

# 中心位にまつわる議論についての考察と提案

## 目次

	目次	Page
1.	中心咬合位をどこにするのか、また中心位に関するどのような、歯科医師でなくては語りだすことができないと思われることに歯科技工士が言及できるのでしょうか。	3
2.	ダイナミカル・システムの構成要素であるオートポイエーシスとはなんですか？	6
3.	複雑系とは何でしょうか？	7
4.	オートポイエーシスと歯科技工にはどんな関係があるのでしょうか？	8
5.	コンティンジェンシー (contingency) と、ダブル・コンティンジェンシー (double contingency) という言葉は分かりにくい言葉です。他の言葉で表現できませんか？	9
6.	そもそも社会システムとは何ですか？	9
7.	オートポイエーシスの「構造的カップリング」について	10
8.	必然性と偶然性について	11
9.	唯一性と多様性について	13
10.	社会科学の重要性について	15
11.	「ダブル・コンティンジェンシー」と「コンティンジェンシー」という言葉で、口腔システムや歯の生成を説明できますか？	16
12.	歯はどのようにして現在の形になったと考えられますか？	18
13.	どのような要素が歯を生成させたと考えられますか？	19
14.	仮想運動軸法とは、どのようなものですか	21
15.	新しい発想法である唯一性と多様性というカテゴリーから生まれ、仮想運動軸法を採用した咬合器とはどのような咬合器でしょうか？	24
16.	歯科医師の先生方がご不自由であることを鑑みて、歯科技工士が咬合理論を作ってみました	25
17.	上下臼歯の咬合面間の空間の変化を認識すること	26
18.	歯科医師が詳細にまで設計し、最適化された補綴物について	26

19.	臼歯の咬合面の凸凹は物を咬むためにできたというのは、事実ですか？	28
20.	デカルトの生体機械論について	31
21.	ナソロジーが残したもの	33
22.	存在論と認識論が由来の二つの測定法と再現方法	37
23.	オートポイエーシスで語る、新しいナソロジーを探します	39
24.	デカルト座標系に、終末蝶番軸を伴う「中心位」をお迎えすることについて	41
25.	仮想運動軸法について	42
26.	理想世界について	44
27.	理想パーツについて	45
28.	測定のための精密なプロビジョナル・レストレーションについて	46
29.	理想世界でできることとは何ですか？	46
30.	歯科技工に興味がある歯科医の先生方へ	48
31.	Solidworks という CAD を使った歯科補綴物の設計について	49
32.	専用プラグインの使用について	49
33.	汎用 CAD を使用して歯科技工をする場合、少し準備が必要です	50
34.	ジルコニア製のフレームによるブリッジの製作方法	50
35.	ジルコニア製のフレームによる単冠の作り方	51
36.	セラミッククラウンの作成方法	51
37.	インレーの作成方法	52
38.	ジルコニアディスクへの埋め込み	52
39.	金属床の作り方	53
40.	総義歯の作り方（下顎のみ）	53
41.	CATIA と Solidworks を使用 シミュレーションの設定	54
42.	咀嚼運動シミュレーション	54
43.	有限要素法の応用	55
44.	人工知能を歯科技工に応用する	55

人工知能がアシストする CAD を使えるような日を迎えるために、いかにすべきかを考察する（修正版・Ver.2）

ご注意ください

以下の文章の表現方法に、何か違和感を覚えるかも知れませんが、それらの表現は科学になる一歩手前のだからです。

## 中心位にまつわる議論についての考察と提案

中心咬合位をどこにするのか、また中心位に関するこのような、歯科医師でなくては語るができないと思われることに歯科技工士が言及できるのでしょうか。

私は生体を操作するとき、それらに関する専門分野の問題には歯科医師が担当すべきだと思います。また、診療や診断に関しない要件を CAD で操作するとき、歯科技工士の考えで設定の選択について歯科医師に要求することは、ある程度の範囲でできると思います。

CAD を使って補綴物を作成するとき、このシステムについて語ることはできます。歯科技工士の立場から補綴物の製作に関して、このようにすれば現在抱えている問題を解決とまではいかないけれども、アイデアを提案して問題解決を前進させることができるのではないかと思います。

※中心咬合位とは上下の歯列の位置関係のことです。中心位とは上顎骨の側頭部の下顎窩と下顎骨の下顎頭の位置関係に関する、骨と骨との位置関係のことです。中心位は歴史的に定義が変化しています。

※ターミナル・ヒンジアキシスと中心位の関係（Centric relation in the terminal hinge position of the

mandible , in which the hinge axis is constant to both the mandible and maxilla.) 「下顎が終末蝶番軸を中心として純粋な蝶番運動を営むときの上下顎の位置関係が中心位である」。これは、「歯界展望」の 2022 年 7 月号に特集されている、「中心位を再考する (理論編)」より引用。

※「歯界展望」は日本の歯科業界誌です。

上下顎に及ぶような大規模な歯科補綴をするケースについて：中心咬合位や中心位の位置の決定は、診断に関することなので歯科医師が行います。

補綴物の臼歯の咬合面の形状について、現在ではほとんどの場合、歯科技工士が形状の作成を行っています。しかし私はできることなら、歯科医師が設計を行う方がよいと思っています。その理由は、歯科技工士は最初に教えられたことを反復的に行うことから自力では脱することができないからです。できることは技術をシェイプアップすることや製作時間の短縮ぐらいです。

歯科技工士は患者さんとの直接的なかかわりがないので、そういうことになるのです。また、職務権限上の理由ということもあります。患者は歯科医の先生を頼って来院するのであって歯科技工士ではありません。権限と責任について当然そうなります。また、アカデミックな発表の場において症例報告するとき、「歯科医師が設計し、技工士に制作を依頼した」といった方が聴視者の興味が増すと思います。

歯科医師の場合は、患者さんという生体と関わることで、対話的に補綴物を変化させることができると思います。現在では、歯科医師が補綴物を直接作ることがほとんどありませんので、歯科医師が CAD で補綴物の設計を行い、歯科技工士が製作を行うとよいと思っています。それでは、歯科医療の業界で、このような「新しいモノづくり」をするためにはどうしたらよいのでしょうか。

現在、注目されているシステム理論のひとつに「オートポイエーシス」というものがあります。このオートポイエーシスを実際に歯科の補綴分野の歯科技工、補綴物の製作に導入することができれば「新しいモノづくり」が実現できると考えます。それは歯科医師が CAD を使ったシステムで補綴物の設計に積極的に参加することによって、オートポイエーシスは実現されると思います。

歯科医師が経済負担をすることなく CAD を自由に使うことが難しいことが考えられます。また今まで歯科医療の現場で具体的な補綴物の設計を歯科医師が行い、製作は歯科技工士が行うという習慣がありませんでした。本来的に言えば、歯科医療では治療と補綴物の製

作、両方ともに歯科医師が行うことが建前であると思います。したがって、歯科医師が CAD で設計を行うことに歯科医師法、歯科技工士法から考えても全く問題はありません。「新しいモノづくり」を何か阻むものがあるのでしょうか。あるとすれば、歯科技工士が補綴物の具体的な設計を行うという習慣でしょうか。歯科医師が CAD を使うということに関しては、現在では CAD のライセンスの形態もいろいろあって経済的な負担も軽減されていると思います。

CAD が登場する前には、歯のようなオーガニックな 3 次元形状を具体的に設計することはできませんでした。作りながら設計するというスタイルを踏襲するしかありませんでした。

一般の工業界においては、1960 年代に 2 次元製図システムが登場し、1980 年代に入って 3 次元 CAD システムの商品化がされるようになりました。歯科用 CAD としては、1985 年にスイス・チューリッヒ大学のグループが、ドイツ・シーメンス社と共同で開発して世に送り出した「CEREC システム」が最初であったと考えられています。

何らかの技術的なきっかけがあれば、現在の歯科技工士が補綴物の具体的な設計をしている状態を、理想的な姿に戻すことが可能であると思います。理想的な姿とは、歯科医師が補綴物の設計をして、歯科技工士がそれに基づいて製作するということです。もしくは、完成時のデザインを歯科技工士が作成して、歯科医師が製作する前に確認するというだけでもよいでしょう。オートポイエーシスが指し示す「最適化」という操作は、患者との接触がない歯科技工士には難しい操作であると思います。

そもそも歯科技工士という職業は、歯科医師が治療で忙しくなったので歯科治療に供する補綴物の製作について、診断や治療については十分な知識がなくても、歯科技工という範囲に限って助手に任せたとするのが始まりであったと思います。その後、独立した専門職業となりました。しかし、歯科技工士には患者に直接に接する機会がないので、口腔内に装着した補綴物の評価をすることができません。このようなことから補綴物の具体的な設計に歯科医師が直接関わった方がよいと、私は主張します。

その補綴物の具体的な設計に歯科医師に参加していただくことの合理性を説明する必要が生じてくると思います。口腔というシステムを取り扱うための「複雑性の縮減」、つまり「オートポイエーシスの概念」の導入を提案いたします。「複雑性の縮減」とは、システムを取扱いやすくするための手順と言いかえることもできます。人間が新しい方法で自然と関わりあおうとするとき、そこには順序だった作法のようなものが必要で、単にできればよいということではないようです。その手順を示すのが「オートポイエーシス」です。

## ダイナミカル・システムの構成要素であるオートポイエーシスとは なんですか？

1960年代に新しいオートポイエーシスというシステムの基本モデルとなる概念がチリの生物学者であり神経生理学者であるフランベルト・R・マトゥラーナとフランシスコ・J・ヴァレラの二人から発表されました。ギリシア語の *autos* (=自己) と *poiein* (=つくる) から合成されたオートポイエーシス (**Autopoiesis**) という人工語は、自己産出といったようなことを意味しています。彼らは、この概念を超自然的な力や原理の助けをかりず、物理学的、化学的な自然法則だけに訴えるアプローチであるとしています。

オートポイエーシスは生命システムの謎、とくに免疫的なシステムの謎を解くための概念として考えられました。生命が「非自己」を活用しつつ自己組織化をとげながら、それでもシステムとしての「自己」を環境の内外で保持しているのはなぜなのでしょう。そこには「自己を再生産するための自己準拠」や「自己による自己再帰」のしくみがあるのではないのかと考えられます。

生命は自分自身についての「自己言及」をしながらもそこに生じる自己矛盾（コンフリクト）をたくみに超越するしくみをもっているのではないのかとも考えられます。それはオートポイエーシスとでもいいうるものではないのか、マトゥラーナとヴァレラはそういう仮説をたてました。彼らの試みは、オートポイエーシス概念を用いて、生きているものの一般的な組織原理を、つまり、すべての生命体に妥当する組織原理を定式化することです。また、ニクラス・ルーマンはオートポイエーシスをもとに、社会システム論をつくりました。ここで論ずるシステム論は、ニクラス・ルーマンの社会システム論を参考にしています。

## 複雑系とは何でしょうか？

ニコラス・ルーマンは世界や社会をつねに複雑系として捉えました。世界や社会を形成する根源的な単位を「意味」に求めようとしつづけたこと、その意味を加工編集するものはずべからく「システム」であるとみなしました。

ルーマンは、社会は複雑なシステムであり、そのシステムは人間の理解する意味によって構成されるとみなしたのです。複雑系の科学は、部分が系の全体としての挙動にどのような関係性を持つのか、どのように系が相互に、あるいはそれが属する環境に関係性を持つのか、といったことに関して研究する科学に対する新しい手法です。

2つの側面からアプローチすることが有効とされます。例えば下顎の運動時における咀嚼運動を考えてみましょう。自然科学からの側面は、実体の歯の形態である咬合面の形状を取り扱い、一方社会科学からの側面は、咬合面間空間の変化を取り扱います。

まさに、「咬合面間空間は上下の歯のコミュニケーションの場」であるといえるでしょう。複雑系の科学の具体的な研究方法として、CADでのパラメータの変更による設計や有限要素法による構造・運動の連成解析などありますが、シミュレーションは有効な技法の1つです。

歯の形 1本からだけでは、システムとしての歯の機能を見いだすことはできず、臼歯の咬合面の形状は咀嚼運動という行為で作り出されるコミュニケーションを考えないと理解することができません。上顎と下顎の臼歯の咬合面は、中心咬合位における接触関係だけでなく、下顎運動時における近接関係の変化が問われます。咬合面間空間の変化とは、食物をかみ砕くために下顎が運動したとき、上の顎の歯と下の顎の歯の間にできる隙間が変化することをいいます。近接関係の変化と同じです。

社会システムのような複雑性は、システム理論によって内的対立から絶妙な複雑性の縮減や解放がもたらされて解消されます。対象となることがらが複雑であればあるほど、さらなる複雑なシステム理論が必要となります。歯科医療に限らず、医療は一般に応用自然科学の分野に属しているといわれます。また、医療は人間が組織だっけ行うために社会科学の分野にも属しているといわれています。つまり、社会システム理論は人間世界と自然世界を区別しながらも、統合して人間独自の解釈にもとづく世界観をつくります。

## オートポイエーシスと歯科技工にはどんな関係があるのでしょうか？

私は補綴物の具体的な設計に歯科医師が積極的にかかわるべきだと考えます。それを実現するためには、そのことに対応できる CAD システムと導入のための概念（コンセプト）が必要です。その概念として、オートポイエーシスが適当であると思います。歯科技工というよりも、もう一つ枠を広げて歯科補綴分野にオートポイエーシス概念を導入するということになります。こうなると歯科技工士がカバーする範囲を超えますので、ここでは歯科技工に関する分野に限って述べます。人間社会の社会システムに限らず、歯科技工にもオートポイエーシス概念を導入することができると思います。

※**歯科補綴分野とは、歯科補綴学のことです。歯科補綴学（prosthodontics）は歯学の専門分野の一つであり、臨床歯科医学の一分野で、歯や関連組織の欠損によって生じる顎口腔系の機能障害、審美性を回復することを目的とする学問です。単に補綴学（ほてつがく）とも呼ばれます。** ウィキペディアより

補綴物であるクラウンの臼歯の咬合面の形状を考えると、自然物としての歯の本体と社会物としての咬合面空間の両面を考えてつくらなければならないということになります。実際に、食物を噛み砕いたり、噛み切ったりするのは、上下の歯の隙間・空間の変化であり、実体の歯ではありません。上顎、または下顎の片側のみに、どんなに立派な歯があったとしても本来の機能を果たすことはできません。私は「下顎の運動によって生ずる臼歯の咬合面間の空間の変化は、創発的に設計されるべきだ」と考えます。

臼歯の機能を表す咬合面の形状や前歯の切縁の形状は社会科学的な取り扱いをしないかぎり、形状の意味を解釈できないと思います。臼歯の咬合面の凸凹は、部位によって特定のパターンをもっています。歯根も臼歯の部位によって1本のところ、2本のところ、3本のところがあります。また、臼歯の歯根は複雑に湾曲しています。下顎の左右の関節も3次元的なスライドと回転が混在して、単純系へのモデル化が困難なほど、様々な要因が複雑に絡まった複雑系であると思います。

歯科医師が咀嚼運動時に機能する臼歯の咬合面の凸凹のパターンがなぜこのような形をしているのかということをおオートポイエーシス概念の立場から述べるためには、内部構造や形状を正確に計測する必要があります。また正確な下顎の運動を分析する必要もあるでしょう。さらに下顎の運動に合わせて上下の歯列の咬合面間の隙間がどのように変化するか正確に測定する必要があると思います。

歯は人間がつくったものではありません。「実体としての人間の顎システム」はすでに存在しています。したがって、現実の顎の関節や歯、骨などの構造・形状はすでに、ソリッドで硬質な物体として存在しています。これを詳細に分析します。歯のエナメル質は硬質な物質であり、はっきりと境界をつくりますが、経時的に徐々にすり減ります。上顎の歯と下顎の歯の咬合面間の隙間が、どのように変化するかということについて考える必要性とは、咬耗する前には、未知なる何かがあったけれども、経時的に何が変化したのかを知らなくては治療できないからです。歯の咬合面間の隙間は時間とともにだんだんと変化します。その治療とは変化したものを回復させることであり、このような創発した内容についても新たな治療対象になる可能性があります。

CADによる設計には、同一の対象に対して、スタティック・デザインとダイナミック・デザインが必要になると思います。スタティック・デザインとは、通常の意味での設計図です。歯の寸法や位置、傾きなどです。ダイナミック・デザインはスタティック・デザインの説明のために必要なもので、設計図が二種類必要になるというわけではありません。なぜ、そうしたのかという「スタティック・デザインの理由」を設計するために必要なのです。ダイナミック・デザインは、四次元の設計です。設計には時間が組み込まれています。

**コンティンジェンシー (contingency) と、ダブル・コンティンジェンシー (double contingency) という言葉は分かりにくい言葉です。**

**他の言葉で表現できませんか？**

コンティンジェンシーは、「別様の可能性」とか「機能的な等価性」と訳されたり、「偶有性」と訳されたり、文脈によっていろいろな訳し方があるようです。また、コンティンジェンシーには、2つの意味構成があります。一つは「あるものに依存する」ということです。もう一つは「他にも可能である」ということです。つまり「不可能性」と「必然性の否定」としてのコンティンジェンシーということになります。ダブル・コンティンジェンシーは、「二重の条件依存性」と言い換えることができるようです。

**そもそも社会システムとは何ですか？**

パーソンズは、自著の『社会体系論』で解決しようとした問題とは何であったのでしょうか。それは有名な「ホブズ問題」とよばれるものです。「ホブズ問題」とは、人々が功

利的に利害を追求するとき、いかにして社会秩序は可能かという問題です。パーソンズによれば、トマス・ホッブズはこの問題は諸個人が社会契約することで解決するとししました。しかし、パーソンズはこれを功利概念の過大な拡張であり、実際には解決できていないとししました。『社会体系論』においては「ホッブズ問題」はダブル・コンティンジェンシー（二重の条件依存性）」の問題へとおきかえられています。

その「ダブル・コンティンジェンシー」とは、自己と相手の欲求の充足がそれぞれ相手の行為に依存するのですが、この相手の行為がこちらの行為のいかに依存していることを意味します。こうして社会秩序の問題は、2者関係における相互行為の安定性条件の問題へと移しかえられます。つまり、社会システムによって自己と相手の安定、維持をはかります。これは人間社会のシステムについて述べていますが、言いかえることによって、自然物にもあてはめることができると思います。それは結局、人間自身の問題だからです。人間がどうとらえるかということなのです。

## オートポイエーシスの「構造的カップリング」について

ここで臼歯の咬合面の形状の再構成を行う場合について、オートポイエーシス論の「構造的カップリング」を適用してみます。上顎の歯列、もしくは下顎の歯列はそれぞれ自己の価値体系という閉鎖的なシステム内にとどまっておき、自己のシステムの機能性を向上させることに有益であれば、相手の顎の歯列と相互的な関係を構築させるように形成させます。

一方、「相互浸透」というのは、二つの異なるシステム、つまり上顎の歯列と下顎の歯列を相互に関係させることによって、それぞれの咬合面のかみ合わせが複雑性を増していくことによって生ずる現象を指します。ルーマンによると、相互浸透の鍵は、二つのシステムが互いに開放的であり、各々のシステムの複雑性を他方へ移転させることが可能なことにあります。こうした相互浸透によって、お互いのシステムは変容を遂げていく機会を得るのです。上顎の歯列というシステムと下顎の歯列というシステムのそれぞれの咬合面は閉鎖的ではなく開放的なものとなり、相対するシステムの複雑性と自己のシステムの複雑性をやり取りするようなあり方になっています。この姿はまさしく相互浸透的であると表現できるのではないのでしょうか。

人間は自然世界の仕組みが理解できたとしても、自然世界と同じことはできません。人間の想像力に頼らないと、できないことがあるのかもしれませんが。歯の形状の生成に関して、自然世界においては遺伝子によって定められているのかもしれませんが、人間がその一部を再構成する場合、遺伝子操作によって作ることはできません。

自然世界で行われたであろう結果的な存在をリバースエンジニアリング的な思考で再構成して目的を成し遂げることになります。その方法がオートポイエシスによる歯の形状の再構成方法ということになります。従来の方法では人間の想像力をもとに手作業で歯の形状の編集が行われていましたが、新しい方法では上顎の歯列と下顎の歯列、2つのシステム間のコミュニケーションの役割を人工知能が行い、補助的な形状の作成はCADで行うことになります。

## 必然性と偶然性について

対象の内部に働いているものを必然性と偶然性というカテゴリーではなく、唯一性と多様性というカテゴリーに変更することは、人間の自発的な感性を信頼して二分したことになります。この二つの観点から対象を認識することにより、それが「最適化」されていると定義されるのではないのでしょうか。このように二元化する方法を変えることによって何が変わるのでしょうか。

最初に必然性と偶然性について考えてみます。唯一性と多様性については後で述べることにします。必然性と偶然性というカテゴリーも人間が作りました。これは、唯物論における重要な見解となっています。この二つの組み合わせで見える視座は、いったいどこにあるのでしょうか。また、新しく提起した唯一性と多様性というカテゴリーが見える視座との違いはどこにあるのでしょうか。前者は過去だけを見て未来は見ないでにおいて、未来は向こうからやってくるに任せると考えます。後者は過去も未来も両方とも見て積極的に関わらなければならないと考えます。

進化論は過去に起こったであろうことを物的証拠を元に分析して作り上げました。最先端は現在です。これより先はありません。進化論は、いったい何を説明したいのでしょうか。それは現在というものであり、現在において存在している我々人間を含む自然世界です。現在ある我々はこのような道をたどってきたという過程です。進化論は現在ある我々の世界はこのような理由で存在しているということを説明します。未来については具体的な資料がないので分析できません。それは不明です。当然なことです。あるとすれば、未来においても存在したいという人間の希望でしょう。

唯物論は過去を二つに分けました。二つに分けたといいましたが、実は分けていません。実際には過去を必然性と偶然性というように二つに分けることはできません。これは結果が分かっているからこそ、このような表現ができるのです。現在というものはすでに確定してしまっていることなのです。未来については適用できません。確定してしまったことに対する人間の評価です。過去に対して、たとえどのような評価を与えても物質的な意味での現在は変わることはありません。

必然性とは、そうなることが確実であって、それ以外はありませんということであり、また、いつ起こるのかということもわかっているのです。偶然性とは、予期しないことを起こす要素、性質のことです。偶然性は現在を変化させるのですが、どのように変化させるかはわかりません。また、いつ変化するのかはわからないということなのです。確実なことを起こす原因と不確実なことを起こす原因があり、これら 2 つが渾然一体になって世界は成立してきたとしています。

このカテゴリーでは、未来については 100%の偶然性、つまり不確実なことということになります。必然性は過去に経験したことのみ見出すことが出来ます。未来はまだ存在していないので人間が軽々しく口にすべきことではありません。また未来のようなことに関しては人間は具体的な分析対象としていません。一方向の時間の経過とともに、何が現在を作っているのか、現在の存在理由の説明をして、自然に対して受動的であった人間の立場が説明されます。未来への展望はありません。

必然性と偶然性というカテゴリーは対立関係という認識を軸にしています。必然性と偶然性は二者択一ということなのです。「わかるもの」と「わからないもの」、または、「はっきりしたもの」と「ぼやけたもの」など、相対的な関係になっています。これは人間の思いであり、人間の内なる対立する心が、現存する問題を解決しようとしてこのように分け方を考えだしました。このような対立関係から現在というものを説明する方法です。

現在から未来を見ても確実なことを見出すことができません。確かなものは過去にしか見出すことができないのです。現在見ることができているものは、すべて過去に生産されたものです。過去だけを見つめることを、必然性と偶然性というカテゴリーからの発想といいます。必然性と偶然性というカテゴリーは、過去を認識するためのツールです。過去は関係が確定しているから分けることができません。物事の因果関係は確定していますが、ただ人間はすべて知ることができないだけなのです。

進化論を支える必然性と偶然性というカテゴリーは、言い換えると混然としたものと言い換えることができます。必然性と偶然性の2つに分けるということは言葉のレトリックにすぎません。実際は2つが分けられないような状態をあらわしています。必然性と偶然性というカテゴリーでは、未来に対してもそのような態度をとることを勧めています。

## 唯一性と多様性について

人間にとって唯一のことは、どのようなことでしょうか。それは、人間世界の永遠性であると思います。人間にとってこれ以外のことはないでしょう。また多様性とは、二者の間の選択肢の比率のことを指しています。多様性というからには、1に対して10,000倍とか、1に対して100,000倍とか、それ以上の比率ということになるでしょう。とにかく相手には一つしか選択肢がないのだけれども、私にはそれに対して圧倒的な数の選択肢を持っているということです。このことは自然界の中で人間が特別な存在であるということから自らが自負すべきであると思います。

ところで、科学は有用であり、現在、人間がもっとも力を入れている分野であると思います。科学は人間が能動的に未来に関与するための道具であり、過去における成果を未来へ投影するためにつくられたのです。未来はまだ存在していません。未来は「必然と偶然」によって自然に任せるべきものであり、自動的に作られていくものなんでしょうか。それとも、人間が創らなければならないものなんでしょうか。未来を創る素材は過去から現在に至るまでに用意されているよう思います。未来について人間のなすべきことが特別に何かあるのでしょうか。私が思うことですが、未来について確かなものとは、それは人間です。人間が未来を考えることができる限り未来はあります。未来を考えるのは人間しかいません。未来を考えるには基本的なカテゴリーとして唯一性と多様性という、この2つが必要です。

一つは人間世界の永遠性で、もう一つは人間が自然世界でいろいろな意味での多様的で圧倒的な存在であることの認識です。それらは人間の責任で果たされるべきものです。責任を感じなくしては、なしえないものです。唯一性と多様性というカテゴリーは、一致という共通の認識を持っています。この二つの概念の一致なくしては、人間は未来において存在できないからです。調和や統一ではありません。

ここで提起した「唯一性と多様性」というカテゴリーで歴史というものの考察した場合、どのように取り扱ったらよいのでしょうか。私は歴史とは人間が思考し認識する際に参照できる証拠と事実に基づいた現実の記録であり、生成され得る可能性の中から合理的であると思われる 1 つの可能性を選択して記述したものであると考えています。これは非常に主観的な見方といえるでしょう。選択する主体者は人間であり、あらゆる可能性の中から一つ選び、事実として最適なものが記述されたもの、それが歴史になると考えます。

それゆえに、未来の歴史は現在よりも時間的に進んだ方向の記述となりますので、まだ現実には起きていません。記述された未来と現在からの道筋を作るのは人間です。「唯一性と多様性」というカテゴリーで考えることは、人間自身によって人間の未来を守護するのであり、この世を支えているのは人間であるという確信を持つことだと考えます。

必然性と偶然性というカテゴリーで歴史というものの考察した場合、どのように取り扱ったらよいのでしょうか。客観的な表現をしていても主体者は間違いなく人間なのです。これは従来からの歴史の見方です。進化論もこれに含まれると思います。「唯一性と多様性」と「必然性と偶然性」とはカテゴリーが違います。当然ですが 2 者の表現の仕方が違ってきます。過去の歴史とは、人間の客観的な判断によって選ばれどのように選択されてきたのか、記述されてきたものです。

ここで何を言いたいのかといえば、「唯一性と多様性」というカテゴリーで考えれば、人間は未来を自由に作るができるということになります。また、過去に関していえば、過去は物理的に操作することはできませんが、過去に対しての評価は変えることができます。「必然性と偶然性」というカテゴリーから「唯一性と多様性」というカテゴリーに変えることによって、人間の未来にとって重要なものを過去からもっと多く見つけ出すことが出来、未来に向けて転用できると思います。

サルが人に徐々に進化したのか、それともいきなり肌のつるつるした人間が登場したのかはわかりませんが、人間はいつの間にかこの世に登場しました。赤ちゃんも成長して子供になり、いつのまにか世の中について理解する心ができます。人間が自分の記憶の中で、みずからの赤ちゃんのころを思い起こすことがむつかしいように、人間が人間の歴史の最初を知ることはむつかしいことです。記録がないので、これを知ることは想像にたよるしか方法はありません。また、必然性と偶然性というカテゴリーで未来をみている限り、過去の再生産ばかりして、少しも前に進まないと思います。

## 社会科学の重要性について

人間の顎の関節の構造、上顎の歯と下顎の歯の全体かたち、臼歯の咬合面のパターンなどを見ると、それらが機能する状況を見ることができます。それらの機能と形状が一致しており、そこには矛盾や対立は見出せません。食物を噛み砕いたり、発音したりする場合、口腔の各部分が目的に対して一致し、それぞれが固有の機能を発現する状況を見ることができます。私たちはこの状況から自然科学からだけでは到達することが出来ない社会科学の共同体としての認識や知識の体系を見つけることができます。

これが社会科学にも注目する理由です。それは人間が観察して考えたことだからです。人間は、人間というしがらみからは逃れることができません。人間が作ったものではないものでも、観察者が人間ならば、人間というフィルターを通しての事実となります。どのようにしても人間というフィルターは、はずすことができません。もしもはずすことができたとしても、それは人間の理解できないものになってしまいます。意味のない羅列になってしまうでしょう。人間は、人間の理解できる意味や価値観としてのみ認識することができます。

人間は自然世界の一部であり、かつ独立した存在ではあるのだけれども、今まで人間は何から何まですべて自然の中から見つけて利用してきました。人間が本当に作れるのは理屈（理論）だけです。物については、100%自然界のものを利用します。ただ、これさえも作ったというよりも、発見ということになるかもしれません。理屈（理論）の表現方法には、哲学、数学などがあります。これらは人間の発明品です。しかし、自然世界に対して人間が発明したルールを付け加えることはできません。できるのは、自然のルールに関与することだけです。人間ができることは自然の力、仕組みを利用することだけです。

自然界において人間だけが一つ持っていたのは「人間というフィルター」だけだと思います。「人間というフィルター」とは、頭の中にある参照するデータのことです。このフィルターを通して見たり、聞いたり、考えてきたりしました。このフィルターを持っていたために、現在のように栄えることができるようになりました。それは、人間世界の永遠性と人間が自然世界でいろいろな意味での圧倒的な存在であることの認識であり、未来を考えたことです。これが自然科学だけでなく、社会科学の必要性の理由です。

## 「ダブル・コンティンジェンシー」と「コンティンジェンシー」と

### という言葉で、口腔システムや歯の生成を説明できますか？

人間の「実体としての顎システム」をオートポイエーシス概念で表現してみます。「下顎の動き」という作動スイッチが入ると、構造とシステムが出現します。作動が停止するとシステムは消滅し、「構成素」は安静位空隙となります。

※安静位空隙とは？ 下顎の安静位では上下顎の歯の咬合接触はありません。上下顎の歯の間には中切歯部で約 2 ～ 3mm の垂直的空隙があります。この空隙を安静位空隙といい、口腔が特別な機能をしていないリラックスした状態のことをいいます。

下顎が作動することによって「顎システム」という構造ができて、構造と環境とに区別されます。このとき環境とは上下顎の歯列、歯周組織や舌、口唇、顎の関節などです。また、「構成素」とは咬合面間の空間の変化です。「作動」、「構成素」、「構造」、「環境」の四つの要素から成ります。産出プロセスのネットワークは「構成素」を産出します。下顎の作動が停止すると「構成素」が安静位空隙になります。つまり下顎が作動すると「構成素」が構造を決定することになります。

コンティンジェンシーとダブル・コンティンジェンシーの 2 者はシステムをつくります。これらは歯の生成をどのように説明できるのでしょうか。ダブル・コンティンジェンシーは「現状を放棄し、変化させて、唯一の選択性を持つものであり、また対称的で、共同体を志向して、循環によって永遠に維持される」というようなものとします。コンティンジェンシーは「あわれみをもち、現状を継続し、それは圧倒的な選択性であり、また相対的で、集団的であり、因果な存在であるがゆえに最終的には消滅する」ということになります。

コンティンジェンシーはシステムを前進させて、継続させる要素です。また、ダブル・コンティンジェンシーはシステムを変化させる要素です。これは歯の生成を社会科学と自然科学の 2 つの立場から見た表現です。自己を生成し、維持する機構そのものです。ルーマンはダブル・コンティンジェンシーを社会システム理論の成立根拠としました。つまり、ルーマンにおけるシステム理論では、ダブル・コンティンジェンシーがシステムを構成する重要な要素であるとしています。

コンティンジェンシーとダブル・コンティンジェンシーがシステムの構成要素であるということです。この二要素が秩序を形成し現状の顎や関節、歯を含む咬合システムを形成したということになります。そして、実体としての「顎システム」ができました。また、人間が創発的な存在である社会システムにアクセスするためには、コンティンジェンシーとダブル・コンティンジェンシーという要素に分けて考えることができるポイントに立った場合のみアクセス可能であるということになります。他のポイントでは十分にアクセスすることができません。

コンティンジェンシーとダブル・コンティンジェンシーという対を設定することによって、互いの意味や価値など存在を明確にします。なぜそのようなことができるのかといえば、2つともに人間のためにつくった仮説的で相補的な用語だからです。

このように、オートポイエーシス概念では対をなす社会的な見方と自然科学的な見方を複合したような立場からの表現になります。社会科学は人間の立場からみた世界に関する仮説であり、あらたな発見により書き換えられる可能性があります。また、自然科学も自然の立場からみた世界に関する仮説であり、あらたな発見により今後書き換えられる可能性があります。

人間が中心となって世界に関与していかざるをえない状況は、人間が存在する限り続くでしょう。社会科学と自然科学は世界の表現方法の一つであって、二つに分けた仮説同士が互いに支えあっている形で、それぞれが独自に存在しています。

これは人間が世界に関与するときには「責任というメス」で切り分けることが必要です。世界を2つに分けることにより、その断面から社会科学と自然科学を見ることができる、という考え方です。世界は決して二つ存在するのではなく一つです。

現在の時点で、世界を社会科学と自然科学に分けて理解する考え方は、仮説のなかでも人間が非常に信頼を寄せている考え方であると私は思います。自然科学とは人間の責任において切り分けた世界の半分であり、自然科学は人間の存在と責任なくして独立して世界の中で存在できているわけではないということです。

生命体は存在に関して継続と変化という宿命を持っていますが、人間の普遍的な共通意識として同様だと思います。それは人間ならばだれでも生まれる前から定まっている運命に対処しなければならないという潜在意識が、人間社会というシステムの形成につながったと思います。それが社会科学です。

ルーマンは、世界は複雑なシステムであり、そのシステムは意味によって構成されるとみなしたのです。ルーマンの考えたオートポイエーシスによるシステム理論の特徴は、世界や人間の社会をつねに複雑系として捉えること、また世界や人間の社会を形成する根源的な単位を「意味」とすること、人間が認識する「意味」を加工したり編集したりするものはすべてシステム由来であるとしたことです。

オートポイエーシス概念は自然世界というブラックボックスを自然科学と社会科学に切り分けるメスであり、両者の立場からの言及が必要とされます。両者は横並びという関係ではなく、(A/非A) または、相互に (システム/環境) というように特定された関係を持っています。

## 歯はどのようにして現在の形になったと考えられますか？

オートポイエーシスの概念で歯の生成について言及してみます。オートポイエーシスの概念には人間には完全に管理できない要素が含まれているということです。ただしそれは理論のなかでは肯定的な意味で表現されています。その表現は肯定的ではありますが、1つには決められないようなことということでしょう。現実世界に存在しているものも、なぜ現在のようなかたちで存在するようになったのか、その経緯を知ることができないことがあるということでしょう。これは人間の立場から表現するために、特別な意図を持って試みました。歯は人間がつくったものではありませんので、おそらく歯自身にとっては、進化という要素を含めて当然の帰結として現在の形になったということでしょう。

その理由は、非常に大きい確率で人種や民族を問わず、歯は多少の個人差はあっても同一部位においては、同じような形をしているからなのです。結論はわかっているけれども、それができた過程はよくわかりません。このように歯の形状の本質を理解するために必要な概念であると思います。

私は、オートポイエーシスの概念を要素としたダイナミカル・システム理論は日本に必要であると考えます。「モノづくり大国日本」を標榜するのなら、ぜひこれを取り扱っていただきたいと思います。

一部ではありますがオートポイエーシス概念を使えば、歯や歯列のできた過程を仮説的に知ることができます。その仮説を使えば歯の生成に対して、人間が関与することができると思います。有用性が認められれば、その仮説に何らかの妥当性があるということでしょう。この「できる過程」とは胎児に歯が発生して徐々に形成されていく過程を説明できるとい

うことではありません。「歯の形状がいかにして現在の形状に形成されたか」ということに関しては、言及することは非常にむづかしいことです。

考古学的にみれば、ヒト科の祖先の類縁であると思われる類人猿も現在のヒトと同じような構造の顎と歯を持っています。「実体としての顎システム」の基本的な構造は、ヒトが現在のような言語を獲得するよりもかなり以前より存在していたといえるでしょう。

また、現在の類人猿も高度な知能を有し、社会的生活を営んでいます。ヒトの言語よりは低度ではありますが、発声や発音によって感情や意思などの疎通、共有を行うことが行われています。ヒトの祖先も同様であったと考えられます。類人猿が脊椎動物であり声帯も有していることから、ヒトの祖先にも咀嚼と発声、発音という機能が同時にあったと考えられます。

これは、オートポイエーシス概念における複数のシステムの自立性ということにあたります。「咀嚼システム」と「発声と発音システム」は同じ「実体としての顎システム」に重複しているようなイメージになります。

現在では、この「咀嚼システム」と「発声と発音システム」だけでなく、「審美システム」も有していると思います。オートポイエーシス概念によるシステム論を使うと、おおざっぱで部分的ではありますが、システムの面から仮説的に「歯の形状がいかにして現在の形状に形成されたか」を表現することができます。

## どのような要素が歯を生成させたと考えられますか？

オートポイエーシス概念で歯の生成を説明する場合、機能分化を担うコミュニケーションコードとして二つの言葉があり、それらはきわめて重要です。一つは、コンティンジェンシー (contingency) と呼ばれているもので、もう一つは、ダブル・コンティンジェンシー (double contingency) と呼ばれているものです。コンティンジェンシーという言葉はきわめて重要であるにもかかわらず、そのもっている意味がとてもわかりにくい言葉です。

あらためて説明すると、この「依存」というイメージには、よく「別様の可能性」とか「機能的な等価性」と訳されたり、「偶有性」、「偶発性」、「本来的偶然性」と説明されたりするけれど、これではよくわかりません。アングロサクソンの伝統には、「コンティンジェンシー」についての2つの意味構成があります。

1つは日常用語で「あるものに依存する」という「コンティンジェンシー」です。もう1つは他にも可能であるという意味での、したがって不可能性と必然性の否定としての「コンティンジェンシー」です。オートポイエーシス概念で表現されるシステム理論にとって重要な言葉の1つです。

それゆえ、人間にとって不確実なこと、不確定なこともコンティンジェントなものとしてすべて含意されています。さらに生起するかもしれない可能性もコンティンジェントであるとされます。コンティンジェンシーとは、日常的に存在する「本来的な偶然性」がかかわっているとともに、ものごとの「生起の本質」もかかわっているものです。

最初に、コンティンジェンシーという言葉を用いて、歯の形が現在のように決定されたことを表現してみます。歯の普遍的な形が現在のように決定されたその事実が、偶発的な出来事によって付随しておこった一連の出来事が、コンティンジェントであるということです。

これは、歯の生成という人間がかかわらない出来事を、人間の立場で表現するがゆえに創出される表象です。突発的に起こった事件や事故について、「まさかこんなことがコンティンジェントにおこるとは思わなかった」というように表現されます。

コンティンジェントであるということは、まずは偶然性や偶発性に自覚的になるということです。それらの存在を意識するということです。継続状態における変化の発生とその対応が求められ、そこに自身が進行方向に向かって投企（とうき）されるということです。

歯の立場になって考えると、歯の前身がみずから起こった偶発性や偶然性を、その由来からとこれからの行方を情報知覚します。そのコンティンジェントな機会によって出入りした出来事、情報、知覚、思索のすべてを新たに編集していきます。これがコンティンジェントであるということになります。

簡単に表現してみます。あるとき世界の中に否応なしに存在させられていることに気づいた歯の前身が、不安を通してそれらを自覚して現状を見つめ、そこから新たに自分自身の形状と構造をとらえなおします。そこから新しい形状と構造を形成し始めるという表現ができると思います。

この繰り返しによって現在の歯の形状が生成されたと考えるわけです。もちろん、歯には、心があるはずもなく意識もないと思いますが、適当な表現方法がないために、人間が歯の立場にたって表現したものです。あくまでも、超自然的な力や原理の助けをかりず、物理学的、化学的な自然法則だけに訴えるアプローチであることに変わりはありません。

もう一つ、ルーマンのシステム理論においては、ダブル・コンティンジェンシー（二重の条件依存性）という言葉が用いられています。この用語をコンティンジェンシーと合わせることによって自己言及的になり、さらに歯の生成について説明することができます。

現実の状態が偶然によってなされたことの結果であると定義することで、オートポイエーシス・システムの作動はすべてが偶然によっておこなわれているということになります。つまり、偶然性に対して開かれているということです。もともとダブル・コンティンジェンシーという言葉はパーソンズがつくり、パーソンズの社会システム理論で使用した言葉ですが、ルーマンは、パーソンズの二重の条件依存性を独自の解釈に変更しました。

ルーマンは、一方のすることが他方のすることの前提であり、しかもその逆も成り立つという循環はパーソンズと同様です。しかしルーマンは、パーソンズの「共有された価値を元にする」こととは違って、社会システムの成立根拠を二重の条件依存性に求めました。

2者が相対峙しているモデルです。2者は自身の要求と実行可能性を持っています。ある者は他者の実行の仕方に依存し、そして他者はこのある者の実行の仕方に依存しています。つまり、「もしあなたが私の望むことをするならば、私はあなたの求めることをする、という状況」の循環は、関与するシステムのいずれによっても決定されていない事態であるという不安定さが、自己言及的で自立的な機能分化を作り出します。

ルーマンはこのような創発の発生が社会システムを形成する道を示すとししました。私はルーマンがここで思い描いているのはシステムにおける創発の特性であり、それはシステムの構造的特性であると思います。私は歯の生成に関しても同様であると思います。

## 仮想運動軸法とは、どのようなものですか

私は実験するために左右の下顎頭の運動が曲線で表現できる特別な咬合器を作りました。そのためにその方法に応じた下顎運動のデータを取得しなければなりません。パントグラフを使って曲線のデータを取得する方法もありますが、ここでは側方運動時に片側 2 カ所のチェックバイトを使う方法を採用しました。この咬合器は臨床のケースで使うために作ったものではありません。そのため臨床ケースで使うことはできません。

下顎の運動量、運動方向を知るための方法の 1 つに、チェックバイトを利用する方法があります。通常は片側の側方運動に、1つのチェックバイトを採得します。しかしここで紹介するケースでは片側の側方運動に、2つのチェックバイトを採得します。

1つのチェックバイト使う方法の場合は作業側の下顎頭の運動を無視します。この方法は半調節性咬合器に用いられてきました。しかしここで紹介する2つのチェックバイトを使う方法は作業側の取り扱いが違います。作業側のベネット運動も曲線で再現する予定です。

半調節性咬合器では作業側の顎路の調節機構がなく、その運動経路は咬合器の設計者の意図によってあらかじめ決められてしまっています。非作業側のみの調節機構では、正確に下顎の運動を再現することができません。作業側の動きである、ベネット運動は多少のブレということは無視して、非作業側のみの顎路の調節機構で済ませてきました。

今回ここで紹介したチェックバイトを2つ使う方法は、作業側の顎頭の運動にも非作業側と同様な対応をして、咬合器に下顎の運動を正しく再現することができます。片側一つでは運動経路は直線となりますが、片側二つ使うことで経路を曲線にすることができます。また、歯科補綴物を作るために通常は下顎の前方運動、左右の側方運動が必要ですが、あなたが望めば後方運動を顎路の作成に組み込むことも可能でしょう。

チェックバイトは片側の側方運動につき2つ使います。1つ目のチェックバイトを上顎の歯列模型と下顎の歯列模型の間に咬ませます。下顎運動量の測定方法は、実験用の咬合器の左右の顎頭球とインサイザルピンの先端の移動量を計測します。顎頭球の移動量は、顎頭球と内壁、後壁、上壁の隙間を隙間ゲージで測定します。インサイザルピンの先端の移動量はインサイザルテーブルとインサイザルピンの先端の移動量を測定します。1つ目のチェックバイトの測定が終わったら、2つ目のチェックバイトを咬ませて、同様な方法で測定します。

今測定したデータをCAD内で再構成した実験用咬合器に適用して、下顎の運動を再現します。今回のケースでは、左右の側方運動チェックバイト4つと前方運動用のチェックバイト1つを使いました。合計5つのチェックバイトを使いました。

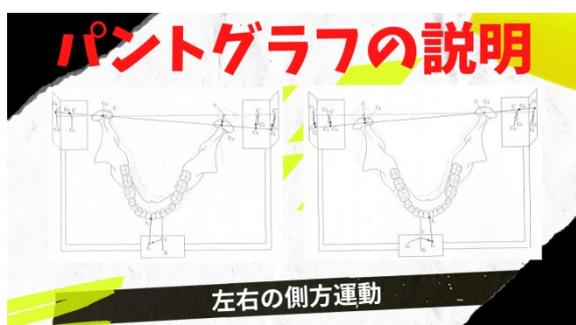


従来からある機械式や電子式のパントグラフを用いて下顎の運動の測定が行われてきました。この方法は歯科技工士が言及するには荷が重いので、もしもこのような器具の使い方の説明を望む場合は歯科医師が解説を担当すべきでしょう。

こういった測定装置を使う場合、身体から咬合器にデータをトランスファーするとき、きわめて慎重な取り扱いが必要になります。身体と基準面の関係が咬合器と基準面との関係と同一になるように体から咬合器上に位置関係を厳密にトランスファーして再現することが必要になります。また、身体の左右の下顎の顎頭間距離を咬合器に再現することが必要になることもあります。

身体の左右の下顎の顎頭間距離を実際に計測することはむずかしい作業です。上顎模型を咬合器にフェイスボウ・トランスファーするとき細心の注意が必要です。なぜならば、この作業に誤差が生ずると身体で精密に計測した顎路角の意味がなくなるからです。パントグラフで測定したときに得られた基準面と顎路のなす角度を咬合器の調節機構に入力しますが、身体上で設定した基準面が正確に咬合器上に再現されていることが必須条件です。

このように従来のパントグラフ法で計測した場合、器具の取り扱いの厳密さが求められません。



ここで仮想運動軸法の特徴の 1 つ紹介します。下顎の運動を咬合器で再現するとき身体の左右の下顎の顎頭間距離と咬合器の顎頭間距離が違って距離の違いが原因で運動の再現度の精度的な問題が発生することはありません。

通常チェックバイト法では上顎の歯列に対する下顎の歯列の相対的な位置の変化を利用して咬合器の下部の顎頭球の運動経路を取得します。チェックバイトは 1 つなので、運動経路は直線になります。機械式や電子式のパントグラフ法では、基準面を「0」として顎頭の位置の変化を計測し顎路角として算出する方法です。チェックバイト法とは測定原理が違います。

2 つのチェックバイトを使用する方法では上顎の歯列に対する下顎の歯列の相対的な位置の変化を利用して咬合器の下部の顎頭球の運動経路を取得します。チェックバイトを 2 つ使用するので運動経路は曲線になります。

チェックバイトをもう一つ加えると顎頭球の運動経路に中間点を追加することができます。顎頭球の運動経路は曲線で表現されます。通常、曲線は円弧を使用します。CAD を使えば円弧は取り扱いが易しいです。私はこの例を実現しようと考え、実験に必要な顎頭球の曲線による運動路を得るために特別に咬合器を作りました。そしてその様子を動画にしました。



## 新しい発想法である唯一性と多様性というカテゴリーから生まれ、 仮想運動軸法を採用した咬合器とはどのような咬合器でしょうか？

これから紹介する仮想運動軸法を採用した咬合器は従来の咬合器と少し違います。何が違うのかといえば、下顎の歯列模型が付着した咬合器の下部が前方運動や側方運動をするための調節機構の構造です。

従来の咬合器では、咬合器の上部の左右に顎路に似せた機械的な調節機構を作って設定していました。それは咬合器の下部を回転させたりスライドさせたりするための仕組みです。

改良した点は樹脂ブロックから自由に運動経路を削り出して使うようにしたこと、もしくは 3D プリンタで運動経路を形成して使えるようにしたこと。つまり、咬合器の設計者が考えた機械的な調節機構から開放されるということです。操作する者の考えによってどのようにでもガイド面を作ることができます。特に重要なのは顎路の運動経路を曲線的に表現できることです。また作業側のベネット運動の再現もできることです。

オペレーターの判断によって測定の操作における偶然性ということで省略されていた要素を運動経路の要素に加えることができます。ユーザーによって簡単にカスタマイズできることは樹脂ブロックから削り出して使う方法や3Dプリンタを使う方法の利点です。運動経路が簡易型でよいのであれば、左右の顎路や切歯路を従来型のように形成します。

唯一性と多様性というカテゴリーというのは、取得した多くの下顎の運動経路の中からユーザーが任意に運動経路を選べることです。身体の下顎の運動と同様に何通りもの運動パスを実体の咬合器で再現することはできません。咬合器に付与する運動経路は歯科補綴物を製作するために必要な運動経路を選べばよいわけです。運動経路はフォッサボックスやインサイザルテーブルを取り換えれば何通りでも再現できると思います。CADシステムならば取得したすべての運動経路を再現できますし、従来では行わなかった下顎の開閉時の運動の再現もできると思います。



## 歯科医師の先生方がご不自由であることを鑑みて、歯科技工士が咬合理論を作ってみました

私は歯科技工士ですが、発表された症例の断片化された歯科医師からの歯科技工に関するメッセージを、専門誌や講演会で見たり聞いたりすることがあります。これらのメッセージを、歯科技工士が自分の業務である歯科技工の個別の症例に合わせて再構成することは現在普通に行われていることです。しかしこの方法が患者さんにとっても、歯科医師の先生方にとっても十分満足できる補綴物ができる保障は、必ずしもあるものではないと考えます。

その理由は、歯科技工士は患者さんに接することがないので、十分な情報がない状態でその仕事を任されても十分責任を果たせないかもしれません。私は歯科医師に個別の症例に存在する問題を統合して、その症例に合わせて最適化し、具体的なイメージとして歯

科技工士に示していただくと大変ありがたいと考えています。また、最適化するということは患者さんにたいしてどのように歯科補綴物を作るのかを十分に説明できるということが重要であり、「最適化した」というだけでよいというわけではありません。悪くないものは良いものである、または悪くなければよい、という考え方は十分ではありません。歯科医師が自分の考えを歯科補綴物に込めたいと考える歯科医師に勧めるものです。

## 上下臼歯の咬合面間の空間の変化を認識すること

なぜ口に歯ができたのかという問いに対して、妥当性のある答えを導き出すことはむづかしく、仮説の域を出ることができません。それとも、歯は本当に咬むために作られたもので、そのような前提で作られている、と断定してもよいのでしょうか。ここで問題にしているのは進化論のような哲学としての生物学的なものが正しいのか、どうなのかというようなことではありません。人間がみずからを認識できるようになり、また直接的に見えるものと見えなくても存在するものがあることを認識できたとき、また、それを人間みずからが管理、維持しようとしたとき、直接見えないものにも思いをめぐらすことが必要であるということです。

目的と手段を考えると、目的は見えないものであり、見えるものは手段になります。そのようなことを行うためには従来では利用して来なかったツール、CAE (computer aided engineering) が必要になり、こういったものがなければ実行できないと思います。歯の形と構造は自然の法則によってできたものであり、その自然の法則とはどのようなメカニズムになっているのでしょうか。それを人間がどのようにしたら利用できるのか、関与できるのでしょうか。自然の法則といっても観念のレベルにとどまらず、具体的なメカニズムにまで言及できるシステム論はそれほど多くはありません。私はオートポイエーシスというシステム理論を採用するとよいと思います。

オートポイエーシスでは、①重複する機能、②支える成果メディア、③コードの種類、④プログラムの分類どの観点から考察することを推奨しています。人間が行うのであるから人間があらかじめ確認しておくべき 2 値のコードがあり、ここでは歯科技工をすること、歯科補綴物をつくることに焦点を当ててみます。

## 歯科医師が詳細にまで設計し、最適化された補綴物について

現在でも基本的に歯科医師が承認して、口腔内にセットされたものはすべて最適化された

歯科補綴物であると考えられることができます。つまり「最適化」の定義とは、考え方と手法がオートポイエシスの概念に沿ったものということができると思います。では最適化の具体的な例をあげるとどういったことがありますか。

自然界の複雑な事例に関しては、取り扱う対象に見合った方法が必要なのだと思います。科学は、人間の思うこと、考えることができる可能性の選択肢を増やして、自然世界に対して言及できる範囲を広げることができます。複雑性の縮減とは、人間が複雑なものを取り扱えるようになるということです。人間の思考のレベルやチャンネルを自在に変えるということです。複雑なものを取り扱うにはそれを理解し、オペレーションする方法を獲得しなければなりません。とにかく自然世界は非常に複雑で、知れば知るほどその奥には、より複雑なものが待っていると思います。最適化とは、目的に対して人間が十分に管理できるようにすることということが出来るでしょう。

私は「全領域再現性咬合器システム+人工知能がアシストする CAD」は対称的な概念の応用であり、その実用化の一例であると思えるからです。

私は歯科技工士です。歯科技工士に歯科補綴物の作成に関する発言を要請されるのは、歯科医師の観点ではない歯科補綴物の作成に関する発言が望まれていたのではないかと思います。

もし従来のような「歯科医療の前進のためだけを目的にする」という、歯科医療からの発想に基づく発想が求められるならば、歯科医師が歯科治療の中での中心的な立場と、歯科医療に関する責任の名においてなされればよかったことではないかと思います。日本の大学にもそのような研究するための仕組みがあるはずなので、私のように個人で行わなくても、それ相応な研究機関で行うことができたのではないのでしょうか。

「全領域再現性咬合器システム+人工知能のアシストがある CAD」を、どうしても世の中に出してほしいという要請が、「全能の神」からの要請であると思われたからこそ、私は何よりもこの案件を優先して続けてきました。そのように思わなかったならば、クリスチャンにもならなかったし、またこのようなものを作らなかつたでしょう。そのようなことを続けても、費用が掛かるだけで何の得にもなりません。また歯科技工士が「中心位にまつわる定義」を提案しても「おめでたい人」といわれ、誰も相手にしないでしょう。(参照 URL:<https://krdental.com/project/centric-relation/>)

それにもかかわらず、続けてきたのは「全能の神」からの「どうしても歯科技工を新しい方法で表現して従来の方法を修正してほしい」という強い要請が働いているという感触が私にはあったからなのです。

それは「日本人が対称的な概念を現実世界において何かを実用化させることこそが、人間自らが望む未来を構築できる唯一の手段であり、その過程を示せ。」ということなのです。従来にはなかった新たな観点からの発想で「中心位にまつわる定義」を提案し、それに関する技術的成果を表すことだと思います。

私は治療や診断に関しないことで、歯科技工士が歯の形などについて今までにない観点からの知見を語るができると思います。

## 臼歯の咬合面の凸凹は物を咬むためにできたというのは、事実ですか？

### か？

口の周りに歯ができた理由を見つけることは新しい発見なのでしょうか、それともいくつかの事実から想起される仮説の一つなのでしょうか。口の周りに、偶然に歯のような硬い物が出来ただけでも食物を体内に取り入れるために大変具合がよいので、そのまま性質として残った個体が自然選択されたのでしょうか。私は、「臼歯の咬合面の凸凹は物を咬むためにできた」というような、このように言い切った表現をした歯科専門書を見たことがありません。歯科医療にとって、その起源は特に問題視されないためなのかもしれません。現時点では仮説として取り扱われているということだと思います。

ところで「手を離すとりんごが落ちること」、この現象は特別のものであるとニュートンは認識し、それを引力と名づけ、その法則が発見されました。いまさら取り立てていうことでもありませんが、落ちるという現象は、実は物体どうしは互いにひきつけ合うということだったのです。イギリスの物理学者であるニュートンは、質量を持つすべての物体には「引力」があることを発見しました。

この現象を「万有引力」と名付け、2つの物体の間に働く万有引力は2つの物体の質量の積に比例し、距離の2乗に反比例します。海の潮の満ち引きも、地球と月の間に起こる「万有引力」の影響で起こっているのです。物を手から離せば落ちるということを、ただ単に当たり前のこととしていけば、特別に関心を持つ対象にならず、あえて言及することもない現象としての取り扱いになってしまいます。

ニュートンがなぜ認識できたかといえば、「落ちること」に唯一性として認識したからです。ニュートンは、万有引力が質量をもつ万物に生じる力であることを実験して数式として定式化し証明しました。万有引力を実験と理論で体系的にした功績が大きいことが指摘されています。

引力の発見と「咬合面の凸凹は物を咬み易くするためについている」、という発見は本質的には同じであると思います。これらは共に自然がつくったものです。人間が作ったものではありません。しかし、歯で物を噛むことは、人間だけでなく他の動物たちも日常的に行っていることで、今さら歯の存在理由について言うことはありません。歯科治療における歯科技工に利用するにあたり、あらためて表現してみます。

自然界において何らかの客観的な理由があり、その理由に基づく仕組みが口の周りに歯を作ったという考え方は、必然性と偶然性というカテゴリーから生ずる考え方です。その理由を発見することはとても難しいことです。この方法で歯の生成を考えよう、説明しようとするとは極めて困難な作業になると思います。サルの咬合どころか、もっと前の世代から始めなくてははいけません。

ここで唯一性と多様性というカテゴリーを用い自然科学と社会科学を併用することで、人間の世代から研究を始めることが出来ます。研究の目的は人間の咬み合わせなので、目的にかなっていません。私が思うことなのですが、自然科学の立場から積み上げる方法で徐々にボトムアップしていても、臼歯の咬合面の凸凹がなぜできたのか、ということまでたどり着くことができないのではないかと思います。自然にできたことなのだから自然科学ですべて解決できそうなのですが、どうもそうではないようです。

私は人間が世界を理解するためには対になっている自然科学と社会科学が必要であると思います。生物は人間が創ったものではありません。私はこのようなものに関して全体の仕組みを理解し解明するために両面からのアクセスが必要であると考えます。

なぜそうなのかという疑問に対しての答えは、従来のボトムアップ式の積み上げではうまく行かなかったから他の方法を考案した結果、それがオートポイエーシスという発想に行き着いたのだと思います。生物を順序立てて発生から説明する、つまり生物の仕組みを最初からどうしてこうなったのかということを、進化論のように説明することはきわめて難しいことだと思います。

生物の仕組みについてダーウィンの進化論では説明されていない部分も多くあります。特に生物の発生に関しては言及できていないといわれています。私は人間の口腔の仕組みにアクセスするためには、現在において認識できる口腔の状態を自然科学と社会科学の両面からアクセスして目的に迫るといった方法になると思います。私は考古学的なレベルでの「時間的にさかのぼること」は必要ないと思います。

私は自然科学と社会科学は対になっていますが決して対立する関係ではないと信じます。したがって、同じ対象に対して 2 つの科学を組み込んだとしても矛盾が生ずることはないと思います。1 つの対象にダイナミカル・システム理論を適用して優先度を問われたときは社会科学よりも自然科学が優先されます。ここで紹介したダイナミカル・システム理論は創発的二元論とも呼ばれていて、ダブル・コンティンジェンシーよりもコンティンジェンシー側が優先されます。

ところで、クラウンやインレー、セラミックフレームを汎用 CAD (Solidworks) を使って設計します。この汎用 CAD で歯の形状を作成したり編集したりするとき、本数が少なくても手作業ではかなり手間と時間が掛かります。歯科専用の CAD を使えば、専用のコマンドがあり操作も簡単かもしれません。しかし汎用の CAD で歯科技工の操作をするのはかなり大変です。クラウンの外形を編集する場合、最初に基本形状を読み込んで、症例に合わせて編集ポイントを移動させて外形を変形させます。特に大変なのがインレーの編集です。臼歯の咬合面の欠損した部分だけのサーフェスを作成することが大変なのです。汎用 CAD には、そういった専用コマンドがありません。できないことはありませんが難しいのです。これらの作成例は本文の後半にビデオで紹介しています。

これらの作業を人間が直接行った場合、時間と手間がかかり実用的ではありません。これらの作業を効率的に行うには人工知能の機能をぜひとも活用したいものです。手作業することは苦行に他なりません。

ディープラーニングの 3D ポリゴンメッシュの表現学習は、その特徴空間内のいかなる点も適格な空間的な表現であるように、メッシュ群がどのように表示されるかを記述する最も重要な高レベルの特徴を決定するものです。

特徴空間の特徴の値を操作して作り出した新しい表現は、個々のメッシュを人間が手動で直接操作しようとした場合に比べると、元のポリゴンメッシュ領域に変換し直したときに本物の歯らしく見える確率がより高くなります。これらは数式もしくはプログラムで表現されます。

## デカルトの生体機械論について

(デカルト哲学と生体機械論の問題・本多英太郎・愛知県立大学外国語学部紀要第 38 号言語・文学編「この文章は PDF 版より一部抜粋して追加編集しました」)

科学的な知の探求の歴史の中でデカルトの役割は否定できません。その機械的世界論は様々な分野に応用することで、伝統的な世界観の区分に従えば、宇宙であるマクロコスモスにだけでなく、生体であるミクロコスモスにも深く関係しています。物理学上の業績のみに 17 世紀科学革命の意義を求めるのではなく、ハーヴェイとデカルトにおいて人間が本格的に医学、生理学上の研究対象となったことにもその科学革命の意義を探求して見る必要があります。晩年デカルトが執筆に取りかかっていた未完の生理学書「人体の記述」は、次のようなことが記述されています。

**\*ウィリアム・ハーヴェイ (1578-1657) は、イングランド王国およびイングランド共和国の解剖学者、医師。医者としての腕を磨き宮廷の侍医にまで上り詰める一方で解剖の研究を進め、血液循環説を唱えた。**

ヒポクラテスの医学の重要な功績のひとつに、医学を原始的な迷信や呪術から切り離し、臨床と観察を重んじる経験科学へと発展させたことが挙げられます。デカルトの生体の哲学はヒポクラテスの医学のような人体の健康を保持し、疾病を治療し、追放する医学というようなものではありません。デカルトの医学である生体の哲学の特徴は、その基礎科学の第一部門となる健康な人間の本性の全面的な記述である生理学の領域にとどまっていることです。

機械論的自然観を根拠にして、もっとも鮮明に人体機械論および動物機械論をわれわれに提示したのはデカルトであり、その影響力のおおきさを考えれば、われわれはこの問題をデカルトにおいて検討せざるを得ません。デカルトの生体論の思想の特徴は、自然科学の観点から解明すると、数学によって解釈できるように自然的なものと同質であるということです。

近代における自然科学の中心課題は、物体の運動の問題であると考えてよいでしょう。その場合、伝統的に 2 つの世界を想定することが考えられます。一つはマクロの世界です。それは無限に加算、分解可能な、したがって無限大と無限小に開かれた物体による世界です。もう一つは生体のミクロの世界です。それは空間的に限定され、閉ざされた世界に、その根本的な原理運動を理解することができます。

前者にはガリレオガリレイ、デカルト、ニュートンに至る慣性原理を根幹とする天体の運動です。後者にはハーヴェイの生理学に代表される血液の「永続的な循環運動」です。したがって、2つの運動をイメージとして捉えれば、それぞれの世界の運動は直線と円によって表象されると考えてよいでしょう。天体における物体の慣性運動は直線です。そして生体における血液の循環運動は円運動です。歯科分野における下顎運動の原理的なモデルをデカルトの生体機械論に求めようとする本件においては、生体における血液の循環運動は関係ないのでここでは触れないでおきます。

デカルトは、生体の運動と機械の運動は同じものなので特別な原理を必要とせず、慣性の法則を根幹にした物体の機械学的な法則のもとにあるとしています。生体の運動と機械の運動は連続的です。我々は生体を問題にしながらか、生理学あるいは生物学からおよそかけ離れた地点である機械学の領域に足を踏み入れようとしています。しかしデカルトはこのような方法による生体の解明が科学的な実証性と厳密さを欠いたものであるとは考えていません。

デカルトの生体論の特徴は機械についての多くの言及があることです。デカルトは解剖学に依拠しつつ、機械についての多くの言及をしています。それは生体の運動を数学の次元に位置付けること考えていたからです。というのも、自然科学は厳密に数学の研究にほかならず、そして数学が機械学を支える土台だからです。

生体の運動の究明は、その対象が生命ある物体、すなわち、自動で動く物体である生命だということから、数学の厳密性と無縁な何か未知の原理による知の探究の対象であるなどと考えるはいけません。デカルトは解剖学と機械学こそが、生体の研究の知の方向性をあきらかにすると考えました。機械と生体の本質的な同一性を確実に推論するものが、機械でいえば分解であり、生物でいえば解剖学です。デカルトは実験的精神を支えにして機械論的な観点から生体の運動を解明しようと試みました。デカルトの思想は仮説を拠り所にした独断論的な定義や原理から始める議論であると安易に判定してはなりません。

デカルトの業績は科学的真理としては十分ではないかもしれませんが、生体の生理学的研究の方向性において、現在でも卓越した効力を持っていると言ってもよいでしょう。人間が自然科学上の一対象として考察されるかぎり、身体に係わる機能は機械技術の法則にもとづいて基本的には説明できるのです。

デカルトは生体と機械の違いについて次のように述べています。「人間は、多くの様々な自動機械、すなわち動物に似せた動く機械を製作することができます。しかし動物を模した機械は、生体の内にある多数の骨、筋肉、神経、動脈、静脈その他のすべての部分に比較

し、ごくわずかな部品しか使用されていません。人間の体は神の手によってつくられたものであるから、人間によって発明されうるいかなる機械よりも比較にならないほど整然とした秩序をもち、そして驚嘆すべき運動をそのうちに備えている一つの機械とみなすことができるでしょう。神の手による機械と人間の手による機械とのあいだにあるのは、本質的な差異ではなく、複雑さという程度の量的な違いであると考えられます」。

## ナソロジーが残したもの

この見出しから見ると、ナソロジーはすでに見捨てられた概念のような表現になっていますが、歯科技工士である私が発言する資格はないと思います。ここで言いたいこととは、ナソロジーは顎口腔系を機能的な一単位として研究、治療することを目的とした学問であり、その後の歯科治療に関する方向を定めたということです。事実として「歯界展望の2022年7月号」の特集の「中心位を再考する（理論編）」というレポートでは、「現在では終末蝶番軸を記録する臨床家がほとんどいなくなった」と報告しています。

ここでは歯科技工の知識なくしては考えられないのはもちろんなのですが、オートポイエーシス概念というものを歯科技工に導入して考えることを試みてみました。これは歯科技工の臨床の経験の中で思いついたことから始めたわけではありません。それゆえ、歯科医師ではなく歯科技工士でもナソロジーに何か言及できるのではないかと考えました。オートポイエーシス概念というものは特別に歯科とは関係のないものです。デカルトの生体機械論は特に歯科医療関係にないことですが、アメリカの歯科医師はそれを導入してナソロジーを作りました。そのいきさつとオートポイエーシス概念というものを歯科技工に導入することは似ていると思います。

ナソロジーとは、アメリカの歯科医師ハーベイ・スタラード(1888～1974)とビバリー・マッカラム(1883～1968)が提唱した、おもに有歯顎の咬合再構成を通して、顎口腔機能を回復させることを目的とした学問です。

理想咬合の定義を考えてみましょう。理想咬合とは、人間にとってもっとも適切と想定される噛み合わせ状態です。デカルトは人間の顎の状態や噛み合わせについて言及していませんが、神の手によって人間の体は作られたとしています。もしデカルトが咬合の状態に言及した場合、理想的な状態に物理的に作られていると考えたと思います。それをデカルトがどのように表現したのか想像してみました。

人間の体は神が作ったのであるから理想的であり、完全で非の打ち所がありません。したがって、人間の咬み合わせも理想的であると思います。神は人間の「設計」を作りました。しかし物質で作られた現実の人間の咬み合わせは神が直接作ったものではありません。

神が作った設計とはどのようなになっているのでしょうか。上下の歯列が理想的な排列になっています。さらに上下の歯列の咬み合わせも理想的になっています。下顎が開口を始めたとき、初期状態では下顎の下顎頭が全くブレのない純粋な回転運動をします。さらに下顎の開口度が大きくなると下顎頭が徐々に前下方に移動しながら開口するように作られている状態を理想咬合とするとします。ただし、ここでは個別の歯がどのように歯が並んでいるか、上下のかみ合わせがどのように構成されているのかなどの具体性にまでは言及しないでおきます。(URL: <https://krdental.com/project/centric-relation/>)

「現実の生体の顎の骨や歯列」と「神が設計した理想の顎の骨や歯列」の違いは、何でしょうか。ここで中心位の定義というものをデカルトの生体機械論の概念を借りて表現してみます。

神が作った理想状態の下顎が開口したとき、開口運動の初期状態では下顎の下顎頭が全くブレのない純粋な回転運動をします。しかし、現実の顎の下顎頭が全くブレのない純粋な回転するとは考えられません。純粋な蝶番軸というものは生体には存在しないと思います。運動学的な剛体の自由度は6自由度あります。したがって、下顎骨にも6自由度あります。下顎には運動学的に純粋な蝶番軸は存在しますが、実際に筋肉が下顎を幾何学的に純粋な蝶番軸運動だけをさせることはできないと思います。

中心位とは、神が作った理想状態の上下の歯列が中心咬合位で咬み合わせたとき、そのときの下顎骨の顎頭と上顎骨の下顎窩（関節窩）内の位置関係と表現できると思います。神が作った理想状態と現実の生体における下顎骨の顎頭と上顎骨の下顎窩（関節窩）内の位置関係との違いは何でしょうか。

それは、下顎を動かす筋肉などの駆動系も含めて、生体自身によって下顎の関節頭の周りの組織が最適化されているか、それとも神によって下顎の関節頭の周りの組織が造られているかの違いだと思います。

ただ、理想状態というのは神の設計であるので、具体的にどのようなになっているのか人間は知ることができません。唯一参考になる事例は、健全な人間の同様な部位の組織の状態です。これは神の設計と最も近いと思います。理想状態というのは具体的には不明です。神の設計は理想であるので、現実を最適化したものでも本来の理想的な状態とは少し違う

可能性があります。神の設計と現実における最適化は一致するかどうかという問題です。

人間は身体の成長期から完成期などの期間に、歯列や顎の骨、下顎頭周辺の組織などをどのようにして最適化してきたのでしょうか。私の考えですが、おそらく生体は神の青写真のようなものを持っていて、それに一致するように成長していくのではないのでしょうか。ただし、その個人の生活環境や生活習慣などによって変化することが考えられます。人間の歯列のかみ合わせや下顎骨の顎頭と上顎骨の下顎窩／関節窩内の位置関係は、身体の成長とともに徐々に関係性が確立されたと予想されます。したがって、治療のために短期間に中心位を決めなくてはならない場合でも、試行錯誤しながら行わなくてはならないでしょう。

咬合再構成が必要な治療をする場合、あらたな中心位を決めなくてはなりません。従来の考え方では、「必然性と偶然性」というカテゴリーからデカルトの生体機械論を理解するために、必然性といえる歯科医師が独断的に下顎頭の位置を決めていました。

中心位を歯科医師が独断的に決定するよりも、私が紹介したオートポイエーシスから生ずる「最適化」の方が本来のデカルトの生体機械論の考え方を具現化していると思います。

中心位は生体機械論の運動学的な基準位置です。デカルトの生体機械論には、「多様性と唯一性」のダイナミカル・システム理論の適用が似合っていると思います。理想が現実になるとき、さまざまな事情で理想と一致でなくても、生体自身によって最適化されると考えます。

「中心位」と「ターミナル・ヒンジアキシス」は似た概念の言葉ですが、「ターミナル・ヒンジアキシス」こそ、デカルトの生体機械論における神が設計した「中心位」そのものであると思います。健全な人間の中心咬合位における上下の顎の位置関係を「中心位」としたと思います。デカルトならばこのように考えたでしょう。

これは私の思うところですが、従来のナソロジーはデカルトの生体機械論から派生した考え方であり、必然性と偶然性という組み合わせのカテゴリーからの理論体系で意味づけがなされているのではないかと思います。従来のナソロジーは歯科における生体機械論の一つの表現方法であると思います。必然性と偶然性という組み合わせのカテゴリーからの取り扱いを「中心位」という位置の決定という問題に焼き直しをしました。ただ、言葉の上では必然性と偶然性と 2 つであるとしていますが、必然性という厳然たる法則性と偶然性というあいまいさは緊密に絡み合っていて、実際に正確に分けることがむづかしいことがらなのです。日本の歯科医師の先生方もかなりご苦労されたようです。これに真剣に取り

組んだ歯科医師もいらっしゃいましたが、こういったものには興味を示さなかった歯科医師の先生方もいらっしゃいました。

私がナソロジーという言葉を知ったのは、今から40年以上前です。歯科技工士になってからしばらくしてからでした。その頃知ったことは、人間の下顎にロボットの顎のような純粋な回転軸があるという話なのです。「不思議な話である」と思いました。そのこと以外はそれなりに納得できる内容であると思いました。あらためて考えてみると、このようなことは診断に関することなのです。「中心位」がどこであるかなどということは歯科医師本人が実際に歯科技工をするのであれば価値があると思います。しかし補綴物を作る専門の歯科技工士が勉強してもあまり意味がないのではないかとも思いました。

その理由は、歯科技工士は歯科補綴物を実際に作るのですが、基本的に当該患者に接することはできません。こういった咬合再構成をするような難しい症例では、歯科補綴物の製作に関する裁量権の問題で、当時ではワックスアップをしてみて歯科医師に意見を聞いたり、修正をしていただいたりとかかなり面倒です。また、歯科技工士は治療の結果を見届けることが出来ません。それなのに、あれこれ考えることが無駄ではないかもしれませんが、面倒で如何なものかと思いました。

実際、回転軸がどこにあるかということは診断に関することであり、歯科技工士には関係がありません。それがどこであろうと歯科医師自身の問題であり、歯科技工士には直接的には関係ないことです。歯科技工士に関係があるとすれば、軸の位置がずれると製作した歯科補綴物の調整が大きくなり、最悪の場合、再製作になる可能性があることです。

ナソロジーは人間の下顎の運動に関することにもかかわらず、何ゆえに、このように機械人間の下顎の運動に当てはめるようなことをされたのでしょうか。とても不自然に思いました。その背景には、ナソロジーは歯科の臨床経験から説き起こされた歯科医学というものではなく、デカルトの生体機械論という観点からの出発点ではなかったのかと、今考えるとあらためてそう思いました。ターミナル・ヒンジアキシス（終末蝶番軸）に伴う中心位という下顎の位置の決定の定義は時代の流れとともに、何度も変更されました。

ところで、これは今、私が思うことなのですが、最初に考案したナソロジストたちは、ターミナル・ヒンジアキシス（終末蝶番軸）をどのように解釈するかということの世界の人々に問いかけたのではないのでしょうか。私は、その深読みすることで現れてくる最初に考案したナソロジストたちの問いかけに対して、「仮想運動軸」を使う方法を提案します。これは現実世界と唯物論的世界観の関係ではなく、形而上学的概念をもっと考慮すべきであったということを促すことが目的です。現実の自然世界では運動に関して、純粋に回転成分

と移動成分が別れているものが少なく、下顎の運動もその例に漏れることはないと思います。

従来のナソロジーは、分断された歯科の知識の断片を束ね合わせるということに貢献したと思います。つまり歯科医療をシステムで考えるということです。また、歯だけでなく、顎の関節を含めた口腔全体を一つの単位として治療をするということともいえます。

※形而上学（けいじじょうがく）とは、感覚ないし経験を超え出でた世界を真実在とし、その世界の普遍的な原理について理性（延いてはロゴス）的な思惟で認識しようとする学問ないし哲学の一分野のことです。世界の根本的な成り立ちの理由（世界の根因）や、物や人間の存在の理由や意味など、感覚を超越したものについて考えます。ウィキペディアより

#### ※必然性と偶然性の相互浸透の例

一辺が10mmの鉄製の立方体を10個並べて寸法を測ると、おそらく100.1mmとか99.9mmになるでしょう、100mm丁度になることはほとんどないと思います。数学というか、算数的には $10\text{mm} \times 10 = 100\text{mm}$ です。これは理想世界の話で、現実には、目には見えないごくわずかな誤差も、積算されると扱いに困るほどになってしまうことがあるということです。10,000個とか、1億個、100億個になると、より顕著になると思います。

## 存在論と認識論が由来の二つの測定法と再現方法

存在論からの測定法と再現方法とは、いわゆる従来のパントグラフ法です。存在論的な下顎の運動について考察してみます。

下顎が開くとき、左右の顎頭間軸を貫く軸付近で回転運動を始めます。さらに大きく開口すると、回転しながら左右の下顎頭がほぼ均等に前下方に滑走します。

次に左右の側方運動について考察してみます。右方向の側方運動をするとき、右の顎頭が下顎窩内でわずかに外側移動を伴う回転をします。それに対して左の顎頭は前下内方に滑走します。左方向の側方運動をするときはこれとは逆の運動をします。

下顎運動の決定要素が支配する考察方法です。前方の決定要素について、接触運動のときはアンテリア・ガイダンスです。開口運動のときは前方の決定要素がありません。

これらの表現は生体の仕組みに由来する存在論的な下顎の運動の解釈です。これに異論を唱える人はいないでしょう。だからこそ、従来の測定方法ではパントグラフなどの器具を使って皮膚の下の顎頭の位置を探り顎頭間軸を求めました。また左や右の側方運動時における作業側や非作業側の顎頭の移動や回転を調べました。これらの測定行為はまさしく「存在論に由来の考察方法」といえるでしょう。

一方、私が提案する仮想運動軸法という下顎の運動の測定と再現に関する方法は、生体の下顎運動の仕組みである左右の顎頭やアンテリア・ガイダンスに由来しない方法です。

仮想運動軸法は何に依存するのでしょうか。それは下顎運動の測定方法に依存します。下顎骨は剛体と考えることができます。しかし下顎骨は筋肉や皮膚といった軟組織に覆われていて、外側からでは簡単に正確に下顎頭の位置を見つけることができません。

下顎骨には皮膚の外部に露出する歯列が接続しています。この歯列と下顎骨は歯根膜によって強固に一体となっています。したがってこれらは一つの剛体であると考えられます。

つまり、下顎の歯列の運動を計測することは、下顎の運動を計測することになります。この測定方法は個人によって変わる顎頭間距離に依存することがありません。まさにそれは認識論的な測定方法といえるでしょう。

下顎骨と歯根膜によって強固に連結されている下顎の歯列に 3 点を付与することによって下顎の正確な運動経路を取得することができます。この 3 点は直接歯列上に設定しなくてもよいのです。本例のように 3 点がついたプローブを歯列とリジッドに連結すればよいのです。

下顎の運動経路を知るには 3 次元空間の中での 3 点の変位を数学的な処理をしなければ知ることはできません。下顎頭のように下顎骨の特定する位置の運動経路を知りたい場合は、MRI の 3 次元画像が必要です。つまりこれら 2 つの測定方法は相補性であり、下顎の運動全体を知るためには両方の情報が必要です。

取得したデータを咬合器で使うためには、フェイスボウ・トランスファーと 3 点の運動経路で十分です。MRI の 3 次元画像は必要ありません。

仮想運動軸法は、歯列につけられた 3 つの座標点を計測します。つまり下顎運動を 3 次元空間で数学的な表現方法で表す必要があります。厳密に顎頭の位置を特定しなくてもよい

場合、フェイスボウ・トランスファーをすることで咬合器の回転軸が生体の顎頭間軸になります。

下顎骨の MRI の 3 次元画像データを歯列に重ねると正確な顎頭の運動を見ることができるようになります。これらの方法を極めて簡単に実現できるのが、「汎用 CAD」です。

生体は人間が作った機械とは少し違う運動様式を持っています。生体の運動はロボットのような幾何学的な運動とは違い、揺らぎをもっています。その微妙な運動を正確に抽出して CAD 上で復元すると詳細な下顎骨の動きを何度でも見ることができます。

任意の 3 点の計測において、左右の顎頭と前方基準点は下顎運動の決定要素であるので発振部と喩えることができます。任意の 3 点は下顎全体の位置と運動経路の送信部になります。カメラは歯列の移動と下顎の姿勢の変化をとらえるので、カメラなどのセンサーは受信部です。

CAD 内で MRI 画像を重ねると顎頭の位置を復元できます。咬合器にデータをトランスファーするにはフェイスボウ・トランスファーをすれば充分です。CAD 内で下顎の運動経路を知ることだけが目的ならば、フェイスボウ・トランスファーも必要ありません。測定法由来の方法なので、このようなことが可能です。

## オートポイエーシスで語る、新しいナソロジーを探します

私が考える新しいナソロジーは、現実世界を理想世界に変換することから始まります。歯科補綴物作成の技術の発展は、歯科補綴物作成のための間接的な環境を得るためのものでした。加えて、歯の並び方などに関する規範のようなものを探す歴史であったともいえるでしょう。具体的にこの規範とは、フェイスボウ・トランスファーされて上下の歯列模型が装着された咬合器と、顔にある各基準点との関係や歯の並び方のルールのようなものことです。複雑なものから簡単なものまでいろいろありました。例えば、歯科補綴物作成のための理想的環境として、「咬合器」があります。口腔内で直接的に歯科補綴物を作るわけにはいかないため、作製のための間接的な環境が必要です。また、「Bonwill の三角」や「スピーの彎曲」、「モンソンの球面説」などは歯の並び方などに様々な指針を与えてくれます。

最近私は最初にナソロジーを考案したナソロジストたちは、中心位をどのように解釈するかを世界の人々に問いかけたのではないかと考えるようになりました。私はその問いかけ

に対して、「仮想運動軸」と「デカルト座標系」を使う方法を提案します。現在では、CADで代表されるようにコンピュータ技術が発達しています。コンピュータ技術を使うと歯科医師が望めば下顎の運動経路をいくつでも取得できます。また咬合に直接関係のない下顎の開閉運動についても運動経路に追加することもできます。このように従来のような実体の「咬合器」に理想環境を求めめるのではなく、CADという新しいアイテムを利用することによって、柔軟な環境で下顎の運動を考察することができると思います。

わたくしの意見ですが、ナソロジーに出てくる用語の「ターミナル・ヒンジアキシス」（終末蝶番軸）や「中心位」という位置は、実はこの世のものではなくて、歯科における理想世界、つまり形而上学的な物語の中心アイテムではないか？ということです。つまり、現実世界の物語ではないということです。理想世界と現実世界にはギャップがあります。簡単には理想世界の存在物が現実世界に現すことはできません。何らかの手続きが必要です。

ナソロジーが発表されてからかなり時間が経ちますが、その間に中心位の定義が何度も変更されました。それだけ定義することが難しいことだと思います。その難しさの原因は、理想世界と現実世界のギャップにあると思います。このギャップがいつまでたっても解消されていないような気がします。現実世界では、必然性と偶然性が相互浸透していて、中心位に適用される下顎の顎頭間軸における回転運動、つまりヒンジアキシスのみの純粋な回転運動だけを確認することがとても難しいことが原因ひとつです。

患者自身が、どれほど下顎の移動を伴わないように開閉運動だけをするように心がけても、また、歯科医師が細心の注意を払って誘導して、純粋に開閉運動だけをさせようとしても、これを行うことは容易ではありません。このことは、歴史的に多くの歯科医師が経験してきたことだと思います。しかし絶対にできないというわけではありません。

下顎頭が完全なる球形かつ、下顎骨が左右対称形ならば、回転軸は一つしかないかもしれません。しかし、人間の下顎頭は完全な球形ではなく、また下顎の骨は完全に左右対称ではありません。更にいえば、下顎頭の周囲には骨だけでなく、いろいろな緩衝するための組織が介在しているがゆえに、もしかしたら回転軸が2つあるかもしれないし、もっと複数個所存在するかもしれません。それどころかエリアとして存在しているかもしれません。そういうことになると、回転軸が無数に存在する可能性があることになります。これは、あくまで考察しただけのことであって、よく調査しないと実態はよくわかりません。

ここで、ターミナル・ヒンジアキシス（終末蝶番軸）と中心位の関係を考えてみましょう。「歯界展望」の2022年7月号に特集されている、「中心位を再考する（理論編）」より引用させていただきましたが、以下のような定義と理解できます。

(Centric relation in the terminal hinge position of the mandible , in which the hinge axis is constant to both the mandible and maxilla.) 「下顎が終末蝶番軸を中心として純粋な蝶番運動を営むときの上下顎の位置関係が中心位である」

ここで再度ターミナル・ヒンジアキシス（終末蝶番軸）や中心位の定義を考えてみます。最初に終末蝶番軸とは、1 ミクロンのブレも許さず、純粋な回転軸なのか、それともいくらかのブレを許容するのか、このあたりが問題です。現在、終末蝶番軸というものが厳密に決められているわけではないようです。そのあたりの最新事情は、歯科の業界紙である「歯界展望」の2022年7月号に特集されていて、「中心位を再考する（理論編）」という記事が記載されています。杉田龍士郎という歯科医師が記述しています。この記事によると、中心位での回転軸は、形而上学的な定義によるような、「1 ミクロンたりともブレも許さず」ということではなく、「目視で観察してブレなければよい」という表現でした。

## デカルト座標系に、終末蝶番軸を伴う「中心位」をお迎えすること について

歯科医師が考えている「中心位での回転軸」とは、理想世界のものではなく、実用的な意味での現実世界における定義のようです。現実世界では行為に対して必然性と偶然性が不可分で、相互浸透しているために純粋な回転運動のみを抽出することが難しいのです。コンピュータを使ったCADの理想世界では、各種の下顎の開閉運動からその運動を分析して回転成分と移動成分とに分けることができます。コンピュータを使ったCADでは、デカルト座標系を採用しており、運動データを取り込んで解析すると、そのことがよくわかると思います。

開口運動のとき、初期の純粋な下顎の顎頭間軸の回転運動、つまりヒンジアキシスのみの初期の回転運動が可能なのか、否かを探ることを可能にします。また、複数存在する可能性などもわかると思います。開閉運動のパスはいくつでも採得することができ、更に側方運動などもいくつでも追加することができます。

3次元デカルト座標系をロボットなどの人工物の運動の解析に適用することは、容易に実現できます。しかし生物の運動を精密に解析するには複雑な回転運動と平行移動が絡み合っているために厳密に再現することは困難な作業です。中心位を解析するためにコンピュータを使ったCADの理想世界である3次元デカルト座標系に導入すると、いろいろな解析や検証をすることができると思います。

CAD 上では 3 次元デカルト座標系では簡単に座標変換をすることができます。身体上で下顎の運動を測定する位置と咬合器の駆動部の位置が違っていても測定位置の座標データを咬合器の駆動部の座標データに座標変換することができます。座標変換をすることで従来通りの咬合器上での下顎模型の運動を再現することができます。また運動方程式を導入することで、CAD 上で下顎の位置と時間の関係式が作られるので下顎の位置を時間で管理することができます。

そのための手続きとして、歯科領域にオートポイエーシス理論で詳細を示した、ダイナミカル・システム理論を導入するとよいと思います。ナソロジーの歴史の中で、「1921 年 McCollum は、ヒンジアキシス・ロケーターを考案し、ターミナル・ヒンジアキシス（終末蝶番軸）の存在を実証した」とあります。ただし、これはあくまで目視レベルでの話でしょう。どの歯科医師が下顎を誘導してもミクロンレベルでは必ずブレが存在すると思います。現実世界において、再現可能な純粋な終末蝶番軸を見つけることは容易ではないと思います。

咬合器のセントリックラッチを作動させると咬合器の下顎部はブレのない純粋な回転運動のみを行うことができます。これと同様なことを現実世界で下顎の運動をさせることはできないと思います。歯科医師が手で拘束を加えても相当難しいと思います。現実世界では「運動の 6 自由度」がすべて、または複数の要素が身体によって複雑に結びつけています。3 次元デカルト座標系を用いた理想世界では、複雑に組み合わされた「運動の 6 自由度」の下顎の運動を分解して各成分を表示させることもできます。

## 仮想運動軸法について

なぜ、生体のヒンジアキシスと咬合器の回転軸を一致させる必要があるのでしょうか。必要があるというよりは、従来の下顎の運動の測定方法に由来していると思います。咬合器に設定してある下顎を開口するための軸は生体の顎に準じた位置に設定しなければならなかったと思われます。歯科の業界紙である「歯界展望」の 2022 年 7 月号に特集されていて、「中心位を再考する（理論編）」という記事にも以下のように記載されています。

「ターミナル・ヒンジアキシスこそがナソロジーの中心教義です。すなわち、ターミナル・ヒンジアキシスを同定し、それを咬合器の開閉軸と一致させることで、患者の開閉口運動を咬合器上に再現することこそがナソロジーの至上命題でありました。これが正確に行われれば、咬合器上で咬合高径を変更して製作した歯科補綴物が、患者の口腔内に最小限の調整で装着できるため、臨床上のメリットは計り知れません。」

このようにナソロジーの目的が記されています。事実として、多くの人の終末蝶番軸と中心位の関係は、中心咬合位するとき、中心位と終末蝶番軸が一致する人は少ないようです。これらがずれているからといって、顎関節症になるとか、なり易いということもないようです。上記の記載中には歯科医師の操作上のメリットはありますが、ナソロジーの目的が健康上にある理由ということはないようです。やはり、ナソロジーは生体機械論という原理主義に則った構造主義由来の概念であると考えられます。

※構造主義とは、20世紀の現代思想のひとつです。広義には、現代思想から拡張されて、あらゆる現象に対して、その現象に潜在する構造を抽出し、その構造によって現象を理解し、場合によっては制御するための方法論を指す語です。Wikipedia より

治療とは関係がない歯がたくさんある場合、咬合の基準は中心咬合位です。通常、歯科補綴物の歯の形状は前歯も臼歯もこの位置を基準にして形成します。現実世界において本当に生体の中心位と咬合器の回転軸を一致させることができると、咬合器上で自由に中心咬合位を決めることができます。つまり咬合高径を変えることができるということです。咬合器のインサイザルピンを調整するだけで実行できます。ただこれを実際に活用できるのは、上下の歯列全部わたって歯科補綴物を作成するときだけです。咬合面をセラミックで製作するときなどは便利な方法です。

私の考えですが、現実世界において、生体には下顎の純粋な回転軸は存在しない可能性が高いと思います。たとえ、1ミクロンでもぶれるのであればそれは下顎の純粋な回転軸ではありません。下顎の純粋な回転軸は、理想世界においては確実に存在します。理想世界と現実世界にはギャップがあり、簡単には重なりません。ギャップを解消すること、もしくは両者の橋渡しが必要です。理想世界と現実世界をつなぐためには、どのようにすればよいのでしょうか。

1つのアイデアとして仮想運動軸法を紹介します。仮想運動軸法とは、どのようなものでしょうか。言葉で表現するとこのようになるでしょう。上顎の歯列模型を咬合器に装着したとき、その咬合器の顎頭間軸が自動的に下顎の歯列模型の運動軸になります。上顎の歯列模型をフェイスボウ・トランスファーによって咬合器に装着すれば、生体の平均的な位置に下顎の顎頭間軸が設定されます。目分量で行えば、それなりの位置に設定されます。これが仮想運動軸法です。

生体の下顎の開閉運動と咬合器の開閉運動は違います。たとえ、違っていても問題はないと思っています。歯科補綴物をつくる時、単純な開閉運動における軸の位置の違いが歯の形状に及ぼす影響はなく、作業上問題になることはありません。仮想運動軸法を採用す

るのは、現実世界ではターミナル・ヒンジアキシス（終末蝶番軸）を伴う中心位という位置で純粋に回転する軸を見つけることは非常に難しいという考えからなのです。また中心咬合位だけを問題にしているケースでは、軸の一致は関係ありませんので、仮想運動軸法で十分です。終末蝶番軸は、理想世界では存在していると思っています。ただ、その位置を現実世界に出現させる方法が見つかっていないだけだと思います。

仮想運動軸法では、患者が下顎を開閉運動させた時、その時の回転軸の移動量を測定していません。また、それを再現する方法もありません。したがって、咬合器のインサイザルピンを調整して咬合高径を変化させると必ず誤差が出てしまいます。咬合高径を変化させる、つまり、中心咬合位を変化させる必要があるときは、生体上で確認用のマッシュバイトを採得する必要があります。咬合器にマッシュバイトを使って下顎模型を再装着しなくてはなりません。

本当の下顎の開閉運動の軸を知りたいときは、CAD 上にある咬合器に上下の歯列模型が装着された環境に下顎骨の MRI の立体像を読み込む必要があります。下顎骨の MRI の 3 次元像を読み込んで下顎模型に重ね合わせると、生体の左右の顎頭部が表示されます。おそらく咬合器の顎頭間軸とは少しずれていると思います。計測したデータを使って下顎を運動させると、CAD 上で下顎の MRI の立体像の顎頭部がどのように運動するか見ることができます。

歯科医師たちは従来の方法で下顎の運動を計測してきたので、下顎頭が 3 次元的に運動する動画をおそらく見たことがないのではないのでしょうか。従来の方法は下顎頭の 3 次元的な運動は 2 次元平面に投影した軌跡に基づいて運動を判断する方法です。また実体の咬合器上では下顎の開閉運動を再現することはできません。

## 理想世界について

理想世界に「ターミナル・ヒンジアキシス（終末蝶番軸）を伴う中心位」をお招きしましょう。理想世界には誤差が存在しません。ミクロンのレベルにおいても回転軸のブレは 0 です。理想世界では「剛体の運動の 6 自由度」を個別に駆動させることもできます。また移動と回転の要素を複数組み合わせることもできます。また理想世界では時間を順方向に進むことも、逆方向に進むこともできます。物体と物体は重なることも、接触することも離れることも可能で、ぶつかることもできるし、すり抜けることもできます。理想世界とは、例えばセオリーや物理学などの数学で記述された世界もそれに相当するのかもしれない。

理想世界には誤差がなく、現実世界には誤差があります。この誤差とは、偶然性と必然性の影響で思わぬところで、寸法的な違いが出ることを指します。理想世界でも、設定いかんによっては、数学的に小数点以下の設定の桁数が非常に多くなる場合があります。

また、理想世界では要素が個別に存在できるのに対して、現実世界では複数の要素が結びついて存在しています。これは相互浸透の考え方から生じることです。簡単には人間が分けることができません。したがって、現実世界と理想世界の間にはインターフェイスが必要で、理想世界と現実世界を直接的に重ねたり連結しようとしたりしてもうまくいかないと思います。現実世界から理想世界にアクセスするためには、誤差の解決と現実世界からの理想世界の解釈が必要です。

実際に下顎の測定の操作をするのは歯科医師です。歯科医師や歯科技工士は CAD などの操作を行います。日常の業務で行える範囲の操作方法でなくてはなりません。あまりに高価な機材や操作に手間や時間がかかるものは実用上受け入れられません。

## 理想パーツについて

間接的に表現する下顎運動のための構成関連要素は CAD 内で「理想パーツ」として製作します。たとえば、理想世界の左右の顎頭間軸の長さは万人共通で、110mm です。従来の方法では顎頭間距離を変える必要がありました。また、理想世界における下顎の左右の顎頭の形状は完全な球形で、位置的には正中矢状面と完全な左右対称です。回転軸は 1 つしかありません。なぜこのようなことを考えるかという理由ですが、下顎というよりも歯列の運動を正確に再現するというところに焦点を当てました。これらは 3 次元デカルト座標系における「座標変換」をすることで可能になりました。

フェイスボウ・トランスファーをしないで上顎の歯列模型を咬合器に装着すると、上顎の歯列模型は咬合器の基準面からずれて装着されます。その場合でも仮想運動軸法では下顎の運動データには誤差を生じません。ただ生体の基準面と咬合器に設定された基準面との間に誤差が生じているだけです。またフェイスボウ・トランスファーしない場合、側方顎路角、矢状顎路角や切歯路角が平均的な値から外れる可能性があります。

仮想運動軸法では、左右の顎頭間軸の長さは 110mm で固定されています。男女の差もなく、年齢も関係なく、民族も関係ありません。すべてにおいて一定です。何らかの理由で本当の左右の顎頭部の運動を知りたいときは、下顎歯列と生体の左右の顎頭部の位置関係を CAD 上で示すことで可能となります。左右の顎頭間軸の長さが 110mm というのは、現在

生体と同等な大きさの咬合器で採用されている長さです。3次元デカルト座標系における「座標変換」という技術は、このようなことを可能にします。

咬合器の左右の顎頭部は、咬合器の下顎部分の運動を操作するときの基準になります。生体では個人によって左右の顎頭間の軸の長さが違います。また生体の顎頭部の3次元的位置関係は正中面を中心とした完全な左右対称ではありません。この仮想運動軸法で重要視しているのは、上顎の歯列に対する下顎の歯列の三次元的な位置の変化です。

下顎の歯列の3次元的位置の変化は、「口唇前の測定法」で収集します。このデータを使ってCAD内の咬合器上で、下顎模型の位置の変位の再現をします。口唇前で採得したデータを左右の顎頭間軸の長さが110mmという仮想運動軸の顎頭球とインサイザルピンの先端の運動に変換します。生体に存在している左右の下顎頭の特定位置の運動経路の再現ではありません。

## 測定のための精密なプロビジョナル・レストレーションについて

歯の本数が多い歯科補綴物を製作する場合、上顎の歯列と下顎の歯列位置関係の測定のための精密なプロビジョナル・レストレーションが必要でしょう。その前歯部の部分は解剖学的形態を有していて、正確なアンテリアルガイダンスが付与されています。また臼歯部は咬合高径を確保し、中心咬合位を確実に保持、再現させます。臼歯部も解剖学的形態があるとさらに良いと思います。それは生体と歯列模型の間をインターフェイスします。3Dプリンタの利用が考えられます。

## 理想世界でできることとは何ですか？

偶然性と必然性というカテゴリーからの発想がありますが、突然何かに妨げられたり、また何かに導かれたり、このようなことは現実世界のみを見つめる人たちの間で通用するお話でした。このように現実世界だけに固執すると、未来に関しては確定できることは何もありません。いつでも不安がつきまといまいます。

また、「理想世界」という言葉がありますが、これは都合の良い世界ということではありません。理想世界では未来に関しては、すでに確定しており、偶然性と必然性からの発想からもたらされる未来のようなことはありません。なぜなら、理想世界では過去も未来もなにもかも、すべてお見通しなのです。陰に隠れても見つかってしまいます。あらゆるもの

が丸見えなのです。まるで、旧約聖書の創世記のアダムとエバの世界のようです。

しかし人間には理想世界のことがすべて明かされているわけではありません。また人間も努力はしていますが、まだ十分には理想世界にアクセスできていないということです。偶然性と必然性というカテゴリーからの発想では、属する世界が違うので理想世界を記述することも、説明することもできませんし、もちろんアクセスすることもできません。このようなわけで、偶然性と必然性というカテゴリーからの発想からでは、理想世界に対して交流することができません。

理想世界にアクセスするためには、唯一性と多様性からの発想が必要です。唯一性と多様性からの発想では、多くの可能性の中から一つの現実収束する、と考えます。理想世界にはあらゆる可能性がありますが、すべてが現実世界において実現できるわけではありません。整合性の問題があるからだと思います。理想世界は現実世界の上位概念であり、理想世界と現実世界を共有することで現実世界を理想世界に近づけることができます。理想世界は、現実世界からみると、抽象的な世界を取り扱うことと言い換えることができるかもしれません。

理想世界と現実世界のつながりを説明する、または、表現する手段として対称性という言葉があります。対称性は、扱う学問的な領域によって意味合いが少し違います。一般的には、対称性とは対称変換のように、見た目を変えない操作のことを示します。また、物理学における対称性とは、物理系の持つ対称性、すなわち、ある特定の変換の下での、系の様相の不変性である、ということです。数学では、ガロア理論のように方程式が解けるかどうかという問題や群論の行使によって明らかになる代数的構造の構成的方法の表現などがあります。

対称性とは、「動かしても見た目が変わらない」という性質のことです。ですから、「動き」や「変化」とは裏腹の関係です。このような性質を利用して咬合面間の空間の変化の解析ができるのではないかと思います。上顎と下顎の臼歯の咬合面の近接関係の研究や咀嚼のメカニズムは、今まであまり研究の対象になっていない、またされたことがないと思います。咬合面間の空間の変化、それを解くカギが対称性であると思います。上顎と下顎の臼歯の咬合面の形状は変わっても、変わらないのは中心咬合位の時の咬合高径です。咬合面をどのような形状にすればよく噛むことができるのでしょうか。また歯根への負荷を考えた場合、生理的に合理性のある咬合面の形など、研究する要素はいくつでも探することができます。

どんなに立派な歯でも対合歯を考慮しなくては機能について語ることはできません。つまり臼歯の咬合面の形状の分析は、対合歯を考慮にいれなくては意味がありません。機能するということは下顎が運動することに大きく関与します。それは、上下顎の臼歯咬合面の近接関係を分析することであり、言い方をかえると咬合面の形状を対称性という観点から見てみるということになるのです。要約すると、私は歯の咬合面そのものを研究することよりも、今度はそれらが作り出す空間の変化を研究することが新しい機能の発見につながると思います。

確かに臼歯の咬合面の凹凸は、対合歯の凸凹と呼応して存在しているのだけれども、一体どうしてこのような形状になっているのでしょうか。なにがどのように役に立っているのかわからないもの、それが咬合面の形状です。ただ闇雲に凸凹しているのではないとは思いますが、理由はよくわかりません。もちろん、それは対合歯の存在と下顎の運動を前提として形作られていると思います。

歯科において対称性とは、対合歯との咬合面間の空間の変化のしくみを研究することであると思います。有限要素法や流体解析の利用が重要です。対称性とは、自然世界の仕組みであり、それは構造とエネルギーからできています。対称性を利用すると、物事の一部、もしくは半分から、関連性を元にして全体を知ることができます。物事を抽象化や理想化、数学モデルを使うことで、今までにない奥行きと広がりを出すことができるでしょう。人間は現実世界から抽象的世界を抽出しましたが、実は理想世界の方が現実世界よりも先行していて、現実世界は抽象的世界が結実してできたと私は思います。

## 歯科技工に興味がある歯科医の先生方へ

ナソロジーが衰退した理由として、時代の流れとともに歯科技工が歯科技工士に移譲されてしまったことにあると思います。歯科技工が歯科医師とのかかわりが少なくなっていました。歯科補綴物を十分に、また、自由に設計するには治療に対する100%の裁量権が必要です。ナソロジーを受け入れて実践している歯科医師の先生方には、歯科技工に対して並々ならぬ関心があると思います。それは歯科の歴史を紐解けば一目瞭然でしょう。咬合器という生体の擬似的な理想的環境の構築の歴史は、理想的な歯科補綴物製作のためという目的があったからであり、歯科技工というものにも歯科医師が積極的にかかわるべきものであるという認識が大きいと思います。現在、人工知能の活用も本格的に可能になる時代を迎えました。自分で歯科補綴物を設計してみたいと思われる歯科医師の先生方も多いと思います。人工知能の力を借りて歯科医師の手に「歯科補綴物の設計」をすることを取り戻していただきたいと思います。

## Solidworks という CAD を使った歯科補綴物の設計について

Solidworks は、「Standard、Professional、Premium」という 3 つのライセンスのスタイルがあります。機能の内容によって基本的な料金が違います。「汎用 CAD」は、機能だけでなく、価格的にも歯科専用 CAD よりもお得であると思います。製品の仕様は、従来からある永久ライセンスタイプと契約期間中だけ利用できるライセンスタイプがあります。永久ライセンスタイプは、一度購入すると、バージョンアップはできませんが永久にそのバージョンのライセンスを使い続けることができます。バージョンアップするためには、ライセンスとは別にサブスクリプションという、年間保守契約を結ぶ必要があります。永久ライセンスを購入した場合、サブスクリプションは初年度だけは必須です。

契約期間中だけ利用できるライセンスのタイプは、1 年間と 3 カ月間の 2 つのタイプがあります。この契約期間内にサービスパックの更新やバージョンアップがあれば追加料金なしで利用できます。ライセンス購入の価格は代理店によって多少違っていて、条件やサービスなども違うようです。

なぜ「汎用 CAD」推奨するのか、ということですが、それは、「汎用 CAD」はサーフェスモデリングとソリッドモデリングの両方に対応した形式だからなのです。また、サードパーティー製のオプションを追加するとサブディビジョン・サーフェスの機能も使うことができます。サブディビジョン・サーフェスの機能とはサーフェス、またはソリッドをポリゴンモデラーのように、つまり粘土細工のように扱うことができます。このように様々なモデリング形式に対応できるので、ひとつの CAD で目的に合わせて使い分けることができます。

現在では Solidworks とシームレスに連携する、サブディビジョン・サーフェスのモデリング機能が追加され、Solidworks 純正の製品で幾何学的ではない形状や複雑なサーフェスを手軽に作成できるようになりました。

## 専用プラグインの使用について

「Power Surfacing RE v6 for Solidworks」は、Solidworks 専用のプラグインです。Solidworks にサブディビジョン・サーフェスを扱う機能を追加します。おかげで、Solidworks を歯科技工に供することができるようになりました。

## 汎用 CAD を使用して歯科技工をする場合、少し準備が必要です

「汎用 CAD」を使うことの価値は、歯の形状のモデリングだけではありません。下顎運動の研究をすることができ、また咬み合わせの研究も自分独自の方法で行うことができます。複数の下顎の運動の軌跡を CAD に取り込めるので、測定や分析する装置を CAD 内で自由に作ることができます。



## ジルコニア製のフレームによるブリッジの製作方法

ジルコニア製のフルブリッジの製作をデモしました。実際には、このような長いブリッジを製作することはありませんが、製作法を考察するためにデモビデオを作りました。セメントスペースやブリッジのポンティックを作る行程も示しています。また臼歯の補強部の作成も含まれています。



## ジルコニア製のフレームによる単冠の作り方

下顎の前歯のフレームの作成を中心に示しています。



## セラミッククラウンの作成方法

せっかくコンピュータを使って歯科技工を行うのにもかかわらず、従来のワックスアップの操作を単にコンピュータの操作に置き換えただけではつまらないと思います。やはり、コンピュータを使って歯科技工を行う場合には人工知能による「歯冠形状の回復」が必須であると思います。コンピュータがこのような機能を獲得すると、誰でも簡単にストレスなく業務を行うことができるようになると思います。残念ながら現状ではそれを行うことができません。



## インレーの作成方法

上顎大臼歯ケースです。基本の面形状を作ることがかなり面倒です。



## ジルコニアディスクへの埋め込み

フレームの形状を削り出すための操作です。



## 金属床の作り方

右側第一大臼歯、第二大臼歯欠損のケースです



## 総義歯の作り方（下顎のみ）

デモは下顎になります。既成品の人工歯は使えないかもしれません。



## CATIA と Solidworks を使用 シミュレーションの設定

下顎を運動させることができます。そのための設定を示しています。



### 咀嚼運動シミュレーション

通常の側方運動ではなく、モノを実際に噛んだ場合、砕かれた食片が頬側や舌側にどのように排出されるか、シミュレーションします。



## 有限要素法の応用

どこまで有効なのかわかりませんが、有限要素法を適用してみました。



## 人工知能を歯科技工に応用する

人工知能や機械学習、ディープラーニングを利用することが産業界でさかんに話題になって以来、しばらく経ちます。音声の合成や画像の修復などいろいろな分野ですでに実用化されています。歯科専用の CAD にも一部、この技術がすでに使われていると聞きます。私は「汎用 CAD」を歯科分野で使うことを推奨してきましたが、残念ながら希望するような人工知能の機能が組み込まれた「汎用 CAD」は現在では、まだ存在していません。

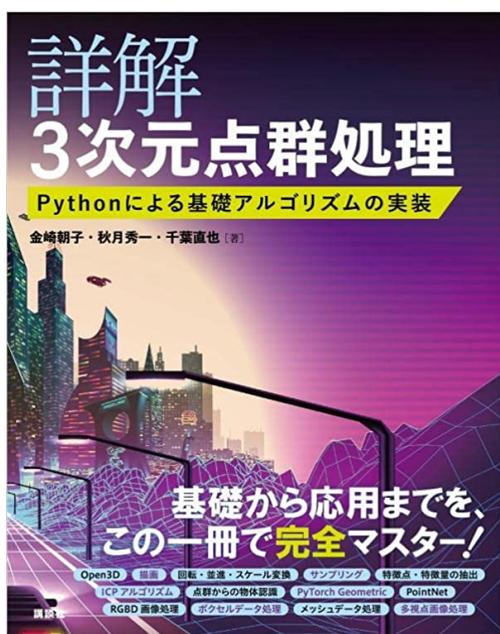
私の考える最終的な目的は、歯科医師が CAD で自ら補綴物を設計していただけるようになり、臨床の場において、歯科医師による直接的な歯冠形状の研究に供することができるようになったりすることです。このような状況になるためには、人工知能による歯冠形状の自動生成機能の獲得が必須です。CAD の操作が煩雑である場合、歯科医師は、やはりこういうことは歯科技工士さんにやらせてもらおう、ということになってしまうと思います。せっかく簡単に精度よく誰にでもできるようにと歯科技工を「汎用 CAD」に移植してきましたが、やはり個別の歯冠形状の「生成・編集」の課題は残ってしまいました。

単冠や 3 ユニットのブリッジ程度ならば、あらかじめ作っておいた基本的な歯冠形状を読み込んで手作業で個別に編集してもそれほど負担になりません。しかし上顎と下顎からなるフルブリッジで 28 本の歯を個別に手作業で編集するのは大変な作業になると思います。歯科医師が診療の片手間に行うなどということではできません。「下顎運動を伴う歯冠形状の自動生成」の技術は長年の夢でした。歯科技工を「汎用 CAD」に移植してきた最大の理由は、歯冠形状の自動生成と形状の編集操作を結びつけるためであったといえるでしょう。

それでは、どのようにして歯冠形状の自動生成を実現したらよいのでしょうか。人工知能の機能を使うことになるとと思いますが、現時点においては具体的にどうすればよいのか分かりません。ディープラーニングの分野では、「Python」を使う例が多く参考書によく登場しますが、2次元の画像認識での使用例が多いようです。

今回の例のように3次元形状を作成する場合でも、「点群」を操作するような特別なライブラリ、例えば、3Dを対象にした機械学習を行う場合には、PyTorch3Dが役に立つようです。しかし、現時点においてはそれほど普及していませんし、一般人が入手できる適切なマニュアルも存在しません。

Googleトレンドでも、「PyTorch3D」のデータが収集できないレベルです。現在ではほとんど検索されていないようですが、3Dは近い将来必ず普及する分野といえます。Googleトレンドとは、Googleにおける検索の動向をチェックできるツールのことで、Google社が提供しているキーワードの検索回数の推移が分かるツールのことです。



最近このような本が出版されました。「詳解 3次元点群処理 Pythonによる基礎アルゴリズムの実装・出版社・KS理工学専門書・2022\_10\_5」という本が出版されました。3次元の形状修復が実現できる日も、徐々に来るのではないかと思います。

終り