



# Vision

## システム思考

大阪医科大学名誉教授

今井雄介

生理学では対象をシステムとして考察しなければならない。これは従来から繰り返し提言されてきた。我々はしばしば複雑な事象を考えるときその対象をシステムとして認識する。誰も個々のシステムとは何か解っていると考えていて、実際個々の人のシステム概念はそれなりに正しいものと思われる。しかし改めてある対象をシステムとして認識するとはどういうことか、そもそも一般化したシステムとは何なのかを自問すると答えに窮するのではないだろうか。生命現象は単純ではなく、多数の要素が相互に複雑に作用し合っている。生体の観察および実験事実の集積が進んでいるが、一方それら諸事実を統合してシステムとして思考する手段は必ずしも十分ではない。筆者はシステム概念の理解に苦慮してきた。最近にいたり一般システムの比較的簡潔な認識に落ち着いたのでこのVISIONの欄で紹介し読者諸氏のご批判を仰ぎたいと思う。

多様な機能があった場合、それらの機能の一つを選び、その機能に注目して一まとめにして境界をひき、それをシステムと呼ぶ。システムはマイクロであってもマクロであってもその大きさは有限であって、その規模を測ることができる。世界というシステムも有限であるが、その中には幾つもの小世界があり、世界の外にはこの世界を包摂する大世界がある。人体というシステムは幾つもの系があり、各々幾つもの器官、組織からなり、それらは各種細胞、細胞内小器官からなる。システ

ムには機能 (function) と機構 (mechanism) の両面がある。図1に示すように機能は外に対する「働き」であって、機構はその機能を支える内部の「仕組」である。機能があれば機構があり、機構があつて機能があるといったように、機能と機構は表裏をなす概念であるがこれを区別して考える必要がある。システムの仕組はサブシステムの機能の組合せからなる。それらサブシステムの仕組はさらに下位の要素 (サブサブシステム) の機能からなる。こうした入れ子構造 (nesting structure) を持つものとしてシステムを考えるのが筆者の立場である (図1)。

ところで以上のように考えると、下位または上位の極限まで生体のシステムレベル探求したいという誘惑に駆られる。しかしその入れ子構造は限りが無いと思えるほどに深い。対象のレベルを下位のシステムに向かって還元論的に考えたり、逆に上位のシステムに向かって全体論的に考えていくことは現在問題としている問題を見失うというおそれがある。まして各種のレベルを混交して考えることは複雑の中に埋没することになる。対象のレベルを確定または固定し、それを中心にシステムレベルを上下2, 3段にわたって推論を用いて考察し、その仮説の妥当性を観察から、実験からまたシミュレーションから検討する。興味対象のレベルが移動すればまたそれを中心として上下2, 3段のシステムレベルを考える。システム思考では常に興味の対象を中心におき、分析と統合

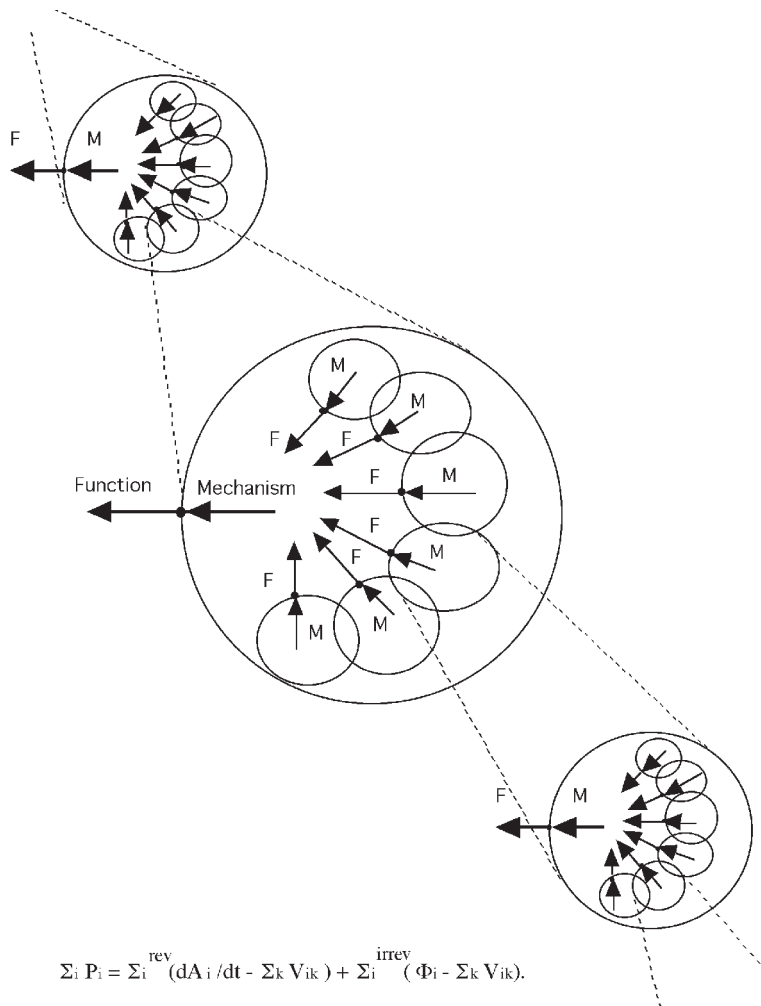


図 1

を繰り返して理解を進めていくことになる。

さて筆者の理解ではシステムには形態構造の側面、エネルギーの流れの側面および情報の流れの側面が存在する。これら3側面は相互に関係して分離することが困難であるが概念的には分けた方がよい。人は形態構造、エネルギーと情報の3側面のどれに興味の重心があるかを指定し、対象システムとそのヒエラルキーレベルを指定できるだろう。筆者は物質輸送、物質代謝等のエネルギー側面に興味を置き、あらゆるヒエラルキーレベルのシステムで共通する原理として、有効エネルギーの流れの釣合、すなわちパワーの釣合則

でシステムの全体性が把握できることを証明した。ここでパワー釣合の原理とはシステムの正味の入力パワーの総和が、蓄積と変換の総和および散逸と変換の総和からなるとするものである。散逸とはエントロピー生成して不可逆的に有効エネルギーを消費する過程である。図1にパワー釣合式を記入している。具体的に細胞レベルの輸送システムのパワー釣合では、パワーを蓄積する溶液区画とパワーを消費散逸する膜を考える。膜散逸過程の分析では能動輸送等のパワー連結の構造が理解でき、そのモデルの妥当性を実験やシミュレーションで検討することができる。この問題につ

いては近く掲載予定のBioSystems 誌に詳述したので参照されたい。

先に述べたようにシステムにはエネルギー側面以外に形態構造側面および情報側面があるが、各々についてもシステム入れ子構造が考えられる。このときエネルギー側面でのパワー釣合則のように、あらゆるヒエラルキーレベルのシステムで共通する原理を各々探す必要がある。これらは筆者の専門外のことであるがヴィジョンとして次のことを言っておきたい。形態構造というものは外乱という外力に抗してその形態を維持するものであり、剛体と引張体、すなわち圧力と張力の釣合を原理としている。B.フラーは剛体としての棒と引張体としての紐でテンセグリティと呼ばれる

各種構造体ができることを示した。D.E.イングバーはこのテンセグリティが生体高分子から人体にいたる生物の形を作る原理であるとしている。すなわち生体構造について要素の物性および構造力学の考察が有用であると考え。一方、生体システムの情報側面に重心を置くときは、言語から伝達物質にいたるまで、吉田民人の生命発生と同時に情報は現れたとする見解、C.S.パースの記号、対象、解釈の3項関係、H.H.パティーの「意味論的困り込み」、さらにJ.ホフマイヤーの生命記号論等々の記号論的な考察が有効になると期待できる。筆者は生理学の復権にはこれらを統合したシステム思考が役立つのではないかと考えている。