顎頭点の設定位置と咬合器の再現性に関する研究

第2報 理論的検討

臼井 良明* 伊藤 浩* 伊藤 孝*
 鶴見 祐三** 斎藤 文明** 奥野 和志**
 高宮紳一郎** 腰原 好**

Posterior Reference Point and Reproduction of Articulator

Part 2. Theoretical Analysis

Yoshiaki Usui* Hiroshi Ito* Takashi Ito*
 Yuzo Tsurumi** Fumiaki Saito** Kazushi Okuno**
 Shinichiro Takamiya** Yoshimi Koshihara**

I. 緒 言

現在臨床で使用されている咬合器の大部分は、下顎顎頭に軸を仮定して構成された、顎路型咬合器に分類されるものである。顎路型咬合器を臨床に応用する上で最初に問題となるのは、歯列模型をどのように咬合器に装着するかということ、換言すれば、咬合器の軸と模型との位置関係をどのようにするかということである。現在、模型装着の後方基準点としては、Terminal Hinge Axis, 平均的顎頭点, 全運動軸が混迷の中に使用されている。

そこで著者らは、さきに第一報において、Terminal Hinge Axis, 平均的顎頭点, 全運動軸の3点の位置的關係を報告したが、さらに顎頭点の設定位置の差が咬合器の運動再現性に与える影響を理論値として検討したので報告する。

II. 研究方法

顎頭点の設定位置の差が咬合器の運動再現性に与える

影響を、理論的、定量的に検討するため、解析幾何学を応用した数学的手段を用いた。

臨床で使用されている咬合器の大部分をしめる顎路型咬合器は、構造的に Arcon 型と、Condylar 型とに分類される。Arcon 型とは、Whip-Mix, Démar など、生体における顎関節と同様に、上顎に顎頭部指導があるものをいい、Condylar 型とは、Hanau H₂-O, Dentatus ARL など、下顎に顎頭部指導があるものをいう。両型の優劣については、臼井、伊藤¹⁾により、Arcon 型の優位性が定量的に確認されているので、今回の検討にあたっては、Arcon 型咬合器をその対象とした。

咬合器は、使用時上顎部を動かすが、今回は生体と比較しやすいよう、生体と同じく下顎部が動くものとして検討した。また切歯指導の様式は、生体と同様上顎切歯の指導によるものとした。なお、顎路および切歯路は、直線経路とし、左右顎路角は同一とした。

算出法は、Starting position にある咬合器の顎頭軸を含む上顎基準面をX軸とし、前方を+、後方を-とした。ついで顎頭点を通り、X軸に直角にY軸を設定し、上方を+、下方を-とした。Starting position にある咬合器の顎頭点 P_0 に $(0, 0)$ 、切歯点 I_0 に (m, n) 、任意に設定された顎頭点 P'_0 に (p, q) の座標を与え、咬合器に与える矢状顎路角、上顎切歯に与える矢状切歯路角は、X軸に対してそれぞれ、 θ, β とした。切歯点が Starting position から切歯路方向に距離 k 移動した

* 東京都

** 東京歯科大学補綴学教室第II講座

* Tokyo

** Department of Prosthodontics, Tokyo Dental College
 昭和50年9月3日受付

図 1 各点の座標

前方位での切歯点 I_k の座標を (X_1, Y_1) 、顎頭点 P_k の座標を (X_2, Y_2) 、任意に設定された顎頭点 P'_k の座標を (X_3, Y_3) とした。また任意の顎頭点 P'_o で Transfer された咬合器の同一前方位に調節された時の顎路角を θ' とした。図 1 は、各点の座標を作図したものである。

算出にあたっては、まず顎頭点を切歯路と同じ方向に距離 k 移動させ、その後、切歯点 I_k を中心として回転させ、顎路上に乗るまで移動させるという手順を用いた。

各点は、それぞれ以下の方程式より求めることができた。

$$X_1 = k \cdot \cos(2\pi - \beta) + m$$

$$Y_1 = k \cdot \sin(2\pi - \beta) + n$$

$$(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 = m^2 - n^2$$

$$X_2 \cdot \tan(2\pi - \theta) = Y_2$$

ただし X_2 は小の根

$$(X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2 = (m - p)^2 + (n - q)^2$$

$$(X_2 - X_3)^2 + (Y_2 - Y_3)^2 = p^2 + q^2$$

ただし $p \cdot \frac{n}{m} < q$ のとき X_3 は大の根

$p \cdot \frac{n}{m} > q$ のとき X_3 は小の根

$$(X_3 - p) \cdot \tan(2\pi - \theta') = Y_3 - q$$

さらに任意の顎頭点 P'_o で Transfer され矢状顎路角を θ' に調節された Arcon 型咬合器において、Starting position 時の下顎上の任意の点 E_o に (e, f) の座標を与え、上顎切歯に与える矢状切歯路角を α とした。切歯点が Starting position から切歯路方向に距離 a 移動した前方位での切歯点 I_a の座標を (X_4, Y_4) 、顎頭点 P'_a の座標を (X_5, Y_5) 、任意の点 E'_a の座標を (X_6, Y_6) とした。図 2 は、各点の座標を作図したものである。

各点は、それぞれ以下の方程式により求めることができた。

図 2 各点の座標

図 3 基準とした Axis-orbital plane

$$X_4 = a \cdot \cos(2\pi - \alpha) + m$$

$$Y_4 = a \cdot \sin(2\pi - \alpha) + n$$

$$(X_4 - X_5)^2 + (Y_4 - Y_5)^2 = (m - p)^2 + (n - q)^2$$

$$(X_5 - p) \cdot \tan(2\pi - \theta') = Y_5 - q$$

ただし X_5 は小の根

$$(X_4 - X_6)^2 + (Y_4 - Y_6)^2 = (m - e)^2 + (n - f)^2$$

$$(X_5 - X_6)^2 + (Y_5 - Y_6)^2 = (e - p)^2 + (f - q)^2$$

ただし

$$f > \frac{(e - p)(q - n)}{p - m} + q \text{ のとき } X_6 \text{ は大の根}$$

$$f > \frac{(e - p)(q - n)}{p - m} + q \text{ のとき } X_6 \text{ は小の根}$$

以上、導いた各方程式に、各要素を代入することにより、各点の座標ならびに角度を求めることができる。

方程式から実際の値を算出するには、顎頭点、切歯点、ならびに任意の点の 3 点の相対的位置関係が必要である。今回、任意の点としては、下顎第 2 大臼歯遠心顎側咬頭頂をとり、基準平面を図 3 の Axis-orbital plane とし、3 点の位置関係を X 線規格写真より計測した。

図4 X線規格写真の計測法

被験者は、20歳代の男子18名で、歯列は智歯を除いて、歯牙の欠如がなく、咬頭嵌合位が明確なものを対象とした。

顎頭点は、全運動軸とし、描記法により求めた咬頭嵌合位における全運動軸の位置に、直径1mmのスチールボールを貼付し、頭部X線規格写真を撮影した。

表1 頭部X線規格写真計測値
(単位mm)

Sub. No.	I		M	
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
1	68.0	54.7	29.3	41.6
2	72.3	53.4	29.7	42.2
3	63.0	51.7	27.2	40.5
4	59.1	54.2	22.8	39.8
5	74.2	59.2	34.6	42.7
6	85.5	53.9	47.7	48.1
7	76.8	52.2	33.1	41.0
8	74.3	55.2	36.1	45.9
9	76.6	58.3	35.8	45.6
10	71.6	55.8	33.6	46.1
11	60.1	56.7	24.2	38.9
12	71.9	59.9	31.6	44.9
13	71.4	53.5	32.6	42.1
14	62.5	56.5	25.9	39.5
15	70.9	53.3	34.7	43.3
16	67.2	56.1	31.4	44.6
17	76.9	52.2	31.7	43.1
18	84.1	59.6	38.9	39.4
Max.	85.5	59.9	47.7	49.4
Min.	59.1	51.7	22.8	38.9
M.	71.5	55.4	32.3	43.3
S.D.	7.36	2.60	5.75	2.97

図5 設定した各点の座標

図6 算出検討した後方基準点の設定位置

計測は、撮影フィルムをシャーカステン上でダイヤモンド #300 にトレースし、図4に示す方法で 1/20 mm 精度のノギスで計測した。計測値は、頭部X線規格写真の拡大率 10.3%²⁾ として補正した(表1)。

計測結果より、標準下顎骨上の3点の位置関係を、図5のごとく、顎頭点 P_0 を (0, 0) とし、切歯点 I_0 (m, n) は (70, -55)、下顎第2大臼歯遠心頬側咬頭頂 M_0 (e, f) は (30, -45) と定めた。

また任意の顎頭点 P'_0 (p, q) は図6のごとく、前後、上下、計16点について検討した。

切歯点の移動量 k は 4mm, a は 4, 8, 12 mm を代入した。また切歯路角 α , β , 顎路角 θ は、それぞれ 0° , 20° , 40° , 60° を代入した。

実際の演算にあたっては、コンピューター FACOM 230-45S を使用した。

表 2 後方基準点の設定位置と同一 Check-bite
で調節された咬合器の矢状顎路角
(顎路角: $\theta = 40^\circ$)

後方基準点 の 設 定 位 置	Check-bite 採得時の前方位 切歯点の移動量: $k = 4 \text{ mm}$ β : 切歯路角			
	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 20^\circ$	$\beta = 40^\circ$	$\beta = 60^\circ$
(20.0)	31°05'	36°16'	40°00'	43°28'
(15.0)	33°30'	37°15'	40°00'	42°38'
(10.0)	35°46'	38°11'	40°00'	41°46'
(5.0)	37°53'	39°05'	40°00'	40°54'
(0.0)	40°00'	40°00'	40°00'	40°00'
(- 5.0)	41°57'	40°52'	40°00'	39°05'
(-10.0)	43°45'	41°45'	40°00'	38°08'
(-15.0)	45°26'	42°32'	40°00'	37°10'
(-20.0)	47°02'	43°22'	40°00'	36°10'
(0, 20)	47°50'	43°12'	40°00'	37°10'
(0, 15)	45°40'	42°21'	40°00'	37°51'
(0, 10)	43°39'	41°33'	40°00'	38°32'
(0, 5)	41°46'	40°46'	40°00'	39°16'
(0, 0)	40°00'	40°00'	40°00'	40°00'
(0, -5)	38°21'	39°16'	40°00'	40°46'
(0, -10)	36°49'	38°33'	40°00'	41°33'
(0, -15)	35°23'	37°51'	40°00'	42°22'
(0, -20)	34°02'	37°11'	40°00'	43°13'

III. 結 果

前章において求めた方程式に運動要素, 移動距離, そして各点の相対的位置関係の各値を代入して, 以下の
とき結果を得た.

1. 同一の運動の記録(前方 Check-bite)で調節された咬合器の矢状顎路角

表 2 は, 後方基準点の設定位置が違った場合の, 同一前方 Check-bite で調節された咬合器の矢状顎路角を演算により求めた 1 例である. 異なる後方基準点で模型が Transfer された咬合器の顎路角は, 顎路角と切歯路角とが等しい場合以外では, 同一角度とはならなかつた. 矢状顎路角が 40° のとき, 検討した範囲では, 全運動軸より 20 mm 前方に後方基準点を設定した場合, 切歯路角 β が 0° , 切歯点の移動量 k が 4 mm の時, $-8^\circ 55'$ の差を理論上生じた,

2. 同一の運動の記録(前方 Check-bite)で調節された咬合器の M 点(下顎第 2 大臼歯遠心頰側咬頭頂)の運動経路

異なる後方基準点で模型が付着された咬合器では, 顎路角の調節時の顎位と, 顎路角調節後に咬合器に与えられた切歯路角と切歯点の移動量によって決まる顎位が等しい場合, いいかえれば, 調節のための記録を採つた時

表 3 後方基準点の設定位置と同一 Check-bite で調節された咬合器の M 点の座標
顎路角: $\theta = 40^\circ$ Check-bite 採得時の前方位
切歯点の移動量: $k = 4 \text{ mm}$
切歯路角: $\beta = 0^\circ$
補綴物作製時の前方位
切歯点の移動量: a
切歯路角: $\alpha = 40^\circ$
(単位 mm)

後方基準点 の設 定 位 置	a = 4 mm		a = 8 mm		a = 12 mm	
	X	Y	X	Y	X	Y
(20.0)	33.15	-47.22	36.31	-49.45	39.47	-51.67
(15.0)	33.12	-47.33	36.25	-49.67	39.38	-52.00
(10.0)	33.10	-47.43	36.20	-49.85	39.30	-52.28
(5.0)	33.08	-47.50	36.16	-50.00	39.25	-52.50
(0.0)	33.06	-47.57	36.13	-50.14	39.19	-52.71
(- 5.0)	33.05	-47.63	36.10	-50.26	39.15	-52.89
(-10.0)	33.04	-47.68	36.07	-50.36	39.11	-53.04
(-15.0)	33.03	-47.72	36.05	-50.45	39.08	-53.17
(-20.0)	33.02	-47.76	36.03	-50.53	39.05	-53.29
(0, 20)	33.01	-47.78	36.02	-50.57	39.04	-53.35
(0, 15)	33.02	-47.73	36.05	-50.46	39.08	-53.19
(0, 10)	33.04	-47.68	36.08	-50.36	39.11	-53.03
(0, 5)	33.05	-47.62	36.10	-50.25	39.15	-52.87
(0, 0)	33.06	-47.57	36.13	-50.14	39.19	-52.71
(0, -5)	33.08	-47.52	36.16	-50.04	39.24	-52.55
(0, -10)	33.09	-47.46	36.18	-49.93	39.27	-52.39
(0, -15)	33.10	-47.41	36.21	-49.82	39.32	-52.23
(0, -20)	33.12	-47.36	36.24	-49.72	39.36	-52.07

の切歯路角と咬合器に与えた切歯路角とが等しく, 切歯点の移動量が等しい場合にのみ同じ顎位をとつたが, それ以外では, 同じ顎位, 運動経路はとらなかつた.

表 3, 4, 図 7 は, 記録採取時の切歯路角 β を 0° , 切歯点の移動量 k を 4 mm, 後方基準点を $P_0(0, 0)$ とした時の顎路角を 40° とした時の例で, 咬合器に調節された切歯路角 α を 40° とし, 切歯点の移動距離 a を 4, 8, 12 mm と変化させた時の M 点の運動経路を示したものである. この例では, 後方基準点を 5 mm 変化させた時, 4 mm 前方位において $50 \sim 70 \mu$ の上下差を生じた, また後方基準点を 20 mm 変化させた時には, $190 \sim 350 \mu$ の上下差を生じた.

IV. 考 察

1. 研究方法について

後方基準点の設定位置の差が咬合器の再現性に与える影響に関する研究は, 1953 年 Schuyler³⁾により幾何学的方法により検討されている. 彼は咬合器の上で Vertical

表 4 後方基準点の設定位置と同一 Check-bite で調節された咬合器の M 点の座標の差異
 顎路角: $\theta = 40^\circ$ Check-bite 採得時の前方位
 切歯点の移動量: $k = 4 \text{ mm}$
 切歯路角: $\beta = 0^\circ$
 補綴物作製時の前方位
 切歯点の移動量: a
 切歯路角: $\alpha = 40^\circ$

(単位mm)

後方基準点の設定位置	a=4 mm		a=8 mm		a=12 mm	
	X	Y	X	Y	X	Y
(20.0)	0.09	0.35	0.18	0.69	0.28	1.04
(15.0)	0.06	0.24	0.12	0.47	0.19	0.71
(10.0)	0.04	0.14	0.07	0.29	0.11	0.43
(5.0)	0.02	0.07	0.03	0.14	0.06	0.21
(0.0)	0	0	0	0	0	0
(- 5.0)	-0.01	-0.06	-0.03	-0.12	-0.04	-0.18
(-10.0)	-0.02	-0.11	-0.06	-0.22	-0.08	-0.33
(-15.0)	-0.03	-0.15	-0.08	-0.31	-0.11	-0.46
(-20.0)	-0.04	-0.19	-0.10	-0.39	-0.14	-0.58
(0, 20)	-0.05	-0.21	-0.11	-0.43	-0.15	-0.64
(0, 15)	-0.04	-0.16	-0.08	-0.32	-0.11	-0.48
(0, 10)	-0.02	-0.11	-0.05	-0.22	-0.08	-0.32
(0, 5)	-0.01	-0.05	-0.03	-0.11	-0.04	-0.16
(0, 0)	0	0	0	0	0	0
(0, -5)	0.02	0.05	0.03	0.10	0.04	0.16
(0, -10)	0.03	0.11	0.05	0.21	0.08	0.32
(0, -15)	0.04	0.16	0.08	0.32	0.13	0.48
(0, -20)	0.06	0.21	0.11	0.42	0.17	0.64

図 7 後方基準点の設定位置と咬合器のM点の運動経路

dimension を変化させ、咬頭嵌合位を咬合器上で決定する際の差異を検討している。しかし著者らは、咬頭嵌合位は生体で決定されるべきであり、咬合器上で決定すべきでないと考えている。したがって、後方基準点の設

定位置の差が咬頭嵌合位的位置決定に与える影響は問題とならない。

咬頭嵌合位より前方位、あるいは側方位への運動経路への影響に関する研究は、これまでに見あたらない。今回、著者らは、解析幾何学を応用することにより、後方基準点の設定位置の差が咬合器の運動再現性に与える影響を、数学的、定量的に検討することができた。この研究方法は、臼井、伊藤¹⁾の方法を応用したものである。この方法においては、咬合器製作上のくずれや、あそび、模型の Transfer 時の誤差、運動の Transfer 時の誤差等が全く入らず、純粹に理論的に検討することができた。

2. 模型の付着位置と咬合器に調節される矢状顎路角について

咬合器の臨床的使用法を考えると、咬合器の各要素の決定にあたっては、生体で下顎運動を測定し、その値を咬合器に調節するのではなく、何らかの記録(Check-biteあるいは Pantograph)を介して咬合器の各要素を決定している。したがって同じ運動の記録で調節しても、模型の付着位置の差により各要素の値が異なることになる。

模型の付着位置は、後方基準点ならびに前方参照点により決定される。今回は、基準面を Axis-orbital plane とし、後方基準点を前後、上下に 5 mm 間隔で 20 mm まで移動して検討した。その結果、同一の運動の記録(前方 Check-bite)で、模型の付着位置の異なる咬合器の矢状顎路角を調節すると、その読みには、検討した範囲では最大 $8^\circ 55'$ という差異が存在した。したがって、咬合器の軸に一致する生体上の軸すなわち全運動軸¹⁾で模型が Transfer されているならば、運動の記録を採る際の guide に顎路角は左右されないが、全運動軸以外の点で模型が Transfer されていると、運動の記録を採る際の guide により顎路角が違ってくる。その差異は、模型を Transfer した後方基準点と全運動軸との距離に比例する。

3. 模型の付着位置と咬合器に再現されるM点の運動経路について

同一の運動の記録により調節された、模型の付着位置の異なる咬合器の矢状顎路角に差異がある以上、ただ単に、同一運動要素を与えた時の咬合器の運動経路を比較するだけでは無意味である。そこで、顎路角がそれぞれに調節された咬合器の運動経路を比較検討した。

咬合器への下顎運動の Transfer とは、通常、後方決定要素(顎路)の Transfer のみを指し、前方決定要素

(歯牙路)は咬合器上で術者が自由に与えてよいとされている。しかし、模型の付着位置が異なる咬合器では、前方決定要素(切歯路角)を変化させることにより咬合器の運動経路に差異を生じた。

単冠あるいは、小さな補綴物など、前方決定要素が残存歯牙により決定できるものは、その guide による運動の記録を採ることにより、模型の付着位置の差異は問題とならないが、Oral Rehabilitation あるいは、総義歯などの大きな補綴物を作製する場合には、運動の記録は、歯牙の guide なしに行わなければならないとなり、実際の臨床では、Central bearing point と plate など、のちに歯牙に与える guide とは別の guide を利用して記録を行うのが普通である⁵⁾。この場合には模型の付着位置が問題となり、再現された運動経路に差異が生じるわけである。この差異は、後方基準点が全運動軸より 5 mm 離れた位置に設定され、模型が Transfer された場合、4 mm 前方位において、上下的に 50~70 μ であった。

下顎運動を顎路型咬合器に Transfer する方法には、運動時の任意の顎位を Transfer する Check-bite 法と、運動経路全体を Transfer する Pantograph 法とがある。今回は顎路を直線と定めたため、Pantograph 法による Transfer の検討は行わなかったが、Pantograph 法による Transfer においても、Pantograph 記録時の guide と咬合器に与えた切歯路の guide に差がある以上、模型の付着位置による咬合器の運動経路の差は、Check-bite 法による Transfer と大差のない結果になるであろう。また曲線の顎路、切歯路を与えた場合についても同様の結果が得られるであろう。

V. 結 論

顎頭点の設定位置が咬合器の運動再現性に与える影響を解析幾何学を応用して、定量的に検討し、次のような結論を得た。

- 1) 異なる後方基準点で模型が Transfer された咬合器を、同一の運動の記録(前方 Check-bite)をもとに調節すると、矢状顎路角は異なる値をとる。
- 2) 運動の記録を採る際の切歯路角が顎路角より小さ

い場合には、顎頭点の設定位置が全運動軸より後方あるいは上方では咬合器の顎路角の読みが大きくなり、前方あるいは下方では小さくなる。

3) 全運動軸以外の点で模型が Transfer された咬合器の矢状顎路角の値は、運動の記録を採る際の guide により違ってくるので、ある患者の顎路傾斜が何度という表現ができるのは、全運動軸で模型を Transfer した時だけである。

4) 使用法まで考えると、異なる後方基準点で模型が Transfer された咬合器は、運動の記録を採取する際の guide と咬合器上で与える切歯路とが同一でないかぎり同じ運動経路はとらない。

5) 通常の方法で使用した場合には、後方基準点の設定位置の 5 mm の変化は咬合器に再現された大臼歯部の運動経路に、4 mm 前方位で上下的に 50~70 μ の差異を生じる。

6) 後方基準点の設定位置の変化による咬合面への影響を少なくするためには、記録を採る際の guide のしかたが問題となる。誘導板の形態、傾斜角度が大きな要素となる。

本研究の要旨は、第195回東京歯科大学学会例会(昭和 50 年 6 月 21 日)において発表した。

文 献

- 1) 白井良明, 伊藤 浩, 伊藤 孝: Arcon 型咬合器と Condylar 型咬合器の矢状面内における運動の解析, 歯科学報, 75: 923~933, 1975.
- 2) 川合容太郎: 頭部 X 線規格写真計測法の補綴学的応用に関する研究, 日補綴会誌, 3: 32~47, 1959.
- 3) Schuyler, C.H.: Factors of Occlusion Applicable to Restorative Dentistry, J. Pros. Den., 3: 772~782, 1953.
- 4) 河野正司: 下顎の矢状面内運動の研究, 第 II 報, マルチフラッシュ装置による矢状面内運動軸の解析, 日補綴会誌, 12: 350~380, 1968.
- 5) 長谷川成男, 野村孝太郎, 田中伐平: 続・Hanau の咬合器に聞く(上), 130-7 型咬合器の機構と再現性, 歯界展望, 45: 55~65, 1975.