

# 정모 및 측모 두부 방사선 규격사진을 이용한 3차원 계측 프로그램의 개발

## 2. 악안면 구조에 대한 3차원적 시각화 및 측정프로그램 개발

이상한 · 森悅秀\* · 南克浩\* · 이근호 · 권대근\*\*

경북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실, 일본 오오사카대학교 치과대학 제 2 구강악안면외과학교실\*  
계명대학교 의과대학 치과 구강외과학교실\*\*

### Abstract

### DEVELOPMENT OF THREE DIMENSIONAL MEASURING PROGRAM WITH FRONTAL AND LATERAL CEPHALOMETRIC RADIOGRAPHS

—PART 2. 3-D VISUALIZATION AND MEASUREMENT PROGRAM FOR MAXILLOFACIAL STRUCTURE

Sang-Han Lee, Yoshihide Mori\*, Katsuhiko Minami\*, Geun-Ho Lee, Tae-Geon Kwon\*\*  
*Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Kyungpook National University, Taegu, Korea*  
*2nd Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Osaka University, Osaka, Japan\**  
*Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Medicine, Keimyung University\*\*, Taegu, Korea*

To establish systematic diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity patient including facial asymmetry or hemifacial microsomia patient, comprehensive analysis of three dimensional structure of the craniofacial skeleton is needed. Even though three dimensional CT has been developed, landmark identification of the CT is still questionable.

In recent, a method for correcting cephalic malpositioning that enables accurate superimposition of the landmarks in different stages without using any additional equipment was developed. It became possible to compare the three-dimensional positional change of the maxillomandible without invasive procedure. Based on the principle of the method, a new program was developed for the purpose of diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity patient via three dimensional visualization and structural analysis. This program enables us to perform following menu.

First, visualization of three dimensional structure of the craniofacial skeleton with wire frame model which was made from the landmarks observed on both lateral and frontal cephalogram.

Second, establishment of midsagittal plane of the face three dimensionally, with the concept of "the plane of the best-fit".

Third, examination of the degree of deviation and direction of deformity of structure to the reference plane for the purpose of establishing surgical planning.

Fourth, simulation of expected postoperative result by various image operation such as mirroring, overlapping.

**Key words** : 3-D visualization, 3-D measurement, Computer program.

## I. 서 론

정모 및 측모 방사선 사진에서 얻어진 2차원적인 좌표를 3차원 좌표값으로 변환하는 정확한 방법이 제시된 바 있다<sup>1)</sup>. 이러한 방법을 컴퓨터 프로그램에서 구현하고 더 나아가 이 3차원 좌표값을 가지고 안면구조물의 변형정도를 입체적으로 진단하고 술전과 술후를 비교할 수 있는 프로그램의 필요성이 제시되었다. 본

연구에서는 측모 및 정모 두부 방사선사진상의 계측점을 입력하면 자동적으로 3차원적인 안면구조물을 3차원으로 계측, 시각화 할수있는 컴퓨터 프로그램을 작성하고자 하였으며 수학적인 개념을 기초로 하여 프로그램에 응용하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 프로그램의 구성

프로그램은 LEADTOOLS Pro.(Ver 10.0, Japan)에 의하여 작성되었으며 프로그램에 적용된 수학적인 여러 가지 공식은 Nexus Inc. (Tokyo)에 의하여 프로그램에 입력되었다. 프로그램의 개발은 일본 Osaka대학 제2 구강악안면외과의 협조로 이루어졌다. Scanner에 의하여 입력된 film 화면은 IBM Personal computer

### 이 상 한

700-421 대구광역시 중구 삼덕 2가 52  
경북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

Sang-Han Lee

Dept. of OMFS, College of Dentistry, Kyungpook National Univ.  
52 Samduck 2ga, Jung-Gu, Taegu, 700-421, Korea

Tel: 82-53-420-5911, Fax: 82-53-426-5365

(pentium III)에 저장되고 계측점의 입력은 mouse에 의하여 이루어 졌다. 계측좌표 및 측정결과는 data file로 자동 저장되었다. 프로그램은 크게 3차원 좌표값 산출프로그램과 계측, 시각화 프로그램으로 구성되어 있다.

### 2. 3 차원 좌표값의 산출을 위한 프로그램

측모 및 정모 방사선 사진상의 계측점을 입력하면 두부 위치 보정방식에 의한 3차원 좌표값 산출을 시행할 수 있게 된다. 일련의 계산 과정은 계측점을 입력시키는 과정중에 자동적으로 연산되도록 삽입되어 있어 계측점을 mouse로 찍으면 3차원 좌표가 저절로 입력이 되도록 프로그래밍 되어있다.

#### 1) Cephalo 화상 열기

맨 먼저 메뉴에서 File을 열고 신규 cephalo의 계측을 실행한다. 정면, 측면 화상 윈도우 두개를 열어 Scanner에 의하여 방사선사진이 그대로 입력되고 이를 \*.tif, \*.jpg, \*.bmp, \*.dicom 형식으로

저장한 후 저장된 정보, 측모 화상을 각각 불러 들인다(Fig. 1, 2).

#### 2) 실제측 입력 조건으로의 설정

방사선 사진상의 거리를 컴퓨터 모니터에서 확인할 수 있다. Scanner에 의하여 화상을 입력할 때 가끔 미세한 확대나 축소가 초래될 수 있다. 이를 방지하기 위하여 사진상에 두 점을 표시하고 실거리를 측정된 뒤 모니터에서 사진상에 표시된 두 점을 선택한 후에 측정된 거리를 입력하면 측정좌표값이 실측치에 의거한 좌표값으로 표시될 수 있다(Fig. 3). 이때 방사선사진의 밝기와 contrast를 조절해 가며 계측점을 입력할 수 있다(Fig. 4).

#### 3) X, Y, Z축의 설정

정모와 측모 두부 방사선 사진을 불러들인 후 Menu에서 축설정을 지정하고(Fig. 5) mouse로 plotting을 시행한다. 우선 측모 방사선 사진에서 PoC와 OrC를 입력하면 X축이 표시되고 Ear rod를 입력하면 PoC와 OrC를 지나는 선에 수직이면서 Ear rod를 지나 는 Y축이 표시된다. 이와같은 방법으로 얻어진 3 차원 좌표를 가



Fig. 1. Initial menu for opening the files.



Fig. 2. Opened image of frontal and lateral cephalogram.



Fig. 3. Measuring the magnification ratio of the cephalometric image.



Fig. 4. Brightness and contrast control.

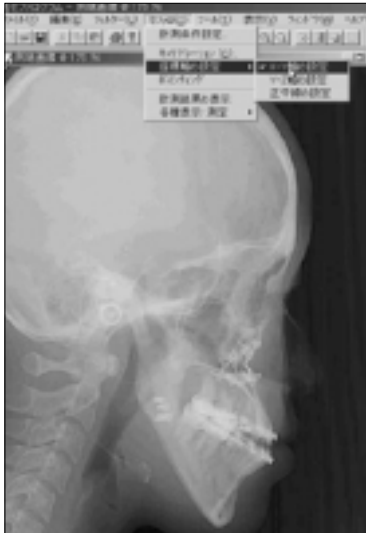


Fig. 5. Imported cephalometric images and pull down menu for axes establishment.

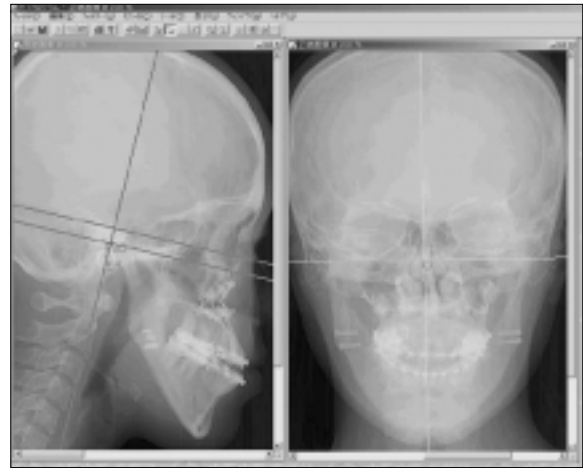


Fig. 6. Establishment of reference axes in lateral and frontal cephalogram.



Fig. 7. Establishment of facial mid line and anatomical axes.



Fig. 8. Selection of midfacial line of midfacial plane.



Fig. 9. Digitization of frontal cephalometric landmark with reference line.

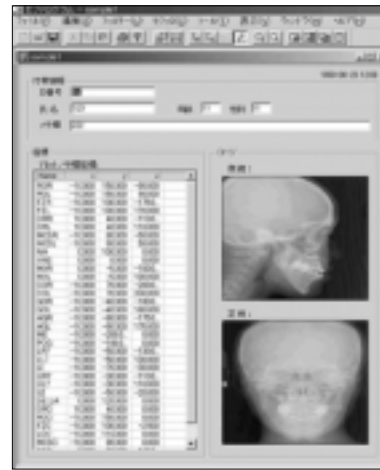


Fig. 10. Three dimensional coordinates saved as a data file.

**Table 1.** Definition of three dimensional points (manual input)

P	Landmark	Frontal cephalogram	Lateral cephalogram
P <sub>1, 2</sub>	PoR, PoL	basic reference point	basic reference point
P <sub>3</sub>	U1	the mid point between the upper incisors at the level of the incisal edges	the upper incisor edge
P <sub>4, 5</sub>	OrR, OrL	the lower most point on the external border of orbital cavity <sup>3)</sup>	the lowermost point on the contour of the bony orbit
P <sub>6</sub>	Na	the intersection of nasal spine of frontal bone and sphenoidal planum <sup>4)</sup>	the junction of the frontonasal suture at the most posterior point on the curve at the bridge of the nose
P <sub>7</sub>	ANS	the center of the intersection of the nasal septum and palate <sup>4)</sup>	the tip of the medial sharp bony process of maxilla at the lower margin of the anterior nasal opening
P <sub>8</sub>	Mechanical 1	the tip of face-bow spine (U1)	the tip of face-bow spine (U1)
P <sub>9</sub>	Mechanical 2	the tip of face-bow spine (R7)	the tip of face-bow spine (R7)
P <sub>10</sub>	Mechanical 3	the tip of face-bow spine (L7)	the tip of face-bow spine (L7)
P <sub>11, 12</sub>	UR7, UL7	the most prominent lateral point on buccal surface of the 2nd maxillary molar	the most prominent posterior point on distal surface of the 2nd maxillary molar
P <sub>13, 14</sub>	LR7, LL7	the most prominent lateral point on buccal surface of the 2nd mandibular molar	the most prominent posterior point on distal surface of the 2nd mandibular molar
P <sub>15</sub>	Li	the mid point between the upper incisors at the level of the incisal edges	the lower incisor edge
P <sub>16</sub>	Pog	the midsagittal point on symphyseal outline	the most anterior point on symphyseal outline
P <sub>17</sub>	Me	the mid point on the inferior border of the mental protuberance	the most inferior point on symphyseal outline
P <sub>18, 19</sub>	AgR, AgL	the point at the lateral inferior margin of antegonial protuberance <sup>3)</sup>	the most superior point at antegonial notch
P <sub>20, 21</sub>	GoR, GoL	the most outward, inferior point of the angle of the mandible	the point of intersection of the gonial contour and bisector of the angle formed by ramal and mandibular midline
P <sub>22, 23</sub>	ZyR, ZyL	the most lateral aspect of the zygomatic arch <sup>4)</sup>	lie on FH plane, 30mm anterior from porion <sup>5)</sup>
P <sub>24, 25</sub>	ROR, ROL	the uppermost point on internal wall of the roof of the orbits <sup>7)</sup>	the uppermost point on internal wall of the roof of the orbits <sup>6)</sup>
P <sub>26, 27</sub>	FZR, FZL	the outermost edge of frontozygomatic suture	the center of frontozygomatic suture
P <sub>28, 29</sub>	LoR, LoL	the meeting point of lateral wall of orbit and temporal line <sup>6)</sup>	the intersection of the shadow of the ethmoid and anterior wall of the infratemporal fossa <sup>6)</sup>
P <sub>30, 31</sub>	MOSR, MOSL	the point on medial orbital margin	1) the most anterior point of the cribriform plate at the junction with the nasal bone <sup>7)</sup> 2) the junction of the frontal, maxillary, and nasal bone <sup>8)</sup>
P <sub>32</sub>	Sella	the point on midline of the face and reference line of Sella	the center of hypophyseal fossa
P <sub>33, 34</sub>	MxR, MxL	the intersection of the lateral contour of the maxillary alveolar process and the lower contour of zygomatic process of maxilla <sup>3)</sup>	the lowest point of key ridge
P <sub>35, 36</sub>	MaR, MaL	the apex of mastoid process	the apex of mastoid process
P <sub>37, 38</sub>	CoR, CoL	the most superior point of condylar head	the superiormost point of condylar head

**Table 2.** Definition of three dimensional points (automatically input)

P	Landmark	Definition of the landmark
P <sub>39</sub>	OrC	Midpoint of OrR (P <sub>4</sub> ) & OrL (P <sub>5</sub> )
P <sub>40</sub>	ROC	Midpoint of ROR (P <sub>24</sub> ) & ROL (P <sub>25</sub> )
P <sub>41</sub>	FZC	Midpoint of FZR (P <sub>26</sub> ) & FZL (P <sub>27</sub> )
P <sub>42</sub>	LoC	Midpoint of LOR (P <sub>28</sub> ) & LOL (P <sub>29</sub> )
P <sub>43</sub>	MOSC	Midpoint of MOSR (P <sub>30</sub> ) & MOSL (P <sub>31</sub> )
P <sub>44</sub>	ZyC	Midpoint of ZyR (P <sub>22</sub> ) & ZyL (P <sub>23</sub> )
P <sub>45</sub>	PoC	Midpoint of PoR (P <sub>1</sub> ) & PoL (P <sub>2</sub> )

치고 3차원적인 시각화 및 계측을 가능하게 하는 프로그램을 만들었다. Rod의 끝에 설치된 좌우의 금속구의 중심을 각각 plotting하면 수평으로 Z축이 표시되고 좌우 ear rod의 수직이등분선이 Y축이 된다(Fig. 6).

4) 정중선의 설정

정모 사진상의 정중선을 구하기 위하여 좌우 superior orbital rim의 최상방점 또는 Zygomaticofrontal suture의 최외방점과 같이 상안와부의 저명한 해부학적구조물(DR, DL)과 좌우 inferior orbital rim의 최하방점(OrR, OrL)을 plotting하면 안면의 정중선 M이 나타난다(Fig. 7). 안면정중선의 결정방법은 DR, DL에 중점을 지나면서 OrL-OrR선에 구직으로 통과하는 선 혹은 DR, DL 과 OrR, OrL의 중점을 지나는 선을 그은 선을 선택할 수 있으며 안면 정중면의 개념을 이용할 때는 "ER의 결정방법"에서 "n점"을 선택하면 된다(Fig. 8).

5) 각 계측점의 plotting

모든 기준 좌표축이 결정되면 두부위치보정이 가능하게 된다. 이는 계측점의 Plotting에 반영된다. 계측점의 좌표값 입력은 측모부터 시작한다. 측모에서 계측점의 입력을 모두 완료하고 나서 정모의 계측점 입력을 시작한다. 이때 측모에서 얻어진 좌표를 기준으로 하여 x, y좌표값이 얻어지고 정모에서 z좌표값을 얻는다. 측모의 y좌표값이 정모에 있어서 노란색의 보조선으로 나타나며 보조선의 위치를 보가며 정모의 계측점 위치를 확정하게 된다(Fig. 9).

모든 계측점의 plotting이 끝나고 좌표값은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 저장된다. 저장되는 x, y, z 좌표뿐 아니라 각 방사선 사진상의 2차원 좌표까지도 입력된다. 계측 결과는 \*.dat file로 저장되고 각 좌표점의 x, y, z 좌표값은 시각화 및 계측 프로그램에 연결되어 저장된다(Fig. 10).

3. 3 차원적 시각화 및 계측

1) 시각화 프로그램

사용된 계측점의 정의는 Table 1, 2와 같다. Digitization이 완료된 환자의 data file을 불러들인 후 시각화 및 계측 프로그램을 실행한다.

① 정중면의 설정

P<sub>1</sub>에서 P<sub>38</sub>은 직접 방사선 사진을 보고 입력을 시행하는 점이지만 P<sub>39</sub>에서 P<sub>45</sub>까지는 컴퓨터에 의하여 자동 계산되어 입력되는 계측점이다. 만일 안면이 이상적으로 대칭이라면 설정된 XY평면이 안면의 정중면이 될 수 있으나 안면 비대칭환자의 경우 하안면으로 내려갈 수록 비대칭의 정도가 심해지므로 상안면 및 가능하면 Posterior cranial point를 이용하는 것이 정확한 분석에 추천된다<sup>9)</sup>. 따라서 본 연구에서는 상안면의 구조물의 정중점을 3차원적으로 찾아 안면정중면을 설정하고자 하였다. 이를 위하여 수학적으로 3차원 공간상의 여러 가지 Point를 하나의 면으로 표현하는 program의 개발이 필요하다. 상안면 구조물의 중점인 P<sub>39</sub> - P<sub>45</sub>에 Sella와 Nasion point를 더하여 7개의 상안면 정중점을 최대한 근접하여 지나가는 평면, 즉 정중면("Plane of best fit")은 다음과 같은 Least square method에 의하여 정의된다.

$$\text{Points } P_k (x_k, y_k, z_k), k = 6, 32, 39, 40, 41, 42, 43 (n = 7)$$

$$\rightarrow k = 1, 2, 3, \dots, 7$$

$$\begin{aligned} \langle x \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} x_k, & \langle y \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} y_k, & \langle z \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} z_k \\ \langle x^2 \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} (x_k)^2, & \langle y^2 \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} (y_k)^2, & \langle z^2 \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} (z_k)^2 \\ \langle xy \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} (x_k \cdot y_k), & \langle xz \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} (x_k \cdot z_k), & \langle yz \rangle &= \frac{1}{7} \sum_{k=1} (y_k \cdot z_k) \end{aligned}$$

위와같이 정의하였을 때 정중면의 방정식 ax + by + cz + d = 0는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} a &= \langle xz \rangle (-\langle y^2 \rangle + \langle y^2 \rangle) - \langle xy \rangle \langle yz \rangle + \langle x \rangle \langle y \rangle \langle yz \rangle + \langle xy \rangle \langle y \rangle \langle z \rangle - \langle x \rangle \langle y^2 \rangle \langle z \rangle \\ b &= -\langle xy \rangle \langle xz \rangle + \langle x \rangle \langle xz \rangle \langle y \rangle - \langle x \rangle^2 \langle yz \rangle + \langle x^2 \rangle \langle yz \rangle + \langle x \rangle \langle xy \rangle \langle z \rangle - \langle x^2 \rangle \langle y \rangle \langle z \rangle \\ c &= \langle xy \rangle^2 - 2\langle x \rangle \langle xy \rangle \langle y \rangle + \langle x^2 \rangle \langle y^2 \rangle + \langle x \rangle^2 \langle y^2 \rangle - \langle x^2 \rangle \langle y \rangle^2 \\ d &= \langle xy \rangle \langle xz \rangle \langle y \rangle - \langle x \rangle \langle xz \rangle \langle y^2 \rangle + \langle x \rangle \langle xy \rangle \langle yz \rangle - \langle x^2 \rangle \langle y \rangle \langle yz \rangle - \langle xy \rangle^2 \langle z \rangle + \langle x^2 \rangle \langle y^2 \rangle \langle z \rangle \end{aligned}$$

② 수평면의 설정

정중면에 수직이면서 PoR, PoL을 지나는 평면을 수평면이라고 하였을 때 수평기준면 즉 수평면은 다음과 같이 정의된다.

: PoR, & PoL : P<sub>1</sub>(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>, z), P<sub>2</sub>(x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>, z)를 통과하고 정중면 ax + by + cz + d = 0에 수직인 평면, 수평면의 방정식을 a'x + b'y + c'z + d' = 0 라고 했을 때

$$\begin{pmatrix} X - x_1 & Y - y_1 & Z - z_1 \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ a & b & c \end{pmatrix} = 0$$

$$\begin{aligned} a' &= b(z_2 - z_1) - c(y_2 - y_1) \\ b' &= c(x_2 - x_1) - a(z_2 - z_1) \\ c' &= a(y_2 - y_1) + b(x_2 - x_1) \\ d' &= a(y_2 z_1 - y_1 z_2) + b(x_1 z_2 - x_2 z_1) + c(x_2 y_1 - x_1 y_2) \end{aligned}$$

이와같이 정중면과 수평면이 설정되고 난후 3차원 공간상의 각 좌표점을 연결한 wire frame image로 나타나며 craniofacial, maxilla, mandible로 각각 나타나게된다. 이때 view point selector가 있어서 화살표 방향으로 영상을 회전시키면서 볼 수가 있다 (Fig. 11).

③ 술전, 술후 장기 관찰의 중첩

술전과 술후, 술후와 장기 관찰간의 변화를 비교하는 경우 2차원적인 분석에서 불가능하였던 상악골의 입체적인 변화양상을 3차원 프로그램에서 쉽게 해낼 수 있다. 저장된 파일을 loading시키면 중첩된 영상으로 나타난다(Fig. 12, 13).

④ Mirror image

좌우가 비대칭으로 있는 좌표점에서 비대칭의 정도를 손쉽게 파악하기 위한 하나의 방법으로 좌측 좌표점을 우측에 mirror image로 나타나게 하거나 반대로 우측 좌표점을 좌측에 mirror image로 나타나게 하는 경우(Fig. 14) 다음과 같이 수학적으로 나타난다.

임의의 점  $P_k(x_k, y_k, z_k)$ 의 정중면  $ax + by + cz + d = 0$ 에 대한 대칭점(mirror image)  $P'_k(x'_k, y'_k, z'_k)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$x'_k = x_k - \frac{2a(ax_k + by_k + cz_k + d)}{a^2 + b^2 + c^2}$$

$$y'_k = y_k - \frac{2b(ax_k + by_k + cz_k + d)}{a^2 + b^2 + c^2}$$

$$z'_k = z_k - \frac{2c(ax_k + by_k + cz_k + d)}{a^2 + b^2 + c^2}$$

2) 측정프로그램

① 안면비대칭의 정도 측정

한점과 평면간의 최단거리를 수학적으로 계산하는 공식을 이용하여 상악 중절치나 하악 중절치 절연, Pog, Me등과 안면 정중선과의 최단 거리를 측정하면 안면의 비대칭이 어느 부위에 가장 심한지 알 수 있다. 상악악 좌우 Molar나 Gonion point가 정중

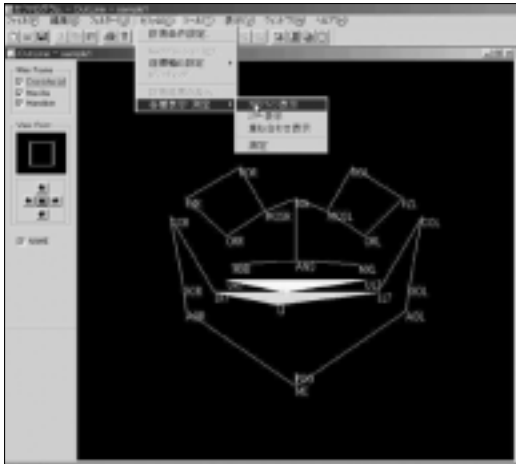


Fig. 11. Initial display image of the wire frame image.

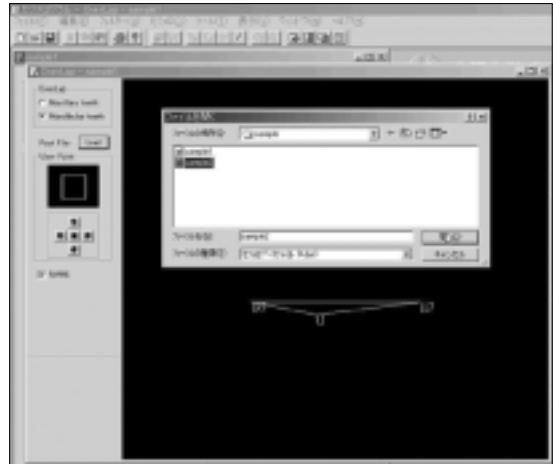


Fig. 12. File open for pre and post operative wire frame images superimposition.

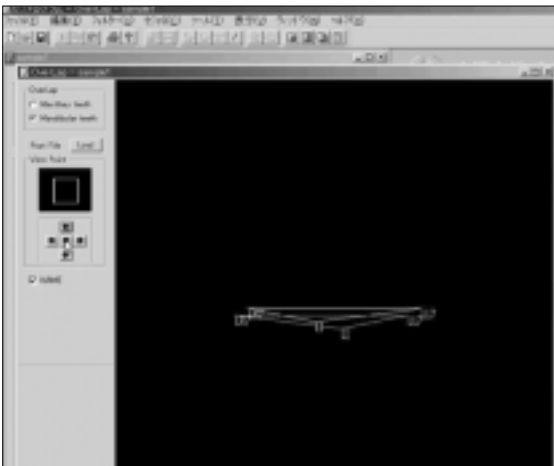


Fig. 13. Comparison of pre and post operative wire frame images by superimposition.

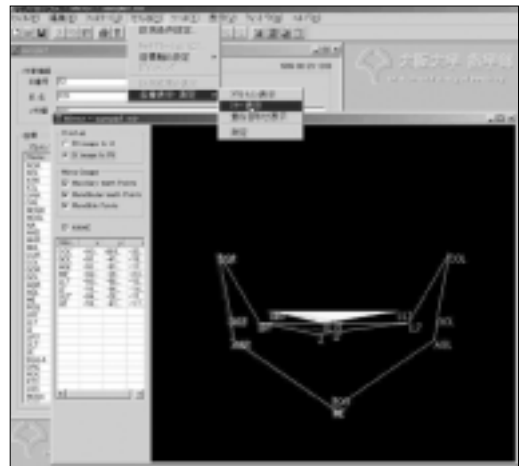


Fig. 14. Display of mirror image.

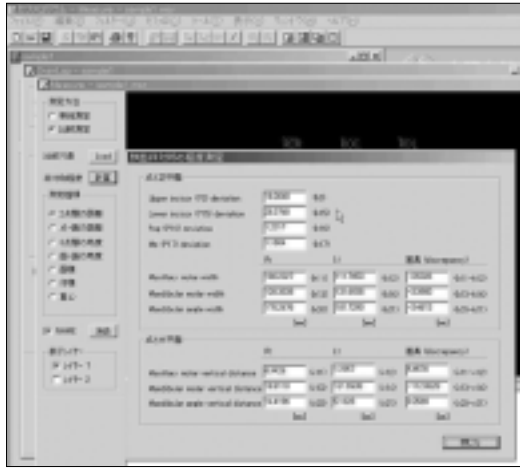


Fig. 15. Display of three dimensional measurement result.

면에서 얼마나 떨어져 있는가를 측정하면 좌우 비대칭 정도의 차이, 즉 수술시 이동량의 입체적 산출에 도움을 줄수 있다(Fig. 15).

② 수직적 비대칭 정도의 측정

임의의 점과 수평면간의 거리를 구하면 좌우 구조물의 수직적인 차이를 알수 있다. 즉 상악의 기울어짐 정도를 파악하여 수술시 이동량을 결정할 수 있다.

③ 면간의 각도, 면적, 체적, 무게중심

기본적으로 3점이 이루는 평면의 방정식은 다음과 같이 표현된다.

3점  $P_1(x_1, y_1, z_1)$ ,  $P_2(x_2, y_2, z_2)$ ,  $P_3(x_3, y_3, z_3)$ 를 통과하는 평면의 방정식을  $ax + by + cz + d = 0$  라고 하였을 때

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \text{ 으로부터}$$

$$\begin{aligned} a &= (y_1z_2 - y_2z_1) + (y_3z_1 - y_1z_3) + (y_2z_3 - y_3z_2) \\ b &= (x_2z_1 - x_1z_2) + (x_1z_3 - x_3z_1) + (x_3z_2 - x_2z_3) \\ c &= (x_1y_2 - x_2y_1) + (x_3y_1 - x_1y_3) + (x_2y_3 - x_3y_2) \\ d &= (x_3y_2z_1 + x_2y_1z_3 + x_1y_3z_2) - (x_2y_3z_1 - x_3y_1z_2 - x_1y_2z_3) \end{aligned}$$

이와 같은 평면과 점과의 거리, 평면과 평면과의 각도, 면적, 체적, 무게중심을 구하여 안면비대칭의 정도를 쉽게 파악할 수 있다.

### III. 결 과

3차원 좌표값이 얻어진후 3차원 시각화 및 계측프로그램에 입력하여 다음과 같은 기능을 수행할 수 있게 되었다.

- 1) 3차원계측점을 연결하여 두개악안면구조의 wire frame model을 시각화하는 기능

- 2) 'plane of best fit'의 개념에 입각한 안면정중면의 설정
- 3) 기준평면에 대한 안면 구조물의 변형의 정도와 방향을 검토하는 기능
- 4) 거울이미지(mirroring)이나 중첩등을 이용한 예상되는 슬후형상의 시뮬레이션.

## IV. 고 찰

### 1. 3차원적 계측 및 시각화 프로그램

1) 프로그램의 개발

3차원 두부방사선사진으로 3차원 입체분석을 하는 것은 이미 십여년전부터 꾸준히 연구되어 왔다. 단순히 계측점을 이은 선을 wire frame image 나타내는 것은 시각적인 비교정도만을 하는 것이기 때문에 입체적인 분석을 시행하고자 할 경우 좀 더 진전된 프로그램의 개발이 필요하다. 컴퓨터의 급속한 보급과 향상은 수치 해석의 고속화, 고정도화에 이르러 예측을 위한 수치실험을 통하여 simulation, dynamic visualization도 가능하게 되었다. 이때까지 3차원 두부 방사선 좌표를 얻어 wire frame image로 표시하는 것은 I-DEAS<sup>9)</sup>, BASIC<sup>10-15)</sup>, Methmetica<sup>16-18)</sup>, PASCAL<sup>19)</sup>, CAD/CAM<sup>20)</sup>의 다양한 프로그램이 이용되어져 왔다. 하지만 Window 환경에서도 이용할 수 있고 IBM personal computer에서 쉽게 가동될 수 있는 프로그램은 그다지 많지 않은데다가 지속적인 업그레이드를 쉽게 반영할 수 있는 체계의 필요성이 대두되었다. 또한 안면 골격 형태의 분석에 있어 수치적 해석과 simulation을 할 수 있으면서도 복잡한 추가의 장비가 필요하지 않는 프로그램이라야 임상적으로 손쉽게 이용될 수 있는 것이다. 본 연구에서는 컴퓨터 상에서 화상 데이터의 분석, 재구축, 수치해석등이 가능한 프로그램중 Visual basic을 이용한 LEADTOOLS Proexpress(ver 10.0)가 가장 적합하다고 보고 이 프로그램을 interface로 삼고 구체적인 수식과 알고리즘을 작성한 후 컴퓨터 프로그래머(NEXUS INC, Tokyo)에게 의뢰하여 프로그램을 작성하였다.

2) 안면비대칭 분석의 새로운 개념 - 안면정중면

치열을 포함한 안면의 변형, 특히 안면비대칭의 분석을 하기 위하여 가장 중요한 것은 변형의 정도와 방향을 입체적으로 파악하는 것이다. 이러한 목적으로 CT는 가장 탁월한 정확도와 재현도를 가지고 있다. 하지만 통상적인 두부 방사선 계측 사진보다는 이러한 CT가 재현성이 더 낮다고 보고되고 있다<sup>20)</sup>. 게다가 양악수술을 시행할 경우 상악또는 하악의 예상되는 이동량의 정량적 예측은 두부방사선 사진에 의존할 수밖에 없다. 측도 및 정모두부방사선 사진을 적절하게 연관시켜 분석하는 하는 것이 이러한 경우에는 이상적인 치료계획의 수립에 도움을 준다. 안면비대칭의 분석에 이때까지 가장 널리 이용되어져 온 것은 정모두부방사선 계측사진으로 교정확적인 진단이나 수술을 위한 진단을 위하여 꾸준히 이용되어져 왔다. 이러한 여러 가지의 분석방법이 제시된 것은 정모에서 정중선과 수평 기준선을 무엇으로 잡는가하는 차이 때문이다. 물론 '아름답다'라고 하는 사람의

경우에서도 어느 정도의 비대칭이 보여지고 있으나<sup>21,23</sup> 비대칭의 기준선을 확립하는 것은 분석의 기초가 된다.

Letzer와 Kronman<sup>24</sup>, Vig와 Hewitt<sup>25</sup>, Shah와 Joshi<sup>26</sup>, Ishiguro 등<sup>27</sup> 등은 안면 비대칭의 분석에 정모 두부방사선 사진을 이용하여 여러 가지의 안면 정중선 확립을 위한 선을 추천하였고 Crista galli, ANS, Nasal septum, Superior orbital junction, Zygomaticotemporal suture, Superior orbital margin 등이 연구에 이용되었다. 정확한 정중선은 무엇을 기준으로 해야하는가에 대한 문제가 완전히 해결되지 않은 상태에서 Chebib와 Chamma(1981)<sup>28</sup>는 "Best fit line"이라고 하는 새로운 개념을 제시하였다. 이 개념은 안면의 정중선을 결정하는 많은 점들을 수학적으로 "Least square method"를 이용하여 하나의 선으로 나타내는 것으로 Crista galli, 좌우 Superior orbital point의 정중점, 좌우 Inferior orbital point의 정중점, 좌우 Zygoma point의 정중점, 좌우 Gonion의 정중점등을 가장 근접하게 지나가는 하나의 직선을 찾는 것이었다. 하지만 안면비대칭환자의 경우 하안면으로 내려갈수록 비대칭의 정도가 심해지므로 상안면 및 가능하면 posterior cranial point를 이용하는 것이 정확한 분석에 추천된다<sup>29</sup>.

이를 종합한 후 Chebib와 Chamma<sup>28</sup>의 연구를 좀더 발전시켜 본 연구에서는 상안면의 구조물의 정중점을 3차원적으로 찾아 안면정중면, 즉 "plane of best fit"를 설정하고자 하였다. 이를 위하여 수학적으로 3차원 공간상의 여러 가지 Point를 하나의 면으로 표현하는 공식을 산출하였고 이를 프로그램에 입력하여 계측에 이용하였다. 이때 정모와 측모 모두에서 가능한 한 식별이 잘 되는 상안면과 Posterior cranial point를 설정하여야 한다. 정모 및 측모 두부 방사선상의 동시 계측점 즉, 정모의 계측점이 측모에서는 어떤 계측점으로 나타나는지에 대한 연구는 그다지 많지 않다. Sassoni<sup>30</sup>, Ricketts<sup>31</sup> 등이 정모 및 측모두부 방사선 계측사진을 이용한 분석에서 Cephalometric landmark를 언급하고 있다.

Grayson 등<sup>32</sup>이 이미 언급하였던 것과 같이 3차원 좌표점의 경우 정모와 측모에서 서로 정확하게 해당하는 점을 찾아낼 수가 없다는 근본적인 한계가 있다. 어떤 방사선학적 계측점은 진짜 골격위의 해부학적 계측점과 일치하지 않는다. 즉 어떠한 3차원 계측점은 가상의 점이며 실제 존재하지 않는 점 일수도 있다. 또한 모든 계측점이 오목하거나 볼록한 해부학적 구조물의 최외방 또는 최내방 부위로 정의되고 있어 뾰족한 첨부를 가리키는 것이 아니기 때문에 측모 두부 방사선 사진 계측점에 해당하는 정모 방사선 사진상의 계측점은 존재하지 않는다고도 할 수 있다. 하지만 이러한 계측점들이 실제의 위치와 근접한 위치를 반영하고 만일 충분한 재현성을 가지고 있다면 비교분석이나 안면 정중면을 확립하기에는 지장이 없을 것으로 사료된다.

측모 두부 방사선 사진의 정확성과 재현성이 확립되어 있는데 반하여<sup>30,32</sup> 정모 두부 방사선 사진의 경우에는 이에 대한 연구가 그다지 많지 않다. 여러 가지 계측점중에서 일부 계측점은 그 계측점 고유의 오차 경향을 가지고 있다거나<sup>33</sup>, 받아들일 수 없는 정도의 오차를 가진다고 보고되고 있다<sup>30</sup>. 동일한 연구자가 반복 계측했을 때의 오차 (intra-examiner error)는 0.28~2.23mm<sup>34</sup>, 0.42~1.74mm<sup>35</sup>로 정모 두부 방사선 사진도 비교적 정확한 범위에

들지만 연구자를 달리한 경우 (inter-examiner error)는 0.31~4.79mm<sup>34</sup>로 일부 계측점에서 오차의 경향이 크게 나타났음을 보여주지만 비슷한 방법으로 측모 두부 방사선 사진의 오차 (inter-examiner error)를 측정된 Baumrind와 Franz<sup>36</sup>에 따르면 이 또한 0.34~3.71mm의 오차를 가진다고 보고된 바 있어 정모가 측모 두부 방사선 사진에 비하여 계측점 식별에 있어 그다지 열등한 것이 아님을 나타내고 있다. 따라서 정모 및 측모 두부계측사진을 이용한 이같은 3차원적인 분석이 임상적으로 유용한 오차의 범위 내에 있다는 것을 알 수 있다.

본 연구를 통하여 이러한 프로그램이 악안면 영역의 분석, 교육, 진단 등에 이용될 수 있는 가능성이 충분하며 안면변형이나 비대칭의 진단 그리고 술전-술후 분석등을 할 수 있었으나 추가로 여러 가지 기능을 강화시킬 필요성이 있음을 알 수 있었다. 만일 CT와 3차원 두부 방사선 사진 좌표간의 좌표 통합을 이루어 낼 수만 있다면 경조직의 3차원 입체 시뮬레이션 및 연조직 변화의 관찰등도 할수있을것으로 기대되므로 이 부분에 대한 추가적인 연구가 이어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 요약

안면 비대칭이나 반안면 왜소증등과 같은 악변형증 환자의 진단 및 치료계획을 수립함에 있어서 종합적이고도 3차원적인 접근을 하는 것이 중요하다. 최근 3차원 CT가 개발되었으나 이 경우 계측점의 정확성이 아직 확립되어 있지 않다. 최근들어 두부 위치를 보정하여 다른 시기에 촬영된 방사선 사진을 3차원적으로 비교할수 있도록 하는 방법이 소개되었다. 이러한 방법을 이용하여 얻어진 3차원 좌표값 자동적으로 계산한 후 3차원적 구조 분석 및 계측을 할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 정중면을 설정하는 개념에 입각하여 안면구조물의 변형정도를 다양한 방법으로 나타낼수 있으며 이러한 기능은 특히 안면 비대칭의 분석과 술전,후 비대칭의 정도를 파악하는데 유용한 것으로 보인다.

## 참고문헌

1. Miyajima T: Fundamental study of an integrated three dimensional measuring system for the oral and maxillofacial region. J Osaka Univ Dental Soc, 41:167-187, 1996.
2. Grayson BH, McCarthy JG, Bookstein F: Analysis of craniofacial asymmetry by multiplane cephalometry. Am J Orthod, 84: 217-24, 1983.
3. Ricketts RM : Perspectives in the clinical application of cephalometrics - the first fifty years. Angle Orthod, 51:2:115-150, 1981.
4. Dahan VJ: Die Diagnose der Gesichts- und Schdelasymmetrien. Ein Kephalemtrisches Problem. Fortschritte der Kieferorthop, 29:289-333, 1968.
5. Adams CP: The measurement of bizygomatic width on cephalometric width on cephalometric x-ray films. Dent Pract, 14: 58-63, 1963.
6. Sassouni V: Archial analysis in three dimensions. Am J Orthod, 44: 433-63, 1958.
7. Viazis AD: The cranial base triangle. J Clin Orthod, 25: 565-7, 1991.
8. Enlow DH: The human face, New York, 1968, Hueber and Low
9. Brown T, Abbott A : Computer-assisted location of reference points in three dimensions for radiographic cephalometry. Am J Orthod



- Dentofac Orthop, 95:490-498, 1989.
10. Fujimoto M, Hanada K : Three-dimensional display of maxillo-facial structure by using four directions of cephalograms. J Jpn Orthod Soc, 53:491-501, 1994
  11. Inoue K, Yamazaki T, Motoyoshi M, Matsunaga S, Hayashi M, Namura S : Studies on 3-dimensional prediction of orthognathic surgery cases:3-dimensional computer graphic surgery for the skeletal class III cases. J Jpn Orthod Soc, 45: 658-666, 1986.
  12. Kawakami M, Ishikawa H, Yamamura M, Nakamura S: Three-dimensional display of maxillo-facial structures using cephalograms with the aid of template technique. J Jpn Orthod Soc, 53: 192-201, 1994.
  13. Minami K: Development of CT image three dimensional reconstruction system and its application to anthropometry. J Osaka Univ Dental Soc, 39:203-223, 1991.
  14. 최광철, 김경호, 김인달 : 3차원 두부방사선 규격사진 구현시 컴퓨터를 이용한 두부위치의 보정방법에 관한 연구. 대한치과의사협회지, 36:135-143, 1998.
  15. 권귀영, 이상한, 권대근: 두부방사선규격사진을 이용한 악안면구조의 3차원적 분석법. 대한악안면성형재건외과학회지, 21: 174-188, 1999.
  16. 이상한, 권대근, 김종배 : 두부 방사선 규격사진을 이용한 3 차원 계측 시스템의 개발, 대한구강악안면외과학회지, 25: 81-90, 1999.
  17. 배기선, 박수병, 손우성 : 3차원 두부방사선 규격사진의 정확성에 관한 연구 - 실제 계측 및 측모두부방사선 사진 계측과의 비교. 대한치과교정학회지, 27: 129-140, 1997.
  18. Kusnoto B, Evans CA, BeGole EA, Rijk W: Assessment of 3-dimensional computer generated cephalometric measurements. Am J Orthod Dentofac Orthop, 116:390-9, 1999.
  19. Okumura H, Tsutsumi S, Lizuka T et al: CAD/CAM fabrication of occlusal splints for orthognathic surgery, J Clinic Orthod, 34:231-235, 1999
  20. Kragsskov J, Bosch C, Gyldensted C, Sindet-Pedersen S: Comparison of the reliability of craniofacial anatomic landmarks based on cephalometric radiography and three-dimensional CT scans. Cleft Palate Craniofac J, 34: 111-6, 1997.
  21. Peck S, Peck L, Kataja M: Skeletal asymmetry in esthetically pleasing faces. Angle orthod, 61:43-48, 1991.
  22. Rowe NL: The aetiology, clinical fatures, and treatment of mandibular deformity. Br Dent J, 19: 45-64, 1960.
  23. Thompson JR: Asymmetry of the face. J Am Dent Assoc, 30: 1859-71, 1943.
  24. Letzer GM, Kronman JH: A posteroanterior cephalometric evaluation of craniofacial asymmetry. Angle Orthod, 37: 205-211, 1967.
  25. Vig PS, Hewitt AB: Asymmetry of the human facial skeleton. Angle Orthod, 45: 125-9, 1975.
  26. Shah SM, Joshi MR: An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex. Angle Orthod, 48: 141-8, 1978.
  27. Ishiguro K, Krogman WM, Mazaheri M : A longitudinal study of morphological craniofacial pattern via P-A x-ray head films in cleft patients from birth to six years. Cleft Palate J, 13: 104-126, 1976.
  28. Chebib FS, Chamma AM.: Indices of craniofacial asymmetry. Angle Orthod, 51: 214-6, 1981.
  29. Grayson B, Cutting C, Bookstein FL, Kim H, McCarthy JG: The three-dimensional cephalogram: theory, technique, and clinical application. Am J Orthod Dentofac Orthop, 94: 327-37, 1988.
  30. Richardson A: an investigation into the reproducibility of some points, planes and lines used in cephalometric analysis. Am J Orthod 52:637-651, 1966.
  31. Baumrind S, Franz RC: The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. Am J Orthod 60:111-127, 1971.
  32. Midtgard J, Bjork G, Linder-Aronson S: Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurements of cephalometric cranial distances. Angle Orthod, 44: 56-61, 1974.
  33. El-Mangoury NH, Shaheen SI, Mostafa YA. Landmark identification in computerized posteroanterior cephalometrics. Am J Orthod Dentofac Orthop, 91: 57-61, 1987.
  34. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE: Landmark identification error in postero anterior cephalometrics. Angle Orthod, 64: 447-454, 1994.