

1) 分担執筆著書

1. 科学 10 大理論「進化論争」特集, 108-119, 「重カラムルクイズム」
実験進化学と生命科学の統一理論. 学研, 東京, 1997. ……520
2. 片岡洵子・編: 身体発達, 36-72, 進化からみたヒトの器官の発達.
ぶんしん出版, 東京, 2000. ……527
3. 長田義仁・編集代表: バイオミメティクスハンドブック, 2.1 骨格
器官の進化, 12.1 ハイブリッド型人工歯根の開発. エヌ・ティー・
エス, 東京, 2000. ……547
4. 脳図鑑, 58~94, 第一章 育つ脳, 第三章 顔と心, からだと精神.
工作社, 東京, 2001. ……553
5. サイエンスアイのにつぼん名物研究室—生命の謎に迫る凄い研究者
たち—生物進化の謎に挑む, 83-92, 進化論を塗り替えるサメの進化
実験. 河出書房, 東京, 2001. ……573

2) 西原克成著書

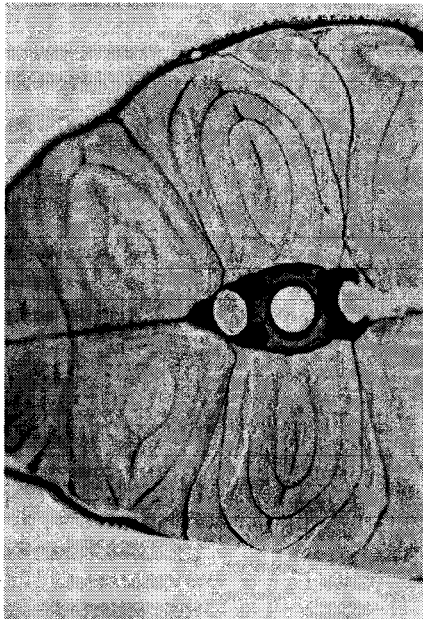
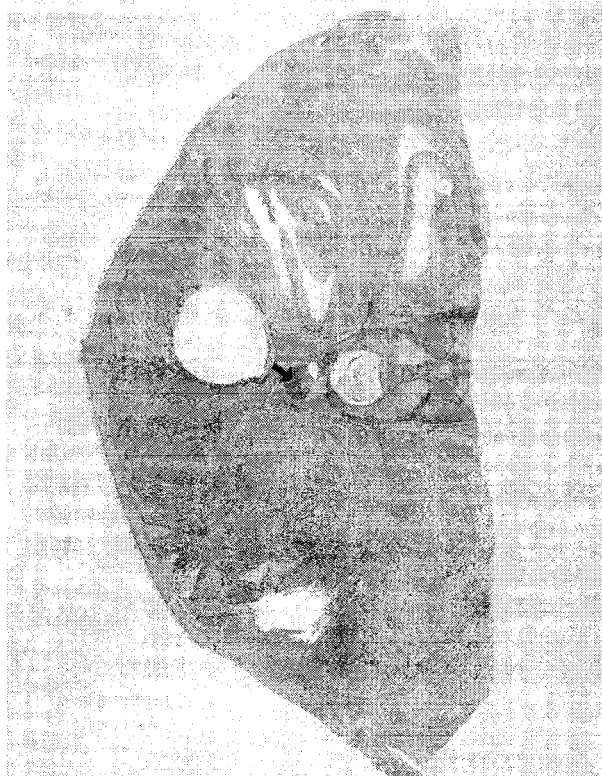
1. 生物は重力が進化させた 講談社ブルーバックス, 東京, 1997. ……579
2. 赤ちゃんはいつ「人間」になるのか クレスト社, 東京, 1998. ……582
3. 健康は呼吸で決まる 実業日本社, 東京, 1998. ……587
4. 重力対応進化学 南山堂, 東京, 1999. ……593
5. 免疫病は怖くない 角川書店, 東京, 1999. ……598
6. 新時代育児 BOOK 駿達出版, 湾台, 1999. ……602
7. 赤ちゃんの進化学 日本教文社, 東京, 2000. ……608
8. 2週間で美人になる本 マキノ出版, 東京, 2000. ……612
9. 顎・口腔の疾患とバイオメカニクス 医歯薬出版, 東京, 2000. ……617
10. 赤ちゃんの生命のきまり 言叢社, 東京, 2001. ……623
11. お母さんは名医 東洋経済, 東京, 2001. ……629
12. 追いつめられた進化論 日本教文社, 東京, 2001. ……632
13. 西原博士のかしこい赤ちゃんの育て方 アート医研, 東京, 2001. ……637
14. 眠りながら綺麗になる本 三笠書房, 東京, 2001. ……642
15. アレルギー体質は口呼吸が原因だった 青春出版社, 東京, 2001. ……645

進化を実験する③

重カラムルキズムの証拠

4億年前に現れた原始的な動物、サメ——。その骨格は、骨が見かけ上重力の小さい海中から陸に上がったとき、骨の内部にはわれわれの骨に見られるような骨髄は存在しない。だがサメに重力や電気的な刺激を与えると、骨の中に骨髄が作られる。という

写真は西原克成（東京大学医学部）



▲東京大学の西原克成がサメの筋肉（右写真）に電気刺激を与えたところ、骨は硬骨（一部の魚類以外の脊椎動物の骨と同じもの）になって内部に骨髄造血巣（上写真矢印）が作られた。これは進化の発取りに相当する。

Evolution: Life and the Universe

科学10大理論

最新科学論シリーズ

[進化論争]特集

発行 株式会社学習研究社

重力環境が生物の形を決定する

重力がマルギズム

西原克成 (Katsunari Nishihara) 東京大学医学部講師

20世紀の生物学者は、生物が物質からできていることをすっかり忘れてしまったらしい。細胞や遺伝子ばかりに気をとられ、それ以外のことは目に入らない。だが、生物には重力や光、電磁気力などの環境因子が作用する。生物はいつでもあれ、それらに対応することによって進化の一步を踏み出すのである。



▲生物の形は環境や物理法則が定まらなければ変わらぬ。なか遺伝子は、時期的影響として自ら一定の比率で無目的に変化していく。矢印は遺伝子の発現を示し、矢印の頭が1億年分の進化に相当。

物理学を忘れた 20世紀の生物学者

20世紀の生物学者は、いつのまにか生命体すべてをひとまとめにして——単細胞生物の細胞からたじ、植物、昆虫、軟体動物、さらには脊椎動物までをこちや連ぜにして——扱い、混迷の進化論を展開してきた。今世紀の科学の手法である還元主義がきままつて、生態学のものとも基本となる分類学すら忘れられてしまったのである。

その責任の一端は、偉大な医学者といわれたドイツのゲオルク・フィリップ・ホルダーにある。19世紀末に彼は、進化が何億年も前の猿類から動物界であるという主張を展開した。その結果、それまで各々を行っていた系統発生学や生命発生機構学(後述)などの進化を論ずる学問を、多くの学者が離れ去るようになってしまった。だが、進化は生物の一代一代の劣化が伝

られて起こるものであり、したがって現在も進行中のものなのである。

今日全盛の分子生物学もまた、生物の分類学や系統学をほとんど無視し、還元手法を中心としてきた。分子生物学は、物理学者のエルヴィン・シュレーディンガー(1905-1985)の提唱したもので、この考えを継いだ若きマックス・デルブリュック(注)からは、複雑な脊椎動物の発生学や進化学を知らうともしなかった。彼は、「生命現象の本質は遺伝現象にある」ともつと単純な糸として細菌とそれに寄生するウイルスの一種ファージを用いた。

だが、これらの生物は重力を無視できる穴であり、その他の生物に単純に敷衍できるものではなかった。実際、細菌やファージは1万から1000Gでも生存可能であるが、脊椎動物は5G以上で死んでしまう。地上の重力は地球上の生物にあまわく影響を及ぼしているものと認識して、20世紀の生命科学は100年間も無駄にしてしま

ったのである。

物理学では、20世紀初頭にアインシュタインによって光や電波、放射線などのエネルギーが水や空気にも形のある物質と等価であることが示され、量子力学や相対性理論が誕生したにもかかわらず、現代医学とこれまでの生命科学とは、信じがたいことだが、重力や電磁的エネルギーが完全に無視されてきたのである。筆者はいま、この物理学的な視点を生物学に導入し、生命科学の「統一理論(シムプルセオリー)」を提唱している。

の学者が骨と歯の学問に携わった。20世紀に入ると、文明国の中でさくさくと化石の出たアメリカが主導となってこれらの研究が進められ、脊椎動物の進化学では、オスニエル・マーシエ、エドワード・コプ、ヘンリー・オズボーン、ジョージ・ゲイロード・シンプソン、サミュエル・パトラーなどが活躍した。いまも人類の進化は、骨と歯の研究にもとづいて進められている。

脊椎動物の進化の法則性に関する学問は、実質的にはリンネの動物分類学に始まり、キニウイエの比較解剖学、ゲーテの形態学へと発展し、ラマルクの進化学(用不用の法則)で一応の完成を見る。その後この流れはベッケルの生物反復説へと受け継がれ、これがルイ・ピエール・カバネの生命形態学(注)につながった。

実は進化も、免疫系の成立も、また骨髄に造血器が発生したことも、すべて重力や光などの「環境因子」が引き金となっている。生命現象の本質は、今も生命科学を創始した物理学者たちの単純な考えとは異なり、遺伝現象だけではなかったのである。

だがこの間に、ダーウィンとウォレスが発見して自然選択を中核とするいわゆるダーウィン進化論が発表され、この学問の世界は大混乱に陥ったのである。まず、この流れを断絶しよう。

進化は100年以上前に 解明されていたか？

進化の分野においてわれわれ人間が切望していることは、動物界の名門である脊椎動物の脊髄からその出ても名譽をうづめる哺乳類の誕生を経て、さらに哺乳類中の選り抜きである人類に至る進化の確立であろう。

この宗族(脊椎動物)の進化は、頭蓋骨と歯を中心とした骨の研究によって進められてきた。19世紀にはヨーロッパの第一級

の学者が骨と歯の学問に携わった。20世紀に入ると、文明国の中でさくさくと化石の出たアメリカが主導となってこれらの研究が進められ、脊椎動物の進化学では、オスニエル・マーシエ、エドワード・コプ、ヘンリー・オズボーン、ジョージ・ゲイロード・シンプソン、サミュエル・パトラーなどが活躍した。いまも人類の進化は、骨と歯の研究にもとづいて進められている。

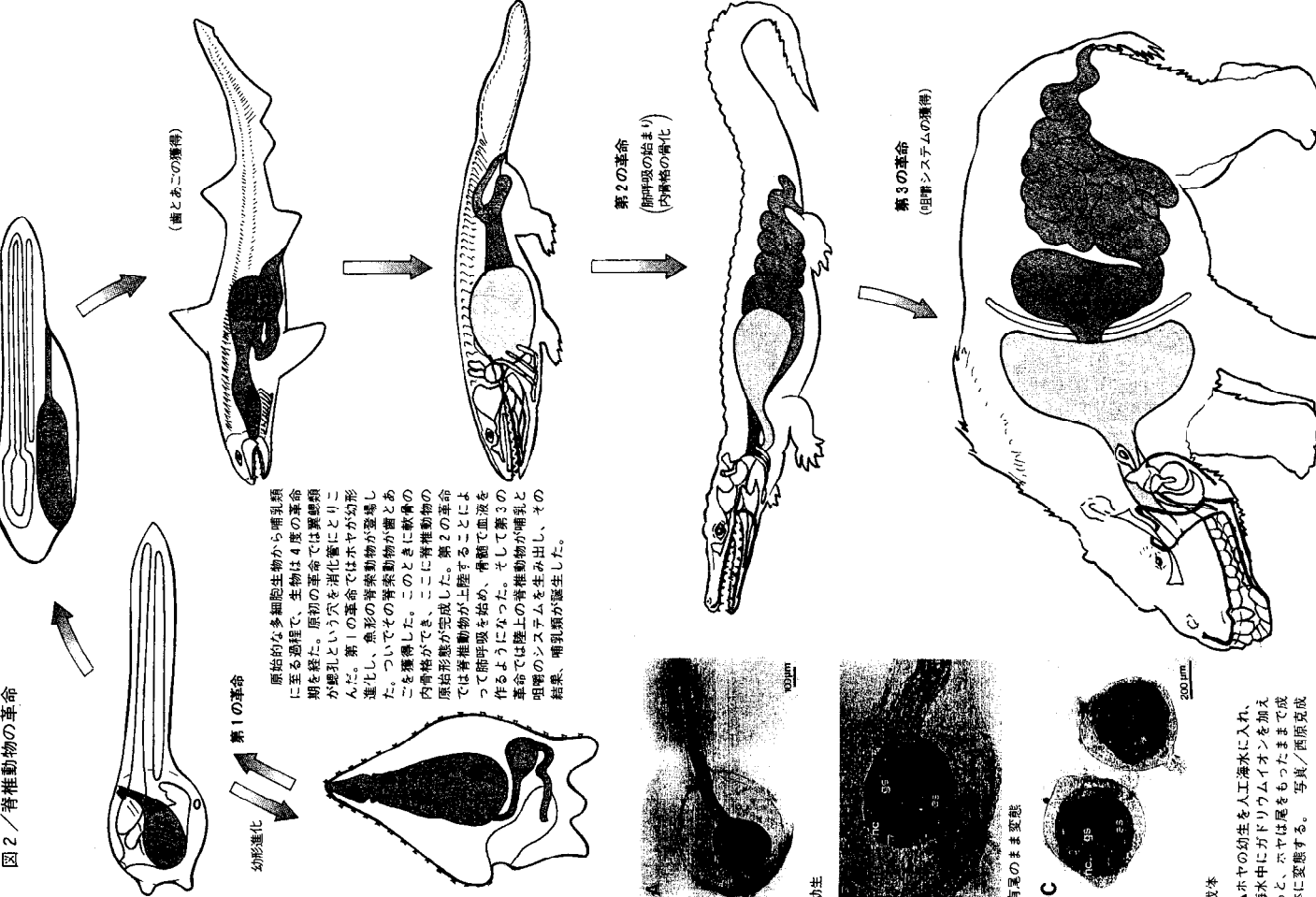
脊椎動物の進化の法則性に関する学問は、実質的にはリンネの動物分類学に始まり、キニウイエの比較解剖学、ゲーテの形態学へと発展し、ラマルクの進化学(用不用の法則)で一応の完成を見る。その後この流れはベッケルの生物反復説へと受け継がれ、これがルイ・ピエール・カバネの生命形態学(注)につながった。

だがこの間に、ダーウィンとウォレスが発見して自然選択を中核とするいわゆるダーウィン進化論が発表され、この学問の世界は大混乱に陥ったのである。まず、この流れを断絶しよう。

脊椎動物および哺乳類の定義をはじめて行つたのは、著書「自然の体系システム・ナチエ」(1758年)によって分類学を完成させたスウェーデンの腫瘍医のカール・フォン・リンネである(203ページ記事参照)。この分類法をつぶさに見ると、その後継に系統発生学や進化学の概念が蓄積されていることがわかる。

生命体を骨格で分類すると、たゞはア

図2 / 脊椎動物の革命



原始的な多細胞生物から哺乳類に至る過程で、生物は4度の革命期を経た。最初の革命期では異細胞期が腸孔という穴を消化管にとりこめ、魚形の脊椎動物が登場した。第1の革命期では魚形の脊椎動物が登場した。第2の革命期では魚形の脊椎動物が陸上動物に進化した。第3の革命期では魚形の脊椎動物が陸上動物に進化した。第4の革命期では魚形の脊椎動物が陸上動物に進化した。

▲ホヤの幼生を人工海水に入れ、海水中に打ドリウムイオンを加えると、ホヤは尾をもった成体に変態する。写真/西原克成

バタイト系の骨格をもつ脊椎動物や、セルロース系の骨格をもつ植物などは種類に分類される(後述)。その他にも、骨格を必要としない単細胞生物として原核生物の細菌や真核生物の藻類がある。

この分類を一言しただけ、骨格をもつ多細胞生物ともたまたま単細胞生物としては、進化の様式が異なるだろうという見当がつく。単細胞生物の間でも染色体が1倍体の原核生物と2倍体の真核生物とは進化様式は当然異なるだろうし、多細胞生物でも動きの著しい動物とあまり動きのない植物として同じであらうはずがない。

ナポレオンの御用学者であった18世紀のフランスの生物学者ジョルジュ・キュヴィエ(204ページ記事参照)は、聖書の世界をよりどころとしてラマルクの進化学を圧殺したが、彼の打ち立てた比較解剖学や古生物学の中には明らかに進化の概念が潜んでいる。ナポレオンは貴族出身のラマルクを嫌って平民出身のキュヴィエを権者官にしたので、キュヴィエがラマルクを迫害したのはただナポレオンと顔面合わせが起ころのを避けただけだったらしい。晩年には聖書をさわめたラマルクに対し、キュヴィエはナポレオン死後に真族に列せられている。

リンネの分類学とキュヴィエの比較解剖学・古生物学を少しくわしく見ると、これらには時間軸に沿った生物の系統的な流れがすでに示されている。偉大な生物学者であ

り、科学者であったヨハン・ヴィルヘルム・ゲート(注5)は彼らの研究の伝統を受け継ぎ、1795年に「形態学(モルフォロジア)」を創始した。その目的として彼は、生命形態への命名と生命形態学の方法の解明」と記している。ゲートは生命体には原形質があり、それが変容して今日の動物の姿になったと確信していたのである。

フランスの生物学者ジャン・バティスト・ド・ラマルクは、1806年に無脊椎動物の精緻な観察にもとづき「進化学」という新しい概念とともに、経験則として「用不用の法則」を提出した(注5、196ページ記事参照)。ラマルクの著書「動物哲学」に生物の進化における2つの法則が次のように記されている。

第一章 法則

すべての動物において、ある器官の頻繁で持続的な使用は、発達の限界を超えない(かぎり)、この器官を少しずつ強化・発達させるとともに大きくし、これに比例した感力を付与する。他方、しかじかの器官をまったく使用しないとき、この器官はいつの間にか弱まって役に立たなくなり、しだいにその力を減らしていくには消滅する。

第二章 法則

ある機能が久しい以前から身をおいてきた状況の影響により、すなわちある器官の優先的な使用の影響をよみある部位の恒常的な不使用の影響により、自然が個体に獲得させたあるいは失わせたらゆるものは、

獲得させた変化が雌雄に共通であるが、新しい個体を生み出したものに共通であるかぎり、自然は左様によって新しく生まれた個体にこれを付与する。

つまり、生物個体の特定の形態は、体の便に方によって発達したり逆に失われたりし、それは子孫にも受け継がれるというのである。

ドイツの医師であり生物学者でもあったエルンスト・ヘッケルは別の面から生物を研究し、1866年に「個体発生は系統発生を再現する(Ontogen recapitulates Phylogeny)」という概念を提出した(205ページ記事参照)。この短い文章は個体発生・系統発生・再現する(頭部が反復する)という語からなり、いずれもヘッケルの造語である。彼はこの概念を「生物反復説」もしくは「生物発生原則」と呼んだ。

この短文は、脊椎動物は個体発生の際、頭部で進化の過程をくり返すということの意味している。頭部とは顔面頭蓋のことをいう。これは説とはいうが、実際には経験的的法則である。だが生命発生原則は、後に思いついた生物の本オオネー(子)どもの頃の姿を保つまま成熟する現象(200ページ記事参照)を説明できなかったため、20世紀にはほとんど葬り去られてしまった。

ヴィルヘルム・ルーはヘッケルに動物学を学び、その後、医者になって発生学を専攻し、「機能解剖学」を創始した。さらにル

注1 ノエルウィン・シュレーティンガ(1887-1961年)

注2 オーストラリアの理論物理学者。ウィーンに生まれ、ウィーン大学に学ぶ。原子爆弾論、相対性理論、光電子の問題などを研究した後、波動力学を提起し、量子力学の創始者の一人となった。1933年にノーベル賞受賞。科学思想が著しく、とくに「生命とは何か?」は分子生物学の先駆けともなった。

注3 マックス・デルブリュック(1868-1928年)

注4 ドイツのベルリンに生まれ、ゲッチンゲン大学などで化学・物理学に関する電子論・量子力学を研究し、1932年、1933年、サイエンス・ウィルヘルム化学研究所に入った。同年、ニールス・ボーアが生物物理学・化学との関係を論じた「光と生命」という講演に刺激を受け、生物物理学に関心をもつようになる。1937年、アメリカのカリフォルニア工科大学でバイオテクノロジーの遺伝学的研究を開始し、分子生物学の基礎を築いた。69年、ノーベル医学・生理学賞受賞。

注5 三天成夫「生命形態学序説」根拠論者としてモルフォロジイ・シエマ(1929) ちくま学芸社(1993年)

注6 ヨハン・ヴィルヘルム・ゲート(1749-1832年)

ドイツの哲人・小説家。シラーとともにドイツの文学運動「シュトルム・ウント・ドラング(暴風運動)」で中心役割を果たした。科学にも造詣が深く、生物のさまざまな形態の成り立ちを研究し、その「形態論」を原動力として、ニコトンの光学理論に対して内的成変を重視する「色彩論」を提出した。1779年、ワイマール公園の管理官として政治家としても名を馳せ、代表作に「政変するエルテルの福み」「ファウスト」など。

の進化などの原因をそれぞれ説明すれば、進化のメカニズムが見えてくる。たとえば脊椎動物の形態の進化の過程を見れば、力学的な対応による必然的な変化が観察され、ネオ・ダーウィニズムが言うような突然変異や自然選択による変化はまったく認められない。つまり、生物は同じ遺伝子をもつたままでも、体の使い方をしたいすべてが変わってしまうのである。

筆者は、哺乳類に至る脊椎動物の進化にはいくつかの革命期があると考えている(図2)。「革命」とは、生物の革命期とは、何らかの理由により、遺伝子は変化せずに生物がこれまじとは違う形に変わった時期のことである。原初の革命とは、5億年前のカンブリア紀にフサカツギなどの鰓類(注8)が鰓孔と呼ばれる水を入りさげせる水管(鰓孔管)に取り込んだときを指す。その結果、生物の「呼吸上皮」と呼ばれる触手(鰓)の皮膚呼吸装置(海水を保持して食物を捕食すると同時に皮膚呼吸を行う)が鰓管の粘膜に移動した。これによって「鰓呼吸」と呼ばれる呼吸方法が始まり、原始的な脊椎動物(原索類(注9))のムカンホヤが誕生した。その直後の子孫であるいまのマホヤの表皮には、4億〜5億年前に生きていた棘魚類(魚鱗の皮膚と体を覆われた原始的な魚類)やサメのうろこ(鱗)や同様の構造をもつ(原型とも)言える三角状の軟骨物(骨)がすでに見ら

れる。次の革命は約4億3000万年前のシルル紀にムカンホヤが幼形進化したことから始まった。すなわちムカンホヤは子どもの頃に短期間水中を泳ぐが、その形態を保つたまま進化をとり、魚のような体制の原索類になったのである。その結果従来の捕食法は、それまでの海水のろ過による受動的なものから口を使う能動的なものへと移行した。そのろ骨の材料となるリン酸が栄養として腸から吸収されると、体の皮膚を覆う軟骨のうちがアパタイト(硬い歯を構成する物質)化してかたい表皮となり、体内にはあごなどの軟骨の骨格ができた。この歯とあごの獲得による、鰓類への誕生が脊椎動物の第1革命である。

3億年前のデボン紀に起きた次の革命は、水中からの陸上動物である。このとき生物は、生体力学的な対応によって呼吸法をえら呼吸から肺呼吸へと変換した。また軟骨性であった体内の骨格が硬骨となり、脾臓にあつた造血器が、できたばかりの骨の内部の骨髓腔に移動した。同時に組織免疫の中心となる遺伝子の複合体(主要組織適合抗原の遺伝子)が作動した。これらの変化はすべて、生物の生息環境の重力の変化が引き金となって遺伝子が自動的に発現した結果である。これが第2革命である。

ついで約2億7000万年前の三疊紀後期に起こった革命が哺乳類の誕生である。哺乳類の最大の特徴は、哺乳のシステム

にある。哺乳類の赤ちゃんが乳を飲むシステムは、成長とともに消化を担う咀嚼器官へと移行する。この咀嚼器官の獲得が第3革命である。

哺乳類を定義する器官は、咀嚼のための器官である特殊な歯のみもある。それは正確には釘歯(歯)とエント歯をもち、顎帯で結合されている哺乳類の歯と呼ばれる。小動物において起こった体温を維持するといふエネルギー代謝の革命も、食物の咀嚼により誘導されたものである。結局のところ、動物は食べることを本義としているのだ。このように原索類動物界の「精鋭」である哺乳類に到達するまでの4つのイベント(革命劇)のすべてが、あご・口腔・腸系(脊椎動物のりとなる部分)の器官が発生している。この部分のまじまじに歯官が顔である。脊椎動物の形の進化は顔でしか進れないことがこれでわかる。

動物は植物と異なり、外界の状態を感じ動くことを特徴としている。感動は心の始まりである。動物が何を感じ、何に向かつて動くかといえば、内臓が求める食物と生殖を得られぬ場所に向かつて、体の筋肉を使つて移動する。つまり動物はいわば内臓の担体(vehicle)であり、体を支える筋肉と骨格がこれを担う。この脊椎の進化は、採食・呼吸と生殖という種類の、種別的な基本機能をめぐる動物の運動に対する、生体力学的な反応によって進化したのである。

これら4つの革命には突然変異の入る余地はまったくない。サメが水を求めて陸をわたれば呼吸ができなくなるために窒息してしまう。サメが水に大あはれすれば、それによって血圧が上がる。そうするとえらで空呼吸ができなくなるのである。大あはれしないサメは血圧が上がらないから死滅する。この行動様式の違いで生死が決まる。

あはれたサメのみが生き残るとすれば、行動様式が似ているから、上陸する前と遺伝子は変わらずに一律に同じような形に変形するだろう。変形の様式はウオルフの法則に従う。これが脊椎動物の進化の仕方なのである。生物は力学を原因として進化する。体の使い方をえら次に伝えられる。遺伝子は同じでも変形は伝えられる。変形が何代にもわたると、後進して遺伝子が複製を等して無目的に変化する。

生物は、外界に全面的に依存するものであるから、生存の条件を超えた環境では容易に滅びてしまう。しかし力学対応は何と生き残ることもある。したがって、自然選択は生物が力学対応をするか否かに対して働く。力学対応によって生体構造が変われば、生体体の形も変化する。これが進化と呼ばれていたのである。

同じ遺伝子をもつていても、対応する前がわからなければ死滅する。ネオ・ダーウィニズムでは生き残ったもののみを、人間

◀両生類のアカハラライモリ(右)の頭を移植した。去は移植の2カ月後に撮影した。移植後、免疫による拒絶反応は出なかつた。これは彼らが組織免疫システム(主要組織適合抗原)をもたないため。



▼ニホンサンザルの筋肉内に合成アパタイトを移植すると、その中に骨髄が生じる。これは移植後12カ月経過時の写真で、移植部分を拡大している。白っぽい液状のもののが骨髄。写真/西原克成



の価値観にもついても、運命とも見ることになる。またこのときに、生き残つて形が変わつても、基本的な遺伝子は短期的には変化しない。したがって、運命生存は生きたままのみを、後世の人間が親及的にさう呼んだもので、他者のない理解にもとづくものであった。

生計現象は、物質の界面と界面に生ずる電気現象の自己創発(43ページ参照)的な反応系である。したがって、ヒトの価値観や人格神の支配する目的論に従うことなく、自由な現象系として存在する。これはまた人間と空間とエネルギーとを一定期間私的に占有する現象系でもある。

顔は日々変形していく

脊椎動物の形態の進化を研究するには、顔を用いるしか方法がない。というのは、首も胸郭も腹部も、脊椎動物の連体相対である原索類(ムカンホヤ)まで進化をえらのはさき、えらをもつた口袋に収められてしまったからである。命そのものであったこの口の袋こそが顔の原形である。

ムカンホヤはオタマジャクシ型で生れて子どもの頃は海中を泳ぐが、数日して袋状の成体に変態し、岩にすいつて生活するようになる。だが何らかの理由でオタマジャクシ型のまま成体になる(ネオテニ

注5 / M. ハルナル(ミリアト)「マ
ルクと進化論」(演山雑誌) 寺田元
一訳) 朝日新聞社(1993年)

注6 / 三木成夫(1925-1979)
香川県生まれの解剖学者。1947年
から東京医科大学獣医学部助教授。70年に
東京医科大学に移り、74年の教授。ベ
ッセルの生物学系講師にもついで
人間の臨死期における「生命現象」の
再現を試みたほか、腫瘍の発生や統
一発生学および比較形態学の手探りよ
り明確にした。また、造血系造血細胞
を免疫臓器の中継器官として注目し
るなど、免疫や造血の謎の解明の一
端緒を作った。著書に「細胞の世界」
(中公新書)「生命現象序説」(つづ
き不詳)など。

注7 / ヘルム・カメラー(1880
-1926年)

オーストリアの生物学者。サンショ
ウオを通常と異なる環境で生育すると
生活方法が変化し、それは遺伝的に引
き継がれることを実験的に示した。彼
は「獲得形質の遺伝」を証明したと主
張したが、イギリスやアメリカの生物
学者に偽善者と攻撃された。その後モ
スクワのバブワ研究所に招聘された
が、赴任する直前に謎の死を遂げた。

注8 / 廣瀬義典
原始的な多細胞動物の一群。分泌物
で作られた細胞内に住み、群体で生
活するフサカツキ類が知られている。

注9 / 廣瀬義典(原素動物)
一生のほとんどを1時期に過ごし、
着床および着床の時期をもつ動物を
原素動物と呼び、そのうち個体発生す
る途上で胚の周囲に脊椎骨が発達する
動物を脊椎動物、それ以外の動物を原
素動物という。脊椎動物は原素動物か
ら進化したとされる。

注10 / クロト・ベルナル(1881
-1978年)

フランスの生理学者。1854年から
パリ大学教授。その後コレージュ・ド
フランスの教授を兼任。階層の分泌液
の消化作用を確立し、脳神経や交感神
経の働きの研究や体温の調節のメカニ
ズムの探索を行ったほか、内分泌の概
念を確立させた。実験的方法を人体生
理学に適用する「実験医学」、生物や器
官の機能によらず成立する基本的な生
理現象を探索する「一般生理学」の祖
とされる。

注11 / 渡辺分蔵
ほとんどの生物は染色体を2組もつ2
倍体だが、生殖細胞を作るときには細
胞分裂後に染色体が減細胞に1組ずつ
分配され、結果として染色体の数が半
減する。このような細胞分裂の過程を
減数分裂と呼ぶ。実際には①細胞内で
DNAが複製され、②4組の染色体が
相同のものどうしで組み合わり、③2
組の細胞分裂を経て、④4組の染色体
をもつ生殖細胞が生成する。

注12 / K. Nishihara, The basic con-
struction of vertebrate, structural
defects in the human body and a new
concept of the immune system, J.
Oromax Biomech., Vol. 1, No. 1, (1995)
79-87 西原虎次郎の科学(日本教文社)

注13 / (原注) 本研究は、平均の骨度
と解剖学材料高品質の進化システム
「新しい進化生理学の美談」による
「脊椎動物の力学対応進化システム」
の確立と「原素動物」の「人工骨髄
の開発・実用化と免疫学の発展」に
関する研究の功績による。

脊椎動物の進化を 再現する

L. B. ホルスタッドは指摘したように、
脊椎動物の進化には骨格物質が重要な役割
を果たしていることが経験則として知られ
ている。したがって古くから知られる形態学
の中でも、ベッケルによる系統発生学や個体
発生学とクロト・ベルナル(注10)に
よる生理学・生化学、それにアルブレン
クワの分子遺伝学を、ルートの生体力学
を中軸として統合して研究すると、従来の
生命科学で分かれていた分野が同じ現象の
異なる側面であることが明らかとなる。

筆者はこれを生命科学の「三位一体の統
合研究」と呼んでいる。この研究では、生
命体の形態形成や組織や器官の機能が生ず
るのも、すべては広義の生体力学的刺激
(すなわち酸素や光、重力、栄養など)が
引き金となって体の局所を構成する細胞の
遺伝子の機能が発現するためという考えに
もついている。

これが事実であるすれば、現生の動物
に対して力学的な刺激を与えれば、進化で
生じた過程を個体の局所において再現する
ことができるはずである。これを「実験進
化手法」と呼ぶ。筆者はこの手法により、
マボヤ人類的に形態進化させた(1-10
ページ参照)ほか、いくつかの進化を再現
することに成功した(後述)。

「ワグネルは学術に照らして完全に破綻
しているから、その妖怪じみた姿をまら
し、現在ものたうちまわっているのである。」

いまも、歯列や顔の形などが突然変異
による小進化で変化するなるといった俗説
がまかり通っているが、これは進出のワオ
ルフの法則を見落とした学者が、遺伝子と
形とを短絡させた誤りである。ワオルフの
法則が示すように、骨は筋肉を含めた外力
で変形する。つまり、骨の形は遺伝形質だ
けでなく、くり返し与えられる長期の外力
によって決まるのである。顔は行動様式も
が変化すると日々変わり、さらには一代一
代にも行動様式を反映して変形する。それ
らが積もり積もって100万年くらいする
と、顔の形が以前とは大きく隔たってくる。

たとえばアメリカ・インディアンのある
部族では、眼窩の形を異なることによつて
遠視にするために、生まれた子どもの顔をゆり
かたに縛って短頭化(眼窩の横幅に比べ高
さが短くなること)する習慣があった。イ
ンカでは逆に長頭化するために頭にたがを
はめたりした。わが国ではまゆを結って額
枕にして上向きに寝た時期に、頭骨に短頭
化している。

顔の形は生活習慣により、顔に加わる外
力でも変形する。口呼吸は嚙み、寝相の3
つの癖で、遺伝で受け継がれた形からそれ
で二次的に顔がつぶれるものである。このつ
ぶれ方がワオルフの法則に従うことは論ず
るまでもない。

に成立しない。進化に決まっている形が体
の使い方によつて変わるといことは、わ
れわれの形態を規定する因子はハードであ
る遺伝子の情報だけではなく、ソフトの情
報系である教育ならを含めた環境因子が重
要だということを示唆する。脊椎動物の体
は、ソフトの情報系とハードの情報系によ
つて二重に支配されているのである。とす
ると、形の変化は次代に伝えられるは遺
伝子の形が必須なく、特定の行動様式や
環境因子なども必要なく、特定の環境系に伝
えられればそれでよいということになる。

骨格物質が 進化様式を決定する

生物の種類によつてもっとも顕著に異な
るものは骨格とそれを構成する物質であ
ろう。たとえば脊椎動物を定義する骨質はア
パタイトからなる骨格と、アストチン(象牙
質と骨組織の複合体)の特殊化した側で
ある。また、原始的な脊椎動物と高等脊椎
動物を分けるのは造血を行う骨髄組織であ
る。さらに、哺乳類を他の脊椎動物と区別
する特徴的器官はセメント質をもつ歯(歯
槽)である。

哺乳類の歯は、力学的な法則に従い、環
境因子に対して最適な状態を保つ最適化シ
ステムをもつ。このシステムによつて、あご
の関節から機能によつて異なる歯の形態
聴覚伝導系の骨格の成立に至るまで、哺乳

血液型もO型と等しい。つまり、原始的な
脊椎動物は昆虫と同じように主要組織蛋白
抗原や血液型物質などの遺伝子をもってい
るが、それらが発現していないのである。
筆者は実験によつてこれらの遺伝子が重力
によつて発現することを思いだした。

ウスラとニワトリのキメラ動物を作り出
すことができるが、胎前期には胎原に対
して、免疫が動かない「免疫寛容」のため
である。つまり、この時期には組織適合抗原
の遺伝子群が発現しないのである。筆者は
1997年、ドナサメに別種のオスの皮膚
を移植し、原始的な脊椎動物では免疫作用
が動かないことを実験で明らかにした。ま
た、口顔類であるスタウナギの歯を同生類
のイモリに移植することにも成功した。

脊椎動物では、使わなければ機能障害、
使えば発達するという力学的な対応による
進化様式が存在しない(「用不用の法則」)。
また、器官を作るための素材が体的に採取
されることなく、構造は同じでも、作られ
る骨質の組成が変わるために別のもので形
成される。たとえば、サメのうろこで
ある鱗板からカルシウムが抜けると毛髪
になるのである。

ワオルフの法則は、遺伝で大きく決ま
っている骨格の形が体の使い方の偏りによ
つて部分的に変わることを示している。生
命形態と重力などの力学的な作用は切つて
も切れない関係にある。ワオルフの法則が
正しければ、ダーウィンの進化論は基本的

し、ことある。進化の観点から言えば、
この奇妙な成体が頭を先にして前方に運動
した結果、重力の作用(慣性の法則)によ
つて頭、首、胸郭、それに尾とひれという
5部に分かれたということになる。

今日の哺乳類の顔は、生命を定義する器
官として位置づけられる。従来の人類学者
の一部では、顔の形はすべて遺伝によつて
決まるとする学説が信じられてきた。その
ため、顔の計測が精力的に行われ、それを集
計した統計的な手法を用いて、ネオ・ダー
ウィニズムの進化論にもつとく顔の形態
変形論が論ぜられていた。

サイエンス(科学)には厳密な学術・
論・法の階層(ヒエラルヒー)がある。20世
紀は世界中の学者がこの階層をきれた時代
であった。彼らは計測法や統計法を科学の
手法と誤解し、これらを用いればすべて
サイエンスの条件を満たすものと錯覚した。
学術論のもととなる材料を運ぶ「手法」
や「技法」を用いてでき上がるのは、階層
の下からの番目の「論」すなわち「資本論」
や「進化論」である。これを「科学」とす
るには、この論が現実の現象を支配する
かどうかを観察する学術的な観察例が
必須となる。20世紀に力を入れた進化論
と資本論は、この学術行為を100年間怠
っていた。それがサイエンスなら得なか
ったことに気づく前に「進化論」はマル
クスの申し子のレーニン、スターリンの実
験は完全に失敗に終わった。だがネオ・ダ

脊椎動物の進化は、器官の機能進化に
ついてはあまり論じられたことがなかった。
詳細に研究すれば、原始的な多細胞動物で
あるヒトよりも高等脊椎動物の哺乳類も、消
化管や開葉系組織の基本的な機能は同じで
あることがわかる。くじに海鳥機能は脊椎
動物では環境因子の変化により、生体内を
比較的自由に移動する。前述したように、脊
椎動物の第2革命である陸上動物では、見か
はれも分のIGの水中からIGの陸上上が
つたための重力対応によつて造血の場が腸
管消化管から骨髄に移動した。このよう
に脊椎動物の骨髄、器官の機能が外的要因
や内的要因により自由度をもつて変化する。
筆者はこれを実験で検証した。動物の筋
肉に人工骨の合成ヒドロキシアパタイトを
移植して刺激を与え、本来は生じることの
ない胎原に骨と造血系を作り出させたので
ある。これを人工骨移植(アンバー(注13))
と呼ぶ(1-14ページ参照)。骨髄から18
ページ参照)。たとえば軟骨動物であるサメ
には骨髄がないが、この実験によつて胎骨
部に骨髄と造血系が誘導・形成された。つ
まり、進化を先取りしたのである。

一方、免疫系の中核である造血系が移動
すると同時に、重力を引き金として血液型
物質や自己以外の生物に対して拒絶反応を
示す「主要組織適合抗原」が作られる。こ
のとき遺伝形質は変わらないが、形態は変
化する。原始的な脊椎動物は、哺乳類や鳥
類の胎原と胎原のシステムが同じであり、

類に特有の器官が生じたのである。

そこで、骨格を構成する物質に着目し、リンネ流の生物分類学を試みよう。生物を骨格系物質で分類するとおおよそ種類に分けられる。

- ①ケイ酸系のケイ藻
- ②セルロース系の植物
- ③炭酸カルシウム系の貝・サンゴ類
- ④キチン系の節足動物
- ⑤ヒドロキシアパタイト系の脊椎動物

▼メキシコの洞窟に住む有名な魚。この生物は生まれて半日とすると目が作られる。これは光の刺激が目の神経細胞の分化を促すためである。



進化の法則性も、骨格物質の力学的安全性によって決まる。ルーツがすでに1000年前に気づいていたように、脊椎動物を高等動物の進化は、重力・生体体の動きに対する力学作用、それにリネオリングに際する時間という要素によって起るものとする。だから逆に言えば、行動様式を変えなければ何億年経過しても形は同じである。たとえばいまのマホヤは、5億年前のカンブリア紀のムカンホヤとはほとんど同じ姿をしている。サメも、シルル紀に登場してから1億年はほとんど行動様式がままり、デボン紀から現在までの億年の間はほとんど形が変わっていない(100ページ図1)。しかしこの間に、サメもホヤも、実は遺伝子そのものは複製ミスなどにより大きく変化しているのである。

ラマルクの用不用説は正しかった

ウォルフの法則が成立するのは、動物の体を構成する局所の細胞中にある遺伝子が力学刺激によって発現するためである。よすれば、生命体そのものや器官・組織・細胞の形態と遺伝形質とが短絡することはあり得ないことになる。同じ遺伝子をもつ細胞でも、どの遺伝子が発現するかによって細胞の形も種類も変わるし、それらの集合体の個体も、体の使いかたによって局所的に形を変えられるのである。

生物は、生き方によって骨格系物質が大きく変わるらしい。生気体は時間軸に沿って体を再構成することにより、老化による生命システムの機能の劣化に対処する。つまり、生気現象は時間の作用をきわめてはつきりとするのである。再構成の際、骨格系物質が力学作用を取り込むシステムを備えているか否かにより、形態変容の法則性「進化の様式」が違って行く。前記の3種類の生物のうち、ケイ酸系・セルロース系・炭酸カルシウム系の骨格をもつ生物は、力学対応によって体を変形させることはほとんどできならしい。これに対してキチン系とアパタイト系骨格をもつ生物は、力学的な状況に応じて骨格の形が変わる。したがって、アパタイトという骨格物質の生体力学な特性の解明により、脊椎動物の進化と免疫系の謎の解明のアクセラターが知られるのである。

遺伝子が変わっても形は変わらない

生気個体を1個のままつた情報系と見ると、1代ごとに生命記憶の情報系の伝達が正しく行われれば、どれだけ世代を重ねても生命の情報系は変わらず、生物の形も代謝の様相も変わらないはずだ。ある世代から次の世代への情報伝達の際に内容が変化するか、代を重ねることに形も代謝の様相も少しずつ違って行くのである。した

サルの子どもをまっ平のところで真上を向いて寝かせれば構骨が鼻脚に至るまで、ヒトと同じ形に変えることができる。サルが自発的に子どもをこのように育てれば、これこそ種群が分岐する。くり返しになるが、生物の形態は遺伝子の1セットの情報系と、環境因子と呼ばれるソフトの情報系によって重に支配されているのである。したがって、ソフトの情報系を代々伝えられれば形態は次世代に伝えられる。これこそがラマルクの用不用の法則である。

ラマルクは、彼の創始した進化学において「内的要因と外的要因により動物の形態は変化する。内的外的要因を伝えさせればこの変化は次代に伝えられる」と述べているのである。内的・外的要因は温度・湿度・重力・光・電流が体の使い方ですべてを含むものとして、いまなら環境因子つまりソフトの情報系のことである。コンピュータ時代でなければ理解されにくい概念が、ラマルクによってすでに200年前に提示されていたのである。

ラマルクが今世紀に否定されたのは、後代の学者が勝手に法則の意味を歪めさせたためである。この法則はあくとも生物に獲得形質の遺伝、という誤解がわやらず言葉に置かれた。ラマルクが聞けばはげだにその誤りを正すことができただろう。ネズミの尻尾を2代にもわたって切断し、これが遺伝しないことを確認して獲得形質

が、生命体における情報伝達とは何かを明らかにし、伝達の際にその内容が変わる原因を突き止めれば、形態変容の法則性すなわら進化の謎が解明されることになる。生命体の世代間の情報伝達は、先に述べたように変動する要素が7つある。形態系・機能系・器官系・代謝系・免疫系・リネオリング系・複製系(遺伝子系)である。これら7つの変動する要素に対し「進化の過程で共通して作用する因子は何か? それは時間と遺伝子の2つである。7つの因子は複製系も含めてすべて、DNA遺伝子が自分自身を複製し、たばはく伝達を行うことによってはじめて機能する。また遺伝子自体も時間の作用で変化する。したがって進化とは「生気体の伝達系と情報系の時間軸に沿った変化」ということになる。このときの情報系は、生気体がリネオリングを通じて行う遺伝子のコピーと考えられる。すなわら、生気現象の本質は「リネオリングに共役した代謝」なのである。

もう少し説明しよう。リネオリングとは、改作(こと一般に組織(骨など)の改作をいうが、ここでは細胞とその細胞から出る物質である細胞周囲の基質の作り換えを意味している。この場合のリネオリングは、細胞の遺伝子の複製(DNAとRNA)の複製・転写・翻訳)によって行われる。細胞にも体細胞と生殖細胞の2種類があり、体細胞のリネオリングは細胞内の遺伝子の複製によって進められ、また次代への作りかたが、生命体における情報伝達とは何かを明らかにし、伝達の際にその内容が変わる原因を突き止めれば、形態変容の法則性すなわら進化の謎が解明されることになる。生命体の世代間の情報伝達は、先に述べたように変動する要素が7つある。形態系・機能系・器官系・代謝系・免疫系・リネオリング系・複製系(遺伝子系)である。これら7つの変動する要素に対し「進化の過程で共通して作用する因子は何か? それは時間と遺伝子の2つである。7つの因子は複製系も含めてすべて、DNA遺伝子が自分自身を複製し、たばはく伝達を行うことによってはじめて機能する。また遺伝子自体も時間の作用で変化する。したがって進化とは「生気体の伝達系と情報系の時間軸に沿った変化」ということになる。このときの情報系は、生気体がリネオリングを通じて行う遺伝子のコピーと考えられる。すなわら、生気現象の本質は「リネオリングに共役した代謝」なのである。これが1個体で起る場合は「ウォルフの法則」という発露則として示され、芽々として世代を重ねる場合はラマルクの「用不用の法則」として示される。これはすなわら形態の進化である。したがって脊椎動物の

が遺伝しない検証し、ラマルクの用不用説を否定したウアイスマンという変人学者がいた。これは外構であるから用不用とはまったく無縁であり、遺伝するかどうかを考える方がおかしいのである。用不用とは、体の局所の機能に負荷がかかるかどうかということである。この負荷が局所の機能器官を構成する細胞中の遺伝子を発現させる引き金になるのである。ウアイスマンは外構と体の機能に対する負荷を連動した発露系と線系との誤りにすら気づかなかつたのであった。

一方リネオリング(再構成)の重要な機能のひとつとして生殖がある。これは次代へのリネオリングであるが、このときに高等生気体に必要な過程として遺伝子が複製されて、減数分裂する(注1)。この過程にも時間がかかり、その結果、ときとして遺伝子の複製ミスなどが生ずることがある。これが突然変異と諸々の遺伝子上的変化と考えられるものである。これはある一定の率で発生する。したがって生物の行動様式が変わって形が変化すると、長い間には突然変異等により遺伝子が後退して変化することになる。ミトコンドリアの遺伝子と同様に、核の遺伝子も、形態を直接的に関連せずに変化していくことがわかってきた。これが分子進化である。形態の進化と分子進化はまったく別のものでもあったのだ。従来の生物進化上に認められた進化の定

換えは一般に雌雄2種の生殖細胞が受精・融合することによって起る。

生命体が環境と共役してしか成立する、ことができないのは、例として液体が生み出す渦の成り立ちを考慮すればわかることである。生命体は、流れに浮かぶ渦をみなすことができる。そこではつねに物質が時間の流れに従って入れ換わりつつエネルギ代謝を行っている。このリネオリングも遺伝子の作用として生じる。すなわら局所を構成する細胞中の遺伝子の複製とたばはく合成によって起る。遺伝子は時間の流れの中で発現するから、リネオリングは時間の関数となつている。

流れには重力が必須である。ここで重力方向とは別の方向に生気体が動く、慣性の法則によって時間軸に沿ってゆっくりと生命体の形が変化する。つまり、生物の体の部分ならし全体の動きによって生ずる主応力線(力がかかると主要な方向)の方向と重力の作用する方向との合成により器官の形は決定され、肉眼レベルで変化する(リネオリング)。当然、生気体の動きや生命現象に対して、慣性の法則ははたまりと作用するときとそれはほとんどないときとは生命体の形に違いが生じる。

これが1個体で起る場合は「ウォルフの法則」という発露則として示され、芽々として世代を重ねる場合はラマルクの「用不用の法則」として示される。これはすなわら形態の進化である。したがって脊椎動物の

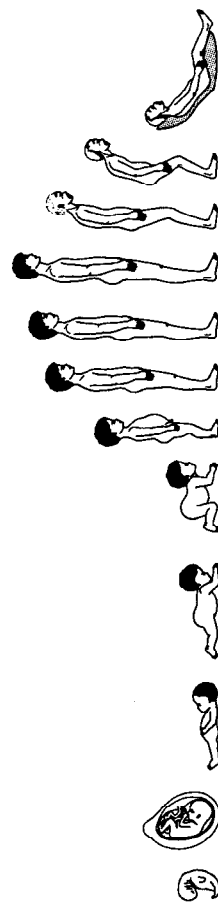
方向性も環境因子や行動様式という広義の生体力学因子に対応して形が変化した(ウォルフの法則)と考えればすべて説明される。生物が一定方向に進化する(定向進化、哺乳類のイルカと魚類のサメの姿が似る(収斂進化)などの現象は、アパタイト骨格がウォルフの法則に従って変化するためといえる。別系統の動物でも骨格物質がアパタイトであるとして行動様式が近似していれば、形態は類似したものになるので、一定した方向性を示したり収斂するものに見えるが、遺伝形質としてはまったく関連性をもつことがないのである。

生命体に加わる外力は生体内では基本的に液性の流動に変換される。というのは、動物の体の大部分は液体から構成されているからである。さて、生体内の物質のほとんどは水溶液状態では帯電している(細胞中では帯電しない)。そのため、心臓ポンプや体の動きによって液体が動くとき、液体内では必然的に帯電が起る(流動帯電)。そこへたまたま、環境の変化によって血圧が上昇すれば体の特定部位の電位が大きくなる。その結果、その部位に所属する細胞では特定の遺伝子の引き金が引かれ、骨の改変や筋細胞の分化が生じるのである。

先に述べたように、筆者は原始的な脊椎動物(サメ)を使ってこのことを実験的に検証することに成功した。こうした実験をもとに遺伝子が歪め改められれば、それは科学界に与える大いなる福音となるだろう。●

進化からみたヒトの器官の発達

西原克成



ぶんしん出版

1.2 進化からみたヒトの器官の発達

1.2.1 脊椎動物の器官の進化

(1) 進化論と進化

ネオ・ダーウィニズムに代表される従来の進化の研究は、組織や器官の変容という物質的基盤に基づき、検証に立脚した研究が一切なかった。動物・植物から細菌・原生動物まで含めて、ただごちゃ混ぜにその変化を漠然と形や代謝で観察し、概念的に論じていたにすぎない。今日遺伝子に関する分子生物学が進歩し、生物の形態と機能を司る本態が栄養や酸素から温熱・力学エネルギーまでを含めた広義の生体力学刺激（物理・化学刺激＝従来環境因子と呼ばれていた）による細胞とミトコンドリアに含まれる遺伝子の機能発現にその大半が依拠していることが明らかとなった。そして単細胞生物と多細胞生物では、重力への対応が本質的に異なる事も明らかとなっている。さらに、多細胞生命体は、5種類の骨格物質により分類され、その進化様式はこれらの物質によっても、著しく異なる事が明らかとなった。骨格とこの進化様式は重力への対応でできるものである。これまでの生命科学には、多細胞生命体にとって最も本質的な重力作用が完全に見落とされていた。したがって従来の進化論は根底から書き直さなければならぬ。本節文は、150年間の迷宮進化論を正す最初の進化論である。

脊椎動物の定義は、「骨化の程度にかかわらず骨性の脊柱を持つ脊索動物」であり、特徴器官は脊柱と腸管呼吸器である。進化の研究すなわち進化学とは、形態変容の法則性の解明である。したがって骨格物質の形の変化と呼吸器の変化の法則を究めれば、進化学が解明されるのである。骨には、骨の機能適応形態として、すでに、1890代からウォルフの法則が知られている。この臨床医学から得られた大ざっ

ぱな経験法則を深く考えれば、これ一つで進化は解明されるが、さらに鰓器から皮膚呼吸や肺呼吸の変容と発生の様式を観察すれば、検証に基づく進化学を樹立することが出来る。骨の機能適応の実態とは、反復運動による荷重が、生体内で液性の流動に変換され、これがさらに流動電位に変換されると、この電位で骨や軟骨を作る細胞の遺伝子の引き金が引かれて骨の改造が起る現象である。つまり骨の形態変容の法則は生体力学が主導である事をウォルフの法則は示しているのである。一代かぎりの骨格の機能適応現象がウォルフの法則であり、これは、重力方向と骨格の運動による主応力線方向との合成で形が決まるといいうのものである。力学刺激の骨格への作用のみならず、あらゆる物理・化学刺激に対する対応としての、あらゆる器官や組織の変容の累代に及ぶ法則がJ. B. P. ラマルクの用不用の法則である。一方上皮細胞や間葉細胞が、湿潤な状態で大量の酸素に接触すると、酸素が引き金となって赤血球造血が起こる。これが皮膚と肺の呼吸細胞の誘導であり、これを上皮細胞の化生metaplasiaという。殆どすべての体細胞は身体のあらゆる器官を作る遺伝子を持っているから、その引き金何らかの因子で引かれればリモデリング（作り替え）の際にどんな細胞にでもなれるのである。これが化生である。ウォルフの法則の成立する機序を分子生物学的に理解することが出来れば、ラマルクの用不用の法則も分子生物学的に容易に理解される。1809年に発表されたラマルク学説は100年後に至り今世紀に、獲得形質の遺伝の法則として誤って法則のおきかえがおこなわれた。愚かな遺伝学者A. ワイスマンによるネズミの尻尾切りの実験によってこの法則が否定された。この馬鹿げた実験系が完全に誤っていたことに20世紀の学者は気づくことすら出来なかった。20世紀の生命科学の研究者の最大の特徴は、世界中で考えただけ盛んに研究されていてもウォルフの法則一つその本質をイメカニクスがこれだけ盛んに研究されていてもウォルフの法則一つその本質を考えた学者がいなかった。用不用とは体の使い方のことである。使い方というソートの情報を何らかの方法であれ的確に伝えれば、同じ遺伝形質のまま変形が伝えられることに気づかなかつたのである。しかしこのことに直観的に気づいていた学者も19世紀末から20世紀にいたが、これらの人々と学問が第一次世界大戦のドイツ・オーストリアの敗北で抹殺されていたのである。E. ヘッケルとその高弟のW. ルーは、脊椎動物において個体発生と系統発生がともに重力作用を引き金として再

現されることに基づいて、生体力学と生命発生機構学を創始した。ドーリーのクローン羊で明らかとなっているように、分化の完了した間葉系の細胞の遺伝子は、一個体のすべての器官と組織を分化して作ることの出来る細胞の遺伝子の機能を卵細胞と全く同様に保っている。このことは、完成した間葉細胞の遺伝子の引き金をうまくコントロールしさえすれば、生体のあらゆる臓器を間葉細胞から発生・分化誘導出来ることを意味している。筆者は形態学と機能学(生理学=分子生物学)と分子遺伝子学の三者を広義の生体力学(物理・化学刺激)によって統合する Tri-lateral Research (三者統合研究)手法を開発した。形態と機能が共役しているのが生体で、ともに遺伝子の発現が基礎となっているからである。つまり形態学と生理学は、同じ生命現象の異なる側面を手法の違いによって観察していたこととなる。この観点から、発生学と進化学を見直す検証に基づき、極めて有効な実験発生学と実験進化学を組む事が出来る。筆者は、このようにして1988年に、哺乳類に特有の釘植菌の代替となる高次機能細胞からなる人工関節の菌周支持組織(セメント質・菌周靭帯・固有歯槽骨)を持つバイオセラミックスの人工歯根の開発に世界にさがけて成功した。生体力学の有効利用によって従来不可能とされていたセメント芽細胞を人為的に誘導することが、可能となったのである。次いで、合成ヒドロキシアパタイト(アパタイト)を用いて筋肉内で異所性に造骨と共役した造血を誘導する人工骨髓チャンバーの開発に成功した(1994年)。これは合成ヒドロキシアパタイトの多孔体を血流の殆どない皮下組織に移植埋入すると組織反応が全く起こらないが、動きに従って大量の血流とリンパ液が移動する筋肉内に移植すると、多孔体内部に造血と造骨が共役して発生するというものである。手術で発生する未分化間葉細胞から直接造血・造骨細胞が生体力学刺激による遺伝子の発現で発生するのであり、発生する造血・造骨細胞は筋肉細胞からの仮生と見る事が出来る。事実アパタイト周囲には筋肉組織の構造を保ったまま筋膜と骨膜の形成される組織像が観察され、多孔体内で造血と造骨が流路に沿って形成されている所見が観察される。筋肉細胞も身体のすべての器官や組織を構成する細胞を分化させるだけの遺伝子を持っていることから考えれば当然である。したがって広義の生体力学刺激(物理化学刺激)の有無によって発生する細胞や組織・器官の強化とおとろえは実質的には用不用の法則と同義であり、究極では刺激を受ける細胞や組織の遺伝子発現つ

まり化生と考える事が出来る。さらに骨髓造血系を持たない原始脊椎動物の軟骨魚類と円口類に、合成アパタイトを移植して人工的に骨髓造血系を誘導することに成功し、実験進化学手法を完成した。骨髓造血の成立は脊椎動物の上陸に際して水中の1/6 G(浮力に相殺された見かけ上の)から1 Gへの変化と、酸素の溶解の水から空気への変換によって生ずる呼吸の不調により、窒息しそうになると苦しまぎれにのたうち廻る結果、血圧が上昇して生き延びることによるものである。この時内骨格が骨化して骨髓腔が形成され、ここに自動的に造血系が発生する。

これにより進化が個体発生・系統発生の過程でも重力への対応で、用不用の法則によって発生していることが明らかとなった。脊椎動物の進化では、細胞や組織レベルでは骨格系物質がコラーゲン・軟骨・骨へと変化するのみで、原索類の腔腸動物のヒドラの段階ですでに、肝・腎・膀胱・呼吸器・脈管・血液遊走細胞等はすべて細胞として存在している。原索類のホヤの遺伝子重複で、鎖サルバ型の個体が出来、これが呼吸運動で頭側に向かって進むと、進行方向と重力方向との合成で機能細胞の組織化と統合が起こる。

本書では、進化の学間に生体力学を導入し、形態学の系統発生学・個体発生学ならびに生命発生原則(生命反復学説)および生理学のバイオメカニクスにもとずくウォルフの法則とラマルクの用不用の法則を導入し、重力を主導とする力学対応でヒトをはじめとする脊椎動物の進化が無目的に起こっている事を明らかにする。従来の目的論的・観念論的進化論を完全否定するとともに、正しい進化学を樹立したのでこれについて詳述する。新しい進化学によりヒトの器官の構造的欠陥を正しく認識し、ヒトの器官の発育と発達のためのよすががとりたい。

(2) 脊椎動物の進化様式

生命個体の特徴は、質量のある物質(栄養、酸素、ミネラル、水等)の水溶性コロイドから成り、時間と空間、重力・力学エネルギー、温熱・電磁波動エネルギーの4種類のすべてを生命個体が占有して、初めて生命が成立するはかない存在である。これらのどれ一つが欠けても生命は存立し得ない。生命体が周囲の環境から独立して存在すると考えていた今世紀の生命科学の常識は、質量保存の法則の前世紀のもので、質量のある物質のみに言えることであった。これが、この宇宙は質量の

ある物質のみから成り立つとする唯物論である。質量のある物質の固相、液相状態では、異なる物質が同じ空間を同時に占有する事ができないが、気相とエネルギーは同じ空間を同時に共有でき得るから、この意味で生命体は閉鎖系ではないのである。それで、開放系の生命を取り巻く環境因子のエネルギーや質量のある物質(水や空気)が徐々にあるいは急激に変化すれば、遺伝形質が同じ状態で生命体の形や機能が対応して変化するのである。変化の様式は骨格においては生体力学刺激に対応してウォルフの法則に従い、高次機能器官においては間接的化生すなわち用不用の法則に従う。この変化が代を隔てて長期に及んだものを進化と呼ぶ。形と機能の変化を後追いで生殖細胞の遺伝子に起こる突然変異により遺伝形質がゆっくりと変化するが、これが分子進化である。したがって分子進化は形態・機能の変容とは殆ど無関係に確率的に起こるものである。形態の進化も分子進化もともに無目的に起こる現象である。

1.2.2 進化の研究手法 — Trilateral Research and Experimental Evolutionary Research Methods

ハッケルのとなえた古典的生命発生原則すなわち脊椎動物の宗族発生と個体発生の関係を現代ライフサイエンスの観点から詳細に比較観察した著者は、個体発生が系統発生を5つの表現形で繰り返すことを明らかにしてこれを真正生命発生原則として提唱した(1999年)。一方、進化の現象をW. ルーのバイオメカニクスと生命発生機構学 (Entwicklungsmechanik der Organismen) の観点、すなわち「重力が発生の主要因」という観点から究明すると、ラマルクの用不用の法則が、正しい進化の法則であることが自明となる。用不用とは体の使い方のことで、重力作用に基づく生体力学の摂理のみ、動物が生命活動を営む事を意味する。つまりI. ニュートンの万有引力の法則のもとでのみ生命体は時間の作用で機能するのである。したがって、進化学は、ラマルクの用不用の法則とゲーテのMorphologiaとハッケルの生命発生原則とルーのBiomechanicksと、デルブリュックの分子遺伝子学とを統合すると、はじめて解明されるのである。これまでのように、形態学と機能学と分子生物学がこま切りに分け分けになっていては、解明されるはずもないのであ

る。これらの三者を筆者は生体力学によって統合しTrilateral Research Method (三者統合研究手法)を開発した結果、進化の謎が解明された。ラマルク学説とルーの学問が生体力学である。生体力学で進化が起こるとなれば、力学を用いて進化を実証的に検証することが出来る。これが筆者が開発した実験進化化学研究手法(Experimental Evolutionary Research Method)である。以下、真正生命発生原則(西原一ハッケル)と真正用不用の法則(西原一ラマルク)について解説する。

(1) 真正生命発生原則

「個体発生は系統発生を繰り返す」という生命反復学説(生命発生原則)Recapitulation Theoryでハッケルは繰り返すという言葉を彼の造語でrecaput 頭部すなわち内臓頭蓋(鰓腸を含む)が繰り返すというラテン語をあてた。形態的には手や足、尾が進化を遡ると無くなってしまうためと思われるが、実際には(1)形態系においては内臓頭蓋系、呼吸器系、循環器系、消化器系、泌尿生殖器系、が繰り返されるほか、(2)代謝系もエネルギー代謝のチオールエステルの解糖系とピロリン酸エステルの呼吸系が繰り返され、窒素の代謝系も繰り返される。また、(3)骨髄造血の発生と(4)組織免疫系の発生は高等動物でのみ繰り返される。そしてこの発生過程の基盤となるのが(5)遺伝子発現系で、これも発生の時間軸に従って反復されるのである。これら5つの表現形において個体発生は系統発生を繰り返すことを筆者が明らかにし、これを真正生命発生原則(西原一ハッケル 1999)と呼んでいる。高等生命体の器官や組織の形態形成とリモデリングと機能の発現は、すべて遺伝子の発現によることが自明である。ここでは形態系を中心として述べる。

個体発生において形態系が正確に系統発生を再現するとすれば、哺乳類と両生類・爬虫類・鳥類は肺呼吸の成立前に哺乳類型爬虫類と両生類型爬虫類・鳥類の2種類に分岐しているはずである。現生の哺乳類の個体発生の過程で観察される器官の発生・変容の様は、爬虫類系における聴覚伝音系骨格及び内臓頭蓋咀嚼系と心肺の形成において様相が全く異なるからである。爬虫類の聴器と顎骨筋肉系と心肺はすでに哺乳類のそれらのシステムには変化しような方向に変容している。

ここで多細胞動物の器官分化の原型を考えてみよう。器官の形態的、機能的分化は、すべて遺伝子の発現によって達成されるが、多細胞動物を構成する未分化細胞

はすべて受精卵と同じ遺伝子を持つ。つまり脊椎動物の原型は単細胞の原生動物に求められるのである。単細胞の原生動物が獲得し保持した細胞小器官の機能はすべて遺伝子に保たれているが、多細胞のヒドドラが成立したときに遺伝子の一部の機能が細胞性に機能分化し、さらに原索動物が成立した段階で器官に分化し組織化したにすぎない。したがって原索動物の感覚器官系、中枢神経系、呼吸器系、消化器系、血液・脈管・循環系・筋肉・骨格系および遺伝子系(ゲノムの重複)が、どのように変容を遂げるかを正確に比較観察すれば系統樹の謎は自と解けるのである。

(2) 真正用不用の法則と実験進化学

1) 用不用の法則から真正用不用の法則への発展と重力対応進化学

ラマルクは1809年の動物哲学に次の2つの法則を発表した。

第1法則：すべての動物において、ある器官の頻繁で持続的な使用は(発達の限界を越えないかぎり)、この器官を少しずつ強化・発達させるとともに大きくし、これに比例した威力を付与する、他方、しかじかの器官を全く使用しないと、この器官はいつのまにか弱まって役に立たなくなり、次第にその力を減じてついには消滅する。

第2法則：ある種族が久しい以前より身をおいてきた状況の影響により、すなわちある器官の優先的な使用およびある部位の恒常的な不使用の影響により、自然が個体に獲得させたあるいは失わせたあらゆるものは、獲得させた変化が雌雄に共通であるか、新しい個体を生み出したものに共通であるかぎり、自然は生殖によって新しく生まれた個体にこれを付与する。

彼はこの2つの法則をまとめて用不用の法則とした。これを「不動の真理」とし、「これを見越すことのできる者は、自ら一度も自然を観察したことのない者だけだ」とも述べている。この2つの法則でラマルクは自明のこととして「外的要因・内的要因を伝えることによつて」という条件を記入することを省いてしまったことが、後世の誤った翻訳の源となったのである。第2法則の部分が独立して扱われ、しかも誤って「獲得形質の遺伝」として後世に翻訳されたのであった。用不用の法則における器官の使用・不使用とは、分子生物学的に何を意味するかを考えれば、この法則の真の意味が解るはずである、例を暗闇の洞窟に入つた動物の眼にとる

と、眼が一度も光を感じないと、眼を構成する細胞の遺伝子の引き金が生涯にわたって一度も引かれないうままに経過すると、眼の遺伝子はあつても機能しないために器官が萎縮する。不使用の期間が1000代~2000代ほどだと、発生の初期に弱い光を与えれば眼は回復するが、これが何万世代も続くと、眼を構成する生殖細胞の遺伝子の突然変異が百万回のコピーで1回の割合で発生するため、眼の遺伝子に変異が蓄積してついに眼が廃絶し、もはや弱い光を与えても元に戻らなくなるのである。不用で起こる器官の萎縮を後追いで遺伝子の分子進化が無目的に起こるのである。骨格における一代かぎりの用不用の法則がウォルフの法則である。一定の歯や顎や足や手の使い方を続けていると、その使いかたの力学的特性に従って顎や顎や手足の形が決まる機能適応形態がウォルフの法則であり、筋力を含めた骨の外からの反復性の力で形が決まる。この一定の歯や顎の使いかたというのは、食性が種によって一定になると、いやでも代々同じ物を食うことになり、食物のありようによってはつかまえて方から噛み方に至るまで代々学んで伝えられることになる。機能適応形態のウォルフの法則で一代かぎりの変形が起こり、これが食物というソフトの情報で同様の変形が代々生じ、ついに100万代にも及べば形は大きく変化する。これが用不用の法則である。変形を後追いで生殖細胞の遺伝子の突然変異により分子進化が起こり、代が進むともう二度と元には戻らなくなるのである。そしてすべての器官において、栄養や酸素を含めた質量のある物質と質量のないエネルギーによって細胞の遺伝子の引き金が引かれて形態と共役した機能の発現が起こる。つまり用不用とは器官の遺伝子の機能発現のことだったのである。そして引き金となる物質(物理・化学刺激)さえ次代に伝われば同じ遺伝形質のまま形と機能の変化を代を隔てて生殖によって伝えることが出来るのである。ただし先天的に遺伝子によって伝えることはあり得ないのである。これが著者による用不用の法則の分子生物学的な解明である。

1.2.3 真正用不用の法則から見た進化の革命記

脊椎動物の進化の革命記には、1) 揺籃期 2) 最初の革命—原索類の誕生 3) 第一革命—棘魚類の誕生 4) 第二革命—上陸劇 5) 第三革命—哺乳類の誕生

がある。揺籃期の用不用は、触手呼吸から腸管捕食・腸管呼吸への呼吸法の変化である。原初の革命は遺伝子重複でこれは受精卵が水温の変化で容易に三倍体・四倍体を生ずる偶然性によるものであり、用不用ではない。しかし鎖サルパ状の体節動物が完成すると各体節はまさに用不用の法則に従って頭部・顔面、鰓腸、胃腸部、尾部の各部に分かれる(図1)。第一革命は頭進による重力対応である。第二革命では3つの大きな物理・化学刺激の変化があった。1つが見かけ上1/6 Gの水中から1 Gの陸への変化で、2つ目は、酸素1%が21%に増えたこと、3つ目が酸素の溶媒が水から空気へと大きく変化したことであった。第三革命の哺乳類の誕生も、咀嚼という重力対応が中心となっている。以下真正用不用の法則の観点と分子遺伝子学の観点から進化の革命紀について述べる。

(1) 進化の革命紀

1) 革命の揺籃期

原初の革命期の前には、皮膚呼吸を行う苔虫類(翼鰓類)から、腸管捕食のついでに腸管呼吸を行う原索類のホヤが分岐する。波に揺られて翼手捕食のついでに翼で呼吸を行う皮膚呼吸から、腸の内臓筋運動による捕食とともに発生する腸管呼吸への変容が、次のステージで脊椎動物の源となる。腸管呼吸がこの宗族特有の特徴的呼吸様式なのである。これが脊椎動物の革命の揺籃期である。皮膚呼吸というのは、皮膚の上皮細胞が酸素を引き金として赤血球造血を行うことである。これが腸で行われるようになるのも、腸粘膜上皮の化生による。皮膚から腸へ呼吸粘膜上皮細胞が移動するのは系統発生の初期で移動も基本部分のみと考えられる。未分化の間葉細胞がすべての器官を作るだけの遺伝子を持つているためである。原索類の誕生もまさに用不用の法則による。触手を波のままに動かして餌と酸素を把えていた食べ方が、原腸を大きく動かすことで大量の水を取り込むついでに水とともに入ってくる酸素が引き金となって血液の誘導が腸管に起こるようになる。これが腸管呼吸すなわち鰓の発生であり、用不用の法則による。

2) 原初の革命

ホヤには群体ボヤや鎖サルパがある。単体節のゲノムサイズが7(哺乳動物を

100とした場合)のホヤが遺伝子重複を4回繰り返すとゲノムサイズが100の哺乳類となる。原初の革命ではホヤの遺伝子が3倍体になると体節動物の古代ナメクジウオや古代ヤツメ(ゲノムサイズ18)が誕生する。これが二倍体となりさらにゲノムが36のものが3倍体となればこれがほぼ哺乳類動物のゲノムサイズとなる。遺伝子重複は、受精卵が寒冷刺激にさらされる程度で容易に起こる。古代ヤツメや古代ナメクジウオの内骨格はコラーゲンが軟骨性で、これが腸管呼吸を行うとジェット噴射の要領で頭に向かって泳ぐようになる。これが頭進である(図1)。

3) 第一革命

頭進の、力学現象では頭の先端にある口方向に主応力線のベクトルが走り、慣性の法則で、鉛直方向に重力が作用する。したがって頭進のスピードと頭進を続ける時間の函数で、生命個体の形が変化することになる。頭進している間に、時間の作用により一定の速度で細胞がリモデリングや分裂を繰り返すから、この間に慣性の法則が作用して、食物の消化やそれから出来る血液(造血)、さらに血液の老廃物の泌尿や血液の余剰栄養から成る生殖細胞(泌尿・生殖系)が、時間のかかる細胞の分化誘導としてゆっくりと出来てくるから、慣性の法則でうしろに取り残されて時間経過とともに少しずつ肛側に移動する。体節動物が成立し、水中で頭進をつけている間に起こる主な変化が、門脈脾(造血系)の成立と泌尿生殖系の肛側への収斂である。この力学作用で原索類の前腎から顎口類・爬虫類の中腎が成立する。原初のステージでは腎も生殖系もともに鰓部に存在する一種の造血器の変容体で、腎は筋肉の老廃物質を排出し、生殖腺は余剰栄養の代の隔たりモデリングシステム(卵子と精子)への変換器である。腎は鰓の水をこす機能を哺乳類に至るまでとどめている唯一の器官である。従来は、進化の現象で重力を完全に無視していたために、この頭進による口-肛の分極の現象が不思議な謎として解明不能とされていたのである。20世紀にはニュートンの万有引力の法則が、相対性理論で無視されてしまったためである。質量のある物質に備わった本性が重力であり、力学現象とは、質量のある物質が空間を移動したときに起こる現象である。A. アインシュタインはニュートン力学のすべてを否定したために大きな誤りをおかしたのである。そのために何が何だかわからない、事実と異なった相対性理論が出来てしまったの

つのグループに分ける事が出来る。

1つは硬骨魚類・両生類・鳥類で、魚類ではウキブクロとなっている肺が心臟に接して食道を背側に横切って内臓の骨盤域にまで発生するグループであり、鳥類ではこれがさらに發展し内臓にまで気嚢が入り込むようになっている。2つ目のグループは囲心腔内に肺が発生し、囲心腔の尾側底が横隔膜を形成する哺乳類である。3つ目の爬虫類はこの2つの中間型で横隔膜はないが肺が腹腔までに及ばずに胸部にとどまるグループである。

実際にサメを海水から毎日1時間ずつ9日間陸に上げて、主な体の変化を観察した結果を記す。サメとしてはドチザメ (Triakis) とネコザメ (Heterodontus japonicus) を用いた。ともに第一鰓孔がSprinacle (空気孔) として小孔が限の尾側端にある。これに対して、鰓孔が殆ど同じ大きさで6, 7列並びスピラクルのないアブカという太古のクラドセラケの形をとどめたサメがいる。行動様式がシリリア紀から今日迄余り変化がなかったのがアブカである。スピラクルの存在は何を意味するのだろうか? 第一鰓孔が目の後端で縮小し、側線の集約器官へと収斂するということは、まさに用不用の法則によって起こる現象である。何に対してかということ、デボン紀に海水が浅くなり汽水にとり残されたサメが干上がって、空気呼吸と重力に長期に繰り返しさらされたことによる空気と重力に対する用不用である。脊椎動物の進化における形態変容の法則とは、各革命期に成立した宗族の生命個体の原型が行動様式や環境因子の変化に従って用不用の法則のもとに形態と器官の機能を徐々に変化させるとのことである。したがって原型からの逸脱は、行動様式が環境因子の激変を意味するのである。重力対応進化学では、時間と行動様式による反復性の主応力線の方向と重力方向との合成と、物理化学刺激の変化とを考慮して、現生ないし過去のある時点の生命体の形態を観察すると、逆計算で方程式を解くように過去における広義の生体力学変化 (physicochemical stimuli) を知る事が出来るのである。

空気孔を持つネコザメとドチザメは、ともに過去に長期に繰り返し空気呼吸を経験しているはずであるから、1日に1時間程度の陸上げは何ともしないものである。この時の広義の生体力学変化には、1) 見かけ上1/6 Gから1 Gへの激変 2) 酸素の溶媒の水から空気をなわら液体から気体への物性変化 3) 酸素の含量の海水

である。現在では超低温・超高压・超高温における種々の現象がアイシンシュタインの相対性理論からはみだしてしまふのであるが、これを統一的に考えようとする学者が殆どいない。新しい生命科学とはこの領域にエネルギー保存の法則のうえに成り立つ20世紀の物理学を導入したものを言う。これにより脊椎動物三つの謎が解明される。第一革命では、頭進によるエネルギー代謝の活性化と呼吸の進展にとともなう軟骨性の皮膚がアパタイト化し、アパタイトの皮膚を持つ軟骨の顎が形成され、有顎類が誕生する。頭進が進むと肝臓と血島で行っていた造血が類洞脾に収斂し、頭進のスピードが上がりが時間が経過すると間脈脾が出来る。ホヤの一つ一つが、鎖サルババのようにつながってそれぞれ体節を作ると椎骨 (軟骨) と腸が体節ごとにそれぞれ連結する。腸は頭進に従ってゆっくりと右廻りにねじれるが、これは地球が自転しているために、重力方向と頭進による慣性 (肛側へとり残される) と自転によるねじれの3つのベクトルの合成でおこるものである。原始脊椎動物有顎類の軟骨魚類のサメにまで見られるラセン腸は各体節ごとのホヤの腸がラセン状の壁で1つの体節によって仕切られているもので、脊椎と対応しているものである。腸の分化と並行して泌尿・生殖系が徐々に中腎として肛側に移動する。

4) 第二革命

脊椎動物の第二革命の上陸劇で起こる生体力学的环境変化には3種類ある。まず、水中の1/6 Gから、陸棲の1 Gへの変化と、同時に起こる酸素の溶媒が水という液体から空気という気体へと激変するとともに、酸素の含有量が海水中の1%から空気中の21%へと激増する。上陸劇でどんな変化が起こるかを現生のサメの成体とアホロートルの幼形成体を實際に陸上げする実験進化学研究により実験的に観察することができる。系統発生では第二革命で鰓器が内耳やホルモン分泌の器官や造血器・圧力センサー等と肺へと変化し、同時に桶鱗の皮膚からカルシウムが抜けて硬蛋白質のみから成るウロコや皮革・毛髪に変化する。この時に重力作用に対応すると内骨格の軟骨が硬骨に変わり骨髓腔を形成する。系統発生学における第二革命の上陸劇でおこる一連の変化を現生の高等脊椎動物 (上陸を経験したことのある動物のこと) すなわち硬骨魚類・両生類・爬虫類・鳥類・哺乳類について個体発生の経過を観察して肺と心臓の関係を中心に比較すると、歴然と以下に記す3

の1%から空気の21%への変化の三種類である。サメの陸上げは、10日間程度であるため重力対応と酸素含有量の増加が主な変化として把握され、海水の空気への変換への対応としては、鰓の粘液分泌量の増加と呼吸回数削減(1/3)くらいしかない。第2革命の上陸劇で起こる最も重大な進化の変容は、鰓器の変容と骨髄造血の成立の2点である。サメの陸上げでは鰓器からどのようにして肺が誘導されるかを実際に再現する実験が可能である。その他の事項については、メキシコサシシヨウウオ(アホロートル)の幼形成体(両生類型)の個体を、水の減少による陸上げで人為的に爬虫類型にする時の状態を観察すれば、用不用の法則による諸器官の変化を検証することが可能である。サメの陸上げでは酸素の含量が海水の1%から21%の空気に変わると、呼吸が1/3に減っても鰓に残った海水を介して血中に入る空気(酸素・窒素・炭酸ガス)は海水中のそれに比べて5倍から10倍になる。空気呼吸に適していない、水呼吸用の鰓ではうまく呼吸が出来ないために、上陸するとすぐに窒息しそうになり、苦しまざれにのたうち廻ると血圧が上昇し、その結果空気呼吸が可能となると、脈圧の差の増大と酸素分圧の劇的上昇により、血中への酸素をはじめとする空気の取り込みが急増する。鰓では最高血圧時に血液から血中に溶けている炭酸ガスや空気が排出され、最低血圧時に21%の酸素を含む空気が吸収される。血圧の上昇で心臓の動きも当然はげしくなるのであるが、心臓の周囲では、運動の活発化にともなう脈圧の差で、最低血圧時に血中に溶けている空気が気体として血液から排出され貯留する。

陸上げたドチザメでは、排出された炭酸ガスや空気は、心臓の外側の両側の胸ビレとの間に、含気性の峰果状疎水性結合組織の気嚢として肛側に向かって足ビレ近くまで伸びる(図2A)。一方陸上げたサメでは、囲心腔の外膜と内膜との間に、右が大きく左が小さい含気性の気嚢が形成される(図2B)。太古の汽水において干潮と満潮で上陸したり水に戻ったりを繰り返すサメが、長期に生き続けるとこれらの含気嚢が膨れ上がり最後にはパンクすることが考えられる。心臓は元来が鰓の腺の特殊化したものであるから、鰓から入る気体が心臓周囲に排出され貯蔵されると、パンクする部位も当然第六鰓孔付近となる。第七鰓腺が心臓となるからである。含気嚢が破れて21%の酸素を含む空気にさらされると、まず鰓腺がこの空洞にヘルニアをおこして入り込む。鰓腺の先端ではここに存在する疎水性結合組織

の間葉細胞の遺伝子の引き金が酸素で引かれて呼吸粘膜に化生(metaplasia)する。このようにして硬骨魚類・両生類・鳥類、爬虫類、哺乳類という宗族によって異なる三種類の肺が行動様式の違いによって形成されると考えられる。これが上陸における用不用の作用である。

アホロートルの陸上げでは、1億年近くかかって変化する鰓弓の変容と心臓の變化、骨の變化と皮膚呼吸を3カ月から5カ月にわたる陸棲で、掌の上で観察することが出来る。鰓弓が徐々に癒合して舌骨となり、顎骨軟骨が骨化し、心臓が縮小し心筋が厚く発達し、肺が機能をはじめ肺胞が形成される。皮膚の粘膜は、上陸とともに呼吸粘膜へと化生し、皮膚で赤血球造血を開始する。これは酸素1%の水から皮膚が湿潤な状態で21%の空気に変換した時の、酸素による皮膚上皮細胞の遺伝子発現による化生で生ずるものである。上陸劇では、側腺系と第1鰓腺から聴覚伝音系骨格が発生するが、この発生もまた哺乳類と他の宗族とは根本的に異なるものである。上陸劇では、第一鰓腺がスピラクルを経て内耳に、第二がワルダイエル扁桃リンパ輪(白血球造血巣)に、第三、四鰓腺が上皮小体と頸洞になり、第五鰓腺が胸腺となる。第六鰓腺に含気嚢が破れて鰓腺がヘルニアをおこし、この含気嚢とが合体して肺に変容するのである。

これらの変容は、陸棲にともなう食物・細菌・酸素・気体・力学作用等の変化による複雑な複合作用によって生ずる遺伝子の発現によって起こる化生と見ることが出来る。用不用の法則とは物理化学刺激による化生でありこれが分子生物学的に見た用不用の本質ということが出来よう。

個体発生における心臓の形成を両生類と哺乳類と比較すると系統発生の再現が観察される。哺乳類のラットの発生アトラスでは受精後9日目に肺芽が心臓に向かつて陥没し、囲心腔に入る状態が観察される。系統発生と個体発生を合わせて考えると、哺乳類型爬虫類の肺の発生の模式図3ができる(図3)。両性類の個体発生ではアホロートルの幼生からの変態で気管が囲心腔に接して形成され、肺が食道を背側に横切って骨盤まで伸びる様子を観察することが出来る。

実験進化による肺の発生と、後に詳述する顔面頭蓋の形と歯の異形性から考え、ネコザメが上陸するとこれが哺乳類型の爬虫類となることは確実に考えられる。脊椎動物の進化は、個体の内外から作用する広義の生体力学作用(物理化学的

つのグループに分ける事が出来る。

1つは硬骨魚類・両生類・鳥類で、魚類ではウキブクロとなっている肺が心臟に接して食道を背側に横切って内臓の骨盤域にまで発生するグループであり、鳥類ではこれがさらに發展し内臓にまで気嚢が入り込むようになっている。2つ目のグループは囲心腔内に肺が発生し、囲心腔の尾側底が横隔膜を形成する哺乳類である。3つ目の爬虫類はこの2つの中間型で横隔膜はないが肺が腹腔までに及ばずに胸部にとどまるグループである。

実際にサメを海水から毎日1時間ずつ9日間陸に上げて、主な体の変化を観察した結果を記す。サメとしてはドチザメ (Triakis) とネコザメ (Heterodontus japonicus) を用いた。ともに第一鰓孔がSprinacle (空気孔) として小孔が限の尾側端にある。これに対して、鰓孔が殆ど同じ大きさで6, 7列並びスピラクルのないアブカという太古のクラドセラケの形をとどめたサメがいる。行動様式がシリリア紀から今日迄余り変化がなかったのがアブカである。スピラクルの存在は何を意味するのだろうか? 第一鰓孔が目の後端で縮小し、側線の集約器官へと収斂するということは、まさに用不用の法則によって起こる現象である。何に対してかということ、デボン紀に海水が浅くなり汽水にとり残されたサメが干上がった、空気呼吸と重力に長期に繰り返しさらされたことによる空気と重力に対する用不用である。脊椎動物の進化における形態変容の法則とは、各革命期に成立した宗族の生命個体の原型が行動様式や環境因子の変化に従って用不用の法則のもとに形態と器官の機能を徐々に変化させるとのことである。したがって原型からの逸脱は、行動様式が環境因子の激変を意味するのである。重力対応進化学では、時間と行動様式による反復性の主応力線の方向と重力方向との合成と、物理化学刺激の変化とを考慮して、現生ないし過去のある時点の生命体の形態を観察すると、逆計算で方程式を解くように過去における広義の生体力学変化 (physicochemical stimuli) を知る事が出来るのである。

空気孔を持つネコザメとドチザメは、ともに過去に長期に繰り返し空気呼吸を経験しているはずであるから、1日に1時間程度の陸上げは何ともしないものである。この時の広義の生体力学変化には、1) 見かけ上1/6 Gから1 Gへの激変 2) 酸素の溶媒の水から空気をなわら液体から気体への物性変化 3) 酸素の含量の海水

である。現在では超低温・超高压・超高温における種々の現象がアイシンシュタインの相対性理論からはみだしてしまふのであるが、これを統一的に考えようとする学者が殆どいない。新しい生命科学とはこの領域にエネルギー保存の法則のうえに成り立つ20世紀の物理学を導入したものを言う。これにより脊椎動物三つの謎が解明される。第一革命では、頭進によるエネルギー代謝の活性化と呼吸の進展にとともなう軟骨性の皮膚がアパタイト化し、アパタイトの皮膚を持つ軟骨の顎が形成され、有顎類が誕生する。頭進が進むと肝臓と血島で行っていた造血が類洞脾に収斂し、頭進のスピードが上がり時間が経過すると間脈脾が出来る。ホヤの一つ一つが、鎖サルババのようにつながってそれぞれ体節を作ると椎骨 (軟骨) と腸が体節ごとにそれぞれ連結する。腸は頭進に従ってゆっくりと右廻りにねじれるが、これは地球が自転しているために、重力方向と頭進による慣性 (肛側へと残り残される) と自転によるねじれの3つのベクトルの合成でおこるものである。原始脊椎動物有顎類の軟骨魚類のサメにまで見られるラセン腸は各体節ごとのホヤの腸がラセン状の壁で1つの体節によって仕切られているもので、脊椎と対応しているものである。腸の分化と並行して泌尿・生殖系が徐々に中腎として肛側に移動する。

4) 第二革命

脊椎動物の第二革命の上陸劇で起こる生体力学的环境変化には3種類ある。まず、水中の1/6 Gから、陸棲の1 Gへの変化と、同時に起こる酸素の溶媒が水という液体から空気という気体へと激変するとともに、酸素の含有量が海水中の1%から空気中の21%へと激増する。上陸劇でどんな変化が起こるかを現生のサメの成体とアホロートルの幼形成体を実際に陸上げする実験進化学研究により実験的に観察することができる。系統発生では第二革命で鰓器が内耳やホルモン分泌の器官や造血器・圧力センサー等と肺へと変化し、同時に桶鱗の皮膚からカルシウムが抜けて硬蛋白質のみから成るウロコや皮革・毛髪に変化する。この時に重力作用に対応すると内骨格の軟骨が硬骨に変わり骨髓腔を形成する。系統発生学における第二革命の上陸劇でおこる一連の変化を現生の高等脊椎動物 (上陸を経験したことのある動物のこと) すなわち硬骨魚類・両生類・爬虫類・鳥類・哺乳類について個体発生の経過を観察して肺と心臓の関係を中心に比較すると、歴然と以下に記す3

の1%から空気の21%への変化の三種類である。サメの陸上げは、10日間程度であるため重力対応と酸素含有量の増加が主な変化として把握され、海水の空気への変換への対応としては、鰓の粘液分泌量の増加と呼吸回数削減(1/3)くらいしかない。第2革命の上陸劇で起こる最も重大な進化の変容は、鰓器の変容と骨髄造血の成立の2点である。サメの陸上げでは鰓器からどのようにして肺が誘導されるかを実際に再現する実験が可能である。その他の事項については、メキシコサシシヨウウオ(アホロートル)の幼形成体(両生類型)の個体を、水の減少による陸上げで人為的に爬虫類型にする時の状態を観察すれば、用不用の法則による諸器官の変化を検証することが可能である。サメの陸上げでは酸素の含量が海水の1%から21%の空気に変わると、呼吸が1/3に減っても鰓に残った海水を介して血中に入る空気(酸素・窒素・炭酸ガス)は海水中のそれに比べて5倍から10倍になる。空気呼吸に適していない、水呼吸用の鰓ではうまく呼吸が出来ないために、上陸するとすぐに窒息しそうになり、苦しまざれにのたうち廻ると血圧が上昇し、その結果空気呼吸が可能となると、脈圧の差の増大と酸素分圧の劇的上昇により、血中への酸素をはじめとする空気の取り込みが急増する。鰓では最高血圧時に血液から血中に溶けている炭酸ガスや空気が排出され、最低血圧時に21%の酸素を含む空気が吸収される。血圧の上昇で心臓の動きも当然はげしくなるのであるが、心臓の周囲では、運動の活発化にともなう脈圧の差で、最低血圧時に血中に溶けている空気が気体として血液から排出され貯留する。

陸上げたドチザメでは、排出された炭酸ガスや空気は、心臓の外側の両側の胸ビレとの間に、含気性の峰果状疎水性結合組織の気嚢として肛側に向かって足ビレ近くまで伸びる(図2A)。一方陸上げたたネコザメでは、囲心腔の外膜と内膜との間に、右が大きく左が小さい含気性の気嚢が形成される(図2B)。太古の汽水において干潮と満潮で上陸したり水に戻ったりを繰り返すサメが、長期に生き続けるとこれらの含気嚢が膨れ上がり最後にはパンクすることが考えられる。心臓は元来が鰓の腺の特殊化したものであるから、鰓から入る気体が心臓周囲に排出され貯蔵されると、パンクする部位も当然第六鰓孔付近となる。第七鰓腺が心臓となるからである。含気嚢が破れて21%の酸素を含む空気にさらされると、まず鰓腺がこの空洞にヘルニアをおこして入り込む。鰓腺の先端ではここに存在する疎水性結合組織

の間葉細胞の遺伝子の引き金が酸素で引かれて呼吸粘膜に化生(metaplasia)する。このようにして硬骨魚類・両生類・鳥類、爬虫類、哺乳類という宗族によって異なる三種類の肺が行動様式の違いによって形成されると考えられる。これが上陸における用不用の作用である。

アホロートルの陸上げでは、1億年近くかかって変化する鰓弓の変容と心臓の變化、骨の變化と皮膚呼吸を3カ月から5カ月にわたる陸棲で、掌の上で観察することが出来る。鰓弓が徐々に癒合して舌骨となり、顎骨軟骨が骨化し、心臓が縮小し心筋が厚く発達し、肺が機能をはじめ肺胞が形成される。皮膚の粘膜は、上陸とともに呼吸粘膜へと化生し、皮膚で赤血球造血を開始する。これは酸素1%の水から皮膚が湿潤な状態で21%の空気に変換した時の、酸素による皮膚上皮細胞の遺伝子発現による化生で生ずるものである。上陸劇では、側腺系と第1鰓腺から聴覚伝音系骨格が発生するが、この発生もまた哺乳類と他の宗族とは根本的に異なるものである。上陸劇では、第一鰓腺がスピラクルを経て内耳に、第二がワルダイエル扁桃リンパ輪(白血球造血巣)に、第三、四鰓腺が上皮小体と頸洞になり、第五鰓腺が胸腺となる。第六鰓腺に含気嚢が破れて鰓腺がヘルニアをおこし、この含気嚢とが合体して肺に変容するのである。

これらの変容は、陸棲にともなう食物・細菌・酸素・気体・力学作用等の変化による複雑な複合作用によって生ずる遺伝子の発現によって起こる化生と見ることが出来る。用不用の法則とは物理化学刺激による化生でありこれが分子生物学的に見た用不用の本質ということが出来る。

個体発生における心肺の形成を両生類と哺乳類と比較すると系統発生の再現が観察される。哺乳類のラットの発生アトラスでは受精後9日目に肺芽が心臓に向かつて陥没し、囲心腔に入る状態が観察される。系統発生と個体発生を合わせて考えると、哺乳類型爬虫類の肺の発生の模式図3ができる(図3)。両性類の個体発生ではアホロートルの幼生からの変態で気管が囲心腔に接して形成され、肺が食道を背側に横切って骨盤まで伸びる様子を観察することが出来る。

実験進化による肺の発生と、後に詳述する顔面頭蓋の形と歯の異形性から考え、ネコザメが上陸するとこれが哺乳類型の爬虫類となることは確実と考えられる。脊椎動物の進化は、個体の内外から作用する広義の生体力学作用(物理化学的

刺激つまり栄養からエネルギーまでを含めた物質的作用)により、同じ遺伝形質のまま、形態や機能がそのエネルギーや物質的作用に従って変化することであり、それらの変化を後追いで生殖細胞の遺伝子が、まれに起こる突然変異によって変化する。これが分子進化であり、形態や機能の進化とは殆ど無関係と言って良い。第二革命の哺乳類の誕生では、ネコザメ(図4)が上陸して一斉にのたうち廻ると、この種族はのたうち廻りの行動様式により同じ遺伝形質のままウォルフの法則に従って骨格が一斉に哺乳類型の爬虫類となる。すでにネコザメは、エビやサザエを殻のまま咀嚼して食べるから、歯はその学名 *Heterodontus* が示す如くに3種類の *heterodontia* (異型歯)(図6)より成り、哺乳類の咀嚼筋となる筋肉がすでにサメにおいて鰓弓筋により形成されている。鼻孔はすでにサメの時代から哺乳類型をしており、口唇部はすべてヒトの受胎後32日の胎児とパーツが顔部にいたるまで対応する(図5)。頭蓋の型は、咀嚼を行う結果一般のサメと異なりヒトの32日目の胎児に似て2つのこぶが前頭部に盛り上がっている。脳がドチザメより小さいにもかかわらず神経頭蓋の形も顔面頭蓋ともに哺乳類に似て丸い。第一鰓孔が目の尾側端に存在し、内臓頭蓋が丸いため鰓弓筋が内臓頭蓋全域に位置し、第二から第六鰓孔が近接し、第二鰓孔が特に大きく3, 4, 5, 6と徐々に小さくなっていく。(図6B)心臓も肝臓も哺乳類に似て背筋側に厚くて大きい(図7A)。鰓弓も哺乳類の舌骨に似た位置関係にある(図8B)。これに対してドチザメは、頭蓋が扁平で顎は咀嚼を行わず、鰓弓筋が鰓孔部に位置し鰓弓が集まって舌を形成し、舌骨が両生類・爬虫類型である。顎部には鰓弓筋が殆ど無くてこちこちで顎の形も鼻孔の形もともに両性類・爬虫類型である(図7B)。ドチザメの心臓は鰓弓の後下端に小さく扁平に位置している。サメ(ネコ、ドチとも)では囲心腔が心臓のまわりを囲み左右のヒレの軟骨が心臓の中央で癒合している(図8B矢印)。心臓の型も位置も両性類・爬虫類に近似して鰓弓の最後端の喉の部位に存在している。

囲心腔は、円口類にすでに認められる。ヤツメウナギでは心臓を覆う軟骨によって囲心腔(図8A矢印)が形成されている。鰓腺がそれぞれ軟骨で囲まれているから心臓も鰓腺の変容した造血器に源を発するものであることが解る(図8A)。メクラウナギの鰓腺はそれぞれ心臓と同様にぐにやぐにやと動く筋肉で出来ていて、組織像が心臓と近似している。囲心腔を覆う円口類の軟骨が、有顎類のヒレにつな

がる軟骨に受け継がれ(図8B)、これがさらに両生類では、心臓を腹側から覆う鐘状の2枚の軟骨となる(図9矢印)。この骨はそれぞれ左右の前腕に連続している。哺乳類では、囲心腔に含気嚢が出来て、これが第六鰓腺部で破れて気道が形成され、この含気嚢が肺となると考えられるのであるが、こうして胸郭が形成されると胸郭は心臓の周囲を肺が取りまき、背側に食道が存在するのみとなる。囲心腔を形成していた両ヒレの骨は、頭側におし挙げられて腕につながる鎖骨となる。鎖骨が胸郭を形成する唯一種の内臓骨に由来するのはこのためである。ドチザメとネコザメの上陸による実験進化学研究では、ドチザメの心臓とヒレの間の左右の腕の部に大ききさのほぼ同じ含気嚢が形成される(図2)。ネコザメは、右が大きくと左が小さい気嚢が囲心腔の外膜と内膜の間に形成される(図3, 10)。これが膨れると哺乳類形の右が大きき左が小さい肺が発生し、その結果心臓が左に位置することになる。

上陸劇におけるもう一つの重大事件が骨髄造血の発生である。これは動物の重力対応によるものである。これに関する実験進化学研究は幼形成体のアホロートルを用いた人為的陸上げによる爬虫類型への変態の誘導を観察することが出来る。アホロートルの水を徐々に減らして湿度100%の状態では3カ月から5カ月飼育すると、外鰓が縮小し顎から舌に通じる鰓孔がやがて完全に閉鎖する。外鰓の消退とともに皮肉呼吸が活発となるが、これは温潤な外皮のもとで血圧の上昇と酸素分圧の上昇によって赤血球造血が起こるもので、一種の化生である。皮肉を形成する上皮細胞の遺伝子の引き金が、酸素と水で引かれて扁平上皮から呼吸粘膜への化生が起こり、造血がはじまるのである。多細胞系の動物では、殆どすべての細胞が身体のすべての器官を形成出来る遺伝子を持っている事を忘れてはならない。用不用の法則とは、物理化学刺激による細胞遺伝子の発現のことで、その本質は用不用による物理的(エネルギー)・化学的(質量のある物質: 栄養・酸素・ミネラル・水)刺激によって起こる化生 *metaplasia* である。

筋膜に長期に反復性の荷重が負荷されると、筋膜がリモデリングする時に、未分化間葉細胞から筋肉細胞が力学刺激によって分化誘導される。これが間接化生であり進行性の化生である。幼形成体のアホロートルを上陸させる時には、ケイジを揺りかごのように動かして体をゆすらないと水中の1/6から1Gに変化した重力作

用で血液が腹側に集中して死んでしまうことがある。こうして動かしていると心臓が縮小し(図11矢印)、強化し血圧が高まると同時に鰓弓軟骨が癒合して舌が形成される(図12)。同時に軟骨が骨化して骨髄腔が形成される。肝臓で行っていた造血がやがてこの骨髄腔に移るのであるが、血圧をうまく上げられない時にしばしば、肝臓に障害が起きて死ぬ。

骨格では特に鰓弓軟骨と内臓頭蓋骨格が劇的に癒合して変態をする。顎骨の癒合も鰓弓の癒合も陸棲における摂食、歩行という重力対応による用不用の法則で、ウォルフの法則に則って起こる変化である。第一鰓孔のスピラクルでは、鰓弓軟骨から耳小骨が形成されるが、この変容の様式もまた、哺乳類型と両生類型・爬虫類型では根本的に異なる。爬虫類型から哺乳類型の聴覚伝音骨格には進化する手だてがない。これらはちょうど前者の肺から哺乳類特有の横膈膜が発生する手だてが無いのと同様である。このことは三木成夫が骨髄造血の発生シエーマですでに示しているが、上陸劇ですでに哺乳類型(図13A)と硬骨魚類・両生類、鳥類型、爬虫類の動物(図13B)が明確に分岐していたと言ったことである。前者の肺が開心腔に入り、開心腔の尾側底が横膈膜となり、後者の肺は気管が開心腔の背側を通り(図13C)内臓にまで到達して骨盤近くまでのびる。

軟骨の骨化は、重力対応による血圧の上昇で起こる流動電位の高まりで軟骨細胞の遺伝子の引き金が引かれ、BMP (Bone Morphogenetic Protein・骨形成因子) が産生され、これにより造骨と造血と造血が共役して起こるためである。しかし血圧の上昇のみでは、腸管造血系から骨髄造血系へと移行しにくい。造血は酸素濃度が引き金となる遺伝子の発現で起こるのであるから血中の酸素が高くならなければ、骨髄腔ではおこりにくいのである。第二革命の上陸劇の根幹は、以上の如く鰓からの心臓の分離と内臓頭蓋の癒合、骨髄造血系の成立であるが、骨と軟骨がエネルギー物質から成ることから、一連の変化は呼吸-エネルギー-系代謝の劇的変化であることが解る。用不用による筋肉の増強は、骨の機能適応形態におけるウォルフの法則と同様に力学刺激による筋肉繊維増加方向に向かうリモデリングであり、一種の修復増強にともなう進行性化生と見ることでもできる。

この時には、創傷治癒に似て未分化間葉細胞が筋肉に化生するのである。この過程は毛細血管の増生とも起こる。酸素と栄養の補給がなければ、増強的なりモデ

リングは起こらない。この血管の増生時にはもとより血管運動神経の自律神経の末梢が共役して伸びる。筋肉は随意不随意を問わず元来が神経系の効果器官すなわち神経によって動くシステムなのである。したがって神経支配を受けない筋肉は存在しない。血管内皮の平滑筋は自律神経の支配下にある。こうして上陸にともななって交感神経が各体節から、その体節の支配する血管領域を支配することになる。この変化も用不用の法則に則って起こる二次的三時的変化といえよう。

これに対して副交感神経の分布は、最初の革命以前の無体節の原索動物ホヤの成立時の原型が、体節の成立した後にも保たれている状態で、これも用不用の法則による。原型のホヤには口側の内臓脳と肛側の内臓脳の2つがあり、嗅脳、視脳、平衡脳と触覚神経の脳が体壁脳としてこの2つの脳と癒合している。2つの内臓脳は生体への取り込みすなわち摂食と呼吸、消化の脳と代謝産物の泌尿、生殖のうち尿と生殖細胞の成生は鰓器の一部を構成した造血管で行われ、したがって口側の脳に支配される。食物残渣と老廃と生殖細胞の排出だけを担当するのが肛側の脳である。

遺伝子重複して鎖サルパのように体節動物が成立する。ゲノムサイズ7のホヤが3倍体を作るとサイズが42の円口類(メクラウナギ)が出来る。各体節にそれぞれ1セットずつ個体としてすべての器官があるが、鎖サルパ状に腸管が連続すると、その中を通る流水の酸素量が口側の7つの体節の鰓で吸収されてつきと、あとの体節の鰓は不用にて閉鎖してしまう。7つの体節を通る海水は高速で鰓から排出されるから、つなぎの部分で形成する消化管は消化をするいともまもないので腸が不用の法則により無くなる。つまり不用のため機能が廃絶して消化管の腺上皮粘膜が扁平上皮へと化生する(図1)。

オルドビス紀に出現したずんぐりとした円盤状の古代ヤツメでは、最初の7つの体節で鰓が用の法則で残りそれぞれの内臓脳の神経のみが残り肛側の脳がなくなる。これらが退縮してちょうど単体節ホヤのように2つの脳に分かれた内臓脳が鰓腸と肛腸を支配する。この動物が頭進を続けると、重力作用による慣性と動物の進行方向とのベクトルの合成で、鰓造血腸管系から時間のかかる消化器、泌尿の腎・副腎(この造血管で尿と生殖細胞を生成する)と肛腸が徐々に尾側に移る。この貯留装置の総排出孔を肛腸脳が支配する。腎、副腎生殖巣はナメクジウオの原始

をそなえている。したがってこの二つの系統の軟骨魚類が上陸して哺乳類型爬虫類と両生類・硬骨魚類・爬虫類・鳥類型とに分かれたのである。系統発生学の比較形態学と個体発生学の胎生形態学との対比により、まるで進化の逆計算をするように哺乳類と爬虫類の源となる原始型の軟骨魚類を探索することが出来る。この手法を筆者は臨床系統発生学 (Practical phylogenetics) と呼んでいる。

(b) アンコウのオスとメスの関係と真獣類の母獸と胎児・胎盤の関係

次に、アンコウのオスとメスの習性についてラマルクの用不用の法則との視点から述べさらに胎盤の形成についても述べる。アンコウはオスがメスに寄生する形で生活している。オスは小指ほどの大きさで消化管もなく、メスの血管からの栄養で養われており、精巣しかもっていない。メスはオスの100倍くらいの大きさである。寄生性のオスも最初は独立して泳いでいて、この時期には眼は大きく、嗅覚器官もよく発達し、大きな歯を持っている。やがてオスは成熟したメスに出会い、歯でメスの皮膚に食いつく。その後、オスの口とそれに接したメスの皮膚とは、組織が融合して両者は完全にくっついてしまう。やがてメスの血液がオスの体内をめぐる。オスの体の眼や消化管はなくなり、メスの養分で生きようになる。ただし心臓とエラと腎臓はちゃんと残り、自分で呼吸することが出来る。オスである証拠に精巣だけが発達する。こうなると一匹の雌雄同体の魚と同じものである。このアンコウのオスとメスも、もとより両者はほとんど同じ遺伝子からできている。アンコウのオスは大きな歯を持つほかは普通の硬骨魚類として小指大まで育つと、この歯でメスの体表にかみつく。歯 (アバタイト) が溶けると動脈が誘導され、やがてオスは目と消化管とヒレを失うが、心・腎・鰓と脳と精巣は残る。魚類には主要組織適合抗原遺伝子複合体 (MHC) の発現がないから、他の個体 (メス) にオスが融合しても共存することが出来るのである。上陸前の原始脊椎動物と硬骨魚類に MHC (Major Histocompatibility Complex) の発現がないことを著者の研究によって発見したのが1997年であった。

第三革命の真獣類の特徴の胎盤の獲得は容易に生体力学対応で発生する。炭酸カルシウムの卵殻は、徐々に代謝が盛んになってきた哺乳類型の爬虫類では当然アバタイト化すると考えられる。天変地異か、何か卵を産むことができないような肝を

型に見られる如く元々は鰓腸部に存在する造血装置であるから、当然鰓脳神経が支配する。頭進のスピードと時間に従って腸管内臓器官すなわち心臓、肝臓、脾臓、腎、副腎、小腸、大腸を支配する副交感神経の迷走神経は、頭側から肛側へ大きく伸びることになる。この変化は個体発生においても当然観察されることがドワランの神経堤移植の実験で検証されている。こうしてシリリア紀に完成したシステムが、第二革命の上陸をさかいとして大きく変化している。重力作用に対応して筋肉と内臓の血管系が変化し、それにとりもなって各体節から伸び出す血管系を支配する交感神経が重層して発生するのである。

5) 第三革命の哺乳類の誕生

(a) 哺乳類の特徴

従来の進化論では、まさか重力に基づく力学作用が主体となって進化が起るとは考えていなかったため、何らかの原因で脊椎動物が次第に高次化し、動物の形態と器官の機能が環境に適応し効率化が進むと考えられていた。したがって第二革命の後に第三革命の哺乳類が誕生するはずになっていたのである。哺乳類の最も本質的特徴は、長ずると咀嚼を行うことになる哺乳のシステムを持つ動物のことである。胎盤を持たない哺乳動物もあるし、恒温性の大型恐竜がいるように、胎盤を持つサメもいるから、哺乳類のみの特徴は、口と顎と歯にしかないのである。リンネが脊椎動物と哺乳類を定義して以来、歯と顎と耳小骨の研究が深められたのは、この理由による。脊椎動物の形と機能の一体となった進化が、重力対応を中心とした物理化学刺激への動物の対応によって同じ遺伝形質のまま形と機能が変化して起こることが明らかとなった今日、爬虫類の歯や顎や心臓から哺乳類の異形歯や顎、小骨や横隔膜に支えられた肺が発生するシステムがあり得ない事が検証された。

形態学の研究でも哺乳類は、爬虫類とは、上陸の第二革命の段階ですでに別の系統に分岐していることが三木成夫のシェーマでもしめされている。これまでの研究でも羊膜類の成立後、卵を産む単弓類が分岐し、これが哺乳類型爬虫類をへて哺乳類となり、爬虫類は哺乳類が分岐した後に羊膜類から分化したとされている。すでに述べたように、原始型のネコサメがあらゆる点で哺乳類型爬虫類の原型となる要素をそなえており、ドチザメが両性類・硬骨魚類・爬虫類・鳥類の原型となる要素

つぶすほどのユカタン半島に彗星が衝突するごとき環境の激変が、何十万頭かのこのグループの棲む地域を襲えば、10年ほど北半球が核の冬のようになり、出産反射が止まり子宮内の受精卵が長らく子宮内にとどまらざるをえなくなることが起こる。ある種のサンショウウオは水を引き金として出産が起こるようになっていくが、産卵の引き金を失えば卵の停滞が起こるのである。たぶんユカタン半島への彗星の衝突とそれに続く10年間の核の冬のような大変地獄を免れた南半球では、卵を産めないほどの気候の変動ではなかったため、真獣類(胎盤を持つ哺乳類)よりもっと大変で面倒なシステムの有袋類やカモノハシが哺乳類として生まれたのであろう。卵殻が子宮の平滑筋と接して長時間たてば、アンコウのオスの歯のように、アパタイトが溶け込んで周囲の組織に動脈が誘導される。アパタイトが溶けるほどに時間がたてば、受精卵は熟して、尿膜が卵殻の直下の漿膜にへばりつく。そして、卵殻のアパタイトが動脈をびっしり誘導すれば、漿膜の外層に動脈脈性の絨毛膜が形成されて胎盤ができてしまうのである。図15を比較すれば、まさにこのとおりで胎生というシステムがいくともたやすくできたことがわかる。

(c) 温血動物と交感神経の発生と思考能力の誕生

こうして見ると第三革命とは、真獣類の誕生すなわち胎盤と哺乳の2つのシステムの完成の段階としなければならぬ。真獣類の成立する前にカモノハシのように卵生のうちに哺乳類の幼生は、おちちを吸っていたからである。哺乳類の特徴の歯根膜のある釘植性の異型歯は、形は違っても3種類の異型の線維結合性の歯を持つネコザメが上陸し、そのまま発展したものである。肺もネコザメの心臓の囲心腔に入ると尾側底の筋膜が動いた結果化生により横隔膜が出来る。この筋肉の神経支配は、囲心腔とつながるとヒレの筋肉と同じで、筋肉も用不用の法則により囲心腔膜(筋膜)が化生して出来るのである。第二革命で最も本質的に大きく変化する大進化したと呼ばれるものが、鰓器の変容である。この変容と同時に、それ迄存在しなかった交感神経の配線が出来上がる。この鰓器の変容と神経系の発生は、1%の酸素が21%に急増する変化と、同時に起こる重力対応で生ずる血圧の6倍の上昇による。これにより造血系が肝臓・脾臓から骨髄腔に移り、白血球ののみならず血液の性質も大きく変化する。

インムノグロブリンが成体型蛋白質として誘導され、同時に組織免疫系が発生する。MHCないしHLA (Human Leukocyte Antigen) がそれである。これらの一連の変化は、個体発生においても羊水中の胎児の世界から、破水して重力作用を受ける出生の過程で同様に高濃度の酸素と6倍となる重力作用への対応によって引き金がかれるが、個体発生では鰓器と神経系の変容と発生は胎生中の生体力学に主導された組織と器官構成する細胞の遺伝子発現によって制御されている。鰓器の変容は、交感神経の発生つまり陸棲にともなう血管の増生が主導である。血管の伸長をあと追いついて交感神経が伸びるのである。神経系と最も深くかかわる鰓が第一鰓で、側線の集約器官とともに内耳となり鰓孔が外耳道となる。ヒトの歯と耳は、我々の祖先が本当に鰓を持った軟骨魚類の鯨であつた直接の祖先でない証拠なのである。歯はオルドビス紀の口の部分に存在した軟骨性の楯鱗の名残であり、5億年間のその基本型を保つ生きた化石であり、耳たぶは4億年前に呼吸のために水をとらえていたシルリリア紀の棘魚類(サメの祖先型)のエラの集合したもので、今は呼吸に代わって空中の音を捉えるシステムに変容している。第二鰓は、5種類の白血球造血のワルダイエル肩桃リンパ輪となる。発生の初期にはこの扁桃リンパ輪が位置する部位の鼻ブロードから脳下垂体が発生する。鰓は元来が心臓を含めて造血器である。これがホルモン分泌の腺にも変容するが、これも水が空気に変わったことによる用不用の変化に対する化生つまり用不用の法則に従った変化と見られる。ヒドラの時代には、多種多様な能力を持つ細胞がばらばらに散存して多彩な機能を発揮していたことを思い出す必要がある。脊椎動物の体細胞は、身体に入ってくる水や酸素、温熱刺激や栄養等化学物質によって遺伝子の引き金が引かれて、何にでも変化する能力を持っていることを知れば、用不用の法則が化生の引き金を引くことであることが明らかとなる。3、4番の鰓は上皮小体(副甲状腺)と頸洞となる。鰓は造血器であるとともに脈管系であるから当然血圧を制御する圧力センサーにも変容する。六番目が胸腺である。胸腺は元々の鰓の造血機能を保持したまま上皮間葉相互作用のもとに白血球の分化をうながすが器官となる。上陸の前には無かった組織(細胞)消化力のあるT細胞を分化成熟させるのが胸腺である。肺は含気性の嚢が破れて鰓と交通するとそこに腺がヘルニアをおこして移動し肺が形成されたもので、肺の末端は含気嚢の間葉細胞が呼吸上皮に化生したものと考

られる。腸粘膜由来の鰓の間葉部分にあった腎・副腎は鰓腺とは別の筋肉系の造血組織であり、血液成分の老廃の除去と余った栄養による次世代再生の細胞への改変すなわち生殖細胞(卵子と精子)の発生器として機能する。次代の個体のリモデリングの細胞生成である。副腎は、腸の消化力と細胞レベルの消化力(白血球・赤血球・組織球による)を遺伝子の引き金を制御することで調節する。赤血球の核(遺伝子)が抜けるのは哺乳類においてのみであるから、呼吸や解糖の制御も細菌の貪食作用の制御も副腎ホルモンの遺伝子発現作用によって血液の機能をコントロールして行っているのである。以上に述べた鰓器とその関連器官の変容した臓器は、上陸前には副交感神経のみが支配したが、上陸にともなうすべての器官と組織呼吸の飛躍的増大にともない、栄養血管が発生する。これに伴って交感神経がすべての器官を支配するように脊髄から血管とともに伸びて行く。上皮性の大脳皮質にまでも毛細血管が入り、体壁系の運動に支配される交感神経が脳血管までも支配するようになるのである。体壁筋肉系の発達で腸管内臓系の器官も発達し、その結果体のすべての器官が交感神経系の支配を受けるようになる。この発達で、体壁系の脳の大脳皮質が発達して思考能力が発生する。精神機能の発生である。腸管内臓系を支配する内臓脳の機能である「こころ」と思考・精神作用の二重支配が高等な哺乳動物において発生するのである。脳は元来が外胚葉に由来するから、皮膚と同系の器官である。鼻プラコドから出来る脳下垂体も、元々は、嗅脳が鼻部に開いて外界と交通していた部分が脳に取り込まれて腺となったものである。サメでは、嗅脳部に存在した脳下垂体の脳の開口部が頭進の結果、重力による慣性で口蓋部に位置するようになる。この腺組織も元来が白血球造血果で、口や鼻に入って来た物質を白血球によって細胞性に身体に伝える情報装置と見ることが出来る。これが進化が進むと時間の作用で脳に取り込まれ、開口部が閉鎖されると、鰓腺と同様にホルモンで身体に情報を伝えるようになるのである。ことに腎・副腎は、元々鰓の部に存在する造血系の変容体であるから、筋肉系の糖の代謝と呼吸系および泌尿系のミネラルの代謝と生殖系をコントロールするのである。アホロートルが発情すると外鰓が赤く肥大するが、元来生殖系も原始型では鰓部に存在したから、鰓器と生殖も切っても切れない関係にある。

進化の革命紀で、第三革命の哺乳類の誕生まで述べた。第四革命で人類が誕生す

るが、これはただ直立二歩行とことばの習得と火の利用による加熱食品の常用による力学対応だけである。この行動様式の激変で人類はことばと手の動きと消化しやすい栄養の摂取法を習得した結果、脳が飛躍的に発達した。この反面、尻尾を使わないために用不用の法則でこれを失い、直立二歩行で走り廻っているうちに90mmHgの血圧が120mmHgにあがり、ことばの習得で口呼吸と丸呑みの食べ方が可能となり、結果として身体に著しい弱点をかかえることとなったのである。これと真獣類の一般的相対寿命の原則である成長完了期間の5倍を生きていることが、人類にはとうてい不可能となっている。人類は解剖学的には24歳で完成する。構造的欠陥を克服するには、骨休め(大人で最低8時間、子供で10時間以上の睡眠)と鼻呼吸と消化管の保温、体温の保持のための気温と湿度と気圧の調節が必要となる。さらに有害な放射線と電磁波を排除することも必須である。このほかに重要な器官としては、骨格の変容がある。骨格について革命紀ごとに述べる。

(2) 骨格の系統発生学

最初の革命で原索類のホヤから古代ナメクジウオや古代ヤツメに至る変化を骨格に着目すると、まず外骨格を見なければならぬ。ホヤには軟骨性楯鱗の原器がある。これは水圧と波つまり流水の力学作用への対応で発生したと考えられる。これは古代ヤツメの軟骨性の楯鱗にひきつがれる。現生のヤツメやヌメヤツメの口口類では、顎のない口の軟骨性の皮歯(楯鱗)に受け継がれている。ホヤの楯鱗は、種によってかわらぬものからサメの三錐歯に似たものまで多種が存在する。古代ヤツメの異甲類の最古のものは、アスピナンと呼ばれる皮骨を持つが、これは軟骨性のはずである。これが頭進を続けてエネルギー代謝が活発化し、解糖系から呼吸系に換わると硬骨のヒドロキシapatite(アパタイト)のアスピディンへと変換が起こる。

ホヤの前段階の脊椎動物の原索類の成立する前の翼鰓類や苔虫類の外骨格にも、軟骨性のウロコロが存在するはずであるが、今日まだ確認されていない。ホヤの楯鱗の軟骨(図15)は古代円口類の軟骨性の鰓弓軟骨と皮骨と皮骨(楯鱗)に受け継がれ、さらに第一革命の有顎類・棘魚類の誕生で歯と皮歯(楯鱗)に受け継がれる。棘魚類の内骨格はすべて軟骨である。棘魚類の末裔が現生の鮫である。鮫の歯

と楯鱗の基本型(図16中、下)は、ホヤの楯鱗(図16上)の基本型と同じ三維歯型であるが、ともに良く力学対応するシステムを持つため、食物と水流等の力学的物性に応じて棘状ないし板状の様々な形をした歯や皮膚がある。第一革命で頭蓋を続けていると内骨格の軟骨が一部アパタイト化するが、軟骨性の化骨であり、骨髄腔がない。第二革命の上陸では、重力作用への対応で血圧が上昇すると内骨格の軟骨が硬骨に変化し、骨髄腔が形成され、造血系の一部が腸管から骨髄腔に移る。上陸で見かけ上の重力作用が1/6 Gから1 Gに変化すると、同時に起こる水から空気への激変で身体を取りまく生体力学的物性の著しい変化が生ずる。空気は水の物性に比較すると力学作用が限りなく小さいため、水圧や流水の力学に対応して機能していたアパタイトの楯鱗が力学作用を失う。加えるに、海水から鰓呼吸の度にとめどなく入ってくるカルシウムが、空気呼吸で食物以外には入ってこなくなると、楯鱗のカルシウムが抜けて蛋白質だけの楯鱗ができる。これが爬虫類の皮革のウロコであり、哺乳類の毛髪と皮膚である。口の中の皮歯(楯鱗)に由来した歯は、食物の力学的物性に対応して石灰化したまままで機能するが、食物が歯に対する力学的作用を失えば、歯そのものが用不用の法則で無くなる。アリクイやくじらがよい例である。実際にも歯と毛髪の上皮間葉相互作用の組織像は完全に一致している。

第二革命では、歯の結合様式が大略二種類に分かれる。哺乳類の異型歯性の釘植歯と、両生類・爬虫類・鳥類の同型歯性の骨性癒着菌ないしカメヤトリの、菌のない堤やくちらばし型の二種類である。横隔膜を持つ肺の出来かたも哺乳類とその他で、釘植歯と全く同様に完全に分かれる。聴覚伝音系も、鎖骨も全く同様に二種類に分かれる。鎖骨は、円孔類の心臓を取り囲む囲心腔の軟骨が変容したもので、鯨では囲心腔の腹側に両側のヒレにつながって存在する。

哺乳類のみが、囲心腔に肺が形成される結果、心臓の前方に位置していた軟骨が頸の直下まで頭側に押し上げられる。哺乳類以外では、囲心腔の中心で心臓の前面に鎖骨が位置し、上腕と関節で繋がる。

1.2.4 臨床系統発生学

脊椎動物においては個体発生は系統発生を実に見事に繰り返す。ハッケルが20

世紀において否定されたのは、脊椎動物の源がはっきりしなかったためと、系統がはっきりしなかったためと、遺伝子の機能が不明であり、生体力学が欠落していたためであり、用不用の法則が否定されていたためである。遺伝子重複による体節動物の発生と、生体力学刺激による骨格の変容のウォルフの法則と、物理的・化学的刺激による形態と機能の変容の用不用の法則が、ともに遺伝子の物理的・化学的刺激による発現で生ずる変化(遺伝子発現による化生)であることが明らかとなれば、自ずと生命反復学説(生命発生原則)が実例によって検証される。筆者はこの手法を臨床系統発生学(Practical Phylogenetics)と呼んでいる。

ヒト(哺乳動物)の胎児と同じ形態の成体の動物を見つければ、この動物が哺乳類になったと考える良いのである。ヒトの胎児の32日目の顔面頭蓋の形はネコザメの成体とすべてのパーツが一致する上に、ネコザメの脳が極めて小さいにもかかわらず神経頭蓋の外形もヒトの胎児とそっくりである(図4, 5)。このネコザメを10日間陸上げすると、囲心腔に右が大きく左の小さい含気嚢が肺のように形成されるが、陸上げしないとこれは出来ない(図2B, 7)。個体発生ではラットの9日目の胎児の肺芽は紛れもなく心臓のど真ん中に侵入するからこのサメが哺乳類になることが解る。このサメの学名がHeterodontus japonicusで、Heterodontia(異型性歯)の特性をすでにサメの時代から持っている。これにたいしてドチザメは、すべての面で両生類・爬虫類・鳥類型である。10日間陸上げすると、含気嚢がなく胸ビレと心臓の間の両脇に骨盤域まで伸びて発生するから、これが肺となれば、爬虫類・鳥類型となる。特に鳥類の内臓にまで入り込む気嚢の発生の謎も、これが一気に解ける。従来気嚢は、身体を軽くするために出来たと言われていたが、これはアリストテレスの時代の目的論的考え方で、身体は軽くしたいと鳥が脳で仮に考えたとしても(とうてい鳥が軽くしたいと考えたとは思えないが)、軽くなることなど有り得ないのであるが、いまだに生命科学の世界では、2000年前の神話時代の考えがまかり通っている。

ヒトでは、受胎後32日から6日間でデボン紀の第二革命の上陸劇が再現され、上陸が完了する。この時は胎児も息たええなくなり、母胎環境が酸素不足になると、容易に内臓奇形が発生する。十月十日の母胎環境は、オルドビス紀から現代に至る地球環境の5億年に相当し、脊椎動物の系統発生の過程が個体で再現される。この

時期の母体の骨休め不足で、造血系のリモデリングが障害されると酸素不足となり、結果として胎児の内臓奇形が発生する。32日に酸素不足で好発するのは心臓奇形で、古代魚ミアアと同型の奇形の心臓脈管系が発生する。

個体発生では胚葉がきれいに分かれて系統的に器官が形成される。外胚葉から脳神経、皮膚、毛髪、神経末端が、中胚葉から筋肉、骨、脈管心臓系、腎、副腎が、内胚葉から腸管内臓系が発生する。

系統発生すなわち進化では、鰓器と皮膚、骨格しか変化しないからこの二種類の変容を関連づけながら病気を観察すると、免疫病の謎も自ずから解ける。鰓器とその由来器官および鰓器関連器官の臓器は密接に関連して疾病が発生する。また、皮膚に発生する疾患は胚葉の同じ脳、眼、嗅神経、聴神経に特に関連性を持って発症する。アトピー性皮膚炎で進行性の症例では高率に眼の角膜や網膜や脳の間葉グリアに炎症を発症する。眼は脳の突出したものである。耳は第一鰓腺から出来るから、呼吸器として扱わなければならない。上気道の鼻の障害は聴器の障害を必発する。鼻も耳も呼吸器の最重要器であるから、鼻の代わりに口を気道として使うと、喘息や肺気腫、気胸、間質性の肺炎、扁桃炎、耳鳴り、めまい、難聴等を発症する。腎・副腎と生殖系も、原始形では鰓器に共存していたから、第二鰓腺のワルグアイル扁桃リンパ輪が口呼吸で障害されると腎・副腎、生殖系、泌尿系が障害される。脳下垂体も鰓器近傍の鼻ブラコードから発生するから第二鰓腺がやられると種々の内科疾患を発症する。

1.2.5 人体の構造欠陥と健康と病気の科学

脊椎動物の進化が重力への対応を中心として起こっていることが明らかになれば、身体の使い方と食物と酸素の溶媒のあり様(水と空気)によって大きく変わることが解る。動物の行動様式は、呼吸と食物の摂取とそれらを消化吸収し代謝し、同化・異化・排出するという大別して4種類の行動を中心としているからである。人類をはじめとして、これら四種的生活様式を続けるうえで、余裕のある動物種では、これに遊技を中心としたいわゆる文化活動が加わる。食物の摂取の仕方では、この形が決まり、摂食咀嚼の仕方では、歯の形から顔の形、歯の形までが変化する。これ

は、原始脊椎動物の段階ですでに生じている変化である。ネコザメとドチザメの形の違いは、食物の摂取と、エサの物性の差による摂食法の異なりに起因する生体力学に主要因がある。骨格系の変容すなわち原形からの逸脱は、重力を中心とした力学とウォルフの法則を深く考察すれば、容易に逆計算でその力学要因が何であるかを推し量ることが出来る。進化において骨格の変形が生体力学で、反復性の主応力線方向と重力方向との合成で起こるのに対し、器官の変容は狭義の生体力学を除いた物理的科学的刺激の変化に従って起こる用不用の法則に則った化生によって発生する。つまり進化は質量のある物質の物性と質量のないエネルギーによって起こっているということである。

こうして鰓器が圧力センサーから造血管、ホルモン産生の腺等の多様な器官に変化し、楯鱗のカルシウムが抜けて毛髪になるのである。真獣類のなかでヒトは極端に特殊な生活様式を持っている。力学作用で形の進化が起こるから、特殊な身体の使い方次第で、身体の構造的欠陥も起こることになる。ことに人類は直立二歩行と言葉の習得で、他の真獣類とさわだかって特徴的な行動をとる。直立では、内臓の支柱となっている椎骨が殆ど梁の機能を失うため、内臓が重力作用で下垂しがりになり、結果として内臓特に消化管と生殖系の酸素不足を来す。元来哺乳動物は肺が胸腔内に形成されるから、横隔膜で隔てられた腸管は酸素不足となりやすい構造になっている。両生類・爬虫類・鳥類には横隔膜がなく、骨盤域にまで肺が入り、鳥ではさらに気嚢が内臓や骨に入るから、身体全体が酸素不足になりくい。

400万年前頃から始まった言葉の習得では、後鼻孔の口蓋垂にはまり込んでいた喉頭が離れて、嚙下時に息が止まるように力学対応した。このために餅がつかえるようになっってしまった。犬や猫は、血圧が90mmHgであるが、直立のヒトは120mmHgないと頭蓋内の血圧が90mmHgとならない。常時過重労働のため、ヒトは心臓麻痺が多発する。睡眠中に120mmHgの血圧が90mmHgに下がると、成人では約1兆個の細胞のリモデリングがはじまる。骨休めをおこなうとこのリモデリングの障害で代謝性の疾患や血液の不調が起こる。成人で最低8時間、子供で10時間から12時間の睡眠が必須である。

ヒトの体重は重いから、睡眠中の不良姿勢で身体が自分の体重でつぶれて種々の

障害が生ずる。顔のゆがみ、菌型のゆがみ、脊柱側彎・前彎のほか、睡眠姿勢で長時間利き腕を圧迫すると神経と筋肉の関節が自重でつぶれてこわれ、しばしば腱鞘炎を発生する。利き腕を下にして寝るのが普通のためである。人類特有の文明の弊害として、冷刺激の中毒がある。胃腸を36.5℃に保たないと円満な消化吸収が出来ず、腸内細菌と抗原性のある蛋白質が吸収されやすくなり、アトピー性皮膚炎を発生する。これらの弊害から身を守るためには、重力エネルギーを制御し、左右の差をなくして両顎でよく噛み、枕なしの上向きうええ鼻呼吸で眠り、1日の活動を1晩の骨休めでリモデリングをはかり、十分に疲れをいやすことが肝要である。さらに、日頃より横隔膜呼吸に努め、ゆるやかな筋肉運動を続けて身体の細胞呼吸を促す必要がある。あまり交感神経を緊張させるスポーツは体によくなく、副交感神経でゆるやかに呼吸をうながす程度がよい。

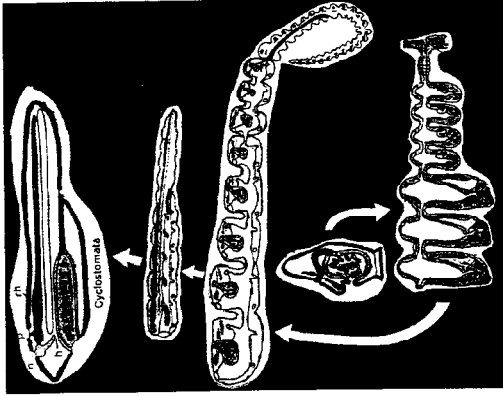


図1 脊椎動物の原初の革命と第一革命 (中西原図)

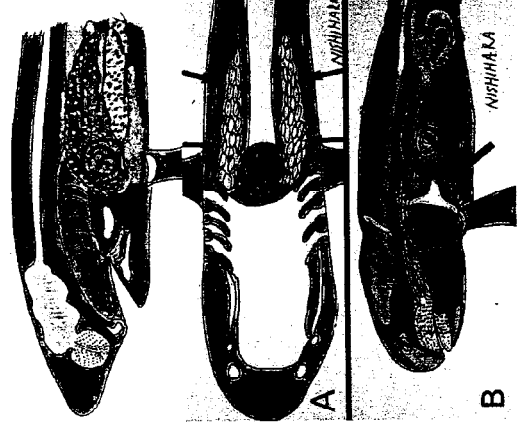


図2 A ドチザメの陸上げによる含気囊のでき方 (脇藤, 矢印)

図2 B ネコザメの陸上げによる含気囊のでき方 (囲心腔内, 矢印) (西原原図)

進化からみたヒトの器官の発達

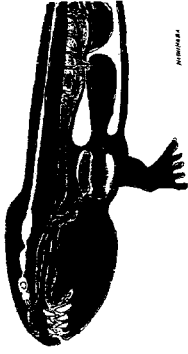


図3 哺乳類型爬虫類の発生の様式図 (西原原図)



図4 ネコザメ (Heterodontus japonicus) の顔面頭蓋

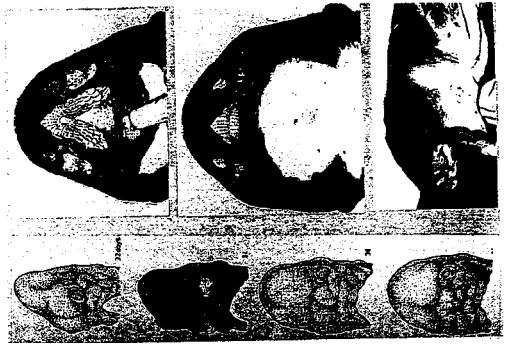


図5 ネコザメの鼻孔と口腔の構造は、ヒトの34日目の胎児と各部分が完全に一致する。

本研究は、平成9年度文部省科研費重点領域(1)創発システム(領域番号:264)「新しい進化学理論の実験による探索——脊椎動物の力学対応進化学の実験系の確立——」と同基礎研究(A)(1)(課題番号:09309003)「人工骨髄の開発・実用化と免疫学の新概念確立に関する研究」の助成による。



図6 ネコザメは犬歯型と臼歯(カワラ状)の3種の歯(heterodontia)を持つ。



図7A, B ネコザメの正中断

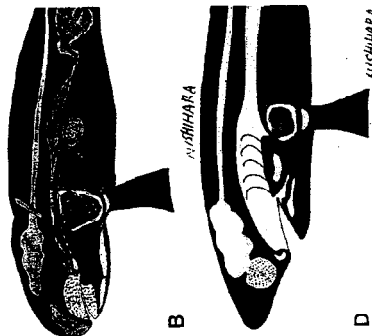


図7C, D ドチザメの正中断
(西原原図)

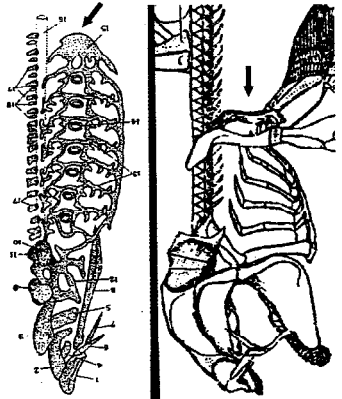


図8A 円口類のヤツメウナギの囀心腔軟骨(矢印)
図8B ネコザメのヒレ(囀心腔)軟骨(矢印)



図10 陸上させたネコザメの囀心腔にできた含気囊 右が大きくて左が小さい(矢印)。上が肝臓で、下が心臓

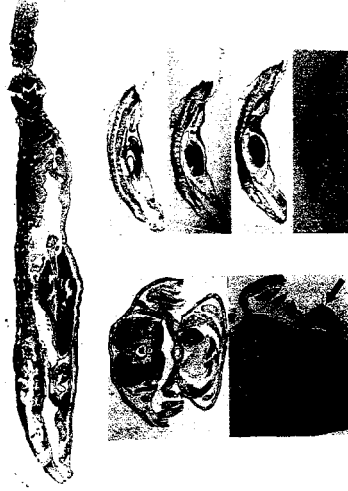


図11 上と右: メキシコサンショウウオの肺は食道を背側に横切って骨盤域まで伸びる。
左 上: 陸上げ1ヶ月では心臓はたるんでいる。
左 下: 陸上げ3ヶ月で鰓がなくなり、心臓が縮小して緻密になる。



図12 メキシコサンショウウオの鰓弓軟骨が癒合して舌骨となり舌を形成し、鰓弓も癒合しながら化骨する。

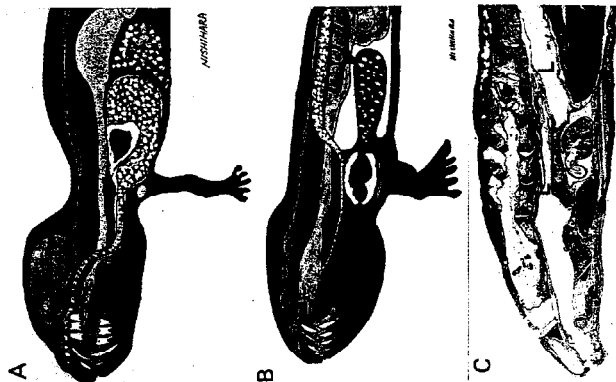


図13A 哺乳類の肺の発生は囲心腔内に起こる。(西原原図)

図13B 両生類・爬虫類・鳥類の肺の発生は、囲心腔の背側をかすめて食道を背側に横切り骨盤域まで及ぶ。鳥類では気嚢が肺から内臓や骨にまで及ぶ。(西原原図)

図13C メキシコサンヨウウオ(両生類)の肺(L)は、心臓(H)を囲む囲心腔に気管が差して食道(E)を背側に横切って肺が伸びる。(西原原図)

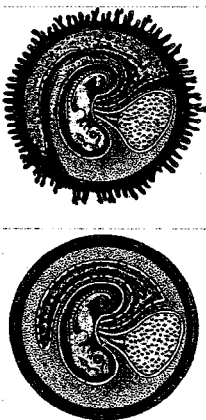


図15 アバタイトの卵嚢は子宮内にとどまると血管を誘導して自然に胎盤が出来る。(右 西原原図)



図14 ネコザメの矢状断の切片軟骨の一部硬骨化と骨髄造血が認められる。



図16 上 マボヤの軟骨性の横断
中 ドチザメの矢状切片基本
下 ドチザメの口と歯と皮層

■参考文献

Roux, W. : "Leipzig", 1895
 Wolff, J. : "Virch vs Archiv" 50, pp. 389-453, 1870
 シュレーディンガー E. : 生命とは何か, 岡小天・鎮目恭夫訳, 岩波書店 (東京) 1951
 Halstead L. B. : 脊椎動物の進化様式, 田岡本生監訳, 法政大学出版局 (東京) 46, 61, 1984
 三木成夫 : 胎児の世界, 中央公論社 (東京) 1983
 三木成夫 : 生命形態の自然誌, うぶすな書院 (東京) 1991
 三木成夫 : 生命形態学序説, うぶすな書院 (東京) 1993
 西原克成 : 重力対心進化学, 南山堂 (東京) 1999
 田中康一 : 最新医学 33, pp. 1186-1201, 1957
 須田立雄・小沢英浩・高橋栄明 : 骨の科学, 医歯薬出版 (東京) pp. 23-26, 1987
 西原克成・丹下 剛・松田良一・田中順三・広田和士・榑沢 洋 : 日口誌 9(2), pp. 217-231, 1996
 西原克成・丹下 剛・松田良一・瀬野久和・梁井 俊・藤井和子・田中順三・広田和士 : 人工臓器 25(3), pp. 753-758, 1996
 西原克成・田中順三・広田和士 : 日口誌 9(2), pp. 232-249, 1996
 Nishihara, K., Tange, T., Tokumaru, H., Yanai, A., Hirayama, Y. L. : "Bioceramics" 5, pp. 131-138, 1992
 西原克成 : "BME" 9(5), pp. 2-10, 1995
 Pollack, S.R., Salzman, R., Pienkowski, D. : "Calcif Tissue Int" 36, S77-S81, 1984
 Pollack, S.R., Petrove, N., Salzman, R., Brankov, G., Blagoeve, R. : "J Biomechanics" 17(8), pp. 627-636, 1984
 三木成夫 : "Acta Anat Nipp" 38, pp. 140-155, 1963
 三木成夫 : 解剖学雑誌 40, pp. 329-391, 1965
 K. Nishihara and T. Akagawa: Comparative Studies on Periodontal Tissues Around New Type Artificial Roots Made of Zirconium Oxide, Titanium and Hydroxyapatite. Phosphorus Research Bulletin, 1: 179-184, 1991.
 K. Nishihara, T. Kobayashi, and T. Akagawa: Light Microscopic and SEM Observation of Tissue Around New Type Artificial Roots. Phosphorus Research Bulletin, 1: 185-190, 1991.
 K. Nishihara and T. Akagawa: Artificial Root Therapeutics Applied to Edentulous Cases with Concomitant Advanced Periodontal Disease. Apatite, 1: 465-470, 1992.
 K. Nishihara, T. Kobayashi and T. Akagawa: Correlation between Oral Diseases and Peroral Habits. Apatite, 1: 493-498, 1992.
 K. Nishihara, T. Kobayashi, and T. Akagawa: Studies on Periodontal Tissue Around a New Type Hydroxyapatite Artificial Root. Bioceramics, 3: 171-181, 1992.
 K. Nishihara and T. Akagawa: Case Report of Hydroxyapatite Therapeutics in Oral Region. Bioceramics, 3: 255-261, 1992.
 K. Nishihara and T. Akagawa: Clinical Applications of Hydroxyapatite Artificial Root of Fibrous Tissue Attachment Type. Bioceramics, 4: 223-230 1991.
 K. Nishihara, L. Jiang, T. Kobayashi, A. Yanai and S. Nakagiri: Studies on Functional Effect of Hydroxyapatite Artificial Root Upon Surrounding Tissue - New Concept for Bone Bioceramics Jointing System-. Bioceramics, 5: 333-342, 1992.
 K. Nishihara: Studies on Peri-root Tissue Formation Around New Type Artificial Root Made of Dense Hydroxyapatite. Clinical Materials, 12:159-167, 1993.
 Nishihara, K. and Nakagiri, S. : Biomechanical Research on Junction System of Bone with Biomaterials. Bio-Medical Materials and Engineering, 4(3): 151-159,1994.

- Nishihara, K. and Nakagiri, S.: Biomechanical Studies on Newly Tailored Artificial Dental Root. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 4(3): 141-149, 1994.
- Nishihara, K.: Application of Bioactive Ceramics for Functional Surgery in Masticatory Organs. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 4(3): 161-170, 1994.
- K. Nishihara, T. Tanjo, K. Hirota and K. Kawase: Development of Hybrid Type Artificial Bone Marrow Using Sintered Hydroxyapatite. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 4(1): 61-65, 1994.
- Kazushi Hirota, Katsunari Nishihara and Hidehiko Tanaka: Pressure Sintering Apatite-collagen. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 3(3): 147-151, 1993.
- Katsunari Nishihara, Masashi Nakamura, Shigeru Nakagiri: Biomechanical Studies on Shape Effect of Hydroxyapatite Artificial Root Upon Surrounding Jawbone. *Clinical Materials*, 16: 127-135, 1994.
- Katsunari Nishihara: What is the viscerocranium from the standpoint of vertebrate evolution. *J Oromax Biomech*, 1(1): 73-78, 1995.
- Katsunari Nishihara: The basic construction of vertebrate, structural defects in the human body and a new concept of the immune system. *J Oromax Biomech*, 1(1): 79-87, 1995.
- Katsunari Nishihara, Junzo Tanaka: Successful induction of hybrid type artificial bone marrow using bioceramics in various vertebrates. *Bioceramics*, 9: 69-72, (Elsevier Science Ltd) 1996.
- Katsunari Nishihara: Development of hybrid-type artificial immune organ by means of experimental evolutionary research method using bioceramics. *Tissue Engineering for Therapeutics Use 1 Organ Regeneration*: 39-50, 1998.
- Katsunari Nishihara, Junzo Tanaka, Kazushi Hirota: Artificial Inducement of bone marrow hemopoiesis by electric bio-chamber of titanium. *Proceedings of ICM&M'97*, 739-743, 1997.
- Hisakazu Seno, Akira Yanai, Katsunari Nishihara: Investigation on Inducement of tissue Around the Porous Hydroxyapatite Ceramics in Different Environment Factors: Bone, Cartilage, Muscle. *Apatite 2*: 97-100, 1997.
- Katsunari Nishihara: Comparative Studies on Apatite Artificial Root Ankyrotic and Gomphotic Type. *Apatite 2*: 121-124, 1997.
- Katsunari Nishihara: On the evolution of the spine in vertebrates. *Ceramics, Cells and Tissues*, (Edited by A. Ravaglioli and A. Krajewski, Edizioni, Italy), 33-38, 1998.
- Katsunari Nishihara: Evidence of biomechanics-responding evolutionary theory by using bioceramics. *Bioceramics 12*: 253-256, 1999.
- Nishihara, K., Tanaka, K.: "Materials in Clinical Applications" *Techna Sri, (Italy)*, pp. 353-364, 1999
- 西原克成: 顎咬合誌20(4), pp. 495-506, 2000
- 西原克成: 顎咬合誌21(1), 印刷中, 2000
- 養老孟司: 形を讀む—生物の形態をめぐって—, 培風館 1986
- リチャード・ドーキンス: 利己的な遺伝子, 日高敏隆・羽田節子・岸 由二・垂水雄二訳, 紀伊国屋書店, 1991
- A・ポルトマン: 動物の形態, 島崎三郎訳, うぶすな書院, 1990
- Butler P. M.: "Proc. Zool. Soc." 109, pp.1-13, 1939
- Cairn J, Stent G. S and Watson J. D.: "Phage and the Origins of Molecular Biology" *univ. of Tokyo Press*, 1967
- Cowin S. C.: "Wolff's Law of trabecular architecture at remodeling equilibrium" *J Biomech Eng*, 108, pp. 83-88, 1986
- C・スラブキン: スラブキン顕蓋顔面の発生生物学, 小澤英浩監訳・山田まりえ訳, 西村書店, 1992
- E. T. Bendetto Lanza: "Le Cere Anatomiche della Specola di Firenze Arnaud Editore Firenze" 1997

- Eitaim Racker: エネルギー代謝の機構, 高富 篤・松井英博・大木崎子訳, 共立出版, 1967
- E・シュレーディンガー: 生命とは何か, 岡 小天・鎌田恭夫訳, 岩波書店, 1951
- E・ボールドウィン: 比較生化学入門, 民科生物部会物産代議研究会訳, みすず書房, 1954
- E・マイアー: ダーウィン進化論の現在, 養老孟司訳, 岩波書店, 1995
- Gaupp V. E.: "Beiträge zur Kenntnis des Unterkiefers der Wirbeltiere II, Die Zusammensetzung des Unterkiefers der Quadrupeden" *Anatomischer Anzeiger*, 39 (17, 18), pp. 433-472, 1911
- Gaupp V. E.: "Beiträge zur Kenntnis des Unterkiefers der Wirbeltiere III, Das Problem der Entstehung eines sekundären Kiefergelenkes bei Säugern" *Anatomischer Anzeiger*, 39 (23, 24), pp. 609-666, 1911
- Geoffroy H. Spencer: 顕蓋顔面の発生—正常と異常—, 江藤一洋・後藤仁敏訳, 医歯薬出版, 1992
- Gould S. J.: "Hen's Teeth and Horse's Toes" *W. W. NORTON & COMPANY NEW YORK LONDON*, 1983
- L. B. HALSTEAD: 硬組織の起源と進化, 後藤仁敏・小寺春人訳, 共立出版, 1984
- L. B. ホールステッド: 脊椎動物の進化様式, 田崎本生監訳, 法政大学出版局, 1984
- L. B. ホールステッド: 硬組織の起源と進化—分子レベルから骨格系までの形態と機能—, 後藤仁敏・小寺春人訳, 共立出版, 1984
- LEWIN, R.: "Human Evolution" Blackwell Scientific Publications, Inc. 1984
- MAJOR R. H, MAHLON D, DELP H.: "PHYSICAL DIAGNOSIS" W. B. SADNDERS COMAANY, 1956
- Nelsen O. E.: "Comparative Embryology of the Vertebrates" THE BLAKISTON COMPANY, 1953
- Nicole Le Doua: "The Neural Crest" Cambridge University Press, 1982
- Olin E. Nelsen: "Comparative Embryology of the Vertebrates" THE BLAKISTON COMPANY, Inc. 1953
- ORBAN B. J.: "ORAL HISTOLOGY and EMBRYOLOGY" THE C. V. MOSBY COMPANY, 1957
- Prescott L. M, Harley J. P, Klein D. A.: "Microbiology" Wm. C. Brown Publishers, 1990
- P. R. Wheeler H. G. Burkitt V. G. Daniels: 機能を中心とした図説組織学, 山田英智他訳, 医学書院, 1981
- 後藤仁敏・大森司紀之他: 歯の比較解剖学, 医歯薬出版, 1986
- コルバート: 脊椎動物の進化—上・下, 田崎本生訳, 築地書館, 1990
- 酒井琢明: 歯の形態と進化—魚からヒトへの過程, 医歯薬出版, 1989
- 柴谷篤弘・長野 敏・養老孟司: 講座進化, 東京大学出版会, 1991
- 瀬戸口烈司: 「人類の起源」大論争, 講談社, 1995
- 多田富雄: 免疫の意味論, 青土社, 1993
- 長野 敏: 生命の起源論争, 講談社, 1994
- 野本亀久雄: 闘う免疫—感染症, ガン, 老化への挑戦, 現代書林, 1996
- 野本亀久雄: 免疫とはなにか, 講談社, 1987
- 長谷川政美: DNAからみたら人類の起源と進化—分子人類学序説, 海鳴社, 1986
- 地原和郎: 歯と人類学の話, 医歯薬出版, 1992
- 藤田恒太郎原著 桐野忠夫改訂: 歯の解剖学, 金原出版, 1949
- 藤田恒太郎: 歯の組織学, 医歯薬出版, 1957
- 藤田恒夫: 腸は考える, 新書, 岩波書店, 1991
- 増淵法之: 進化学入門, 北海道大学図書刊行会, 1973
- 松永俊男: ダーウィンの時代—科学と宗教, 名古屋大学出版会, 1996
- 増淵法之: 進化学入門 第2版, 北海道大学図書刊行会, 1980
- 三木成夫: 歯・呼吸・古代形象, うぶすな書院, 1992
- 三木成夫: 内臓のはたらきと子どものころ, 築地書館, 1982
- 宮田 隆: 分子進化学への招待 DNAに秘められた生物の歴史, 講談社, 1994

- R. S. S. Shell : スネル臨牀発生学, 山内昭雄訳, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 1985
- Simpson J. J. : "Studies of the earliest mammalian dentition" Denial Cosmos, 78(8), pp. 791-800, 1936
- TAYLOR J. H. : "Molecular Genetics Part II" ACADEMIC PRESS, Y & London 1967
- Theiler K. : The House Mouse Atlas of Embryonic Development マウスの発生アトラス, 牧田登之監修, 学窓社, 1991
- TORREY T. W. : "MORPHOGENESIS OF THE VERTEBRATES Second Edition" John Wiley & Sons, Inc. 1962
- T. W. Sadler : ラングマン人体発生学, 野沢十蔵訳, 医歯薬出版株式会社, 1967
- Vogel H. J. Lampon J. O. Bryson V. : "ORGANIZATIONAL BIOSYNTHESIS" Academic Press NY & London, 1967
- Wolff J. : "Ueber die Theorie des Knochenschwundes durch vermehrten Druck und der Knochenanbildung durch Druckentlastung" Archivs für Klin Chirurgie, 42, pp. 302-324, 1891

● 著者からの一語 ●

脊椎動物を定義する物質が骨格, つまり骨と軟骨と関節で, 特徴的な器官が腸管呼吸器である。多細胞動物の特徴は, 身体に取り込まれた酸素と栄養が血液によって身体の間々まで運ばなければ生きて行かないことである。したがって血液を作ること, つまり造血機能が生命の要と言えよう。外呼吸とは酸素によって起こる造血のことで, 腸による栄養の消化吸収は栄養素による造血のことである。

動物界の名門といわれる脊椎動物では, この呼吸と栄養吸収の両方を鰓腸と腸管で行っているが, 進化の第二革命の上陸を境に, 鰓の造血器と腸管造血系が劇的に変容を遂げた。鰓の鰓が耳, 扁桃, 上皮小体と顎洞, 胸腺, 肺へと変化し, 腸管造血系の一部が骨髄腔へ移るのである。この変化の原動力が, 酸素の溶解が水から空気に変わることと, 酸素の含量が1%から21%に増えることと, 見かけ上1/6Gから1Gへと重力作用が3倍になるという3つの要因である。第二革命までの水中での進化が, 重力作用に基づく水圧や水流による体表の変化, 頭進(頭に向かつて泳ぐ)のスピードで起こる慣性の法則(重力作用に基づく)による体制の変化である。水中においても地球の1Gの重力が作用しているためである。

従来の進化論は, 脊椎動物のみに限らず, 植物からバクテリアまでごちゃ混ぜに扱い, 一切の解剖学を無視し, 器官も定義物質も, 重力や光などのエネルギーも無視して, 外形だけの空論をもて遊んでいた。ここに記した進化論は, 世界で初めて物質と器官の変容に基づく検証に立脚した重力対応進化科学である。

HANDBOOK OF BIOMIMETICS

バイオミメティックスハンドブック

編集代表：長田 義仁 北海道大学大学院教授
 編集委員：甲斐 昌一 九州大学大学院教授
 嘉数 侑昇 北海道大学大学院教授
 片岡 一則 東京大学大学院教授
 酒井 清孝 早稲田大学 教授
 田中 順三 無機材質研究所総会研究室
 定価：本体62,000円 エヌ・ティーエス

12.1 骨格器官の進化

骨髄造血の発生の研究から、脊椎動物の形態の進化が重力作用に対する身体骨格系の力学対応、すなわち体の動かし方により用不用の法則に従って起こることが明らかとなった¹⁾。したがって、骨格器官である歯や関節、骨髄造血巣や骨組織は有効な生体材料さえあれば生体力学刺激によってハイブリッド型に移植を受ける動物組織の遺伝子を活用し、人工器官を誘導することができる。それにはまず骨格器官の進化を正しく知る必要がある。

脊椎動物を他の動物種と別け隔てる定義物質が、骨と歯という生体セラミックスとそのもととなるコラーゲンと軟骨である¹⁾。これらの物質から成る組織・器官は、進化の各ステージで機能と形が変化する²⁾³⁾。ことに歯は、原則として進化の各ステージできれいに分化の状態が分類される。従来の進化の研究は、脊椎動物の外形のみに着目してきた。そのため特定の物質や器官について進化の過程における変遷を研究する手法は、あまり深く研究されなかった。比較解剖学というのがあるが、これもいろいろな動物の器官を比較するだけで、明確に進化における変容の姿としては研究されなかったのである。

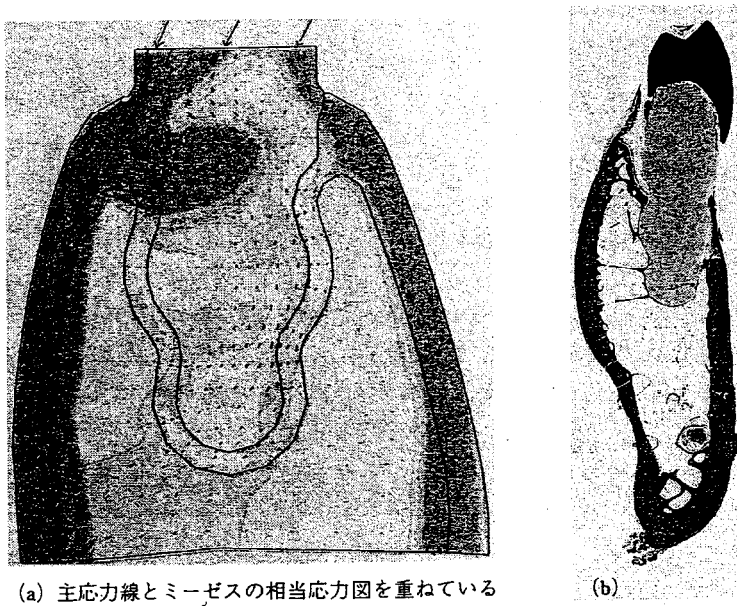
脊椎動物の力学刺激による骨格の変形の法則には、Wolffの法則がある⁴⁾。骨の機能適応形態の法則のことであるが、これを深く考えると、この宗族の形の進化の様式が容易に理解される³⁾⁵⁾⁶⁾。ある個体の骨の形が、一定した反復性の長期の骨格の使い方によってほぼ一定した変形を示すことは、個体の遺伝形質が同じで、骨格の使い方によって形が変化するということである。つまり骨格を形づくる細胞が筋肉や外力の作用で空間を反復的に移動すると、重力の作用方向と移動方向の主応力線との合成で改造が起こり、形が変化することを示している。骨には自ら動くシステムがなく、骨に作用する外力は筋力を含めて骨にとってはすべて外力である。骨に加わる反復性の外力はすべて水溶性電解質から成る体液

の流体力学に変換される。さらにこれが流動電位に変換されると、この電位により骨や軟骨を構成する細胞の遺伝子の引き金が引かれて骨の改造が起こる。これがWolffの法則の分子遺伝子学的実態である。したがって同じ遺伝形質のまま遺伝子発現の有無によって、また個体の内外から作用する外力の誘導で形が変わってしまう。実例としてはほ乳動物(大型成犬)に同じ材質と形態の人工歯根を植立して安静に保つものと、適度のそしゃく咬合運動を負荷するものを区別すると図1と図2に示すように歴然とは虫類の骨性癒着型とは乳類の釘植型の人工歯根を誘導することができる。つまり、同じ遺伝形質で力学の負荷の有無で全く異なるシステムを作ることが可能である。

歯と骨の進化をさかのぼると、軟骨魚類の皮歯にたどりつく^{7)~9)}。皮歯とは、サメの皮膚を覆うエナメル質と象牙質から成る小歯で、歯根部に骨組織が存在する。ほ乳類ではこの小歯からカルシウムとリンがなくなりコラーゲンのみから成る毛となる。つまり毛はセラミックスのない歯である。サメの小歯をさらにさかのぼるとその源において原索類のホヤ肌に行きつく⁹⁾。ホヤ肌はホヤの体を覆うとげやうろこ状の楯鱗で(図3(a))、マイクロアナライザーで分析すると軟骨でできている細胞性の組織である。ホヤが遺伝子重複して多体節動物ができ、これが頭進すると、運動に従って分化し脊椎動物が誕生する⁹⁾。この子孫がナメジウオと円口類である。スタウナギの鰓腺と心臓は薄い軟骨に覆われていて、ナメジウオの小心臓に似て、それぞれ鰓部で心臓のように動いている。この円口類には皮歯はないが、軟骨のもととなるコンドロイチンを中心とした多糖類を多く含有した皮膚があり、口の中にホヤ肌の楯鱗から分化した軟骨性の歯(図3(b))が存在する。従来この歯は、ただの角質性のタンパク質から成る偽りの歯と考えられていた。しかしマイクロアナライザーで軟骨性であるため、アパタイト化する前の真歯(本当の歯)であることが明らかとなった(図3(c)参照)⁹⁾。これで脊椎動物の進化の源が明らかとなったのである。脊椎動物とは骨性の脊柱を持つ脊索動物である。脊椎動物を規定する物質は骨化の程度にかかわらず骨にある。進化ではコラーゲンが軟骨に変化し、これがさらに骨化するだけの変化しか起こらない⁹⁾。そして骨とは石灰化したコラーゲンと線維芽細胞の複合組織のことである。

12.2 ほ乳類の歯の代替の人工歯根

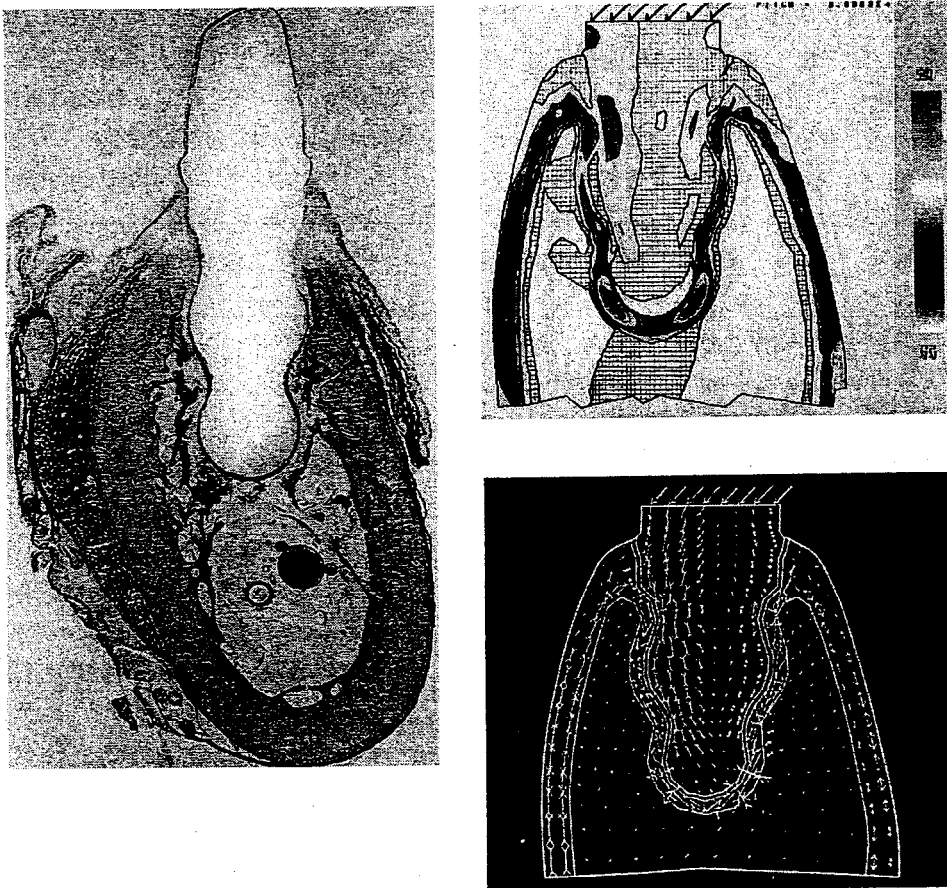
サメの歯根には骨が存在し、これが周囲の結合組



(a) 主応力線とミーゼスの相当応力図を重ねている

(b)

図1 ニホンザルに植立した骨性癒着歯(3年経過)とその有限要素解析図(口絵カラー⑥参照)



右：左の標本を有限要素法で解析した図
 右上：ミーゼスの相当応力図
 右下：主応力線図
 応力分布と主応力線の分離像に従って骨梁が形成される

図2 成犬に植立後咬合せせた釘植のハイブリッド型人工歯根(4カ月経過)歯周靱帯と固有歯槽骨ができつつある(口絵カラー⑥参照)



(a) ホヤの楯鱗は軟骨性の細胞
できている (b) スタウナギの皮歯もマイクロアナ
ライザーでPとSを含む軟骨で
できていることが明らかになった (c) スタウナギの歯と嗅器と鰓弓軟骨

図3 ホヤの楯鱗と円口類の皮歯(口絵カラー⑦参照)

織と強固に線維性に結合している(図4参照)。セメント質は線維骨(Weidenreich)であり¹⁰⁾、ほ乳類の人工歯根を作るにはサメの歯に学ばよ。両生類は骨性癒着歯を持つが、これは機能下で破折するとすぐに次の歯が生えてくる多性歯性システムである(図5参照)。

ほ乳動物の歯の代替器官(人工歯根)として、移植した動物の歯根周囲にハイブリッド型に誘導する必要な組織は、①そしゃく機能に必要なクッションとなる歯周靭帯の線維関節すなわち歯根膜と②人工歯

根と線維組織を接着する石灰化組織の線維骨すなわちセメント質、および③歯周靭帯を取り巻く一層の関節骨の固有歯槽骨、の三種である^{11)~14)}。ほ乳類のトリボスフェニック型の臼歯の機能を持つ歯に必要な歯周支持組織や器官を人工的にハイブリッド型に *in vivo* で誘導するには人工歯根に次の条件が必要となる。

- 1) 材質効果
- 2) 形状効果
- 3) 機能効果



楯鱗が顎で食物に対して力学対応したものが歯となっている

図4 サメの皮歯(楯鱗)と歯(口絵カラー⑦参照)



次の歯が準備され、折れると右から左へと移動して萌出する。移動のシステムのみがサメから受け継がれている

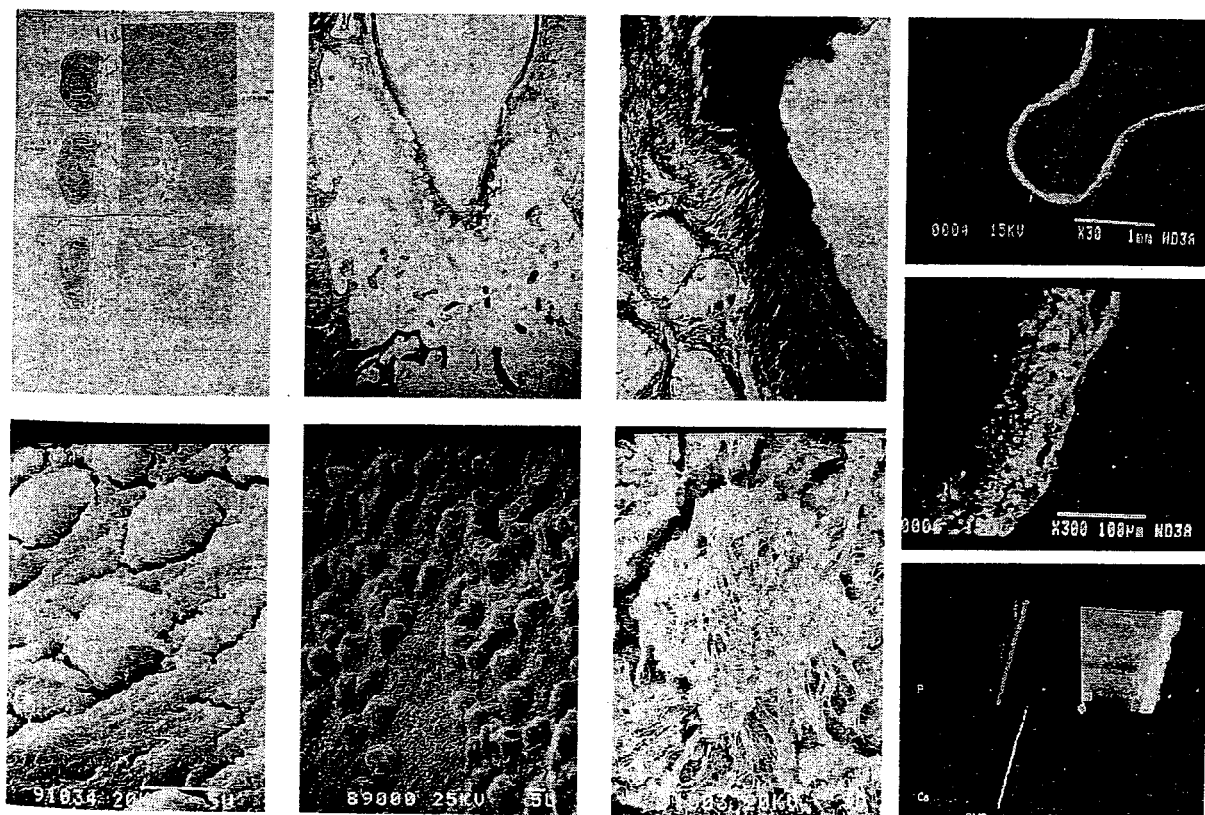
図5 アカハライモリの骨性癒着歯(口絵カラー⑦参照)

の優れた性状のもの、すなわち生体適合性があり、強度が十分のもので^{15)~18)}、形状は主応力学を有効に変換できる形態が必要である。機能の適合性とは、そしゃくという反復性の揺すぶり運動に適する柔構造を必要とするということである。人工歯根に加わるそしゃく力はすべて歯根が vehicle となって力を負担し、これを流体力学に翻訳して生体組織に伝達しなければならない。線維骨すなわちセメント質は微小な揺すぶり運動で力学的に誘導されるため、生体適合性のある素材の人工歯根に微小な揺すぶり運動を加えると、線維組織とセメント質は、移植した人工歯根の周囲の未分化間葉細胞から容易に誘導することができる(図6参照)。揺すぶり運動の振幅が0.2~0.3mm程度であると、移植手術後の創傷治療の過程で固有歯槽骨までもが力学刺激によって誘導される¹⁹⁾。人工歯根の負担した咬合による力学刺激が変換された流体力学刺激は、流動電位に翻訳されるとこの電位の作用で未分化間葉細胞の遺伝子の引き金が引かれる。そこで、造血作用と共役した造骨細胞を誘導するサイトカインBMP(bone morphogenetic protein)が形成され、骨が形成される。

図7のように直交して三次元で走る主応力線は直交する3方向の流体の動きに翻訳され、歯根の表面に直交して生ずる流動電位で表在性の石灰化が起こる。歯根が咬合運動で微小に反復性に振動すると歯根の表面には動きによって形成される線維組織が付着し、この石灰化組織はセメント質(線維骨)となる。一方、歯根の振幅の外側にも直交する三次元の流動電位が生じ、ここに固有歯槽骨ができる。これがハイブリッド型の人工歯根である(図8参照)。

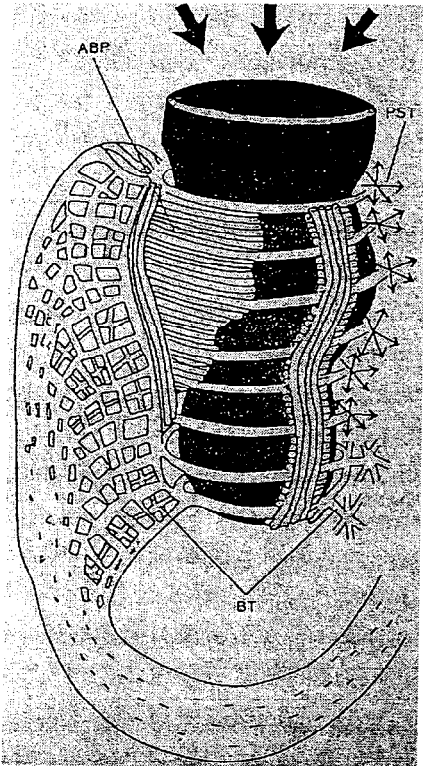
12.3 歯周支持組織の人工的誘導

人工歯根を植立したあとに、あらゆる咬合を試みて中心咬合位より0.5mmほど低位にして仮の連続冠を装着し、人工歯根を安静に保ちつつ、軟性食物を細かく丁寧にかませる。術後3カ月頃に0.1mmほど低位にすると、人工歯根周囲の組織が創傷治療の過程で、自らの間葉組織からほ乳類の釘植歯に必要なセメント質と歯周線維組織(歯根膜)と固有歯槽骨を誘導する。まず創傷治療で毛細血管が誘導されるが、そしゃくの振幅で血管がつぶれると周囲に線維組織が誘導される。したがって歯根と固有歯槽骨



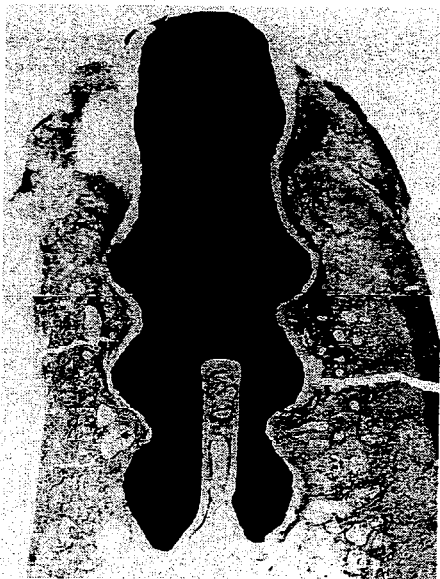
右：マイクロアナライザーで人工歯根表面の細胞層が石灰化したセメント質であることを示す

図6 セメント芽細胞が力学刺激で形成されるとやがてそこに線維が付着して歯根膜ができる(口絵カラー⑧参照)



力学刺激は人工歯根に負担され、その形状によって応力分散されると、液性の流動、すなわち流体力学に変換される。つまり主応力線の走行に近似した3方向の流路ができて、反復性に流れると流動電位が生じ、そこに微小の骨形成が始まる

図7 図2より導き出された流体力学図
(口絵カラー⑧参照)



固有歯槽骨形成が認められる
成犬に植立後3年経過時

図8 ほ乳類型の人工歯根(口絵カラー⑧参照)

の間に生じた線維組織間に誘導された毛細血管の内径の総和が振幅に相当することになる。人工歯根の材料としてはヒドロキシアパタイトち密焼結体、ジルコニアち密焼結体、チタン等生体適合性があれば何でもよい。アパタイトが最も早くセメント質を誘導する(植立後10カ月)が、アパタイトは歯石という細菌性の生物アパタイトも誘導しやすく、セメント質と歯石が容易に合体するので、酸化チタンの方が実用的である。これらの人工歯根を臨床応用を試みてからすでに12年経過している^{20)~23)}。成犬の小白歯部に植立したジルコニアの人工歯根の周囲に形成された骨を含む顎骨の標本を作製した。これに基づいて二次元のモデルを作り人工歯根に機能圧を負荷し、応力分布を分析した結果、セメント質と固有歯槽骨および骨梁が、適度な応力分布の部位に新生され、その走行は主応力線と一致していた(図2参照)¹⁵⁾。

生体は水溶液でできており、生体内では骨格系に生じた主応力線は流体力学に変換され、体液の流動ベクトルに翻訳される。この流動ベクトルは流動電位と共軛しているから、この電位が間葉細胞の遺伝子の引き金を引いて骨がリモデリングする¹⁹⁾。これで釘植の周囲に再生する固有歯槽骨と歯周靭帯・セメント質という三つぞろいの歯周部の歯の支持構造器官の発生のなぞが解明された。一方、非機能下では骨性癒着のは虫類の歯をほ乳類で人工的にハイブリット型に作ることも容易である。植立後安静に保てばよい。しかし、骨性癒着すると歯周の骨は消失する一方で癒着部の皮質骨に強烈な応力集中が生じ骨は力学的に破壊される(図1参照)¹⁸⁾。

骨が脊椎動物を規定する組織であり、歯はほ乳類を分類する基準となる器官である。また歯は、両生類・は虫類とほ乳類を分類する器官でもあり、骨髄組織が高等・下等の脊椎動物を別け隔てる組織である。つまり、ほ乳類の歯の代替となる人工歯根が備えるべき歯周構造器官と骨髄組織は、進化の過程で進化の起こる原因によって同じ遺伝形質から誘導されるものである。この進化の原因が重力を中心とした生体力学刺激であった。したがって人工歯根と人工骨髄造血巢の開発研究には、進化を生体力学によって現在の動物で再現する実験進化学の手法の確立が必要であった。この応用により世界に先駆けて人工骨髄造血チャンバーと人工歯根が開発された。

12.4 おわりに

本研究は文部省科学研究費，平成5年度重点領域研究(1)05221102「骨の形態的機能適応現象のメカニズムの解明—骨の生体力学とピエゾ電性の統合研究—」，および平成9～12年度基盤研究(A)(1)09309003「人工骨髄の開発・実用化と免疫学の新概念確立に関する研究」の助成による。

【参考・引用文献】

- 1) 西原克成：顔の科学，日本教文社（1996）。
- 2) 藤田恒太郎：歯の話，岩波新書（1965）。
- 3) L.B.Halstead(田隅本生監訳)：脊椎動物の進化様式，法政大学出版局（1984）。
- 4) J.Wolff： *Archivs für Klin Chirurgie*, **42**, 302-324 (1891)。
- 5) K.Nishihara： *J Oromax Biomech.*, **1**(1), 79-87 (1995)。
- 6) K.Nishihara： *Journal of Oromaxillofacial Biomechanics*, **1**(1), 73-78 (1995)。
- 7) 三木成夫：生命形態学序説—根源形象とメタモルフォーゼー，シェーマ原図，p.29，うぶすな書院（1993）。
- 8) 西原克成：生物は重力が進化させた，講談社ブルーボックス（1998）。
- 9) 西原克成：重力対応進化学，南山堂（1999）。
- 10) 藤田恒太郎：歯の組織学，医歯薬出版（1957）。
- 11) K.Nishihara and T.Akagawa： *Phosphorus Research Bulletin*, **1**, 179-184 (1991)。
- 12) K.Nishihara, T.Kobayashi and T.Akagawa： *Phosphorus Research Bulletin*, **1**, 185-190 (1991)。
- 13) K.Nishihara, T.Kobayashi and T.Akagawa： *Bioceramics*, **3**, 171-181 (1992)。
- 14) K.Nishihara： *Clinical Materials*, **12**, 159-167 (1993)。
- 15) K.Nishihara, M.Nakamura and S.Nakagiri： *Clinical Biomaterials*, **16**, 127-135 (1994)。
- 16) K.Nishihara and S.Nakagiri： *Bio-Medical Materials and Engineering*, **4**(3), 141-149 (1994)。
- 17) K.Nishihara and S.Nakagiri： *Bio-Medical Materials and Engineering*, **4**(3), 151-159 (1994)。
- 18) K.Nishihara and S.Nakagiri： *Materials in Clinical Applications*, 491-502 (1995)。
- 19) 西原克成：日本ME学会誌 BME, **9**(5), 2-10 (1995)。
- 20) K.Nishihara and T.Akagawa： *Oral Implantology and Biomaterials*, 41-46, Elsevier Science Publishers B.V. (1989)。
- 21) K.Nishihara and T.Akagawa： *Bioceramics*, **4**, 223-230 (1991)。
- 22) K.Nishihara and T.Akagawa： *Apatite*, **1**, 465-470 (1992)。
- 23) K.Nishihara and T.Akagawa： *Bioceramics*, **3**, 183-192 (1991)。

〈西原 克成／田中 順三〉

生物とその機能モデルキーワード

ハイブリッド型人工歯根 (hybrid-type artificial root)；生体力学刺激 (biomechanical stimuli)；セメント質 (cementum)；釘植歯 (gomphosis)；骨性癒着 (ankylosis)；脊椎動物の骨格器官の進化；力学刺激による骨格変形
 具体例：サメの歯根；は虫類の歯根；ほ乳類の歯根・トリボスフェニック型臼歯

【著者】 伊藤正男
【編者】 小泉英明

育つ・学ぶ・癒す 脳図鑑 21

B R A I N 21

Psychology & Education
Illustrated by Masako Ito
Emotion by Hiroaki Kosuma



育つ脳

真心 からた精神

西原克成

西原研究所所長(肥後・美祿の歴史)

はじめに

「ここでは脳の中の現象であるというのが常識です」と胸を張る脳研究者がいる。現代生命科学の常識はあてにならない。今日隆盛をきわめる分子生物学には重力の作用が失念されている。これは扱う生命対象があまりにも微小のため重力作用が無視できる系だからである。分子生物学の世界は1500KGでも生存が可能であるが、脊椎動物の世界では45G~7Gでは1日たりとも生きられない。脊椎動物は、水中の1/6G(見かけ上)から1Gの地上に生活の場を変えたとまた大きく変形する。逆に1Gの地上生活から水中に生活の場が戻ると形が大きく変わる。脊椎動物の生命科学を考えると、重力を失念してはならない。この重力の作用で脊椎動物の進化が起こっていることを最近筆者が検証した。

わが宗族の進化のメカニズムが解明されなければ、骨髄造血の発生とそれに続いて起こる組織免疫系の発生も解明できない。そして免疫系とは自己非自己ではなくて、リモテリング(同化・異化=新陳代謝)と共軛しておこるエネルギー代謝のシステムのことである。ころろや精神というのはこの免疫システムと連動して起こるエネルギー活動の高次の様態をさす。従って免疫系がわからなければ、わかるはずがないのがころろと精神・思考である。

2千数百年前にヒポクラテスは「外界と意識との仲立ちをするのが脳である」と述べているから現代生命科学の常識よりは、はるかに正確である。今ではころろと意識と感覚と感情、思想と情動、考え・思考と情念、精神と霊と魂がごちゃ混ぜになっているが、認識と意識ところろと精神と思考はそれぞれ微妙に異なる。

ヒトの死について考えて見よう。戦で武将が死んだとする。一般に死は悲しいことだが、敵方にとっては大変うれしいことである。つまり死という外界の事件を脳が認識しても、脳を持つヒトの所属する陣営や立場によって発生するころろは違うのだ。単なる脳内現象なら、ある事象を

■のありようとしていようが済ま

眼や鼻、耳を通して脳が感知すれば、必ず同じ反応つまり同じころろが発生しなければならぬ。ある色が好きなヒトと嫌いなヒトがいることも説明できない。色1つにしても、同じ個体においてすら生命のおかれている状況によって発生するころろは変化する。ころろとは生命体総体の機能のことで、発生するころろとは生命エネルギーのことである。温血動物でいえば体温のようなもの高次化されたエネルギーである。そしてころろや魂は、生命体にあるものの、その主要部はなんと腸管内臓系にあるのだ。脊椎動物は最初に腸から発生する。脳は驚くほど進化の進んだ後の段階でできてくる。しかも腸にそなわった神経と腸を覆う体壁系の表層の皮膚の部分にそなわった神経の合体したものが脳になる。戦争の時は、腸の所属する陣営によって生存するかしないかが決まる。それで所属によってころろが決まるのである。つまり腸のありようによって、ころろは決まるということである。

動物は動き廻ることを最大の特徴とする。動物は固有のころろを行動、つまり身体の動きで表わす。動物の本質は身体の動きであり、この動きはニュートン力学の摂理のもとにある。つまり、動物の運動は万有引力の法則の重力作用に基づいた生体力学の因果律に従った現象なのである。脊椎動物とは、「骨化の程度は異なるが骨性の脊柱を持つ脊索動物」のころろを指し、特徴的な器官は脊柱と腸管呼吸器の鰓が肺である。動物の動きの主導は筋肉運動で、これは神経によって制御される。筋肉と神経は共軛して発生する。

動物の筋肉運動で最も本質的なものが呼吸運動である。息の音が生まれれば生命はおしまいなのである。心臓の動きは実は呼吸運動の1つである。心臓は鰓腺に由来する。動きの中に動物の本質が宿るのであるが、腸管の動きにころろが宿り、体壁系の動きの中に精神・思考が宿る。腸管運動と体壁運動の仲立ちをするのがそれぞれのニューロンとパラニューロンである。これら2系統のニューロンとパラニューロンは互いに渾然一

体となって融合している。ニューロンもパラニューロンもともに上皮間葉相互作用でできてきているからである。

動物は食と生殖の場を求めて身体を移動することを特徴とする。脊椎動物の先祖をさかのぼると、動・植物の分かれ目にあるホヤにたどりつく。ホヤにはゼルロースの根がほらと、動・植物の根がある。腸捕食と腸管呼吸を行う。呼吸運動の源は波の動きであり、波のリズムを心筋に似た平滑筋と横紋筋のあいこのホヤの体壁筋が記憶したということである。ホヤは腸と体壁が一体に近く、腸の動きや分泌を制御するのが腸管に存在するニューロンとパラニューロンで、もともと腸管の細胞に由来する。これらが腔腸の入り口付近でまとまって腸の一部が脳と呼ばれる神経のかたまりとなる。腸と脳は出発点で切っても切れない一つの器官だったのである。そして筋肉は平滑筋・横紋筋・心筋を問わずリズムを記憶する特徴がある。腸のニューロンがリズムを記憶する。このニューロンが脳となるから脳は腸からはじまるのである。

1▶ いのちの発生とこころの発生

高等生命体のいのちの源は、個体発生では原腸胚で、系統発生ではヒドラのような腔腸動物であるから腸が生命の源である。ヒドラは外側の壁(外皮)と内側の壁(腸)から成り、その間を満たす動く間葉細胞の3種類からできている。外皮(外胚葉上皮)と内皮(腸=内胚葉上皮)にはそれぞれ感ずる細胞(ニューロン)と感ずる細胞(パラニューロン)がある【『図01』。単体節の原腸胚の次に多体節の神経胚が発生する。

ものの本質を知ることよく、ものこのころを知るといふ。「こころ」とは思いやる気持ち、なざけや考えのほかに本質や中心をあらわす言葉でもある。洋の東西を問わず、心臓(heart)に心が宿るとされ、心痛(heartache)はともに悲嘆を意味する。高等生命体のはじまりは腸であり、従って生命の本質は腸であり、こころの源が腸に存在するのである。腸の有り様

図01a—ヒドラのニューロンとパラニューロン(藤田恒夫原図) ヒドラ(上)と哺乳類(下)の腸のセンサー細胞の比較。矢印は信号物質の動く方向を示す。5億年の進化を通じて、ニューロンとパラニューロンによる腸の動きの調節の仕組みが、根本的には変わっていないことかわかる

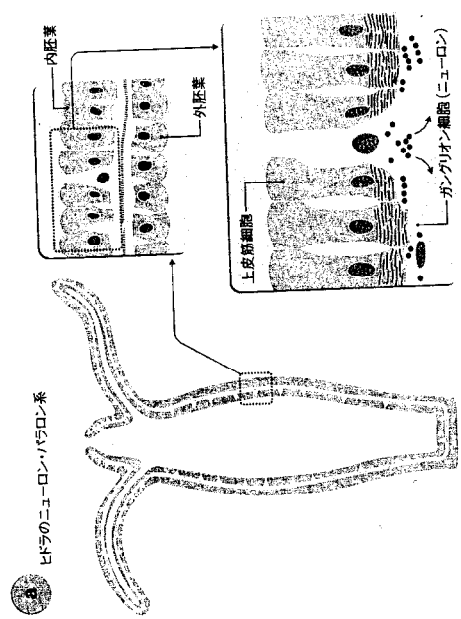
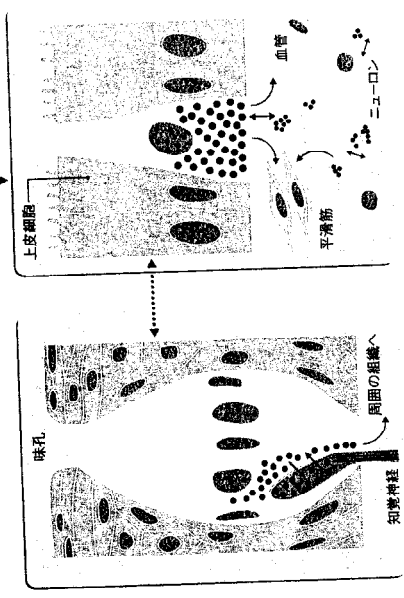


図01b—腸の基底層細胞(右)と味蕾の細胞(左)の比較

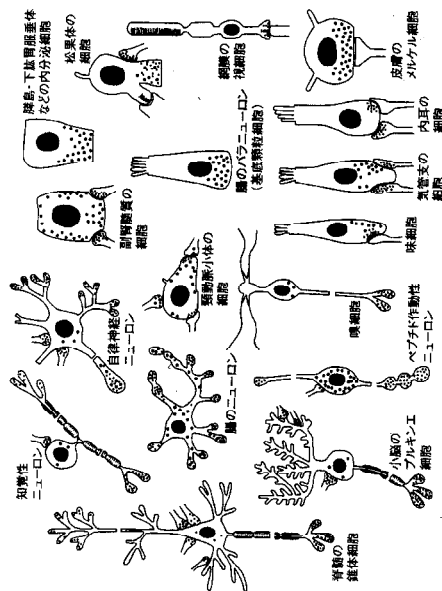


がこころということになる。生命とは何かというと、「エネルギーの代謝回転に共働したリモデリング」のことである。エネルギーの渦が廻りながら古い生命体のパーツが新陳(交代)してエイジング(老化)を克服するシステムが高等生命体の脊椎動物である。個体全体のリモデリングが遺伝現象であり、脊椎動物ではこれは一般に生殖を介する。

単細胞生命のウイルス・細菌・真菌・原虫と多細胞生物との間には越すに越せないリモデリング様式の違いがある。分子生物学が高等生命体の謎の解明にはもはや無力となっている理由がここにある。前者の生命反応系はニュートン力学の圏外にあり、後者にはもっぱらニュートン力学の摂理で機能する。つまり、重力の作用が無視できる系が単細胞生物で、重力作用に基づいて生命現象が遂行されるのが多細胞生命体、なかんずく脊椎動物である。

Haeckelの個体発生と系統発生の関係は8つの表現系(形態系、骨格系、代謝系、

図10c——樹のニューロンとパラニューロン (藤田恒夫原図)



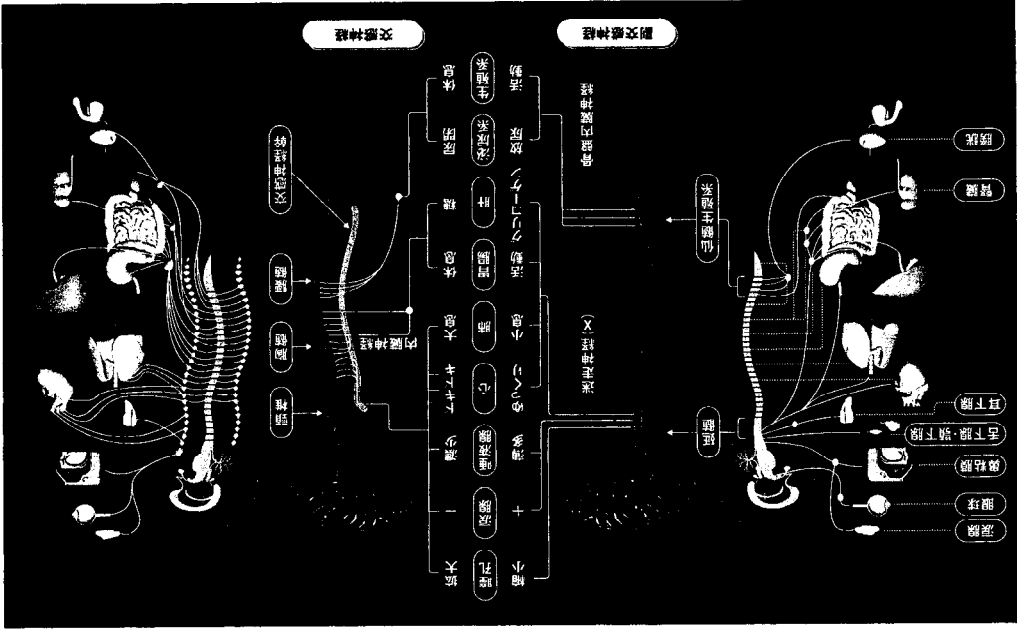
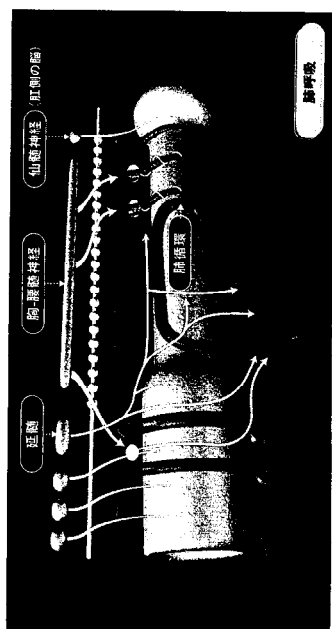
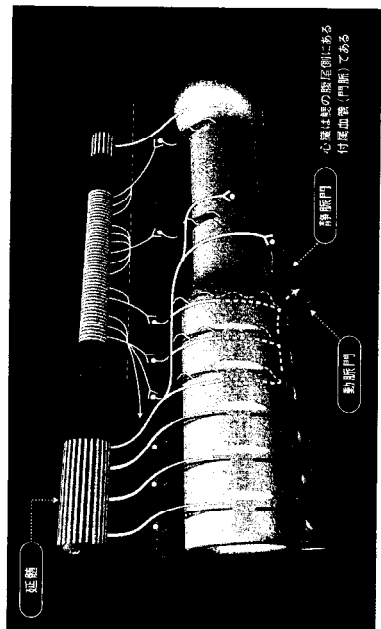
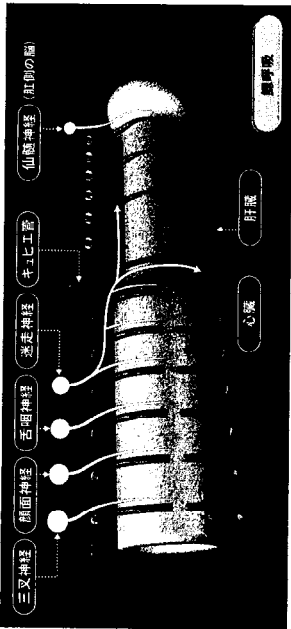
■のニューロンとパラニューロン

脈管系、神経系、造血系、組織免疫系、遺伝子系)で実際に繰り返されることを筆者が検証した(真正生命発生原則, 1998年)。ここでは「こころ」と「精神・思考」の発生について述べる。高等な生命は腸(内臓)と身体(体壁)の2重の管に分けられるが脳脊髄神経・横紋筋肉系が体壁に属し、腸管神経系・腸管平滑筋が内臓系に属する。発生の始めは単細胞の原生動物が1つでこれらすべての生命活動の機能を担当したものが、多細胞生物に発展した段階で体壁系と内臓系に分化したのである。

体壁系と腸管系とを生命の本質から見ると、腸は自律的に蠕動運動をする神経システム(ニューロン)を持ち、消化液を分泌する神経機能を持つ分泌細胞のパラニューロンを持つ。つまりリモデリングに必須の栄養分の取り込み、個体内移動・消化・分泌・吸収・排出の1通りのシステムのすべてを持つのが腸である。これに対して体壁系はすべて腸管から吸収された栄養と酸素をただ消費してエネルギーの渦を廻して身体を筋肉により動かす脈管循環系と横紋筋骨格系と代謝産物排出の脈管の腎臓系より成る。つまり生命を構成する2つのうち体壁系は見かけは生命を代表することくに立派だが、腸にすべてを依存している。体壁上皮のすべてのニューロンと腸上皮のニューロンの一部の集まったものが脳・脊髄(中枢)神経系である。体壁上皮と口腸上皮(口腔・咽喉の上皮)の複合したパラニューロンが脳神経の五感の眼・耳・鼻・舌・触覚となる。従って顔面頭蓋の五感の器官はすべて咀嚼器官に付属する装置である。一方、腸のニューロンは腸自体の機能である蠕動運動等を自律し、パラニューロンが腺の分泌をつかさどる(▶図01)。

腸の出口と入口は外胚葉上皮・内胚葉上皮が接するがこの両者のニューロンが集まって脳を形づくから、脳には口側の脳と肛側の脳があり、それぞれ摂食・呼吸・消化と泌尿・生殖系・食物残渣の排出をつかさどる(▶図02)。原始型では脊髄神経系が体壁運動系をつかさどる。口腸から喉元を過ぎて肛腸の間の真の暗闇の腸がいわゆる「はら」である。ここで

图02——副交感神经の
みから成る原始部が上
差すると動きが複雑し
て代償が100倍に増ね
上がり、交感神経が血
管とともに生えてくる
(三木成夫改変)
右：副交感神経と交感
神経 (三木成夫、
Larsell原図)



は腸自体が持つ腸専用のパラニューロンとニューロンで消化液の分泌・消化吸収・蠕動運動等を自律的に行うが、もとより脊髄とも連絡がある。身体の体壁系は、腸の担体(vehicule)として発展してきたのである。生命は利己的遺伝子のvehiculeではなくて腸のvehiculeである。

「心臓」と「精神」の発生学では筋肉のリズムが深く関与する。「心臓と蠕動」の発生には内臓筋系の顔と鰓腸由来の心臓の進化が本質的に重要で、「精神・思考」の発生には対壁系神経に支配される顔と動く舌の進化が重要である。動きの乏しいサメの舌も心臓も顔面咀嚼筋(サメではネコザメのみにある内臓筋系の筋肉群)とともに鰓腸の平滑筋に由来する。哺乳動物の舌筋や表情筋を組織培養すると、暫くの間心臓と全く同様にチッチットと動くのである。鰓腸の呼吸運動は元来が波の運動を動物が習得したものであるから、心臓も肺も顔面口腔の咀嚼運動も大元は波の運動に帰せられる。哺乳動物における顔面咀嚼・表情筋の発生と発声に関与する動く舌の成立と、心臓の進化とは脊椎動物の第2革命の上陸劇で特異な変化はない。

筆者は人工骨髄を開発し骨髄造血発生の謎を解明し、重力進化化学を樹立した。これにより実験進化手法を開発し、トチザメとネコザメの陸上げ実験を行った結果前者が上陸後に両生類・爬虫類・鳥類に分化し、後

図008—ネコザメの舌と心臓
動きの乏しい舌の鰓腸筋系の面心腔内に心臓がある



者が哺乳類型爬虫類を経て哺乳類に進化することを究明した。後者のみ肺が面心腔内に発生し面心腔の尾側底が横隔膜とならるのである(▶図003)。これはラットの個体発生でも確認される。ラットの発生アトラスの9.2日目を見ると、発生途中の心臓のど真中に肺芽が伸びてゆくさまが観察される。

横隔膜のリズム運動は鰓の呼吸リズムを引き継いだものである。哺乳動物のみが胸郭に心臓と肺と食道しかもたない。心臓が鰓に由来する1つのニューロンで心も肺もともに呼吸のリズム運動をする。この心臓の呼吸リズムに心臓が宿るのである。そして本能に結びついた情念の自我が腸管の栄養の消化・吸収とその産物の排泄の蠕動のリズム運動に宿るのである。心臓と自我がともに呼吸筋に由来する顔の咀嚼リズムの動きに表われるのであるから、呼吸と食事の作法がいかに心臓と自我を示す重要なものであるかが窺われる。

仏教で言う五欲(財・色・食・睡)は、心臓の源である腸管内臓系(内臓平滑筋・内臓系ニューロン・内臓系パラニューロン)にそなわった本性としての欲望であり、心臓のこともである。顔に心臓がよく表われるのは、顔が内臓系に支配される鰓腸の内臓筋に由来するからである。顔はまた外胚葉上皮由来の体壁(運動・精神の源)にも支配されているから、そのヒトの精神性をもよく表わす。鰓腸は正確には外胚葉と内胚葉の融合した器官である。従って外胚葉系の脳と腸管内臓系の心臓の融合を表明する器官なのである。ヒトでは心臓と精神性を合わせた顔の機能状態の複合したものを人格という。五欲は生命維持に不可欠であるが円満なバランスが必要である。五欲のバランスを五角形で表わして、円に近いからずいぶんむと、顔にそのゆがみが何らかのカタチで表われる。

ここで実際にアメリカで心臓移植の際に起こった実例を示す。アメリカでは、心臓の同時移植が今日一般的になってきているが、心臓のみの移植では起こらなかったことが起こるようになってきたのである。移植されたヒトの色や食べ物に対する好みは全く変わってしまったのである。あまりの

心臓のリズムと蠕動のリズム

変わり様に驚いて悩んだすえに、移植センターに問い合わせたところ、通常は禁じられているドナーを教えてもらうことができた。調査したところ心肺のドナーの好みに移植を受けたヒトがすっかり変わってしまったという。肺は腸管内臓系に由来する肝臓と同等ほどに大きな鯉腸由来の臓器である。光は電磁波であるが、生命体は質量のないエネルギーもある物質の栄養とともに同等に腸管(口腸)と体壁系の複合したニューロン(脳)に属するパラニューロンの眼から吸収するということである。眼が口腸に付属する器官であり、眼を通して腸の好む色を感じるということである。

腸管を持つ物質吸収の傾向性(好み)が個々人の独自性、すなわち個性でありアイデンティティということである。個体のアイデンティティは心の源である腸管に存在する。脳を移植しても、アイデンティティは変わらない。脳の神経細胞はトランジスタのごとき回路にすぎないからである。今日、自己・非自己の免疫学ではHLAがアイデンティティを見分けるものとされているが、HLAが不適合なら拒絶されるのみであり、やはりアイデンティティは変わらない。個体のアイデンティティは、従って組織適合抗原MHCが決めているのではないのである。これはただ組織免疫性のみの問題で、白血球の消化力(細胞膜のHLAの機能)を示しているだけなのである。

ところが心臓の移植で変わってしまうということは、このころの座は本当に心臓と肺の結合したものにあったのである。これはもともと鯉のシテムであるから、鯉の旁の思おもという字が示すように田(圃)を輪切りにした時の脳(を示す)に鯉腸の間葉系脈管由来の心臓が付いたもので、ここに体壁神経系の精神とところが宿るということである。心臓の移植でハラのうちの五欲も変わってしまうから大変なことになるのである。ドナーが腹ぐるくても色欲がこうじていても移植されたレシピエントはヒトが変わってしまうから困ったものである。ヒトに対する好みが大きく変われば、夫婦生活は破綻してしまう。しかし心臓の移植だけなら魂が入れ変わるほ

どこころが変化することはないのである。

2▶神経系の始まりと精神の発生

● 1——腸の神経と体の神経

神経細胞は外胚葉上皮の皮膚と内胚葉の腸管上皮に発生し、前者は体壁系神経細胞となり集まって背側に神経管を形成する。後者が腸管神経細胞になり、腸管上皮下に入りAuerbachおよびMeissner神経叢となり、体壁系の神経管の支配を受けてenteric nervous system (腸管内臓神経系)をつくる。神経管を中枢神経という。内胚葉上皮系は「栄養—生殖」を営む内臓運動系を、外胚葉上皮系は感覚—運動を司る動物性器官をつくり、両者をむすびつけているのが中胚葉の循環・運動筋肉系である。筋肉は平滑筋・横紋筋を問わずすべて神経細胞の支配下にある。

腸管の入口と出口は、内・外胚葉上皮が接して癒合する部であるから、栄養(食物と酸素)の取り込みと泌尿・生殖物質と老廃・残渣の排泄運動は内臓系と体壁系が共同で行い、従って神経系も、体壁系の中枢神経が神経節を介して口腔・鯉腸系と泌尿・生殖・排出系を大きく支配する。これがいわゆる脳であるから、すでに述べたが脳には口側脳と肛側脳の2つがある。2つの脳を結び、さらに尾側に伸びる体壁神経管が脊髄である。内・外胚葉上皮から物理化学刺激に反応する神経細胞ニューロンが分化するとともに、刺激を感じて種々の物質を分泌するパラニューロンが分化する。上皮細胞をうらちする中胚葉の間葉細胞から動物の特徴である動くこと、つまり筋肉システムの体壁運動システムと脈管循環系と、その老廃排出系の汗と泌尿系が発生する。生殖細胞は血液栄養細胞の核が減数分裂した特殊な細胞である。腎臓も生殖巣も原始脊索動物のナメクジウオでは鯉に存在した造血器である。ヒトの腎臓にエリスロポエチンが存在するのは、最初のシステムが今もって引きつがれている証拠で

個体のアイデンティティは脳にあり

ある。栄養(造血)・生殖系の腸管から道血系と生殖系の一部が、脊椎動物の第2革命の上陸劇をさかいに、それぞれ骨格系と泌尿系に移る。この時に鯉の呼吸系、脈管循環系、筋肉・神経系が革命の変革をとげて、肺呼吸と錐体路系・交感神経系が発生し、脳や内臓のすべての臓器と器官に体節性の栄養脈管系が発生する(▶図04)。交感神経系・錐体路系の成立で、急激な大脳化が起こりここにはじめて精神と思考という大脳の機能が発生するのである。

●——交感神経の発生と大脳化現象

原始脊椎動物の基本体制は、口・鯉の腸の膈、消化の腸のハラ、排出の泌尿・生殖の腸の3つで、自律神経系は副交感神経のみであり、これを覆う体壁筋肉系の脳神経は錐体外路系だけである。哺乳動物に至り、大脳が急速に大きくなるが、これは体壁運動系の筋肉の発達にともなう大脳運動野の錐体路系の発生による。温血動物と交感神経系の発生、大脳の急激な発達と思考能力の誕生は期を一にしており、すべて体壁筋肉系の発達が主導となっている。

これは脊椎動物の第2革命の上陸を契機としている。この機をさかいとして脳や心臓をはじめとしてあらゆる器官や臓器に交感神経が血管とともに伸びてきて入り込むのである。それまでは鯉とヒレの動きに従って機械的・自動的に働いていた脳と心臓が喜びや悲しみに反応するようになる。こころが歡喜すると心臓が高鳴り、恐怖でおののくと青ざめて失神するようになるのである。

3▶ ころと精神

従来の学問では「ころ」と「感情」、「精神・思考」、「氣」と「魂」、「靈」との間に洋の東西を問わず混同があり、何が何だかさっぱりわからなくな

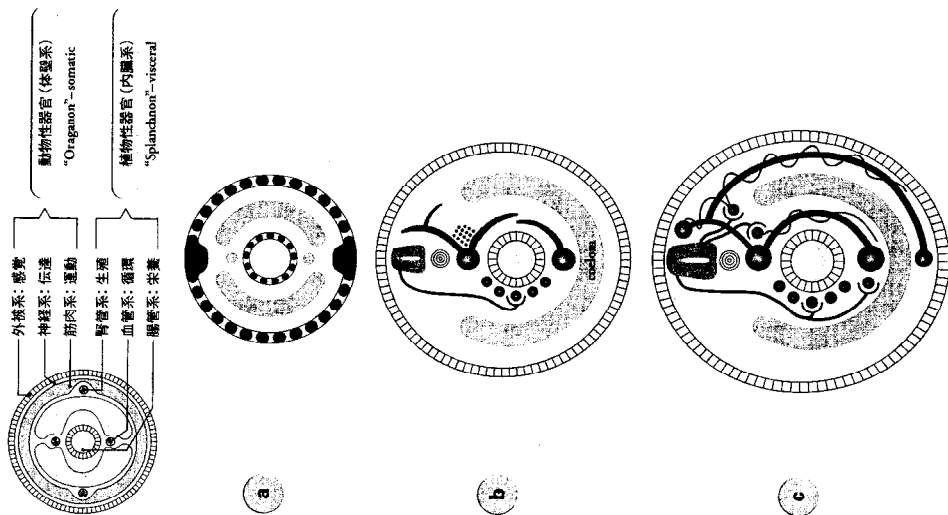


図04——植物神経系の形成—腸管の神経と血管の神経 (Bolet, 三木成五郎図)

っていた。フロイト以来、「精神分裂病」と「うつ病」と「神経衰弱」が「こころ」や「精神」や「気」の病としてごちゃまぜに扱われ「気」が違ったり頭が狂ったものと解され、何がどうなっているのかが医学的にも混乱していたのである。これはこころと気と精神・思考の系統発生が混乱していたのである。体壁筋肉系で成り立ち体壁脳の「精神」も、もとより腸管平滑筋の発する五欲に根ざした「内臓の有り様」を身体で表明する内臓脳(大脳辺縁系-哺乳類では大脳の辺縁に押しやられているが、爬虫類以下では大脳と真ん中にある)の「こころ」の絶大な影響を受けることは論ずるまでもない。洋の東西を問わず、「こころ」は心臓に代表される内臓にあるとされていたが、これはヒトが内外の出来事をひとつひとつこころ(心臓や腸)で感ずるようになり神経系が発達してきたからである。感動とは「こころ」が動くことである。心臓が高鳴ることであり、はらわたがあたりかたかたかくなって喜ぶことである。「感動」のはじまりは何かと言えば、腸管と体壁系の複合器官の内臓頭蓋のパラニューロン(眼と鼻と舌と触覚)を介して食物と生殖の場を感知して、体壁筋肉系を駆動させることにその源がある。

上陸する前の原始脊椎動物には交感神経もなく、大脳の錐体路系運動神経もない。従って脳にも心臓にもこれらをやしなう血管がない。冷血動物は身体、すなわち理性によって感ずることができないのである。身体で感じこころ(内臓感動)が湧いてくるのが感情である。Sympathetic nervous systemがないからsympathy(感念)できないのである。

逆にこころ(内臓感動)に直接大きく作用して身体症状を生ずるのを情動という。情とはこころのことであり、内臓感動のことである。内臓感覚で最も究極のものが性欲(生殖の欲)である。それで情事とか情死とかという言葉の情・こころは性欲を指すのである。脊椎動物ではないが昆虫ももとより冷血動物である。

基角の有名な俳句に

蠅蠅の尋常に死ぬ枯れ野かな

というのがある。精神・思考のない動物が数千万年前から決まったように生殖行動の後に雌が雄を食うが、これを見た基角はこれが尋常(普通な死にか)であることを大脳辺縁系思考で体得したのである。

一寸の虫にも五分の魂がある。腸管を持つものはすべて心を持っていて、ただ精神思考のシステムが極めて貧弱なのが冷血動物である。「冷血漢」は神経系の系統発生にのっとって来たことばだったのである。

デカルトのころから西洋では、心や霊は脳に宿ると考えられるようになってきた。これに対して、わが国では心や魂は琴の下のうろや空洞に宿ると考えられ、身体では心臓や腹や子宮にあると信じられている。体壁の筋肉骨格系に宿るのが「精神」で、腸管内臓系に宿るのが「心」であり、この両者が融合したものが魂である。これがからだ(内臓と体壁)に宿った状態が「いのち」である。体壁系と内臓系、すなわち脳と腸の活動が止まって魂が去った身体を「なきがら」という。キリスト教の世界では、心臓の活動の停止した段階がすなわちなきがらということになっている。心臓は鯉腺に由来し、原始脊椎動物では舌の根本に存在する。心臓が動いているということは鯉で呼吸していることに相当する。鯉は体壁脳と腸管のありようを示す器官である。鯉腺が動いているのに死んだことには、それは、「生命とは何か?」を深く考えないヒトの浅知恵によるものである。

4▶ 顔面鰓弓筋(内臓平滑筋)の錐体路系支配の発生

われわれの顔は生命を代表する複合器官であり、その源は鰓のある口の袋から成る原索類ホヤである。哺乳動物は、口腔・咽喉部が骨盤域まで間伸びした多体節動物である。口は内臓筋の鰓腸に由来する咀嚼筋が外骨格を覆い、顔も鰓腸筋由来の顔面表筋で覆われている。口の口心に

腔に移動するのも、アバタイトが血管を誘導する性質を持っているからである。第3革命で起こる釘植歯の成立と胎盤の成立も、ともにアバタイトの血管誘導の性質による。

●——口と生殖系

生命とは、リモデリングに共働したエネルギーの渦がゆっくりと回転することである。一般の物質が、リモデリングがなくてエネルギーの渦が回転して時の作用を受ける。これをaging老化という。生命はagingをリモデリングで克服していることになる。個体全体のagingを克服して新規再生するのが遺伝現象であり、脊椎動物は生殖を介する。

生命現象は宇宙の最も高次の反応系であり、厳密に質量を有する物質の水溶性の固相・液相・気相からなり、半透膜で覆われたコロイドで、エネルギーに対しても質量のある物質に対しても完全に開放系の存在である。水溶性ということは、生命現象は厳密に電解質の解離で起こる電気現象なのである。従って生命体は水溶液内で起こる単なる電気反応系であり、他の宇宙現象の反応系と同様に目的がない。全く無目的に生きるのが生命体なのである。

生命の本質がエネルギーの渦の回転とともに起こるリモデリングにあるわけだから、これらを支える腸管の機能つまり呼吸と食べることが生命体にとって最も重要ということになる。従って呼吸と食物の入口である鼻と口が生命にとって本質的器官ということである。現に息の音が止まれば、命はおしまいだし、何も食べられなくなれば命はおしまいである。そして食べた物は消化吸収されてやがて血となり肉となりとなるが、時期が来ると血液細胞の一種の生殖細胞となる。

生命とは個体のリモデリングによるagingの克服のシステムであるから、生殖こそが生命にとって最も大切なのである。つまり口腔の機能は生命にとって最も重要な生殖と直接結びついていることになるのである。カン

存在する舌は、原始型の軟骨魚類では鰓弓筋と鰓弓軟骨の集合体であり、その基部に心臓が位置している。ほとんど動かないサメの舌は第2革命の上陸劇を機に高等動物では、錐体路系と交感神経の支配により極めて微妙な動きをするようになるのである。ことにヒトでは舌が最も表現することのむずかしいところの有り様や考え、思想や精神を語ることばの構音の中心器官となる。

第2革命の上陸で交感神経が発生し▶図02、03]錐体路系が誕生して第3革命の哺乳類の誕生で精神神経活動が発生すると、その究極においてヒトは話をすることになるのである。ヒトのヒトとしての最大の特徴がことばであり舌と口腔の使い方の工夫による。これで脳が飛躍的に発達する。舌は原始型ではわずかにしか動かなかつたのに、交感神経の発生とともに鰓弓筋の脳神経の第12番の舌下神経によって動くようになる。顔面には内臓平滑筋の鰓弓筋が横紋筋になっているのであるから、当然これらの筋肉が錐体外路系と錐体路系の2重支配となる。

5▶生命の源・口と身体経機能の関連性

キュビエの比較解剖学の「器官の相関の原理」と「分泌の原理」を待つまでもなく、脊椎動物の個体を構成するすべての器官とその機能は互いに切っても切れない関係にある。もともと1つの細胞がすべてを行っていたものが、原素類の口の嚢ですべてを行う多細胞単体節の生命体となり、これが多体節動物に変容しただけであるから当然といえば当然である。口と他の器官の関連は、①口と生殖系、②口と脳、③口と心臓、④口と情動のハラハの腸管内臓系、⑤口と体壁筋肉系の精神、の5点を研究すればよい。

図03に示すように上陸では血管の新生にもなつて自律神経のうち交感神経が血管運動神経として脊髄から体節に従って伸び始める。血管は硬骨のアバタイトに沿って新生する。軟骨のアバタイト化で造血巣が骨髄

図06—眼が眼神経の一部分であることを示す神経支配の図(蘇田 恒太郎改変)

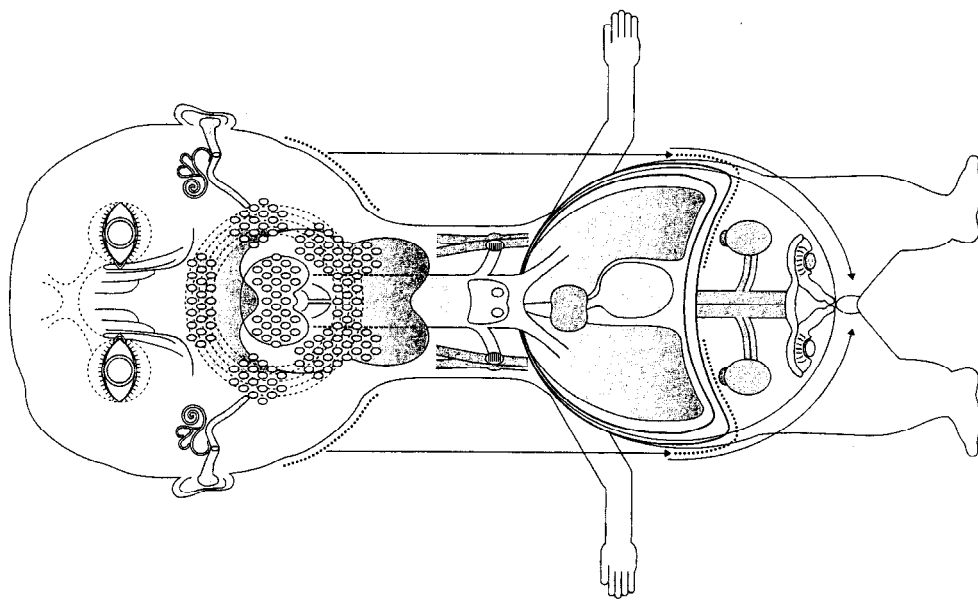
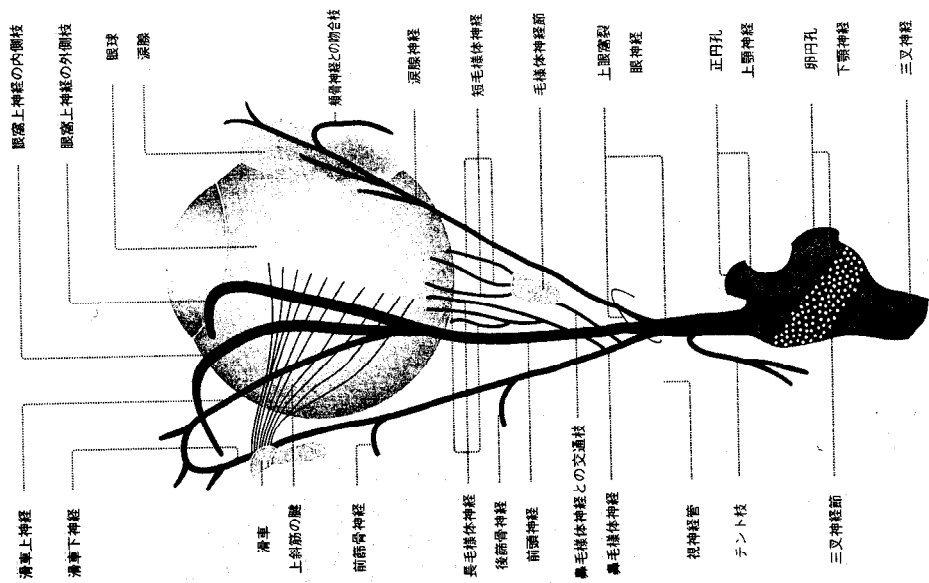


図05—哺乳動物は脳器とその関連器官が脊髄まで伸びたもの(西原原図)
原始非哺乳動物では脊も生神経も脳器に存在していた



眼神経の分布

経である。

迷走神経の分布する腹腔までが嗅腸であるから、ヒトは原始の体制の口と咽喉が骨盤域まで伸びた動物なのである▶図05。

眼と鼻は三叉神経の終末の1枝2枝の間に存在し、第1枝から鼻毛球神経が眼球と鼻腔に入る▶図06。鼻と眼の皮筋肉は顔面神経に支配されていることと、眼球を動かす運動神経3、

4、6の脳神経が三叉神経をささんで位置していることから、眼と鼻が三叉神経を支える体壁の知覚器とそれを動かすシステムであることがわかる。つまり、眼も鼻も咀嚼器官に附属するパ

ラニエローンなのである。

次に口と耳の関係をみると、第1鯉孔が外耳道となり、耳小骨が顎のメ

ッケル軟骨に由来し、聴器・平衡器の知覚の内耳神経が三叉と顔面神経の間に位置するところから、これも鯉腸に所属するシステムであることが

わかる。

最後に12番目の舌下神経が鯉腸由来の舌を支える内臓運動系の神経である。1番目の嗅覚は、水中では味覚に近似しており従って食べるシステム

の口の口の一部であることは言うまでもない。嗅覚は系統発生的に最も古い脳神経であり、12対のうち唯一左右の脳から出て交叉しない。腸管捕

食とともに始まる鯉呼吸(鯉呼吸)が成立するホヤのステージつまり進化の革命の揺籃期に脳の一部の最先端が食物の入り口にとどまって残る。

嗅覚神経は脳脊髄において内臓系と体壁系のすべての器官と神経性に連

繋を持ち、ホルモン分泌と筋肉の動きを制御する。脊椎動物の源において、感動のはじまりはほとんど嗅覚がすべてなのである。感動の源は腸

管(腸)が食物と生殖の場を求めて口と鯉を移動させるべく体壁筋を動かすことだからである。口と鯉の腸に呼吸・栄養の吸収と余った栄養の造

血と生殖のたまり(いっか=器)が存在し、生命個体を腸管の求めに従ってパ

イロットするのが嗅覚である。嗅覚によって動く筋肉は、すべて古い脳脊髄神経であるから、副交感神経系と錐体外路系である。

ブリア紀に発生した生きた化石、ラムベトラ(ヤツメウナギ)は岩にすいついてついで並んで生殖をとげると間もなく全身の細胞に急激な老化がお

こりアポトーシスによって死への遺伝子の引き金が引かれる。古代ヤツ

メの誕生後、5億年になんんとする脊椎動物の力学対応の進化のど真ん中を駆けぬけた人類も、今日の生殖行為では強力に口唇を吸引し合う。

また、生殖がこじれると何も死ななくてもよいのに情死を選ぶのも、5億年前の古代ヤツメの生命の基本プログラムが作動するためかもしれない。生命の本質はリモテリングの行動つまり生殖行為にあるから、生の

本質をはたした後に世間のしがらみがかじれるとヒトは死を選ぶのかも

しれない。

霊長類では生殖の引き金が働鼻器のヤコブソン器から視覚に移っている。今日、ヒトではボルノグラフイが世界中で制御を失っているが、これも

季節や年齢のリズムと同調させないと、今のままでは精神・思考の荒廃につながり、人類の将来を不安なものにしている。ヒトの認知で早急に

正しい系統発生に根ざした生殖リズムの回復が望まれる。

自我の中心がハラにあり、生殖の中心もまたハラにある。身体的な自我の拡大再生産が生殖である。一方、芸術や医療、研究活動や経済活動における創造性をもなう自己実現は自己の精神的な拡大再生産である。従ってこれは、極めて生殖に近似したものである。

●——口とあたま:内臓と頭蓋と脳神経の関係

口腔と脳神経12対との関係について各神経を古い順に並べて脳内の神経核について観察してみよう。①嗅、②視、③動眼、④滑車、⑤三叉、⑥

外転、⑦顔面、⑧内耳、⑨舌咽、⑩迷走、⑪副、⑫舌下神経の12本の脳

神経を動物の基本体制の内臓系と体壁系に分けると大略3つに分けられる。①鼻と②眼と③舌の3つが体壁の知覚神経で、眼を動かす④動眼と④滑車と⑥外転と⑧舌下の4つが体壁運動神経である。残りの⑤三叉、⑦顔

面、⑨舌咽、⑩迷走、⑪副神経の5つが運動と知覚のまざった内臓鯉弓

つ]、「志を胸に抱く」というように喜びを表わし、「胸がはりさける」とか「胸が押しつぶされる」、「心が痛む」、「胸がかさむしられる」、「胸苦しい」、「胸騒ぎ」というように悲しみや苦しみを表わす。ハラの腸と心臓のうずきには、喜怒哀楽の対象が異なることが明らかである。ここでは、心臓で代表される胸の腸管内臓系に宿る。

今日ところが脳が存在すると考えている学者が多いが、洋の東西を問わずこころは心臓や腹にあるとされてきた。キリスト教世界では、外から心臓にこころが靈魂として入ってくるというベインフィールドでさえもサイエンスを放棄してしまつた。古代人は大脳辺縁系(内臓脳)思考で漢字を作つたりことばやことわざを作っている。そこには、ヒトの浅知恵つまり浅薄な大脳皮質の思考をはるかに超える真実が存在することが多い。サイエンスのの名のもとにこれらの先哲の知恵をないがしろにしてはならない。

腸と口の関係は、系統発生でも単純ではない。脊椎動物は、原素類の原始口が肛門となり新しい口が原始腸の後方に開くから後口動物と呼ばれる。初期の後口動物は、外界に開いた脳が頭側にあり、それにつづく外胚葉のチューブが尾側に伸びる。その腹側に1本の脊索が脳と原腸の接部から後方に尾側へ伸びる。脊索をはさんで外胚葉の脳脊髄チューブと内胚葉の腸管チューブが対称に存在し、脳の外胚葉チューブが次第に閉鎖するのに対し、閉鎖している内胚葉チューブの腸の後端が破れて口ができる。脳と口腸のつながりが脳下垂体となる。口は内臓はらわたの入り口であり、口と舌で体壁脳の機能である精神と思考を語る一方で、内臓頭蓋として咀嚼を行い、鼻からの呼吸で身体を神経性・ホルモン性に活性化する。口腸の咀嚼運動は体壁筋と内臓筋の協同で動く蠕動運動の変形したものであり、肛腸の生殖の射精、月経、出産の動きもホヤの呼吸運動に似ている腸の蠕動運動である。

さつまきつ花橘の香をかげば 昔の人のそでの香ぞする
 椎の花 ひとつもすさめぬにおいかな 蕪村
 旅人の ころにも似よ 椎の花 芭蕉

花の香がすぐに生殖系の感覚にむすびつくのは、嗅覚が呼吸・摂食・生殖という脊椎動物の生命の基本を制御する筋肉・神経系の錐体外路系に直結するためである。アロマテラピーが有効なのも、副交感神経刺激によりホルモン分泌を介して白血球の消化力を増減させるからである。これらの感覚器官は相互に嗅弓神経が複雑にからみ合つてできているから、口がウイルスや細菌の感染を受けるとしばしば眼がやられる。ペーチェット病やシェーグレン症は、神経性に器官の相関で起るウイルス感染と考えられる。脳神経のうち⑤三叉、⑦顔面、⑨舌咽、⑩迷走、⑫舌下は、神経核の位置から考えると鯉腸の感覚器としての能力と運動神経の能力をそなえている。従来、舌は頸直筋の伸び出したものとされていたが、鯉の解剖で舌が鯉腸筋の集まったものであることが明らかとなった。

●——口とところの心肺系

脊椎動物の生命は個体発生も系統発生も同じでともに、腸にはじまる。腸が生命の源であるから、腸が生きているかぎり生命の死はあり得ない。外皮と腸からパラニューロンとニューロンが分岐し、これが口肛の周囲に発達し口側の脳と肛側の脳になる。2つの副交感神経の中心の1つが呼吸・消化・造血の腸の脳となり、もう一方が余った血液＝生殖物質と血液の老廃浸透液の泌尿と食物消化の残渣のたまりを制御する肛側の脳となる。

心臓は鯉腸の鯉腺に由来するから、心肺が胸の腸である。ここに、ころが宿るのである。内臓のときめきやうずきを表わす心臓では「胸が高鳴る」とか「胸がうきうきする」とか「胸がわくわくする」、「ころが浮き立

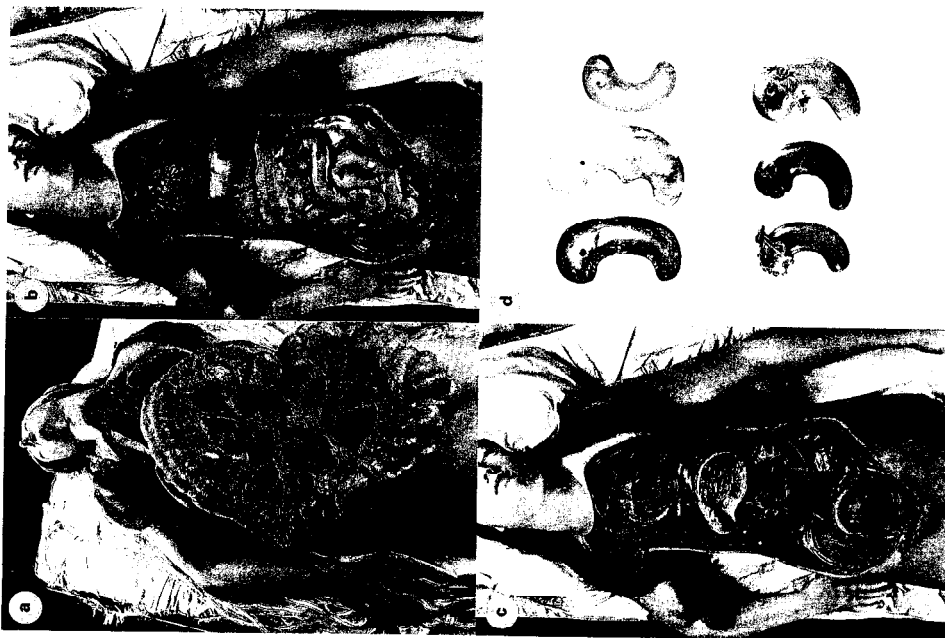


図07— a-c: 1760年ごろよりゴッホ・ニヤでのみ行われていた人体解剖に基づいて作成されたろう
 裂模型
 d: 腸のある勾玉や腸のある勾玉(丁字頭勾玉)、頭(Caput)に金の類のある勾玉はHaeckelの生命反
 後学説(Recapitulation Theory)を彷彿とさせる

④—口とハラの腸管内臓系

芭蕉の句に

おもしろうて、やがて悲しき鵜舟かな

というのがあるが、これは鵜の尋常な生命活動のアユを嚥下する運動を首をしばって堰き止めて、面白がる残酷さをふと我に戻ったヒトが恥じている句である。

喉元を過ぎれば真つ暗闇の腸が始まる。腹の内は温熱刺激も劇薬的作用も感じられない。真つ暗闇の腸、つまりハラの腸に自我が宿るのである。どんなに愛し合っている、互いに極端に空腹だと愛でるところを満たすことができな。口から入る質量のある水溶性の栄養物が十分に消化され余った栄養の生殖物質が十分に満ちていないと、自我の欲を満たすこととはできないのが脊椎動物なのである。脳は腸からはじまるにすぎないから、腸には従属的である。従って腸の要求をなんとか実現するようにしか脳は機能しない。財産争いも色情も名誉欲も理性、すなわち脳の体壁筋肉システムの計算と精神・思考で制御できないのは、腸管内臓に宿る五欲というのは系統発生5億年の自我の生命記憶を引きずっている欲求だからである。

日本にはハラサキ(切腹)という自殺の手法がある。新渡戸稲造は「武士道：日本の心」[Bushido: The Soul of Japan (1899年)]で「ころや魂が腹部に宿ることを旧約聖書を引用して述べて、武士道における切腹の正当性を示している。彼は自殺を御法度とするクリスチャンであるが、切腹による武人の身の処し方を最高度の精神性をともなう自制が必要とする誇り高い作法として賞賛しているのである。切腹は誇り高い武人が自己実現に失敗した時の身の処し方の作法に源を発する。腸管内臓系の腹に自己の本態の自我があり、すべての欲が生命の根源の腸から発することを知っていたからである(図07a, b)。

ハルナ

ハラの腸のありようは内臓脳に情報がかかるが情念(こころ)として意識のレベルにまで上ってこない。ハラの腸は真つ暗闇なのである。大和言葉は大脳辺縁系の内臓脳で作られていたと思われほど真実をついているものが多い。いのちとハラの関係も大和言葉ほど系統発生の学的に真実をついた言葉は他にないと思われる。わが国では古来からハラに魂とこころが宿り、自我の源がハラにあると信じられてきた。生命が宿ることを「孕む」というように、はらの動詞まである。

わが国では古来から、すべての動物の胎児が同じ形をしていることから、腹に宿る胎児を生命の魂の象徴として高祖皇宗のおまもり(古玉)としているのである(▶ 図07oj)。

実現可能な望みが挫折した時には、内臓、なかんずく腸と心臓が疼く。これは五欲の源がハラ(腸)にあるからである。わが国の武將が、自己実現に失敗したと悟った時に腹を切るのは、切らないとおさまらないほどに五臓六腑が煮えくり返るからである。ことに怒りがおさまらない時には、腹を切っても介錯をさせないののである。腸までさばいばいても8時間くらい生きているが、その断腸の苦しみの中で怒りがおさまるのである。悔しいと「腸が煮えくり返り」、やられれば「腹の虫が治まらない」のである。「はら」の言葉は他に、「腹が立つ」、「腹いせ」、「腹を刺って話す」、「腹黒い」、「腹で動かす」、「腹を探る」、「腹芸」、「はらはらする」などがある。はらはらこころや本心、意志を表わす言葉ではあるものの、良い意味では使われないものが多い。これは情念を伴う自我と深くかかわる事柄に関するものだからであろう。

はらはら自我(自分自身の存在)と情念にまつわるものであり、自己実現は精神的な自我の拡大再生産である。自己の身体の拡大再生産が生産であり、これが腹にやどる。生殖は腹でするものであり、自己実現の源の自我もまた腹にある。

顔と口は、鯉腸のなれのはでの鯉呼吸内臓筋に交感神経と錐体路系の神経支配が重層したものである。表情はよく内臓の機能のこころと体壁の

口とよく噛み砕く消化がなすの事本

機能の精神を表わす。眼は咀嚼器の一部であるから眼もよくこころと精神の両方を表現する。ことばもこころと精神をリズムにのせて表現する。哺乳動物では口は摂食・咀嚼にのみ使うようにしかプログラムされていないから、あまりに多くを語り口で呼吸すると、第2鯉腸由来のワルダイエル扁桃リンパ輪がやられる。哺乳動物でこの扁桃リンパ輪が著しく発達しているのはヒトのみである。犬も猫もねずみも馬も牛もうさぎも、ほとんどわかないくらい小さく痕跡程度である。

ヒトが400万年前からことばを使ったために脳とワルダイエル扁桃が極端に発達したのである。この扁桃は白血球造血巣で、本来腸にのみ存在したものが、哺乳動物に至り、腸扁桃のバイエル板や盲腸、GALT (gut associated lymphoid tissue)の一部が関節頭に移動している。風邪でのどと鼻の扁桃が痛んでから次に関節が痛むのは、扁桃の白血球造血巣からウイルスや細菌をかかえた白血球が関節頭の造血巣に血行性の感染を起こすためである。ワルダイエル扁桃輪とGALTのM細胞は、白血球によって細胞性に体中に情報を伝えるシステムであることを知るべきである。この腸扁桃と関節頭の扁桃(白血球造血巣)とは自律神経系(交感・副交感)の血管運動神経で密接不可分に繋がっている。口から食べる栄養物は内臓腸管で消化吸収され血となり肉となり生殖物質と泌尿となる。

リモデリングを支える物質とエネルギーを供給するのが食物と呼吸の酸素である。口で咀嚼される食物は腸管を経て血液とそその一種の生殖細胞に変換される。腸管の造血には十分な咀嚼が必須である。従って十分なる咀嚼と正しい鼻呼吸が健康的な生殖活動の源ということになる。つまり生命の本質は食物の咀嚼を中心とした口腔と鼻腔の呼吸機能、内臓頭蓋の機能にあるということである。生殖巣とは造血器の一種であり、ナメクジウオでは鯉腸に造血器と腎・生殖巣が存在する。腎臓は筋肉で生ずる老廃物排出のシステムであり、間葉系の造血器の一種である。つまり腎・生殖巣は呼吸系の造血器の一部を構成するものが頭進により重

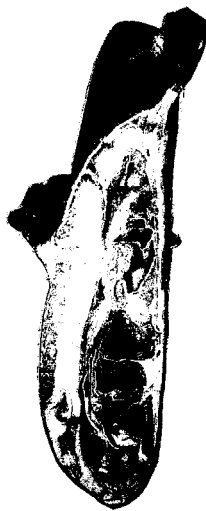


図08a(上)——ドナザイの舌

上左：切片標本 右：髭弓が集まってほとんど動かない舌が形成される。左下：髭弓筋が集まって舌が形成され、舌根部に髭線(髭弓筋の一種)に由来する心臓(矢印)が位置する

図08b(中)——ネコザメの舌と心臓と肝臓

上左：切片標本 矢状断 動かない舌の根本に心臓があり、強心腔を隔てて肝臓がある
上右：口と髭線部の拡大図 下：全身の矢状断

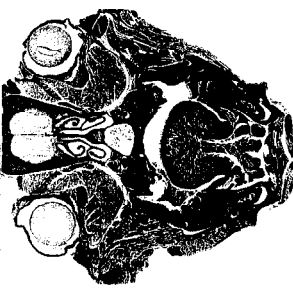
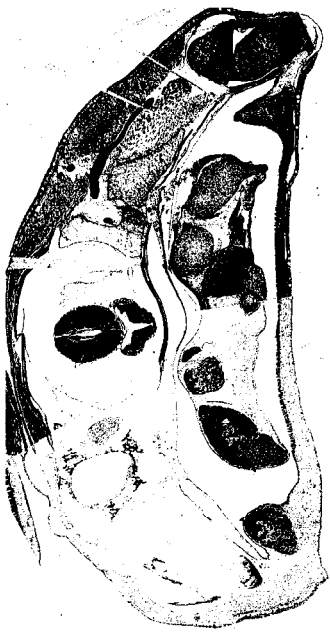


図08c(上)——メキシコサンショウウオの陸揚げ3か月の標本

外髭が縮小し消失すると髭弓が集まって癒合し舌骨となって動く舌が分離する

図08d(下)——ラットの切片標本

上：矢状断 下：横断面 舌が遊離している

力作用による慣性の法則で肛門に移動したものである。咬合が不調で鼻でなく口で呼吸すると泌尿生殖器の感染が好発するのはこのためである。女性では膀胱炎・生理不順・生理痛・子宮内腫瘍・不妊症、男性では前立腺炎や膀胱炎、精子減少症が発症する。嘔み合わせを回復し鼻呼吸を復活させればこれらの疾患も不妊も克服されるのはこの故である。

ここでは腸管内臓系にその源があり、これらの内臓筋肉と共働関係にあるのが内臓脳、すなわち大脳辺縁系と海馬と視床・視床下部で、ここに腸管のありよりよくキャッチするニューロンがある。腸管がうずくとヒト恋しく胸苦しくなるのはこのためである。口側の胃腸は空になるとうずき、肛側の腸管とそれに由来する泌尿・生殖器の管は満ち溢れるとうずくようになっていく。

6▶口と背中—内臓頭蓋と体壁筋肉系の関係と精神

●——交感神経系・錐体路系の発生と温血化と舌の発生

「背に腹は変えられない」ということばの背は体壁筋肉系のこと、腹は腸管内臓系のことである。背と腹をむすびつけるのが口という意志の力で動かすことのできる骨格を持った腸管の入り口と、骨格のない出口の

図08e—サルの舌とヒトの舌の比較

左：サルの口蓋垂は咽頭腔にすっぽりとハマりこむようになっている。咽頭蓋は前方と後方に2つある。右：ヒトでは舌が電線に絡み縮小している。咽頭と口蓋垂が速く隔たる。



肛門の2つである。哺乳動物の背筋は原始型の手サメの背筋とは全く異なる。原始脊椎動物の軟骨魚類サメの筋肉には錐体路系がなくて、自律神経系も副交感神経のみで交感神経系がない。第2革命の上陸を機に、重力作用が6倍になり生活媒体が水から水の1000分の1の重量の空気に変わり、酸素の含量が1%から21%に変わると、これらに対応して生きていくだけで、必然的に体内のあらゆる組織と器官の細胞呼吸が活性化し、血管の誘導が起るのである。筋肉というのは神経の機能器官である。知覚される(体壁系)されない(内臓系)にかかわらず求心性神経が中枢に情報を伝え、これに基づいて中枢神経核に電位が発生し速心性(運動)神経系に情報を発し筋肉を動かす。

副交感神経の口腔の2極化が完成してから、上陸で体壁筋肉運動系が飛躍的に発達すると交感神経が発生し、錐体路系の脳運動神経が発生すると呼吸と解糖系のエネルギー代謝も飛躍し、ここに温血化がはじまる。同時に徐々に意志の力で舌や手(ヒレ)や足(ヒレ)を動かすことができるようになる。原始脊椎動物の手サメは棘魚類の末裔であるが、上陸の前には舌はエラの鰓弓とその筋肉の集まったもので、すでに舌の形をしており、わずかに動く。知覚は三叉神経で、鼓索神経も舌を通るから当然舌も鰓器に属する。ドチザメでもネコザメでも矢状断で観察すると、わずかに動く舌を構成するリズムのある鰓弓筋の列の最後端に、閉心腔に囲まれた心臓がある[▶図03・08a・08b]。

思考と精神の源は、意外なことに背筋で代表される体壁筋肉系の錐体路系に存在していたのである。もとより、錐体外路系の健全な存在が精神神経活動には必須である。健全な精神は健康な身体に宿るといえるのはこのことで、精神と思考の源は体壁筋肉系にあり、この筋肉と共働関係にあるのが体壁脳すなわち大脳新皮質である。頭脳労働をすると背筋がこちこちになるのはこのためである。頭脳労働にも、呼吸と同調した筋肉のリズム運動を導入する必要がある。これには大脳辺縁系の古皮質の体

壁系の錐体外路系の健康なうらうちを必須とするのである。

顎口腔と交感神経・錐体路系の発生関係には、咀嚼の成立が必須の事象である。細胞呼吸すなわちエネルギー源の食物の咀嚼と空気呼吸システムの肺の発生がなくてはならない。舌はヒトではこのころの表明と精神を語る重要な器官であるので発生を系統的に観察する必要がある。

鯉の舌は鰓弓と鰓腸筋の集まった鰓の基部でできており、わずかに動く舌型をした盛り上がりを示す。舌根部に鰓心臓があるから、サメでは心臓が動きの悪い舌の尾側端の基部を形成している(▶図08a・b)。

両生類・爬虫類では、肺が囲心腔外の高脳に胸から骨盤域までできるから、心臓は下顎の尾側端の基部にあるが、哺乳類では囲心腔に肺が形成されるので、心臓が肺の中におさまり、囲心腔の尾側底が必然的に横隔膜となる(▶図03・08b)。横隔膜が囲心腔底に由来することは、横隔膜神経が第4頸神経の鎖骨上神経から分かれていることから自らも自らから明らかである。横隔膜神経は舌下神経とは頸神経ワナを介して連繫しており、胸膜と心臓にも知覚枝を出していることは、この神経がともとも囲心腔に分布していた運動と知覚の神経であったことをよく物語っている。

従来、舌下神経はサメになく、哺乳類にあり、脊髄が脳に取り込まれたために12番目の脳神経となつたとされてきたが、延髄における舌下神経核が迷走神経核と同レベルに存在すること、動きの少ないサメの舌筋がすべて鰓弓筋でできていること、舌筋を支配する知覚神経がすべて鰓弓筋神経であることを考えると体壁系の骨格筋であるとすれば明らかな誤りである。舌がよく動くようになるのは上陸による鰓腸筋の退縮ともなう鰓弓軟骨の縮小による。肺呼吸の習熟にもなう鰓の律動運動の消退で鰓筋と鰓弓の集合体の舌から鰓弓軟骨が退縮して一つの舌骨となると、骨格から開放された鰓腸筋から成る舌が動きだす。これは交感神経と錐体路系の発生と機を一にしているから、舌は体壁横紋筋の特性である意志によって作られるリズム運動にもなつて発達する大脳皮質運動野の神経細胞の飛躍的増加をもたらす。これも用不用の法則の用に

よる。この時点で、鰓弓筋由来の咀嚼筋・表情筋・嚙下筋・発声筋はすべて体壁系の意志で動く筋肉に変容する。

●——精神と思考の発生

上陸して筋肉運動が飛躍的に増大すると、交感神経と錐体路が発生するのであるが、そうすると体中がリズムを求めて動きだすのである。腸管内臓系の要求に従って体壁筋肉系がリズム運動をする。ヒトに至ると手の幅、足の幅でリズムが記憶され、計測がはじまる。これが数の始まりであり、思考と精神活動の始まりである。つまり腸管内臓系の要求を実現させるのが体壁系筋のリズム運動であり、これをどのように動かすか計画するのが考えることの始まりである。

思考と精神の発生がここにある。精神と思考は、われわれの体壁系筋肉システムに存在したのだ。脊椎動物は身体の動かし方をよく記憶しやすくできている。特に哺乳動物においてはこれが顕著で、これにより記憶が成立する。無意識で身体を動かせるまで覚えることを身体が覚えるといい、憶に記すつまり記憶という。憶とは快も不快もない世界のこと、反射運動の世界、つまり錐体外路系の筋肉システムで動く無意識の状態をいう。

ことを覚えるには、実際に大声で何度も繰り返し舌と声と口を使わないと覚えられない。漢字やスペルを覚えようと思つたら、書いて練習しないとだめなのはこのためである。上腕と手を構成するすべての筋肉が、手によって描き出されるリズムとカーブを総体として覚えるのである。音色と音調とリズムを筋肉のリズムと楽器の弦や鍵盤の位置や間隔に関連させられるヒトが器楽の奏者である。色調と線と空間のリズムを筋肉運動に変換するのが得意なヒトが画家になる。こうしてそれぞれに声楽家、作曲家、彫刻家、版画家、舞踊家等の芸術家が生まれる。こわれた物や身体を見て、こわれ方からこわれる原因やその法則性を掴み、それ

精神の発生は体壁筋系からである

を除いて手あてをして治すのが得意なヒトが機械修理工や医者に向いているのである。

従来、夢は睡眠中のこのころの作用と考えられていたが、これは精神と思考、つまり体壁系の作用である。犬でも猫でもヒトでも夢を見ている時には眼球を活発に動かし、手と足を躍動させていることから明らかである。フロイトは夢がこころの作用と誤解し、精神・思考活動とこころの機能を混同したために精神疾患の治療が大混乱に陥って今日に至っているのである。

精神・思考活動は、副交感神経・維体外路系のみで生きている原始型時代の鰓腸の摂食・呼吸と消化・生殖の基本体制を支える鰓腸・排出系の筋肉に体壁運動系・維体路系の機能が重層することにより、これらの筋群のリズム運動によって発生する。

鰓腸部分では、顔面表情筋・舌筋・頸筋群の協同作用で習得される「ことは」という呼吸と同調したりズム運動によって、精神・思考活動が飛躍的に発達して人類が誕生した。ことはは摂食・咀嚼という内臓頭蓋の蠕動運動で機能する筋群のリズム運動を交感神経系・維体路系の思考レベルのリズムに流用したものである。

初期の吸啜の習得に失敗した乳児は、小児科医が診察して全く異常所見がなくても話すことも考えられることもうまうまできなくなることがしばしばある。一定の早い時期に吸啜で生じる舌と頬部・喉部の一連の蠕動運動の習得に失敗すると、ことはのみならず思考能力までもが発達しなくなるのである。摂食後の食物の消化には、呼吸運動と連動したゆるやかな手と足のリズム運動による副交感神経主導の太極拳のような緩やかな運動が望まれる。

おわりに

器官の機能を知らうと思ったら、その由来をたずねればよいと言ったのは1795年に形態学(Morphologia)を創始したゲーテである。高等生命体そのものの最も高次な機能がこころと精神である。従ってこころと精神という最もつかみどころのない機能を知るには、高等生命体そのものの由来つまり発生をつぶさに解明しなければならぬ。

こころと精神がなぜつかみどころがないかと言えば、これはエネルギーだからである。内臓筋肉系と体壁筋肉系のリズム運動から生ずる生工エネルギーがこころと精神である。

20世紀には質量のないエネルギーが物質として扱われない時代であった。つまり20世紀最大のサイエンスの成果である「エネルギー保存の法則」を体得した学者がいなかったということである。

質量のある物質だけで宇宙現象から生命現象に至るすべてを説明するという考え方が唯物思想である。これは19世紀の「質量保存の法則」の時代の思想である。21世紀の初頭に至りようやくエネルギーを正當に評価できる時代がやってきたのである。

本研究は、以下に記す文部省科研費の助成による。記して感謝する。

- 1) 「人工骨髄の開発に関する研究」平成3～5年度、試験研究(B)(1)03857107。
- 2) 「骨の形態的機能適応現象のメカニズムの解明―骨の生体力学とビエン電性の統合的研究―」平成5年度、重点領域研究(1)05221132。
- 3) 「骨の形態的機能適応現象のメカニズムの解明―骨の生体力学と生体電流ならびに生体活性物質の関連性―」平成6年度、重点領域研究(1)06213102。
- 4) 「コラーゲンを複合した天然型のとドロキニウムパタイト結合体の人工骨の開発」平成6～8年度、基礎研究(B)(1)06558119。
- 5) 「関節面形態の環境因子による変形の解析と矯正訓練実施後の形態的変化の予測法の開発」平成6～8年度、一般研究(B)06455008。
- 6) 「人工骨髄の開発と実用化―ハイブリッド型免疫器官・人工骨髄形成系構築系の実用開発―」平成7～9年度、基礎研究(A)(1)07309003。
- 7) 「新しい進化化学理論の構築による酵素―骨細胞の力学対応進化化学の構築系の実験系の実験系」平成8～9年度、重点領域(1)創発システム08233102。
- 8) 「人工骨髄の開発実用化と免疫学の新概念確立に関する研究」平成9～12年度、基礎研究(A)(1)09309003。

参考文献

- ★01—Haeckel, E.: *The riddle of the universe*. Translated by J. McCabe, 1900.
- ★02—Roux, W.: *Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen*. Leipzig, 1895.
- ★03—E. シュレーディンガー「生命とは何か」(岡小天・鎌田恭次訳、岩波書店、1961)。
- ★04—M. バルテルミヌマドール「ラマルクと進化論」(横山輝雄、寺田元一訳、朝日新聞社、1993)。
- ★05—藤田恒夫「腸は考える」(新書)岩波書店、1991)。
- ★06—三木成夫「生命形態学序説」(うぶすな書院、1992)。
- ★07—三木成夫「生命形態の自然誌 第一巻 解題学論集」(うぶすな書院、1989)。
- ★08—L. B. ホールステット「脊椎動物の進化様式」(田澤本生監訳、法政大学出版局、1984)。
- ★09—西原克成、丹下 剛、松田良一ほか「実験進化学手法によるハイブリッド型人工器官の開発と新しい免疫学の概念」(人工臓器) 25(3) : 753-758, 1996。
- ★10—Nishihara, K.: Evidence of biomechanics: responding evolutionary theory by using bio-ceramics. *Bioceramics* 12: 253-256, 1999。
- ★11—三木成夫「胎児の世界」(中央公論社、東京、1983)。
- ★12—西原克成「重力応進化学」(南山堂、東京、1999)。
- ★13—西原克成「生物は重力が進化させた」(講談社ブルーバックス、東京、1997)。
- ★14—西原克成「真正生命発生原則——個体発生と系統発生の関連性」(顎咬合誌) 20(4) : 495-506, 2000。
- ★15—西原克成「重力と進化——真正用不用の法則」(日口健誌 咬み合わせの科学] 21(1) : 48-61, 2000。
- ★16—西原克成「咬み合わせと全身の関係」(日口健誌 咬み合わせの科学]、21(2) : 165-188, 2000。
- ★17—西原克成「遅いつめられた進化論」(日本教文社、2001)。

サイエンスアイのほん名物研究室

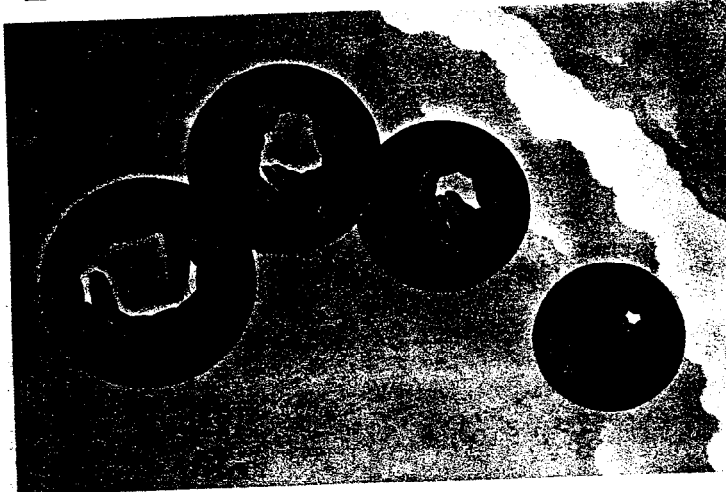
KAWADE
夢新書

NHK
サイエンスアイ

¥667
S219

サイエンスアイの ほん名物研究室

生命の謎に迫る凄腕研究者たち



科学の最先端では、いま、
どんな研究がどこまで進んでいるのか。
そして、未来はどう変わっていくのか？
脳と人体、生命進化、動物の生態などの、
生命分野においてもっとも注目される、
日本を代表する名物研究室の成果を
わかりやすくレポートする。

NHK
サイエンスアイ 編



KAWADE

進化論を塗り替える サメの進化実験

日本発病治療研究会・西原研究所 西原 寛成 にしはら かんせい

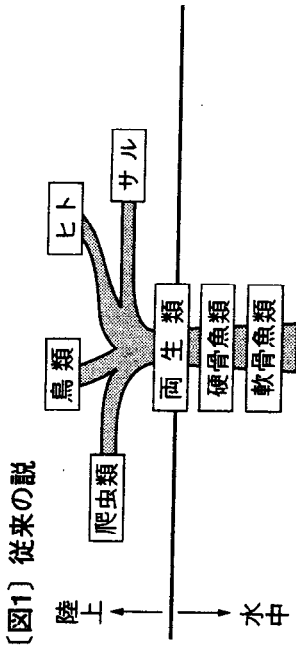
海から陸へ。約四〇億年という生命の歴史の中で、この一大イベントはおおよそ三億六〇〇〇万年前に起こったとされる。生物はどのようにして海から陸に上がったのか。この最大の謎を、三億年前からほとんど姿を変えずに生きてきたサメを使って実験したところ、従来の進化の定説とは違った結論が見えてきた。

●三億年前から同じ姿をどめるサメの秘密

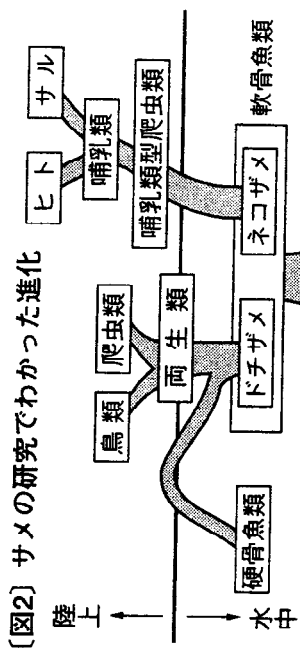
西原さんは口腔科の医師だが、歯や顔の骨の研究に携わるかたわら、脊椎動物の生物進化の問題にも取り組み、これまでサメなどを使って進化の中でもっとも劇的な生物上陸の謎を明らかにしようとしてきた。

生物の上陸は、いまから四億一七〇〇万〜三億五四〇〇万年前のデボン紀に起こったとされている。デボン紀は地球環境が大きく変化した時代で、海は遠浅になり、くり返し発生した洪水と早魃かんばつによって多くの海中生物が絶滅したといわれる。

83
進化論を塗り替える
サメの進化実験



【図1】従来の説



【図2】サメの研究でわかった進化

では、生物上陸の謎の解明にあたって、西原さんはなぜほかの魚ではなくサメを選んだのか。魚はカルシウム主体の硬い骨格をもつ硬骨魚類と、柔らかい骨格をもつ軟骨魚類の二種に大別できる。現存する魚類の中で軟骨魚類はサメとエイだけで、そのほかの魚はみな硬骨魚類に属する。一般に、生物の進化は軟骨魚類から硬骨魚類を経て両生類となり、それから陸に上がったとするのが定説だ（図1）。しかし、西原さんは、「環境の大激変で、やむなく干潟などの陸上に取り残された軟骨魚類（古代のサメなど）が、両生類と哺乳類型の爬虫類に進化したのではないか」と推測した（図2）。

魚類に限らず、現在、陸上生活を営むすべ

ての脊椎動物の骨格は、軟骨ではなく硬骨である。したがって、硬骨魚類はいつたん上陸を経験した後、ふたたび淡水中生活にもどっていったと考えるのである。西原さんが、生物上陸のメカニズムを探る手段としてサメを選んだのは、現代のサメが約三億年前からその姿をほとんど変えていないからだ。

●干潟に取り残されたサメはどうなるか

さて、西原さんの研究のよき協力者であるサメたちは、神奈川県三浦市にある水族館（油壺マリンパーク）の水槽の中で悠然と泳いでいた。西原さんは、その中の一匹を水槽から取り上げ、いきなりコンクリート上に置いた。サメにはちよつと酷だったかもしれないが、これはいわば、古代の干潟に取り残された状況の再現といつてよい。

このとき陸上では「水中に比べて六倍の重力がかかっている」と西原さんはいふ。つまり、サメの体に作用する重力は、見かけ上、水中の六分の一Gから地上の一Gへと大きく変わったのである。ほかにも、酸素が1%（海中）から21%（陸上）に増え、その酸素の溶媒も水から空気に変わるなど、サメにとっては予期せぬ環境の変化が突然襲ってきたわけである。

六倍の重力がかかると、サメはどうなるのか。まず、血液はすべて体の下部にたまり、体内を循環できなくなる。そのうえ、エラ呼吸がしにくくなるため、呼吸困難に陥る。こんなときわれわれは胸をかきむしってもがき苦しむが、同様にサメも窒息寸前の苦しさから激しくのたうち回る。その結果、血圧が上がり、血流が増え、ふたたび全身に血液が巡るようになる。西原さんが注目したのはまさにこの点だった。

「サメは、もともと水中にいるものですから血圧がものすごく低いんです。そのままだと自分の体重でつぶれ、血液などの巡りも悪くなって最後は死んでしまうわけですね。しかし、のたうち回っていると自然に血圧が上がり、ふたたび血液の巡りが得られるようになります。血圧が上がることで、数時間後にはエラによる空気呼吸が可能になることも実験で観察済みです。サメが陸上でも生き延びられたというのはそういった理由からです」

●実験で起きたサメの大変化とは

血流が増えるとサメの体内ではどんな現象が起こるのだろうか。血液のような液体と軟骨や骨とのあいだで強い摩擦が生じると、流動電位が高まる（微量の電流が発生する）ことが知られている。同じように、陸に上がったサメの場合も、「血圧が上がり、血流量が一気

に増えることで軟骨周囲に電流が発生したのではないか」と西原さんは考えた。この電流の量は一〇万分の一アンペア。つまり、一〇マイクロアンペアの電流が体内を流れたときとほぼ一致するという。

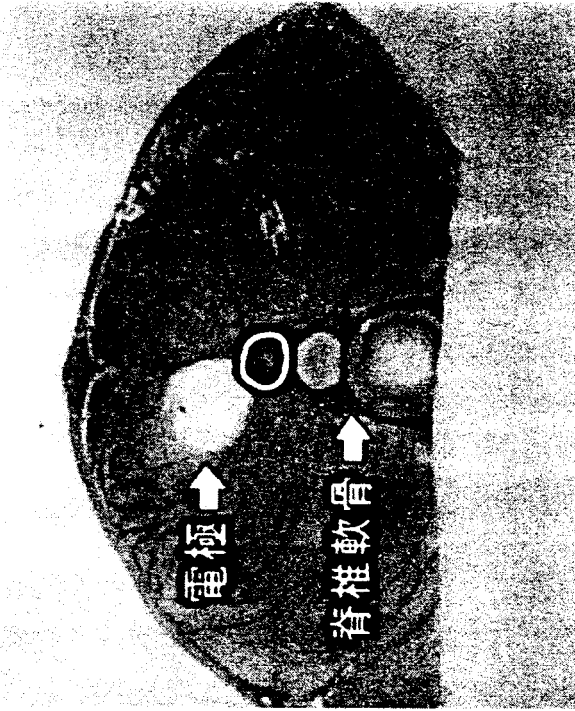
そこで西原さんは、サメの背中に金属チタンを使った電極を埋めこみ、つねに一〇マイクロアンペアの電流を流しつづけてみることにした。これでサメを水中にもどしても、陸上でのたうち回っているのと同じ状態を維持できるというわけである（ここでは実験の骨子のみ説明したが、くわしくは、西原さんの著書『生物は重力が進化させた』（講談社）に書かれている）。

はたして、電極を埋めこんだ背中はどうなっただろうか。四か月後に調べてみると、驚くべきことに、電極近くにあつた組織が別の組織に変化していた（次ページ写真）。軟骨が硬骨に変わり、新しくできた組織の周囲（脊椎軟骨の上端）に、陸上動物がもつ骨髓造血巣（血液をつくる組織）と形や位置が非常に酷似しているものも見つかった。

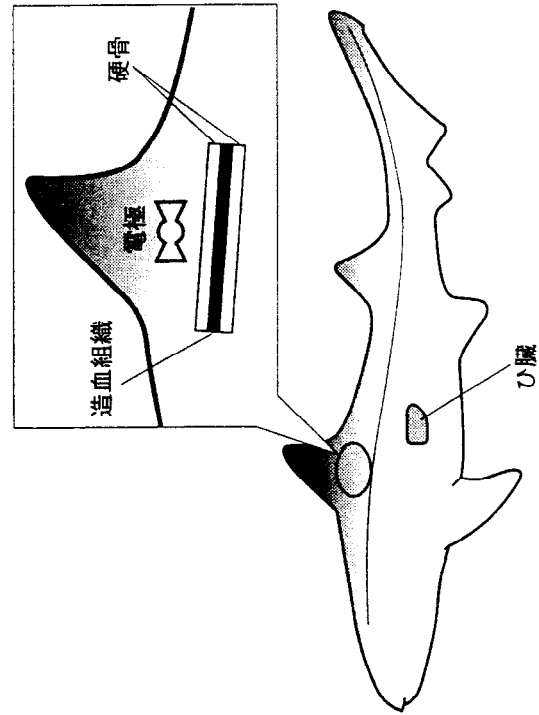
サメの造血組織は、本来は脾臓だけである。しかし、この実験のように、体内に電流を流すことで骨髓に似た働きをもつ組織ができることがわかったのである（図3）。

一方、西原さんは、サメの実験に先んじてもともと骨髓造血巣をもつ哺乳類のサル（二

電極を埋めて変化させたサメの組織



(図3) ひ臘と電極と造血組織の模式図



ホンザル)などにも同様の実験を試みている。こちらは、サメの実験とは若干趣旨が異なり、体の骨のまったくない場所(筋肉内)に骨髓造血巣がつくられるかどうかを試したものである。

電極を埋めこんでから一年後にサルの筋肉の中を調べてみると、造血組織にくわえて、骨格のもとになる造骨組織もあらわれていた。一〇マイクロアンペアの電流を流したことにより、哺乳類でも筋肉内に人工的に造血や造骨の組織をつくり出すことに成功したのである。

●体内を流れる電流が眠っていた遺伝子の情報を呼び覚ます

“のたうち回る。”という、一Gの重力に対応するためにとつたサメの行動様式が、血圧の上昇と血流の循環を招き、これによつて生じた流動電位が結果的に軟骨の硬骨化や造血・造骨組織の形成を誘導することが実験で検証された。こうした実験結果は、サメが進化を遂げ、陸上生物に一步近づいたことを意味するが、それはとりもなおさず、「体内を流れる一〇マイクロアンペアの電流が、それまで眠っていた遺伝子の情報を呼び覚ます引き金となった結果にはかならない」と西原さんは説明する。

「流動電位が高まると、造血・造骨細胞に分化する遺伝子が発現し、軟骨が硬骨化して骨髄腔と呼ばれるものが形成されます。生物が上陸するさいには、本来、脾臓で行なわれていた造血機能がこの骨髄腔に移動したと考えられます。骨髄腔を囲む骨はリン酸とカルシウムを多くふくみ、核酸(DNAとRNA)の代謝を活発にし、白血球や赤血球などの血液の複製を容易にするんです」

軟骨の硬骨化や骨髄腔の形成のほかにも、上陸にさいしてサメの体に起こった一連の変化は、生物がどのように進化したかを示唆する情報源であるともいえる。

ここで冒頭で触れた進化の系統に話をもどしてみよう。番組では、サメから両生類への進化について述べたが、番組放映後、西原さんはサメの陸上げ実験をさらにすすめることで、サメから哺乳類型爬虫類を経て哺乳類へ進化した系統が急速に見えてきたのである。

●軟骨魚類から哺乳類型爬虫類へ、そして哺乳類へ……

西原さんは、一度でも上陸を経験したことのある高等脊椎動物(硬骨魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類)について、その個体発生(発生)の経過をさまざまな角度から研究した。たとえば、心臓と肺の特徴を調べると、現生する高等脊椎動物はつぎの三つのグループに分類で

きるという。

- ①硬骨魚類・両生類・鳥類(魚類では肺ニウキブクロが心臓に接して食道を背側に横切って骨髄腔に発生。鳥類ではこれがさらに発展して内臓まで気嚢が入り込んでいる)
- ②哺乳類(心臓を囲む囲心腔に肺が発生し、囲心腔のしつぽ側が横隔膜を形成)
- ③爬虫類(①と②の中間型。横隔膜は見られず、肺が胸部にとどまっている)

上陸劇で起こる重要な体の変化の一つに肺の形成がある。エラからどのように肺が誘導されたのか。西原さんは、これをサメの仲間のドチザメとネコザメを毎日一時間ずつ九日間陸に上げることによって調べた。その結果、陸上げしたドチザメの場合、囲心腔の外側の両側の胸ビレとのあいだに大きさのほぼ同じ含気嚢(含気性の蜂巢状疎性結合組織)が形成され、しつぽ側に向かって足ビレ近くまで伸びていることがわかった。

これにたいしてネコザメは、囲心腔の外膜と内膜とのあいだに右が大きくて左が小さい含気嚢が形成された。これが空気を吸ってふくらむと、哺乳類型の右が大きく左が小さい肺が発生して心臓が左に位置し、囲心腔のしつぽ側が横隔膜になる。

西原さんはこうした心肺の特徴のほか、顔面頭蓋や歯の形などの特徴もふくめて、ネコザメはあらゆる点で哺乳類型爬虫類の原型となる要素を備えており、ドチザメは両生類・

軟骨魚類・爬虫類、鳥類の原型となる要素を備えていることをつきとめた。このことから、軟骨魚類のサメは上陸した段階ですでに哺乳類型爬虫類から哺乳類へと進化する系統と、爬虫類などへ進化する系統に分かれたことが明らかになったのである。

●人工的に臓器や組織をつくる再生医療への応用も

筋肉組織から造血や造骨が確認された成果を受けて、西原さんは近い将来、これが人間の骨や血液などの病気の治療に結びつくものと期待を膨らませている。

「哺乳類の体内に人工的に骨髄などをつくり出せたということは、細胞の遺伝子の発現を電流でコントロールできたことを意味します。現在、クローンの羊や牛が次々と誕生していますが、それよりずっと簡単な技術で一つの細胞からいろいろな臓器や組織を人工的に作り出せるわけですね。ですから、患者さんが求める臓器を患者さん自身の遺伝子を使ってつくるというような、再生医療の分野にも応用できると考えています」

進化の歴史では第二の革命といわれる生物の上陸劇。まだ残されている謎は多いが、西原さんの研究成果によって、従来の進化論が塗り替えられ、医療をはじめとするさまざまな方面への可能性が広がりつつある。

哺乳類はどんな祖先から進化してきたかを追う

京都大学大学院理学研究科教授 瀬戸口烈司^{せとぐちりゅうし}

平成九年に発見された小さな歯の化石。その化石から何とも不思議な姿の生物が復元された。哺乳類そっくりのこの生物の一派は哺乳類型爬虫類と呼ばれ、恐竜より以前に地球上を支配していたという。爬虫類から哺乳類への橋渡し役となった生物の特徴を通して、進化の謎に迫ってみよう。

●一億三〇〇〇万年前の地層から不思議な歯の化石を発見

哺乳類の先祖は何だろうか。また、それはどんな姿をしていたのだろうか。その謎の解明に挑んでいるのが瀬戸口烈司さんである。

京都大学大学院理学研究科の室内には、一〇〇〇種類以上もの動物の歯の模型が並んでいる。瀬戸口さんは、これらの化石をもとにネズミから霊長類まで哺乳類全体の進化の道筋を研究してきたが、平成九年、哺乳類のルーツを探るうえで重要な手がかりとなる歯の化石と出会った。尖った牙のような犬歯。ギザギザの溝がついた三角形の歯は、よく観察