

# 인체 계측을 위한 수치모형생성 The Digital Model Generation for the Human Body Measurement

이재기\* · 최석근\*\* · 임인섭\*\*\*  
Lee, Jea-Kee · Choi, Seok-Keun · Lim, In-Seop

## 요 旨

인체의 형상 및 크기는 인류학 뿐만 아니라 일상 생활용품의 설계에서도 중요한 요소가 되고 있다. 비록 새로운 기법의 3차원 계측이 도입되고 제안되었지만, 여전히 결과분석 및 계측방법에 대한 많은 문제점들이 있다. 본 연구에서는 취득된 영상의 내·외부 표정요소, 사진좌표를 얻고 광속조정을 통해 대상물 좌표를 계산하고 다중영상을 접합하여 대상물을 도화하고 Auto-CAD나 다른 Graphic 처리 Utility를 이용하여 3차원 수치모형을 생성하였다. 그 결과, 인체의 수치모형이 일단 생성되면, 많은 응용분야에서 설계자가 필요로 하는 정보를 얻을 수 있고, 기하학적인 많은 정보를 쉽게 얻을 수 있음을 알았다. 따라서, 수치모형 생성을 통한 간접적인 인체계측의 가능성을 제시하고자 한다.

## ABSTRACT

The size and shape of the human body has been an important factor not only in anthropology but in integration of designs aimed for daily use. Although the three-dimensional measurements have been proposed and obtained introducing new methods, there still remains many problems concerning how to analyze and evaluate the results. In this study, we have got the internal and external orientation factors, image coordinates from the acquired photographs, have calculated the object coordinates through Bundle Adjustment, have matched multi-images, have drawn the object in the computer, and smoothly handled the surface of the body model using the Auto-CAD system or graphic processing utility then we could generate the digital model of human body. The results show that once digital modeling of the body is generated, the information which a designer needs can be acquired and the adequate calculations for many application fields can be done easily and many geometrical properties could be extracted. Therefore we propose the possibility of indirect human body measurement through digital model generation.

## 1. 서 론

인류학에서 인종간의 차이를 알아보기 위해서 인체 계측을 시작하였으나, 오늘날 정보화 및 산업의 자동화로 말미암아 인간의 활동영역과 능률적인 작업활동을 통한 생산성 향상 등을 연구하면서부터 모든 산업분야에서의 인체계측정보의 필요성이 한층 증가되었다.<sup>1)</sup>

정보화 및 자동화 추진은 복잡다변화하는 국제 경제

의 상황에 대처할 수 있는 가장 확실한 투자로 인식되고 있으며 경제성 향상을 통한 경쟁력 확보를 위해 인체형상 정보의 정확하고 신속한 계측이 요구되고, 과학 기술과 인간 및 사회와의 조화있는 발전을 도모하면서 기술에 대해서는 안전성, 인간 및 사회에의 적합성 등을 고려하는 인간중심 기술을 지향하므로 인간과의 적합성을 만족시켜 생활자의 입장에 서서 설계하고 있다.

현재 인체에 관한 정보는 모아레법, 격자패턴 투영법 등과 같은 광학적 방법과 stereo 사진법, 초음파법, 레이저 광선법 등과 같은 계측방법을 통해 취득해 왔고<sup>2-6)</sup>, 이러한 방법들을 통하여 얻은 자료들중 대부분이 의학,

\* 충북대학교 토목공학과 교수

\*\* 복실업전문대학 지적과 조교수

\*\*\* 충북대학교 토목공학과 박사과정

인류학, 가정학(의상 디자인), 제품설계에 대한 산업분야 등에 많이 이용되었다.<sup>7)</sup>

그런데, 기존의 광학적 방법에 의한 인체형상계측시스템 및 사진측정법은 인체의 주요 형상정보를 접촉하지 않은 상태에서 입체적으로 재현할 수 있음은 물론 대량의 데이터를 취득할 수 있다는 장점이 있었으나, 자료취득 및 계측에 이용되는 장비가 고가이고 시스템 설치에 많은 시간이 소요되며 이동이 불편할 뿐만 아니라 자료처리의 전 단계에서 숙련된 기술인력이 필요하며, 투영된 격자나 Moir -fringe 등에 의한 방법으로 수치모형화 작업을 할 경우에는 이것들이 광도나 격자의 간격에 대한 영향이 크고 정확한 수치정보 및 전산화에 의한 수치모형화 작업이 명확하지 않았다.

따라서, 공간환경과 제품 설계에 있어서 인체와의 적합성을 평가하면서 설계를 추진해야 하고 3차원 CAD 및 다른 그래픽 처리 Utility에 응용하는 것이 가능해야 하며 기존의 측정방법에 따른 계측방법의 번거로움을 벗어나 경제성, 전산처리의 용이성, 정확도 등을 만족할 수 있는 방법과 수치모형화 작업에 적합한 방법이 필요하게 되어, 비접촉 광학계측에 알맞은 방법으로서 근거리 사진측량의 원리에 입각한 다중영상접합 기법에 의해 인체의 3-D 수치 표면모형을 생성하여 보다 합리적이고 경제적인 인체계측의 가능성을 입증하는데 연구의 목적이 있다.

## 2. 다중영상 접합 이론

### 2.1 사진좌표 변환

사진측량에서는 어떤 좌표계에서 다른 좌표계로 변환하는 일이 흔히 발생하고 크기 및 형상의 변화없이 위치 및 방향과 일률적인 축척의 변화와 같은 단순한 변환에서 비선형의 많은 차수 및 형상의 변화까지 다양하다.

사진과 대상물간의 상관 관계는 등각사상(conformal), 부등각사상(affine), 사영(projective) 변환에 의해 해석되고<sup>8-11)</sup>, 본 연구의 다중영상접합 시스템에서는 사영변환을 이용하였다.

사영(projective) 변환은 평행하지 않는 두 개의 평면에서 한 평면을 다른 어떤 평면에 투영시킨 후 xy좌표의 해석적인 계산을 할 수 있는 변환을 말한다.

이 변환식은 경사사진에서 그 좌표에 근거하여 일정한 비율로 수정된 사진면에서의 지점에 대한 좌표를 계

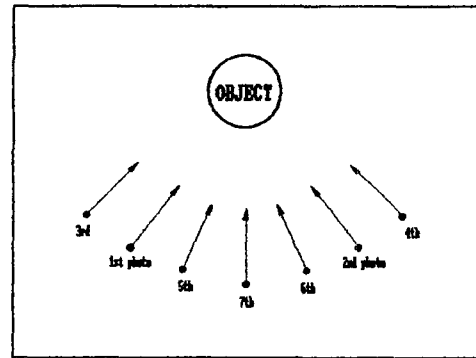


그림 1. Photo orientation sequence.

산하는 해석적인 조정에서 이용되고 있다.

### 2.2 표정

사진측량에서의 표정은 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치( $X_c, Y_c, Z_c$ )와 회전요소( $k, \phi, \omega$ )에 대한 계산이며 주로 표정점에 대한 대상물 좌표를 계산하는 것이다.

다중영상접합에서는 표정을 위해 전방교회법과 후방교회법을 동시에 이용한다.

다중영상접합은 3차원 공간에서 광축의 교차에 의해 표정점의 좌표를 얻기 때문에 각 사진들의 표정순서가 표정점의 위치결정에 상당한 영향을 주게된다.

각 사진의 표정순서는 그림 1과 같고 다음 몇가지 규칙에 의해 실시된다.

첫째, 공선변환에 만족하기 위해서 대상물 좌표체계 결정에 이용된 표정점이 표정순서에서 최소 2장의 사진에 나타나야 한다. 맨처음 두장의 사진은 전방교회법으로 모델좌표를 계산한다. 이 두장의 사진방향은 3차원공간에서  $60^\circ \sim 90^\circ$ 의 각도가 이루어지도록 하고 대상물 전역에 골고루 분포되어 있는 최소 7개의 표정점을 갖고 있어야 한다.

둘째, 후방교회법의 계산을 위해 각 표정순서에서 이미 알고 있는 3개의 표정점이 적어도 2장의 사진에 나타나야 한다.

셋째, 결과값에 대한 정확도를 예상하고 있는 사진의 순서에 대한 영향을 최소화 해야 한다.

그리고, 대상물 절대좌표로서의 기준좌표계를 설정하기 위해 3점 이상의 좌표( $X, Y, Z$ )로 부터 최소 6개의 좌표(예를들어, 기준점에 대한 X좌표 3개, Y좌표

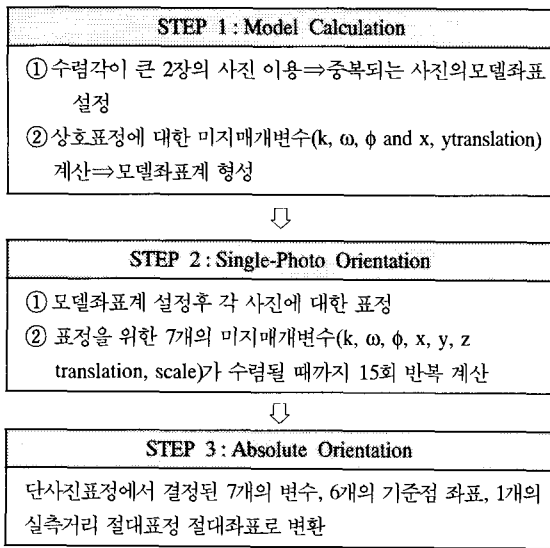


그림 2. 3-STEP data processing in Multi-image orientation.

2개, Z좌표 1개)와 축척결정을 위한 1개의 실측평면거리가 필요하며, 특히 평면실측거리는 반복계산시 수렴을 하는데 있어서 중요한 역할을 하게 되므로 반복관측하여 최확값으로 사용한다. 이들 자료처리과정은 다음의 세가지 단계를 거쳐 변환된다.

### 2.3 광속조정

광속조정은 고정밀 사진측량의 응용을 위해 개발된 조정의 특별한 형태이며 모든점들의 대상물좌표, 사진의 외부표정 및 카메라의 내부표정이 최소제곱법 조정으로부터 동시에 계산된다.

광속조정에 사용되는 3가지 기본적인 구성요소는 다음과 같다.

1. 관측: 표정점 및 비사진측량학적 측정
2. 주요함수모형: 공선조건
3. 미지수: 대상물의 표정점 좌표, 외부·내부표정

주요 함수 모형인 공선조건식은 중심투영의 수학적 모형인 모형을 이용한 것이고 앞에서 설명된 식(2-1)로 표현되며, 대상물의 한점(X, Y, Z)이 렌즈의 투영중심을 동일직선으로 통과하여 이에 대응하는 한 점(x, y)을 필름면에 맺는다는 기하학적인 관계이다.<sup>12)</sup>

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} = SM \begin{bmatrix} X_p - X_o \\ Y_p - Y_o \\ Z_p - Z_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

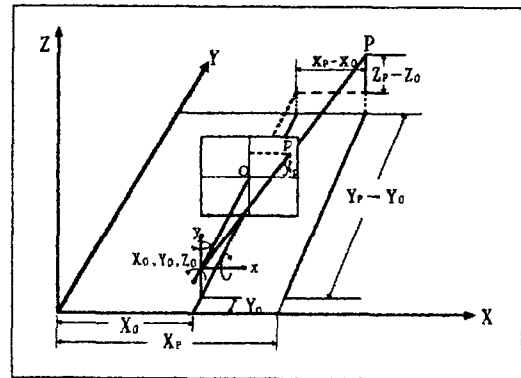


그림 3. The coordinate system of close-range photogrammetry and the Collinearity condition.

이 식은 단지 대상물 좌표체계에서 투영중심까지 변환하고 그것을 사진좌표체계와 평행을 이루도록 회전한 것을 나타낸 식이므로 실제 사진상에서 관측된 사진좌표, 렌즈왜곡 함수(dx, dy)와 주점의 사진좌표(xh, yh)를 고려하여 사진상에 투영된 대상물의 변형된 좌표로 표현한 식으로 나타내면 식 (2)과 같다.<sup>13,14)</sup>

$$\begin{bmatrix} x - x_h - dx \\ y - y_h - dy \\ -f \end{bmatrix} = SM \begin{bmatrix} X_b - X_o \\ Y_p - Y_o \\ Z_p - Z_o \end{bmatrix} \quad (2)$$

### 2.4 잔차

다중영상점합에서의 잔차는 사진좌표의 잔차를 말한다. x, y 사진좌표와 표정점의 대상물좌표로부터 광속조정에 의해 계산된 x, y 사진좌표간의 차를 말한다.

광속조정에 의해 계산된 잔차 Vx, Vy는 계산된 표정

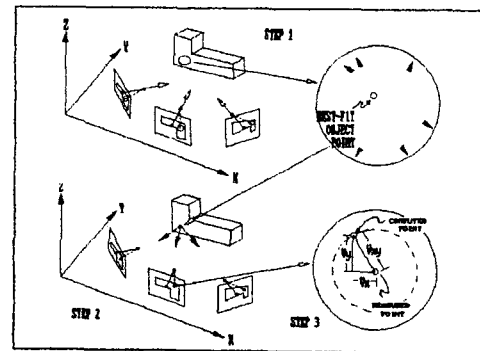


그림 4. Photo coordinate residual.

점과 관측된 표정점간의 거리와 같고 측정된 표정점에 대해 계산된 표정점의 정확한 위치를 추측할 수 있다. 그 값을 비교하기 위해 INTERSECTION+RESECTION으로 계산된 사진좌표의 잔차는 다음식에 의해 계산될 수 있다.

$$V_{xy} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (3)$$

따라서, 이 식으로부터 측정된 표정점이 계산된 대상물 표정점 좌표와 얼마나 잘 일치하는 가를 나타내는 것이므로 사진좌표에 관한 확실한 측정정확도를 나타내는 측도가 된다.

### 2.5 다중영상 접합 시스템

다중영상을 접합하기 위한 다중영상접합 시스템은 사진측량 시스템으로서 사진측량을 위해 현대 사진측량술에 접근하여 사진측량을 일반적인 측량작업 뿐만

아니라 여러 계측분야에 도입하게 되는 것으로 수치계산기(코프로세서)가 내장된 퍼스널 컴퓨터와 25 μm의 해상력을 가진 디지털라이저(size : 40 cm×60 cm) 그리고 출력을 위한 Printer 및 Plotter 등의 hardware와 MR2(multi-image restitution system) software 및 도화를 위한 CAD로 비교적 그 구성이 간단하게 되어 있다.

시스템을 관리하는데 있어서, 프로그램의 범위는 관리시스템 file, 상점측정, 영상의 광속 표정, 사진측량 측정 결정, 기하학적인 변환 및 측정결과의 도화로 분류되고 시스템을 보다 강화한 부분으로서 표준데이터 포맷을 위한 Interface program, 보다 나은 데이터 처리를 위한 CAD 시스템이나 그 외의 그래픽 처리용 프로그램을 호환할 수 있도록 하는 software로 되어 있다.

또한 자료처리의 흐름은 그림 5와 같다.

### 3. 계측가능성 검토

본 연구는 다중영상접합 시스템을 이용하여 인체 형상의 주요 정보 및 새로운 계측방법의 가능성을 제시하고 수치모형을 생성하고자 하는 것이다. 인체에 대한 수치모형의 생성에 앞서, 원주모형을 제작하여 계측의 가능성과 계측정보에 대한 적합성을 검토하였다.

그림 6과 같이 폭 404.4 mm, 길이 399.6 mm의 원주모형에 중·횡 26×20개의 격자모양으로 대상점을 설정

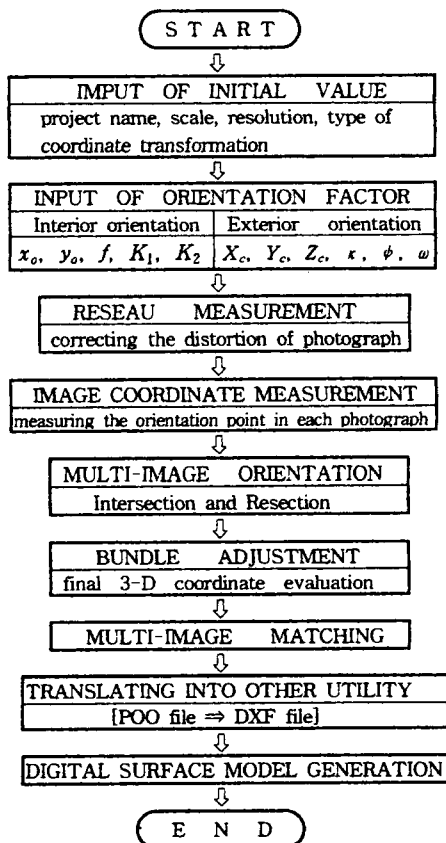


그림 5. The flow diagram of multi-image joining system.

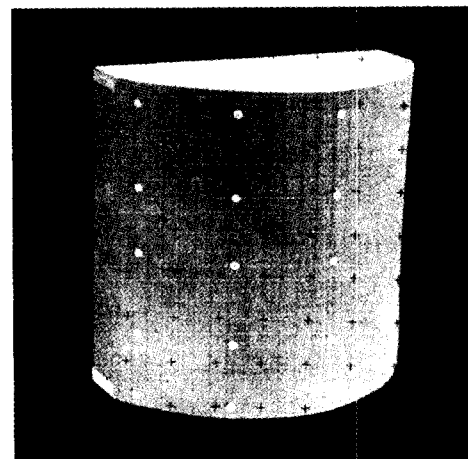


그림 6. Sample model for testing the measurement possibility.

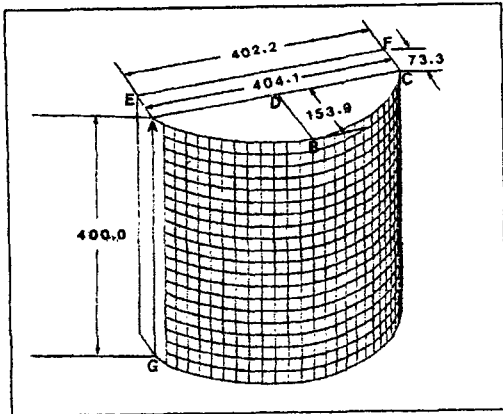


그림 7. Sample model generated using multi-image joining method.

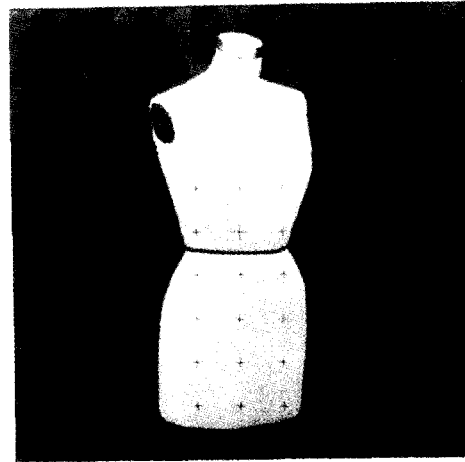


그림 8. Body model selected for experiment.

치한 sample을 제작하였다.

그리고, 대상물을 촬영하여 영상을 취득한 다음 다중 영상접합 시스템을 이용하여 관측하였고, 조정된 표정점의 좌표가 정확하게 조정되었는지 알아보기 위해 반원주 모형에 부착된 25개의 표정점에 대해 인접한 측정점간의 상대적인 좌표를 측정하여 생성된 모형의 좌표값과 비교한 결과 X, Y, Z축에 대한 잔차의 평균값은 각각 0.39, 0.51, 0.30 mm였다. 그리고, 실제 대상물과 그림 7에 있는 다중영상접합 기법에 의해 생성된 모형의 주요 치수를 비교해 본 결과 다음과 같다.

따라서, 표정점의 조정된 좌표와 실제 Sample에서 측정된 좌표값을 비교해 본 결과 X, Y, Z에서 평균적으로 각각 0.39 mm, 0.51 mm, 0.3 mm의 오차가 발생하고, 샘플의 주요정보에서 취득한 대상물의 크기와 생성된 샘플의 모형에서 취득한 대상물의 크기가 평균 0.34 mm의 오차가 발생하였고, 이 정도의 오차라면 인체모형의 표면모형생성 및 형상계측에서 요구되는 정

확도를 충분히 만족한다.

#### 4. 관측 및 수치모형 생성

##### 4.1 인체모형 촬영

근거리 사진측량용으로서 다중영상을 얻기 위해 사용된 사진기는 Rollei 6006이고, 인체모형측정에 필요로 하는 정확도를 충분히 갖추고 있으므로 대상물 촬영에 활용하였다.

대상물은 그림 8과 같이 인대를 이용하였고, 촬영은 인체모형에 대해 최소 3장의 사진이 한 모델을 이루도록 중복도를 주어 전면의 좌측에서부터 우측으로 반시계방향으로 수렴촬영을 실시하였으며 대상물의 좌표가 3-D로 서로 연속될 수 있도록 46개의 표정점들을 배치하였다.

사진촬영에 이용된 사진기는 제한된 거리로 인하여 광각인 40 mm의 렌즈를 사용하였고 촬영당시 인체에 대한 복잡한 굴곡과 곡선때문에 중복도를 고려하는데 세심한 주의가 필요하였다. 표정과 광속조정을 위하여 사용된 사진기의 내부표정요소는 표 2와 같으며 이 자료는 카메라 구입시 제공된 검정자표를 이용하였다.

각 대상물에 대한 촬영위치는 그림 9와 같다.

##### 4.2 대상물 기준점 측량

기준점 측량은 다중영상접합 시스템에서 비사진측량학적인 측정방법을 이용하여 사진측량에 의해 결정

표 1. The size comparison of sample model with generated sample model (Unit : mm)

	Sample model	Generated sample model	$\Delta$
AC	404.4	404.1	0.3
AG	399.6	400.0	0.4
BD	153.6	153.9	0.3
EF	401.7	402.1	0.6
CF	73.2	73.3	0.1
Mean			0.34

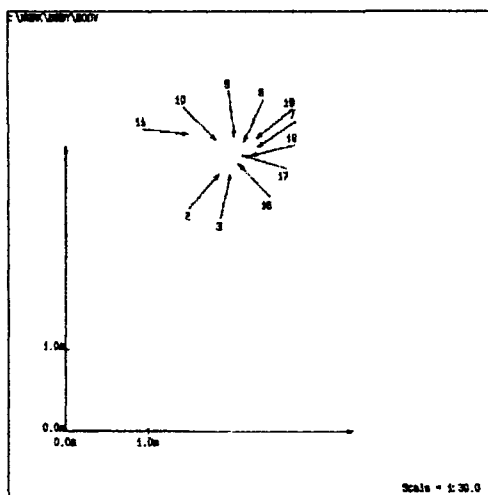
**표 2. Calibraion data of the camera(40 mm)**

	Calbrated Vallue	Remark
No	40	Camera number
Ck	-40.780	Principle distance
X <sub>s</sub>	-0.0512	X coordinate of principle point
Y <sub>s</sub>	-0.168	Y coordinate of principle point
A <sub>1</sub>	-1.0600E-004	First distortion correction coefficient
A <sub>2</sub>	1.2300E-007	Secondary distortion correction coefficient
R <sub>0</sub>	20.00	The radius having RD of zero

된 3차원 좌표의 정확도를 비교하고, 사진측량학에서 얻은 값들의 대상물좌표를 결정하기 위한 최확값으로 사용되므로 매우 중요하다. 본 연구에서는 각 표정점에 대한 절대좌표를 결정하기 위하여 1초독 데오돌라이트를 사용하여 삼각법에 의한 기준점의 수평각 및 연직각을 정밀 관측하였고, 축척요소가 되는 기선길이는 최줄자를 이용하여 반복관측 하여 산술평균값을 이용하였다.

삼각법에서는 기선의 좌·우에서 관측된 수평·수직성분의 관측각이 필요하다. 하지만 여러 측점들을 관측했음에도 불구하고 인체의 굴곡으로 인하여 표정점들 중에서 기선의 좌·우에서 모두 관측된 측점과 그 관측값은 표 3과 같다. 삼각법에서 얻은 관측값을 계산한 결과 표 4과 같은 좌표값을 얻을 수 있고 이 값들이 부가관측값으로서 절대값으로 사용된다.

관측된 인체의 삼각측량의 성과표중 다중영상접합



**그림 9. The positions of exposure to object.**

**표 3. The data of control points surveying for body model**

Base Length=4.785(m)				
		Left(IH=1.36 m)		Right(IH=1.31 m)
Point no	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
1	301°27' 24"	92°17' 51"	50°34' 21"	91°25' 09"
3	300°32' 35"	95°39' 11"	48°53' 27"	94°18' 00"
4	303°13' 00"	95°33' 18"	50°38' 49"	94°27' 36"
8	301°50' 06"	99°40' 50"	49°47' 42"	98°04' 03"

**표 4. The coordinates by control point surveying for body (Unit : m)**

Point no	X	Y	Z
1	2.041423	3.336929	1.2030580
3	1.930341	3.271408	0.9840128
4	2.124494	3.244480	0.9828248
8	2.026447	3.263838	0.7046692

시스템의 기준점으로 이용된 표정점의 절대좌표는 표 5와 같다.

### 4.3 자료처리 및 계산결과

촬영된 사진상의 표정점들은 디지털타이저를 사용하여 정확도 20 μm 이내로 입력되었으며, 사진기의 내부표정요소와 야장의 외부표정스케치를 기초하여 일차적으로 전방교회법과 후방교회법을 이용하여 표정을 실시하였다. 자료처리 시스템의 표정결과 획득된 3차원 좌표를 초기값으로하여 본 연구를 위해 선정된 정확도인 20 μm이내에 그 결과값이 수렴될 때까지 광속조정을 수행하였다. 각각의 처리과정에서 내부표정요소, 외부표정요소 및 3차원 위치값은 기하학적인 상호관계를 이용하여 정밀하게 측정하여 다시 결정되었다. 결정된 내부표정요소는 표 6과 같다.

**표 5. The absolute coordinates of control points**

Body model(unit : m)			
Point no	X	Y	Z
3	1.9303	3.2714	1.0100
4	-	3.2714	1.0100
8	-	-	0.7550
Scale	From	to	Distance
	3	4	0.1815

표 6. The element of interior orientation

(Unit : mm)

Lens	$C_k$	$X_n$	$Y_n$	$a_1$	$a_2$	$R_0$
43	-41.458	-0.0200	0.150	-3.427E-005	2.136E-008	20.00

외부표정요소값은 초기값으로 개략적인 근사값이 입력되어 계산되지만 기준점 촬영한 것과 비교하기 위하여 테오도라이트로 관측된 기준점 중 세 좌표를 사진좌표의 절대기준 좌표로 이용하였다. 이 값은 3차원 절대값과 내부표정요소 및 상좌표 값에 의해 정확한 값으로 다시 결정되어 최종 광속조정에 이용된다. 각 대상물에 따른 외부표정 요소는 표 7과 같다.

위에서 결정된 내부표정요소와 외부표정요소 및 상좌표값을 최종 광속조정의 초기값으로 입력하여 계산을 수행한 결과 4회반복 계산만에 필요로하는 정확도 20  $\mu$ m내에 수렴되었다. 이때 다중영상접합의 기준점으로 사용되는 표정점들의 3차원 절대위치값이 최종적으로 정확하게 계산되었으며 계산된 표정점들의 3차원 위치오차를 분석하여 표 8과 같은 결과를 얻었다.

표 8에서 보는 바와 같이 3번 표정점의 X, Y, Z좌표, 4번 표정점의 Y, Z좌표, 8번 표정점의 Z좌표는 측정당시 부가관측요소로서 기준점으로 입력하였기 때문에 좌표값에 대한 오차가 없는 것으로 나타나게 되는 것이다.

표 8에서 보는 바와 같이 X, Y, Z축에 대한 평균표준 오차가 각각 0.00077, 0.00203, 0.00123 m로 나타나 있

고, 여기서 촬영방향과 같은 Y축의 좌표에서 발생하는 표준오차가 다른 축에서 발생하는 표준오차보다 오차가 크게 발생한다는 것을 알수 있다.

이것은 항공사진측량에서 높이 정확도가 평면 정확도보다 낮은 것과 같이 사진촬영시 촬영방향이 대상물을 향하는 Y축 방향으로 수평수렴촬영을 했기 때문이며, 만약 촬영지점의 높이를 높게 또는 낮게 하여 Z축에 대해서 수렴촬영이 이루어 진다면 Y축 역시 보다 정확한 값을 가지게 될 것이다.

#### 4.4 수치 모형 생성

지금까지, 카메라 내·외부표정요소 등의 촬영현황을 입력하고 촬영된 영상을 이용하여 상좌표 측정, 다중영상 표정, 광속조정의 순으로 표정점의 3차원 위치를 결정하였고 그 결과 좌표값이 4회 반복하여 수렴되었다.

이것은 렌즈왜곡 및 영상왜곡 등의 여러 가지 오차가 적절하게 보정되어서 기대정확도내에서 정확히 조정되었다는 것을 나타내는 것이다. 이렇게 정확하게 표정된 표정점들을 기준으로하여 같은 점들에 대해 접합을 이루도록 한 다음 대상물 전체가 정밀하게 접합을 이루도록 하였다.

인체에 대한 주요 곡선들에 대한 점들을 선별하여 각각 입력한 다음 이것을 선형화 시켜 대상물의 형상을 정밀도화 하였다. 여기서 각 사진에 대한 디지털izer 입력값을 상대적으로 비교하여 20  $\mu$ m를 초과하게 되면 다시 측정하게 하므로써 정확도의 한계를 규정하였

표 7. The elements of exterior orientation for body model

Body model(Unit : m)							
Pho-to no	Cam era no	$X_c$	$Y_c$	$Z_c$	Direction(gon)	Tilt(gon)	Swing(gon)
2	43	2.743	1.498	0.975	354.862	-10.668	4.885
3	43	1.88	1.880	0.969	386.668	-11.438	1.263
7	43	2.783	2.783	0.751	137.721	6.891	-12.860
8	43	2.402	2.402	0.663	170.798	13.226	-6.976
9	43	1.986	1.986	0.715	206.786	8.088	-1.201
10	43	1.428	1.428	0.742	250.631	5.882	6.610
11	43	0.937	0.937	0.900	293.486	0.000	0.000
16	43	2.468	2.468	1.487	47.718	-41.316	-10.382
17	43	2.667	2.667	1.405	81.487	-40.584	-14.670
18	43	2.778	2.778	1.345	114.912	-35.880	-16.973
19	43	2.751	2.751	1.306	141.567	-25.826	-14.946

**표 8. Adjusted coordinates and standard deviations of body model**

Body model(Unit : m)							
Point no	X	Y	Z	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	Ray
1	2.022	3.383	1.196	0.001	0.002	0.001	4
2	2.116	3.371	1.118	0.000	0.001	0.001	4
3	1.930	3.271	1.010	0.000	0.000	0.000	3
4	2.112	3.271	1.010	0.000	0.000	0.000	4
5	2.022	3.267	0.963	0.000	0.001	0.000	3
6	1.958	3.274	0.841	0.001	0.002	0.000	2
7	2.084	3.273	0.841	0.000	0.002	0.000	4
8	2.021	3.228	0.755	0.001	0.003	0.000	3
9	1.932	3.222	0.667	0.001	0.004	0.001	3
10	2.113	3.224	0.665	0.001	0.004	0.000	4
11	2.204	3.432	1.140	0.001	0.002	0.002	5
12	2.161	3.321	1.000	0.001	0.000	0.001	4
13	2.171	3.398	0.985	0.001	0.001	0.001	6
14	2.158	3.459	0.972	0.001	0.001	0.002	6
15	2.115	3.307	0.834	0.001	0.002	0.001	4
16	2.174	3.342	0.745	0.001	0.003	0.001	6
17	2.182	3.336	0.699	0.001	0.003	0.001	6
18	2.172	3.273	0.657	0.001	0.004	0.001	4
19	2.183	3.328	0.645	0.001	0.004	0.001	6
20	2.166	3.396	0.631	0.000	0.004	0.002	5
21	2.120	3.442	1.163	0.001	0.002	0.002	3
22	2.124	3.506	1.035	0.001	0.001	0.002	2
23	2.025	3.496	0.966	0.001	0.001	0.002	5
24	2.122	3.442	0.894	0.001	0.001	0.002	5
25	2.024	3.444	0.761	0.001	0.002	0.002	6
26	2.027	3.455	0.620	0.001	0.004	0.003	2
27	1.935	3.491	0.967	0.001	0.001	0.003	5
28	1.955	3.431	0.811	0.001	0.002	0.002	3
29	1.940	3.448	0.621	0.001	0.004	0.003	2
30	2.123	3.424	0.723	0.001	0.003	0.002	4
32	1.882	3.315	1.002	0.000	0.001	0.001	3
33	1.905	3.362	0.923	0.001	0.002	0.001	2
35	1.848	3.328	0.643	0.001	0.004	0.002	2
Mean				0.00077	0.00203	0.00123	

다. 또한, 부분별로 생성된 선형들에 대해 레이어를 구성하여 Auto-CAD에서 사용할 때 필요한 부분을 추출하여 사용할 수 있도록 하였다.

여기서 도화된 대상물의 형상은 수치로 저장되고 그 파일형식을 벡터자료의 표준 형식인 DXF로 변환한다

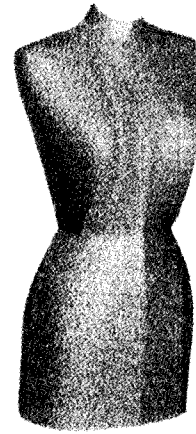


그림 10. The generated digital model.

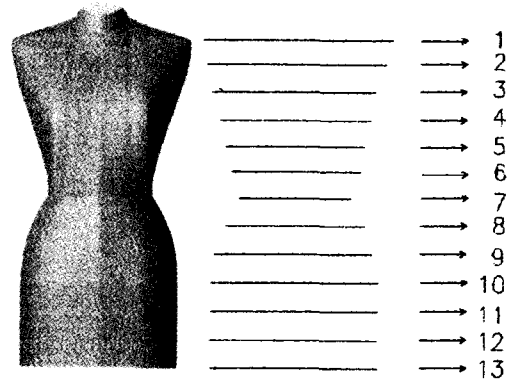


그림 11 Each girth of generated digital model.

은 Auto-CAD에서 선형으로 구성된 대상물을 편집할 수 있도록 하였다.

Auto-CAD에서, 인체형상에 대해 선정보들로 구성된 wireframe이 서로 정확하게 연결되도록 하였고 조정된 wireframe으로 구성된 형상에 표면형성 및 곡면정보를 주어 최종적으로 인체의 표면모형을 생성하였다.

그림 10은 생성된 인체모형이고 그림 11은 생성된 모형의 체간별 단면이고 계산된 값은 표 9와 같다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 다중영상 접합 기법을 이용하여 인체의 수치 모형을 생성한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 현재 인체 계측 및 모형 생성에 이용되고 있는 줄



표 9. Each girth value of the body on the

	Computed girth(m)	Measured girth(m)	Residual error(m)	Computed area(m <sup>2</sup> )
1	0.8617	0.8628	0.0011	0.0393
2	0.8772	0.8785	0.0013	0.0508
3	0.8988	0.9003	0.0015	0.0590
4	0.9192	0.9209	0.0017	0.0628
5	0.8323	0.8339	0.0016	0.0513
6	0.7159	0.7171	0.0012	0.0400
7	0.6475	0.6482	0.0007	0.0328
8	0.7633	0.7640	0.0007	0.0443
9	0.8842	0.8850	0.0008	0.0593
10	0.9463	0.9469	0.0006	0.0683
11	0.9405	0.9412	0.0007	0.0678
12	0.9364	0.9373	0.0009	0.0670
13	0.9310	0.9317	0.0007	0.0663
Mean			0.00104	

자에 의한 실측이나 Moir 또는 광원에 의한 측정법과는 달리 다중영상 접합에 의한 인체 계측 방법을 제시하였다.

2. 광원 및 Moir-fringe와 같은 변수를 사용하지 않고 대상물에 표점점을 부착하여 영상을 취득함으로써 정확한 좌표 값을 얻을 수 있으며 그 오차가 평균 1.5 mm이내의 정확한 수치 모형을 생성하였다.

3. Stereo 사진법이나 Moir 사진법 등에서는 단지 취득된 영상에서만 형상을 파악하지만 3차원 수치 모형으로 인체 모형을 생성하므로써 일반 Graphic utility 환경에서 실행시켜 설계자가 필요로 하는 시각에서 관측 및 분석을 할 수 있다.

생성된 모형을 컴퓨터 파일로 기록, 저장할 수 있기 때문에 인체모형을 필요로 하는 분야에서 생성된 모형을 분석하고 필요한 정보를 제공할 수 있는 기초자료가 될 수 있을 것이며 인체의 모형 생성 및 간접적인 계측의 효율을 높이기 위해서 영상취득 방법 및 자료처리에, 영상 처리 Utility의 활용을 통합하여 자동화할 수 있는 시스템 개발에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 공업진흥청, 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민체위 조사보고서, 1992.
2. G.H usler, W. Heckel, "Light sectioning with large depth and high resolution," Appl. Opt., Vol. 27, No. 24, 1988, pp. 5165-5169.
3. Shinobu Nagashima 外 4 人, "自由曲面による人體 Modelの生成とその應用," 第 5 回 Moir 研究會論文集, 1980, pp. 27-28.
4. Emiko Tsutumi, "Moir 法による 頸部表面の 近似展開," 日本家政學雜誌, Vol. 31, No. 5, 1980, pp. 20-21.
5. 김혜경, 조정미, 서추현, "A Study on the Variation of Skin Surface According to Arm Movement by Moir Photography Method," Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, Vol. 14, No. 4, 1990, pp. 292-304.
6. Yoko Matsuyama, Tanemi Uetake, Mayumi Yoshi-mura, Ryohei Komatsubara, Toru Yoshizawa and Sumico Yanagisawa, "格子パターン投影法による人 形状の自動計測," Bull. Fac. Domest. Sci. Otsuma wom. Univ. 26, 1990, pp. 77-85.
7. 유복모, 사진측정학, 1995, 문운당, pp 351-379.
8. F.H. Moffit, and E.M. Mihail, "Phtogrammetry," Harper & Row. Inc., 1980, pp. 589-631.
9. P.R. Wolf, "Elements of Photogrammetry," 2nd ed, MCGRAW-HILL Inter. Book Company, 1993, pp. 1-19, 41-59, 477-513, 603-610.
10. 이재기, "비측정용사진에 의한 좌표해석," 박사학위논문, 연세대학교 대학원, 1986.
11. 최석근, "근거리 사진측량에 있어서 반복분할법을 이용한 중·횡첩합모형 조정의 정확도 향상," 박사학 위 논문, 충북대학교 대학원, 1992.
12. Brown, D.C., "Close-Range Camera Calibration," Phtogrammetric Engineering, 1971, pp. 98-106.
13. Changyun, L.C., "Statistial Inverstigation of the propagation of Random and Non-random Error in Block Aerotriangulation Systems," University of Califonia, ph. D. Dissertation, 1979, pp. 42-55.
14. Halim, R.a., "The Finite Element Applications in Phtogrammetry," University of Washington, ph.D. Dissertation, 1982, pp. 26-28.