

입체사진을 위용한 인체형상계측

최 혁 주 · 성 화 경 · 이 현 직*

고려대학교 사범대학 가정교육학과, *상지대학교 이공과대학 토목공학과

Body Shape Measurement Using Stereo Photo

Hyuk-ju Choe · Wha-kyung Seong · Hyun-jik Lee*

Dept. of Home Economics Education, Korea University

*Dept. of Civil Engineering, Sangji University

(1998. 5. 7 접수)

Abstract

The purpose of this study was to isolate the observational error included in plane photogrammetric data and suggest more accurate and suitable method for body shape measurement. Three experiments were carried out in this study. First of all, the variables which can be obtained from photogrammetric method were selected among the data which can be measured improperly by direct measurement or showing large deviations between the samples. Secondly, the height, the width and the depth of 50 subjects were measured by plane photogrammetry. The result showed that plane photogrammetric data contain significant observational error even for the same variables, as the angle of which photos had been taken changes. Therefore, in order to reduce the observational error and to measure the human body accurately, three-dimensional measurement, stereo photogrammetry was employed in the last experiment. As it is important to isolate only the observational error by plane photogrammetry and to exclude the accidental error caused by movement of human body subject, body shape model(manikin) was used as subject. The result showed that the average observational error by plane photogrammetry was more than 4 cm in the height, 0.85-1.29cm in the width and 0.49cm in the depth.

In conclusion, it is not adequate to use the height obtained from plane photogrammetric data as human body measurement data. And the width and the depth should be used cautiously, even though they are relatively less significant, the error still can make some difference on clothing construction.

Key words: Stereo Photo, Photogrammetry, measurement, indirect body measurement, observational error; 측정방법, 인체계측, 간접측정, 사진측량, 형상계측

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

일반적으로 인체 측정방법은 직접측정방법과 간접측정방법의 두 가지가 사용되고 있으며, 직접측정방법은 간편하게 가장 많이 쓰이는 반면, 측정시간, 측정오차 등의 문제가 발생할 수 있으므로(공업진흥청, 1988), 이런 단점들을 보완하기 위해 여러 가지 간접 측정방법이 연구되고 있다.

간접측정방법 중 짧은 시간에 다수의 피험자를 측정할 때 사용되는 평면사진법은 직접 인체에 접촉하지 않고 행해지는 방법으로 기구의 이동과 설치가 간편하고, 피험자의 몸에 기준점 스티커를 부착하는 일 이외에는 시간이 많이 걸리지 않으므로 장시간 측정으로 발생할 수 있는 피험자의 자세에 의한 오차를 최소화할 수 있는 장점이 있다. 그러나 사진측정법은 사진상에서의 외곽선과 인체의 외곽선의 일치여부에 대한 파악이 곤란하며(최유경, 1997), 수치화 과정에서 오차발생의 우려가 지적되고 있어(박은주, 1992), 이러한 평면사진법의 단점을 보완할 간접측정방법의 개발이 필요하다.

본 연구는 입체사진측량의 원리에 의해 3차원 인체치수를 측정함으로써, 사진자료에 의해 간접측정으로 발생하는 오차를 줄일 수 있는 인체간접측정방법을 개발하고 실제에 근접한 효율적인 체형연구를 가능케 하고자 한다. 따라서 본 연구에서는 1차로 Martin 측정기를 이용한 직접측정의 문제점을 실험을 통하여 입증하

고, 2차로 평면사진에 의한 인체측정의 경우 동일한 측정항목의 치수가 장면에 따라 차이를 보이는지를 파악하고, 3차로 동일 피사체를 평면사진법과 입체사진측량 방법으로 측정할 경우 치수간의 차이를 검증하는 실험을 하였다.

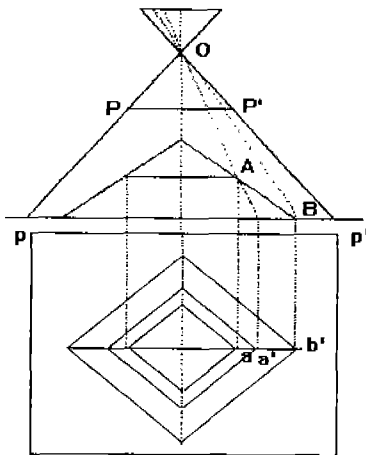
이를 통해 기존의 측정방법에 의한 오차와 그 요인이 파악되며, 인체측정할 경우 발생 가능한 오차가 감소되어 효율적이고 경제적인 인체형상자료를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

2. 이론적 배경

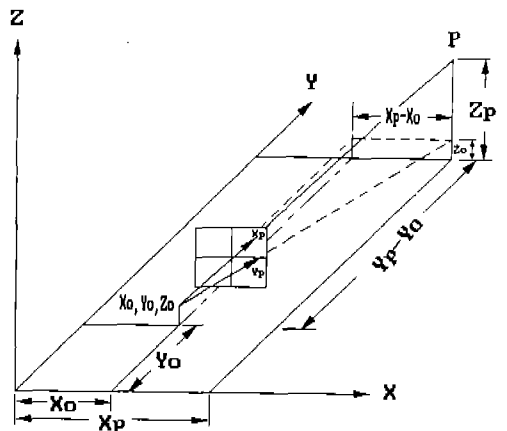
사진은 3차원인 피사체가 2차원의 평면으로 투영된 것(A. Gassan, 1987)으로, 그 물체 표면의 입체형태를 평면에 묘사하는 방법을 의미한다. 인체와 같은 3차원 곡면체가 사진에 묘사될 때에는 언제나 오차가 생기게 되는데, 이 오차를 왜곡이라 하며(김주환, 강영복, 1990), 이는 사진이 중심투영에 의한 형상이기 때문에 나타나는 특성이다.

중심투영과 대비되는 투영으로 정사투영을 들 수 있는데, 중심투영은 한 점에서 빛이 사방으로 퍼져나가 생성된 사진의 형상을 나타내고, 정사투영은 표면에 수평광선을 비춰 생성된 것으로 거리측척을 정확하게 나타낸 지도의 형상을 단적으로 나타내는 예라 할 수 있다(유복모, 1977).

동일한 물체가 중심투영과 정사투영의 두 가지 방법에 의해 투영된 상태를 비교하면 [그림 1]과 같다. 촬영점인 O를 통과한 빛이 A를 투영하면, 지도상에는 정



[그림 1] 투영의 결과



[그림 2] 공선조건

사투영된 a로 표시되는 반면, 사진 상에는 중심투영된 a'로 나타나며, B는 b'로 동일하게 나타나게 된다. 이처럼 표면이 지면의 높이와 같은 경우(B의 위치)는 사진에서의 위치가 지도와 같으나, 기복이 있을 경우 정사투영의 지도와 중심투영인 사진에 차이가 생긴다.

기존의 평면사진법으로 인체측정을 할 경우 중심투영된 사진에서 축소정도를 파악하기 위한 배율을 구하고, 표시된 기준점(高部哲子 외 6인, 1987, 1990)을 이용하여 인체측정치를 얻게 되므로, 실제거리로 환산하는데 어려움이 따르며 실제에 가까운 근사치를 얻을 수 밖에 없어, 이에 대한 오차의 우려를 갖게 된다.

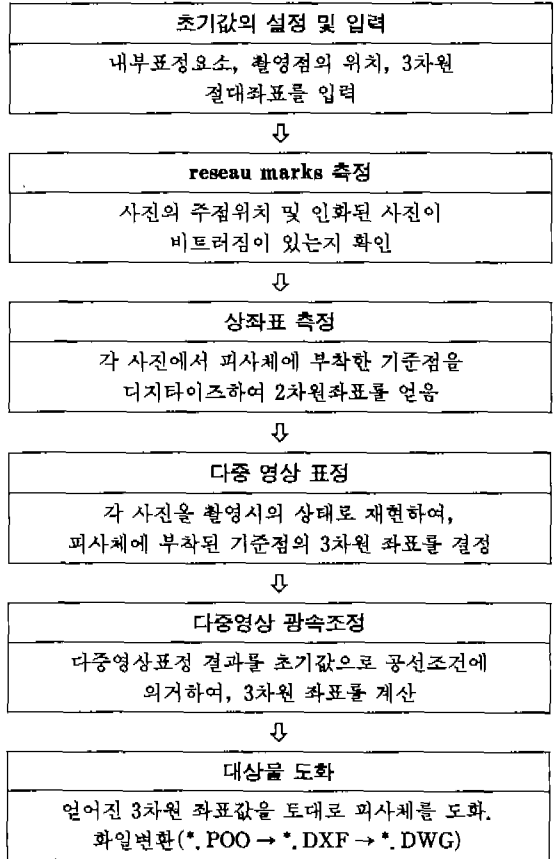
본 연구에서는 피험자의 부담감과 피로도를 저하시킬 수 있고, 실루엣을 파악할 수 있는 평면사진법의 장점을 갖고 있으며, 인체측정치를 환산할 경우의 오차를 줄일 수 있는 측정방법으로 입체사진측량방법을 인체측정에 응용하였다. 입체사진측량방법은 사진과 렌즈와 대상물(이하 인대)사이에서 성립하는 중심투영적 관계를 기초로 하여 사진에서 간접적으로 인대의 위치, 형상크기 등의 특성을 측량하는 방법(F. H. Moffit, E. E. Mihail, 1980)이다.

본 연구에서는 좌표산출과정으로는 다중영상점합시스템(Multi-image Matching System)을 사용하였다. 이 시스템은 공선조건을 기본원리로 하여 여러 장의 사진을 점합함으로써 기준점의 좌표가 3차원으로 산출되고, 이를 토대로 인대를 도화한다. 여기서 공선조건(collinearity condition)이란 대상물의 한 점 P와 투영중심 $O(X_0, Y_0, Z_0)$ 그리고 필름면상의 p점이 일직선상에 있어야 한다는 조건을 의미한다(D. C. Brown, 1971). 즉, 공간상에 존재하는 임의의 점 P로부터 출발한 빛은 중심투영의 원리에 따라 투영중심인 $O(X_0, Y_0, Z_0)$ 를 통과하여 필름면상의 p에 상이 기록되며, 상점 p의 위치나 역으로 p로부터 P점의 위치를 구하는 방법은 P점, O점 및 p점이 동일 직선에 있다는 이 조건을 이용하게 된다(유복모, 1996).

[그림 2]에 나타낸 것과 같이 X, Y, Z축은 3차원 좌표계를 의미하는 것으로, 촬영점을 X_0, Y_0, Z_0 라 하고, 피사체인 인대를 P의 위치에 정면을 바라보도록 세운다면, 공선조건식에 의해 동일직선의 연장선인 필름면에 X_p 로 기록되며, X축은 너비, Y 축은 두께, Z축은 높이를 나타낸다고 볼 수 있다.

3차원 좌표를 산출하기 위한 처리과정(최경미, 조기

여, 1996)은 [그림 3]과 같다. 본 연구에서는 이 과정 중 광속조정후 얻어진 3차원 좌표를 토대로 측정항목을 수치화 하였으며, 시각적인 확인을 위해 Auto-CAD상에서 [그림 7], [그림 8]과 같은 선상연결체를 만들었다.



[그림 3] 3차원 좌표 산출과정

II. 실험 방법 및 결과 분석

본 연구에서는 3단계의 실험을 하였고, 각 단계에서 산출된 실험결과를 바탕으로 다음 단계의 실험을 하였으므로 보고서의 체계를 실험단계 순으로 정리했다. 따라서 실험방법 및 결과는 실험단계별로 묶어서 정리했다. 실험단계에 따라 첫 번째로 직접측정법의 오차가능성을 고찰하고, 두 번째로 평면사진법에서 발생가능한 수치차이를 파악한 후, 세 번째로 평면사진법과 입체사

진측량방법간의 치수차이를 비교하였다.

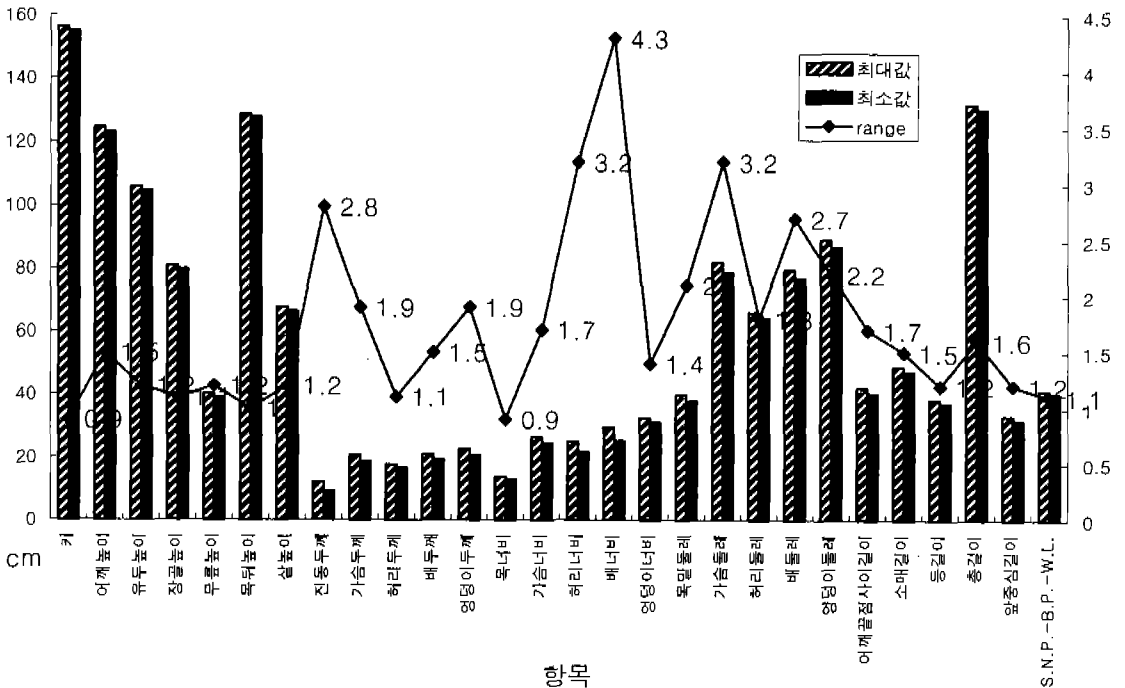
1. 항목선정실험

1) 실험방법

용구는 Martin 측정기(간상계, 줄자)를 사용하였고, 피험자는 레오타드를 착용하고, 허리선포시 테이프를 부착하였고, 기준점은 스티커를 부착하였다. 실험방법은 측정자간의 개인차와 반복측정에 의한 수치 차이를 조사하기 위해 피험자는 1명으로 하고 측정자 3명이 7회 반복 측정하여 같은 항목에 대해 총 21개의 측정치를 비교해 볼 수 있도록 하였다. 기준점은 뼈의 위치를 기준으로 한 목앞점, 목뒤점, 팔꿈치점, 손목점, 장골극점, 무릎점과 돌출된 위치를 기준으로 한 유두점, 배돌출점, 엉덩이돌출점, 인체구분선을 기준으로 한 거드랑앞점, 거드랑뒤점, 어깨끝점을 표시했다. 측정자 3명은 의류학을 전공하는 자로 인체측정실험을 한 경험이 있으며, 동일한 측정방법을 훈련받았다(공업진흥청, 1980, 1986, 1992; JIS依料サイズ推進協議會・體格調査委員會, 1985).

측정항목은 어깨끝점사이길이, 소매길이, 등길이, 종

길이, 앞중심길이, S.N.P.-B.P.-W.L.의 길이 6항목, 목밑둘레, 가슴둘레, 허리둘레, 배둘레, 엉덩이둘레의 둘레 5항목, 목너비, 가슴너비, 허리너비, 배너비, 엉덩이너비의 너비 5항목, 진동두께, 가슴두께, 허리두께, 배두께, 엉덩이두께의 두께 5항목, 키, 목뒤높이, 어깨높이, 유두높이, 장골극높이, 살높이, 무릎높이의 높이 7항목으로 총 28항목이다. 측정시간의 단축을 위해 너비, 두께, 둘레항목은 체간부에 국한하였다. 따라서 측정항목간의 차이나 측정자간의 차이를 분석할 때 항목의 성격을 파악하기 위해 높이, 너비, 두께, 길이, 둘레항목의 5가지로 나누어 고찰하였다. 분석에서는 측정치간의 최대값과 최소값을 비교하는 range(이하 범위)를 사용하였다. 범위는 가장 간단한 분산도계산 방법으로, 측정치의 분포가 균일하고 少數일 경우 정확한 지수치로 간주된다(Falik・brown, 1984). 항목선정실험이 동일항목에 대한 21번의 반복이라 보았을 때, 범위는 한번 측정하는 일반적인 연구에서 어떤 값을 택하느냐에 따라 다른 값을 택했을 때 발생가능한 최대차이로, 개인간, 반복측정간의 정밀도를 나타낸다고 볼 수 있다.



[그림 4] 직접측정방법에 의한 항목별 최대값, 최소값 및 range

2) 실험결과

항목별로 범위 값이 가장 높은 측정항목은 [그림 4]에 나타난 것과 같이 어깨높이, 진동두께, 배너비, 가슴둘레, 어깨끝점 사이길이 등을 들 수 있다. 각각의 경우들은 피험자의 자세, 부위의 특수성, 측정자 및 반복측정 경우 측정위치의 차이, 측정기기의 사용방법 등에 의해 큰 범위값(공업진흥청, 1988)을 나타낸 것으로 볼 수 있으며, 특히 높이부위는 피험자의 움직임에 의해 영향을 받을 수 있어 선자세를 취했을 때 순간적인 측정이 필요함을 알 수 있다.

너비와 두께는 측정위치를 육안으로 확인하며 간상계(杆狀計)에 의한 측정시 피부에 닿는 정도는 연구자의 육안이나 피험자의 통보로 확인하므로 측정기기에 의한 피부눌림이 예상된다고 생각된다. 또한 곡선부위항목인 둘레나 길이도 측정기기에 의한 피부눌림이 예상된다. 특히 줄자의 재질이 금속이고 피부에 부드럽게 부착되지 못하므로 측정자에 따라 피부에 줄자가 닿는 정도에는 차이를 보이며 따라서 측정자간, 반복측정경우 적지 않은 차이를 보였다. 그러나 본 연구에서는 간접 측정항목을 선정하기 위해서는 편차뿐만 아니라 평면사진법에서 측정할 수 있는 가능성도 아울러 살펴보아야 하며, 인체의 기복이 있는 부위, 예를 들면 유방사이부위 등은 줄자를 건너서 재는(三吉滿智子, 1985) 등 측정방법에 있어 피험자에 따라 달라질 수 있는 부분이 있으므로 곡선거리항목은 제외하였다.

이상에서 간상계(杆狀計)와 신장계로 측정하는 항목인 너비, 두께, 높이 항목의 경우 피험자의 자세유지 및 측정기기에 의한 피부의 눌림 등으로 간접측정의 필요성과 더 정확도가 높을 가능성이 있다는 결론을 얻었

으며, 이에 따라서 인체촬영실험 및 인대촬영실험에서는 점과 점을 직선으로 연결하는 너비, 두께항목과 바닥에서 부티의 수직높이인 높이항목을 측정항목으로 선정하였다.

2. 인체촬영실험

1) 실험방법

피험자는 총 50명으로 레오타드를 착용하고 허리의 위치를 표시하는 테이프를 부착했고 기준점을 표시했다. 촬영실험에 사용된 사진기는 **Bronica SQ-AMR**로 촬영시 렌즈는 80 mm, 셔터의 속도는 1/125초였으며, 피험자와의 거리를 2000 mm, 카메라의 높이를 1000 mm로 하였다. 측정항목은 사진기의 중심고에 가까운 항목으로 선택하기 위해 하반신을 중심으로 하여 항목을 선택했다. 너비항목은 전면과 후면에서 측정이 가능한 허리너비, 배너비, 엉덩이너비를, 높이항목에서는 계측점 스티커가 설정된 측정점 중 전면과 측면에서 측정이 가능한 유두점높이, 장골점높이와 측면과 후면에서 측정가능한 손목점높이를 측정하였다. 두께항목은 좌우측면을 비교하게 되는데, 이때 치수의 차이가 발생한다면 이는 사진에 의한 차이라기보다는 피사체의 좌측과 우측이 비대칭한 차이라 사료되어 제외하였다. 사진촬영시 포함시킨 기준막대(**pole**)로 사진축척 및 수직, 수평의 기준으로 삼았으며 측정의 정밀함을 위해 각 기준점을 디지털타이저로 좌표화 하여 각 좌표간의 2차원거리를 계산하였다.

2) 실험결과

너비항목은 <표 1>에 나타난 것처럼 허리, 배, 엉덩이너비 치수의 전면과 후면 치수차이의 평균이 각각

<표 1> 인체촬영에 따른 너비항목과 높이항목의 장면별 치수비교

(단위 : cm)

촬영면	전 면		후 면		전면과 후면의 치수 차이			
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	유의수준차		
허리너비	25.51	1.89	26.34	1.29	1.25	*		
배너비	31.68	2.38	33.15	2.21	1.84	**		
엉덩이너비	34.69	3.27	36.19	1.74	2.09	**		
촬영면	전 면		측 면		후 면		각 장면간 치수 차이	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
손목점높이			77.03	4.51	76.81	3.61	0.96	1.42
장골점높이	85.72	3.06	85.43	3.36			0.78	1.31
유두점높이	113.39	4.61	113.00	4.6			1.15	1.73

*p<0.05 **p<0.01

1.25 cm, 1.84 cm, 2.09 cm로, 엉덩이쪽으로 갈수록 치수의 차이가 더 커진다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 복곡면의 성격을 더 강하게 띠수록 전면과 후면에서의 치수차이가 커진다는 것을 확인할 수 있었다. 그런데 인체는 복곡면의 입체이고, 사진은 중심투영에 의한 상이므로 전면 사진과 후면 사진 모두에서 인체의 최외곽 실루엣이 사진상에 나타났다고는 볼 수 없으므로 전면에서 구한 측정치와 후면에서 구한 측정치 중 어느 것이 더 피험자의 실제치수에 근접한 것인지 알 수 없다. 따라서 복곡면인 인체의 너비를 평면의 사진으로 측정할 경우 정확하진 않을 것이라 기대하기는 어려웠다.

높이항목의 경우 수치를 비교해 보면 손목점과 장골점은 유두점에 비해 사진상에서 렌즈의 중심 높이에 가장 근접한 항목으로 장면간의 치수 차이의 평균이 각각 0.96 cm와 0.78 cm이며 이에 비해 유두점은 1.15 cm의 차이가 남을 알 수 있었다. 또한 각 장면간 치수 차이의 표준편차도 유두점 높이가 가장 큰 것을 알 수 있다. 따라서 렌즈의 높이부근에 위치한 항목에 비해 사진기의 렌즈 중심높이에서 멀수록 각 장면간 측정치의 차이가 큰 것을 확인할 수 있었다.

높이항목은 바닥면에서 각 측정점까지의 수직거리를 의미하는데, 사진상에서의 바닥면 설정은 피험자가 계측판의 발모양에 맞춰 섰을때를 생각하여 계측판의 지름선을 바닥면으로 하였으나 사진이 정투영도가 아니며 선자세에서는 발을 30° 가량 벌리므로 측면사진에서도 높이가 정확하게 0 cm가 되는 바닥면을 찾기가 어렵다. 또한 너비항목에 비해 사진으로 읽는 폭이 더 넓으므로 중심투영의원리를 생각해볼 때 렌즈의 높이에서 멀리 있는 항목의 경우 그 오차가 더욱 커지리라는 것을 예측할 수 있다. 이상과 같이 평면사진법에 의한 수치화는 항목에 따라 큰 오차의 요인을 내포하고 있다. 동일한 항목이라도 각 장면에 따라 너비항목의 경우 평균 1.25 cm~2.09 cm의 차이를 보였고, 높이항목의 경우 0.96 cm~1.15 cm의 차이를 보임에 따라 평면사진법에 의해 산출된 치수를 신뢰하기 어렵다는 결론을 얻었다. 또한 위의 실험에서 장면간의 치수를 비교할 경우, 사진에 의한 오차뿐 아니라 각 장면의 촬영을 위해 피사체가 몸을 90도씩 움직인 것을 감안하면 인체의 자세변화에 의한 오차도 내포하고 있다고 볼 수 있다. 이러한 피사체의 위치변화에 따른 움직임은 카메라를 90°씩 이동하여 촬영할 경우 제지가 가능하다고 사료되나, 인체

자체의 미미한 떨림에 의한 오차는 여전히 남게 된다. 따라서 사진에 의한 오차만을 파악하기 위해, 인대촬영 실험에서는 움직임이 없고 인체와 비슷한 복곡면의 형상을 갖는 인대를 피사체로 하여 평면사진법과 입체사진법의 두 가지로 측정된 치수를 비교하였다.

3. 인대촬영실험

1) 피사체 및 측정항목

인체의 움직임에 의한 차이를 배제하고 사진에 의한 치수차이만을 파악하기 위해 피사체는 인대를 사용하였으며, 시판되는 9호로 가슴둘레, 허리둘레, 배둘레, 엉덩이둘레, 프린세스 라인이 표시되어 있는 상태에서 사진촬영을 위한 기준점을 [그림 5]와 같이 표시했다. 여기서 프린세스 라인은 인대의 봉제선에 맞추어 어깨의 중간과 가슴부위, 허리다트부근을 지나는 선을 의미한다.

측정항목은 <표 2>와 같이 너비, 두께, 높이항목으로 하였으며 촬영을 위한 기준점 및 기준선은 다음 [그림 5]와 같다. 측정항목 총 18개에 대해 2장면에서 수치화하여 비교하였다. 촬영면이 전면, 우측면, 좌측면, 후면이므로, 너비항목은 전면과 후면에서, 두께항목은 우측면과 좌측면에서 측정장면별로 비교하였다. 높이항목에서는 전면과 측면에서 측정이 가능하도록 전면의 프린세스 라인에 부착한 3개점과 유두점, 측면과 후면에서 측정이 가능하도록 후면의 프린세스 라인에 부착한 4개점, 그리고 전면과 후면에서 측정이 가능한 프린세스 라인과 어깨선이 만나는 점, 총 9항목을 측정항목으로 하였다.

<표 2> 인대촬영을 위한 측정항목

번호	항목	측정면	기준점	높이	
				기준점 1의 높이	기준점 33의 높이
1	목너비	6	가슴두께	10	기준점 33의 높이
2	가슴너비	7	허리두께	11	기준점 34의 높이
3	허리너비	8	배두께	12	기준점 35의 높이
4	배너비	9	엉덩이두께	13	기준점 36의 높이
5	엉덩이너비			14	기준점 9의 높이

<표 3> 인체촬영을 위한 준측량용 사진기

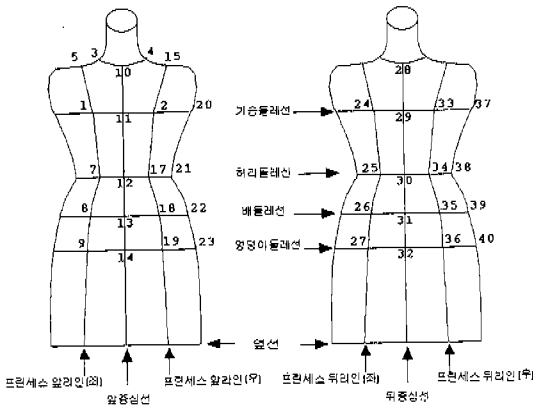
기종	rollei 6006	왜곡수차	25 μ m 이내
촬영렌즈	80 mm	촬영거리	1.2 m-무한대
조리개	f/4.4-f/22(50 m)	사진지표	5 mm격자간격

2) 촬영

① 평면사진법

선행연구(김구자, 1991 : 남운자, 1991 : 박은주, 1992 : 정명숙, 1994 : 권숙희, 1995 : 김경화, 1995)에서 쓰인 방법을 토대로 렌즈의 두께는 80 mm로, 피사체와 사진기렌즈와의 거리는 275 mm로, 사진기렌즈의 높이는 인대의 배들레션에 맞추었다.

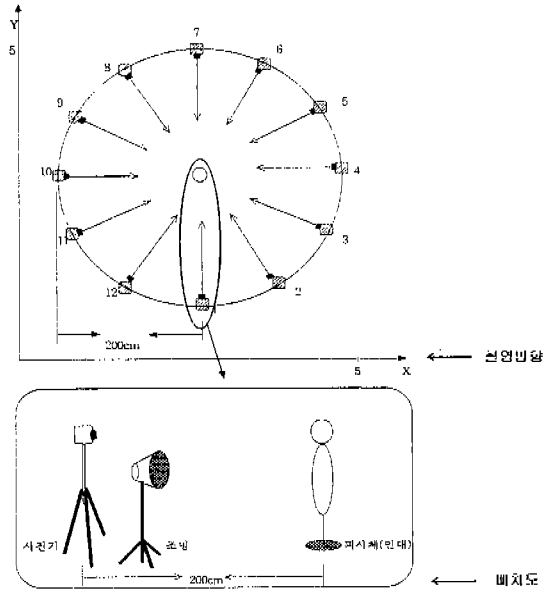
촬영에 사용한 사진기의 제원은 <표 3>과 같으며 입체사진측량을 위한 촬영에서도 사용하였다. 조명은 전면에서 했고, 전후면, 우측면, 좌측면 총 4장면을 촬영하였다.



[그림 5] 기준점 및 기준선

② 입체사진측량법

사진은 [그림 5]처럼 피사체를 중심에 놓고 반지름 2 m의 원을 그려 총 12방향에서 사진기가 지면과 수평을 이룬 것, 위에서 아래로 비스듬히 경사지게 한 것(45°, 45°)의 두 조건으로 촬영하였다. 촬영도에서 x축과 y축의 '5'지점은 실제 5m지점을 의미하는 것이므로 이를 기준으로 산출된 기준점좌표는 원점에서 해당 기준점까지의 거리를 m단위로 나타낼 수이다.



[그림 6] 입체사진측량법에 의한 인체촬영의 촬영방향 및 배치도

3) 치수산출

① 평면사진법

인체촬영실험에서와 동일한 방법으로 하였다.

② 입체사진측량법

촬영된 사진상의 점들은 다중영상시스템의 광속조정 단계를 거친 후 산출된 3차원 좌표를 기준으로 측정항목을 치수화하였다. 높이는 3차원 좌표 중 높이를 의미하는 Z값을 사용하여 치수화하였으며, 너비와 두께는 점간의 거리로 계산하였다. 본 연구에서는 너비를 측정하는 중요 치수인 X좌표간의 거리를 계산함에 있어 1차적으로 Z값을 무시한 2차원 좌표로 바꾸어 공간상에서 바닥면에 대해 평행하도록 하였다. 또한 Y값을 비교하여 동일한 경우는 평행한 점으로 보았으며 동일하지 않은 경우는 Y값을 제거하고 X값만을 이용하여 거리를 구하였다. 단, 이 경우 거리를 위해 사용하는 두 기준점이 반드시 가장 튀어나온 두 점이고, X축과 Y축이 인대의 체축과 평행해야 하므로, 이를 시각적으로 확인하기 위해 결과값으로 산출된 3차원 좌표를 토대로 인대의 형상을 선상연결체의 상태로 재현하여 각 수평단면의 상태 및 점의 위치를 확인하는 작업을 병행하였다.

산출된 3차원 좌표는 <표 4>에 나타내었다. 좌표에서

<표 4> 다중영상시스템을 통해 산출된 3차원 좌표

기준점	X	Y	Z	σ_x	σ_y	σ_z	photos
1	2.864	2.669	1.199	0.001	0.002	0.001	2
3	2.898	2.794	1.383	0.002	0.001	0.001	3
4	3.012	2.795	1.391	0.001	0.001	0.001	3
5	2.845	2.790	1.361	0.001	0.001	0.001	4
7	2.895	2.689	1.043	0.001	0.002	0.001	3
8	2.871	2.670	0.945	0.001	0.003	0.000	7
9	2.864	2.668	0.877	0.002	0.003	0.000	6
11	2.962	2.672	1.198	0.001	0.001	0.000	3
12	2.962	2.670	1.045	0.001	0.002	0.000	7
13	2.963	2.655	0.944	0.001	0.002	0.001	4
14	2.962	2.652	0.876	0.001	0.002	0.001	5
20	3.103	2.799	1.195	0.001	0.001	0.001	4
21	3.076	2.768	1.039	0.002	0.001	0.001	7
22	3.115	2.766	0.947	0.002	0.001	0.001	7
23	3.127	2.766	0.878	0.002	0.001	0.002	7
29	2.959	2.873	1.192	0.002	0.001	0.001	8
30	2.961	2.854	1.038	0.002	0.001	0.001	9
31	2.961	2.874	0.943	0.003	0.002	0.001	10
32	2.961	2.890	0.874	0.003	0.002	0.002	9
33	2.873	2.868	1.190	0.002	0.002	0.001	5
34	2.891	2.840	1.038	0.002	0.002	0.001	5
35	2.876	2.866	0.943	0.003	0.002	0.001	8
36	2.868	2.879	0.876	0.003	0.003	0.001	8
37	2.814	2.776	1.192	0.001	0.002	0.001	6
38	2.846	2.769	1.041	0.002	0.002	0.001	7
39	2.808	2.769	0.947	0.002	0.003	0.001	6
40	2.798	2.769	0.879	0.002	0.004	0.001	7

* 음영으로 표시된 부분이 3차원 좌표 중 실제사용되는 값으로, X좌표는 너비항목, Y좌표는 두께항목, Z좌표는 높이 항목의 수치화에 사용하였다.

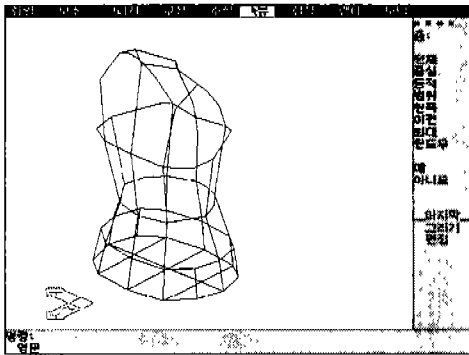
* 좌측의 기준점은 실험단계에서 정했던 기준점의 번호와 동일한 것이다.

* 우측의 photos는 해당 기준점의 조정에 투입된 사진의 수효를 의미한다.

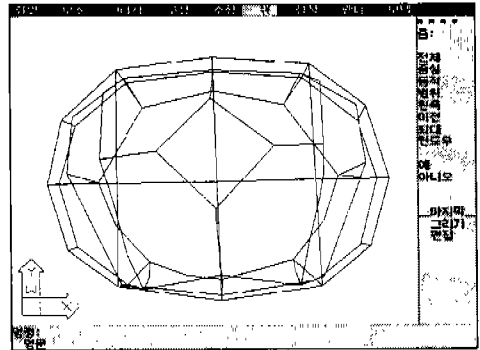
의 1은 1m를 의미하므로 측정항목을 치수화할 경우에는 cm단위로 바꾸었다. 다중영상 표정단계후 산출된 3차원 좌표를 초기값으로 한 광속조정 된 좌표값 들의 정확도에 대한 결과는 사진에서 측정된 표정점과 계산된 표정점의 대상물 좌표의 일치하는 정도를 나타내는 상좌표의 표준편차에 의해 알 수 있다. σ_x , σ_y , σ_z 가 이 상좌표의 표준편차를 의미하는 것으로 잔차라 할 수 있다. 잔차는 관측된 값과 수학적인 모형에 의해 취득된 값 사이의 차를 말하며 이것은 광속조정에 의해 최

소화되는데, 잔차가 작을수록 더욱 신뢰할 수 있는 값이 된다.

잔차는 사진촬영할 때 대상물을 수렴촬영할 경우 촬영방향이 되는 축에 크게 발생하게 되는데(임인섭, 1997), 지상사진측량에서는 대부분 y축이 촬영방향과 같게 된다. 그런데 본 연구에서는 대상물을 가운데 두고 원을 그리며 중심을 향해 촬영했으므로 입체사진측량법의 촬영도 [그림 6]에서처럼 4, 10번 방향의 촬영에서는 X축방향이 촬영방향이 되므로, 기준점별 잔차



[그림 7] 135°회전한 선상연결체



[그림 8] 선상연결체의 평면도

값($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$)을 비교하면, Z축에 비해 Y, X축 잔차가 크며, 4, 10번 방향부근에서 촬영한 점들이 투입, 계산된 값인 경우는 X축의 잔차가 Y축 잔차보다 크게 나타난 것을 알 수 있다.

측정항목을 수치화할 때 <표 4>에서 음영으로 표시된 부분의 각 해당기준점 잔차는 최대 0.002이하이므로 이를 cm단위로 환산하면 각 기준점의 해당되는 값의 잔차는 최소 0 cm에서 최대 0.2 cm가 된다. 그런데 인체 측정에서 인체측정치의 정확도의 한계를 정한 예를 찾아볼 수 없으며, 입체사진측량법에 의해 산출된 수치는 결론적으로 최대 2 mm의 오차를 갖게 되며, 실험1과 2의 결과 장면별 측정치의 차이가 너비항목의 경우 평균 1.25 cm~2.09 cm의 차이를 보였고, 높이항목의 경우 0.96 cm~1.15 cm의 차이를 보인 것에 비교할 때 微小한 오차를 나타내었으므로 평면사진법의 수치는 이에 비교하여 오차를 파악하였다.

[그림 7]의 선상연결체는 인체의 우측면과 후면의 중심이 정면에 오도록 135° 회전시킨 것이다. 본 연구에서 의 기준점은 각 기준선과의 교점이고, 어깨끝점, 뒷견봉부분에는 기준점이 없었으며, 광속조정단계후 산출된 3차원 좌표만으로 선상연결체를 만든 경우이므로 어깨부위는 형상화되지 않았다. 그러나 다중영상시스템의 마지막 단계인 도화(圖化)에서는 이미 표정과 광속조정이 끝난 상태에서 필요한 점을 디지털해 줌으로써 바로 3차원 좌표를 얻을 수 있으며, 보다조밀하게 기준점을 찍고 3차원좌표를 얻어 이를 선을 연결할 경우 곡선부위형상의 재현도 가능하다. 본 연구에서는 너비, 두께, 높이항목의 치수산출을 목적으로 하므로 광속조정의 단계까지만을 수행한 후, 산출된 3차원 좌

표로 치수를 산출하였으며, 너비, 두께항목 등의 치수 산출시 기준점 위치의 시각적인 확인을 위해 선상연결체를 사용하였다.

4) 실험결과

① 높이항목

평면사진법에 의해 산출된 높이항목의 각 항목별 산출된 치수를 장면별로 비교해 보면(표 5의 치수차이 a-c, b-c), 0.1에서 1.73까지의 차이가 있으며 입체 촬영실험에서와 마찬가지로 사진기의 중심높이에서 멀어질수록 장면별 차이가 확대되었다. 또한 후면과 우측면간의 차이는 0.1~0.51 cm, 전면과 우측면과의 차이는 0.54~1.71 cm으로, 전면의 경우 장면간 큰 차이를 보였다.

우측면, 전, 후면에서 산출된 평면사진법에 의한치수와 입체사진측량방법에 의한 치수를 비교해본 결과, 치수의 차이는 각각 평균 4.45 cm, 4.42 cm으로 4 cm이상의 차이를 보였다. 각 항목별로 전 후면과 입체사진법과의 차이는 3.38~5.54 cm, 우측면과 입체사진법과의 차이는 2.85~5.58 cm까지 나타났는데, 평면사진법에 의한 높이항목치수가 중심투영에 의해 상이 확대되어 나타난 것이라는 점을 감안하면, 입체사진법에 의한 수치보다 축소되어 나타난 것은 바닷면 설정에서 오는 차이로 인한 것이라 생각된다. 따라서 평면사진법에 의한 측정치 중 높이항목은 인체 측정치로 사용하는 것이 적합하지 않다는 결론을 얻었다.

② 너비항목

평면사진법에 의한 너비항목의 산출치를 장면별로 비교하면, 측정항목에 따라 0.16~1.4 cm의 차이를 보였다. 가슴너비를 제외하면 전면의 치수가 더 크게 나타

<표 5> 측정방법별 산출된 높이항목의 치수

(단위 : cm)

항목	측정방법별 산출된 치수				장면별 치수차이		방법별 치수차이	
	평면사진법			입체사진법 (d)	a-c	b-c	d-a, d-b	d-c
	전면(a)	후면(b)	우측면(c)					
1	116.49	.	114.76	119.87	1.73	.	3.38	5.11
5	131.76	.	133.19	136.09	1.43	.	4.33	2.9
7	100.94	.	101.48	104.33	0.54	.	3.39	2.85
8	90.34	.	89.34	94.45	1.00	.	4.11	5.11
9	83.15	.	82.11	87.69	1.04	.	4.54	5.58
33	.	114.48	114.58	118.99	.	0.1	4.51	4.41
34	.	98.27	98.78	103.81	.	0.51	5.54	5.03
35	.	89.37	89.52	94.31	.	0.15	4.94	4.79
36	.	82.19	82.62	87.56	.	0.43	5.37	4.94
평균					1.14	0.29	4.45	4.52

*장면별 치수차이(a-c, b-c)는 평면사진법에서의 전면치수(a), 후면치수(b)와 측면치수(c)와의 차이를 의미하며, 방법별 치수차이(d-a, d-b, d-c)는 입체사진법(d)과 평면사진법의 전, 후면(a, b), 우측면(c)과의 차이를 의미한다.

<표 6> 측정방법별 산출된 너비항목의 치수

(단위 : cm)

항목	측정방법별 산출된 치수			장면별	방법별	
	평면사진법		입체사진법(c)	치수차이 a-b	치수차이 c-a	치수차이 c-b
	전면(a)	후면(b)				
목너비	11.59	10.94	11.37	0.65	0.22	0.43
가슴너비	32.11	33.51	28.82	1.41	3.29	4.69
허리너비	22.92	22.76	23.03	0.16	0.11	0.27
배너비	30.47	30.19	30.65	0.28	0.18	0.46
엉덩이너비	32.45	32.29	32.93	0.16	0.48	0.64
평균				0.62	0.85	1.29

*장면별 치수차이(a-b)는 평면사진법에서의 전면치수(a)와 후면치수(b)와의 차이를 의미하며, 방법별 치수차이(c-a, c-b)는 입체사진법(c)과 평면사진법의 전면(a), 후면(b)과의 차이를 의미한다.

났는데, 가슴너비의 경우 단면을 살펴보았을 때, 전면의 유두부위만 선으로 연결해주면 평행사변형에 가까우며 따라서 후면에서 촬영한 경우 전면에 비해 더 넓은 면이 중심투영되므로 치수가 크게 나타났다고 추측할 수 있다. 너비항목의 경우 각 방법간의 차이는 높이항목에 비교할 때 가슴너비를 제외하고 작게 나타났으며, 사진기의 중심고는 배틀레션부위에 맞추었으므로 각 항목별로 중심고에 가까울수록 상대적으로 작은 오차가 나타났다고 볼 수 있다.

방법별 산출된 치수간의 차이(표 6의 c-a, c-b)는 평

면사진법에 의한 전면의 산출치와 입체사진측량법과는 0.11~0.48cm로 0.5cm이하의 차이를 보였으며, 후면과 입체사진측량법과의 차이는 0.27~0.64cm로 전면과의 차이보다 조금 큰 차이를 보였다. 그러나 사진 중심고에 가까운 허리, 배, 엉덩이너비만을 살펴보았을 때는 평균 0.26cm~0.46cm으로, 이를 1/10축도된 사진상에서 보면 육안으로 구분하기 어려우며, 디지털이 저에 의한 오차도 포함하고 있으므로 전면의 값을 취할 경우, 허용 가능한 수준의 오차일 수도 있다고 사료된다.

<표 7> 측정방법별 산출된 두께항목의 치수

(단위 : cm)

항목	측정방법별 산출된 치수			장면별 치수차이 a-b	방법별	
	평면사진법		입체사진법(c)		치수차이 c-a	치수차이 c-b
	좌측면(a)	우측면(b)				
가슴두께	21.23	21.31	21.01	0.08	0.22	0.30
허리두께	17.81	17.82	18.38	0.01	0.57	0.56
배두께	21.58	21.14	21.89	0.44	0.31	0.75
영덩이두께	22.89	23.41	23.76	0.52	0.87	0.35
평균				0.17	0.49	0.49

*장면별 치수차이(a-b)는 평면사진법에서의 전면치수(a)와 후면치수(b)와의 차이를 의미하며, 방법별 치수차이(c-a, c-b)는 입체사진법(c)과 평면사진법의 전면(a), 후면(b)과의 차이를 의미한다.

항목별로 살펴보면 가슴너비를 제외하면 사진에 나타난 면적이 클수록 오차를 많이 포함하고 있는 것으로 사료되며 이는 인대를 대상으로 한 것이라는 점을 감안하면 보다 곡면의 성격을 띠는 인체의 경우 오차가 더 커질수 있는 가능성이 있는 것으로 보인다.

그러나 높이에 비해 사진 상에서 읽는 범위가 좁으므로 높이에 비해 작은 오차를 보이는 것으로 사료된다.

③ 두께항목

두께항목 중 가슴두께는 형태의 특징상, 전면에서는 가슴의 가장 튀어나온 부위인 유두점과 프린세스라인상의 점을 단면도에서 관찰하여, 더 튀어나온 점을 치수 산출에 사용하였으며 후면에서는 인대에 견갑골의 형태가 없고 뒤중심선이 가장 튀어나온 형상이므로 뒤중심선과의 교점을 사용하였다.

<표 7>의 평면사진법에 의해 산출된 수치는 장면별로 0.01~0.52 cm의 차이를 보였다. 측면의 형상은 한 면은 전면의 실루엣이 또한 면은 후면의 실루엣을 나타낸 것으로 우측면과 좌측면은 사진상의 형상이 동일하다. 단, 치수화한 경우 발생한 장면간의 차이는 인대가 완전하게 좌우대칭이 아니라는 점과 치수산출시의 디지털 오차 등이 포함되어 나타난 차이라 볼 수 있다. 평면사진법에 의한 좌측면의 산출치와 입체사진측량법에 의한 치수와의 차이는 0.22~0.87 cm로 평균 0.49 cm의 차이를 보였으며 우측면과 입체사진측량법과의 차이는 0.30~0.75 cm로 평균 0.49 cm의 차이를 보였다. 너비항목의 경우와 마찬가지로 높이항목에 비해 사진 상에서 읽는 범위가 좁으므로 높이항목에 비해 작은 오차를 보인 것으로 사료된다. 그러나 인대를 대상으로

한 것이라는 점을 감안하면 보다 곡면의 성격을 띠는 인체의 경우 오차가 더 커질 수 있는 가능성이 있을 것으로 예상된다.

III. 결론 및 제언

본 연구는 인체 간접 측정 방법 중 평면사진법에 의한 오차와 원인을 파악하고, 보다 정확하고 효율적인 인체 측정방법을 제시하기 위해 입체사진의 원리를 이용한 인체형상계측을 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 항목선정실험결과 너비, 두께, 높이항목의 경우 측정자간의 개인차 및 반복시행으로 인한 편차 등 측정의 정밀도가 떨어지므로 직접측정법 외에 간접측정에 의한 측정의 필요성이 입증되었다.

2. 평면사진방법에 의한 인체촬영실험결과에서는 동일한 항목이라도 각 장면에 따라 치수에 차이가 있었다. 너비항목의 경우 전면과 후면에서 산출된 평균치의 차이는 최저 1.25 cm에서 최고 2.09 cm였으며, 높이항목의 경우는 평균치의 차이가 최저 0.96 cm에서 최고 1.15 cm를 보임에 따라 평면사진법은 체형이나 실루엣 연구 외에 인체의 치수를 측정하는 경우 측정치의 오차를 감소시킬 수 있는 방안의 모색이 필요했다.

3. 평면사진법, 입체사진측량방법에 의한 인체촬영 실험결과 동일항목간 평균치비교에서 높이항목은 전후면에서 측정한 치수와 입체사진측정치간의 차이가 평균 4.4 cm, 좌측면에서 측정한 치수와 입체사진측정치간의 차이가 평균 4.52 cm였고, 너비항목은 전면에서 측

정한 치수와 입체사진측정치간의 차이가 평균 0.85 cm, 후면에서 측정한 치수와 입체사진측정치간의 차이가 평균 1.29 cm, 두께항목은 좌, 우측면에서 측정한 치수와 입체사진측정치와의 차이가 모두 평균 0.49 cm로 나타났다.

높이항목의 경우 사진에서 읽는 수치가 크므로 평면 사진법에 의한 측정은 정확도가 떨어진다고 생각되며, 너비와 두께항목의 경우 사진기 중심고에 가까운 항목은 0.5 cm미만의 차이를 보여 비교적 적은 수치이나 의복구성에는 영향을 줄 수 있는 수치이므로 신중을 기할 필요성이 나타났다.

이상의 결론을 바탕으로 본 연구에서 3차원 좌표를 산출하는데 사용된 다중영상시스템을 이용할 경우 3차원 좌표를 산출하는 단계를 거쳐 도화를 통해 대상물의 형상을 그대로 재현할 수 있으며 이를 이용하면 Auto-CAD상에서 너비나 두께 등의 직선거리항목은 물론 해당 단면의 체표둘레와 체적까지도 측정이 가능하므로 입체사진법으로 곡선부위에 대한 연구도 가능하리라 사료된다. 그러나 이를 위해서는 둘레항목의 경우 Martin측정법에 의해 측정한 치수와 실제체표둘레치간에 어떤 차이가 있는가에 대한 연구가 필요하며, 길이항목의 경우 두 점간을 자연스럽게 연결하여 측정하는 어깨점 사이 길이 등의 측정에서 두 점을 연결해 주는 곡선에 대해 정의내릴 수 있는 연구가 필요하다. 따라서 이와 같은 연구들이 선행된다면 인체의 측정에 두가지 방법을 병용하던 기존의 방법에 비해 측정하고자 하는 항목에 대해 한가지방법으로 측정할 수 있으므로 보다 용이한 방법으로 인체측정이 이루어지리라 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 공업진흥청, 1988, 인체 측정 방법 및 용어의 표준화 연구.
- 2) 최유경, 여성체형의 형태적 분류 및 연령증가에 따른 변화, 1997, 서울대학교 박사학위논문.
- 3) 박은주, 청년기 남성의 상반신 체형분석 및원형설계

를 위한 퍼복인간공학적 연구, 1992, 연세대학교 박사학위논문.

- 4) Arnold Gassan, Exploring Black & White Photography, WM.C. Brown Publisher, IOWA, 1987.
- 5) 김주환·강영복, 지도학, 1990, 신라출판사.
- 6) 유복모, 사진측정학 개론, 1977, 회중당
- 7) 高部哲子の 6인, 寫眞計測資料による人體姿勢の解析 日本家政學會誌, 38(11), 999-1007, 1987.
- 8) 高部哲子の 6인, 寫眞計測資料による人體姿勢の解析 (제2보), 人體姿勢を表す主成分の再現性, 日本家政學會誌, 41(1), 35-41, 1990.
- 9) F. H. Moffit, E. E. Mihail, Photogrammetry, Harper & Row. Inc, 1980.
- 10) 유복모, 사진측정학, 1996, 문운당.
- 11) 최경미·조기여, 근거리 사진측량의 다중영상시스템을 이용한 인체형상측정, 1996, 경북실업 전문대학논문집.
- 12) 공업진흥청, 1980, 국민체위조사보고서.
- 13) 공업진흥청, 1986, 국민체위조사보고서.
- 14) 공업진흥청, 1992, 국민체위조사보고서.
- 15) JIS依料サイズ推進協議會. 體格調査委員會, カネホウファツシ ン研究所, 衣服寸法設定のための身體計測實施要領及び寫眞集(成人編), 1985.
- 16) Fallik, Brown, Statistic for Behavioral Sciences, Dorsey Press, 1984.
- 17) 三吉滿智子, 被服構成學 理論編, 文化女子大學被服構成學研究室編, 1985.
- 18) D. C. Brown, Close-range camera calibration, Photogrammetric Engineering, 1971.
- 19) 김주자, 남성복 치수규격을 위한 체형분류, 1991, 서울대학교 박사학위논문.
- 20) 남윤자, 여성상반신의 측면형태에 따른 체형연구, 1991, 서울대학교 박사학위논문.
- 21) 정명숙, 성인 여성 체형의 유형화 및 연령층별 특징 연구, 1994, 서울대학교 박사학위논문.
- 22) 권숙희, 여대생의 의복설계를 위한 체형분류 및 인대 제작에 관한 연구, 1995, 연세대학교 박사학위논문.
- 23) 김경화, 노년여성체형의 유형화 및 특성연구, 1995, 이화여자대학교 석사학위논문.
- 24) 임인섭, 다중영상접합기법에 의한 인체의 수치모형생성, 1997, 충북대학교 석사학위논문.