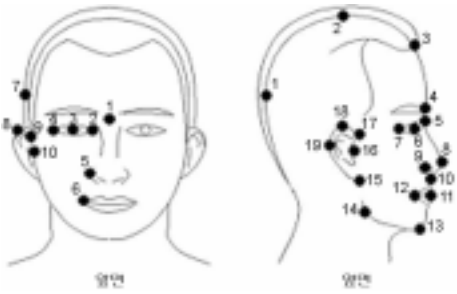
200mm는 이미지 보정을 위한 바둑알 모양의 원형이 이미지 상에 충분히 많이 포함되어야 하는 것과 보정판 제작의 편의성에 의해 정해졌다. 실험 결과, 보정판 1의 이미지는 가로, 세로 23×31개의 바둑알 모양 원형을 포함하였으며, 보정판 2의 이미지는 가로, 세로 28×37개의 원형을 포함하였다. 본 연구에서는 보정판 2개를 제작하지 않고 보정판 1개를 제작한 후, 그림 1에서 보는 것처럼 밑 받침대의 움직임을 이용하여 보정판 2개의 역할을 대신하였는데, 앞에서의 보정판 제작의 편의성이란 보정판의 움직임을 결정하는 밑 받침대의 길이에 대한 제약을 말한다.

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z}{200} \qquad (1)$$

3.2 측정점의 z값 결정

3.1에서의 카메라 각도를 고정시키면 피험자를 촬영했을 때에도 카메라 영상선의 방정식은 동일하다. 그러나, 피험자의 부위에 따라 z값은 달라지게 된다. 각 부위의 z값을 알면 식 1에 의해 x, y값을 구할 수 있어 각 부위에 대한 3차원 좌표를 얻을 수 있게 된다.

본 연구에서는 산업자원부(2003)의 '2001년 산업기술기반조성에 관한 보고서'의 3차원 머리 측정 항목을 참고하여 총 38개의 측정 항목을 정하였다. 측정 항목과 항목 정의는 표 1과 같다. 측정은 측정점들을 이용하여 계산하였는데, 이용한 측정점들은 그림 4와 같다.



I. 앞면 사진 - (좌우 대칭인 점은 오른쪽에 한 점만 표시) 1. 코뿌리점 2. 눈구석점 3. 눈동자점 4. 눈초리점 5. 코방울바깥점 6. 입아귀점 7. 머리옆점 8. 귀바퀴최고점 9. 귀바퀴위뿌리점 10. 귀구슬점 Ⅱ. 옆면 사진 - 1. 뒤통수점 2. 머리마루점 3. 이마시작점 4. 눈살점 5. 코뿌리점 6. 눈동자점 7. 눈초리점 8. 코끝점 9. 코방울바깥점 10. 코밑점 11. 입술가운데점 12. 입아귀점 13. 턱끝점 14. 아래턱뼈점 15. 귀바퀴최저점 16. 귀구슬점 17. 귀바퀴위뿌리점 18. 귀바퀴최고점 19. 귀바퀴맨뒤점

그림 4. 앞면, 옆면 사진의 측정점들

그림 5는 측정점들의 z값을 결정한 원리를 간략히 보여준다. 옆면 사진 측정점들의 z값은 앞면 사진에서 코뿌리점과 해당되는 측정점들의 수평 거리를 z값으로 정하였고, 앞면 사진 측정점들의 z값은 옆면 사진에서 귀구슬점과 해당되는 측정점들의 수평 거리를 z값으로 정하였다. 아래의 설명에서 보면, z값을 결정할 때에 통계치나 근사치를 이용하여 z값을 부여한 점들도 있지만 그것들에 대한 오차는 0.1mm 이내로 미미했다.

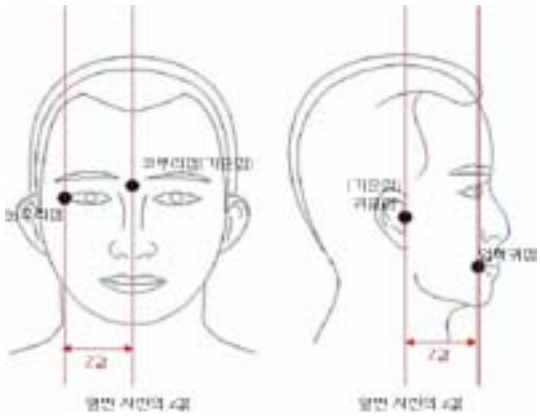


그림 5. 옆면(좌), 앞면(우) 사진 측정점의 z값

3.2.1 옆면 사진 측정점들의 z값 결정

사진 촬영 시에 코뿌리점, 머리마루점, 뒤통수점 등으로 형성되는 정중면이 z축과 수직이 되게 하고 카메라로부터 130cm 거리에 위치하게 한다. 130cm는 그림 3에서 카메라 영상선의 방정식을 얻을 때에 정한 거리이다. 이 때, 정중면 상의 측정점들은 z값이 0이 된다.

① 뒤통수점, 머리마루점, 이마시작점, 눈살점, 코뿌리점, 코끝점, 코밑점, 입술가운데점, 턱끝점: 정중면 상의 점들이므로 z=0으로 설정하였다.

② 눈초리점: 앞면 사진에서 코뿌리점과 눈초리점의 수평 거리가 z값이 된다. 앞면 사진에서 코뿌리점과 눈초리점의 z값은 FrontEyePlate라는 상수값을 할당하였는데 Front-EyePlate 값을 구하는 과정은 다음과 같다. 앞면 사진 촬영 시에 귀구슬점을 지나는 수직면이 카메라로부터 130cm의 거리가 되도록 촬영을 하게 되는데, 그러므로 귀구슬점의 z값은 0이 된다. z값이 0임을 이용하여 좌우 귀구슬점의 좌표를 구하면 좌우 귀구슬점의 폭을 구할 수 있고, 국립 기술품질원(1997)의 국민 표준 체위 조사 보고서에 따르면 좌우 눈동자점의 폭이 좌우 귀구슬점 폭의 약 0.431이므로 좌우 눈동자점의 폭을 구할 수 있다. 눈동자점과 귀구슬점의 폭의 1/2는 옆면 사진에서 눈동자점과 귀구슬점의 z값에 해당한다. 이 z값을 이용하여 옆면 사진에서 귀구슬점과 눈동자점 사이의 수평 길이를 구할 수 있고, 이 값을 Front-EyePlate 값으로 정하였다. FrontEyePlate는 앞면 사진에서 눈동자점의 z값이 되지만, 코뿌리점과 눈초리점의 z값을 FrontEyePlate 값으로 근사하여 사용하였다.

③ 귀구슬점: 앞면 사진에서 코뿌리점과 귀구슬점의 수평 거리가 z값이 된다. 앞면 사진에서 코뿌리점의 z값은 Front-EyePlate, 귀구슬점의 z값은 0으로 설정하였다.

④ 아래턱뼈점: 국립 기술 품질원(1997)의 조사 자료를 참고하여 ③에서 구한 귀구슬점 z값의 7/8로 정하였다.

⑤ 귀바퀴최고점: 앞면 사진에서 코뿌리점과 귀바퀴최고점의 수평 거리가 z값이 된다. 앞면 사진에서 코뿌리점의 z값은 FrontEyePlate, 귀바퀴최고점의 z값은 0으로 하였다.

⑥ 귀바퀴최저점, 귀바퀴위뿌리점: ③에서 구한 귀구슬점의 z값을 사용하였다.

⑦ 귀바퀴맨뒤점: ⑤에서 구한 귀바퀴최고점의 z값을 사용하였다.

3.2.2 앞면 사진 측정점들의 z값 결정

사진 촬영 시에 귀구슬점을 지나는 수직면이 카메라로부터 130cm의 거리에 위치하게 한다. 이 때, 귀구슬점을 지나는 수직면 상의 측정점들은 z값이 0이 된다.

① 머리옆점, 귀바퀴위뿌리점, 귀구슬점, 귀바퀴최고점, 아래턱뼈점: 귀구슬점을 지나는 수직면 또는 근처의 점들이므로 z=0으로 하였다.

② 눈초리점: 옆면 사진에서 귀구슬점과 눈초리점의 수평 거리가 z값이 된다. 옆면 사진에서 귀구슬점과 눈초리점의 z값은 3.2.1의 ③, ②에서 구한 값을 사용하였다.

③ 눈동자점: 옆면 사진에서 귀구슬점과 눈동자점의 수평 거리가 z값이 된다. 옆면 사진에서 귀구슬점의 z값은 3.2.1의 ③에서 구한 값을 사용하였고, 눈동자점의 z값은 다시 앞면 사진에서 코뿌리점과 눈동자점의 수평 거리를 할당하였다. 앞면 사진에서 코뿌리점과 눈동자점의 z값은 Front-EyePlate로 정하였다.

④ 눈구석점: z 방향으로 눈동자점과 눈초리점의 1:2 내분점으로 간주하여 z값을 정하였다. 눈동자점과 눈초리점의 z값은 ②, ③에서 정한 값으로 하였다.

⑤ 코방울바깥점: 옆면 사진에서 귀구슬점과 코방울바깥점의 수평 거리가 z값이 된다. 옆면 사진에서 귀구슬점의 z값은 3.2.1의 ③에서 구한 값을 사용하였고, 코방울바깥점의 z값은 ③에서 구한 옆면 사진 눈동자점의 z값(3/4)을 사용하였다.

⑥ 입아귀점: 옆면 사진에서 귀구슬점과 입아귀점의 수평 거리가 z값이 된다. 옆면 사진에서 귀구슬점의 z값은 3.2.1의 ③에서 구한 값을 사용하였고, 입아귀점의 z값은 ③에서 구한 옆면 사진 눈동자점의 z값을 사용하였다.

3.3 치수 측정

3.2에서 결정한 측정점들의 z값을 식 1에 대입하면 x, y 값을 얻어 측정점들의 3차원 좌표를 얻을 수 있다. 그 좌표들을 이용하여 측정 항목에 대한 치수를 산출하였다. 수평 거리는 x 좌표의 차이로 구하였고, 수직 거리는 y 좌표의 차이로 구하였다. 직선 길이는 두 점간의 거리를 구하는 식 $\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$ 을 이용하여 구하였지만 귀구슬-입술 직선 길이는 연구의 필요에 따라 z좌표가 같은 동일한 평면 상에 측정점들이 존재한다고 가정하고 길이를 구하였다. 곡선 길이는 베지어 곡선을 선적분하여 구하였다(Foley and et al., 1997; Lee, 1999). 너비 항목은 정의상 수평 거리로 간주하여 구하는 것이 옳으나 사진이 기울었을 때에는 오차가 발생할 수 있으므로 직선 길이로 간주하여 계산하였다. 측정 항목에 따른 측정 방법과 그 때 이용된 사진의 종류는 표 1과 같다.

4. 측정 결과 및 정밀도 검증

본 연구의 방법을 적용하여 머리 측정 프로그램인 'Venus

표 1. 측정 항목, 항목 정의, 측정 방법, 이용한 사진

번호	측정 항목	항목 정의	측정 방법	사진
1	코높이	코끝점과 코밑점 사이의 수직 길이	|코끝점.x코밑점.x|	옆면
2	머리(수직)길이	머리마루점에서 턱끝점까지의 수직 길이	|머리마루점.y턱끝점.y|	옆면
3	얼굴(수직)길이	이마시작점에서 턱끝점까지의 수직 길이	|이마시작점.y턱끝점.y|	옆면
4	머리마루 - 아래턱뼈수직 길이	머리마루점에서 아래턱뼈점까지의 수직 길이	|머리마루점.y - 아래턱턱뼈점.y|	옆면
5	머리마루 - 입술 수직 길이	머리마루점에서 입술가운데점까지의 수직 길이	|머리마루점.y입술가운데점.y|	옆면
6	머리마루 - 코밑 수직 길이	머리마루점에서 코밑점까지의 수직 길이	|머리마루점.y코밑점.y|	옆면
7	머리마루 - 코끝 수직 길이	머리마루점에서 코끝점까지의 수직 길이	|머리마루점.y코끝점.y|	옆면
8	머리마루 - 코뿌리 수직 길이	머리마루점에서 코뿌리점까지의 수직 길이	|머리마루점.y코뿌리점.y|	옆면
9	머리마루 - 눈살 수직 길이	머리마루점에서 눈살점까지의 수직 길이	|머리마루점.y눈살점.y|	옆면
10	머리마루 - 눈초리 수직 길이	머리마루점에서 눈초리점까지의 수직 길이	|머리마루점.y눈초리점.y|	옆면
11	코뿌리 - 턱끝 수직 길이	코뿌리점에서 턱끝점까지의 수직 길이	|코뿌리점.y턱끝점.y|	옆면
12	코뿌리 - 코끝 수직 길이	코뿌리점에서 코끝점까지의 수직 길이	|코뿌리점.y코끝점.y|	옆면
13	코밑 - 턱끝 수직 길이	코밑점에서 턱끝점까지의 수직 길이	|코밑점.y턱끝점.y|	옆면
14	눈살 - 뒤통수 수평 길이(머리두께)	눈살점에서 뒤통수점까지의 수평 길이	|눈살점.x뒤통수점.x|	옆면
15	눈초리 - 뒤통수 수평 길이	눈초리점에서 뒤통수점까지의 수평 길이	|눈초리점.x뒤통수점.x|	옆면
16	눈살 - 귀구슬 수평 길이	눈살점에서 귀구슬점까지의 수평 길이	|눈살점.x귀구슬점.x|	옆면
17	코끝 - 뒤통수 수평 길이	코끝점에서 뒤통수점까지의 수평 길이	|코끝점.x뒤통수점.x|	옆면
18	턱끝 - 뒤통수 수평 길이	턱끝점에서 뒤통수점까지의 수평 길이	|턱끝점.x뒤통수점.x|	옆면
19	코뿌리 - 뒤통수 수평 길이	코뿌리점에서 뒤통수점까지의 수평 길이	|코뿌리점.x뒤통수점.x|	옆면
20	코뿌리 - 귀바퀴위뿌리수평 길이	코뿌리점에서 귀바퀴위뿌리점까지의 수평 길이	|코뿌리점.x귀바퀴위뿌리점.x|	옆면
21	귀구슬 - 뒤통수 수평 길이	귀구슬점에서 뒤통수점까지의 수평 길이	|귀구슬점.x뒤통수점.x|	옆면
22	귀수평 길이	귀바퀴위뿌리점에서 귀바퀴맨뒤점까지의 수평 길이	|귀바퀴위뿌리점.x - 귀바퀴맨뒤점.x|	옆면
23	코뿌리 - 코끝 직선길이	코뿌리점에서 코끝점까지의 직선길이	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	옆면
24	귀구슬사이 - 머리마루(호)길이	귀구슬점에서 머리마루점을 지나 반대쪽 귀구슬점에 이르는 호길이	베지어 곡선을 선적분	앞면
25	눈살 - 머리마루 - 뒤통수(호)길이	눈살점에서 머리마루점을 지나 뒤통수점에 이르는 호길이	베지어 곡선을 선적분	옆면
26	머리마루 - 귀바퀴최고점수직 길이	머리마루점에서 귀바퀴 최고점까지의 수직 길이	|머리마루점.y귀바퀴 최고점.y|	옆면
27	머리마루 - 귀구슬점 수직 길이	머리마루점에서 귀구슬점까지의 수직 길이	|머리마루점.y귀구슬점.y|	옆면
28	귀수직 길이	귀바뀌최고점에서바퀴최저점까지의 수직 길이	|귀바퀴최고점.y - 퀴바퀴최저점.y|	옆면
29	머리너비	양쪽 머리옆점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
30	눈초리사이 너비	양쪽 눈초리점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
31	눈동자사이 너비	양쪽 눈동자점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
32	눈구석사이 너비	양쪽 눈구석점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
33	귀구슬사이 너비	양쪽 귀구슬점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
34	귀바퀴사이 너비	양쪽 귀바퀴 위뿌리점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
35	코 너비	양쪽 코방울 바깥점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
36	입 너비	양쪽 입아귀점 사이의 너비	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}$	앞면
37	눈초리 - 귀구슬너비	눈초리점에서 귀구슬점까지의 수평 길이	|눈초리점.x - 귀구슬점.x|	앞면
38	귀구슬 - 입술직선 길이	귀구슬점에서 입술가운데점까지의 직선길이 (동일 평면)	$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}$	옆면

Face Measurement(VFM)'를 개발하였다. VFM을 이용하여 마네킨을 5회 측정한 것과 직접 측정법으로 5회 측정한 것을 비교, 분석하였다. 직접 측정은 산업자원부(2002)의 '직접 계측법 및 프로토콜 표준화'의 방법을 따랐다. 본 연구에서 사용된 마네킨의 모습은 그림 6과 같고 VFM으로 측정하는 모습은 그림 7과 같다. 직접 측정한 것과 VFM을 이용하여 측정한 결과는 표 2와 같다.

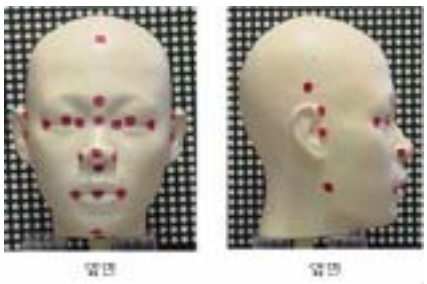


그림 6. 측정에 이용된 마네킨의 앞면, 옆면

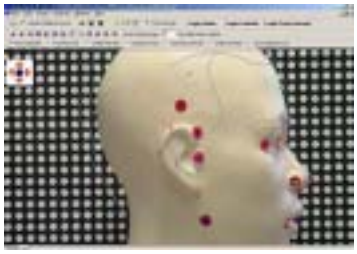


그림 7. 'Venus Face Measurement(VFM)'를 이용한 측정

'Venus Face Measurement(VFM) '로 측정하였을 때 모든 항목에서 표준 편차가 1mm 이내 혹은 그것을 약간 웃도는 정도로써 매우 일관성 있는 결과를 보여 주었다. 직접 측정 시에는 너비 항목과 같이 측정점을 직접 대어서 측정하는 항목에서는 1mm 이내의 낮은 표준 편차를 나타냈지만, 머리마루 - 눈살 수직 길이, 눈초리 - 뒤통수 수평 길이, 턱끝 - 뒤통수 수평 길이, 귀구슬 - 뒤통수 수평 길이, 눈초리 - 귀구슬 너비 등과 같이 올바르고 일관된 측정 자세의 유지가 힘든 항목에서는 표준 편차가 1~2mm 정도로 비교적 높게 나타났다. 직접 측정치와 VFM의 측정치 평균을 비교했을 때에는 평균의 차이가 모든 항목에서 1~2mm 내외로 VFM의 측정치가 직접 측정치와 거의 일치하였다. 직접 측정치의 표준 편차가 낮았던 머리 너비, 눈초리 사이 너비 등의 너비 항목은 평균의 차이가 0.5mm 내외로써 결과가 거의 일치했고, 표준 편차가 높았던 머리마루 - 코끝 수직 길이, 턱끝 - 뒤통수 수평 길이, 코뿌리 - 뒤통수 수평 길이 등의 항목은 평균 차이가 1~2mm 내외로써 직접 측정치의 불안정성이 평

표 2. 직접 측정법과 VFM의 5회 측정결과 (단위 : mm)

번호	측정 항목 \ 측정 방법	직접측정		VFM		평균차 (a - b)
		평균 (a)	표준 편차	평균 (b)	표준 편차	
1	코높이	11.8	0.45	11.2	0.45	0.6
2	머리(수직) 길이	229.4	1.14	227.8	0.45	1.6
3	얼굴(수직) 길이	195.6	0.89	197.4	0.55	- 1.8
4	머리마루 - 하악각 수직 길이	185	1.58	183.6	0.89	1.4
5	머리마루 - 입술 수직 길이	188	1.00	186.4	0.55	1.6
6	머리마루 - 코밑 수직 길이	162.4	1.14	160.4	0.55	2
7	머리마루 - 코끝 수직 길이	149	1.58	146.6	0.89	2.4
8	머리마루 - 코뿌리 수직 길이	115	1.22	113.2	0.45	1.8
9	머리마루 - 눈살 수직 길이	95	1.87	94.2	0.45	0.8
10	머리마루 - 눈초리 수직 길이	117.8	1.10	115.6	0.55	2.2
11	코뿌리 - 턱끝 수직 길이	113	1.58	114.2	0.84	- 1.2
12	코뿌리 - 코끝 수직 길이	34	0.71	33.4	0.89	0.6
13	코밑 - 턱끝 수직 길이	66	1.87	67.0	0.71	- 1
14	눈살 - 뒤통수 수평 길이 (머리두께)	181.8	0.45	181.4	0.55	0.4
15	눈초리 - 뒤통수 수평 길이	158.4	2.07	157.2	0.45	1.2
16	눈살 - 귀구슬 수평 길이	81.8	1.48	83.8	0.45	- 2
17	코끝 - 뒤통수 수평 길이	199.8	0.84	202.2	0.45	- 2.4
18	턱끝 - 뒤통수 수평 길이	178.8	2.39	177.2	0.84	1.6
19	코뿌리 - 뒤통수 수평 길이	179.4	1.95	181.0	0.71	- 1.6
20	코뿌리 - 귀바퀴위뿌리 수평 길이	85.2	1.92	86.0	0.00	- 0.8
21	귀구슬 - 뒤통수 수평 길이	99	2.35	97.8	0.45	1.2
22	귀수평 길이	34	0.71	32.0	0.00	2
23	코뿌리 - 코끝 직선 길이	39.6	0.89	39.4	0.89	0.2
24	귀구슬사 - 머리마루(호)길이	352.2	0.84	352.8	1.48	- 0.6
25	눈살 - 머리마루 - 뒤통수(호)길이	288.6	0.55	288.8	1.30	- 0.2
26	머리마루 - 귀바퀴최고점수직길이	98.2	0.84	97.4	0.55	0.8
27	머리마루 - 귀구슬점 수직 길이	125	1.73	125.6	0.89	- 0.6
28	귀수직 길이	62.8	0.45	62.8	0.84	0
29	머리너비	151.6	0.55	151.6	0.55	0
30	눈초리사이 너비	103.4	0.55	103.2	0.45	0.2
31	눈동자사이 너비	61.6	0.55	61.6	0.89	0
32	눈구석사이 너비	35.8	0.45	35.8	0.45	0
33	귀구슬사이 너비	152.6	0.55	150.8	0.45	1.8
34	귀바퀴사이 너비	150	0.71	151.8	0.84	- 1.8
35	코 너비	33.6	0.55	34.0	0.71	- 0.4
36	입 너비	44	0.00	44.6	0.55	- 0.6
37	눈초리 - 귀구슬너비	24	2.00	23.4	0.55	0.6
38	귀구슬 - 입술직선 길이	109.4	1.14	110.0	0.71	- 0.6

균의 불일치에 영향을 주었다고 판단된다. 이상에서 본 연구의 방법은 매우 정확하고 신뢰도 높은 결과를 나타내었다.

5. 결 론

본 연구에서는 직접 측정법과 3차원 스캐너 측정법에 비해 상대적으로 저가이고, 장비가 간소하며, 측정 시간이 빠르고, 피측정자의 형상 보관이 용이한 사진 측정법을 3차원적으로 접근하여 정확하고 신뢰도 높은 결과를 나타내도록 하였다. 김민효(2000)가 사용한 보정 방식으로 사진의 왜곡된 영상을 보정하였고 2개의 다른 거리에서 촬영한 보정판의 사진를 이용하여 카메라 영상선의 방정식을 얻었다. 카메라를 고정시킨 상태에서 피험자를 촬영한 후, 피험자의 각 부위별 측정점에 z값을 부여하고 앞서 구한 영상선의 방정식에 대입하여 측정점들의 3차원 좌표를 얻어 내었다. 3차원 좌표로 수평 거리, 수직거리, 직선길이, 곡선 길이 등의 측정치를 산출하였다. 본 연구에서는 측정 부위를 머리 부위로 한정하였는데, 본 연구의 방법을 적용한 'Venus Face Measurement(VFM)'라는 프로그램을 개발하여 마네킨의 머리 부위 38항목을 5회씩 측정하여 직접 측정치와 비교하였다. 비교한 결과, VFM으로 측정하였을 때 모든 항목에서 직접 측정치와 1~2mm 정도의 차이만 발생하였고 낮은 표준 편차를 나타내어 정확하고 신뢰도 높은 측정법임을 입증하였다. 측정 회수를 늘려 좀 더 풍부한 자료를 검토하지 못한 점과 몇몇 곡선 길이 항목을 포함시키지 못한 점은 본 연구의 한계점이라 할 수 있겠지만, 이상의 결과를 바탕으로 본 연구의 사진 측정법은 직접 측정법이나 3차원 스캐너 측정법을 대용할 만한 우수한 측정법이라 할 수 있겠다.

참고 문헌

국립 기술 품질원. 산업 제품의 표준치 설정을 위한 국민 표준 체위 조사 보고서, 1997.

김민효, "인체 측정용 3차원 스캐너 제작 및 데이터 추출 소프트웨어 개발". 서울대학교대학원 석사 학위 논문, 2000.

산업자원부. 직접 계측법 및 프로토콜 표준화, 2002.

산업자원부. 2001년 산업 기술 기반 조성에 관한 보고서, 2003.

Foley, J. D., van Dam, A., Feiner, S. K. and Hughes, J. F., Computer Graphics: *Principles and Practice*, Addison Wesley: Boston, 1997.

Itoh, H., Miyauchi, A. and Ozawa, S., "Distance measuring method using only simple vision constructed for moving robots", in Proc. 7th Int. Conf. On Pattern Recognition, 1(p.192), Montreal. PQ. Canada. 1984.

Lee, K. W., Principles of CAD/CAM/CAE Systems, Addison Wesley: Boston, 1999.

Lenz, R. K. and Tsai, R. Y., Techniques for calibration of the scale factor and image center for high accuracy 3D machine vision metrology. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 10(5), 713-720, 1988.

Luh, J. Y. and Klaasen J. A., A three-dimensional vision by off-shelf system with multi-cameras. *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell*., PAMI-7, 35-45, 1985.

Pierre, M. and Shi, Y., Performance of a 2D image-based anthropometric measurement and clothing sizing system. *Applied Ergonomics*, 31(5), 445-451, 2000.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 김 웅 ❖

서울대학교 의류학과 학사
서울대학교 의류학과 석박사 통합과정 수료
현 재: 한국 생산 기술 연구원의 연구원

❖ 남 윤 자 ❖

서울대학교 의류학과 학사, 석사, 박사
현 재: 서울대학교 의류학과 교수

❖ 김 민 효 ❖

서울대학교 의류학과 학사
서울대학교 의류학과 석사
현 재: 담비 소프트 대표

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2004년 11월 04일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2005년 06월 20일