《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol.7 No. 2, Dec. 1988

인체 형상 자료의 전산화에 관한 연구

(A Study on the Computerization of Anthropomorphic Data)

이 근 부*

Abstract

The methods suggested up to now for 3-dimensional anthroponetry require much efforts and costs in measuring and analysing. To solve these problems, we adopt the methods such as Moire Interferometry, Image processing and Computer Vision Technique which are efficient in processing anthropomorphic data.

Moire contourgraph was constructed by using Ar-ion laser as a light source (2 Watt power and 5145 A wavelength) and laser beam expander(20X). Image data can be 3-dimensionally reconstructed as the surface patch and geographical relation between faces expressed by mash-point and edges as units. This research is focused on the followings;

1) Development of an economical and reliable measuring method.

2) Design of reproduction methods of 3-dimensional human body data. Therefore, our research makes it possible to study further advanced quantitative analysis of human body.

1. 서 론

인간-기계계의 편성에 중요한 위치를 점하고 있는 인간의 신체형상에 대한 연구는 지금까지 간단한 계측방법들을 통해 관측, 분석된 수치들을 인류학적 또는 기성화된 공업자료들에 대한 비교의 대상으로 이용되는 것으로 한정되어 왔다.

구한 인체칫수 자료들의 대부분은 2차원 평면상의 자료들이므로 요구되는 신체형상의 특징을 재현시키는 방안들 중에는 미해명된 문제점들이 많다. 이를 해결하기 위한 연구과제들 중의 하나가 3차원 인체계측이다[5].

그러나 이미 발표된 3차원 인체측정 방안들은 계측 및 분석에 많은 시간과 경비를 요하는등의 난제를 포함하고 있다. 따라서 본 연구의 주안은,

첫째, 경제적이고도 신뢰성 높은 계측방안의

* 청주대학교 산업공학과 부교수

개발

둘째, 측정된 3차원 인체자료들을 바탕으로 한 재현방안 설계 등으로 하였다.

본 연구에서는 기존방법들의 난제들을 개선하기 위해 moire 측정법(moire interferometry)[7]과 image processing 및 computer vision technique 등을 주요 연구방안으로 모색하였다.

이 방안들은 인체형상에 대한 자료획득및 처리에 비교적 신속하고도 경제적인 면을 지니고 있어 효율성이 인정될 수 있다.

보고된 stereophotogrammetry[6]는 3차원 인체계측이 가능하지만 contour 작성 및 3차원 좌표로의 변환에 많은 시간을 요하며, 측정범위 역시 한정되어 효용가치가 저하된다.

이를 해결하기 위해 사진촬영 대신 vidicon camera와 image board가 내장된 IBM - PC micro computer를 사용하였다.

2. 연구의 배경

2-1. Moire Interferometry

moire topography를 antropomorphic에 응용한 예는 Takasaki, Simpson, Cobb, Lovesey 등에서 찾아볼 수 있다[1].

moire topography는 조명근원(source light)과 view point가 grating에 평행으로 놓여 있을 때 grating에 생기는 moire는 grating으로부터 object의 depth를 표현하는 contour 체계이다(Fig.2.1 참조)[4].

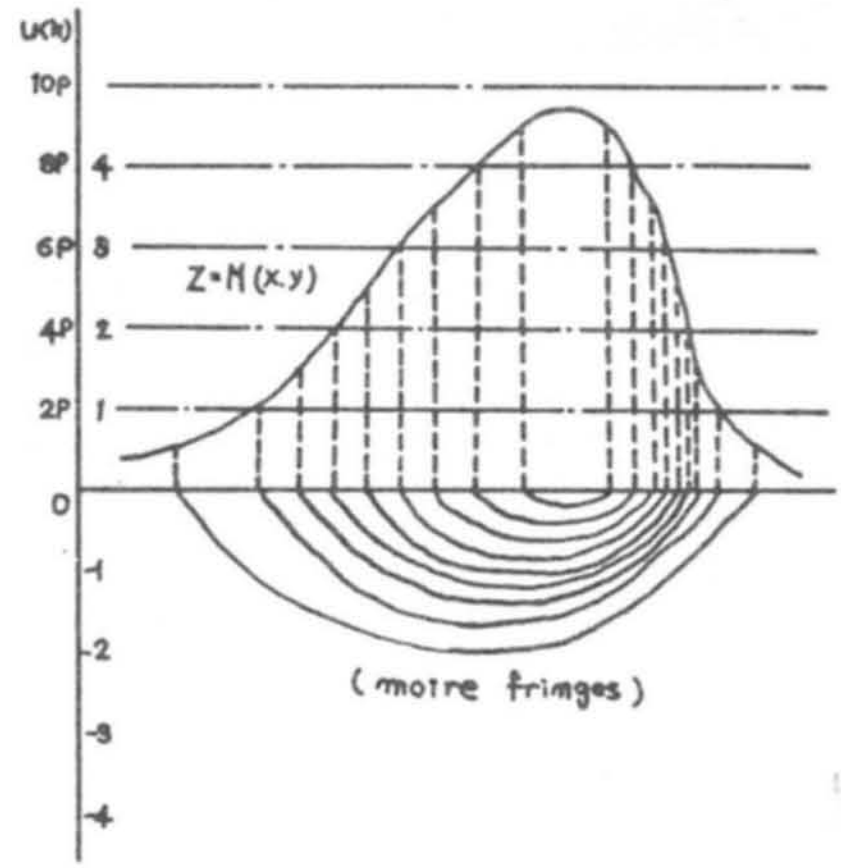

Fig. 2.1 Schematic diagram of the procedure of the graphical derivation of displacement curve obtained along a travers of the moire pattern. (the planes of intersection of 3-dimensional surfaces z=M(x,y) are given by equation z=mp. U(h)= the function of the height.)

moire contour-graphy의 기하광학적 관계식[2]들은 아래와 같다. So 간격으로 평면 grating을 object 위에 설치하면(Fig. 2. 2)

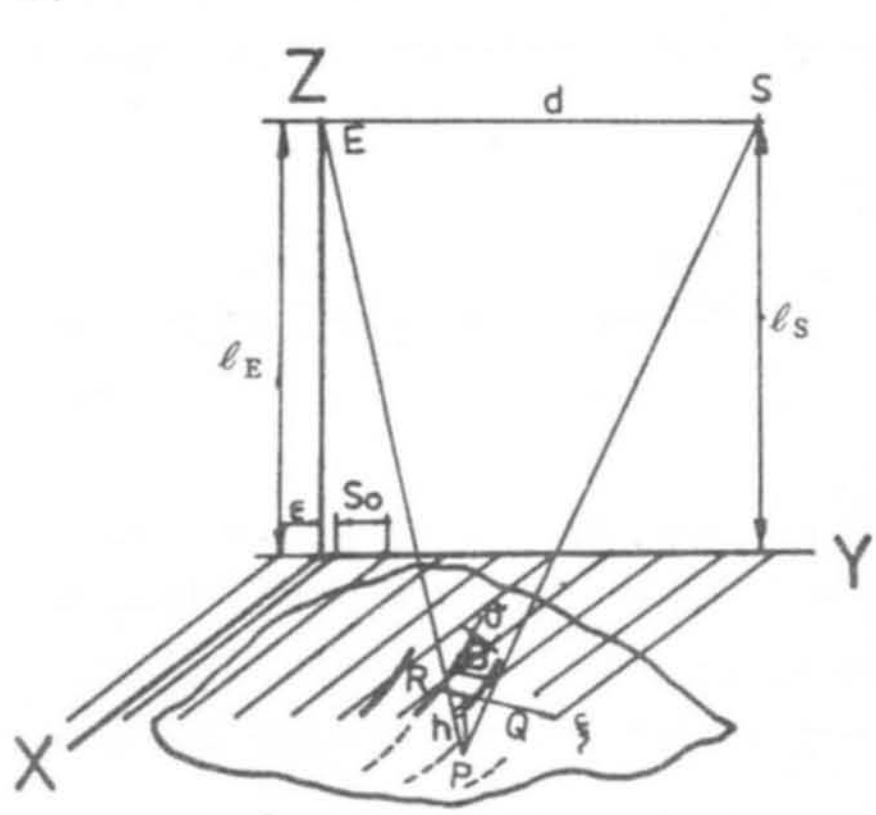

Fig. 2.2 Schematic representation of moire topography.

주기적 grating 간격에 의한 격자의 투과도 (투과함수) T_Q 는

$$T_Q = 1/2\,[\,1+\cos 2_X(\varepsilon + y)/\mathrm{So}\,], \quad (1)$$

로 표현한다. 이때 $\cos 2_X(\varepsilon + y)$의 값이 -1 이 될 수도 있으므로 1을 더해 준다.

여기서 So는 grating 간격이며 ε는 격자의 위상이다.

또한 격자가 물체에 투영된 그림자 R 주위의 함수식은 아래와 같다.

$$I_S = 1/2\{\,1+\cos 2_X[\,(\varepsilon + y_Q)\,\mathrm{So} + \xi/\mathrm{s}\,]\,\mathrm{Io}\,\} \quad (2)$$

윗 식이 그림자에 대한 함수식 이므로 Io, 즉 빛의 밝기가 계수로 곱해진다. 여기서 y_Q는 Q의 Y좌표이고 ξ는 그림자 R에 대한 새로운 좌표이다. (즉 X, Y 평면 위의 grating 그림과의 수직적 투명을 뜻한다.)

X, Y에 의해 ξ는

$$\xi = (y - y_R)\cos' - (x - x_R)\sin' \quad (3)$$

이다. $(y - y_R)$ 및 $(x - x_R)$은 기존 x, y 좌표에서 생성된 그림자의 좌표이동을 의미한다.

'는 최초의 선과 관련된 그림자와의 각을 나타내며 그림자의 간격은 S'로 표현한다. R주위의 grating 투과는 T_R로 표현하고 이는 식 (1)과 같이 표현된다. 또한 R 주위의 관찰된 moire I_M은

$$I_M = I_S * T_R \quad (4)$$

이 된다.

P점에 대한 moire 밝기는 $x = x_R$, $y = y_R$에 의해 구해지므로 임의의 P 점에서의 밝기 I_P는

$$I_P = 1/8\,[\,1+\cos 2_X(y_Q - y_R)/\mathrm{So}\,]\,\mathrm{Io} \quad (5)$$

이다.

(5)식에서 $y_Q - y_R$을 아래와 같이 변환하고

$$y_Q - y_R = [\,l_E d - (l_E - l_S)y_R\,]\mathrm{h}/l_E(l_S + \mathrm{h}), \quad (6)$$

여기서 $l_S = l_E = l$ 로 하면 (6)식은

$$y_Q - y_R = \mathrm{hd}/(l + \mathrm{h}), \quad (7)$$

로 된다. 여기서 h는 격자표면으로부터 P점에 대한 깊이를 나타낸다. 또한 d와 l은 h에 대한 함수이다. 그러므로 같은 밝기의 선은 같은 깊이를 나타내는 선으로 표현된다. 따라서(5)번 식은 아래와 같이 된다.

$$\mathrm{h} = l\mathrm{N}/(\mathrm{d}/\mathrm{So} - \mathrm{N}), \quad (8)$$

2-2. Image Analysis

이진영상(binary image)을 분석하는 방법으로 run-length 표현법과 chain code 방법이 있다. run-length 표현법은 모든 화소(pixel)을 "0" 과 "1"의 run으로 표시하며, chain code 표현은 각 영역의 경계를 단위벡터로 설정하여 경계 추적을 행한다. 그러나 집합연산 및 기하학적 특성을 분석하기에는 어려운 점들이 많다. 이러한 특성들을 분석하는 방법으로 계층적 구조(hierachical structure)를 갖는 퀴드트리 알고리즘이 있다. 영역과 비영역을 분리하기 위해 배열을 quadrant로 sub division하기 때문에 분해가 가능해진다. 이 방법은 post order tree traversal 방식으로 각 tree를 순회하며 최대블럭이 형성될 때까지 노드(node)를 형성시키지 않는다. 이에 대한 알고리즘블럭도는 Fig, 2.3 와 같다.

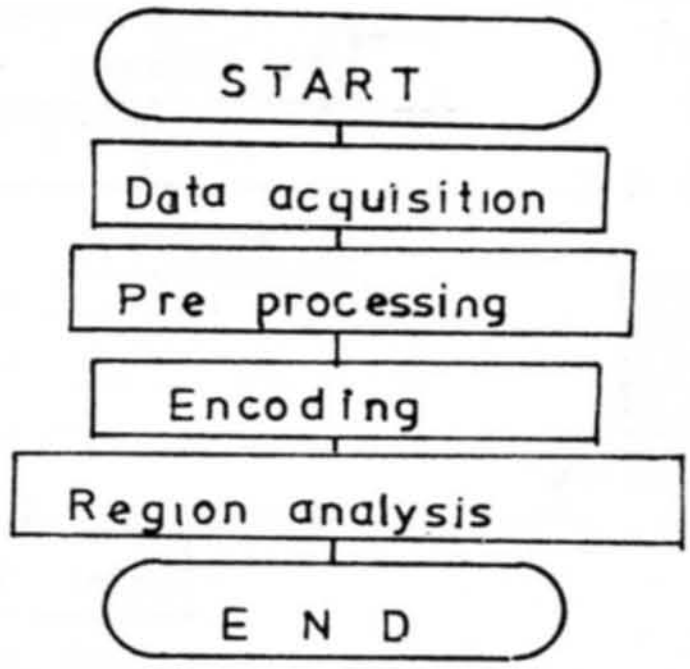

Fig. 2.3 Image analysis by the tree traversal.

3. 실 험

3-1. 실험장치의 구성

실험장치는 computer vision system, moire topograph, 그리고 laser 장치로 구성되어 있다(Fig.3.1. 참조).

computer vision system 은 video camera, image digitizer 및 IBM-AT를 image analysis에 사용하였다.

본 연구에서는 Imaging Technology사의 PC-vision plus image board를 사용하여 processing 하였다. 한 화면이 512*512 화소(pixel)로, 화소당 8 bit(256 gray level) 해상도로서, 30 frame * 256 kbyte/sec 의기능을 지닌다.

또한 Hercules graphic board(720*340 pixel) 와 640 KB RAM으로 3차원 data들을 생성하거나 처리하였다.

Laser System은 고출력(2W) Ar-ion Laser 와 광속확대기(beam expander)를 main system으로 활용하였으며, 이 중 Ar-ion Laser 는 Spectra physic 사의 제품으로 파장은 5145 A의 단색광파이다.

광속확대기는 배율이 20 X 인 것을 사용하여 조사하였다.

moire contourgraph 장치들은 아래와 같이 구성하였다.

1. 두상 및 breast 용 grating : pitch 0.5 mm, 유효 조사면적 270 mm * 370 mm

2. 상체용 grating : pitch 2 mm, 유효면적 1100 mm * 2000 mm. 여기서의 grating은 나일론사에 black coating을 하여 사용하였다.

3-2. 실 측

앞 장 및 절에서 논한 장치들을 사용하여 moire contourgraph를 생성한 뒤 이들 contour를 video camera로 영상화시킨 뒤, image digitizer로 image를 처리하여 2차원 좌표값을 memory에 수록하였다.

신체부위 중 계측 및 판독에 난제가 있는 두상과 흉상을 석고상을 이용하여 형상 data들

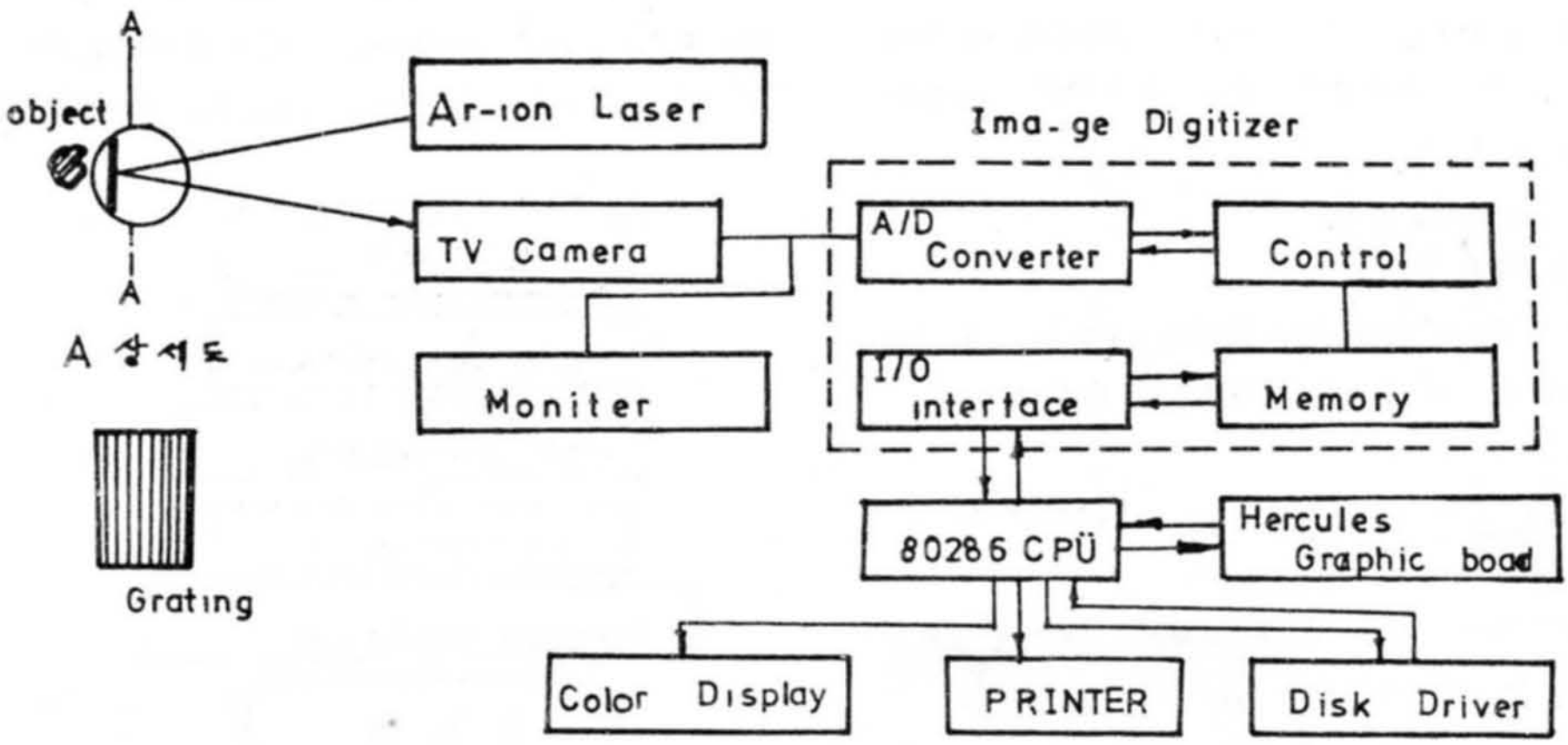

Fig. 3.1 30 Antropometric data acquisition system block diagram.

을 구하였다.

생성된 moire contour 자체가 높이 h를 지니는 contour 이므로 각 level에 따른 contour는 Z축에 대한 고유좌표값을 지니므로 실측 sample 형상에 대한 3차원 좌표를 구할수 있게 된다.

입력된 contour 들은 digital 영상에서 비교적 굵은 선으로 표현되므로 binary image로 만든 다음, 골격(skeleton)을 추출한다.이때 굵은 선의 중심에 skeleton이 위치하도록 thinning algorithem을 선택하였다〔3〕.

영상처리는 digitizing시 pixel을 "1"로 처리할 gray level thresholding에 의해 실행하였다.

또한 graphic memory를 아래와 같은 algorithm으로 search하여 필요 pixel 들의 graphic 상 좌표값들을 memory에 수록하였다.

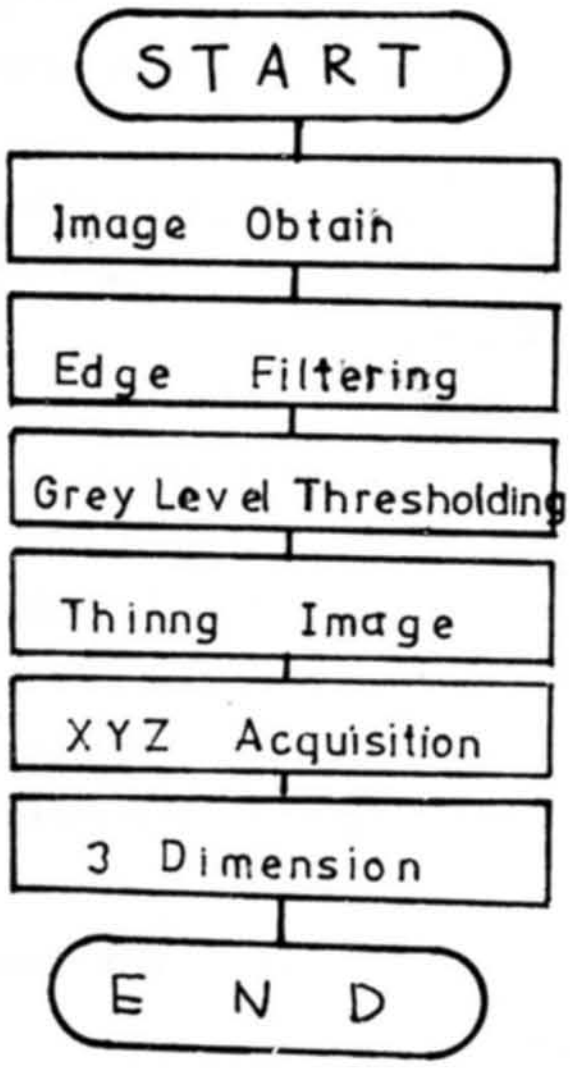

Fig. 3.2 3D Data acquisition algorithm.

구한 2차원좌표들은 gray level 이 256이므로 각각의 contour 당 threshold 값을 부여하여 3차원 좌표값을 구하였다(Table . 3.1 참조).

Table 3.1. extracted contour

NO	X, Y(start / end)	CONTOUR (c / o)	소요PIXEL수
1	98,87	C	26
2	93,89	C	35
3	92,92	C	44
4－1	35,96	C	25
4－2	58,86	C	5
4－3	71,85	C	7
4－4	94,93	C	54
4－5	142,83	C	12
4－6	153,101	C	26
5－1	32,105	C	36
5－2	56,95	C	44
5－3	87,85	C	114
6－1	25,94	C	225
6－2	208,95	C	30
7	21,104	C	234
8－1	19,103	C	249
8－2	137,110	C	15
9－1	20,97	C	227
9－2	135,64	C	11
10	18,100	C	249
11	19,93	C	226
12	14,106	C	247
13	14,101	C	246
14	11,111	C	237
15	7,113	C	241
16	7,114	C	238

화면의 영상처리 digitizing 및 3차원좌표 생성은 Basic, Pascal, C-language를 사용하였으며 memory의 절약을 위해 vertexing 기법과 text file을 data 처리에 응용하였다.

3·3. 분석

등고 모아레호(moire topograph)를 분석하

기 위해 Fig. 3.3 에 나타낸 것같이 grating 의 간격(pitch)을 g, 호의 차수(level)을 i 으로 하면 grating 에서 i 번째로까지의 거리 hn 은 아래 식과 같으며, 각 단계는 i 는 격자(grating)에서부터 피사체의 점들까지의 거리를 표시하므로 hn 과 같은 의미를 지닌다.

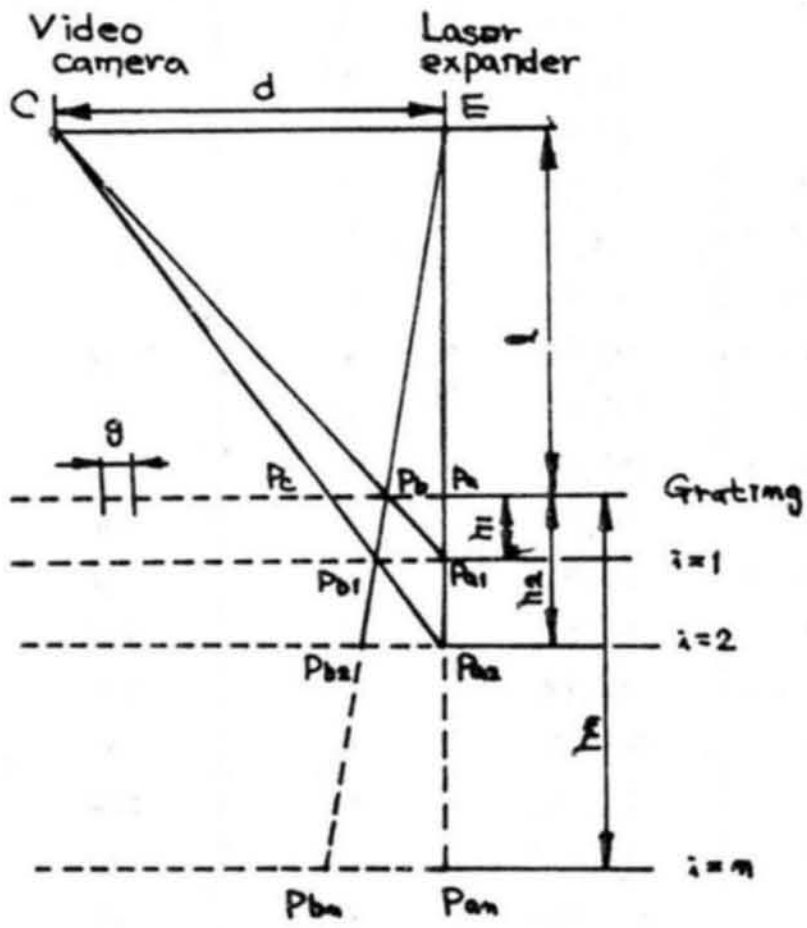

Fig. 3.3 moire fringes.

윗 그림에서 $\triangle CP_{a2}E \backsim \triangle P_cP_{a2}P_a$ 이므로

$CE : P_cP_a = EP_{a2} : P_aP_{a2}$ 이다.

역시 $d : 2g = (l + h_2) : h_2$ 이므로

$$h_2 = \frac{2gh}{d-2g}$$ 이다.

일반적으로 hn 에 대해서는

$$hn = \frac{ngl}{d-(n \cdot g)}$$ 이다.

⌐ d : video camera 와 laser 간의 거리

⌙ l : grating 까지의 거리를 나타낸다.

상기한 식에 의한 contour 간격 $\triangle hn$의 이론치는 Table 3.3 과 같다.

Tab. 3.3 ineerval of contour

NO	LABEL HIGH	△hn
1	4.002	
2	8.008	4.006
3	12.018	4.010
4	16.032	4.014
5	20.050	4.018
6	24.079	4.022
7	28.098	4.026
8	32.129	4.030
9	36.163	4.034
10	40.201	4.038
11	44.243	4.042
12	48.290	4.046
13	52.340	4.050
14	56.395	4.055
15	60.453	4.059
16	64.514	4.063
17	68.583	4.067
18	72.654	4.071
19	76.929	4.075
20	80.808	4.079

4. 결과 및 고찰

moire interferometry 기법과 image analysis 에 의한 3 차원 인체형상의 표현을 위하여,

첫째, 표현의 단순성(simplification)

둘째, 3 차원 정보획득 방법과 표현의 정합성(compatibility)

세째, 3 차원형상으로의 재현성(reconstruction) 들을 본 연구의 타당성 검검의 대상으로 실험한 결과는 Fig. 4.1 − 4.3 과 같다.

본 연구에서는 이미 발표된 3 차원물체에 대한 표현방법인

(1) 면과 경계선(surface and boundary)

(2) 입체 요소(constructive solid geometry)

(3) 중심축과 단면(spine and cross-sections)

중 (1)항과 (2)항을 동시에 만족할 수 있는 moire topography와 image processing 기법을 사용함으로써 정점(mash-point)과변(e-

Fig. 4.1 Contour line system of a Jurian head
g = 0.5 mm, le=ls=1=8000 mm, d=1000 mm, $\triangle$h = 4.0 mm.

Fig. 4.2 Contour line system of a sharpen head
g = 0.5 mm, le=ls=1=8000 mm, d=1000 mm, $\triangle$h = 4.0 mm.

Fig. 4.3 Contour line system of Venus breast
g = 0.5 mm, le=ls=1=8000 mm, d=1000 mm, $\triangle$h = 4.0 mm.

dges)들이 이루는 면(unit faces)들의 기하학적 관계(geographical relation) 및 단위곡면(surface patch)들의 조합으로 인체 형상을 재현 할 수 있었다.

5. 결 론

인간은 그들의 생활을 영위함에 있어 체형에 관련된 혹은 장치들을 필연적으로 사용하고 있다. 그러나 현재까지는 인체 관련자료들의 대부분은 선형적인 데이타들로서 체계화된 설계과정에 중요한 위치를 점하고 있는 인체의 3차원형상 자료들을 경제적으로 획득하거나 또는 구하여진 자료들의 해석 및 적용에 어려움이 많았었다.

이를 해결하기 위한 여러 연구들이 진행되어 왔지만 미 해명된 점들이 많다.

본 연구에서는 이런 문제점들을 거선하고자 moire interferometry와 image analysis 및 computer vision technique 등을 이용하여 인체형상 자료들을 정밀하게 구득할 수있는 방법과 장치에 대하여 논하였다.

제시한 실측자료들과 같이 측정대상(object)들을 간접측정(비접촉)하였으며 구득된 형상자료들은 인체부위의 모양 및 체적 등을 구하는데 기본자료를 제공할 수 있었다.

본 연구는 인체의 형태적 특성 분석에 적용할 수 있으므로 계량적 체형연구와 생체역학, 더 나아가 산업화에 도움을 줄 수 있다고 생각된다.

추후의 연구과제로는 보다 나은 해석 data를 획득하기 위하여

첫째, moire interferometry의 취약점인 낮은 레벨의 contour 해상도 보완,

둘째, vidicon 촬영시 high resolution 보완기법,

세째, 동적(dynamic pattern) 해석

등에 관한 연구를 거듭해야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] E.J. Lovesey: The Development of a 3-dimensional anthropometric measuring technique. 36-41, 1974, Applied Ergonomics.

[2] H. Takasaki, Moire topography, Applied optics, Vol.9, No.6, 1467-1472, 1970.

[3] H.E. Lu, "An Improved parallel thinning algorithm for digital patterns," IEEE, Computer Vision and Pattern Recognition, 1985. Jun. pp.364-368.

[4] Pericles s.: Moire fringes in Strain Analysis p.31. PERGAMON PRESS.

[5] Reynolds, H.M., The Human machine in three dimensions: implications for measurement and analysis, in: Easterby, R., kroemer, K.H. E, and Chaffin, D.B., (eds.). Antropometry and Biomechanics, plenum, New York, 1982.

[6] Sheffer, D.B, et al, Validity and reliability of biostereometric measurement of the human female breast, Annals of Biomed. Eng., 14, 1-14, 1986.

[7] Van Wijk, M.C., Moire contourgraph: An Accuracy analysis, J. Biomechanics, 13, 605-613, 1980.