

## 日々活動に応じてつくりかえてくれる細胞から俯瞰する身体 ～いのちを知り生かす身心一体科学～ ○跡見順子(東京農工大学)

### はじめに

円熟した人間の世界を生み出せるのが長寿高齢社会であるはずだ。しかし、世界一の日本人女性の寿命も内実は高い要介護率である。他人事ではない。身をもって立証したことは、人間にとって納得できる「理屈」や行動に値する仮説が、身心一体的な実践への意欲を生み、実践知を生み出すことである。2年前、油断して腰痛を再発し、それをかばい膝も痛み、自由に闊歩できる生活を失いかけた。必死で理学療法士が指導するリハビリ運動を行い、半年後、一時間半かけて必死で岩山を登り、小さい頃からあこがれのノルウェー・リーセフィヨルドを一望した。自然の理を取りこんだ適応・学習メカニズム追求を自分のライフワークと課したのは、人生の目的がわからなかった学生の頃である。「人間が生きること」を科学していこうと思った。

### 身体と細胞を力学的につなげるタンパク質たち

「身体=37兆個の細胞+細胞外基質(ECM)」である。細胞には足があり、ECM(コラーゲン)をピコヤナノNの力で牽引することで接着している。動物は自律的・反射的に駆動する体を進化させてきた。その動物の体をつくる細胞は、自律的に生きていて、生存は“活動”依存性であり、生命の生成の単位は細胞である。運動で活躍するのは筋細胞だけではない。スポーツ選手、高齢者ともに障害を起しやすいくわだかまも細胞と細胞が分泌したECMから成る。内部に細胞骨格、外部は線維状のECMタンパク質で力学応答しながら適応する。不安定な直立二足での活動と相まって細胞-身体の間で適応が生まれる。

### 何故、細胞からか

人間の動きを捉えようと動作を時間で追跡してバイオメカニクスの研究が始まった。時々刻々と変化する「いのちの営み」を直感的にも理解するために細胞メカニクス解析系を導入したのはもう20年前である。今は、細胞が踏ん張る力を何とか可視化し、細胞も私達も力を生み出しながらも自立的に生きる存在であることを納得し、「リアルないのち」が見えない現代社会になんとか自らの生を引き受ける気になるための科学と教育の導入のために努力してきた。その活動が2015年平成27年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 理解増進部門受賞となった。「自分」と細胞の関係を理解するのが、身心一体科学である。

### 多様性ある自律分散系を協調させるのが運動

細胞は、地球で創発した「いのち」である。私たち多細胞動物の細胞たちは、力を受けるのも発揮するのも身体の中である。つまり私たちのリアルな行動や運動が直接、細胞を生かしても殺しもする関係にある。細胞は身体の動きに連動して、筋肉のみならず腱も靭帯も関節も脳の中でさえ、力学応答して生きている。身

体内での位置(場所)の力学系を感知して、細胞は適切な機能を果たす組織に分化する。しかし組織をつくる細胞たちは連動して協調してはじめて正しく健康に生きるべく構造化されているので、運動の役割はきわめて大きい。一個の受精卵が分裂し、やがて場によってかたちや働き異なる細胞に分化し、組織を構築する。ダイナミックに時々刻々と変化する細胞だから可能なのだ。1メートル以上も長く伸びる神経細胞、隙間なく巨大タンパク質が整然と並ぶ筋肉細胞。私達の移動、発話、呼吸、血液循環、皆横紋筋の収縮が生み出すが動きも発揮張力も多様である。動くことは、異なる組織の細胞たちの協調を促進することだ。細胞たちを生かすには、私(あなた)の正しい判断と行動が必要だ。

### 細胞に直接働きかける運動は、適応タンパク質・分子シャペロンを誘導する

私たちの「いのち」の強靱性は、とても狭い範囲の中でのみ保障される。体温なら36度からせいぜい42度の間が、いのちが生きている範囲である。しかしその範囲内であれば、働きかければ必ず応答し、継続すると実際に私たちの体をつくる細胞たちが応答能力をアップさせ適応力がつく。そんな生命の知恵を知っていると努力する自分、応えてくれる生命が私を基本から変えてゆき、「変えることができる自分」が育つ。健康への基本戦略、実行する心の支え・幹を育む。自分への信頼は、自分を強くし、他人にやさしい心を育ててゆくための第一歩だろう。揺れ動く身体の中、細胞たちは僅かな揺れや温度の変化(マイルドストレス)で変性しかかるタンパク質が凝集沈殿しないように世話するタンパク質・分子シャペロンも生み出すのだ。

### 身心を一体化する科学

日本には身心一如や知行合一の言葉を生み育ててきた文化がある。見えない細胞の生き方を知りとして理解し、動きにより一体化することができるのが人間である。渡邊俊男が洞察した姿勢の精神性とは、重力に抗して体幹を直立させ歩き始めた先人の意志であり、そして股関節を折り上半身の重さを支えながら重心を自らの意志で制御する意志であり、それらの意志ある動作は、骨格筋(抗重力筋)の意識的な活動の持続である。ゆっくりと移動する太極拳は、自己の体幹への持続的な意識集中を要求する。人間は、この動作を練習し、練習の中で自己の身心の統一性を育てることが出来る。剣道の武の心、スポーツの興・競の心、舞踊の創と美の心-身体が動きの中で培う暗黙知、多様な身心の一体化を、言葉(論理)にし、科学にできる時代がきている。蝸壺化したローカルな研究はもうやめにして、細胞と身体をつなぐECMを無視せず、考え行動する人間を丸ごとシステムとして捉えて解析する身心一体科学の推進が、いまこそ必要だ。

## 「脳」は「身体」の枠組みを超えるか。

～「自己性」の観点から～

○菊池 吉晃 (首都大学東京)

### 【身体の自己認知は、

#### 脳内の状況依存的自他識別機構を活性化する】

私たちはいつも自分の手を1人称視点(1PP: 1<sup>st</sup> person perspective)で見ている。しかし、同じ自分の手でも、鏡を通して見るとあたかも別人の手のように感じることがある。この時、脳はどのような活動性を示すのだろうか。両者を比較すると、前者ではいわゆる前頭・頭頂ネットワークが高い活動性を示すが、後者では何ら特別な活動性を示さない。このネットワークは、私たちが実際モノに手を伸ばし操作するための神経回路であり、1PPでは、自己主体的な運動行為のための準備状態が脳の中にできていることが窺われる。同時にそれは脳の中の自他識別のための活動でもある。

3人称視点(3PP: 3<sup>rd</sup> person perspective)で、動く自己身体を見るとき脳はどのような活動性を示すのだろうか。自己と他者の身体が不安定な状態におかれたときの3PPにおける脳活動について比較してみた。その結果、自己身体が不安定な状態では、メタ認知に関与する右吻外側前頭前野の他、実際に自己身体が不安定な状態におかれる時に活動する脳部位、すなわち、前庭皮質である右頭頂-島-前庭皮質(PIVC: parieto-insular-vestibular cortex)、交感神経系の無意識的活動を反映する右島皮質後部、危険状態から身を守る動作を誘発する右腹側運動前野、前庭神経核に直結する右傍小脳脚核が活動する。一方で、他者身体が不安定な状態では、視覚認知に関与する脳活動のみであった。これは、状況依存的な自他識別機構の活性化が脳内に生じていることを示している。

### 【身体運動行為の制御機構は、自他識別機構である】

人間の精緻な運動行為が可能なのは、フォワードモデルという機構が脳内に存在するからである、と脳科学では説明されている。端的に言えば、人が運動行為をおこなおうとする際、運動指令が運動野に送られると同時に、それに基づいて運動行為を行った時にフィードバックされる感覚の予測が計算され、両者が比較されるという考え方である。この機構に基づくと、人間の「身体と精神との乖離」や統合失調症の患者に認められる passivity experience (させられ体験)などの「自他識別の機構」が理論的に説明される。この機構において、右側頭-頭頂接合部(TPJ: temporo-parietal junction)は重要な役割を果たす。健常者を対象とした実験をおこなった。手をビデオカメラで撮影しその映像を被験者にフィードバックしながらペグパズルをやってもらった。その際、フィードバックの遅延時間を様々に変えてやると、TPJの活動は遅延時間に正比例

して大きくなる。2秒という異常に長い遅延条件では、もはや簡単なパズルさえできなくなり、多くの被験者は、「映像の中の手は、もはや自分の手とは思えない。」と実験後に語っていた。被験者はもちろん理論的・客観的にはそれが自分の手であることを知っているにもかかわらず、である。そして、その時に観測されるTPJのきわめて大きな活動は、映し出される自己の手が自己から乖離しようとするのを必死で繋ぎとめようとする、ある種「脳の足掻き」のようにさえ感じられる。

### 【自己が自己に触れることには生物学的意味がある】

自己が自己に触れる状況もある。私たちは、誰かと話をしているとき何気なく両手を擦り合わせたり、またよく見ると、相手も話しながら頬に手を当てていたり・・・と。心理学的に言うなら自己の確認作業というところだろうか。この動作、とても気になる、調べてみた。通常の下況下における健常者の脳機能研究である。自己の右手が自己の左手を摩ると、帯状回-扁桃体ネットワークが活性化し、吻側延髄腹内側部にある神経が左手からの感覚入力を抑制するとともに交感神経系の活動をも抑制できる可能性が示された。このネットワークは、本来痛みの抑制機構として知られているが、この研究ではとくに痛みのない通常の状態でも、ただ単に自己が自己に触れるだけで作動するのが面白い。母親を失った子ザルは自分の腕や手を頑なに触り続ける。喪失感や不安感を少しでも和らげるための行為である。自己が自己に触れることは自己を守るための無意識的の行為である、というのが生物学的理解であろう。

### 【脳は、身体を通して「物理」を知る】

モノ(物体)が、地球の重力原理(物理法則)にしたがって正しく運動しているかどうか、私たちはどのようにしてそれを判断するのだろうか。我々の脳には、ニュートン力学のような精度はないにしても、物理法則に従っているか否か、ある程度判断できることがわかった。そして、この判断には、島皮質が関係する。島皮質には、自律神経など身体内部の状態に関する無意識の情報が絶えまなく送られてくる。物理法則にしたがって動くモノの物理的合理性の知覚は、動きに関する情報が身体や内臓を通して処理されることによって成立する可能性を示唆している。私たちは、出生後あるいは胎児の頃から、重力場の中に適応し、個としての生命を繋げてきた。その過程において、身体と脳は、適応に必要な物理法則を無意識の内に獲得してきたのかもしれない。そして、脳は、それを「知」としての物理学を構築してきたのかもしれない。

## 運動生理学からみた体育・スポーツの意味と意義

○大築立志（東京大学名誉教授）

人間は、動物界脊椎動物門哺乳綱霊長目ヒト科ヒト属ヒト (homo sapiens) という動物、すなわち生まれながらにして動く生物であるから、ヒトの体はヒト以外の動物、特に哺乳動物と共通した構造と機能を持っており、動くことによってはじめて生存し、日常生活を円滑に送ることができる。

動物の体の動きは、本来、個体の保存（食料の獲得と摂取、危険からの逃避、敵との戦い）と種の保存（配偶者の探索と獲得、生殖行為）という生物学的目的の遂行とそれに必要な情報収集のためにある。人間はこれに加えて、進化した脳を使って動きを様々に工夫し、日常生活動作や労働作業、創造された楽しみのための動き（スポーツ・舞踊・演劇など）を発明した。そして、文明の発達に伴う機械化の進展によって、生物学的目的のための運動や日常生活動作、労働作業などが軽減されるにつれ、動物本来の機能を果たすための大きな筋肉の活動が低下し、生活習慣病のような運動不足病が発生するに至ったため、有酸素運動などの健康増進のための動きが発明された。運動生理学は障害者等の身体的弱者を含めて体力向上と健康増進のための基礎学問として重要な役割を担うものであり、運動による生理機能の向上手段として体育・スポーツは大きな意義をもっている。

また、ヒトの身体は、動物としての「ヒト」が、他の動物と共通の構造と機能を保持しつつも、文化的社会的存在である「人間」として生きるために適応し、進化してきたということもできる。考古人類学は、ヒトの祖先が森林から草原に出て直立二足歩行を主たる移動方法としたことと、手の母指の動きの自由度が増加したこと、脳が発達したこととによって、他の動物を凌駕する文明を築き上げたことを明らかにしている。

ヒトになる前の動物の脳の仕事の大部分は、生きるために体を動かすことであり、哲学的思考に使える部分はヒトになって初めて追加されたものであることを考えれば、ヒトの脳もまた、その大部分は体を動かす、つまり行動するために進化発達してきたと考えられる。事実、前頭葉後半部の大脳皮質は運動中枢であり、思考の最高次中枢と言われる前頭葉前半部皮質（前頭前野）もまた、ヒトの思考の殆どは次なる行動の企画立案であることを考えれば、事実上の最高次運動中枢と言ってよい。動きの正確さを司る小脳はまた、練習による技能上達に必要な非宣言的記憶（手続き記憶＝暗黙知）を司る。このほか、ルールや指示や対戦相手の特徴などの宣言的記憶及び聴覚を司る側頭葉、視覚を司る後頭葉、体性感覚や空間認知を司る頭頂葉など、運動には脳のほぼすべての領域の活動が必要である。

このような体の動きと脳との関係を、運動神経生理

学の観点からみると、体育・スポーツは、現代の人間の日常生活から失われてしまった動物本来の激しい大筋運動と人間としての複雑多様な身体の動きを総合的に扱う唯一の専門学術領域であり、ヒトの脳の作動メカニズムの完全解明に不可欠な研究領域としても重要な意味をもっていると言えることができる。

生理学とは生きていること、すなわち生命の原理を探求する学問であり、生理学の教科書は必ず細胞の生理から始まる。生命活動の最小単位は細胞であり、生物はその細胞の集合体であるから、適応による行動変化の裏には必ず細胞の変化があることは当然である。トレーニングによる筋力増強は筋細胞の肥大によって生じ、持久力の増加は心筋細胞や肺胞細胞の機能変化に、練習による技能の向上は脳の運動中枢を中心とする神経細胞の変化によって生じる。また、最近では適度な運動が脳のいわゆる知的機能（記憶力や情報処理能力、実行機能、認知機能など）を向上させること、運動による海馬の神経細胞の新生がその基礎メカニズムであることも明らかとなっている。

しかし、その細胞変化の実態を人間の自然状態の行動中に記録することは現在ではほぼ不可能に近い。そもそもスポーツのような複雑精緻かつ高速高強度な動作を動物に行わせることは不可能であるから、動物実験で確かめることもできず、どうしても非侵襲的な行動科学的方法を用いて細胞の活動を推測するほかない。しかし実験条件をきちんと規定しておけば、このようなマクロ研究は、ミクロメカニズム研究のガイドとして役立つ。要はマクロ研究とミクロ研究の絶えざるすり合わせが重要であろう。

急激な技術の進歩という環境変化に、従来の生物進化の速度を維持しているヒトの体が適応不良を起すことによって生じる種々の身体的精神的ストレスが生活習慣病や適応障害などの新たな疾患として顕在化している。技術とは、本来人間が物を操作するために工夫した方法であるから、人間の身体感覚がその基本となっている。道具は身体の拡張であるから、その延長線にある近代の巨大建造技術や情報技術もまた、本来人間の身体感覚で制御できねばならない。肌で感じる、痛感する等、人間は本来、言葉ではなく自分の身体感覚になって初めて心から納得することができる。人間の人間による人間のための安心安全な生活を末永く持続可能にするためには、すべてをヒューマンスケールで計測評価する必要がある。身体に関する教育である体育と身体に関する実践としてのスポーツは、自分の身体を正しく知ることによって他人の身体を理解し、真にヒトにやさしいhuman-friendlyな社会の構築に貢献する最良最強の研究教育の場であると言える。

トップアスリートに表象するスポーツの喜び  
～規律化した身体からの解放～  
○海老原修 (横浜国立大学)

§ 1. 一望監視装置

それは線分にすぎない。江戸城・大広間、二代将軍・秀忠は謁見する服部半蔵に向けて忍びの極意を問う。半蔵は広間中央の畳縁(たたみべり)を静々としばし歩みふたたび平伏した。秀忠「赤子でもできるわ、愚弄するか」、半蔵は伏したままに「われら忍びは三千丈の谷にあっても同じように歩いてみせます」と応じた。返答は日々の苛烈な鍛錬と強靱な自己抑制を伝えるが、さらに言えば、こと違えば、家康に始まる臣従を覆し、徳川家にも秀忠にも牙をむく凄みを隠喩する。この職能集団・器者(うつわもの)の統領が内に秘める矜持は、上田や大阪(おおさか)で煮え湯を飲まされた真田が示した陽性の恐怖に比べ、陰性のそれである。秀忠は胎にかかえる底知れぬ恐怖を知る。

さて、そのような線分を単に延ばす先に運動会の徒競走があるのかもしれない。♪もしもし かめよ かめさんよ せかいの うちにおまえほど あゆみの のろいものはない どうして そんなに のろいのか♪♪なんと おっしゃる うさぎさん そんなら おまえとかけくらべ むこうの こやまの ふもとまで どちらが さきに かけつくか♪ 童謡「うさぎとかめ」は1901年(明治34年)にイソップ童話「うさぎとかめ(The Tortoise and the Hare/Le Lièvre et la Tortue)」に着想した石原和三郎の作詞を納所弁次郎が作曲して発表された。ゴールが漠としたこやまのふもとであるように、うさぎとかめの両者が明確に雌雄を決したいと臨んではない。

そこにあつた本質とはすなわち、自分のありさまを知りたいという根源的だが、ゆえに無意識の、そんな欲望があつたのではないだろうか。それを満たすためには他人と並べるありさまがひとまずは必要であり有力な手がかりであつた。古事記と日本書紀を隔てる1世紀の間に渡来した半島人の立居振舞や言語等を奇異に感じるたびに、あいつらは何だろうと思うほどに、そのように感じてしまうおれたちこそなんだろうという自問にたどりつく。他人のありさまへの疑義をして初めて自分自身のありさまへのそれに発展する。そうしてようやく日ノ本イコール日本を自覚した。だから、自画像を描くためには他者性が必須要件となる。だから、かめがうさぎに問いかけたのだ、そんなら、おまえと、かけくらべ、と。

もとより徒競走のやり方は、①平行に引かれた2本の、②任意の直線上に、③等間隔に埋め込まれた、④膝ほどの高さの棒の、⑤その先端を紐で結わいて、出来上がる枠の間を走るべし、と定められる。うさぎとかめが教えてくれるように、まっすぐ走るなんて発想

が元来われわれには備わっていない。点と点を結ぶ最短距離をすすむ着想こそ効率を重んじる近代の思想となる。このように設えられた⑥複数のコースの、⑦スタートラインに並び、⑧前方のゴールラインを目指して、⑨号砲とともに同時に出発すれば、⑩誰が速く誰が遅いかを明確にかつ効率よく判定する仕組みが出来上がる。優れた製品と劣悪なそれを取捨選択できる。選ばれた審判役のみならず居並ぶ者だれもが同じ判定を下す仕掛けでもある。こんなコースを練習と本番で繰り返し走りながらでつくりあげられたのがフーコーの云う「規律化した身体」であり「従順な身体」であり(フーコー、1977)、ブルデューの云うシャン(界・場)で習慣化する(ハビトゥス)。なるほど、フライングを監視し、それを犯した罪に失格という罰を裁定するスターターの視界には、フーコーが依拠するベンサムが看破した一望監視装置(パノプティコン)が完成している。ベンサムとフーコーが明らかにする監獄の様子は、スターターの命令に従って、トラックの白線コースを走りなさい、競泳のコースロープに沿って泳ぎなさいと、競技場に鮮明な痕跡をいまにとどめる。

6 § 2. 残された自由のなかで

この視点に立つと2016夏、リオ五輪で最も印象に残るシーンは男子4×100mの決勝となる。注目すべきはケンブリッジ飛鳥が中間部から後半にかけてボルトに追いつくように5コース中央から4コースに近づき、ゴール前では4コースと5コースを隔てる白線を明らかに踏んでいる。飛鳥はボルトと肩と肩をすり合わせるべく4コースに近づき斜行したのである。

折しも2016年11月20日に開催された日本中央競馬会秋のマイル王決定戦、第33回GIマイルチャンピオンシップでは浜中俊騎乗の3番人気ミッキーアイルが逃げ切ったが、ミッキーアイルが外側に斜行し後続馬の進路を狭くしたので浜中は11月26日から12月18日までの23日間の騎乗停止処分となった。競走馬は第4コーナーを経た直線で、ゴールラインへの最短直線コースを疾走するように調教されている。

そういえば、バトンタッチ直後、飛鳥のバトンがボルトに接したのだろうか、ボルトは日本のレーンに視線を向けている。ゴールに向かって最短距離を疾走する調教馬が決して振り向くことはない。斜行する飛鳥と右側のレーンに視線を向けるボルトは規律化した身体そして従順な身体をつくりあげようとするコースに抗い、残された空間のなかで放埒(ほうらつ)な自由と原初的な喜びを求めてかけくらべた、と解釈したい。