

咬合分析と咬合器の歴史

永田和弘 H17. 9. 14

1. 咬合器の誕生

1)1805 年 GARIOT(仏)は石膏咬合器の製作法を叙述した。これは咬合位規定に関する最初の叙述である。石膏咬合器の厳密な咬合位の規定性能は 1926 年の NEEDLES の SPLIT CAST METHOD として生かされている。石膏咬合器は決して稚拙な咬合器ではない。

「石膏咬合器はあらゆる咬合器にまさって最良の咬合器である。」(1889)

【基本用語】 咬合位 (OCCLUSAL POSITION)

2)1840 年 CAMERON は咬合器の最初のパテントを取得した。同年 EVENS は更に改良した咬合器を開発した。これらの咬合器は咬合器の上で咬合位を再調節する機構を有した。(咬合位調節性咬合器)

【基本用語】 咬頭嵌合位 (INTERCUSPAL OCCLUSAL POSITION)

中心咬合位 (CENTRIC OCCLUSION : C.O.)

cf. 中心位 (CENTRIC RELATION : C.R.)



図 1 Gariot 石膏咬合器 (1805)

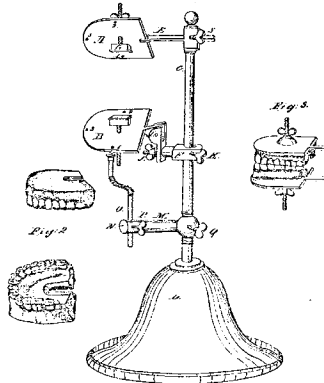


図 2 Cameron 咬合器 (1840)

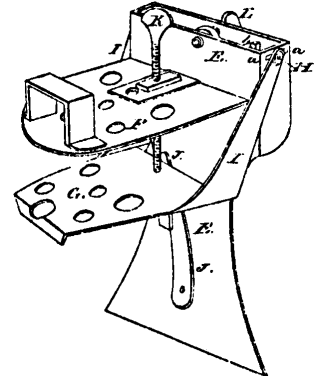


図 3 Evens 咬合器 (1840)

2. 便宜から生体再現へ サイエンスとしての咬合器

3)1858 年 BONWILL は解剖学的咬合器 (ANATOMICAL ARTICULATOR) を作製した。

BONWILL 3 角の理論に立ったこの咬合器は、関節間の距離 (顎頭間距離 INTERCONDYLAR DISTANCE) を 4 インチとし、顎頭の運動を初めて再現した。顎運動中の咬合の調和を重要視した。Bonwill 三角はフェースボーの始原である。

「義歯の安定には咬合の調和が必要である。そのためには生体の顎運動を正確に再現する咬合器が必要であり、私はそれを作った。人間の顎関節は左右二つあるのであるから、咬合器の関節もまた二つあるべきである」

Bonwill 『咬合と咬合器』 1864.

【基本用語】 BONWILL の 3 角 (BONWILL'S TRIANGLE)

顎頭間距離 (INTERCONDYLAR DISTANCE)

バランスド・オクルージョン (BALANCED OCCLUSION)

作業側と非作業側 (FUNCTIONAL AND NON-FUNCTIONAL SIDE)

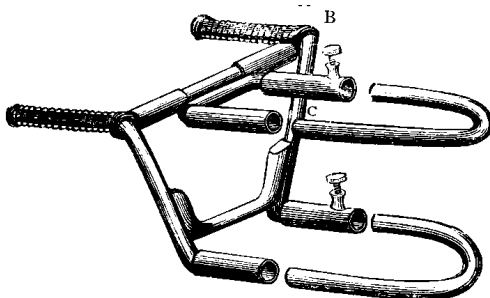


図 4 Bonwill 咬合器 (1858)

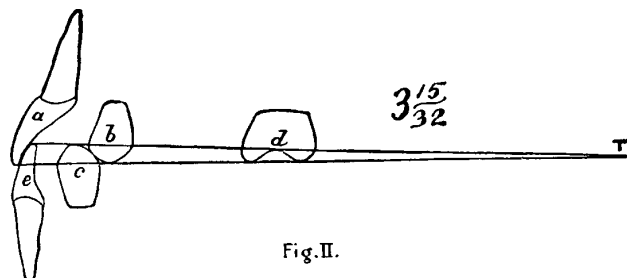


図 5 Bonwill 咬合器 (顎路傾斜度 0°) での咬頭傾斜度

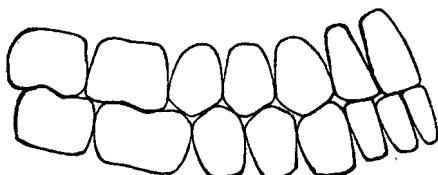


図 6 作業側の咬合 (Bonwill)

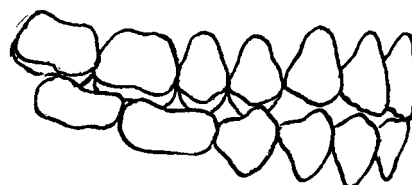


図 7 非作業側の咬合 (Bonwill)

3. 生体論とサイエンス

4) LUCE は顎運動の研究において、生体による顎運動の観察とその記録管理の重要性を力説した。LUCE は生体の顎運動を測定した最初の人である(1889)。LUCE の実験図から、開口運動時の回転中心点が時々刻々と変化することを確認せよ。後年(1911)、LUCE は観察結果から生体は機械論的には再現できるようなものではないという考えから独特の咬合器を考案した。

* HINGE AXIS の発見 (McCollum 1921) と比較してそれらの思想的特徴を比較せよ。

【基本用語】 チェックバイト (CHECK BITE)
 チュー・イン法 (CHEW IN TECHNIQUE)
 ヒンジ・アキシス (HINGE AXIS)

「顎運動の研究をなさんと欲するものは先ずもって顎運動をよく観察し、ついで、その運動を明確に記録することである。」(LUCE)

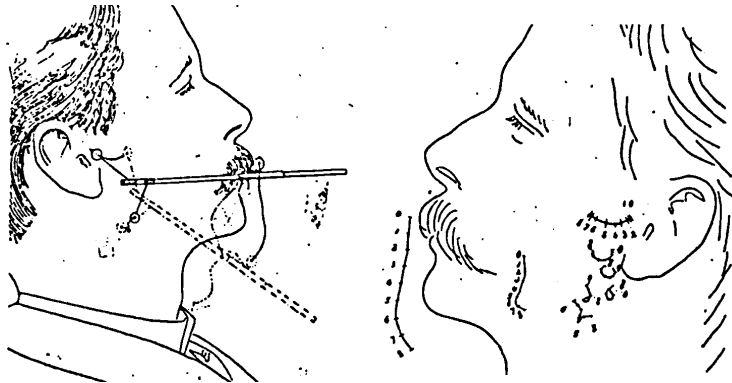


図 8 Luce の実験 (1889)

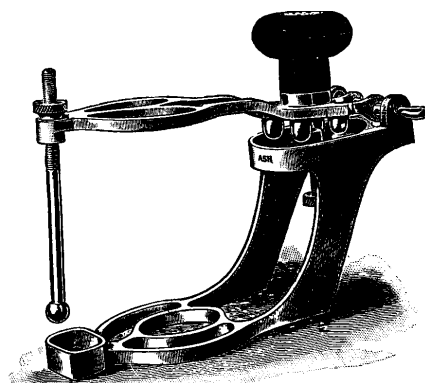


図 9 Luce の咬合器 (1911)

4. 普遍と特殊のサイエンス

5) WALKER は顎頭が BONWILL 咬合器のように前方だけではなく、前下方へも運動することをクリノメーターによって測定した。また、側方運動時に、作業側顎頭が後方に運動することも見だし、側方運動の中心点は顎頭にはないことを指摘した(1895)。これらの事実にもとづき、1897 年 WALKER は生理学的咬合器 (PHYSIOLOGICAL ARTICULATOR) を作製した。

この咬合器は側方運動回転中心点を顎頭間軸上に固定的に設定して個々の症例のゴシックアーチに対応した。ただし、WALKER の咬合器は矢状顎路傾斜度を変化させると咬合高径が変化してしまう欠陥があった。この欠陥を克服したのが CHRISTENSEN 咬合器(1901)である。なお、側方運動回転中心点の調節性は GYSI の WIPPUNKT 咬合器(1908)に継承されていくことになる。

【基本用語】 矢状顎路傾斜度 (INCLINATION SAGITTAL CONDYLAR PATH)

* WALKER 咬合器は BONWILL 咬合器よりも生体にとって危険な側面があった。生体よりも顎路傾斜度を強く付けすぎた場合には、咬合器上ではフルバランスの咬合でも、生体では前方位では最後臼歯が早期接触し、側方位では非作業側接触を生じて、生体にとっては危険な咬合となる。これは平均値咬合器を使用する場合には心得ておかねばならないことである。

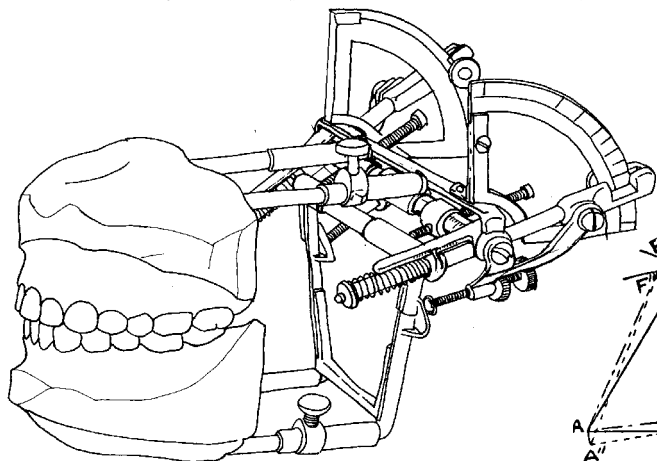


図 10 Walker の生理学的咬合器 (1897)

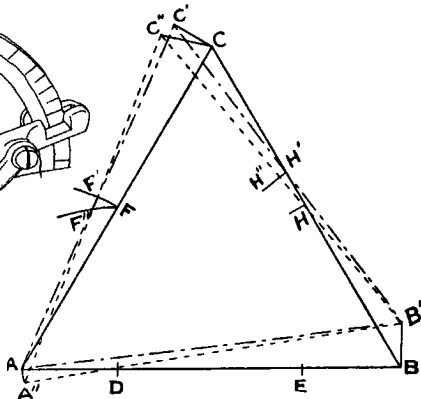


図 11 Walker の3角 (1897)

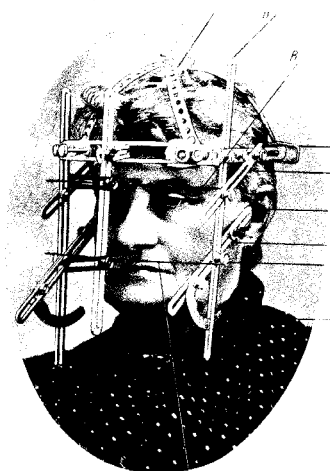


図 12 Walker の Clinometer (1897)

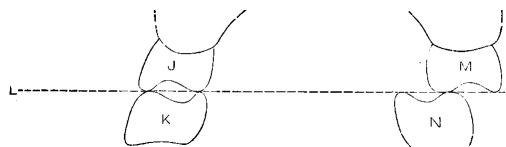


図 13 Bonwill の咬合均衡

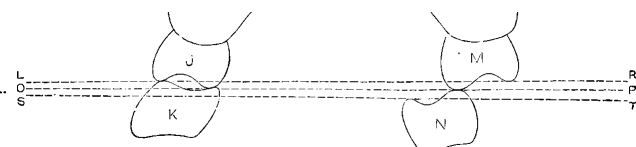


図 14 Walker の咬合均衡

6)1899 年 SNOW は顎模型を咬合器に装着する際、取り付け位置により、顎模型の運動路が変化する事を見いだした。だから、顎模型は顎関節との相対的位置関係を正確に保って咬合器に取り付けるべきであるとした。そのために彼は FACE-BOW を作製した。FACE BOW は、咬合挙上や咬合面の形成には不可欠な技法である。但し、全調節性咬合器を使用し、基準点を顎頭点に固執しないのであれば、FACE BOW は必ずしも不可欠な道具ではない。(この但し書きは、現在の通念ではないが、重要な事項である。)

「咬合挙上はチェアーサイドの事柄である」(GYSI)

*フェースボー採得をするとき、第3番目の基準点に眼窩下点を採用する場合(眼耳平面)は、矢状顎路傾斜度の平均値は、鼻翼点を採用する場合(鼻聴道線)よりも約 10° 大きくなる。矢状顎路傾斜度 30° という平均値は咬合平面を基準としている。



図 15 Snow の Face Bow (1899)

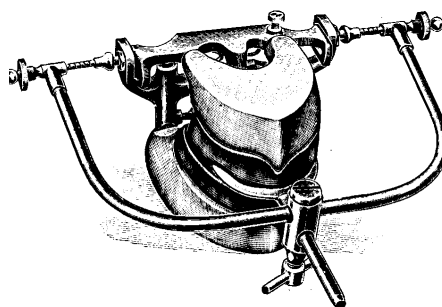


図 16 Gritman の咬合器 (1899)

5. サイエンスを導くもの(実践)とサイエンスに導かれるもの(踏襲)

7)CAMPION はフェースボーを応用して 1901 年顎路の測定を行い、顎路は個人によりまた同一個人においても左右においてそれぞれ多様な軌跡を示すことを見いだした。顎路といっても開口、前進、側方運動で異なることを述べた。残念ながら CAMPION は皮膚に直接印記してそれを紙に転記したのである。完全な顎運動描記装置は描記針装置と頭蓋(上顎)に固定された描記板とで構成されなくてはならない。

*CAMPION の描記装置は矯正のヘッドギヤを利用して簡単に作ることができる。是非作って、CAMPION の見たものを見てみよう。貴方の見たもののみが貴方の知識である。



図 17 Campion の描記装置

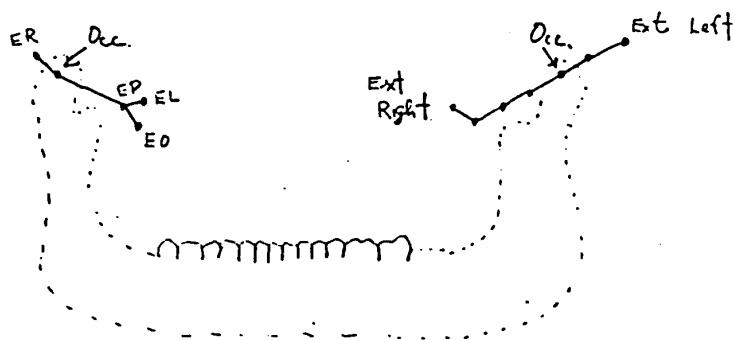


図 18 Campion の描記記録
(左右独立した原図を合成したもの)

8)CHRISTENSEN はチェックバイト法で矢状顎路傾斜度を測定した。チェックバイト法はパントグラフ描記法と異なり、実際の歯牙の位置の刻印であるからこれほど精密なことはない。チェックバイト法を使えば、フェースボーは不要である。だから、CRISTENSEN 咬合器には顎路傾斜度の目盛りはない。しかし、クリステンゼン側方チェックバイトは考えていない。

【基本用語】 チェックバイト (CHECK BITE)

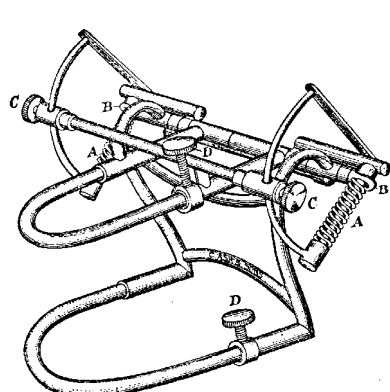


図 19 Christensen 咬合器
(1905)

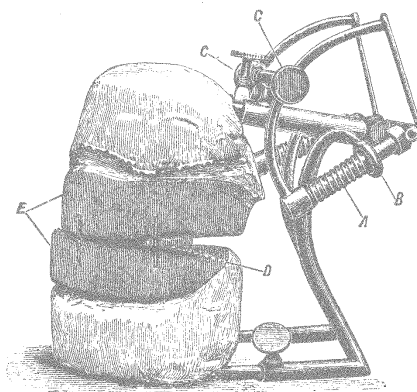


図 20 Christensen の Check Bite

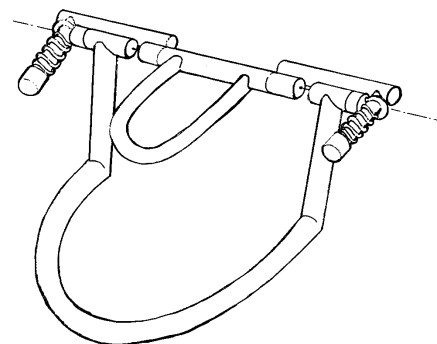


図 21 Christensen 咬合器の原理

9)GYSI は 1901 年にゴシックアーチ、矢状顎路傾斜度の記録装置を考案した。これらの装置は WALKER のクリノメーターよりも精密に測定ができた。また、WALKER の側方回転中心点の調節機構を継承して、WIPPUNKT 咬合器を製作した (1908)。当時としては最高の出来栄であったが、この咬合器を制作した 1908 年は BENNETT が BENNETT 運動を発表した年である。WIPPUNKT 咬合器には BENNETT 運動の再現機構はまだついていなかった。

【基本用語】ゴシックアーチ (GOTHIC ARCH)

* 重要なことは側方運動回転中心点の位置を規定することであり、顎頭の位置ではない。このことは咬合器においては顎頭は顎頭間軸上であればどこでもよいことを意味している。咬合器の顎頭球は生体の顎頭を必ずしも意味していない。(Bonwill 三角からの決別。) 側方回転運動中心点による支点は作業側顎頭の運動の前後の運動量を規定する装置である。



図 22

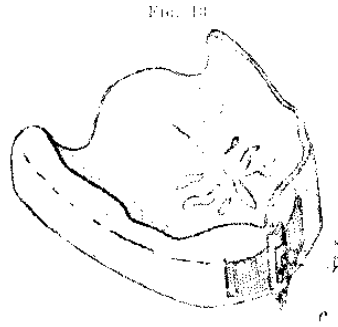


図 23

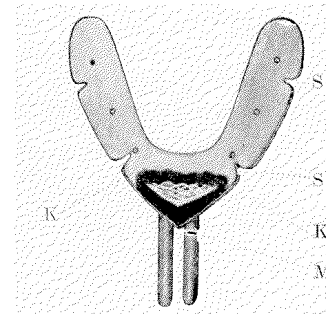


図 24

Gysi のゴシックアーチ描記装置

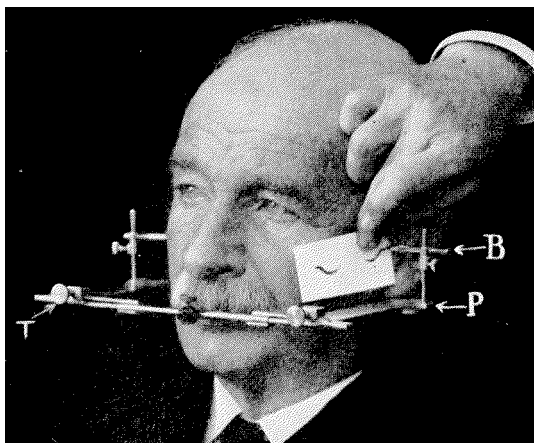


図 25

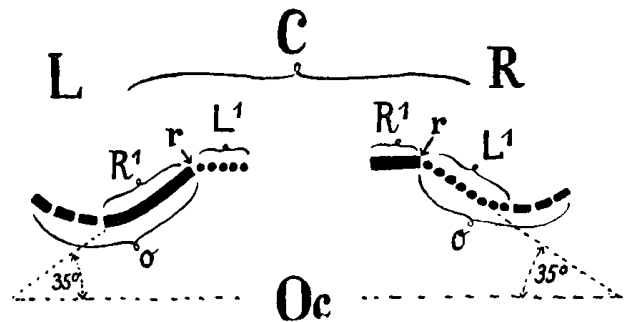


図 26

Gysi の矢状顎路傾斜度測定装置と記録の模式図 (1901)
作業側顎路が後退していることに注意。

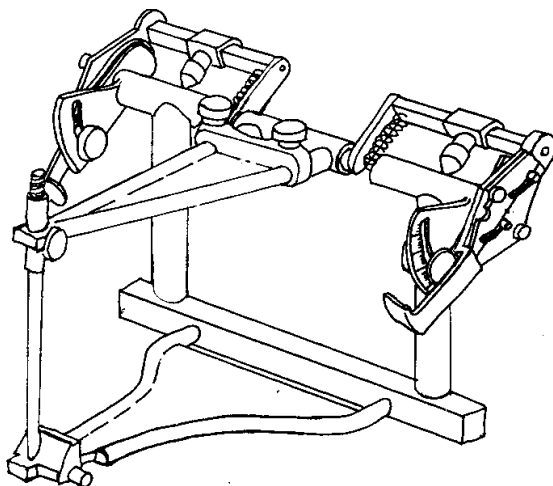


図 27

Gysi Whippunkt 咬合器 (1908)

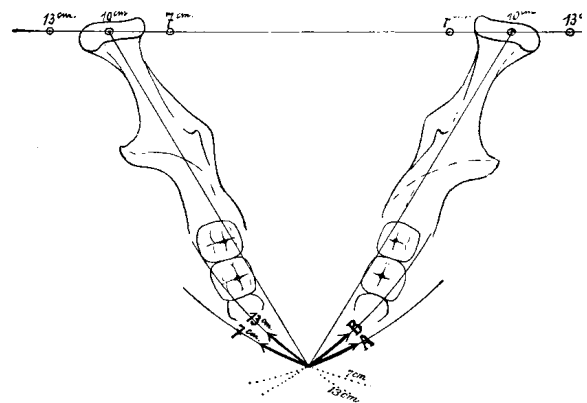


図 28

側方運動の回転中心点が内外的に変化することにより
ゴシックアーチの角度が変化する。

10) BENNETT は顎頭の運動の矢状面観ならびに、前頭面観の記録を行った(1908)。この中で、顎の開閉並びに側方運動は、決して単純な回転運動ではなく、作業側顎頭が運動方向にシフトすることを示した。重要なことは、この側方運動時における作業側顎頭の運動が、上下歯牙の咬合面を咬合せながら滑走させた場合と空咬合せた場合とでは異なることを述べた。残念ながら、Bennett は前頭面観のみしか記録を残していない。側方運動時に顎頭が下方に下がることは、今日の限界側方運動時の知見とは異なっている。つまり、ベネットが行った残存歯が誘導する自然な側方運動とパントグラフ法のクラッチを介した限界運動とは顎頭が辿る経路(顎路)が異なるのである。側方運動の条件により顎路は変化するのである。側方限界運動を生体の運動とし、記録して、咬合器に再現して、生体に強制することは極めて危険なことである。ベネットが観察したことを厳密に述べれば「側方運動時において、作業側顎頭は運動方向にシフトするがそのシフトの方向は運動を誘導する歯牙形態等の条件により変化する。」となる。

【基本用語】 ベネット運動 (BENNETT MOVEMENT)

ベネット角 (BENNETT ANGLE) → 側方顎路角

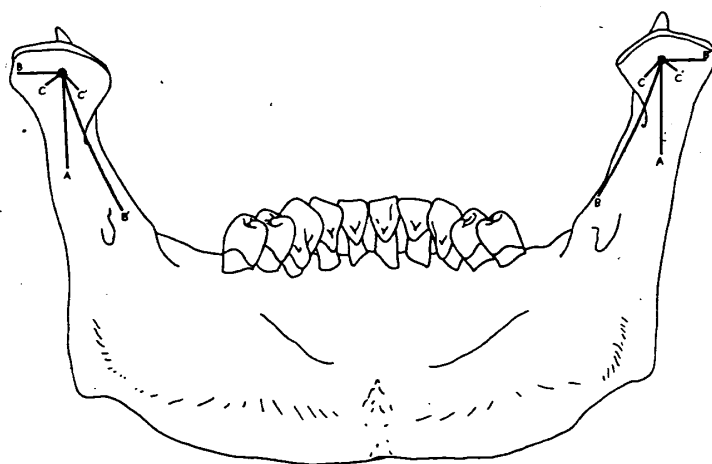


図 29

Bennett の実験 (1908)

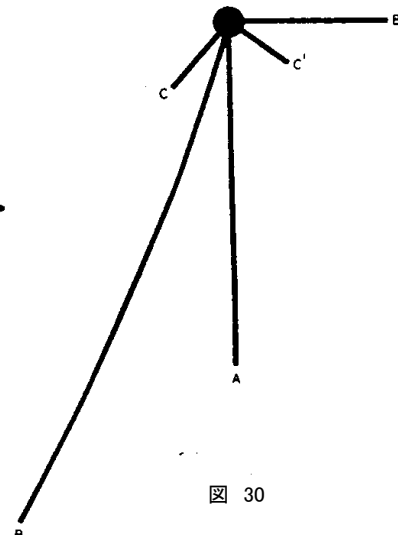


図 30

6. 全調節性咬合器への GYSI の野心

11) GYSI が WIPPUNKT 咬合器を発表した同年(1908)に、BENNETT は下顎の側方運動時に顎体の側方移動を見いだした。そこで、GYSI は側方顎路傾斜角測定装置を考案し(1910)、多くの側方顎路を測定した。「Bennett が記載し、Gysi が測定した。」と Wilson は述べている。(1917) GYSI の側方顎路測定記録を見てみると作業側顎頭が後退しているデータは一つもない。GYSI は限界側方運動をさせていないことが分かる。

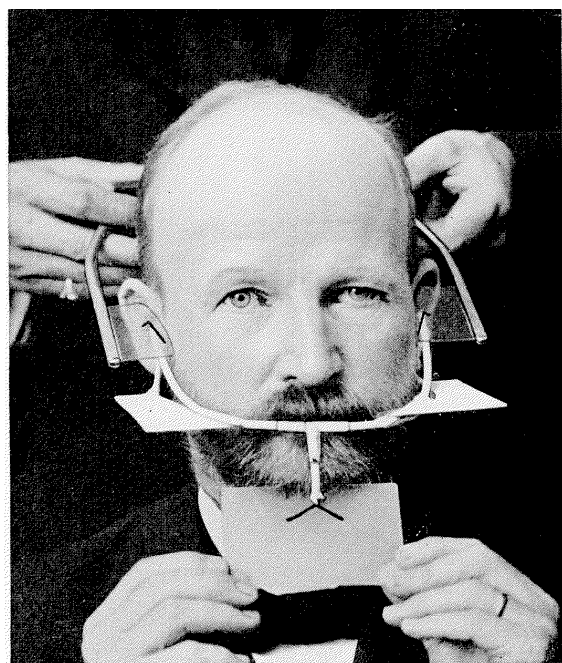


図 31 Gysi の側方顎路の測定器 (1910)

図32のデータは作業側顎路は後退しないで、むしろ前方に移動していることに注意せよ。

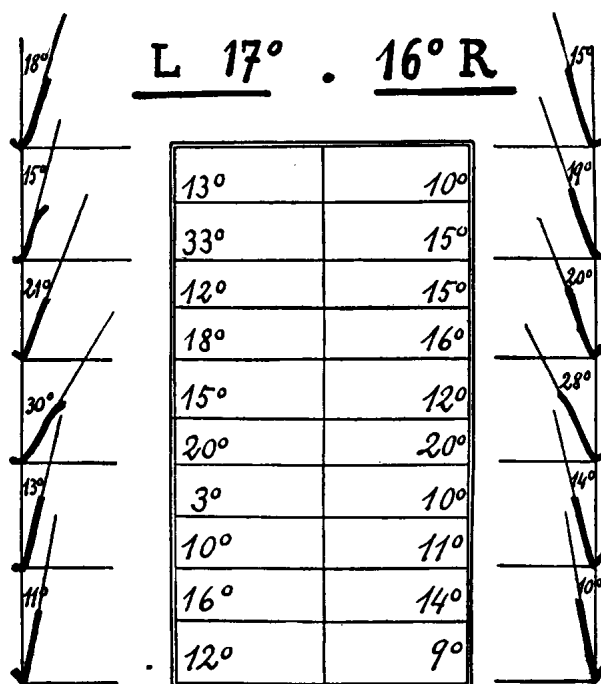


図 32

12)GYSI のゴシックアーチトレーサー、矢状顎路測定装置、側方顎路測定装置を私は GYSI の三大測定装置と呼んでいる。これらの成果で GYSI は WIPPUNKT 咬合器を改良して ADAPTABLE 咬合器 (1912) に結実させた (アルコン型咬合器)。この咬合器は WIPPUNKT 咬合器同様に、側方回転中心点を調節することで作業側顎頭運動の前後のまたは上下のいずれかの位置の規定を計り、かつ、Bennett 角を付与することにより作業側顎頭の内外的な位置の規定を計ったものである。なお、GYSI は ADAPTABLE 咬合器に平均値を取り込んだ簡便版咬合器として 2 種類の SIMPLEX 咬合器を発表している。我国で GYSI-SIMPLEX と呼ばれているものは回転中心点を両顎頭の間の後方に設定したものであり (1914)、一方、回転中心点を両顎頭の前後方に設定したものは 1914 年型 SIMPLEX の顎頭部を変化させたもので、トライポッド様式のコンダイラー型である (1916)。

【基本用語】側方顎路角 (ANGLE OF LATERAL CONDYLAR PATH)

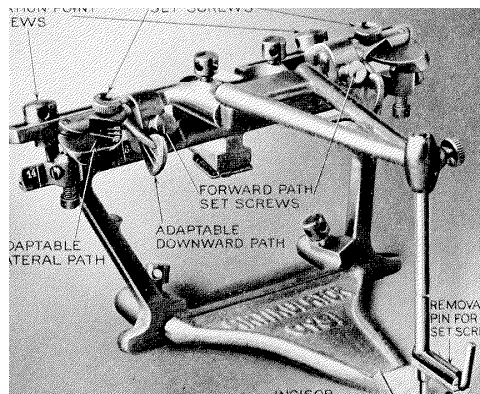


図 33 GYSI ADAPTABLE ARTICULATOR (1912)

この咬合器は WIPPUNKT (1908) に BENNETT 機構を搭載したもの。作業側顎頭の前後規定は側方運動回転中心点の位置の調整による。

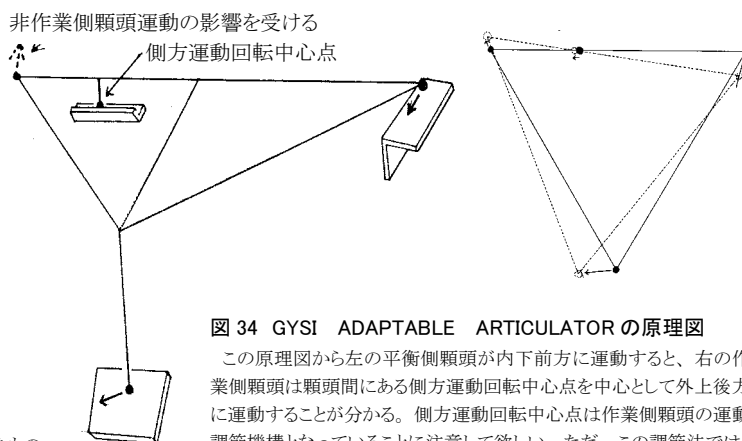


図 34 GYSI ADAPTABLE ARTICULATOR の原理図

この原理図から左の平衡側顎頭が内下前方に運動すると、右の作業側顎頭は顎頭間にある側方運動回転中心点を中心として外上後方に運動することが分かる。側方運動回転中心点は作業側顎頭の運動調節機構となっていることに注意して欲しい。ただ、この調節法では、作業側顎頭の上下と前後を独立に規定できないのが残念である。

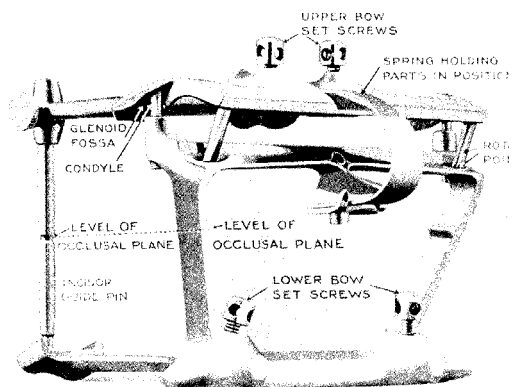


図 35 GYSI SIMPLEX ARTICULATOR (1914)

この咬合器は ADAPTABLE (1912) を平均値化した簡便版である。側方運動回転中心は左右顎頭間の内側にある。

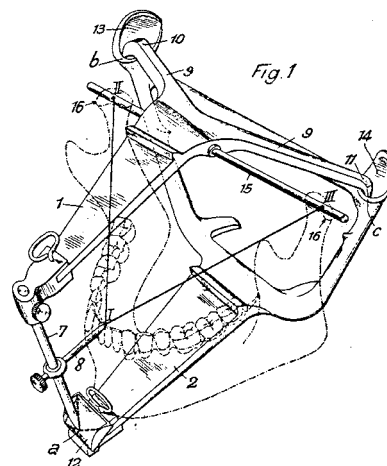


図 36 GYSI SIMPLEX ARTICULATOR (1916)

この咬合器は SIMPLEX (1914) の改案版である。側方運動回転中心は左右顎頭間の外側にある。SIMPLEX 型はこれで完結。

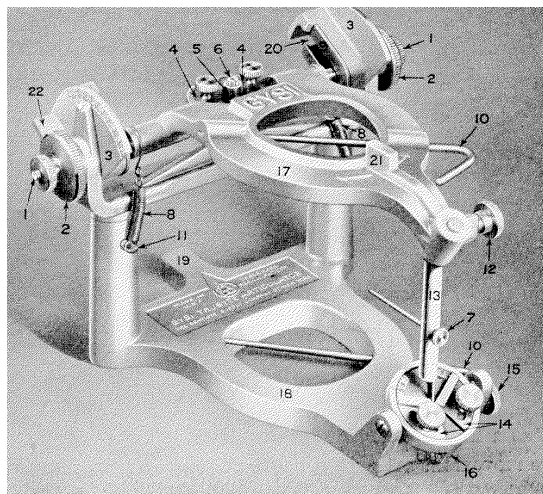


図 37 GYSI TRUBYTE ARTICULATOR (1926)

作業側顎頭の前後規定は切歯ガイドピンのゴシックアーチによる。

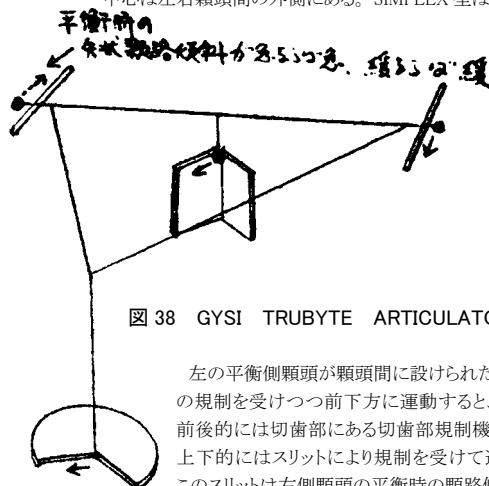


図 38 GYSI TRUBYTE ARTICULATOR の構造原理図

左の平衡側顎頭が顎頭間に設けられたベネット板の規制を受けつつ前方に運動すると、右の作業側顎頭は前後的には切歯部にある切歯部規制機構により規制を受け、上下的にはスリットにより規制を受けて運動するのであるが、このスリットは右側顎頭の平衡時の顎路傾斜度を流用したものである。切歯部規制機構は作業側顎頭の前後の運動調節機構となっていることに注意して欲しい。

13) Gysi は 1926 年に TRUBYTE 咬合器を発表する。この咬合器の特徴は顎関節部には矢状顆路傾斜度の規定要素しか組み込まれていないことである。非作業側顆頭の Bennett 角は上顎正中部に独立して移され (2軸機構)、作業側の前後規定は前歯部のゴシックアーチによって規定されている。作業側顆頭運動の再現に切歯路規制を用いたものが TRUBYTE 咬合器 (1926) である。

14) 当時の顎運動の測定レベルでは作業側顆頭の精密な記録には限界があった。一方、作業側顆頭の運動が不明であっても、顎運動を回転する剛体の軸運動として考えれば、数学的論理から、非作業側顆頭と切歯点の二ヶ所の運動さえ規定されれば、任意の第三点 (例えば、作業側顆頭) は幾何学的に算出することができる。そこで、作業側顆頭の運動の大きさは小さなものであったから Gysi は顎が実際は軸運動をしていなくても、軸運動をしているとみなし、生じる誤差は無視してもよい範囲と考え、顎の側方運動をある軸を中心にした回転運動と仮定した。これにより、顎運動の幾何学的解析が明瞭になるとして、軸学説として発表した (1929)。回転軸は側方顆路と側方切歯路の夫々の矢状・水平の 4 要素だけから幾何学的に求められる。回転軸から咬合運動の諸要素の関連、例えば、作業側顆路や各歯牙の咬合面形態 (咬頭傾斜角や咬頭展開角) 等が求められる。Gysi の幾何学は正しいが、しかし、現実の顎運動は単純な軸運動ではないし、軸運動と仮定することにより生じる作業側顆頭の運動の誤差も Gysi が考えたほど無視して良いほどのものではないことが顎関節症への関心の高まりの中で分かってきた。

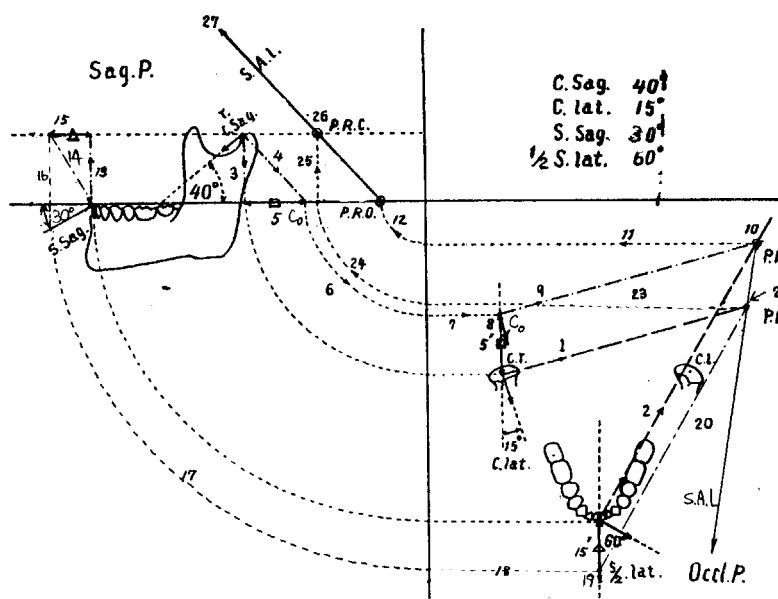


図 39 石原・末次の改良法による Gysi 軸学説 (石原・末次の図を改変)

Gysi 軸学説 (1929)

軸 SAL を中心に回転運動する顆頭は水平面 (顆頭面) には楕円の影を落とす。顆頭の運動方向は顆頭面には楕円の接線として表わされる。ここで、軸 SAL と顆頭面との交点を P.R.C とすれば、顆頭の顆頭面への運動方向は楕円の接線として表わされたのであったが、それは P.R.C を中心とした円の接線として表すことができることを Gysi は見出した (Gysi の定理)。また、石原らは顆頭点 C r の運動は顆頭面とは違う水平面 (咬合面) に Co として正射影されることを見出した (石原・末次の定理)。

切歯点についても同様に考えることができる。つまり、軸 SAL を中心に回転運動する切歯点の運動は咬合面には楕円の影を落とす。切歯点の運動方向は咬合面には楕円の接線として表わされる。ここで、軸 SAL と咬合面との交点を P.R.O とすれば切歯点の運動方向は P.R.O を中心とした円の接線として表すことができる。この咬合面での運動方向 (接線) は顆頭面へ正射影される。

顆頭面上の P.R.C は顆頭の運動方向と顆頭面に正射影された切歯点の運動方向とから得られ (図中の 1 と 20 の交点)、咬合面上の P.R.O は切歯点の運動方向と咬合面に正射影された顆頭の運動方向とから得られる (図中の 2 と 9 の交点)。

側方回転軸 SAL は P.R.C と P.R.O を結んだ直線として求めることができる。

7. コンダイラー型 V.S. アルコン型

15) 1923 年 HANAU はハノウ・モデル H 型咬合器 (コンダイラー型咬合器) を開発した。この咬合器は、矢状顆路傾斜度 (INCLINATION OF SAGITTAL CONDYLAR PATH) と側方顆路角 (ANGLE OF LATERAL CONDYLAR PATH) を調節する機構を備えていた。しかし、生体とは逆に下顎に顆路傾斜規定機構、上顎に顆頭球があるため、咬合を挙上すると矢状顆路傾斜度が変化して大きくなり、また、矢状顆路傾斜度を規定した後でベネット角を付与するとやはり顆路傾斜度が大きくなって非作業側接触を生じる欠点があった。これらは生体には危険な欠陥である。ハノウ・キノスコープ咬合器 (1923) は矢状顆路傾斜度の規定とベネット角の規定とが独立して調節できる (2軸機構) ので、後者の欠陥だけは克服されている。この 2軸機構は Gysi の TRUBYTE, McCOLLUM の GNATHOSCOPE, さらに STUART 咬合器に受け継がれた。

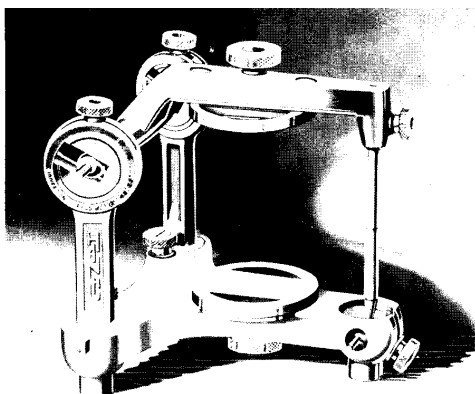


図 40 Hanau Model- H (1923)

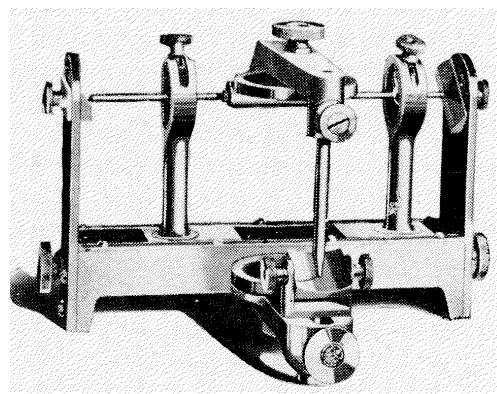


図 41 Hanau Kinoscope (1923)

また、HANAU は 1. 矢状顆路傾斜度、2. 咬合平面、3. 切歯路角、4. 咬頭の高さ、5. 補綴彎曲の強さ、の5つの要素が相互に関連することを述べて、咬合を考える場合には広い視野を持つべきことを力説した。これらの関連は Gysi の場合のように数学的なものではなかったが、イメージ的には広く受け入れられ、Hanau Quint と呼ばれた。

Gysi が顎運動の規定に口腔外描記法を採用したのに対して、Hanau はチェックバイトの口内法を採用した。Hanau 咬合器と GYSI ADAPTABLE 咬合器は、共にフィッシャー角の再現ができないが、まだしも GYSI の方は側方回転運動中心点間距離を調節することにより作業側顆頭の前後的または上下の何れか一方だけは規定できたのに対して、HANAU 咬合器の方は作業側顆頭の前後的・上下的な位置規定がいずれもできない。このことから、この2つの咬合器においては側方チェックバイトを採得しても、その側方咬合状態の模型を咬合器に正確に乗せることはできない。HANAU 咬合器においては、ベネット角(L)は矢状顆路傾斜度(H)との関連から導かれた。式は $L=H/8 + 12$ であるが、矢状顆路傾斜度が大きい程、ベネット角が大きくなる根拠はないし、矢状顆路傾斜度が $0 - 50^\circ$ の間でどのような値を取ろうとも、平均値 15° から $2 - 3^\circ$ しか変わらないから算出式自体の意味もない。功罪相半ばする HANAU 咬合器であるが、スロットによる顆頭球の堅牢な位置規定と開閉運動は今日でも高い評価と支持を得ている。

【基本用語】2 軸性機構 (SPLIT AXIS MECHANISM)

Hanau Quint

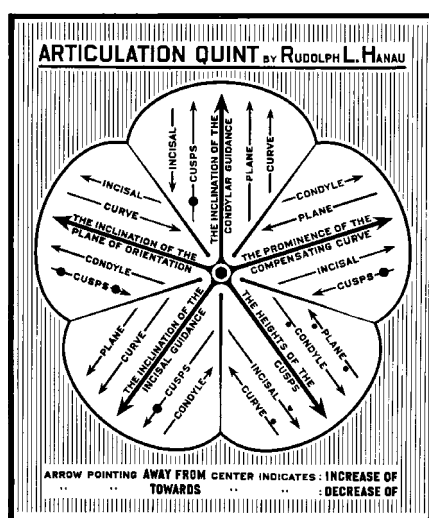


図 42

Hanau Quint の相互関連を示す

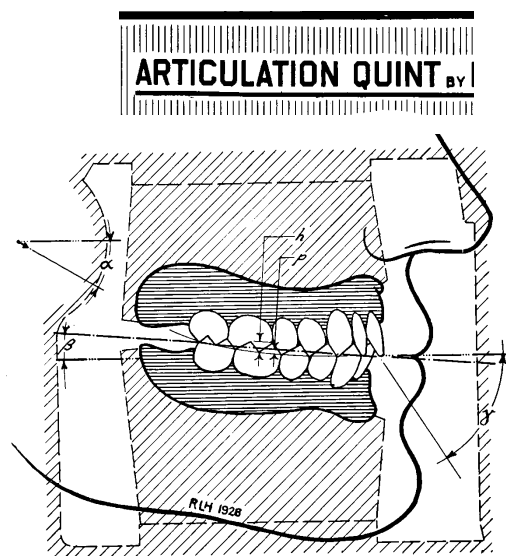


図 43

16) Needles は Split Cast 法を提唱した。この方法は上下模型をマウントする方法で、上下模型を咬合器から簡単に取り外すことができ、バイトの過誤を簡単に見つけ出すことができる。また、第二大臼歯のような後方臼歯部で咬合すると、作業側顆頭は関節窩から離れるように運動することを述べた。Needles はこの現象を「顆頭が Lift する」と表現した。(Needles 現象)

非作業側の早期接触の場合は、非作業側顆頭が Lift することになる。Needles 現象は作業・非作業側問わず有害である。

【基本用語】スプリットキャスト法 (SPLIT CAST METHOD)

作業側顆頭の Lift

Needles 現象

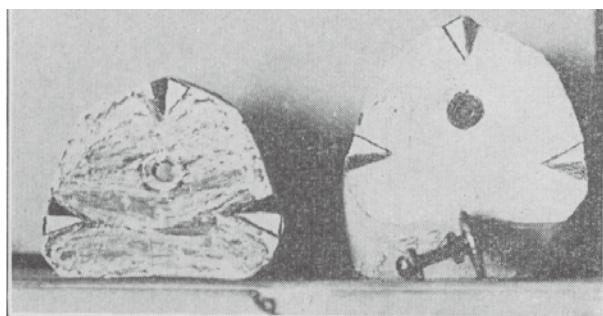


Fig. 33.—Method of preparing models for testing articulators by test bite method.

図 44 Split Cast 法 (1923)

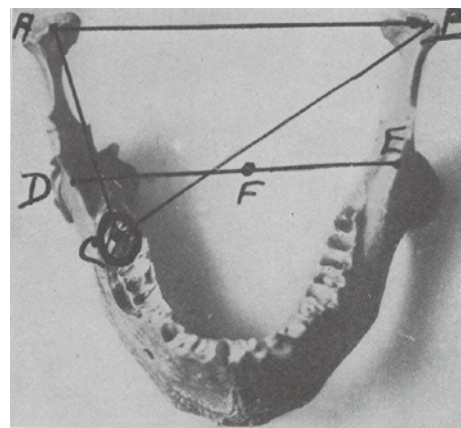


図 45 作業側顆頭の Lift (1923)

17)GYSI の顎運動測定装置はゴシックアーチ、矢状顎路傾斜度、側方顎路角の其々が、独立した装置であったが、McCOLLUM らは GYSI の弾筆、PHILLIPS のセントラル・ベアリング・スクリュー (1925) を用いて顎運動記録を 3 次的に関連をもたせて取り出す描記装置、ナソグラフの製作に成功 (1929) した。このナソグラフは後のパントグラフの母胎である。McCOLLUM はナソグラフにより採取した記録を忠実に再現する GNATHOSCOPE(1934) を製作した。この咬合器は顎路をスロットで規制したアルコン型であり、2 軸性機構を持つ咬合器である。

【基本用語】 アルコン型 (ARCON TYPE ARTICULATOR)

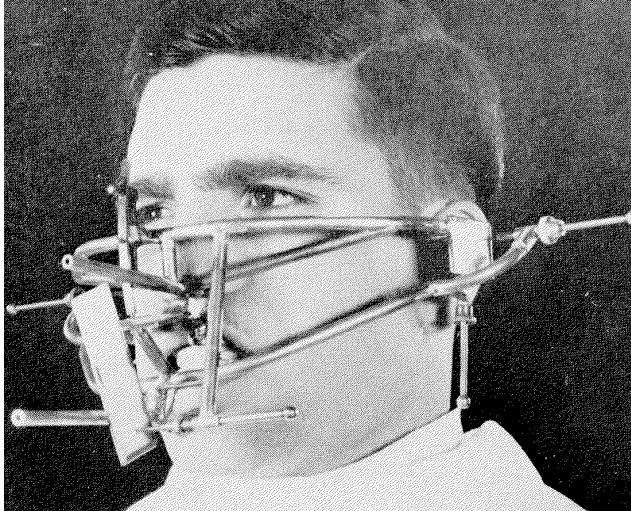


図 46 ナソグラフのプロトタイプ (1929)

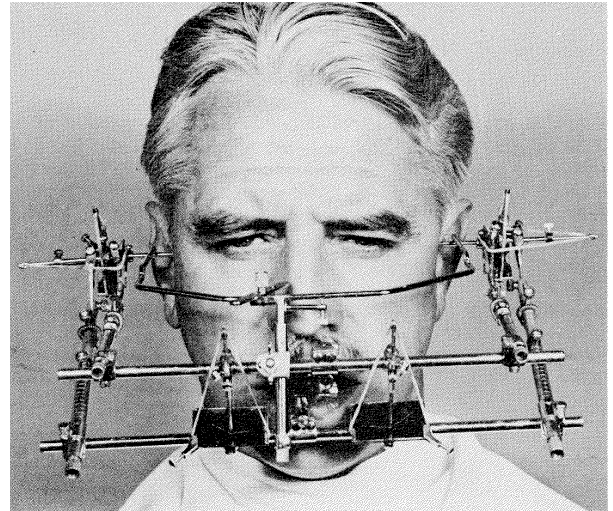


図 47 ナソグラフ (1929)

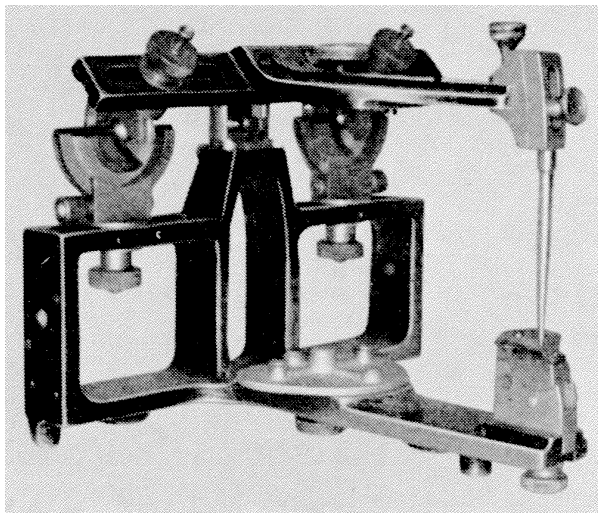


図 48 ナソスコープ (1934)

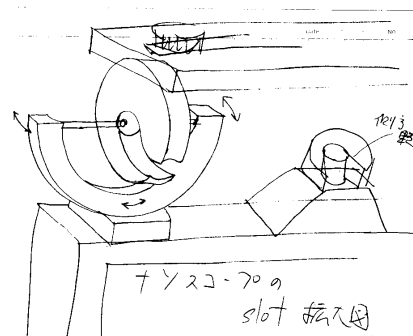


図 49 ナソスコープの構造

このスロット機構により作業側顎頭の前後・上下の規定は達成されるが、これらの規定にこの機構を使用すると、フィッシャー角の再現ができなくなる。顎頭球を側方運動回転中心点とみなして、作業側顎頭の上下の調節は側方運動回転中心点間距離を調節することによって達成させることにすれば、このナソスコープ完全な全調節性となる。しかし、McCollum は顎頭間距離として顎頭球間を考えたから、この咬合器は完全な全調節性としては使用することができない。

18) 1928 年 STUART はアルコン型の咬合器を開発した。この咬合器は師 McCOLUM の反対を受けて発表されずにいたが、後の STUART 咬合器 (1955) のプロトタイプとなった。

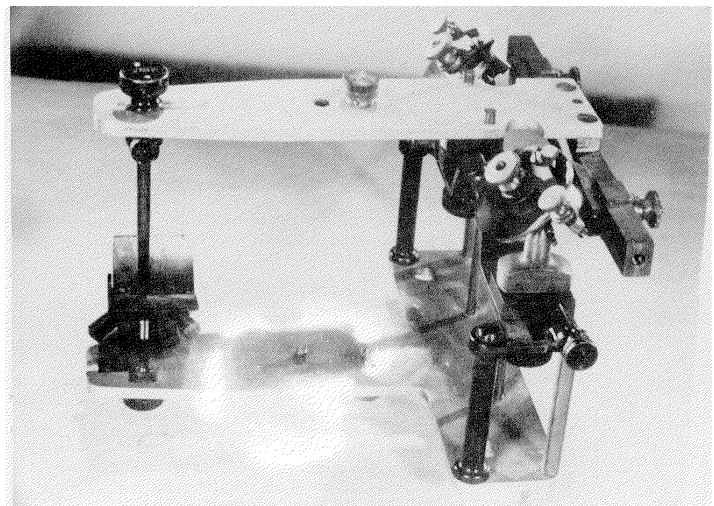


図 50 スチュアート咬合器のプロトタイプ (1928)

8. 咬合器 その迷宮と打開

全調節性咬合器の誕生にはナソグラフ (McCollum:1929)、パントグラフ (STUART:1950) の存在も忘れてはならない。しかし、顎運動の計測の精密化と全調節性咬合器の誕生は多くの問題点を露呈した。

1) パントグラフ

19) パントグラフは6つの描記板・描記針によって3次的に顎運動を記録する装置である。STUART パントグラフは、不動の上顎部に顎頭部の垂直描記板並びに水平描記板が置かれ、前方水平描記板は可動の下顎部に置かれている。画期的な運動描記装置ではあるが、Stuart パントグラフは数学的にはもっと単純化を図ることができる (3つの描記板・描記針で必要十分)。

【基本用語】 パントグラフ (PANTOGRAPH)

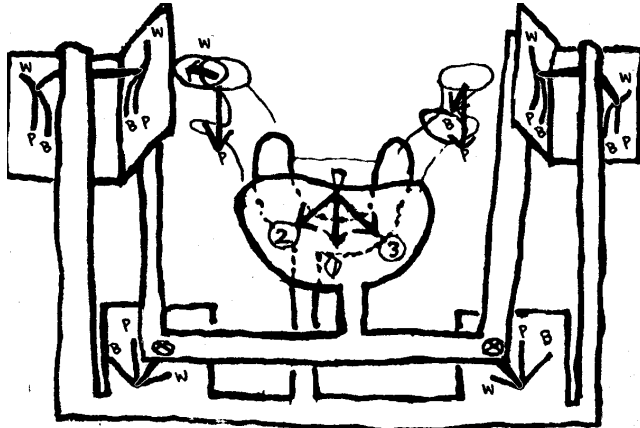


図 51 パントグラフ (1950)

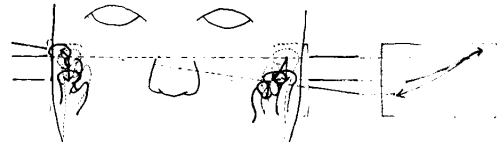


図 52 パントグラフ記録と弾筆と実像との関係

パントグラフ記録はそのまま顎頭の実像を写したものである。顎頭外部からの記録による誤差が生じるためである。しかし、このことから弾筆による記録法が否定されることはない。弾筆によるパントグラフ法による記録から、顎運動を正確に咬合器に再現することはできるし、そのためには、弾筆によるパントグラフの必要十分条件を理解しておく必要がある。

パントグラフの必要十分条件

図の三点 A,B,C は一つの剛体に属する。これら三点にそれぞれ弾筆 Aa,Bb,Cc が装着されている。先端の点 a,b,c は剛体の点ではないが次の条件によって運動に制限を受ける。

- i) a は直線 AB と平面 α の交点である。
- ii) b は直線 AB と平面 β の交点である。
- iii) c は平面 γ にあって、Cc は平面 ABC に垂直である。(「Cc は直線 AB に垂直である」と条件を緩和できる)

ここで α, β, γ はそれぞれ空間に固定されている。剛体が行った運動の後、先端 a,b,c の到達した位置を a_0, b_0, c_0 とする。これから剛体の点 A,B,C の運動後の位置 A_0, B_0, C_0 を求めることはできるか。それはできる。つまり、上記条件を整えればパントグラフは三つの弾筆・描記板だけで顎運動を再現できる。

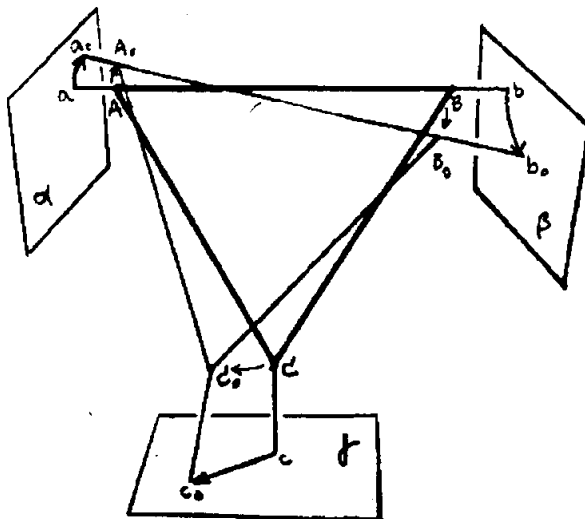


図 53

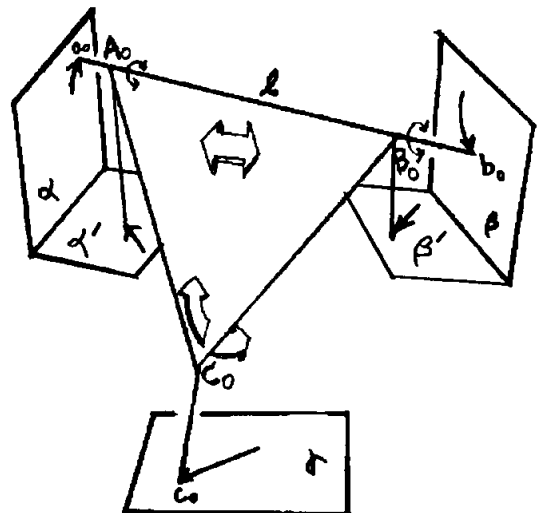


図 54

〔説明〕

i) まず二点 a_0, b_0 を結ぶ直線を考え、これを l で表す。点 A,B は l 上にとり、点 C は任意にとる。

このとき、平面 γ 上の先端 c は (一般に) c_0 と異なる。

ii) $\triangle ABC$ には次の二つの運動が許されている。a) l 方向の平行移動。b) l を軸とする回転

iii) これら二つを合成して、c を c_0 に重ねることができる。c が c_0 に重なったときの A,B,C の位置が運動後の位置 A_0, B_0, C_0 である。

iv) 臨床的には α, β, γ だけではなく、 α', β' を加えておいたほうが便宜的ではある。

2) Stuart 咬合器 (1955)

20) 1928 年のプロトタイプは STALLARD らの支持を得て、STUART 咬合器 (1955) として結実した。この咬合器は調節の自由度はナソスコープと同じであるが、規制をスロットではなく 1928 年のプロトタイプを継承してコンダイル・ボックスにして、2 軸機構を与えたことで形態の単純明解を図った。この 2 軸機構は GYSI の TRUBYTE を継承するものである。(GUICHET 咬合器 1974 は 2 軸機構を採用しないでコンダイル・ボックスに集約した。2 軸機構は咬合器の運動を不安定にするという問題点がある。)



図55 スチュアート咬合器 (1955)

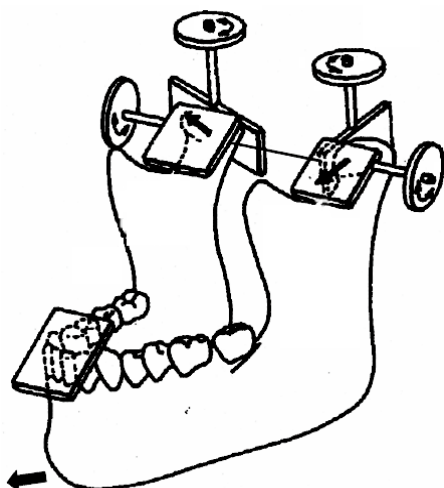


図57 全調節性咬合器の規定板

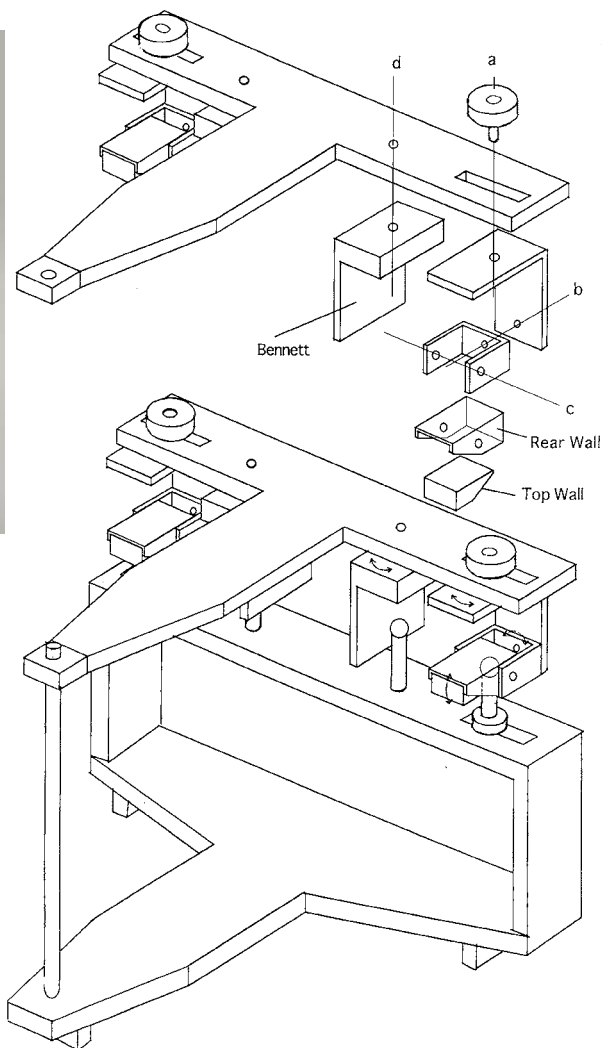


図56 Stuart 咬合器の構造原理

全調節性咬合器であるための条件

21) 非作業側顎頭の運動方向は Top Wall と Bennett 板の 2 枚で規定され、作業側顎頭は Top Wall と Rear Wall の 2 枚で規定される。前方運動は 1 枚の Top Wall で規定される。よって、一つの顎頭に関して作業側・非作業側・前方を規定するには、合計 5 枚の規定板が必要である。しかし、Stuart (図 55, 56) と Guichet (図 59) の 2 つの咬合器は従来全調節性咬合器とされてきたが、4 つの規定板しかないので、全調節性咬合器の必要十分な条件である 5 要素を満たしていないので、完全な全調節性咬合器ではない。

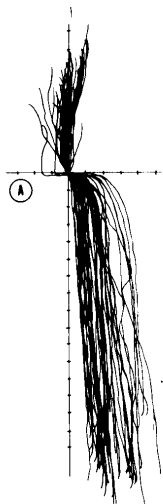


図 58

3) イミディエイト・サイドシフト

22) 1973 年 LUNDEEN は側方顎路を調べた結果、個人差がでるのはイミディエイト・サイド・シフト (平均 1mm) であり、プログレッシブ・サイド・シフトは正中とは 5° で一定していることを知った。(図 58)

しかし、このイミディエイト・サイド・シフトはクラッチを用いて歯牙の運動を誘導・規定したときのみには生じる現象であり、通常の有咬頭の天然歯による咬合では、このイミディエイト・サイド・シフトは発現しない。よって、イミディエイト・サイド・シフト再現機構は咬合器に必要なものではない。

【基本用語】

イミディエイト・サイド・シフト (IMMEDIATE SIDE SIFT)

プログレッシブ・サイド・シフト (PROGRESSIVE SIDE SIFT)

23) 1974 年、Guichet により開発された咬合器。全調節性咬合器とされているが、Stuart 咬合器と同じく顎頭の調節は 4 要素しかなく、全調節咬合器に必須の 5 要素を満たしていないから、本当の意味での全調節性咬合器ではない。しかし、Stuart 咬合器と異なり、4 要素を一つのコンダイルボックスに収納したこと、一枚の Top Wall に前方矢状顎路角と非作業時前方顎路角を兼用させるメカニズムを創案したこと、調節板の調節順序を確立したこと、アンテリアーガイドダンス装備など咬合器の発展の歴史の中で大きな役割を果たした。

なお、Guichet 咬合器にはイミューディエイト・サイド・シフトの調節機構が付いているが、前述したように、このことについては従来考えられた程には重要なことではない。



図 59 Guichet 咬合器 (1974)

24) 1982 年、Lundeen は Gibbs とともに天然歯同士の接触咬合を発表しています。1973 年の時とは異なり、クラッチは使用していません。顎頭は Immediate Side Shift していないの見える。

ここで、注意してほしいのは歯牙も顎頭も涙状の軌跡を辿りますが、歯牙の軌跡の頂点が運動の始発と終着であるのに対して、顎頭の軌跡の頂点は運動の終盤であって終着・始発の位置ではない。これは顎関節が軟組織によりサスペンション状態であることを物語っている。作業側顎頭は咬合頭嵌合位に戻る前に強く関節窩に圧入されることになる。

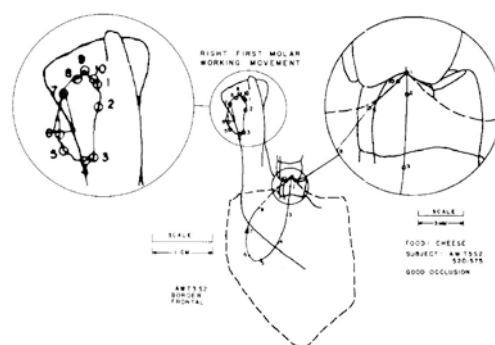


図 59 Lundeen・Gibbs 咬合時の顎路

3) 顎頭間距離調節機構の本当の意味

25) 顎頭の位置や顎頭の運動そのものを明確にする必要がなければ、全調節性咬合器において、顎頭間距離の調節は必ずしも必要なものではない。咬合運動を再現させるためには、下顎を含む剛体空間の中の任意の三点の運動が再現できればよいからである。顎頭球が生体の顎頭を意味しないとき、咬合器の顎頭球は顎頭ではなく側方運動回転中心点を意味する。

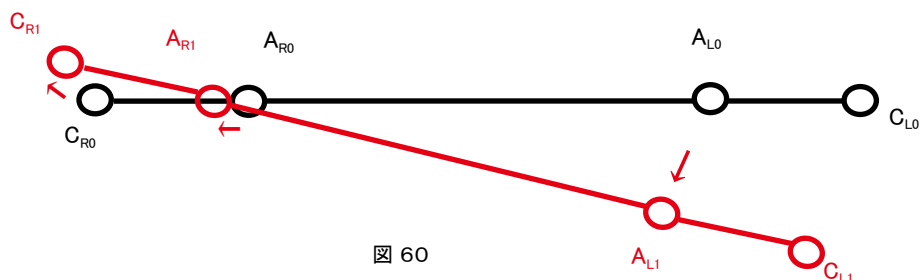


図 60

9. 全調節性咬合器の構造原理

前述したように、各顎頭球は 5 枚の規制板によって前後左右の運動再現ができる。じつは、ここで問題が生じる。5 つの規制板の内の 3 枚の Top Wall が夫々独立して異なった角度であるために、全調節性咬合器としては構造として 3 枚の Top Wall を備えた複雑なものになる。咬合器の開発の歴史はこの複雑な要件を単純にする工夫の歴史であったと言える。

1) 前方運動時と非作業時の Top Wall の取り扱い

25) 図 62 に示すように、前方運動は Top Wall (SP) を軸 N を中心に回転させて前方矢状顎路傾斜度を規定し、非作業顎頭は Top Wall (GL) と Bennett 板 (B) の 2 枚の規制板により運動方向を規定する。

前方運動時の調節にダイヤル①により Top Wall (SP) を軸 N を中心に回転させると軸 M は軸 N を中心として回転する。軸 M の傾斜度は前方運動時の顎路傾斜度となる。このとき、ダイヤル②により Top Wall (SP) を軸 M を中心に回転させても軸 M の傾斜度は変化しないことを理解すること。

前方運動時の顎路は M 軸と一致し、非作業時の顎路は内方に入って前方運動時の軌跡とは異なる顎路をとるために、ダイヤル②で非作業側顎頭の調節をする。図 59 で、一枚の Top Wall (SP & GL) で前方時の矢状顎路傾斜度を変化させないで非作業時の顎路傾斜度を調節できる。

26) 一般的な半調節性咬合器は Top Wall が 1 枚しかなくダイヤル②の機構を持たないため、Top Wall を前方時の規制板として用いてしまえば Bennett 角を付与しても非作業時の運動は再現できない。逆に、Top Wall を非作業時の顆路傾斜度の規定板として用いると、前方運動の運動は再現できない。

ダイヤル②により非作業時の顆路傾斜度を、また引き続いてダイヤル③によりベネット角を調節して非作業側顆頭の運動規定をすることを理解すること。

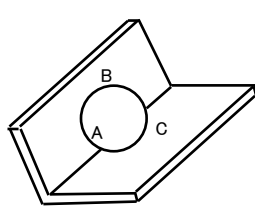


図 61

球体 A の運動方向は 2 枚の規制板で規定される。非作業側顆頭球は、Top Wall と Bennett 板の 2 枚で規定され、作業側顆頭は Rear Wall と Top Wall で規定され、前方時は Top Wall 1 枚で規定される。

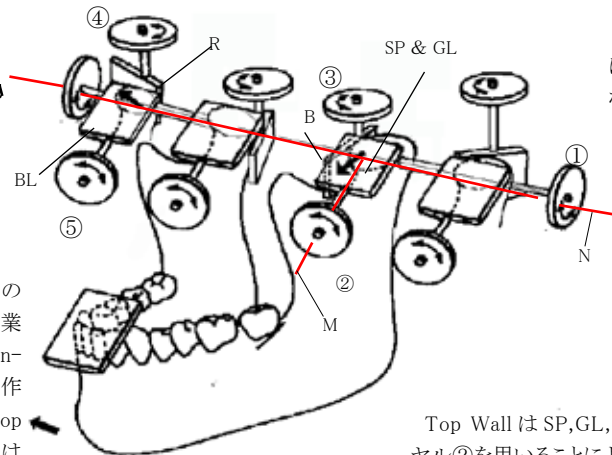


図 62

全調節性咬合器であるには、左右顆頭球は以下の運動の 5 要素が規制されねばならない。

前方運動

前方時矢状顆路① Top Wall : SP

非作業側運動

非作業時矢状顆路 ② Top Wall : GL

非作業時側方顆路 ③ Bennett 板 : B

作業側運動

作業時側方顆路④ Rear Wall : R

作業時前頭顆路 ⑤ Top Wall : BL

Top Wall は SP, GL, BL の 3 枚が用いられるが、SP, GL はダイヤル②を用いることにより規制板 SP & GL に兼任させることができるため、全調節性咬合器に最小限必要な規制板は 4 枚である。

2) 作業時の顆頭球の取り扱い

27) 3 枚の Top Wall の内、前方時と非作業時の Top Wall はダイヤル②を使用することにより SP & GL 一枚で併用することができたが、作業時の Top Wall までは併用できないために独立させて Top Wall を与えねばならない。図62の第二顆頭球の Top Wall (BL) がそれである。顆頭球を分離したのであるから、第二顆頭球には作業時の役割を持たせることにしよう。つまり、作業側顆頭は第二顆頭球であり、Top Wall (BL) と Rear Wall (R) の 2 枚で規制される。非作業側顆頭は図62では内側の第一顆頭球、作業側顆頭は図62の外側の第二顆頭球として分別されているので、各々の顆頭球の規制板による規制のされ方が良く分かる。

28) このように、全調節性咬合器であるためには 5 枚の規制板が必要であり、作業側顆頭球を独立させねばならないために、第一・第二顆頭球が必要であり、その結果、4 顆頭球咬合器にならざるを得ない。4 顆頭球咬合器といえば Stuart 咬合器が有名であるが、Stuart 咬合器ではベネット板を独立させており、作業側顆頭を独立させているのではないので、構造の意味は上記のものとは異なります。なお、一般的な半調節性咬合器では作業側顆頭の運動方向は図62でいうと顆頭間軸 N-N 方向に外方へ固定されている。



図 63 BGN 咬合器 (Jul. 2000)

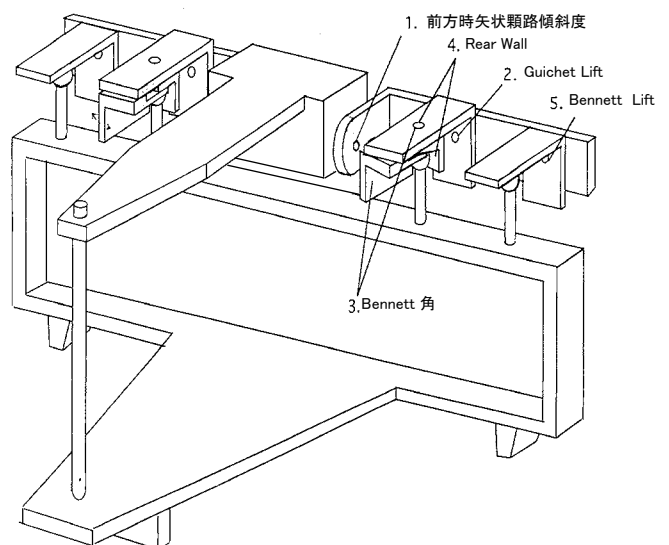


図 64 BGN 咬合器の構造原理図

10. 半調節性咬合器の限界と問題点 思考実習の勧め

今、貴方が平均値咬合器を使用しているとしよう。その咬合器の矢状顎路傾斜度は生体のそれよりも大きいかもしれないし、また小さいかもしれない。その他、Bennett 角など 5 要素について「大きすぎ・小さすぎ」を考えると、平均値とは実に多様な在りようの中の一形態でしかない。大小というだけの大雑把な篩い分けで偏側の 5 要素を取り上げても、 $2^5=32$ 通りあり（図 17）、反対側からの影響を考えると $2^{10}=1024$ 通りの中の一形態ということになる。

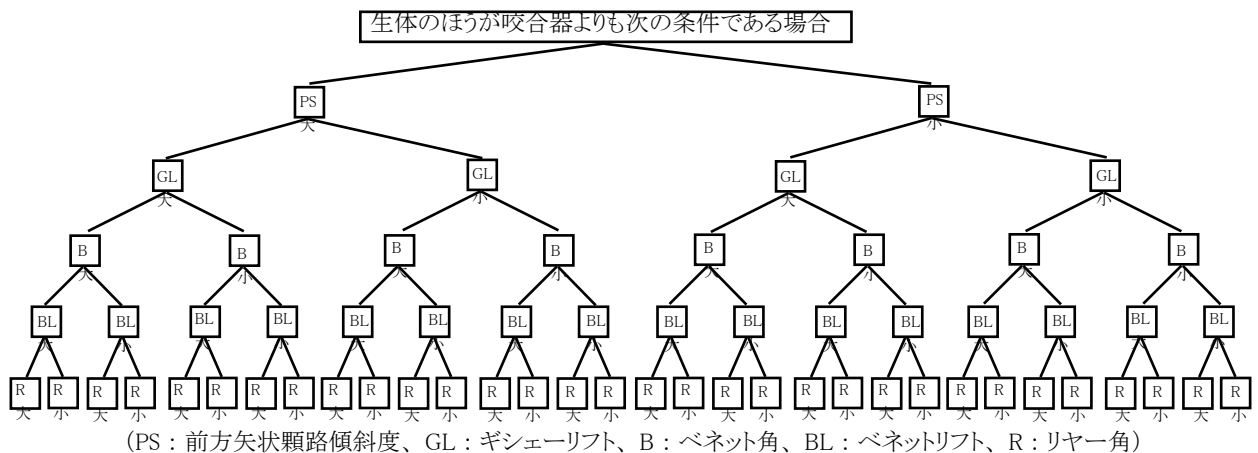


図 65 生体の5要素が咬合器よりも大きいまたは小さい場合の組み合わせは32通りとなる（作業側顎頭のみ）

1) 矢状顎路傾斜度

(1) 咬合器の矢状顎路傾斜度が生体のそれよりも大きい場合の前方運動

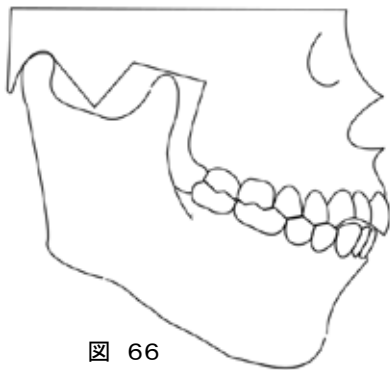


図 66

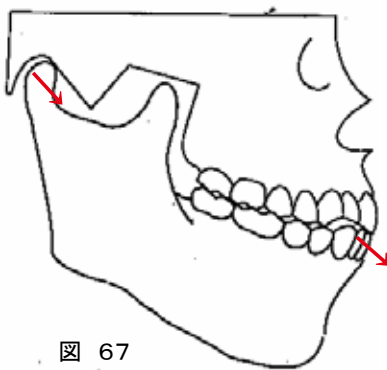


図 67

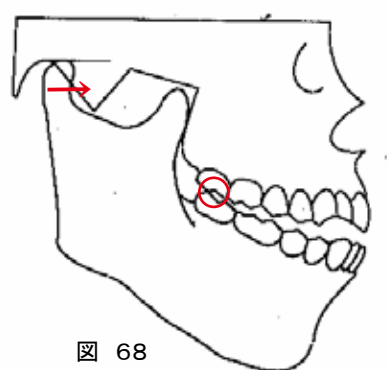


図 68

生体よりも大きな矢状顎路傾斜度を有した咬合器上でフルバランスで修復すると（図 66）、咬合器上では前方運動時に調和した運動をするが（図 67）、大きな顎路傾斜度で製作した補綴物は、小さな顎路傾斜度の生体では前方運動時に最後臼歯に早期接触を生じる（図 68）。

(2) 咬合器の矢状顎路傾斜度が生体のそれよりも大きい場合の側方運動

2) ベネットリフト



図 69

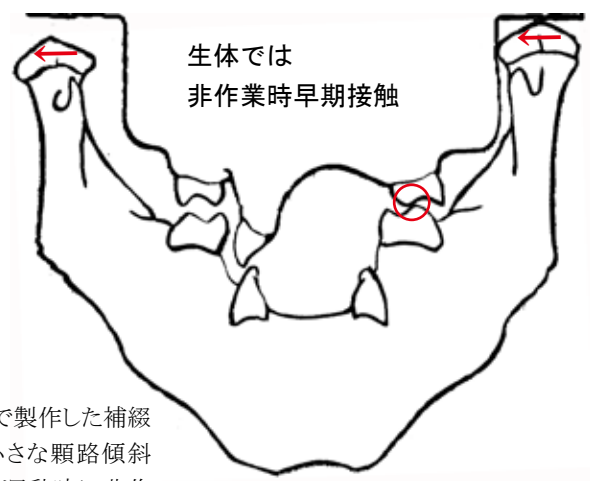


図 70

大きな顎路傾斜度で製作した補綴物（図 69）は、小さな顎路傾斜度の生体では側方運動時に非作業側早期接触を生じる（図 70）。

生体のベネットリフトが咬合器よりも大きい場合（生体の作業側顎頭が咬合器より下方に向かう場合）

Guichet の弁明

29) 全調節性咬合器であるとされた Guichet 咬合器は作業側顎頭の上下機構がないから全調節性ではなく、半調節性である。作業時の Top Wall は非作業時の Top Wall を流用するため、外上がりの Top Wall となっている。その状態で補綴物を製作すると、生体の作業時の Top Wall は外下がりであるから、補綴歯の頬側咬頭は Disclusion することになる。当時は（1970 年代）臼歯部離開咬合が推奨されていたため、Guichet は敢えて作業側顎頭の Lift 機構を付与しなかったという。臼歯部を Disclusion ではなく、調和咬合にする場合は添加することにより補いをつけることにする。（波多野泰夫先生のご教授による）

しかし、犬歯ガイドを含めて修復するときは非作業側接触を生じることになる。（図 7 1、7 2）

（2）生体のベネットリフトが咬合器よりも小さい場合（生体の作業側顎頭が咬合器よりも上方に向かう場合）

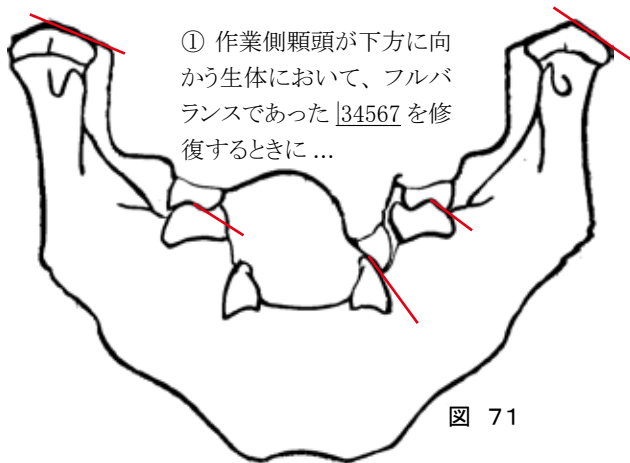


図 7 1



図 7 2

|34567| の偏側的な磨耗が進んだり、低く補綴製作されると反対側の最後臼歯 7| の非作業側接触を生じようになる。

図15は図14に比して、|37|の頬側咬頭は短くなっている。

30) この咬合器上で |6| 単冠製作をしたときに、|6| を装着した口腔内では次の事が観察される。残存歯として |57| があれば、|57| の頬側咬頭は作業時にはファセットが接触しないで離開する。気を付けて観察すると |234| も離開しているかもしれない。反対側の非作業側の歯牙のファセットもごく微量ですが離開するはずである（非作業側の微小離開はこの状態で・を単冠製作すると、|6| 単冠は生体では非作業側早期接触を生じる原因になる）。

この咬合器上で |6| を Wax up すれば |6| の頬側咬頭は高くなり、この補綴物を生体に装着すると作業時には |6| は他の歯牙に比して強い咬合接触を生じることになる。中心咬合位では適正な咬合であるのに、作業時に常にこの |6| だけ強い接触を生じるために、やがて動揺を起こすことになる。

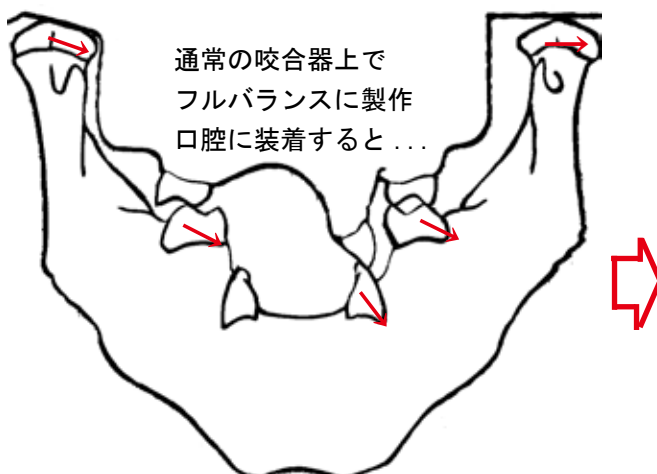


図 7 3

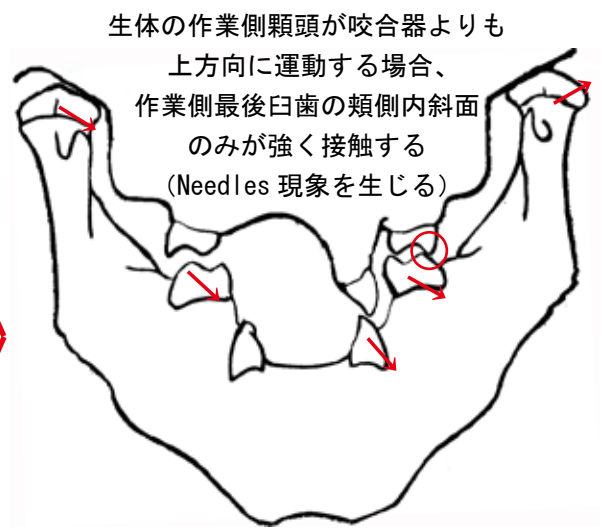


図 7 4

思考実習の総括

31) ここでの実習は全調節性咬合器が必要であることが理解できる作業側顎頭の上下規定についてのみを行なってみた。この実習に引き続いて各要素が変化した場合の現象について考察をしてください。図62は偏側の顎頭についてだけの32通りしか表していません。この実習は多くの組み合わせの中のほんの一例でしかありません。この思考実習を通して、引例された形態以外の場合についても容易に考察・判断ができるようになると思います。

この咬合の3次元的な運動形態の理解の訓練は貴方の咬合にかんする臨床の技術レベルを高めてくれるでしょう。そして、全調節性咬合器の本当の意味が見えて来ると思います。平均値で作業をした後で調整するよりも、ファセットを適合させてから作業をするほうが如何に楽であるかがご理解いただけたかと思います。

11. 全調節性咬合器の薦め

32) 咬合器の各要素の角度が生体に比して大き過ぎた場合と小さ過ぎた場合に、それが生体にどのような影響を与えるかという考察は決して簡単なものではありません。このような困難な考察と注意を払いながら平均値咬合器や半調節性咬合器を扱うよりも、前方・右側方・左側方の三個の Check Bite を採取して10個のネジを調節するだけで生体どおりの運動が再現できる全調節性咬合器のほうが簡便なのです。咬合器上での観察・調節の方が、限られた視野で口腔内での観察・調節よりはるか容易です。どうして平均値咬合器で十分という風潮が容認されてきたのでしょうか。この背景には全調節性咬合器があまりにも操作が困難であったこと、咬合器の操作に苦勞した割には口腔内での調節を余儀なくされて結局は半調節性咬合器や平均値咬合器と同じくらいの成果しか挙げられなかったという現実体験が挙げられるでしょう。本当は、全調節性咬合器は従来の半調節性咬合器よりも簡便に取り扱うことができます。また、全調節性咬合器でもってしても口腔内での咬合調整を余儀なくされたというのは咬合器が生体の運動を正確に再現できないのではなく、Check Bite 法が誤っていたり（咬合記録法の誤用）、または、製作補綴物の適合性に根本的な原因があったと思われます。咬合器に全幅の信頼が置けない限り、咬合器周辺のあらゆる技法（印象、バイト、模型製作、Wax Up、鑄造など）は曖昧さを残すでしょう。全調節性咬合器の必要性は単に正確な顎運動の再現のためだけではないのです。平均値咬合器だから、とか半調節性咬合器だから口腔内調節は仕方がないという逃げ口上を遮断したとき、初めて調節を必要とした原因探しができるようになるのです。ここからが本当の意味での技術の切磋琢磨が始まると言っても良いでしょう。

（完）

引用図 出典

- 図 1 : Denton, G.B. ; The Gariot articulator myth. Dent. Cos., 75: 693 - 695,1933.
- 図 2 : Dental Articulator. Patent No. 1574, April 30,1840.
- 図 2 : Cameron 咬合器, JADA, 17, P8, 1930
- 図 3 : Dental Articulator. Patent No.1743, August 28, 1840.
- 図 3 : Evens 咬合器, JADA, 17, P9, 1930
- 図 3,8,20 : Ruppert E. Hall ; An Analysis of the work and ideas of inventions and authors of relations and movements of the mandible. JADA, 16 : 1642 - 1693, 1929.
- 図 4, 5,6,7 : Bonwill, W.G.A.; The scientific articulation of the human teeth as founded on geometrical, mathematical and mechanical laws. The Anatomical Articulator. Dental Items of Interest, 21:617-643,1899.
- 図 9 : Prothero, J. H.; A brief history of prosthetic dentistry.:1151, in 「Prosthetic Dentistry」, 1916.
- 図 10,12,13,14 : Walker W.E.; The Facial line and angles in prosthetic dentistry: Dental Cosmos. 39:789-800, 1897.
- 図 11: Walker,W.E.; Movements of the mandibular condyles and dental articulation., Dental Cosmos.38: P573 - P583. 1896.
- 図 15,16 : Gritman A.D ; Concerning articulators, Dent. Items of Interests. 21: 802-806,1899.
- 図 17,18 : Campion G.G. ; Some graphic records of movements of the mandible in the living subject. (and their bearing on the mechanism of the joint and construction of articulators), Dental Cosmos. 47: P39. 1905.
- 図 19 : Hillyer, E.; The development of the anatomical articulator., Dental Cosmos.55:P989,1913.
- 図 21 : 永田原図
- 図 22,23,24,25,26,28: Gysi, A.; The Problem of articulation. Dent.Cosmos, 52:1-,148-,268-,403-,1910.
- 図 27,29: 永田原図
- 図 30:Bennett N.G.; A contribution to the study of the movements of mandible.,Proc. Roy.Soc.Med,Sec. Odont.1.79-98.1908.
- 図 31,33,35: Clapp,G.W.; ProSthetic Articulation, P149,162,165,1914.
- 図 32: Prothero,J.H.; P474,ProSthetic Dentistry,1916.
- 図 34: 永田原図
- 図 36:Dental Articulator. Patent No.1228667, June 5,1917.
- 図 37,43: Nichols, I.G.; Prosthetic dentistry, P176,155,1930.
- 図 38, 39: 永田原図
- 図 40: Hanau,R.L.;Full Denture Prosthesis, P37,1930.
- 図 41,42: Hanau,R.L.; Hanau Intraoral method VS. Gysi extraoral method, P32,33,1927.
- 図 44,45: Needles, J.W.; Mandibular Movements and Articulator Design., J.A.D.A. 10: 927-935, 1923.
- 図 46,47: McCollum, B,B, & Stuart, C,E,.; A Research Report, P64,67, 1955.
- 図 48: 保母須弥也 ; 咬合学事典 , P394,239, 1978. (ナソスコープ)
- 図 49: 永田原図
- 図 50: Stuart,C,E,.; The History of Gnathology, P119,1984. (Stuart 咬合器のプロトタイプ)
- 図 51,52,53,54,55,56,57: 永田原図
- 図 58: Lundeen, H.C.,Wirth, C.G.; Condylar movement Patterns engraved in plastic blocks., J.P.D. 30: 866-,1973.
- 図 59: Lundeen, H.C., Gibbs, C. H.: Advances in Occlusion. John Wright PSG Inc. 14. 1982.
- 図 60 ~ 72: 永田原図

完