Gysi 咬合小面学説の再検討

その一 理論的検討

長谷川 成男*

Studies on Gysi's Facet Theory Part 1 Theoretical Analysis

Shigeo Hasegawa

I. 緒 言

歯牙咬合面形態に咬合小面は互の滑走により咀嚼能率の向上に多大の効験を示すと同時に歯周組織、下顎関節、さらに義歯にあつてはその維持安定、口腔粘膜、骨組織にも重大な影響をおよぼす。そしてこれらは全て歯牙咬合面形態が下顎運動と合理的に協調する必要性を要求している。

しかるに、下顎運動理論あるいは歯牙咬合面形態に関して数多くの報告がなされているにも拘わらず、両者を直結してその協調性を論じた業績は極めて少なく、僅かに Gysi¹⁾、矢崎⁶⁾、Fischer¹⁰⁾ らが挙げられるに過ぎぬ。就中、Gysi は明解な幾何作図法を駆使して独自の軸学説を展開し進んでは咬合小面学説にまで至り、その整然とした理論は簡易性ともあいまって広く全世界に普及し、今日なお補綴理論の中核として生きている。しかしながら、Gysi は軸学説においては主に平行側方咬合軸について顎路および切歯路の矢状、側方要素の増減によるいわゆる咬頭展開角への影響を定性的に検討したに止まり、咬合小面学説においても抽象論に終始し、立体的、定量的な咬合小面形態の検討を回避した。これは一つに幾何作図法に準拠し、そしてまた側方咬合軸が輻合あるいは分出した際その作図が余りにも繁雑となり、加えて咬合小面傾斜角度の立体的表示法を持たなかつたためであろう。

1959 年石原・末次²⁾らは Gysi 軸学説を前提とする作

図法を合理的に簡略化する方法を案出し、輻合、分出条件下の軸のあり方の検討を可能にし、著者はこれをさらに発展させ不正確なる幾何学的作図によることなく解析幾何学的に点、線、面を数式をもつて表わし定量的に検討することとした。この報告では Gysi 軸学説に基づく理論的咬合小面形態を解析幾何学的に算出し、その立体的、定量的な解明を試みた。

II. 研 究 方 法

1. 咬合小面傾斜角度の立体的表示法

一般に平面の傾斜を正しく立体的に表現するためには傾斜面の傾きとその方向性を規定しなければならぬ。Gysi の軸学説から導かれる咬合小面も左右極限側方咬合および後方咬合の3運動方向によって規定されるところのある傾きを持った平面となり、当然2種類の角度を

図 1 咬合小面の立体的表示法

* Dept. of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental Univ. (Director: Prof. T. Ishiwaro)

東京医科歯科大学補綴学教室 (指導 石原寿郎教授)

用いて立体的に表示する必要があるため、傾斜角、方位角を用いてこれらを表わすことにした。この傾斜角、方位角は後段の算出法を容易にするために尾花の表示法⁹⁾とは少しく異なり、咬合小面を含む平面の矢状断が咬合平面となす角度を傾斜角、咬合小面を含む平面と咬合平面との交線が正中線となす角度を方位角とする(図1)。なお、傾斜角では下顎の咬合小面の遠心側が近心側より上方にあるものを(+)とし、方位角では正中線より左廻りに(+)とする。

2. 咬合小面の算出法

図2は石原・末次の定理¹¹⁾を用いた輻合側方咬合軸の際に任意の咬頭頂の運動方向を求める作図法である。Gysi¹¹⁾によれば同図の左右極限側方咬合で規定され前方咬合を含む部分($\Delta T_0, M_0, B_0$)が前方咬合小面、作業側極限側方咬合と後方咬合とで規定される部分($\Delta T_0, M_0, R_0$)が後方咬合小面、平衡側極限側方咬合と後方咬合とで規定される部分($\Delta T_0, B_0, R_0$)が平衡咬合小面で、咬頭は全体として三面ピラミッドを呈する。

1) 基準線、運動路角および座標の決定

まず、作図の縦横の基準線をそれぞれY軸、X軸とし座標の基準とする。次いで、切歯指導釘先端(ST)における矢状切歯路傾斜度を φ 、咬合面投影側方切歯路半角を β 、矢状顎路傾斜度を θ 、咬合面投影平衡側方顎路角を α とし、さらに両側下顎顎頭点(Cr, Cl)、切歯指導釘先端(ST)および任意の咬頭頂(T)に図2のごとく座標を与える。同図においては、容易にわかるごとく異なる記号で同じ座標を表わしている場合もある。すなわち、右側下顎顎頭点(Cr)を例にとれば矢状面で (x_c, y_c) 、前頭面で (x_c', y_c) 、咬合面で (x_c', y_c') という座標が与えられているが、この三面投影図を1つの立体に再構成すれば $x_c = y_c'$ となり、 x_c と y_c' は前後距離を、 x_c' は左右距離をそして y_c は上下距離を表わすことになる。

2) 側方咬合軸および前方咬合軸の算出

作図線にしたがい順次法線、交点および2点を通る直線の簡単な解析幾何の公式を用いて矢状面、前頭面、咬合面に投影した左右側方咬合軸、前方咬合軸を表わす式を求める。なお、前方咬合は左右矢状顎路傾斜度が等しくない場合に Gysi¹¹⁾ 自身も述べているごとく螺旋運動となり、その解析ははなはだ困難となるので、下顎顎頭点が左右対称に位置し、しかも両側とも常に等しい運動要素を持つものとして各3投影面における側方咬合軸および前方咬合軸を求める。算出した各方程式を最も簡単にするために座標の原点を切歯指導釘先端(ST)を含む水平面が右側顎頭点(Cr)から降した垂線で貫かれる点

に移せば、すなわち図2で $(x_c, x_c', y_{ST}) = (0, 0, 0)$ とすれば、矢状面投影側方咬合軸は表1、第1式、矢状面投影前方咬合軸は第2式、前頭面投影左側側方咬合軸は第3式、前頭面投影右側側方咬合軸は第4式、咬合面投影左側側方咬合軸は第5式、咬合面投影右側側方咬合軸は第6式で表わされる。

3) 前頭面および咬合面における回転点の算出

前頭面および咬合面投影側方咬合軸から任意の咬頭頂の前頭面および咬合面投影極限側方咬合の運動方向を得るために両投影面での回転点を求めると、任意咬頭頂 $T_F(x_m', y_m')$ の前頭面上の左側回転点(l-P.R.M.)は表1、第7式、右側回転点(r-P.R.M.)は第8式、任意咬頭頂 $T_0(x_m', y_m')$ の咬合面上の左側回転点(l-P.R.y_m)は第9式、右側回転点(r-P.R.y_m)は第10式で表わされる。

4) 前頭面および咬合面投影極限側方咬合の運動方向の算出

各回転点を表わす表1、第7式のx座標をA、y座標をB、第8式のx座標をC、y座標をB、第9式のx座標をD、y座標をE、第10式のx座標をF、y座標をEとし、そしてまた任意咬頭頂が右側歯牙にあるものとしてその運動方向を求めると、

前頭面投影平衡側運動方向

$$y = \frac{x_m' - A}{B - y_m} (x - x_m') + y_m$$

前頭面投影作業側運動方向

$$y = \frac{x_m' - C}{B - y_m} (x - x_m') + y_m$$

咬合面投影平衡側運動方向

$$y = \frac{x_m' - D}{E - y_m'} (x - x_m') + y_m'$$

咬合面投影作業側運動方向

$$y = \frac{x_m' - F}{E - y_m'} (x - x_m') + y_m'$$

となる。

5) 前方咬合小面の方位角の算出

平衡側、作業側両極限側方咬合で規定される前方咬合小面の方位角を求めるために咬頭頂が両極限側方咬合で等しい垂直距離、すなわち前頭面投影で $y=Y$ まで運動したことになると($T_F \rightarrow B_F$, $T_F \rightarrow M_F$)、咬合面投影で咬頭頂(T_0)は B_0 , M_0 まで運動したことになる。ここで B_0 と M_0 とを結んだ線がX軸となす角度に 90° を加えれば、それが前方咬合小面の方位角である(表1、第11式)。

6) 前方咬合小面の傾斜角の算出

前方咬合小面の傾斜角を知るには前方咬合小面の矢状

表 1 前方咬合小面の立体的形態を表わす方程式

矢状面投影側方咬合軸位

$$y = \frac{(\tan \alpha - \tan \beta) x + x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta - x_{sr'} \tan \alpha + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta}{\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha} \quad (1)$$

矢状面投影前方咬合軸点

$$\begin{cases} x = \frac{y_c \tan \theta \cdot \tan \varphi - x_{sr'} \tan \theta}{\tan \varphi - \tan \theta} \\ y = \frac{x_{sr'} - y_c \tan \theta}{\tan \varphi - \tan \theta} \end{cases} \quad (2)$$

前頭面投影左側側方咬合軸位

$$y = \frac{(\tan \beta - \tan \alpha) x + x_{sr'} - x_{sr'} \tan \beta - y_c \tan \theta}{\tan \varphi - \tan \theta} \quad (3)$$

前頭面投影右側側方咬合軸位

$$y = \frac{(\tan \alpha - \tan \beta) x + x_{sr'} + x_{sr'} \tan \beta - x_c'' \tan \alpha - y_c \tan \theta}{\tan \varphi - \tan \theta} \quad (4)$$

咬合面投影左側側方咬合軸位

$$y = \frac{(\tan \varphi \cdot \tan \alpha - \tan \theta \cdot \tan \beta) x - x_{sr'} \tan \theta + x_{sr'} \tan \theta \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \varphi}{\tan \varphi - \tan \theta} \quad (5)$$

咬合面投影右側側方咬合軸位

$$y = \frac{(\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha) x - x_{sr'} \tan \theta - x_{sr'} \tan \theta \cdot \tan \beta + x_c'' \tan \varphi \cdot \tan \alpha + y_c \tan \theta \cdot \tan \varphi}{\tan \varphi - \tan \theta} \quad (6)$$

任意咬頭前頭面上の左側回転点 (I.P.R.M.)

$$\begin{cases} x = \frac{\{x_m (\tan \alpha - \tan \beta) - x_{sr'} \tan \alpha + x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta\} (\tan \varphi - \tan \theta) + (-x_{sr'} + x_{sr'} \tan \beta + y_c \tan \theta) (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)}{(\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha) (\tan \beta - \tan \alpha)} = A \\ y = \frac{x_m (\tan \alpha - \tan \beta) - x_{sr'} \tan \alpha + x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta}{\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha} = B \end{cases} \quad (7)$$

任意咬頭前頭面上の右側回転点 (r.P.R.M.)

$$\begin{cases} x = \frac{\{x_m (\tan \alpha - \tan \beta) - x_{sr'} \tan \alpha + x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta\} (\tan \varphi - \tan \theta) + (-x_{sr'} - x_{sr'} \tan \beta + x_c'' \tan \alpha + y_c \tan \theta) (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)}{(\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha) (\tan \alpha - \tan \beta)} = C \\ y = \frac{x_m (\tan \alpha - \tan \beta) - x_{sr'} \tan \alpha + x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta}{\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha} = B \end{cases} \quad (8)$$

任意咬頭頂咬合面上の左側回転点 (l.P.R.y_m)

$$\begin{cases} x = \frac{-x_{sr} + x_{sr'} \tan \beta + y_c \tan \theta + y_m (\tan \varphi - \tan \theta)}{\tan \beta - \tan \alpha} = D \\ y = \frac{x_{sr} \tan \alpha - x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta - y_c \tan \theta \cdot \tan \beta + y_m (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)}{\tan \alpha - \tan \beta} = E \end{cases} \quad (9)$$

任意咬頭頂咬合面上の右側回転点 (r.P.R.y_m)

$$\begin{cases} x = \frac{-x_{sr} - x_{sr'} \tan \beta + x_c'' \tan \alpha + y_c \tan \theta + y_m (\tan \varphi - \tan \theta)}{\tan \alpha - \tan \beta} = F \\ y = \frac{x_{sr} \tan \alpha - x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta - y_c \tan \theta \cdot \tan \beta + y_m (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)}{\tan \alpha - \tan \beta} = E \end{cases} \quad (10)$$

前方咬合小面方位角

$$\tan^{-1} \left[\frac{(x_m' - x_{sr'}) (\tan \varphi - \tan \theta)}{-x_{sr} \tan \theta + x_{sr'} \tan \varphi \cdot \tan \alpha + y_c \tan \theta \cdot \tan \varphi - x_m (\tan \varphi - \tan \theta)} \right] + 90^\circ \quad (11)$$

前方咬合小面傾斜角

$$\tan^{-1} \left[\frac{-x_{sr} \tan \theta + x_{sr'} \tan \varphi \cdot \tan \alpha + y_c \tan \theta \cdot \tan \varphi - x_m (\tan \varphi - \tan \theta)}{-x_{sr} + x_{sr'} \tan \alpha + y_c \tan \theta + y_m (\tan \varphi - \tan \theta)} \right] \quad (12)$$

前方咬合の運動路角

$$\tan^{-1} \left[\frac{x_{sr} \tan \theta - y_c \tan \theta \cdot \tan \varphi + x_m (\tan \varphi - \tan \theta)}{x_{sr} - y_c \tan \theta - y_m (\tan \varphi - \tan \theta)} \right] \quad (13)$$

前方咬合小面傾斜角—前方咬合の運動路角

$$\tan^{-1} \left[\frac{x_{sr'} \tan \alpha (x_{sr} - x_m - y_m \tan \varphi) (\tan \varphi - \tan \theta)}{\{x_{sr} - y_c \tan \theta - y_m (\tan \varphi - \tan \theta)\} \{-x_{sr} + x_{sr'} \tan \alpha + y_c \tan \theta + y_m (\tan \varphi - \tan \theta)\}} \right] \quad (14)$$

前頭面投影平衡側無限側方咬合運動路角

$$\tan^{-1} \left[\frac{x_{sr} \tan \theta - x_{sr'} \tan \theta \cdot \tan \beta - y_c \tan \theta \cdot \tan \beta + x_m (\tan \varphi - \tan \theta) + x_m' (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)}{-x_{sr} \tan \alpha + x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta + x_m (\tan \alpha - \tan \beta) - y_m (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)} \right] \quad (15)$$

前頭面投影作業側無限側方咬合運動路角

$$\tan^{-1} \left[\frac{-x_{sr} \tan \theta - x_{sr'} \tan \theta \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta + x_m (\tan \theta - \tan \varphi) + x_m' (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)}{-x_{sr} \tan \alpha + x_{sr'} \tan \alpha \cdot \tan \beta + y_c \tan \theta \cdot \tan \beta + x_m (\tan \alpha - \tan \beta) - y_m (\tan \theta \cdot \tan \beta - \tan \varphi \cdot \tan \alpha)} \right] \quad (16)$$

断面が必要である。咬合面投影で B_0 と M_0 とを結ぶ線と任意咬頭頂 (T_0) を通る線 $x=x_m'$ との交点 P_0 の座標を求め、この y 座標を矢状面に移せば (P_0 の y 座標、 Y) なる座標を持つ P_s 点が得られる。ここで T_s と P_s とを結べば前方咬合小面の矢状断が得られ、その X 軸となす角度が求める前方咬合小面の傾斜角である (表 1, 第 12 式)。

7) 前方咬合小面の傾斜角と前方咬合の運動路角との差異

前方咬合小面の傾斜角に前方咬合運動路角が一致すれば、Gysi¹¹⁾ が述べたごとく平衡側、作業側両極限側方咬合で規定される平面上に前方咬合も乗り、前方咬合小面は一平面となつて咬頭は全体として三面ピラミッドを呈することになる。このことを確かめるために矢状面投影で任意咬頭頂 $T_s(x_m, y_m)$ について前方咬合運動路角を前方咬合軸 (P.A.) から算出してみると表 1, 第 13 式となり、第 13 式と両側極限側方咬合で規定される前方咬合小面の傾斜角との差を算出すれば表 1, 第 14 式が得られる。第 14 式は $\theta=\varphi$ あるいは $\alpha=0^\circ$ の場合を除いては一般にある角度差を示す。したがって、Gysi のいう平衡側、作業側両極限側方咬合、前方咬合、後方咬合の 4 基本下顎運動だけをとつた場合でも一般に前方咬合小面は二面にわかれ咬頭全体としては四面ピラミッドを呈することになる (図 3)。これら 4 種の咬合小面を便宜的に前方平衡咬合小面 (図 3, I), 前方作業咬合小面 (図

3, II), 後方咬合小面 (図 3, III), 平衡咬合小面 (図 3, IV) と仮称する。

前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角とが一般にある差異を示すことは表 1, 第 14 式から明らかであるが、この差は極めて小さく著者の検討した範囲内では最大でも僅かに $1^\circ 24'$ に過ぎなかつた (図 27 参照)。また、このような角度差を平衡側から作業側までの全ての中間咬合の運動路について算出するならば、前方咬合小面は当然曲面を呈することになり、Gysi の前提と著しく離れる。そこで今回は前方咬合小面を平面として論ずることとするが、前方平衡咬合小面および前方作業咬合小面に関する詳細な検討は後の機会に譲る。

8) いわゆる咬頭展開角の算出

Gysi が軸学説において定性的に記述したいわゆる咬頭展開角をさらに詳しく定量的に検討するために前頭面における回転点から先ず前頭面投影平衡側極限側方咬合の咬合平面となす角度 (表 1, 第 15 式) および前頭面投影作業側極限側方咬合の咬合平面となす角度 (表 1, 第 16 式) を求める。次いで、第 15 式と第 16 式との和を 180° から引算すれば、求めるいわゆる咬頭展開角が得られる。

9) 後方咬合小面および平衡咬合小面

後方咬合小面は作業側極限側方咬合と後方咬合とで、平衡咬合小面は平衡側極限側方咬合と後方咬合とで規定される平面¹¹⁾ なので、後方咬合は軸学説にとつて極めて重要な運動要素といえる。しかるに、Gysi は後方咬合について一般に生理的咀嚼運動においてはみられず中心咬合位から非常に僅かに存在することもあり得ると述べ、その運動方向については何等記載することなく極めて不明確に後方咬合の運動中心を図示したに過ぎなかつた。今日なお極めて精度の高い下顎運動測定装置¹²⁾ をもつてしても後方咬合の存在に決定的な断は下されておらず、はなはだ奇異なことではあるが、軸学説から後方咬合小面あるいは平衡咬合小面を理論的に導き出すことは不可能であるといわざるを得ない。ために著者は作業側側方咬合、平衡側側方咬合、前方咬合そして全ての中間咬合時において常に接触滑走を営む最も重要な前方咬合小面形態についてのみ以後検討を加えることにする。

以上算出した各方程式に各要素の値を代入すれば、任意の下顎運動 4 要素を持つ上下顎任意咬頭の前方咬合小面形態を Gysi 軸学説に基づいて立体的に求め得る。

3. 下顎運動の 4 要素および下顎顆頭点と歯牙との相対的位置関係

前項において前方咬合小面の傾斜角、方位角およびいわゆる咬頭展開角を算出する方程式を得たが、これらは

図 3 4 面ピラミッドを呈す咬頭

- I: 前方平衡咬合小面,
- II: 前方作業咬合小面,
- III: 後方咬合小面,
- IV: 平衡咬合小面,
- B: 平衡側極限側方咬合
- P: 前方咬合
- M: 作業側極限側方咬合
- R: 後方咬合

いずれも数多くの変数を含むので容易に各方程式の持つ性質を知ることはできない。そこで1要素のみを変数とし他要素は全てそれぞれの平均値をもつて定数とし、順次各要素の前方咬合小面形態におよぼす影響を検討することにする。しかしながら、この検討を無限に繰り返すことは無意味なので、日本人無歯顎者で出現し得る範囲内に各要素を止めることにして各検討を行なう。したがって、先ず下顎運動の4要素そして下顎顆頭点と歯牙との相対的位置関係についてそれぞれの大小両極限値および平均値を知ることが必要となる。

1) 下顎運動の4要素

Gysi¹³⁾は矢状顆路傾斜度、平衡側側方顆路角、矢状切歯路傾斜度および側方切歯路角を下顎運動の4要素として軸学説を構成し、無歯顎者については矢状切歯路傾斜度を術者が任意に与え得る要素と考えた。中沢³⁾が日本人無歯顎者33名について描記法で下顎運動を測定した結果、その3要素は

矢状顆路傾斜度	49°~0°	平均 29°±1.2
平衡側側方顆路角	33°~-12°	平均 6.2°±1.2
側方切歯路角	157°~121°	平均 136°±1.2

であつた。この側方切歯路角は切歯点の前方30mmの点で測定した値なので、この数値を直ちに切歯点に与えることはできない。(実際の数値の算出にあたっては図2における切歯指導釘先端のかわりに切歯点に切歯路要素を与えた)。そこで、無歯顎者の下顎運動はGysi軸学説に則つて行なわれるものと仮定し、後段で述べる標準下顎骨に矢状顆路傾斜度29°、平衡側側方顆路角6°そして切歯点前方30mmにおける側方切歯路角の大小両極限値および平均値を与え、標準切歯点(本章第2項参照)における側方切歯路角を作図的に求め154°~104°、平均128°なる結果を得た。以上の知見に加え、Gysiの軸学説の特性から輻合側方咬合軸、平行側方咬合軸および分出側方咬合軸と3種の側方咬合軸で可成り特徴ある結果が予測されるので、表2のごとく3組の標準下顎運

表 2 標準下顎運動要素

C. Sag. (θ)	C.Lat.Bal. (α)	S. Sag. (φ)	S. Lat. (2β)
30°	5°	15°	130°
30°	5°	30°	130°
30°	5°	40°	130°

動要素を決定した。表2において、矢状切歯路傾斜度15°の輻合側方咬合軸の例は好ましき歯槽堤を持つ矢状顆路傾斜度30°の患者に対し最も理想的であるとGysi

¹³⁾¹³⁾が考えたものである。また、矢状切歯路傾斜度のみを変数とし他要素を定数とする時には矢状顆路傾斜度を20°、30°、40°の3種に固定し標準下顎運動要素とする。そして表2の3組の標準下顎運動要素において矢状顆路傾斜度は0°~50°、水平面投影平衡側側方顆路角は0°~35°、矢状切歯路傾斜度は0°~50°、水平面投影側方切歯路角は100°~155°を5°間隔で後述する標準下顎骨、標準咬頭頂位について変化させ、各下顎運動要素の前方咬合小面形態に対する影響を検討する。

2) 下顎顆頭点と歯牙咬頭頂との相対的位置関係

前項の前方咬合小面形態を求める方程式から実際の値を算出するには下顎運動の4要素に加え明らかに下顎顆頭点と歯牙咬頭頂との相対的位置関係が必要である。下顎顆頭点は下顎運動論的には特殊点として重要視されているが、形態学的にはこれがどの点に相当するかすら現在なお不定であり、ためにこの関係についての報告は全くない。勿論、Gysi軸学説では切歯点についても同様であるが、下顎顆頭点がどこであろうとも顆路の測定が可能ならば原理的には何等問題ではないが、顆路の平均値を利用するには形態学的に一定した下顎顆頭点が望ましくなるので、便宜的に下顎骨下顎小頭の最高点を下顎顆頭点と定め各位置関係の計測を行なうことにする。

図 4 頭周形描記装置

計測方法は東京医科歯科大学補綴学教室所蔵の有歯下顎骨15例について、左右下顎第二大臼歯遠心頰側咬頭頂および切歯点の3点で咬合平面を規定し、さらに左右下顎顆頭点間線に切歯点から立てた垂線を正中線と

表 3 下顎顆頭点と歯牙咬頭頂との位置関係

	出 現 範 囲			平 均 位 置		
	前後 (mm)	左右 (mm)	上下 (mm)	前後 (mm)	左右 (mm)	上下 (mm)
右側下顎顆頭点	0	0	27~43	0	0	36.8
左側下顎顆頭点	0	92~124	28~43	0	102.2	36.3
切 歯 点	77~92	42~ 62	0	84.4	50.4	0
咬頭頂出現範囲						
(1)	32~48	18~ 29	—	43.0	22.6	—
(2)	68~80	18~ 29	—	74.5	22.6	—
(3)	68~80	30~ 45	—	74.5	37.0	—
(4)	32~48	30~ 45	—	43.0	37.0	—
最低位咬頭頂	—	—	- 5 ~ - 1	—	—	-2.8
7)遠心頬側咬頭頂	33~52	18~ 29	0	46.0	22.6	0

図 5 下顎骨と歯牙咬頭頂との相対的位置関係。四角形及び線分は出現範囲を，点は平均位置を示す。

し，頭周形描記装置¹⁹⁾に装着して，咬合面投影，左右矢状面投影を行ない左右下顎顆頭点，切歯点および右側小白歯，大白歯の各咬頭頂，辺縁隆線頂を投影する(図4)。この投影図において第二大白歯遠心頬側咬頭頂，遠心辺縁隆線頂，第一小白歯舌側咬頭頂および近心辺縁隆線頂を通り正中線，下顎顆頭点間線に平行なる線を引いて得られる最外側の矩形に，咬合平面，最低位咬頭頂間垂直距離を加えてできる立方体を咬頭頂出現可能範囲

とする(図5)。

計測結果は表3に示すが，ここで前後(前後方向の座標は常に(-)の値を持つ)，および左右距離については右側下顎顆頭点が原点に，上下距離については咬合平面が基準となっている。表3の結果に基づき標準下顎骨，標準咬頭頂位を表4のごとく決定した。表中の右側第二大白歯遠心頬側咬頭頂は常に咬合平面上にあるため各方程式の計算を容易にするので，この平均値をもつて標準咬

表 4 標準下顎骨と標準咬頭頂位との位置関係

	前後 (mm)	左右 (mm)	上下 (mm)
右側下顎顆頭点	0	0	36
左側下顎顆頭点	0	100	36
切 歯 点	84	50	0
7)遠心頰側咬頭頂	46	22	0

頭頂位とした。

下顎骨の大きさ、咬頭頂の位置が前方咬合小面形態にいかなる影響を示すかを知るために表 2 の標準下顎運動要素について位置の 1 要素のみを変数とし他要素はそれぞれの平均値に止めて定数とする。各位置要素を変化させる範囲は表 3 の結果から下顎顆頭点、切歯点間前後距離では 75~95 mm, 左右下顎顆頭点間左右距離では 90~125 mm, 下顎顆頭点、咬合平面間上下距離では 25~50 mm, 咬頭頂前後位では 30~80 mm, 咬頭頂左右位では 15~45mm, 咬頭頂上下位では -5~+5 mm とし、この範囲内を 5 mm 間隔(咬頭頂上下位に関してのみ 2 mm 間隔)で変化させて各方程式に代入し、各位置要素が前方咬合小面の立体的形態におよぼす影響を検討する。

III. 結 果

前章において述べた前方咬合小面の傾斜角、方位角としていわゆる咬頭展開角を表わす方程式に下顎運動の 4 要素および下顎顆頭点と歯牙咬頭頂との相対的位置関係の各値を代入して以下のごとき結果を得た。なお、各値

図 6 前方咬合小面傾斜角への矢状面傾斜度の影響

図 7 前方咬合小面傾斜角への平衡側側方顆路角の影響

図 8 前方咬合小面傾斜角への矢状面傾斜度の影響

を算出する際には計算を容易にするために図 2 の切歯指導釘先端のかわりに標準切歯点位に矢状切歯路傾斜度と側方切歯路角とを与えた。

1. 前方咬合小面

1) 前方咬合小面の傾斜角

平衡側、作業側両極限側方咬合によつて規定される前方咬合小面の傾斜角に関する結果はこれを表わす表 1, 第 12 式に各要素の値を代入して図 6~15 に示した。第 12 式は β , x_m' を含まぬので、側方切歯路角、咬頭頂左右位は前方咬合小面の傾斜角に対して全く無関係といえる(図 9, 11)。しかし、左右顆頭点間距離(x_c')に関し第 12 式はこれを一応は含まぬが、常に左右対称顎に

図 9 前方咬合小面傾斜角への側方切歯路角の影響

図 11 前方咬合小面傾斜角への咬頭頂左右位の影響

図 10 前方咬合小面傾斜角への咬頭頂前後位の影響

図 12 前方咬合小面傾斜角への咬頭頂上下位の影響

ついて計算することを前提としているので、左右顎頭点間距離の変化に伴って切歯点の左右位 $x_{ST'}$ を左右顎頭点間距離の midpoint まで変化させねばならず、ために左右顎頭点間距離が前方咬合小面の傾斜角と無関係であるとはいい得ぬ。また、第 12 式は $\theta = \varphi$ の時常に θ となる。すなわち、矢状顎路傾斜度 (θ) と矢状切歯路傾斜度 (φ) とが等しい平行側方咬合軸の時、前方咬合小面の傾斜角は他の運動要素、位置要素とは無関係に矢状顎路傾斜度および矢状切歯路傾斜度と等しい角度になる。

下顎運動の要素が前方咬合小面の傾斜角におよぼす影響については矢状顎路傾斜度、矢状切歯路傾斜度が増加すると傾斜角は増加するが、側方切歯路角は無関係であ

る。また、平衡側側方顎路角は側方咬合軸のあり方と関連し輻合側方咬合軸ではその増加によつて傾斜角を減少させ、分出側方咬合軸では逆に傾斜角を増加させるが、平行側方咬合軸では何等の影響も示さぬ(図 6～9)。次に、咬頭頂位による影響も側方咬合軸のあり方と関連し輻合側方咬合軸の際には咬頭頂が前方に行く程、下方に行く程傾斜角は減少し、側方咬合軸が分出すると逆に増加するが、平行側方咬合軸では咬頭頂位は全く関係しない。また、咬頭頂左右位は傾斜角に対して常に無関係である(図 10～12)。さらに、下顎骨の大きさも平行側方咬合軸では傾斜角に対して無影響であるが、側方咬合軸が輻合した時切歯点が前方に行く程、顎頭点間距離が狭

図 13 前方咬合小面傾斜角への切歯点前後位の影響

図 15 前方咬合小面傾斜角への顎頭点上下位の影響

図 14 前方咬合小面傾斜角への顎頭点間距離の影響

図 16 前方咬合の運動路角への矢状顎路傾斜度の影響

くなる程、顎頭点が低くなる程傾斜角は増加し、分出すると切歯点が行く程、顎頭点が低くなる程逆に減少するが、この際顎頭点間距離の大小はほとんど傾斜角と関係しない(図 13~15)。

前方咬合小面の傾斜角に各要素がおよぼす影響の大きさを比較するために、下顎運動要素については5°当り、位置要素については5mm当りの傾斜角の変化量を算出し表5に示した。表5において下顎運動要素では矢状切歯路傾斜度が3°を越す変化量を示し、位置要素では咬頭頂前後位が0°30'内外の変化量を示し、各要素中最大の影響を前方咬合小面の傾斜角に与えたといえる。

2) 前方咬合の運動路角

前方咬合運動路角に関する結果は表1、第13式に各要素の値を代入して図16~25に示した。第13式は α , β , x_m' , x_c'' を含まぬので平衡側側方顎路角、側方切歯路角、咬頭頂左右位および顎頭点間距離は前方咬合運動路角に対して全く無関係といえる(図17, 19, 21, 24)。また、第13式は $\theta = \varphi$ の時常に θ となる。すなわち、平行側方咬合軸の時前方咬合運動路角は他の運動要素、位置要素とは全く無関係に矢状顎路傾斜度および矢状切歯路傾斜度に一致する角度を持つ。

下顎運動の要素が前方咬合運動路角におよぼす影響については矢状顎路傾斜度あるいは矢状切歯路傾斜度が増加すると運動路角は急になるが、平衡側側方顎路角、側

表 5 各要素による前方咬合小面形態の変化量

	条 件	前方咬合小面傾斜角	前方咬合運動路角	前方咬合小面傾斜角 前方咬合運動路角間差	前方咬合小面方位角	前頭面投影 平衡側 極限側方咬合運動路角	前頭面投影 作業側 極限側方咬合運動路角	所謂咬頭展開角
C. Sag.	S. Sag. 15°	1° 57'	2° 1'	0° 4'	4° 55'	2° 49'	0° 44'	2° 5'
	S. Sag. 30°	1° 53'	1° 58'	0° 5'	3° 53'	2° 34'	0° 43'	1° 52'
	S. Sag. 40°	1° 46'	1° 52'	0° 6'	3° 34'	2° 22'	0° 40'	1° 42'
C. Lat. Bal.	S. Sag. 15°	0° 12'	—	0° 12'	0° 19'	1° 23'	0° 21'	1° 2'
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	1° 30'	0° 25'	1° 5'
	S. Sag. 40°	0° 6'	—	0° 6'	0° 12'	1° 35'	0° 27'	1° 8'
S. Sag.	C. Sag. 20°	3° 21'	3° 17'	0° 4'	5° 5'	2° 21'	3° 0'	5° 22'
	C. Sag. 30°	3° 18'	3° 13'	0° 4'	4° 33'	2° 9'	3° 2'	5° 12'
	C. Sag. 40°	3° 13'	3° 9'	0° 4'	4° 4'	1° 59'	3° 3'	5° 3'
S. Lat.	S. Sag. 15°	—	—	—	—	1° 21'	1° 48'	3° 29'
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	1° 49'	2° 36'	4° 52'
	S. Sag. 40°	—	—	—	—	2° 6'	3° 7'	5° 44'
下顎顎頭点一切歯点 間前後距離	S. Sag. 15°	0° 27'	0° 27'	0° 0'	0° 48'	0° 48'	1° 3'	
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	0° 42'	1° 0'	
	S. Sag. 40°	0° 16'	0° 16'	0° 1'	0° 10'	0° 37'	0° 54'	
左右下顎顎頭点 間左右距離	S. Sag. 15°	0° 0'	—	0° 0'	1° 0'	0° 3'	0° 0'	
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	0° 5'	0° 0'	
	S. Sag. 40°	0° 0'	—	0° 0'	0° 26'	0° 2'	0° 0'	
下顎顎頭点一咬合平面 間上下距離	S. Sag. 15°	0° 8'	0° 9'	0° 1'	0° 13'	0° 39'	0° 10'	
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	0° 34'	0° 9'	
	S. Sag. 40°	0° 4'	0° 6'	0° 1'	0° 9'	0° 30'	0° 9'	
咬頭頂 前後位	S. Sag. 15°	0° 43'	0° 45'	0° 1'	0° 31'	1° 54'	0° 38'	
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	1° 40'	0° 36'	
	S. Sag. 40°	0° 25'	0° 27'	0° 1'	0° 4'	1° 28'	0° 33'	
咬頭頂 左右位	S. Sag. 15°	—	—	—	2° 6'	1° 42'	2° 11'	
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	1° 29'	2° 3'	
	S. Sag. 40°	—	—	—	0° 55'	1° 19'	1° 52'	
咬頭頂 上下位	S. Sag. 15°	0° 15'	0° 18'	0° 1'	—	0° 54'	0° 6'	
	S. Sag. 30°	—	—	—	—	1° 0'	0° 24'	
	S. Sag. 40°	0° 18'	0° 21'	0° 1'	—	1° 3'	0° 18'	

方切歯路角はいずれも無関係である(図 16~19). 次に, 咬頭頂位による影響は側方咬合軸のあり方と関連し幅合側方咬合軸の際には咬頭頂が前方に行く程, 下方に行く程運動路角は緩くなり, 分出側方咬合軸の際には逆に急になるが, 平行側方咬合軸になると咬頭頂位は全く関係しない. また, 咬頭頂左右位は前方咬合運動路角に対して常に無関係である(図 20~22). さらに, 下顎骨の大きさも平行側方咬合軸では前方咬合運動路角に対して無影響であるが, 側方咬合軸が幅合した時には切歯点が前方に行く程, 顎頭点が低くなる程運動路角は急になり, 分出すると逆に緩くなる. また, 顎頭点間距離は前方咬合

運動路角に対し常に無関係である(図 23~25).

前方咬合運動路角に対する各要素の影響は表 5 に示すごとく運動要素では 5° 当りの変化量が 3° を越す矢状切歯路傾斜度で, 位置要素では 5 mm 当りの変化量が 0° 30' 内外に達する咬頭頂の前後位で各要素中の最大となった.

3) 前方咬合小面の傾斜角と前方咬合の運動路角との差

前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角との差に関する結果は表 1, 第 14 式に各要素の値を代入して図 26~35 に示した. 第 14 式は β , x_m' を含みぬので, 側方

図 17 前方咬合の運動路角への
平衡側側方顆路角の影響

図 19 前方咬合の運動路角への
側方切歯路角の影響

図 18 前方咬合の運動路角への
矢状切歯路傾斜度の影響

図 20 前方咬合の運動路角への
咬頭頂前後位の影響

切歯路角、咬頭頂左右位はこの両者間の差に対して全く無関係といえる(図 29, 31)。第 14 式において特に注目すべきは θ と φ との関係によつて結果の符号が変わることである。すなわち、矢状顆路傾斜度 (θ) が矢状切歯路傾斜度 (φ) と等しい平行側方咬合軸の場合にのみ他の運動要素、位置要素とは無関係に前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角は完全に一致し両者間の差はなくなるが、矢状顆路傾斜度が矢状切歯路傾斜度より大きい幅合側方咬合軸の場合には前方咬合小面の傾斜角は常に前方咬合運動路角より小さい角度を示し、矢状顆路傾斜度が矢状切歯路傾斜度より小さい分出側方咬合軸の場合に

は逆に前方咬合小面の傾斜角の方が大きい角度を示す。そして矢状顆路傾斜度と矢状切歯路傾斜度との角度差が大きくなる程、前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角間の差の絶対値も大きくなる(図 26, 28)。また、平行側方咬合軸の場合を除いて平衡側側方顆路角は前方咬合小面の傾斜角と関係を持つが、前方咬合運動路角とは常に無関係なため、平衡側側方顆路角が 0° の時に両者間の差はなくなるが、これが大きな角度を持つとその差の絶対値は非常に大きくなり、矢状顆路傾斜度 30° 、平衡側側方顆路角 35° 、矢状切歯路傾斜度 15° 、側方切歯路角 130° の際には $1^\circ 24'$ という最大値を示した(図 27)。咬頭頂

図 21 前方咬合の運動路角への咬頭頂左右位の影響

図 23 前方咬合の運動路角への切歯点前後位の影響

図 22 前方咬合の運動路角への咬頭頂上下位の影響

図 24 前方咬合の運動路角への顎頭点間距離の影響

の位置による影響に関しては咬頭頂が前方に行く程、下方に行く程前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角との差の絶対値は小さくなるが、左右位は全く無関係である。また、下顎骨の大きさによる影響に関してはいずれも極めて小さく、切歯点が後方に行く程、顎頭点間距離が狭くなる程、顎頭点が高くなる程前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角との差の絶対値は小さくなる傾向にある(図 30~35)。

前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角との差におよぼす各要素の影響は表 5 に示すごとく全体に極めて僅かで、各要素中最大の変化量を与える平衡側側方顎路角

ですら 5° 当りで 0°10' 内外に過ぎなかった。

4) 前方咬合小面の方位角

前項において、前方咬合小面の傾斜角と前方咬合運動路角とは平行側方咬合軸の場合を除いては一般に一致しないことを示したが、各運動要素あるいは位置要素の極限值を組み込んで検討しても両者間の差の絶対値は最大でも僅か 1°24' に過ぎなかった(図 27)。そこで、今この両者間の差を無視できるものとし、Gysi¹¹⁾が述べた前方咬合小面は一面であるという考え方を是認して、その方位角を求めると以下のごとくなる。

この前方咬合小面の方位角は表 1、第 11 式から算出

図 25 前方咬合の運動路角への顆頭点上下位の影響

図 27 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への平衡側側方顆路角の影響

図 26 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への矢状顆路傾斜度の影響

図 28 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への矢状切歯路傾斜度の影響

でき、各要素の値を代入した結果が図 36～45 である。第 11 式は β , y_m を含まぬので前方咬合小面の方位角に対して側方切歯路角，咬頭頂上下位は全く無関係といえる(図 39, 42)。第 11 式において特に注目すべきは θ と φ との関係のみによつて式の結果が 90° より大きくなつたり，小さくなつたりすることである。すなわち，他の運動要素，位置要素とは全く無関係に平行側方咬合軸で前方咬合小面の方位角は 90° となるが，側方咬合軸が輻合すると常に 90° より大きくなり，分出すると逆に 90° より小さくなる。また，第 11 式で $x_m' = x_{st}'$ の時，すなわち咬頭頂が正中線上にある時この方位角は他要素に関

係なく常に 90° となる。

下顎運動の要素が前方咬合小面の方位角におよぼす影響については矢状顆路傾斜度が増加すると方位角も増加し，矢状切歯路傾斜度が増加すると方位角は逆に減少するが，側方切歯路角は無関係である。また，平衡側側方顆路角は側方咬合軸のあり方と関連し輻合側方咬合軸ではその増加によつて方位角を減少させ，分出側方咬合軸では逆に方位角を増加させるが，平行側方咬合軸では何等の影響も示さぬ(図 36～39)。次に，咬頭頂位の影響に関しては咬頭頂が前方に行く程前方咬合小面の方位角は増加するが，上下位は全く無関係である。咬頭頂の左

図 29 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への側方切歯路角の影響

図 31 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への咬頭頂左右位の影響

図 30 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への咬頭頂前後位の影響

図 32 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への咬頭頂上下位の影響

右位については輻合側方咬合軸の際に咬頭頂が内方に行けば方位角は減少し，分出側方咬合軸の際には逆に増加するが，平行側方咬合軸となると咬頭頂の前後位，上下位をも含めて全く無関係である（図 40～42）。さらに，下顎骨の大きさも平行側方咬合軸では方位角に対して無影響であるが，側方咬合軸が輻合した時切歯点が前方に行く程，顎頭点間距離が狭くなる程そして顎頭点が高くなる程方位角は減少し，分出すると逆に増加する（図 43～45）。

前方咬合小面の方位角に対する各要素の影響は表 5 に示すごとく運動要素では 5° 当りの変化量が 4°～5° を示

す矢状切歯路傾斜度で，位置要素では 5 mm 当りの変化量が 1°～2° を示す咬頭頂の左右位で各要素中の最大になった。

2. 前頭面投影極限側方咬合の運動路角

1) 前頭面投影平衡側極限側方咬合の運動路角

前頭面投影平衡側極限側方咬合運動路角は表 1，第 15 式で咬合平面となす角度として表わされる。第 15 式に各要素の値を代入した結果は図 46～55 において実線で表わした。なお，作業側との比較を容易にするため平衡側のみ角度を右廻りに (+) とした。

下顎運動の要素が前頭面投影平衡側極限側方咬合運動

図 33 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への切歯点前後位の影響

図 35 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への顎頭点上下位の影響

図 34 前方咬合小面傾斜角，前方咬合運動路角間の差への顎頭点間距離の影響

図 36 前方咬合小面方位角への矢状顎路傾斜度の影響

路角におよぼす影響については矢状顎路傾斜度が增加する程，平衡側側方顎路角が減少する程，矢状切歯路傾斜度が增加する程，あるいは側方切歯路角が減少する程運動路角は増加する(図 46～49)。次に，位置要素の影響に関しては咬頭頂が前方に行く程，内方に行く程，下方に行く程，あるいは切歯点が後方に行く程，顎頭点間距離が広がる程，顎頭点が高くなる程運動路角は減少する(図 50～55)。

前頭面投影平衡側極限側方咬合運動路角に対する各要素の影響は表 5 に示すごとく運動要素では 5° 当りの変化量が 2°30' 前後になる矢状顎路傾斜度で，位置要素で

は 5 mm 当りの変化量が 2° 近くになる咬頭頂の前後位で各要素中の最大になった。

2) 前頭面投影作業側極限側方咬合の運動路角，

前頭面投影作業側極限側方咬合運動路角は表 1，第 16 式で咬合平面となす角度として表わされる。第 16 式に各要素の値を代入した結果は図 46～55 において点線で表わした。図中(－)の符号を持つ運動路角は側方咬合に際して下顎が側上方へ運動することを示す。

下顎運動の要素が前頭面投影作業側極限側方咬合運動

図 37 前方咬合小面方位角への
平衡側側方顆路角の影響

図 39 前方咬合小面方位角への
側方切歯路角の影響

図 38 前方咬合小面方位角への
矢状切歯路傾斜度の影響

図 40 前方咬合小面方位角への
咬頭頂前後位の影響

路角におよぼす影響については矢状顆路傾斜度が減少する程、平衡側側方顆路角が増加する程、矢状切歯路傾斜度が増加する程、あるいは側方切歯路角が減少する程運動路角は増加する(図 46~49)。次に、位置要素の影響に関しては咬頭頂が前方に行く程、外方に行く程、下方に行く程、あるいは切歯点が後方に行く程、顆頭点間距離が狭くなる程、顆頭点が低くなる程運動路角は減少する(図 50~55)。

前頭面投影作業側極限側方咬合運動路角に対する各要

素の影響は表 5 に示すごとく運動要素では 5° 当りの変化量が 3° になる矢状切歯路傾斜度で、位置要素では 5 mm 当りの変化量が 2° 前後になる咬頭頂左右位で各要素中の最大になった。

3) いわゆる咬頭展開角

軸学説において Gysi のいう咬頭傾斜とは 180° から平衡側および作業側の前頭面投影極限側方咬合運動路角を引算することによって得られるものでいわゆる咬頭展開角に相当し、Gysi はこの角度と 4 要素との関係を論じた。このいわゆる咬頭展開角に関する著者の結果は矢状顆路傾斜度が増加する程、平衡側側方顆路角が減少する

図 41 前方咬合小面方位角への咬頭頂左右位の影響

図 43 前方咬合小面方位角への切歯点前後位の影響

図 42 前方咬合小面方位角への咬頭頂上下位の影響

図 44 前方咬合小面方位角への顆頭点間距離の影響

程，矢状切歯路傾斜度が增加する程あるいは側方切歯路角が減少する程いわゆる咬頭展開角が小さくなることを示し(図 56～59)，Gysi の結論と定性的にはほぼ一致した。

いわゆる咬頭展開角に対する運動要素の影響は表 5 に示すごとく 5° 当りの変化量が 5° 前後に達する矢状切歯路傾斜度，側方切歯路角で最大となつた。また，平衡側側方顆路角は僅かに 1° の変化量を示したに過ぎず，その影響は下顎運動の 4 要素中最小であつた。

IV. 総括および考按

最近の研究¹⁾は歯牙咬合面形態が咀嚼運動と密接なる

関係にあることを天然歯について示したが，同様なことは義歯についても十分に推測される。さらに，義歯の安定，口腔粘膜，骨組織あるいは下顎関節などからみても歯牙咬合面形態が下顎運動と協調せねばならぬことは明白である。

前世紀以来下顎運動に関する業績は余多数えられるが咬合面形態にまで言及したものは極めて少なく，Hall¹⁴⁾，矢崎⁶⁾，Gysi^{11), 13)}，Fischer¹⁰⁾，Christensen^{7), 8), 9)}，Weinberg^{16), 17)}らが挙げられるに過ぎぬ。しかし，Hall¹⁴⁾はその円錐説に至る過程が全く曖昧で咬合面形態にまで論を進めるには困難を感じさせ，矢崎⁶⁾は咬合面形態を分析

図 45 前方咬合小面方位角への顆頭点上下位の影響

図 47 前頭面投影極限側方咬合運動路角への平衡側側方顆路角の影響

図 46 前頭面投影極限側方咬合運動路角への矢状顆路傾斜度の影響

図 48 前頭面投影極限側方咬合運動路角への矢状切歯路傾斜度の影響

して独特な下顎運動の様式を案出したが、前方咬合に関する記載が不備なため無歯顎者についてその運動様式から咬合面形態を求めることは不可能である。また、Fischer¹⁰⁾は Gysi の軸学説を補う意味で二重軸学説を発表したが、その運動に関する 2 軸相互間の解析が不十分であり、加えて前方咬合殊に矢状顆路傾斜度との関係において不明な点が多々みられるので咬合面形態を明確に規定し得ない。ために、Fischer の咬合小面学説も Gysi の咬合小面学説における抽象論の繰り返しに過ぎぬもの

となった。最近 Christensen⁷⁾⁸⁾⁹⁾はクリステンゼン現象に、Weinberg¹⁶⁾¹⁷⁾は顆路、切歯路に基づき咬合面形態を論じたが、前者は矢状面投影形態にのみ止まり、後者は前頭面投影形態にまでおよんだが、いずれも咬合面形態の立体的構成にまではいたっていない。

この間にあつて Gysi¹¹⁾¹³⁾は矢状および側方の顆路、切歯路を下顎運動の 4 要素とする独自の軸学説を発表し、さらに明解な幾何作図法から理路整然と咬合面形態を導き出した。この理論の一貫性、簡易性そして臨床上全部

図 49 前頭面投影極限側方咬合運動路角への側方切歯路角の影響

図 50 前頭面投影極限側方咬合運動路角への咬頭頂前後位の影響

床義歯について多くの場合に満足な結果が得られるという事実から、Gysi 軸学説は実験的裏付けが少ないにも拘わらず、広く全世界を風靡し 30 年を経た今日なお補綴学における支配的地位を維持し続けている。しかしながら、軸学説にさらに詳細な検討を加えてみると、軸を求めるまでの緻密さに引替え咬合面形態を求める段階では多々不十分な点が指摘できる。すなわち、軸学説においては主に平行側方咬合軸について顎路、切歯路の矢状および側方要素の増減によるいわゆる咬頭展開角、矢状

図 51 前頭面投影極限側方咬合運動路角への咬頭頂左右位の影響

図 52 前頭面投影極限側方咬合運動路角への咬頭頂上下位の影響

面投影前方咬合運動路角および咬合平面投影極限側方咬合運動路角への影響を定性的に記載したが、これは後に述べるごとく咬合小面の立体的解析に対してはほとんど寄与するところがない。また、咬合小面学説においても抽象論に終始し咬合小面の立体的構成、あるいはその定量的推移に関する検討は全く行なわなかった。これは一つに幾何作図法を用いたため、そしてその結果側方咬合軸が輻合あるいは分出した時に作図法がはなはだしく複雑になるため、さらには咬合小面形態に関する適切な立体

図 53 前頭面投影極限側方咬合運動路角への切歯点前後位の影響

図 54 前頭面投影極限側方咬合運動路角への顆頭点間距離の影響

的表示法を見出し得なかつたためであろう。

この不備を補うために後年 Gysi¹³⁾は Gysi Trubyte 咬合器に釘 (Gabel) をつけ 5° 間隔の各種楔を併用して、左右大臼歯部および切歯部における咬合器の各種運動路角を測定し、これをもつて Gysi 軸学説に基づく咬頭傾斜角度とした。しかし、Trubyte 咬合器が Gysi 軸学説を再現しているという実験的証明のない現在、これは咬合器の 3 カ所における運動路角を極めて安直に測定したということに過ぎず、この測定結果をその儘軸学説に基づ

図 55 前頭面投影極限側方咬合運動路角への顆頭点上下位の影響

図 56 所謂咬頭展開角への矢状顆路傾斜度の影響

く咬合小面形態として受け入れることは絶対にできない。

1959 年石原・末次²⁾は Gysi 軸学説を詳細に検討し、軸学説を前提とする合理的かつ簡単な作図法を発見し、輻合および分出側方咬合軸の検討ならびにそれに基づく咬合面形態の検討をはじめて可能にした。著者はこの作図原理をさらに発展させ、幾何作図法を離れ純解析幾何学的に軸学説を展開することに成功したので、Gysi 軸学説に基づく理論的咬合小面形態を数式を用いて立体的に表示し、各運動要素、位置要素によるその定

図 57 所謂咬頭展開角への平衡側
側方顆路角の影響

図 58 所謂咬頭展開角への矢状切歯
路傾斜度の影響

量的変化を検討した。

1. 咬合小面の立体的表示法

Gysi 軸学説によつて導かれる咬合小面は左右極限側方咬合および後方咬合で規定される平面である。そしてこの平面は三次元の空間に位置するものであるから立体的表示法を用いねば何等の具体性も持たぬことになる。従来の咬合面形態に関する研究の共通の弱点は断面形態あるいは運動路の投影形態のみを追ひ立体的表示を行な

図 59 所謂咬頭展開角への側方切歯路角の影響

おうとしなかつたことにある。平面の空間における位置を決めるためには少くとも2つの角が必要とされるので著者は尾花⁵⁾ にならい傾斜角、方位角によつてこれを表わそうとした。すなわち、咬合小面を含む平面の矢状断が咬合平面となす角度を傾斜角、同平面と咬合平面との交線が正中線となす角度を方位角とし、この2角で咬合小面を立体的に表示した。

2. 咬合小面の算出法

Gysi 理論を前提とする石原・末次²⁾ の定理を用いた任意咬頭頂の左右極限側方咬合の運動方向、前方咬合の運動方向および後方咬合の運動方向を求める作図において各点に座標をそして下顎運動の4要素にそれぞれの角度を与え作図線の順を追つて、解析幾何の簡単な公式を応用し、前方咬合小面の傾斜角、方位角を求める方程式を得た。

これらの各方程式は変数として運動要素および位置要素を数多く含むので、1要素のみを変数とし他の要素についてはそれぞれの平均値をもつて定数とし、各要素が前方咬合小面形態におよぼす影響を順次定量的に検討した。すなわち、下顎運動の4要素に関しては中沢³⁾ の測定結果に基づき矢状顆路傾斜度 30°、平衡側側方顆路角 5°、側方切歯路角 130° を平均値とし、これに 15°、30°、40° の3種の矢状切歯路傾斜度を加えて輻合、平行および分出側方咬合軸を作り、この3組を標準下顎運動要素とし

MEDIANLINIE

$$C.S_{AG} > S.S_{AG}$$

$$C.S_{AG} = S.S_{AG}$$

$$C.S_{AG} < S.S_{AG}$$

図 60 側方咬合軸と咬合小面形態との関係

P. B. : 前方平衡咬合小面 P.M. : 前方作業咬合小面 R. : 後方咬合小面 B. : 平衡咬合小面

た. 一方, 位置要素に関しては下顎顆頭点と歯牙咬頭頂との相対的位置関係を得るために頭周形描記装置¹³⁾を用いて有歯下顎骨 15 例を測定し, その結果下顎顆頭点, 切歯点間前後距離 84 mm, 左右下顎顆頭点間距離 100 mm, 下顎顆頭点, 切歯点間上下距離 36 mm を標準下顎骨とし, 右側下顎顆頭点, 咬頭頂間前後距離 46 mm, 左右距離 22 mm, 上下距離 36 mm を標準咬頭頂位とした. そしてこれら 3 組の標準下顎運動要素, 標準下顎骨, 標準咬頭頂位に対して矢状顆路傾斜度 $0^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 平衡側側方顆路角 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 矢状切歯路傾斜度 $0^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 側方切歯路角 $100^{\circ} \sim 155^{\circ}$ を 5° 間隔で, 次いで下顎顆頭点, 切歯点間前後距

離 75~95 mm, 左右下顎顆頭点間距離 90~125 mm, 下顎顆頭点, 切歯点間上下距離 25~50 mm を 5 mm 間隔でさらに右側下顎顆頭点, 咬頭頂間前後距離 30~80 mm, 左右距離 15~45 mm, 上下距離 31~41 mm を 5 mm 間隔で変化させ, それぞれの要素が前方咬合小面形態におよぼす影響を検討した. この際, 矢状切歯路傾斜度を変数とする時は標準下顎運動要素の矢状顆路傾斜度を 20° , 30° , 40° の 3 種とした. なお, 咬頭頂の上下位を変数とする時には特に 2 mm 間隔で検討を加えた.

中沢³⁾は矢状顆路傾斜度に関する測定結果で 33% の左右非対称例を報告しているが, このような場合につい

て Gysi¹¹⁾は非対称前方咬合軸を作図上で近似的に示した。しかし、文中においては非対称前方咬合は螺旋運動になると記述し、その正式な解析の困難さを示唆した。そこで、著者も今回は非対称な場合を避け、常に左右対称下顎骨が左右等しい顎路要素を持つものとして論を進めた。

3. 後方咬合

Gysi 軸学説に基づく咬合小面のうち後方咬合小面は作業側極限側方咬合と後方咬合とで、平衡咬合小面は平衡側極限側方咬合と後方咬合とで規定される。しかるに、Gysi¹¹⁾は中心咬合位から非常に僅かの後方咬合が存在することもあり得ると述べて後方咬合の運動中心を極めて不明確に図示したに止まり、その運動路角の測定は行なわなかった。したがって、後方咬合小面および平衡咬合小面の理論的形態を軸学説から導出することは不可能で、敢えてこれを行なおうとすれば、後方咬合に対して軸学説の範疇にはない何等かの条件付けを行なわねばならぬことになる。そこで、今回は機能的に最も重要視される前方咬合小面形態のみ論を止め後方咬合小面および平衡咬合小面形態に関する理論的検討は稿を改めて報告することにする。

なお、後方咬合に関しては未だにその結論が得られていないが、最近の進歩した測定装置を用いての下顎全運動と咀嚼運動との研究結果⁴⁾から、譬え後方咬合が存在したとしてもそれは極限後方開口運動に一致すると推察されるので、Gysi は下顎運動要素として後方咬合運動路角のかわりにむしろ極限開口運動路角を選択すべきではなかったかと思う。Gysi は極限運動は常に一定であり、しかも咀嚼運動は必ずこれに内包され、加えて極限運動を与えることにより何時如何なる下顎の運動に対しても咬頭障害なく対処できるとの理由から各種の極限運動を重要視した。それにも拘わらず、開閉運動に関してのみ極限運動をとらず習慣的開閉運動をとつたので、もし習慣的開閉運動より後方での開閉運動が行なわれるならば、咬頭障害が惹起される恐れが多分に考えられる。このことこそ Gysi 軸学説を通じての最大の欠点である。

4. 前方咬合小面

前方咬合小面は平衡側および作業側両極限側方咬合によつて規定される平面である。Gysi¹¹⁾は平衡側極限側方咬合から作業側極限側方咬合まで前方咬合を含むあらゆる中間咬合時において前方咬合小面は常に上下顎互に接触を保ちつつ滑走するものと説明し、各咬合小面中最も重要と考えたが、両極限側方咬合で規定される平面上に全ての中間咬合が乗るという論拠は明示しなかった。著

者は各種中間咬合の中から特に純前方咬合を選び、この運動路角と前方咬合小面傾斜角との比較検討を行ない、両者間の差は側方咬合軸のあり方と密接な関係にあるという結果を得た。すなわち、平行側方咬合軸では他の要素とは全く無関係に前方咬合小面上に前方咬合は常に乗るが、輻合側方咬合軸で前方咬合は前方咬合小面の下方に、分出側方咬合軸では上方に来る。そして矢状顎路傾斜度と矢状切歯路傾斜度との角度差が大きくなる程この傾向は強調される。したがって、平行側方咬合軸を構成するような下顎運動要素を持つ顎に限り、Gysi の記載にあるごとく咬頭は確かに前方咬合小面を中心に後方咬合小面、平衡咬合小面を加えた三面ピラミッドを呈するが、他の場合には著者が仮に名付けた前方平衡咬合小面と前方作業咬合小面との二面に前方咬合小面はわかれ、咬頭は全体として四面ピラミッドを呈することになる。

勿論、上述のことは純前方咬合の運動路角だけを前方咬合小面の傾斜角と比較した時に導かれる結果であるが、純前方咬合以外の任意の中間咬合を抽出して比較検討を行なっても同様な結果が得られるであろう。したがって、正確には平行側方咬合軸以外の側方咬合軸を持つ顎において前方咬合小面は平面ではなく曲面となるのであろう。しかし、前方咬合の運動路角と前方咬合小面の傾斜角との差はある 1 要素を極限值にまで変化させても多くは $0^{\circ}30'$ 前後に止まり、検討した範囲内では下顎運動要素が矢状顎路傾斜度 30° 、平衡側側方顎路角 35° 、矢状切歯路傾斜度 15° 、側方切歯路角 130° の時にその差は最大となつたが、高々 $1^{\circ}24'$ に過ぎなかった。そして純前方咬合以外の中間咬合の運動路角と前方咬合小面のその方向における傾斜角とを比較する時、その中間咬合が前方咬合より側方にあればある程両者間の差は明らかに小さくなるので、前方咬合小面を取って曲面として考える必要はなく、Gysi が述べた基本咬合、すなわち左右極限側方咬合、前方咬合で規定される平面として扱つても大過なきものと思う。

一方、方位角も側方咬合軸のあり方と密接な関係にあつて、左右両極限側方咬合で規定される前方咬合小面の方位角は平行側方咬合軸で他の要素とは全く無関係に 90° 、輻合側方咬合軸では 90° 以上、分出側方咬合軸では 90° 以下となる。このことは前方平衡咬合小面、前方作業咬合小面の方位角についても全く同様である。

以上のことから前方咬合小面について次のことがいえる。すなわち、輻合側方咬合軸の場合に前方咬合小面は正中線方向を向き、中の窪んだ形で前方平衡咬合小面と前方作業咬合小面とにわかれる。次に、平行側方咬合軸

の場合に前方咬合小面は二面にわかれることなく、単一の平面として真前を向く。さらに、分出側方咬合軸の場合に前方咬合小面は外方を向き、中の突出した形で前方平衡咬合小面と前方作業咬合小面とにわかれる(図60)。

かくのごとく前方咬合小面に著明な変化をもたらす側方咬合軸のあり方というものは軸学説からわかるように専ら矢状顎路傾斜度と矢状切歯路傾斜度との相互関係だけによつて決つて来る⁹⁾。矢状顎路傾斜度は本来個人個人により一定なもので変えることはできぬが、矢状切歯路傾斜度は無歯顎者に対し全く任意に術者が与え得るものである。したがつて、術者は臨床上全部床義歯の製作に當つては前方咬合小面を如何ような形態にでも作ることができ、それによつて下顎関節の状態を変えることなく義歯の安定を計ることも可能である。また、将来咬頭傾斜と咀嚼能率との関係に解答が得られるならば、術者の意の儘に全部床義歯の咀嚼能率の向上を計ることもできよう。そしてこの唯一の任意に与え得る矢状切歯路傾斜度が最も重要視される前方咬合小面の形態に決定的な影響力を持つという事実こそ Gysi 軸学説の最大の特色でもあり、利点でもあり、軸学説が広く全世界に普及した遠因でもあろう。

前方咬合小面に関して、なお注目すべきは側方切歯路角がその立体的形態に対してほとんど無影響なことである。すなわち、側方切歯路角は前方咬合小面の傾斜角、方位角そして前方咬合小面を二面と考えた場合の前方平衡咬合小面、前方作業咬合小面の傾斜角にも全く無影響であり、しかも前方平衡咬合小面および前方作業咬合小面の方位角に対して僅かに示した影響においてすら平衡側側方顎路角のそれに劣つていた。しかしながら、側方切歯路角(Gothic Arch)は前方咬合小面形態を離れても中心位決定という重大な役割を果すので、前方咬合小面形態に関することのみからこれを毎常記録することは不必要であると断言するのは極めて早計である。

5. いわゆる咬頭展開角

Gysiは軸学説¹¹⁾において前頭面投影極限側方咬合運動路角の平衡側と作業側とで内包される角度、いわゆる咬頭展開角をもつて咬頭の緩急を論じ、これにおよぼす下顎運動の4要素の影響を定性的に検討し、ほぼ著者と同様な結果を得た。また、Gysi¹¹⁾は後年いわゆる咬頭展開角について次のごとき見解を發表し、人工歯のこの角度を130°で最適として咬合器に二面にわかれた切歯指導板を付けるように提唱した。すなわち、先ず簡単な実験装置を用いて斜面が20°の時垂直力に対して最も安定で推進現象の起らぬことを知り、各運動路角が咬合平面と

20°になるように咬合小面を作ろうとした¹²⁾¹³⁾。次いで、極限側方咬合の運動方向を咬合面投影でみると一般に平衡側は可成り前方への運動を伴なっているが、作業側ではほぼ真横に近くなっているため、両極限側方咬合が咬合平面と20°の角度を保つて運動するためには前頭面投影運動路角で平衡側は咬合平面と30°前後、作業側は20°前後の角度を持つことが必要となる。したがつて、いわゆる咬頭展開角は130°前後になり、この130°を人工歯にとつて最適なものとして結論した。勿論、前方咬合の運動路角についても同様に20°にする必要があるため、在来の一面の切歯指導板では側方咬合と前方咬合の両運動路角を同時に満足させることは不可能として、両側方へ10°傾斜した二面の切歯指導板の使用を推奨した。

これらのことと著者の標準下顎運動要素、標準下顎骨、標準咬頭頂位についての矢状切歯路傾斜度の影響結果との比較を試みた。先ず、図58においていわゆる咬頭展開角が130°を持つために必要な矢状切歯路傾斜度を求めると37°という結果が得られる。また、20°の前方咬合運動路角を持つためには図18で14°の矢状切歯路傾斜度が必要とされる。しかし、この37°、14°の矢状切歯路傾斜度を同時に一面の切歯指導板で得ることは絶対に不可能である。そこで Gysi にない二面の切歯指導板を考え、37°、14°の矢状切歯路傾斜度を同時に満足させる二面の切歯指導板の側方への傾斜度を簡単な数式から算出すると11°30'となる。ここで Gysi の示した結果は与えた側方切歯路角およびいわゆる咬頭展開角を測定した位置が不明であり、一方著者の結果は切歯指導針先端のかわりに切歯点に切歯路要素を与えたので、直接両者を比較して云々できないが、定性的には Gysi と著者の結果が一致したといえるであろう。

かくのごとく Gysi が両度にわたり極めて詳細に検討を加えたいわゆる咬頭展開角とは果して何を意味するものであろうか。いわゆる咬頭展開角は前頭面に投影した平衡側、作業側両極限側方咬合の運動路角によつて内包される角度である。2つの運動方向は空間において両者を同時に含む平面を規定し得るが、その運動方向がある一基準面にのみ投影されれば、それはその基準面に投影された運動方向を示すだけのものとなり、もとの平面の各基準面に対する傾斜を知る術は全く失なわれ、最早やその平面の立体的形態を空間において決定することは不可能となる。しかしながら、勿論ある基準面における投影運動方向に加えて他の基準面における投影運動方向をも併せ知れば、2つの運動方向を同時に含む平面の立体的

形態を知ることができる。また、逆に一度空間における平面の立体的形態が決定されれば、その平面上で運動がいかなる方向を取ろうとも、それは平面の空間におけるあり方とは全く無関係である。

Gysi はいわゆる咬頭展開角については極めて詳細に検討を加えたにも拘わらず、矢状面および咬合平面投影運動路角については簡単な説明を行なつたに過ぎぬ。そして Gysi は前頭面、咬合平面あるいは矢状面に投影した各極限側方咬合運動路角間の重要な対応関係、すなわち立体的構成には全く触れるところがなかった。

そこで、Gysi がいわゆる咬頭展開角のみから直接に咬頭の緩急を云々した論法について具体的に考察を加えてみると、以下のことが結論される。すなわち、Gysi は咬合平面あるいは矢状面投影両側極限側方咬合の運動路角を無視していわゆる咬頭展開角のみを単独で表示したので、両側極限側方咬合の運動路角はいわゆる咬頭展開角が一定でも咬合平面あるいは正中線に対して種々なる傾きを持ち得ることとなり、その結果両側極限側方咬合で規定される前方咬合小面の立体的形態は決定されぬことになる。さらに、このことは極限側方咬合と後方咬合とで規定される後方咬合小面および平衡咬合小面についても同様で、この際は前述のいわゆる咬頭展開角と極限側方咬合運動路角との関係に加え、後方咬合の運動路角もいわゆる咬頭展開角とは全く無関係に任意の方向を取り得るので、いわゆる咬頭展開角をもつて後方咬合小面、平衡咬合小面の立体的形態を論ずることも不可能となる。また、逆に2つの咬合小面が同じ立体的形態を持つていてもこれらが別々のいわゆる咬頭展開角を示す場合もあることは、平行側方咬合軸の際に全ての前方咬合小面が同一の立体的形態を持つにも拘わらず、いわゆる咬頭展開角が咬頭頂の位置によって変化するという事実からも明らかである。したがって、独りいわゆる咬頭展開角のみでは全咬合小面の立体的形態、すなわち咬頭の立体的形態に対して何の価値も持たぬことになる。このような意味から、Gysi はひたすらに両側極限側方咬合の前頭面投影運動路角のみを詳細に検討し、咬合小面の立体的形態に関しては全く何等の検討も行なわなかつたということになる。そして恐らくその結果があの抽象論に終始した Gysi 咬合小面学説を導いたのであろう。

6. 下顎運動の4要素

下顎運動の4要素が前方咬合小面形態におよぼす影響は全く無関係のものから著明な関係を有するものまで各要素によって区々である。このことを具体的に知るために先に各要素の5°当りの前方咬合小面形態の変化量を

求めたが、この数値の大きい要素程前方咬合小面形態にとって重要な要素といひ得る。

1) 矢状顎路傾斜度

矢状顎路傾斜度は矢状切歯路傾斜度に次いで重要な要素であつて、その5°の変化は前方咬合小面の傾斜角に約2°、方位角に4°前後という大きな影響を示した(表5)。したがって、矢状顎路傾斜度は本来患者に個有なものであるから、臨床上全部床義歯の作製に際してはこれを正確に測定し、厳密に咬合器に移さねばならぬことになる。この意味で矢状顎路傾斜度に平均値を与えた Gysi New Simplex 咬合器あるいは Gysi Improved New Simplex 咬合器等を常時使用することは Gysi 理論を正当に実現する上には謹むべきである。

2) 平衡側側方顎路角

平衡側側方顎路角は重要性において4要素中第3位を占めるが、その5°の変化は前方咬合小面の傾斜角、方位角に対して僅かに0°20'以下の影響を示したに過ぎなかつた(表5)。したがって、Gysi が記述したごとく咬合器において平衡側側方顎路角を常に平均値に固定しても大過なきものと思う。

3) 矢状切歯路傾斜度

矢状切歯路傾斜度は運動の4要素中最も重要であつて、その5°の変化は前方咬合小面の傾斜角に約3°、方位角に5°前後という極端に大きな影響を示した(表5)。かくのごとく矢状切歯路傾斜度が各咬合小面中で最も重要な前方咬合小面に対し決定的な支配力を持つということは、矢状切歯路傾斜度が4要素中で術者が任意に与え得る唯一のものだけに極めて好都合である。しかし、逆に矢状切歯路傾斜度を不注意に与えるならば、当然のこととして前方咬合小面形態に致命的な悪影響をおよぼすことになる。したがって、好ましき前方咬合小面形態を得ようとするならば、細心の注意を払つて矢状切歯路傾斜度を与えることが絶対に必要となる。さらにいえば、臨床上全部床義歯を作製するに当つての矢状切歯路傾斜度を平均値に固定した咬合器の使用は自から最大の権利を放棄したことになり、延いては Gysi 軸学説を死物化することにもなりかねない。

4) 側方切歯路角

側方切歯路角は重要性において平衡側側方顎路角よりも劣り、前方咬合小面の傾斜角、方位角のいずれとも全く無関係であつた(表5)。しかしながら、側方切歯路角は中心位決定という前方咬合小面形態を離れた全く別の意義を持つので、譬へ平衡側側方顎路角をその平均値に固定し得たとしても側方切歯路角は毎常個人、個人につ

いて正確に記録され、厳密に咬合器に移されねばならぬ重要な要素である。

7. 下顎骨の大きさおよび歯牙咬頭頂位

下顎骨の大きさおよび歯牙咬頭頂位の前後、左右、上下要素が前方咬合小面形態におよぼす影響は全く無関係なものから著明な関係を有するものまで各要素によつて区々である。このことを具体的に知るために先に各要素の5mm当りの前方咬合小面形態の変化量を求めたが、この数値の大きい要素程前方咬合小面形態にとって重要な要素といひ得る。

1) 下顎骨の大きさ

下顎骨の大きさは顎路、切歯路要素を得る下顎顎頭点、切歯点間の相互距離を意味するものであるから、実際臨床操作においては咬合器の顎頭点(関節部)と切歯指導部との相互間距離に相当する。

下顎骨の大きさが前方咬合小面形態におよぼす影響は比較的僅かで、下顎の大きさに関する要素の中で最も重要と考えられる下顎顎頭点、切歯点間前後距離でさえ、その5mmの変化で前方咬合小面の傾斜角、方位角に $0^{\circ}30'$ 内外の影響を示したに過ぎなかつた。そして両側下顎顎頭点間左右距離は5mmの変化で前方咬合小面の方位角には 1° の影響を示したが、傾斜角にはほとんど無影響であり、さらに下顎顎頭点、咬合平面間上下距離では傾斜角、方位角の双方に対して僅かに $0^{\circ}10'$ 前後の影響を示したに止まつた(表5)。したがつて、ある種の咬合器にみられるごとく左右顎頭点(関節部)間距離を可変にしたりして咬合器各部の位置関係を敢えて調節性にする必要はなく、咬合器の左右顎頭点間距離は平均距離に、咬合平面は平均位にそして切歯指導釘および指導板は一定の位置に固定しても大過なきものと思う。しかしながら、実際臨床に際しては著者の計算の場合と異なり切歯路要素を咬合器の切歯指導部に与えることになるので、切歯指導部と咬合器顎頭点との位置関係のみならず、切歯指導部と各人工歯咬頭頂との位置関係についても充分なる考慮を払つて切歯路要素を決定せねばならぬことは勿論である。

2) 歯牙咬頭頂位

全部床義歯における人工歯の位置は齒槽頂線、齒槽頂間線等を基準として決まつて来るので、この歯牙咬頭頂位というものは実際臨床操作では咬合器における上下顎模型の位置を意味することになる。

歯牙咬頭頂の下顎顎頭点からの前後位置はその5mmの変化で前方咬合小面の傾斜角、方位角の双方に対して $0^{\circ}30'$ 内外の影響を、上下位置は傾斜角に $0^{\circ}20'$ 以下、

方位角には全く無影響であつたので(表5)、実際臨床に當つては模型を前後的に平均位に置いて大過なく、また何等かの理由で強い調節彎曲をつけたとしても、そのために特に前方咬合小面形態が影響されるということを考慮する必要はなからう。しかしながら、歯牙咬頭頂の左右位はその5mmの変化で前方咬合小面の方位角に対して $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ という可成り大きな影響を示した(表5)。このことは臨床上患者の模型を咬合器に装着する際にその操作を極めて正確に行なうことを要求し、さらにこの時顔弓を必ず使用する必要性を示している。換言すれば、上下顎模型を左右的にも平均位に装着するような咬合器の使用は可成りの危険性を孕んでいることになる。

以上 Gysi 軸学説に基づき人工歯の前方咬合小面形態から咬合器にまで多々論を重ねて来たが、これらは勿論咀嚼運動の第4相において側方滑走運動が存在し、瞬間運動方向をもつて下顎運動径路が代表できそして側方咬合軸が存在するという Gysi の3つの前提¹⁾を認めた上でのことであつて、Gysi 軸学説を是認してのことではない。Gysi 軸学説の是非については今後の下顎運動に関する実験結果を待つて態度を表明したい。

V. 結 論

石原・末次の作図法に準拠し解析幾何学を用いて、Gysi 軸学説に基づく人工歯の前方咬合小面形態を立体的、定量的に解明し以下のごとき知見を得た。

1. 任意の下顎運動の4要素を持つ顎において任意の位置を占める咬頭の Gysi 軸学説に基づく前方咬合小面形態を立体的に算出することが可能となつた。

2. 人工歯咬合面形態は側方咬合軸のあり方と密接な関係を持ち平行側方咬合軸で咬頭は前方咬合小面、後方咬合小面そして平衡咬合小面とから成る三面ピラミッドを呈するが、輻合あるいは分出側方咬合軸では前方咬合小面は二面にわかれ咬頭は全体として四面ピラミッドを呈する。

3. 前方咬合小面は側方咬合軸のあり方と緊密な関係にあつて平行側方咬合軸では単一の平面として真前を向くが、輻合側方咬合軸で前方咬合小面は正中線の方を向き、中の窪んだ形で前方平衡咬合小面と前方作業咬合小面とにわかれて二面となる。そして分出側方咬合軸で前方咬合小面は外側を向き、中の突出した形で前方平衡咬合小面と前方作業咬合小面とにわかれて二面となる。

4. 下顎運動の4要素中、前方咬合小面形態に最も大きな影響をおよぼすものは矢状切歯路傾斜度で、以下矢状顎路傾斜度、平衡側方顎路角、側方切歯路角と続き、

このことが臨床に際し毎常各個人ごとに矢状顎路傾斜度の正確な記録,調節性咬合器の使用,さらには細心,充分なる考慮を矢状切歯路傾斜度決定に払うよう要求した。

5. 側方切歯路角は前方咬合小面形態とは全く無関係であつたが,中心位決定という意義を持つので,毎常個人ごとに正確に記録する必要がある。

6. 下顎運動の4要素を与える各点間の位置関係が前方咬合小面形態におよぼす影響は比較的僅かで,このことは咬合器の顎頭部,切歯指導部間の相互距離を敢えて可変にするという必要性を示さなかつた。

7. 咬頭頂の位置関係中,前方咬合小面形態に最も大きな影響をおよぼすものは咬頭頂の左右位でこのことが咬合器への模型装着に際し必ず顔弓を使用するよう強調した。

稿を終るに臨み,石原教授の御指導と御校閲に深甚なる感謝の意を表します。また,末次先生をはじめ幾多の御助言を賜つた補綴学教室員各位に対し深謝致します。

(本研究要旨は昭和36年5月,第42回日本補綴歯科学会において発表した。)

文 献

- 1) 藍稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌 6: (2号), 昭 37, (1962).
- 2) 石原寿郎, 末次恒夫他: Gysi 軸学説並びに作図法に対する 2, 3 の追加事項, 補綴誌, 3: 214, 昭 34, (1959).
- 3) 中沢勇: 下顎運動の補綴学的研究, 無歯顎の運動, 口病誌, 14: 160, 昭 15, (1940).
- 4) 根本一男: 有歯顎の下顎切歯点における3次元運動限界の研究, 補綴誌, 6: 1, 昭 37, (1962).
- 5) 尾花甚一: 歯牙咬合小面の傾斜角度について, 口病誌, 24: 40, 昭 32, (1957).
- 6) 矢崎正方: 下顎運動の解剖学的研究特に義歯の咀嚼能率に及ぼす関係に就て, 歯科学報, 34: 103, 591, 707, 791, 昭 4, (1929).
- 7) Christensen, F. T.: Cusp angulation for complete denture, J. Pros. Den. 8: 910, 1958.
- 8) Christensen, F. T.: The effect of Bonwill's triangle on complete dentures, J. Pros. Den. 9: 791, 1959.
- 9) Christensen, F. T.: Balkwill's angle for complete denture, J. Pros. Den. 10: 95, 1960.
- 10) Fischer, R.: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, IV, München-Berlin. 1956, Urban und Schwarzenberg, p. 95-176.
- 11) Gysi, A.: Handbuch der Zahnheilkunde, IV, Berlin, 1929, Urban und Schwarzenberg, p. 1-171.
- 12) Gysi, A.: Die Entwicklung der Kauflächen der künstlichen Mählahne und die physikalischen Gesetze, die deren Funktion beherrschen, Schweiz. Mschr. f. Zahnheilk. 47: 221, 1937.
- 13) Gysi, A.: Modifikation des Artikulators, Bern und Stuttgart, 1958, Hans Huber, p. 1-96.
- 14) Hall, R. E.: Movements of the mandible and approximate mechanical imitation of these movements for the arrangement and grinding of artificial teeth for the efficient restoration of lost masticatory function in edentulous cases, J. N. D. A. 7: 677, 1920.
- 15) Hayashi, T.: A mathematical analysis of the curve of dental arch, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 3: 175, 1956.
- 16) Weinberg, L. A.: The occlusal plane and cuspal inclination in relation to incisal-condylar guidance for protrusive excursion, J. Pros. Den. 9: 607, 1959.
- 17) Weinberg, L. A.: Incisal and condylar guidance in relation to cuspal inclination in lateral excursion, J. Pros. Den. 9: 851, 1959.