

# 3차원 안면자동인식기(3D-AFRA)의 Hardware 정밀도 검사 : 형상복원 오차분석

석재화 · 송정훈\* · 김현진\* · 유정희 · kwakchangju  
이준희 · 고병희 · 김종원\*\* · 이의주

경희대학교 한의과대학 사상체질과, \*(주)맥써러시  
\*\*동의대학교 한의과대학 사상체질과

## Abstract

### An Hardware Error Analysis of 3D Automatic Face Recognition Apparatus(3D-AFRA) : Surface Reconstruction

Seok Jae-Hwa, Song Jung-Hoon\*, Kim Hyun-Jin\*, Yoo Jung-Hee, Kwak Chang-Kyu,  
Lee Jun-Hee, Kho Byung-Hee, Kim Jong-Won\*\*, Lee Eui-Ju

Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental Medicine, Kyung-hee Univ.

\*Maxuracy. Co., LTD.

\*\*Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental Medicine, Dong-eui Univ.

#### 1. Objectives

The Face is an important standard for the classification of Sasang Constitution. We are developing 3D Automatic Face Recognition Apparatus(3D-AFRA) to analyse the facial characteristics. This apparatus show us 3D image and data of man's face and measure facial figure data. So we should examine the figure restoration error of 3D Automatic Face Recognition Apparatus(3D-AFRA) in hardware Error Analysis.

#### 2. Methods

We scanned Face status by using 3D Automatic Face Recognition Apparatus(3D-AFRA). And also we scanned Face status by using laser scanner(vivid 9i). We compared facial shape data be restored by 3D Automatic Face Recognition Apparatus(3D-AFRA) with facial shape data that be restored by 3D laser scanner. And we analysed the average error and the maximum error of two data.

#### 3. Results and Conclusions

In frontal face, the average error was 0.48mm. and the maximum error was 4.60mm. In whole face, the average error of was 0.99mm. And the maximum error was 6.64mm. In conclusion, We assessed that accuracy of 3D Automatic Face Recognition Apparatus(3D-AFRA) is considerably good.

**Key Words** : Face Recognition, 3 Dimension, Sasang Constitutional Medicine (SCM)

• 접수일 2007년 06월 28일; 승인일 2007년 07월 27일  
• 교신저자 : 이의주  
서울특별시 동대문구 회기동 1 경희의료원 한방병원 사상체질과  
Tel : +82-2-958-9230 Fax : +82-2-958-9234  
E-mail : sasangjin@paran.com

• 본 연구는 보건복지부 한방치료기술연구개발사업의 지원에 의한 것임. (B05-0010-AM0815-05N1-00020B)

## I. 緒 論

사상의학은 東武 李濟馬(1837~1900)가 창시한 의학체계로 기존 한의학에 비해 독자적인 의학 사상을 제시하였으며, 현재 한의학계에 사상의학에 대한 관심도 및 이용 규모는 지속적으로 증가추세에 있다<sup>18</sup>. 東武公은 사상인의 체질진단에 있어 體形氣像, 容貌詞氣, 性質材幹, 恒心, 心慾, 體質證, 體質病證 등을 관찰할 것을 제시하였다. 즉 東武公은 『東醫壽世保元』 「四象人辨證論」에서 “明知其人 而又明知其證 則應用之藥 必無可疑”라고 하여 人과 證을 바르게 알아야 함을 강조하였는데, 여기에서 ‘明知其人’은 四象人의 身體 要素인 體形氣像(靜的 要素)과 容貌詞氣(動的 要素)와 心理 要素인 性質材幹, 恒心, 心慾 등을 올바르게 알아야 한다는 뜻이며, ‘明知其證’은 四象人의 體質證과 體質病證을 올바르게 알아야 한다는 뜻이라고 볼 수 있다. 또한 『東醫壽世保元』 「四象人辨證論」에서 “人物形容 仔細商量 再三推移 如有迷惑 則參互病證”이라 하여 사람의 외모를 자세히 진찰하는 것을 체질진단의 중요한 요건으로 삼고 있다<sup>1</sup>.

사상의학은 외모에 대한 특징을 체형기상(體形氣像)과 용모사기(容貌詞氣)로 구분하여 설명하고 있다. 체형기상(體形氣像)에 대한 객관화를 위하여 몸통의 부위별 길이나 둘레와 사상체질과의 관련성 연구가 있어왔으며, 용모사기(容貌詞氣)에 대한 객관화를 위하여 안면의 특징과 사상체질과의 관련성 연구 및 사기(詞氣)에 대하여 음성적 체질별 특징 연구도 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 연구는 체질진단의 객관화를 위하여 진행된 연구로서 사상의학의 객관화 및 세계화에 도움을 줄 것으로 사료된다.

안면 형태분석에 대한 현재까지의 연구는 2차원의 광학적 사진을 이용하여 두면부의 형태학적 특징을 정량화하려는 시도<sup>2,3,12-15</sup>가 대부분이었다. 현재 새롭게 개발 중인 3차원 안면자동 인식기는 공간분할 부호화 광학식을 이용하여 안면의 재현 가능한 특이점을 3차원적인

절대 위치 X, Y, Z의 수치적인 값으로 정량화한 것으로, 입체적인 안면 영상과 수치를 얻을 수 있다는 점에서 보다 효과적인 방법이다. 현재 기기의 개발단계로써 3차원 안면자동인식 시스템을 크게 3차원 안면자동인식기의 정밀도 검증 실험이 시행되고 있다.

기존에 3차원 안면 형태분석 연구<sup>5-8</sup>에 사용된 3차원 안면자동인식기는 스테레오 비전을 이용하여 안면의 3차원 측정을 시행하였다. 이후 측정의 정밀도를 향상시키기 위해 3차원 계측 방법을 스테레오 비전에서 공간 부호화 기법으로 변경하여 새로이 제작하였다. 따라서 계측 원리와 구조의 변경에 따라 기기의 정밀도 검사도 새로 시행하여야 할 것이다.

본 논고는 3차원 안면자동인식기의 하드웨어적 검증실험의 일환으로 기기의 형상복원 오차를 검증하기 위해 시행된 연구이며, 이에 유의한 연구 성과가 있어 보고하는 바이다.

## II. 研究對象 및 方法

본 연구에서는 3차원 안면 자동인식기의 3차원 계측이후 구성된 안면상의 측정치와 실제 안면상의 수치를 비교, 분석하는 것을 주제로 한다. 즉 3차원 안면 자동인식기의 측정치 정밀도를 확인하여 기기의 안면형상 복원 정확도를 확인하는 것이다.

실제 안면의 형상을 계측하기 위해 현재 개발된 3차원 측정법 중 계측 정밀도가 높은 3차원 레이저 스캔법을 사용하였다. 즉 Laser Scanner를 통한 측정값을 실제값으로 가정하였다<sup>1)</sup>. 따라서 실제 안면과 유사하게 제작된 안면상을 대상으로 하여 3차원 안면 자동인식기를 통한 측정 자료와 3차원 레이저 스캐너를 통한 측정 자료를 비교 분석하여 3차원 안면 자동인식기의 형상복원 오차검사를 시행하였다.

1) 정밀도 약 0.008mm 이하로 정밀한 계측이 가능하다.

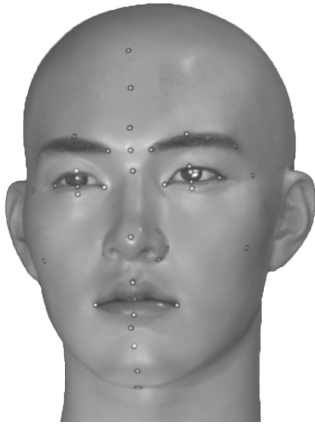


Fig. 1. Face Status

## 1. 연구대상

20대 한국 남성의 얼굴을 모델로 하여 모양 및 색채에 있어 실제 안면과 거의 유사하게 제작된 안면상(Fig. 1)을 대상으로 하였다. 이 안면상을 촬영하여 3차원 안면자동인식기의 형상복원 오차를 검사해 보았다.

## 2. 3차원 안면자동인식기(3D Automatic Face Recognition Apparatus: 3D-AFRA)

### 1) 기기의 구조

3차원 안면자동인식기는 사상체질 분석을 위해 사람의 안면 데이터를 추출하고 이를 인식하는 시스템이다. 즉 본 시스템은 안면의 3차원 영상을 재현할 수 있는 시스템으로서 얼굴의 해부학적이고 형태학적인 특징점을 추출함으로써 사상체질별 안면 형태 연구 및 체질 진단의 객관화에 도움을 줄 것이다.

기본구조는 Fig. 2와 같이 스틸 소재에 카메라, 광원 등이 장착되어있다. 부수적인 장치로 이미지를 저장 및 촬영한 영상을 처리할 수 있는 PC가 있다.

### 2) 작용원리

본 시스템에서 사용하는 공간 부호화 기법 원리는 슬릿 광 방식과 함께 광 삼각법의 원리에



Fig. 2. 3D-AFRA

기초를 두고 있는 3차원 측정 방법이다.

슬릿광 형상 측정법은 광원으로부터 슬릿광을 측정물체에 투영시켜 형상에 따라 변형된 슬릿광을 얻고, CCD 카메라로 변형된 슬릿광을 획득하여 기하학적 관계로부터 형상의 삼차원 좌표를 산출하는 방법이다. 이 방법에서도 전체 형상을 측정하기 위해서는 기계구동 시스템을 사용해 측정 단면을 이송해 주어야 하는데 크게 두가지 방법<sup>2)</sup>이 사용되고 있다.

그러나 슬릿광 형상 측정방식 사용시, 측정 시간을 줄이면서 측정 정도를 높이기 위해서 Fig. 3과 같이 가능한 한 미세한 슬릿 광을 많이 투사하여야 하지만, 동시에 수많은 슬릿 광을 투사할 경우에 각각의 슬릿 광이 몇 번째 인지를 파악할 수 없게 된다.

이를 해결하기 위한 측정법으로 슬릿 광 방식과 함께 광 삼각법의 원리에 기초를 두고 있는 공간

2) 첫 번째 방법은 레이저 슬릿광이 거울에 반사되게 하고, 갈바노미터 등을 이용하여 거울의 각도를 변화시켜서 슬릿광이 측정면을 스캐닝 하도록 하는 방식이다. 이 방식의 측정 광학계는 공간부호화법, 모아레법, 및 PMP법에 비해 매우 단순한 광학 구성을 가지고 있는데, 슬릿광이 진행하는 방향에 대한 평면방정식과 CCD 카메라 이미지 픽셀의 직선방정식의 교점을 구하여 높이 형상을 측정하고 있다. 슬릿광의 측정분해능과 정밀도는 슬릿광의 두께와 슬릿광 및 카메라보정 정도에 크게 좌우된다. 두 번째 방법은 고정도의 이동이 가능한 기구부에 카메라와 슬릿광을 일체화하여 이동시키는 데, 대부분의 제품이 이 방식을 이용하고 있다.

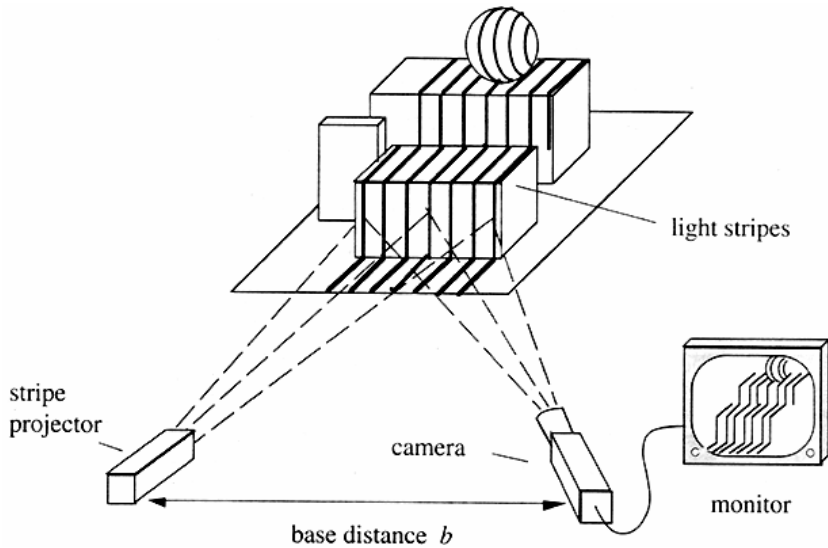


Fig. 3. Slit Beam Projection



Fig. 4. Pattern Image of Subject

부호화 기법이 있다. 공간 부호화 기법은 투사 광학계에 액정소자 혹은 필름 등을 넣어서 측정할 피사체에 Fig. 4와 같은 이미지 패턴을 투사한다.

처음에는 큰 폭의 격자를 사용하고, 다음에는 폭을 1/2씩 줄여가면서 Fig.4에 나타낸 것과 같이, 여러 차례에 걸쳐 영사하게 된다. 이렇게 투사된 여러 장의 이미지에서 빛이 맞았는지(ON), 차단되었는지(OFF)를 순차적으로 따져서 몇 번째 슬릿 광인 지를 파악하고, 그것에 해당하는 평면 방정식과 이미지센서의 직선 방정식의 교점으로부터 높이 값을 구하는 방식이다(Fig. 5). 예를 들어, 슬릿 광 형상측정법에서 256개의 슬릿 광을 투사할 경우에 256장의 이미지를 포착하고 해석해야 하는 반면에 공간 부호화 기법을 이용할 경우에는 8번(28=256)의 이미지를

포착하기 때문에 슬릿 광에 비해 효과적이다.

향후 3차원 모델의 안면 특이점을 자동으로 추적하여 유효한 특이점을 통해 안면의 변수를 계산하는 것이다. 이렇게 추출된 변수를 분석하여 각 체질별 안면의 형태학적 특징을 추출해 내려는 것이다.

### 3) 촬영환경 및 방법

대상자의 머리카락은 앞을 가리지 않게 헤어 밴드 및 뒤로 묶어 빛의 산란을 예방해야 한다. 대상자가 눈을 감거나 표정을 짓지 않도록 주의시킨다.

#### ① 조명

태양 광선 및 형광등 사용한다. 빛의 밝기는 얼굴이 어두워 보이지 않으면서 자연

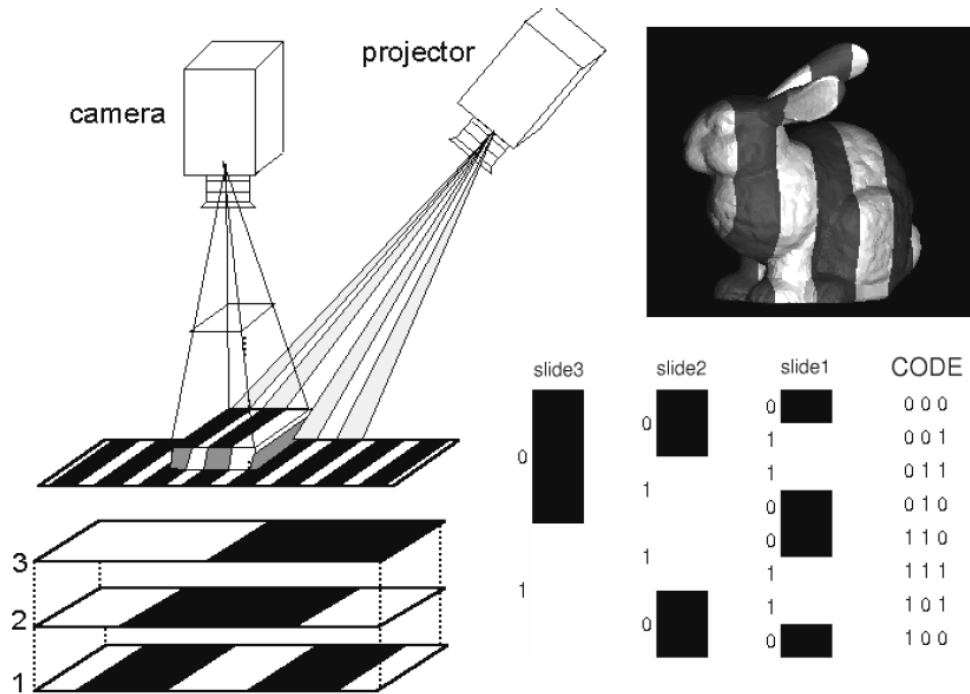


Fig. 5. Spatial Scalable Coding

스러운 빛감을 유지하는 정도로 한다. 기기에 자체 광원이 있다.

② 환자자세

정면촬영: 대상자는 허리를 굽히지 않고 등을 90°로 세운 바른 자세이며, 입을 가볍게 다물고 얼굴은 정면을 유지한 자세를 취하게 한다.

우/좌 측면 45°: 대상자는 몸전체를 45°로 돌린 후 정면 촬영과 같은 자세와 표정을 유지하게 한다.

4) 구체적 사양

3차원 안면자동 인식기의 기기 사양은 Table 1과 같으며 실제 모양은 Fig. 2와 같다.

3. 비교 Laser Scanner 제원 및 사양

기준값이 되는 Laser scanner는 Vivid 9i를 사용하였으며, 정확도 <0.008mm, Resolution(x, y, z)



Fig. 6. Laser Scanner

200×200×256 point, 측정거리 0.6m~2.5m으로, 현재 3D Game software 개발, 프로덕션 CG나 디자인 교육, 업체 Make-up 디자인 업체, 인체공학 등과 같이 모델이 급변하게 변하는 품목 연구업체, 박물관 등에서 많이 사용되고 있으며, 기기 사양은 Table 2와 같으며 모양은 Fig. 6과 같다.

Table 1. Description of 3D-FARA

Product type	Non-contact 3D digitizer
Measurement type	Spatial Scalable Coding
Measurement field	(W)230mm×(H)300mm
Scanning time	1sec
Measurement distance	600mm~700mm
Imaging Element	MAX 30만 Points IEEE 1394
Ambient lighting condition	150w DC lamp
Number of Output Pixels	3D data / color data: 640×480
Data	80×640 Pixels
Out interface	IEE 1394 port
Dimensions	(H)1090mm×(W)370mm×(D)400mm
Weight	18.7Kg
Temperature range	5℃~35℃
Power	Commercial AC power, 110 to 220 V CPU : Intel PentiumⅣ 3GHz or above RAM : 1GB or above HDD : 100G or above Graphic card : 128MB or above
Computer	
operating system	Microsoft Windows 2000 / XP

Table 2. Description of Laser Scanner(Vivid-9i)

Product type	Non-contact 3D digitizer
Measuring Method	Triangulation light block method
Scan Range	0.6 to 1.0m (In Standard model) 0.5 to 2.5m (In Extended model)
Laser Scan Method	Galvanometer-driven rotating mirror
Laser Class	Class 2(IEC 60825-1), Class 1(FDA)
X direction Input Range (In Extended mode)	TELE 93 to 463 mm
Y direction Input Range (In Extended mode)	TELE 69 to 347 mm
Z direction Input Range (In Extended mode)	TELE 26 to 680 mm
Accuracy (x, y, z)	±0.05mm
Precision (z, 0)	0.008mm
Measurement distance	0.6m~2.5m
Input time(per scan)	2.5 sec
Ambient lighting condition	under 500 lux or less
Number of Output Pixels	3D data / color data : 640×480
Imaging Element	3D data: 1/3-inch frame transfer CCD (340,000 pixel)
Output Format	3D data: Konica Minota format & (STL, DXF, OBJ, ASCⅡ points, VRML)
Data File Size	Total 3D and color data capacity : 3.6MB per data
Power	Commercial AC power, 100 to 240 V
Dimensions	221 (W)×412 (H)×282 (D)mm
Weight	Approx. 15Kg (with lens attached)
Temperature range	10℃ to 40℃
humidity range	65% or less

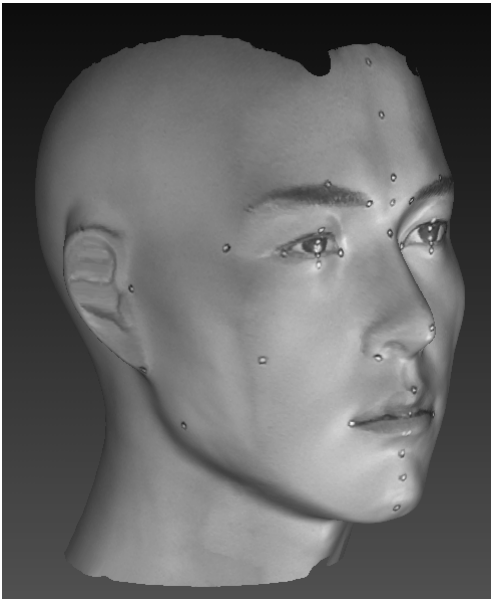


Fig. 7. Lateral Face Image Scanned by 3D-AFRA

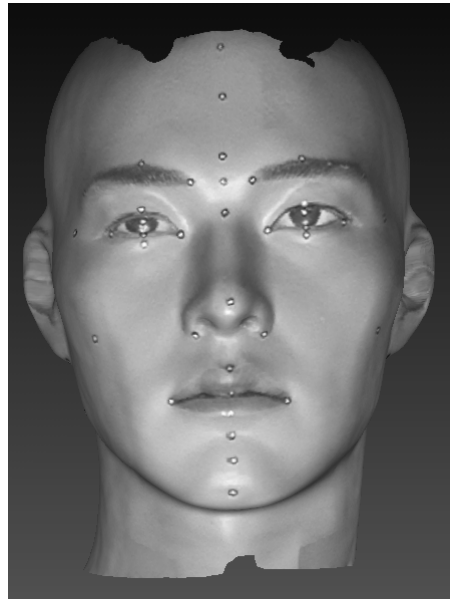


Fig. 8. Front Face Image Scanned by 3D-AFRA

#### 4. 연구방법 및 내용

3차원 안면자동인식기와 Laser Scanner를 이용하여 안면상을 각각 촬영한다. 이후 Rapidform 2006 프로그램을 사용하여 두 개의 다른 기기를 통해 얻어진 3차원 영상을 비교하여 3차원 안면 자동인식기의 안면형상 복원 정밀도를 검증한다. 구체적인 방법은 다음과 같다.

1) 3차원 안면자동인식기 및 Laser Scanner로 안면상 촬영 및 촬영 환경

3차원 안면자동인식기의 안면표준점 인식 정확도를 검증하기 위해 안면상(Fig. 1)을 3차원 안면자동인식기 및 Laser Scanner(vivid 9i)로 각각 스캔한다. 각각의 스캔 후에 인식된 안면상 영상을 데이터화 하였다.

3차원 안면자동인식기를 사용한 안면 촬영은 특정한 배경은 필요없으며, 대상과 약 0.6~0.7m의 거리를 유지한다. 빛의 조도는 170~270lux 정도(보통 실내)로 권장되며, 기기에 광원이 있으므로 주변조도에 많은 영향을 받지 않는다. 안면상의 정면이 카메라와 수평이 되게 위

치시키고, 정면에서 볼 때 양쪽 귀가 잘 보이도록 하였으며, 또한 좌우 측면을 함께 촬영하여 3장의 안면 영상을 정합하여 3차원 안면 영상을 획득한다(Fig. 7, 8).

Laser Scanner(vivid 9i)를 사용한 안면 촬영에는 큰 외부적 제약 없이 일반 실내 조명 아래에서 시행하였으며, 복원된 안면 영상은 Fig. 9, 10과 같다.

2) 복원된 3차원 안면 영상의 비교 분석 (Rapidform2006 사용)

안면 영상의 복원 정밀도를 검증하기 위해 복원된 3차원 안면영상 인식값을 계측 정확도가 높게 인정된 Laser Scanner(vivid 9i)의 측정값을 기준값으로 가정한 뒤 비교분석하였다. Rapidform2006<sup>3)</sup> 프로그램을 사용하여 3차원 안면자동

3) Rapidform2006은 3차원 스캐너를 비롯한 다양한 3차원 측정 장비를 이용해 획득한 실제 제품 및 부품의 형상 정보인 점군 데이터를 고품질, 고정밀의 폴리곤 및 곡면 모델로 재구성하여 주는 3D 스캐닝 소프트웨어이다. CAD/CAM을 위한 제품의 리버스 모델링, 품질 검사에서부터 성형 수술 계획에 이르기까지 다양한 분야에서 활용되는 3D스캐닝을 소프트웨어이다.

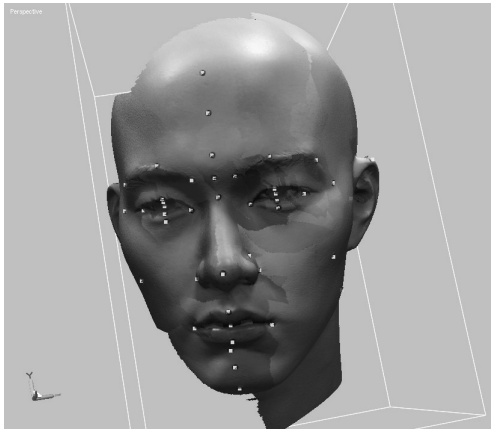


Fig. 9. Front Face Image Scanned by Laser Scanner

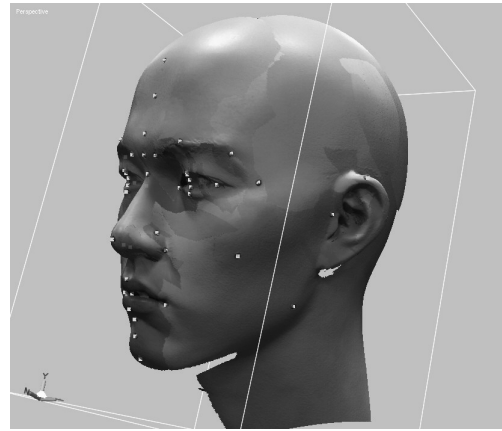


Fig. 10. Lateral Face Image Scanned by Laser Scanner

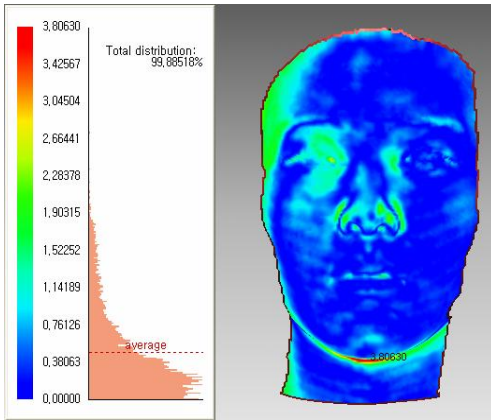


Fig. 11. Frontal Face Analysis

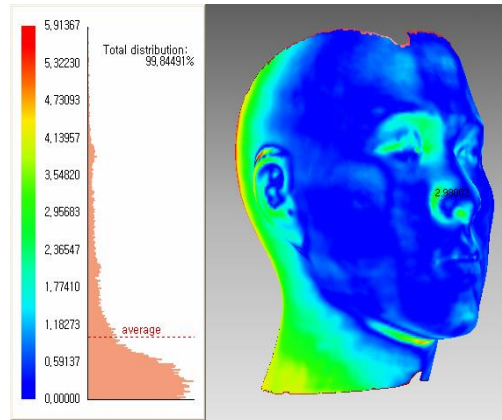


Fig. 12. Frontal & Lateral Face Analysis

인식기와 Laser Scanner(vivid 9i)으로 획득한 2개의 3차원 영상 측정값의 오차를 비교하여 3차원 안면자동인식기의 안면형상 복원 정밀도를 검증한다.

Rapidform2006은 3차원 스캐너를 비롯한 다양한 3차원 측정 장비를 이용해 획득한 3차원 데이터를 폴리곤 및 곡면 모델로 재구성하여 주는 3D 스캐닝 소프트웨어로서, 3차원 안면자동인식기와 Laser Scanner(vivid 9i)으로 측정한 데이터의 오차값을 비교하여 수치화할 수 있는 프로그램이다.

Rapidform2006을 통한 측정값 오차 비교 영상자료는 Fig. 11, 12와 같다. 비교영상에서 색

채상 파란색을 치우칠 수록 오차값이 작은 것을 나타내고, 빨간색으로 치우칠 수록 오차값이 큰 것을 나타낸다.

Fig. 11은 3차원 안면자동인식기로 안면상의 정면만 측정한 후 정면 촬영에서 획득된 측정값만을 Laser Scanner(vivid 9i)의 측정값과 비교한 자료이다. 또한 Fig. 12는 3차원 안면자동인식기로 정면, 좌우측면을 촬영 후 3개의 데이터를 정합하여 완전한 안면부위 3차원 영상을 Laser Scanner(vivid 9i)의 측정값과 비교한 자료이다. 이는 3개의 데이터(정면, 좌측 우측 측면)를 정합할 시에 발생할 수 있는 오차도 함께 알 수 있다.



### Ⅲ. 研究結果

20대 남성의 실제 안면상과 거의 유사하게 제작된 안면상을 대상으로 3차원 안면자동인식기의 안면 형상 복원 정밀도를 분석해보았다. 분석방법으로는 Laser Scanner(vivid 9i)의 측정값을 기준값으로 설정하여 3차원 안면자동인식기의 측정값을 비교하였다.

3차원 안면자동인식기와 Laser Scanner(vivid 9i)와의 데이터를 Rapidform2006을 통한 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

안면 정면 영역에 해당하는 계측값 비교(Fig. 11)에서 평균오차는 0.48mm이며, 최대오차는 4.60mm로 측정되었으며, 턱의 아래쪽, 코부위, 눈부위에서 다른 곳 보다 오차값이 크게 측정되었다. 안면의 전반부 영역에 해당하는 계측값 비교(Fig. 12)에서 평균오차는 0.99mm이며, 최대오차는 6.64mm로 측정되었으며, 정면 영상과 같이 눈, 코 부위에서 오차값이 크게 측정되었으며, 특히 후두부위와 목부위의 오차가 크게 측정되었다. 하지만 3차원 안면자동인식기는 후두부와 목의 영상자료는 참조하지 않으므로 오차가 크더라도 측정상 상관없다고 할 수 있다.

### Ⅳ. 考察 및 結論

기존 3차원 안면자동인식기에서 측정의 정밀도를 향상시키기 위해 3차원 계측 방법을 스테레오 비전에서 공간 부호화 기법으로 변경하여 새로이 제작하였다. 이로 인하여 새로 제작된 3차원 안면자동인식기의 Hardware 정밀도(형상복원오차)를 검증하는 실험을 시행하였다.

안면 정면부 영역에서 평균오차는 0.48mm이며, 안면 전반부의 평균오차는 0.99mm로 측정되었다. 정면부 영역의 최대오차는 4.60mm로 턱부위의 오차로 사료되며, 안면 전반부의 최대 오차는 6.64mm로 후두부 부위의 오차로 생각된다.

기존의 3차원 안면자동인식 형상복원 오차검사에서 안면을 코를 중심으로 수직 단면과 수평단면을 비교하였다. 수직단면에서는 평균오차 2.115mm, 최대오차 21.205mm으로 오차가 측정되었고, 수평단면에서는 평균오차 2.805mm, 최대오차 14.865mm로 측정되었다.

3차원 계측 방식을 공간 부호화 기법으로 새로 제작된 3차원 안면자동인식기의 형상복원 정밀도는 기존 3차원 안면자동인식기에 비해 크게 향상된 것을 알 수 있다.

3차원 안면자동인식기는 사람의 안면부의 특징을 객관적이고 수식적으로 계측하기 위한 기기이며, 안면 분석과정에서 후두부의 형태는 참조하지 않으므로 후두부의 오차는 기기의 실제 사용에 큰 영향이 없다. 특정부위(후두부와 목)의 최대오차가 6.64mm로 측정되었음에도 불구하고 평균오차가 0.99mm로 측정되었다는 것은 기기의 정확도가 높다는 것을 증명하고 있다.

그러나 현재 안면표준점을 자동으로 인식하는 단계까지는 진행되지 못한 상태로서 이는 지속적으로 기기의 개발에 노력해야 할 것이며, 안면표준점을 자동으로 인식할 수 있게 된다면 위치인식 정확도에 대한 재검증이 필요할 것으로 사료된다. 또한 향후 3차원 안면자동인식기의 안정성 및 실용화를 위해서는 하드웨어 및 하드웨어적의 정확도 검증이 지속적으로 필요할 것으로 사료된다.

### Ⅴ. 參考文獻

1. 전국 한의과대학 사상의학교실 엮음. 사상의학. 집문당, 서울, 2000.
2. 윤종현, 임규성, 김삼복, 이준희, 박계수, 이수경, 이의주, 고병희, 송일병. 한국인 남자 30~40대와 50~60대의 사상체질별 안면형태에 관한 비교 연구. 사상체질의학회지. 2000;12(2):143-152.
3. 고병희, 조용진, 최창석, 홍석철, 김종원, 이의주, 이상용, 서정숙, 송일병. 사상체질별 두면부의 형태학적 특징. 사상체질의학회지. 1996;8(1):

- 101-186.
4. 석재화. 3차원 안면자동인식기의 표준안 제안. 경희대학교 석사학위논문. 2007.
  5. 석재화, 조경래, 조용범, 유정희, 곽창규, 이수경, 고병희, 김종원, 김규곤, 이의주. 3차원 안면 자동인식기의 형상복원 오차검사. 사상체질의학회지. 2006;18(2):41-49.
  6. 석재화, 조경래, 조용범, 유정희, 곽창규, 이수경, 고병희, 김종원, 김규곤, 이의주. 3차원 안면 자동인식기의 안면 위치변화에 따른 정확도 검사. 사상체질의학회지. 2006;18(3):57-63.
  7. 곽창규, 조용범, 손은혜, 유정희, 고병희, 김종원, 김규곤, 이의주. 3차원 안면자동인식기의 Positioning 오차분석. 사상체질의학회지. 2006;18(2):34-40.
  8. 곽창규, 조용범, 손은혜, 유정희, 고병희, 김종원, 김규곤, 이의주. 3차원 안면자동인식기의 Hardware 오차분석. 사상체질의학회지. 2006;18(3):49-56.
  9. 이의주, 편용범, 곽창규, 유정희, 김종원, 김규곤, 고병희. 사상인 용모분석을 위한 얼굴표준 및 얼굴유형에 대한 연구현황. 사상체질의학회지. 2006;18(2):25-33.
  10. 홍석철, 이수경, 송일병. 사상체질별 상안부의 형태학적 연구-모아레회단면의 특성을 중심으로-. 사상체질의학회지. 1998;10(1):161-170.
  11. 홍석철, 이의주, 이수경, 한기환, 고병희, 송일병. 사상체질별 상안부 Moire 형태의 특징에 관한 연구. 사상체질의학회지. 1998;10(2):271-282.
  12. 홍석철, 이의주, 이수경, 한기환, 고병희, 송일병. 사상체질진단의 객관화를 위한 형태학적 연구-소음인의 형태학적 특징. 사상체질의학회지. 1998;10(1):171-180.
  13. 홍석철, 고병희, 송일병. 사상인 이목비구의 형태학적 특징 연구. 사상체질의학회지. 1998;10(2):221-270.
  14. 윤종현, 이수경, 이의주, 고병희, 송일병. 한국인 남녀 50~60대의 사상체질별 안면형태에 관한 표준화 연구. 사상체질의학회지. 2000;12(2):23-131.
  15. 김창수. 태음인과 소음인의 두면부의 체질 인류학특점. 사상체질의학회지. 1997;9(2):299-302.
  16. W. Zhao, R.Chellappa, A. Rosenfeld, P. J. Phillips. Face Recognition. The support of the Office of Naval Research.
  17. 한국표준협회. 3차원 인체형상 측정기의 정확도 및 신뢰도 개발. 산업자원부. 2002:148.
  18. 김효정, 이시우, 김종열. 체질의료서비스산업의 현황과약을 위한 조사연구-전국 한방의료기관을 중심으로-. 사상체질의학회지. 2006;18(3):166-174.