

モノゴト四階層から考えた身体の物理的構成軸の異質性

Studying heterogeneity of physical structural axis of “Body of Life Being” from Four Perspectives of “Monogoto”

跡見順子^{*1}

Yoriko Atomi

清水美穂^{*1}

Miho Shimizu,

^{*1} 東京農工大学工学部材料健康科学講座

Faculty of Technology, Material Health Science, Cell to Body Dynamics Laboratory

跡見友章^{*2}, 廣瀬 昇^{*2}, 田中和哉^{*2},

Tomoaki Atomi Noboru Hirose Kazuya Tanaka

長谷川 克也

Katsuya Hasegawa

*2 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学科

Teikyo University of Science, Faculty of Medical Science,
Department of Physical Therapy

日本宇宙開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

The authors sequentially presented about “life being” in this annual meetings. In 2012, we focused two layers of cell and body, both of which are unstable life systems, to be controlled. In 2013, I tried to think about two layers of cell and body from “life being” through relationships among four perspectives of “Monogoto” with Masaki Suwa. In Suwa’s definition, physical layers are placed to be mutually “part-whole”. We researchers who study real cells and bodies have some uncomfortable feeling that relation between different physical layers is only as part-whole. This study submits other relation like parallel-circuit between cell and body in addition to part-whole.

1. はじめに

iPS 細胞（人工多能性幹細胞）[Takahashi & Yamanaka 2006]による山中伸弥氏のノーベル賞受賞、そして日本人女性の STAP 細胞（刺激惹起性多能性獲得細胞）の発見 [Obokata *et al.*, 2014]等、細胞が内包する高い能力を示す研究が急増している。それに比して人間の活動を保証する身体がもつ能力は科学の俎上にのりにくいままである。

筆者は、一昨年「細胞・身体の不安定性の二階層と制御要求性から探る『知の身体性』基盤」とのタイトルで発表し、昨年は諏訪とともに「モノゴトの四階層で生の営みをみる」なかで、とくに「身体」と「細胞」を“自分の生”に照らしてみて、モノゴトの四階層を考えてみた。その際に、諏訪が提起し（そして一般社会において認められている）物理的構成軸としての社会、個体、身体、器官、細胞、分子が挙げられたが、このうち、社会、個体、器官、分子は、“自分の生”に照らしてみる対象にはなり得なかった。その理由を自分でも明解に説明することができなかつた。

しかし、このような体験は以前にもあるし、通常社会では細胞と身体を対置しない。両者の間に少なくとも「組織」をおかないと多くの研究者も一般の人々も納得しない。本稿では、細胞と身体の間の関係を、part-whole の関係に加えて、並列循環”parallel-circuit” の関係を提案したい。冒頭に述べた iPS 細胞も STAP 細胞もともに目的は再生医学、あるいは薬の開発である。そこに表れる身体の物理的階層は、組織である。機能を同じくする細胞集団として細胞は互いに認識しあい集合し組織を形成する。組織が細胞を生み出すわけではない。病院でも多くの専門外来は、組織あるいは器官対応である。これらはすべて part-whole の関係で済まされるが故に、市民権を得ているともいえる

だろう。細胞の全能性、そしてその全能性の意味を人間の生に比して問うことが成されるわけではない。インターネットで身体を調べると、病気の対象としての組織や器官の説明が紹介されている。身体の全体性にフォーカスするのは、ヨガや武術のような日本やアジア系の身体技法の関係のみであるといつてもいいすぎでない。今回は、とくに「身体」の物理的構成軸—とくに「細胞」について、part-whole 以外の関係性の存在や、その必要性、必然性について再検討してみようと思う。

細胞は、自然が進化の結果、うみだしたいわば地球で創出した生命現象が成立する単位である。単細胞動物は、細胞一個が個体である。植物も動物も多細胞生物であり、分化し、機能分担して組織をつくる。しかし多細胞生物の本質をあえて細分化せず遺伝子も細胞も発見されていない時代に、芸術家であり、科学者であり、文学者であるゲーテ[Goethe, 1749-1832]が言つたと伝えられている、Organism as a whole [Jacques Loeb, 1916]という概念がある。さらに生物の形の意味に拘り”biological concept of morphology”を提唱していたゲーテを慕い人間の生物学の開祖者ともいえる日本人解剖学者の三木成夫[1925-1987]は、要素に切り離せない人体を、解剖しながら、生命の進化の痕跡を人間の器官や組織に、そして身体構造にみていた。これら先人たちの洞察力を先端生命科学の知識ともつなぎかつ知の身体性につなぐことで、19世紀後半から途絶えている人間探求の道につなげることは、この人工知能学会にとってもきわめて重要であるにちがいない。科学があきらかにした細胞の能力は、ある意味、人間そのものの能力よりも高い。知の身体性メタ認知は、この細胞の能力を超えることができるのだろうか。

2. モノゴト 4 階層と直行する物理的階層の異質性

連絡先: 跡見順子、東京農工大学工学部材料健康科学講座

184-8588 小金井, 042-388-7539, yatomi@cc.tuat.ac.jp

前述したように昨年の発表では跡見順子も共著者としての発表で、物理的構成の階層の軸：社会レベル、個体レベル、身体レベル、器官レベル、細胞レベル、分子レベルは、part-whole の多層関係であるとし、これを縦の関係、モノゴト 4 階層、目的/機能/行為/動きを横の関係（図 1）として受け、これらの物理的な”上下関係をもつ”階層を横目でにらみつつ、「身体」と「細胞」を取り出した。そしてその両階層について、“自分の生”に照らしてみてモノゴトの四階層を考えてみることで、これまでの自身の活動をより深く言語化できることを感じ、諷訪の「モノゴト四階層」的な設定のもとでの知の身体性メタファーの有効性を感じた。
しかし、他の物理的階層—社会レベル、個体レベル、身体レベル及び分子レベルに対しては、細胞、身体との間により一層大きな異質性を感じることとなった。冒頭に述べたように「細胞の時代」だからこそ、一般に受け入れられている縦軸である物理的階層に位置づけられる「細胞」と「身体」を他の階層と本質的に異なる点を取り出すことは、知の身体性の有効性を探る視点からはきわめて重要であると考える。

昨年の記述を再度、詳細に見直すことから上記異質性の原因について探ってみたい。

3. 「身体」と「細胞」を“自分の生”に照らして、モノゴトの四階層から考える

人は古くから、自分の判断の正否について判断軸を求めてきた。古く古代ギリシャのデルフォイの神託に「汝をしれ」ということばがある。人間が人間を知るために、人間が人工的に考え生み出してきた基準や評価系で（例えば要素還元論的に）人間の適切な生の営みを探究するのは危険であると考えてきた。私たち人間の脳は、的確に自分自身や環境を認知できないのみならず、環境とやりとりしながら脳自身が構築されることを考えると、よりシステム論的な視点で俯瞰することが重要である [跡見 2012]。それ故、少なくとも進化がうみだしたモノとしての身体や細胞の生存原理を、敢えて、ひとりの人間の生、つまり個体レベルで発想したモノゴト 4 階層のメタファーで理解することは有意義である。約半世紀、モノである身体がうみだす「運動」を研究してきた跡見、そして拍動している心筋細胞を見ること、見せることが、生命科学を専門とする者だけではなく、多くの老若男女が、自己の生を投影することから、iPS 細胞や STAP 細胞による再生医学への期待とは別の立場から、細胞から成る自己を対象化するという新しい知の身体性理解を提供するに至っている。そのような身体や細胞というレベルにも“生命”が見えてくることについての他の階層との違いを検討することで両者の特殊性があきらかになるだろう。

3.1 モノとしての「身体」と”自分の生“

(1) からだ(形・動く)

人は「動物」であり、「動く」コト、つまり「運動」で生存を実現している。どこでどう動くかは知覚により環境情報を得て実現してきた（単細胞動物でも半ばランダムに揺らぎながら目的を達成するための細胞内の指數関数的反応系に支えられて可能となっている）。つまり細胞（単細胞動物、及び多細胞動物の「細胞」）は、生存のために生き残る系を進化させている。多細胞動物では、動くために、最終的に筋肉と脳がダイレクトに連係して活動するシステムを進化させ、心筋は自律的に拍動収縮するが、骨格筋は脳により直接制御されたときのみ収縮する。それ故、「動く」ということは、個人の意識や意志が必要である。

(2) 行為

1) 定置する（上と下を見分ける）、2) 移動する、3) 道具を使う、自分を触る、手を合わせる、道具をつくるなど、環境と実際にやりとりする（直にやりとりするのは手足の末端（手掌や足裏）であることが多い）、4) 眺望する、5) 体幹を垂直に立てる、腹式呼吸をする、おなかをへこませる、背を正す、息を整える、などの人特有の身体行為。かなり高度の行為であり、自動制御系のみでは機能しない。

(3) 機能

現代の医学において主に対象とする機能は、主に、「生存機能」で、消化器系等の植物機能及び動かない主に臥位状態での動物機能である。これとは別に、「人間の身体の形」に活動（生の営み）のために備わっている機能がある。上述の「行為」にあげた順に「機能」を対応させると、1) 「外界を認識する」（定置に対応）、2) 「逃げる、探す、追跡する」（移動に対応）という他の動物達の機能に加えて、「走歩の移動運動することで、自ら身体を活性化する」機能、3) 「環境とやりとりをする」に対応する機能として、「環境（周囲の自然/人工環境、他者、自分の表面など）を認知する/操作する」、4) 「俯瞰する（人は立位を常態として定位する姿勢を獲得したため、アタマが上で、目の高さが高く、実際に俯瞰する視点を得た）」、5) 意識を形成する（行為の 5 に相当）。このように、人間は他の動物にはない機能を生み出す身体を手に入れた。

(4) 目的

環境と格闘しながら自立するのが身体の目的である。身体に目的があるという言い方自体に、違和感がある読者もいるであろうが、本論文は、個体レベルで発想したモノゴト 4 階層のメタファーで、物理的構成の軸で言えば、個体レベルよりも低い次元になる身体と細胞をみてみることを試みている。したがって、モノとしての身体にも「目的」を見出してみようとしたときに、上記の目的が浮かび上がる。例えば、身体に害を与える敵から「逃げる」という機能は、「環境と格闘しながら自立する」目的を達成する手段である。

遺伝子変異がある個体の方が、寿命が延びた動物の例がある[跡見順子 2013]。また抗酸化酵素の変異動物個体の方が、寿命が延びたことが報告されている[跡見順子 2013]。自身の身体がもつ不利な特性をキャンセルして生きる特性を身体はもつ。

3.2 モノとしての「細胞」と”自分の生“

(1) 細胞のからだ（細胞体：形・動く）

多細胞動物の細胞は、形を生み出し、動くシステムとして 3 つの細胞骨格システムをもつ。人の身体をつくる細胞も同様である。細胞骨格は、タンパク質を会合・脱会合させてゆくことで、ダイナミックにその長さを伸長・短縮できる線維状のタンパク質を方向性をもって作る点が他のタンパク質と異なり、自分の生に照らしてみる内的要因をもつ。細胞骨格により、他の細胞や細胞外基質分子と結合

(接着)する、あるいは接着環境を自ら創出することで、内外の力学的環境を調和的に構築し機械的破損しにくい柔構造・体システムを実現している。このきわめて特異的な動的構造は、身体の動きと連動して動態を維持している。

(2) 行為

1) 接着する、2) 移動する、3) 環境と実際に相互作用する、4) 分裂する、5) 分裂しない（コンタクトインヒビション）などが行為に属する。

(3) 機能

行為に対応する順番に機能を列挙すると、1) 接着する形ができる、環境に適正化した形依存的な代謝を嘗む（ゲノム情報を読み出し、タンパク質を合成・分解する）、2) 好機の有無を探査する、3) 場に応じて分化して組織の部分となる（細胞が自己の生存戦略を探る）、4) 子孫を増やす環境や条件を達成する、5) 将来細胞分裂するための予備軍として残る、という機能がある。

(4) 目的

細胞の目的は、「細胞として健康に生きること」である。我々人間の生の意識のメタファーで表現するならば、細胞も「必至に」生きようとしているのである。

4. モノとしての「社会」、「器官」、「分子」を”自分の生“に照らして、モノゴト四階層から考えられるか

4.1 モノとしての「社会」、「器官」、「分子」と自分の生

社会、器官、分子レベルは、物理的軸の層でかつ part-shole の関係性には問題がないが、モノゴトの四階層:動く/行為/機能/目的のうち、機能は明解であるが、制御主が見えない集合体であり、あきらかに身体、細胞と異質である。すなわち、制御本体である自分の生とは照らし得ない。

5. 考察

5.1 知の身体性とは

モノゴト4階層が複数視点であるとするならば、個体レベルで発想したその考え方を、身体や細胞という物理的構成の軸における低次レベルにも適用することも間違いではない。そういう見方を適用することで、モノゴト4階層の間の関係性を考えることが、身体や細胞をシステム論的にみることにもつながる。今回、物理的構成軸に含んだ社会、器官、分子の各レベルは、身体、細胞レベルとは異質であることを提起したが、その理由について明解に論じていない。論じる気になれないといったところが本音である。機能的には、成立するレイヤーであるが、身体や細胞のように、自分の生にうまく照らすことができない。逆にこのことは、知の身体性がもつ機能は、個人のメタファー形成に大変貢献するのは、身体と細胞であり、その最大特徴は、自律、自立、制御、制御必要性であること、つまりシステムとしてほぼ独立に機能しうるのは少なくとも跡見にとつてはこの2階層であることが理解された。その感性を養ったのは、細胞の可視化であり、とくに動きを見るようにしたことにある。時間軸を導入して「運動」をみるとこと

自分の生に照らすことができたことを意味する。それほど「運動」は生命的であり、人間的である。

物理的構成の軸の各レベルを、それぞれ4つの視点（モノゴト階層）でみると、それぞれのレベルの同じ視点間にも関係性がみえてくる。身体が目的（「環境と格闘しながら自立する」）を有しているからこそ、細胞も目的（「細胞として健康に生きる」）を持つ。また、細胞が細胞として健康に生きることが、身体が環境と格闘しながら自立するための必要条件でもある。

身体レベルと個体レベルにも同様の関係性がみえてくる。個体レベルの目的は「自分らしく生きる」であろう。しかし「個体」は、「身体」に比べて、社会的ルールや自然がうみだした種の保存則などの有無を言わせぬ拘束力をも同時に押しつける感があると感じるのは女性という性で生きる筆者だけだろうか。身体が環境と格闘しながら自立することは、自分らしく生きるために必要な条件である。自分らしく生きるという目的が個体レベルにあって初めて、環境と格闘しながら自立しようとする身体になる。前回も今回も明解にとりあげなかつた「個体」にも、モノゴト4階層の動き、行為、機能、目的それぞれに関して、「身体」と同様の関係性があるはずである。しかし、個体と身体の関係は、また別に論じる必要があるように感じる。

物理的構成の縦軸と、モノゴト4階層の横軸の各所に相互依存関係があつて、全体として生命という系を為していると考えるという見方が、生命をシステム論的にみるということであるといいたい。但し、「細胞レベル」と「身体レベル」においてである。知識はコトである。知の身体性とは、個体レベル／もしくは社会レベルのコト的事象が、縦方向、横方向のより低次レベルの事象と相互依存関係にあるという考え方もまた「細胞レベル」と「身体レベル」に限りたい。

再生医学は、本物と同じ心臓の再生の成功はほとんど望めないとの代わりに、小さな心臓をいくつも異所性に配置する可能性を提起している。心臓だけではない。分化した細胞が機能する塊を作成し、身体内に置くことで機能が補完する実例がある。細胞は、環境を理解し、場に適応して条件さえ可能であれば必死で生きようとするのである。

5.2 身体や細胞を起点としてシステム論的にみる

一般社会における身体情報は、病気との関連でみると多く、医療は主に臓器別である。また、統合医療やアジア系の身体技法は別にして、Googleの「ヘルスケア」などでみた「カラダ」の情報も、臓器や部位別に紹介されている。つまり通常は、自動的に制御されている生存機能が壊れたときに、身体をチェックしようという視点である。跡見が考えたような、細胞や身体を自分の生に照らしてシステム論的にみる動向はほとんど皆無である。したがつて、身体に希望は見いだせない傾向が増長される。細胞は、本来自律的に生きることにおいては、身体よりも完全であるが、再生目的の細胞は、一方依存性の枠組のなかに配置されてしまう。鶏胚で拍動して血液を送り出している心臓を、ばらばらにしてその拍動の続きをシャーレ上に観る。シャーレ上の心臓は、血液を送り出すという機能は失う代わりに、より一層けなげに自立した生を投影する対象となる。

生命科学は生成、創発を説明する科学である。一方、生理学は、機能を説明する。これは類似しているようで大きな違いである。機能を競う運動やスポーツではなく、自己

の生成、創発感を誘導するのが生命科学の本質であると感じているのは筆者だけであろうか。

臓器や筋肉は「組織」である。物理的には細胞でできているが、細胞の機能を特殊化したものが「組織」である。機能が特殊化されているが故に、（本来自由に振る舞う）細胞の移動性やダイナミクスを抑えるなど、組織には「拘束条件」が多い。したがって、臓器や筋肉といった組織のレベルで生命現象を研究しようとすると、要素還元論や生命を局所的にみることに陥りがちになると主張したい。生命体においては、一組織では、通常生体内で機能がうまく稼動しない。生命体はシステム論的に探究する必要がある。「細胞」と「身体」はシステム論として生命を捉える起点としてなかなかよい。

スポーツトレーニングにおいて、膝などの関節が壊れるのも、部分的に骨格筋だけを鍛えるような身体の見方をしていることに起因する。その見方は、重力場でバランスよく定位することを進化の最初から獲得してきているシステムには適合しない。さらには関節は蝶番でしかないと思われており、壊れたら人工物で取り替えるのが必然であると思われている。それも良いかもしれない。寿命を倍にした科学は万全ではないゆえ、必然なのかもしれない。しかし、人工関節も、骨自体が健康でなければ難しいのかもしれない。

細胞を生かすのは身体である。その関係性を理解するための細胞-身体メタファーは実際に教育に有効である(図3)[Atomi 2009]。人工関節を可能にするのも身体である。身体は全体性の中で機能を高める。しかしそのような視点に立って行われる研究はきわめて少ない。現代社会には、細胞と身体がモノとしてもつ能力をあきらかにし、物理的構成の縦軸と、モノゴト4階層の横軸の全体像をシステム論的に捉えるような研究と教育が必要であると考える。

参考文献

- 跡見順子, 清水美穂, 跡見友章, 廣瀬 昇: 細胞・身体の不安定性の二階層と制御要求性から探る「知の身体性」基盤, 第26回人工知能学会大会, 予稿集, 2012.
- 跡見順子** 身体運動の知恵へ生命システムから病を診る～第9回「細胞のフィットネス2」—αB-クリスタリン：かたち・張力・代謝をつなぐレジリエンスシャペロン 血管医学14(3): 91-107, 2013
- 跡見順子** 身体運動の知恵へ生命システムから病を診る～第8回「細胞のフィットネス1」—遺伝子変異による長寿獲得の背景 血管医学14(2): 211-223, 2013
- Atomi Y. Education Program for "Gnothi Seauton" and Understanding of Own life System and Brain System. "Gnothi Seauton – knowing yourself through your body". AI学会, 第4回身体知研究会, 2009.
- 諏訪正樹, 跡見順子: モノゴト4階層で生の営みをみる. 第27回人工知能学会大会, 予稿集, 2013.
- Obokata *et al.*, Stimulus-triggered fate conversion of somatic cells into pluripotency, Nature, 505, 641-647 (2014).
- Idem et al.*, Bidirectional developmental potential in reprogrammed cells with acquired pluripotency, Nature, 505, 676-680 (2014).
- Takahashi K, Yamanaka S. (2006). “Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors”. Cell 126: 663-676

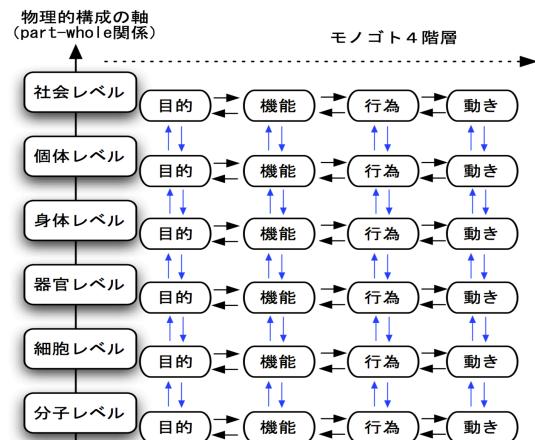


図1:物理的構成のレベルとモノゴト4階層の軸 (諏訪 & 跡見, 2013)

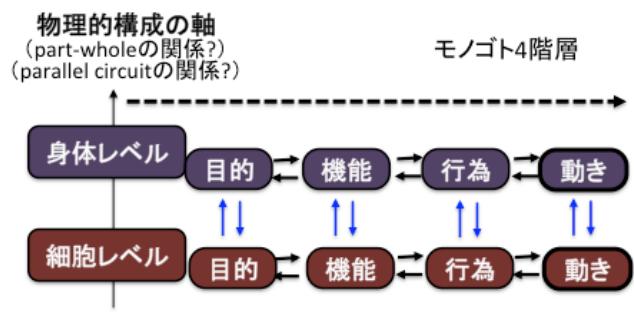


図2 モノゴトの四階層から考えた身体と細胞の並列循環性
物理的構成のレベルとモノゴト4階層の軸(諏訪 & 跡見, 2013)を跡見順子が修飾した。

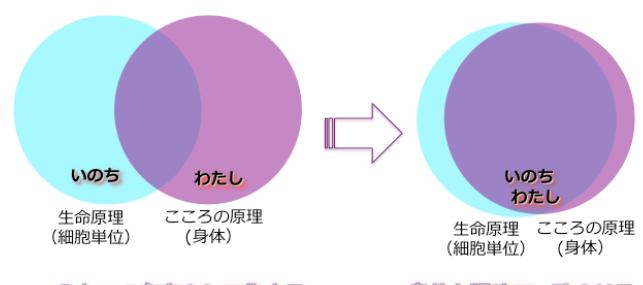


図3 細胞と身体の並列循環