

Human Evolution and Artificial Organ

正 西原 克成 (東大医学部口腔外科)

Katsunari NISHIHARA, Department of Oral Surgery, Faculty of Medicine,
University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113

In order to develop effective artificial organ understanding of mechanisms in evolutionary change is essential. Morphological evolution can be comprehended with correlation between phylogenic-ontogenic morphogenesis and biomechanics. Biomechanical factors are essential for evolution. Establishment of basic construction of the vertebrates was carried out during neoteny (larval form evolution) of the hemicordata, which integrated the respiration, nutrients, and excretion system into only one tube of the gut. These evolutionary phenomena can be seen as revolutionary transformation of morphology in biomechanical responses to not only external but internal environmental changes. Through these evolutionary transitions, various kinds of concerns develop between morphology and the function of organs in the human body from the standpoint of basement construction of the vertebrates. Therefore, for effective development and use of artificial organ research on biogenetic law and correlation between organs is required.

Key Words: Ontogeny, Phylogeny, Artificial Organ, Evolution, Biomechanics

1. 生命反復説の復活と人工臓器

人工臓器は、本来の複雑な生体器官の代表的機能を単純化して抽出し、人工の装置にこれらの機能を付与し、代行させることにより生体内で機能させるものである。生体臓器は、有機物質からなる機械と考えられるが、人工の機械と同様に形態と機能が不可分の関係にある。また、機械は内的・外的要因の要求に対応して形態と機能を変化させるから、要因の変化に伴って必然的に進化する。

生命体には原型があり、それが内的・外的要因に従って変化するというのが、博物学から生物学を独立させたLamarckに始まる進化の概念である。この流れを汲んだHaeckelは、Phylogenie (系統発生学) とOntogenie (個体発生学) の概念を提唱し、発生学を通してRecapitulation Theory (biogenetisches Grundgesetz 生命反復説 (1866)) を提唱した。Wiederholungの語があるにもかかわらずRecapitulationという造語を用いたのは、頭部の反復ないし主要部の反復の意を持つため、真意は「個体発生に見られる変化の生ずる機序は、生命体の原形の主要部(頭部)が系統発生の過程で認められる変化(進化)を短期的に反復する過程の中に存在しているように見える」と解される。つまり形態学の目的、すなわち原型の変容の法則を解明すること(Goethe)が根本思想となっているのである。Haeckelの思想を受け継いだRouxが、後にBiomechaniksを創設したのはこのためである。生命形態の変容の背後に潜む法則性の主要な原動力が、内的・外的要因すなわち要・不要の法則(Lamarck)という生体力学因子であることを、既にこの時代の偉大な先駆者たちは、察知していたことがわかる。

生体力学分野の創設が提唱されてから既に100年近くが経過しているが、生命現象の解明のため今日本格的にバイオメカ

ニクスが導入されていないのは何故であろうか?

1950年代にSchrödingerが物理学的手法を用いて生物学を究明することを提唱して、“What is life?”を著し、生命科学の方向性を示した。これに呼応してDelbrück等物理学者たちが、ファージを用いて遺伝学の物理学的手法による研究に着手したのであったが、彼らは生物学の素養がなかったために、HaeckelとRouxの形態変容の原理すなわち進化の法則性が生体力学にあるとの確信を引き継ぐことを忘れた。

1960年代にわが国の三木成夫(解剖学)は、主として血管造形法を用いて脈管系ならびに造血臓器の比較形態学と系統発生学を通して、HaeckelのRecapitulation Theoryを人類に至るまで主要部分について検証した。ことに独立脾の発生の研究を通して、脊椎動物の上陸による重力対応の結果、陸棲を経験した動物では造血臓器が脾臓・肝臓から骨髓腔にその場を移動していることを検証し、この要因が重力対応であることを明らかにした。三木は、医学を修める前に工学を学び飛行機の設計を志していたという。工学の心得のある者は、力学的世界観が思考の骨格を形成しているから、RouxのBiomechaniksを意識するまでもなく、三木による脊椎動物の基本体制とその変容のシエーマは、機械の構造を類推しており、臓器と臓器との間には力学に依存した相互作用が働いていることが示されている。三木は工学的思考力と画才とを兼ね備えていたため、後に東京芸術大学に移ってから、歴大なシエーマを生命の形態学として遺した。我々はこの遺産に基づいて21世紀の医学・生物学を建設することができる。

2. 器官の相互作用と高等生命体

ひるがえってCuvierは、1795年に若干26歳で比較解剖学の原理として器官の相関性を提唱したが、これは「生命個体を

構成するすべての器官は互いに相関性を有する。それゆえに動物は、目的に向かって行動をとることができる」というものである。この相関性の大部分が生体力学に依存することを明らかにするに200年以上の歳月を必要とした。臓器間に認められる相関性の説明は今日の医学でもいまだに重要視されていないが、高次の医療や21世紀の高等生命体の研究には必須のことである。進化している我々の体制では、互いに遠隔に存在する関連のないと思われる器官の間にも密接な相関を持つことがしばしばある。これは系統発生の過程で相同器官、つまり同じ原器に由来した臓器間に認められるものである。また、同じ機能を有する組織が、ある器官から別の臓器へとその機能を移動した場合などにも認められる。しかし従来は、医学や生物学の分野ではこの様な発想が重要視されたことはなかった。この相関性は基本的には生体力学的関連性が基礎となると考えられるが、進化とともに力学性（重力、筋力や血圧など）の他に化学性（CO₂や化学物質など）、体液性（ホルモン）、神経性など様々に変容する。これらの最も代表的なものが鰓器とその周辺の組織に由来する脳下垂体、扁桃リンパ輪・甲状腺・副甲状腺・胸腺・肺・腎臓・副腎などの相互間に認められる関連性である。一方、鰓弓筋由来の顔面部の情動を表す筋群と、体壁系呼吸筋の関連性も重要である。また、扁桃、胸腺、肝臓・脾臓と骨髄造血巣および骨端関節部の二次リンパ造血巣との相関は、造血臓器の移動という観点から考える必要がある。同様の観点から、アスピディン由来の骨（皮骨）と皮膚とが関連し、造血・免疫系と筋肉および神経、内分泌と神経、造骨系と神経系が深く関連する。以上の観点から、生命科学の研究に力学的世界観を導入することが必要であり、今日、工学の本格的な導入が必須の段階にきている。

脊椎動物の基本体制の進化における変遷を各ステージ毎にたどり人体にに至るまで工学的視点から検証し、形態変容の法則性すなわち進化の原因を明示した研究が前述の三木成夫の「生命の形態学」である。つまり力学的思考の下に生命形態を解明し、図説した歴大なシエマを研究することにより、進化の事象の背後に潜む法則が明らかとなってくる。医学者、生物学者はもとより人工臓器の開発に携わる応用分野の学者に至るまで、このわが国の偉大な遺産を活用することが我々に課せられた責務である。

3. 系統発生学と人工臓器と生体力学

脊椎動物のはじまりは固着性のムカシホヤの幼形進化に始まるといわれている。ムカシホヤは植物に近い体制で、大部分が植物機能の内臓すなわちエラ孔を持った口の袋からできていた。この幼生が頭進したまま固着する性質を忘れたものが、太古の魚類の道を進むことになる。一方、固着性を保持したまま生活を続けた種族は、5億年経過後も殆ど形態も機能も変化させずにほぼ同じ体制を保って今日に引き継がれている。頭に向かって進む性質を選んだ種族は、力学作用により頭部、鰓部、腹部が分離した。つまり進化が生ずるか否かは固着性か頭進かで決まるため、結局進化の原動力は生体力学であると見られる。鰓部が腸に取り込まれ、蠕動運動をすると、この運動に従属して動いた脈管系が心臓に分化した。

脊椎動物の上陸により、6分の1Gの水中から1Gに移行し、同時に空気呼吸への変換が生ずると、鰓が肺となり鰓部がくびれて頸が形成され、顔面が分離独立する。このときに内骨格が軟骨から骨へと変化し、造血巣が肝臓・脾臓より骨髄腔へ移ると並行して、頸を構成していた関節骨は聴覚伝音系骨格へと分化した。このように生体の体制も器官の進化もことごとく重力（外的要因）や内的力学作用（行動習性）への対応として無目的に進行していることが分かる。その時々の場合当たりの対応であるから、従って脊椎動物の原型となる基本体制から徐々に逸脱することになる。我々の人体構造は5億年の進化の果てにたどり着いた、思いもよらない構造欠陥が多数存在するのである。大脳化と脳の機能分化の進行、脳の血管構造のアンバランス、肺を動かす筋肉系の変遷（内臓筋→横紋筋）、気道系の構造欠陥、ヤコブソン器の退化、咀嚼器官の退化、性周期の喪失、生殖系の機能化、造血巣の骨髄腔への移動など本来重要な内臓系の基本的機能の主要部が、内臓系から駆逐され体壁骨格系へと移動した。従って、至る所に弱点が生じているのである。よほど正しく管理しなければ、生涯の健康を全うすることができない。このように基本体制からずれを生じている今日の人体の構造と機能をその基本に立ち返って研究し、理解しその上で臨床に応用したり、人工臓器の開発に活用することが肝要と言えよう。このようにわが宗族は、重力はもとよりことごとく内的・外的な力学要因に対応して進化してきている。免疫系の成立と変遷も結局は生体力学対応に帰せられる。これらの形態変化が必ずしも生体の生存に有利に作用するとは限らないことを、我々の体の仕組みの欠陥が自ずから示している。

人工臓器の開発には、各種臓器の持つ歴史的背景とそれに基づく臓器の相関性を常に認識する必要があり、またコラーゲン-アパタイト複合体を中心とした力学対応による間葉組織の誘導とそれに伴う形態の変化を常に認識しておくことが肝要と考えられる。

参考文献

- 1) 三木成夫：生命形態学序説 ― 根源形象とメタモルホオーゼー。うぶすな書院、東京、1993。
- 2) 三木成夫：生命形態の自然誌。うぶすな書院、東京、1991。
- 3) 西原克成：ヒューマンダイナミックス-人間工学- 生命形態の基本設計図と人体の構造欠陥。スポーツ工学シンポジウム1994、シンポジウム：ヒューマンダイナミックス：38-43、1994。
- 4) 西原克成：スポーツとバイオメカニクスとヘルスプロモーション。スポーツ工学シンポジウム1994、シンポジウム：ヒューマンダイナミックス：66-68、1994。
- 5) 西原克成：スポーツにおける呼吸-気道系と免疫系の関連。日本機械学会[No.95-3]第4回バイオメカニクスカンファレンス講演論文集：43-45、1995。
- 6) 西原克成：免疫系疾患と口呼吸習癖との関連 ― 人類特有の疾患と免疫学の新しい概念 ―。日口診誌 7(2)：243-262、1994。