アーム型運動分解器とコンデンサー法 による下顎運動の研究

第2報 側方滑走運動ならびに咀嚼運動の水平面 投影に関する考察

大 石 司 郎*

A Study of the Mandibular Movement by Means of the Arm-Type Motion Analyzer and the Condenser Method

Part II Discussion of the Lateral Excursion and Masticatory Movement in Horizontal Plane

Shiro Oishi

各種の下顎運動のうち咀嚼運動は補綴学的に特に重要視され、これに関する研究も数多く様々な立場からおこなわれている^{1)~3)}。これらの研究の最も大きな目標は咀嚼運動経路の形態と咀嚼機能との関係を明らかにすることにあつた。古く Gysi⁴⁾の咀嚼理論は補綴学の基礎として重要な役目を果して来たが、Hildebrand⁵⁾以来咀嚼運動の測定が精密に行われるようになって、次第に咀嚼運動経路に対する古典的観念が疑われ、Kurth⁶⁾、古川⁷⁾のごとく歯牙咬頭の滑走運動を否定するもの、また、Jankelson⁸⁾のごとく咀嚼時の歯牙の接触を否定するものなどがあらわれた。その結果咀嚼運動に対する機能的な意味づけができず、ただ漠然たる不規則かつ複雑な運動とするか、逆にきわめて単純な開閉運動に近いものとのみ解釈されるような事態となつた。

これは測定方法が進歩して複雑な運動経路を忠実に記録しうるようになったためで、たしかに一つの進歩ではあつたが、まだ測定精度がかならずしも充分でないこと、運動経路を不連続な点の軌跡として記録したため細かい彎曲点などに見落した点のある可能性のあること、

運動の観察が矢状面、前頭面の2面に対する投影として行なわれ水平面投影が行なわれていなかったことなどから見て、咀嚼運動の研究には今一段の進歩がのぞまれる状態にあつた。

著者はさきに以上の点を充足するものとしてアーム型運動分解器ならびにコンデンサー法による測定装置を考案し、これによつてあらたな局面から下顎の空口時運動ならびに咀嚼運動の観察を行ない、咀嚼運動の水平面投影経路には特異な相のあること、すなわち側方滑走運動の水平面投影いわゆる Gothic arch に類した形態をえがいて咀嚼が営まれる場合のあることを発見し報告した⁹⁾¹⁰⁾。

その後下顎の切歯点における運動範囲は根本¹¹⁾により、また咀嚼運動は藍¹²⁾によつて詳細に追及され、その結果咀嚼運動経路は個人、食品および咀嚼の経過に従がい種々異なつた形態をとるが、空口時の側方滑走運動経路と密接な関係をたもつという見解に達した。

しかしこれらの精密な研究によつて側方滑走運動経路の水平面形態そのものについても従来から単純に考えられていた平均120°のいわゆる Gothic arch によつて代表される典型的なものばかりでなく種々な異型があり、ひいては咀嚼運動形態にも著しい変異を生ずることがあきらかとなつた。この点について根本および藍はかなりたち入つた検討を加えているが、未だ明快な解釈に

* Dept. of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University (Director :
Prof. Toshiro Ishiware)
東京医科歯科大学補綴学教室
(指導 石原寿郎教授)

図1 側方滑走運動路の3種の形態

達していなかった点が2, 3残されているので, 著者はさらにこれを検討考察することにした。

I 側方滑走運動の水平面投影形態について

左右側方滑走運動の水平面投影角はいわゆる Gothic arch といわれ, 無歯顎においては平均 120° , 有歯顎においては, 中沢¹³⁾は平均値 154° , 加藤¹⁴⁾は 142° , 根本¹⁵⁾は 154.7° と報告し, いずれも無歯顎より大きい値となっている。従来この相違の意味について特に注意は払われなかったが, 根本は下顎の立体的運動限界を測定した結果, 両者の差が本質的なものでなく, 側方滑走運動の誘導面が水平面に対して平行であるか, 傾斜しているかの相違によるものであることを証明している。また藍¹⁶⁾は側方滑走運動の水平面投影角と前頭面投影角の相関関係を求め, これが逆比例的関係にあることから根本と同じ事実を確認した。

以上のごとく側方滑走運動路の水平面投影角が有歯顎において種々異なつた大きさを示す理由は解決されたが, 咀嚼運動と最も関係の深い中心咬合位附近の経路を

更に詳細に観察すると, 水平面投影における運動経路はなお一段と複雑な様相を示すことが判明した。

藍¹⁶⁾によると中心咬合位附近における有歯顎の下顎側方滑走運動経路は図1に示すように水平面投影において通常のV字型を示すもののほかW字型を示すものが少数例認められている。これより類推すれば当然両者の中間型であるU字型の場合も存在する可能性が考えられる。図2は通常のV字型運動の実例, 図3はW字型運動の実例を示す。

同じ運動を前頭面投影で観察すると図1中段および図2, 3の右下部に示すようにいずれも屋根型であつてほとんど同様な形態をしめし区別がつかない。この点からみると前頭面投影よりも水平面投影において実際の運動の特殊性が鋭くあらわれることが判る。

次に同じ運動を矢状面投影で観察すると, V字型では直線, W字型では著るしく彎曲した曲線としてあらわれる。しかし運動経路の特殊性を検出するには水平面投影に比べるとやや劣つてるように思われる。

水平面投影形態にこのような著しい異型のあらわれることは一見きわめて不可思議なことと思われるので, 著

図 2 側方滑走運動路水平面投影
形態がV字形を示すもの
(矢印は中心咬合位を示す)

図 3 側方滑走運動路水平面投影
形態がW字形を示すもの
(矢印は中心咬合位を示す)

表 1 後方限界線の傾斜角及び後方限界角

Case	矢状面における後方 限界線の中心咬合位 から10mm下方まで の平均傾斜角	中心咬合位より10mm 下方の水平面における 後方限界角
1	58.3	113.2
2	57.3	130.2
3	50.0	115.0
4	68.6	124.6
5	64.5	130.0
6	60.5	130.3
7	59.4	125.3
8	67.5	130.0
9	60.5	130.0
10	52.5	139.5
平 均	59.9	126.8

者は下顎運動の機能上に本質的な理由があるためか否かを次のように検討してみた。

まず根本¹¹⁾の下顎の立体的運動限界に関する報告から10例の開口度10mmにおける水平面後方限界角は表1に示すごとく113.2°~139.5°の間にあり平均約127°となつてゐる。また同じく開口度10mmにいたる後方限界の水平面に対する傾斜角は表1に示すごとく50.0°~68.6°、平均約60°となつてゐる。

今この平均値の運動限界を示す個人が側方滑走運動を行なつたとき、運動路の矢状面投影が水平面となす角度の変化が水平面投影、前頭面投影および実際の角度にどのような影響をおよぼすかを作図的に検討した。

作図法は図4に示すごとく、後方限界線の矢状面、水平面、前頭面への投影をそれぞれ、 AL 、 $A'L'$ 、 $A''L''$ とし中心咬合位における切歯点の位置をそれぞれ A 、

A' 、 A'' とする。

後方限界面を平面とみなし、その上に AL に平行な直線を適当な距離に引き、3平面への投影を MN 、 $M_1'N_1'$ 、 $M_2'N_2'$ 、 $M_1''N_1''$ 、 $M_2''N_2''$ とする。また A を通る水平面が MN と交わる点の投影をそれぞれ B, B_1', B_2' とする。 $\angle ALO$ が傾斜角、 $\angle B_1'A'B_2'$ が後方限界角となるからそれぞれ表1の値59.9°、126.8°とする。

矢状面における運動路を AP とし水平面となす角を α とする。 P の水平面および前頭面への投影を P_1', P_2' 、 P_1'', P_2'' とするとこれはそれぞれ P から水平面および前頭面へ下した垂線の足となる。

求める運動路の水平面および前頭面の投影角 β および γ はそれぞれ $\angle P_1'A'P_2'$ および $\angle P_1''A''P_2''$ である。また A から垂直に $AP=AQ$ なる点 Q をとり、 Q の前頭面への投影を Q_1'', Q_2'' とすれば運動路の実際の角 δ は $\angle Q_1''A''Q_2''$ に等しい。

いま、側方滑走運動路の矢状面投影角 α が -40° から 110° に変化した場合、水平面投影角 β 、前頭面投影角 γ および実角 δ は表2および図5に示すような値をとる。

これによれば矢状面投影角 α が -40° の場合つまり前上方に向つて 40° の傾斜で前進するとき、水平面投影角は最小値 92° を示し、角度の増加にともなつて大きな値をとり、 0° すなわち水平に前進するときは 126.8° となる。矢状面投影角が 10° すなわち前下方に向うようになると更に大きく 131.2° となり、 α が 90° すなわち下方に動き前進をとまらぬときは β は 180° すなわち真横に動きU字型となる。 α が 90° 以上となり後方に滑走するようになれば更に大きい値となり、前方に尖端を向きたいわゆる逆方向の Gothic arch を示すようになる。もちろん側方滑走運動全経路にわたつてこのようなことは

図4 投影角を求める作図法

表2 矢状面傾斜角と水平面投影角，前頭面投影角及び実角との関係

α 運動路の 傾斜角	β 水平面 投影角	γ 前頭面 投影角	δ 実際の 角度
-40	92.0	257.2	77.0
-30	106.8	226.2	98.8
-20	115.6	205.4	112.0
-10	122.4	190.6	121.4
0	126.8	180.0	126.8
10	131.2	170.6	131.0
20	136.0	162.6	132.8
30	139.4	155.2	133.4
40	143.4	148.4	132.8
50	147.8	141.0	131.0
60	152.6	132.8	127.6
70	159.0	124.0	121.4
80	167.4	113.0	112.0
90	180.0	99.0	99.0
95	190.4	89.2	88.8
100	205.0	78.0	77.0
105	227.0	64.0	62.0
110	260.6	47.0	44.4

図5 矢状面傾斜角と水平面投影角，前頭面投影角及び実角との関係。

矢状面

水平面

図 6 空口時滑走運動路の水平面形態がV字型を示す場合の咀嚼運動路の3形態

起り得ず、変位が2~3mm 以上となればかならず前方運動をとまうので水平面投影では図1のW字型の形態を示すことになる。

このような運動経路を示す理由は咬合関係にあつて、咬頭の一部が緊密に嵌合し合い相互に干渉のある場合に側方滑走運動がスムーズに行なわれず、側方に動かそうとすると通例のごとく前下側方に進み得ず単に下方に向つて開口するか、または逆に後下側方に動くためと推測される。咬頭間の干渉のない場合には以上のようなことは起り得ず、したがつてこのような特異な経路をとる場合は咬合面の接触が異常なためであつて下顎運動のあり方そのものには原因はないと考えてさしつかえない。

II 咀嚼運動の水平面投影形態について

空口時側方滑走運動の経路について述べたと同様に咀嚼運動もまた水平面投影形態においては種々異型があらわれるはずであるが、これについては従来は Kurth⁹⁾ が水滴状形態を報告したのみでこの点に関心は払われなかつた。

著者が1959年に咀嚼運動経路水平面投影に Gothic arch 様のあることを報告した¹⁰⁾にひきつづき、Schweitzer¹⁵⁾もこれと類似した形態を報告、更に藍¹²⁾がこの点についてきわめて詳細な報告を行なつた。

藍は中心咬合位附近における咀嚼運動の水平面形態を水滴状、Gothic arch 状およびその中間型の3種類にわ

け頻度をおのおの44%、22%、17%と報告し、食品により、一定の傾向があると述べた。また藍は前頭面投影経路を両側性、片側性の2種に分類し、矢状面投影運動路の中心咬合位附近における彎曲を報告している。

また根本¹¹⁾は下顎の立体的運動範囲と咀嚼運動経路との関係を検討し、矢状面投影経路において咀嚼運動は下顎運動範囲を斜によこぎつて後下方から前上方に向かい中心咬合位に達する巾2~3mmの経路を示すが、平均して咬合平面に対しては殆んど垂直に近い経路をとることを報告している。

ここで根本および藍の測定結果に、前章で著者の行なつた幾何学的解析を合わせて考察すれば次のようになるであらう。

1) 空口時側方滑走運動経路がV字形を示す場合.

咀嚼運動経路は中心咬合位に近づくにつれて、空口時側方滑走運動経路、立体的には後方運動限界に接近するがその経路は2~3mm程度の巾があり、しかも全体としての運動方向は咬合平面に直角に近いから図6の前縁のコースAをとれば、水平面投影において Gothic arch 様のV字型となる。前方突彎の度が大となればついに空口時側方滑走運動と一致するようになるが一般には空口時の Gothic arch より大なる角度をとる。

図6の中間のコースBをとれば水平面投影は矢崎¹⁰⁾の経路をとる。

図6の後縁のコースCをとれば水平面投影は水滴状と

図 7 咀嚼時運動経路水平面投影形態の例
(V字型の場合)

図 9 咀嚼時運動経路水平面投影形態の例
(W字型の場合)

矢状面

水平面

図 8 空口時滑走運動路の水平面形態がW字型を示す場合の咀嚼運動路の3形態

なる。

以上3種類の運動経路は咀嚼時ことに中心咬合位近くに嚙みしめたときの側方変位の程度によるのであつて側

方変位の量が大になれば矢状面投影経路は前方に偏し、水平面ではV字型に近くなるのである。側方変位の量について藍¹²⁾は食品および個人によつて著明な相違がある

- (a) 空口時側方滑走運動路
 水平面(上), 矢状面(左), 前頭面(右)の各投影図
 水平面投影形態がV字型をとる。
 矢印は中心咬合位を示す。

- (b) 咀嚼運動路
 水平面投影形態に図7aに相当した形をとる。
 矢印は中心咬合位に相当した位置

- (c) 咀嚼運動路
 水平面投影形態は図7bに相当した形をとる。

- (d) 咀嚼運動路
 水平面投影形態は図7dに相当した形をとる。

図 10 水平面形態がV字型を示す空口時側方滑走運動路とその症例の咀嚼運動路

- (a) 空口時側方滑走運動路
 水平面(上), 矢状面(左), 前頭面(右)の各投影図
 水平面投影形態がW字型をとる。
 矢印は中心咬合位を示す。

- (b) 咀嚼運動路
 水平面投影形態は図9 aに相当した形をとる。
 矢印は中心咬合位に相当した位置。

- (c) 咀嚼運動路
 水平面投影形態は図9 cに相当した形をとる。

- (d) 咀嚼運動路
 水平面投影形態は図9 iに相当した形をとる。

図 11 水平面形態がW字型を示す空口時側方滑走運動路とその症例の咀嚼運動路

とのべている。これらの経路の組合わせによつて図7に示すような複雑な形態を示し得るが原理的には異なつたものではない。

2) 空口時側方滑走運動経路がW字型を示す場合。

図8に示すごとくいずれのコースをとるとしても中心咬合位に近づけば運動限界に当つて後下方より中心咬合位に向かわざるを得ない。したがつて、この場合には水平面投影経路は図9のごとく水滴状ただ一種しか存在し得ない。

図10は水平面においてV字型を示す空口時側方滑走運動経路とその症例に見られる種々な咀嚼運動経路の例であり、図11はW字型の空口時側方滑走運動経路ならびにその咀嚼運動経路の例である。

III 投影方向の影響について

運動経路を投影するにあつて基準面が咬合平面と一致せず前後的な角度の誤差を生じた場合、測定結果におよぼす影響は見掛上 α の値の変動となる。これに伴つて β および γ の値も表2に示す関係に従つて変動する。この程度は図5によつて判るごとく α が $0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲では比較的小さく、 α が 5° の変化に対して β は $2^\circ \sim 3^\circ$ であり、 α が 90° の近傍では比較的大きく同じ変化に対して 10° 程度変化する。しかも 180° を中心に変化するのであるから突變の向きが反転することになりこの相違は著明である。

1) 空口時側方滑走運動経路に対する影響。

この場合 α は種々の値をとるが、 α の値が比較的小さい個人の場合は基準面の誤差の影響は少なく、せいぜいGothic archの角度が変る程度であるが、 α の値が 90° に近い場合は上述のごとく大きな影響があり正確に水平面で見ればV字型のものが見掛上U字型あるいはW字型となつて観察されたり、またその逆になることもおこり得る。

2) 咀嚼運動経路に対する影響

この場合矢状面投影経路は根本¹¹⁾の報告によれば、 α は約 95° の値を示す。したがつて前述のごとく投影方向の影響が著明でわずかの誤差によつても他の型への見掛上の転換がおこり得る。

IV 考察ならびに結論

本研究において著者は空口時における下顎の側方滑走運動経路と咀嚼運動経路を主として水平面投影において検討し、両者の関連性を下顎の立体的運動限界に基づく幾何学的解析によつて明らかにした。その結果、下顎側方滑走運動ならびに咀嚼運動に関して次のごとき結論を

得た。

1. 下顎の側方滑走運動の水平面投影、すなわち、Gothic archは個人に固有な下顎運動限界によつて規定されるものであるが、有歯顎においては更に咬合状態によつても影響を受け、V字型、W字型およびU字型の3種類に分類される。

2. 咀嚼運動は個人、食品および咀嚼の時期により様々な経路をとり得るが、総体的には下顎の側方滑走運動経路と極めて関連が深いものである。したがつて歯牙の咬頭に沿つた接触滑走そのものではなくとも咬合面形態に規制された運動を営むものと考えられる。

3. これらの側方滑走運動ならびに咀嚼運動経路の特殊性は水平面投影に最も明らかにあらわれる。

4. 下顎運動ごとに個人に固有な左右側運動後方限界は、人工歯咬合面形態の機能的基準として最も重要な因子の1つと考えられる。

すなわち、従来 Gysi などの古典的理論においては下顎の側方滑走運動と咀嚼運動とを同一と見做し、これに義歯の安定に対する配慮として例えば陶歯の摩擦係数から導き出した 20° という角度を加え、両者から人工歯咬合面形態を決定しているが、後に多くの咀嚼運動の研究から歯牙咬合面形態と咀嚼運動との関連性が否定され、人工歯の咬合面形態に対する確固たる基準は失なわれた。著者は本研究において、Gysi の下顎運動理論そのものの当否は別として、咀嚼運動と側方滑走運動との関連性を認めるという点では Gysi とひとしい見解に到達した。したがつて今後の人工歯には下顎運動、ことに左右側運動後方限界を根拠とし、これに加えて咀嚼能率や義歯の安定に必要な因子を配慮すべきものとする。

稿を終るに臨み、石原教授の御懇篤な御指導と御校閲に対し深甚なる謝意を表します。

なお本研究は昭和37年、38年度総合研究「咀嚼の基礎的研究」の一部として行なわれた。

文 献

- 1) 石原寿郎：下顎運動について、齒科口腔外科最近の進歩、第1集、東京、昭31、医歯薬出版株式会社、215-246。
- 2) 石原寿郎：下顎運動の補綴学的な考え方と、それに対する研究の現状、齒界展望、15：1317、1958。
- 3) 石原寿郎：下顎運動に関する最近の研究、口病誌、30：1、1963、昭38。
- 4) Gysi, A.: Handbuch der Zahnheilkunde IV, Scheff, Berlin u. Wien, 1929, Urban u. Schwarzenberg, 1-171。
- 5) Hildebrand, G. Y.: Studies in the masticat-

- ory movements of the human lower jaw, Scand. Arch. f. Physio., Suppl. 61, 1931.
- 6) Kurth, L. E.: Mandibular movements in mastication, J. A. D. A., 29: 1769, 1942.
- 7) 古川清博: 空口時並に咀嚼時における下顎骨並に附屬歯牙各部の運動について, 齒科学雑誌, 3: 71, 1946, 昭 21.
- 8) Jankelson, B.: The physiology of the stomatognathic system, J. A. D. A., 46: 375, 1953.
- 9) 大石司郎: アーム型運動分解器とコンデンサー法による下顎運動の研究, 第 1 報, 測定装置について, 口病誌, 29: 40, 1962, 昭 37.
- 10) 大石司郎: 電気的記録装置による咀嚼運動の研究(講演抄録), 日本齒科医学会総会抄録誌, 8: 27, 1959, 昭 34.
- 11) 根本一男: 有齒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, 1962, 昭 37.
- 12) 藍稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 164, 1962, 昭 37.
- 13) 中沢勇: 下顎運動の補綴学的研究, 有齒顎の運動, 口病誌, 13: 81, 1940, 昭 14.
- 14) 加藤吉昭: ストロボ撮影法による下顎運動殊に補綴学的見地から見た運動に関する研究, 日大医学雑誌, 19: 1, 1960, 昭 36.
- 15) Schweitzer, J. M.: Masticatory function in man, J. Pros. Den., 11: 625, 1961.
- 16) 矢崎正方: 下顎運動の解剖学的研究特に咀嚼能率に及ぼす関係について, 齒科学報, 34: 103, 590, 707, 1929, 昭 5.
-