

細胞力を高める身心一体科学(1):触覚が生み出す体幹制御とオートポイエーシス能の発達

Body-Mind Integrative Science to increase cellular power (1) : Development of tactile-generated trunk control and autopoiesis

跡見順子^{*1} 清水美穂^{*1} 東 芳一^{*1}, 藤田恵理^{*1}

Yoriko Atomi Miho Shimizu, Yoshiiti Higashi Eri Fujita

^{*1} 東京農工大学工学部材料健康科学講座

Tokyo University of Agriculture & Technology, Faculty of Technol, Material Health Science, Cell to Body & Mind Dynamics Laboratory

跡見友章^{*2}, 田中和哉^{*2} 高田 勇

Tomoaki Atomi Kazuya Tanaka Yu Takada

^{*2} 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学 宇野病院

Teikyo University of Science, Department of Physical Therapy Uno Hospital

"Body-Mind Integrative Science" describes cells of their own "body" from the cell life adaptive science and brain science as the range of cells that control the center of gravity that was developed in the gravitational field. At the same time, it is a "new science (education / research)" field that uses my own body, observes and evaluates it, makes it language including including awareness. In autonomous body science, autonomous control model of cells is the microtubule dynamics of cells responsible for autonomous center of gravity control between centrosome and adhesion points which can be said to be typical of autopoiesis. Using both hands in the recumbent posture, touch the abdomen, push it, push it back, feel it across the abdomen. Thirty people in their 30s and 80s age carried out for a week, and the permeation of daily living behavior was seen with improving exercise capacity such as sitting up.

1. はじめに

超高齢社会を円熟した人間の社会に成長させるには、一人ひとりが自らのいのちを知り生かすための科学と実践プログラムが必要である。とくに加齢とともに減退するバランス能力に対処するために立位時の重心制御能はすべての活動の基盤となるが研究が少ない。

「身心一体科学」は、重力場で創発した重心制御する細胞を範とし、自分自身の「からだ」を、細胞生命適応科学や脳科学から説明し、同時に「自身のからだを使って、やってみて観察・評価し、気づきも含めて言語化する新しい科学(教育・研究)」領域である。2015(平成27)年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 理解増進部門受賞した功績が、「いのちを知り生かす身心一体科学の普及啓発」である。

昨年までの「知の身体性」のOSにおいては、諏訪正樹のモノゴト四階層の視点で、細胞から身体までを俯瞰して自己言及的な創発単位である細胞を駆動している細胞骨格・微小管がもつ希有な能力と、その駆動の持続に必要な分子シャペロンの誘導に「わたし」の努力が必要であり、その努力は報われることに、知の身体性を洞察し、実際に教育プログラムとして導入しての効果について報告してきた[跡見12; 諏訪13, 跡見16, 跡見17]。

本年からも引き続き、身心一体科学の原理解明とともに身心一体科学において、最も重要な「細胞から成る身」とその身を俯瞰するだけでなく、内部に棲む細胞の正しい力学応答を誘導する「わたしの心」を創発させるために、両者(身心)にとっての「触覚」の意味を物理化学的、認知的な側面など多方面から考えるとともに、触覚が成立するために内包される「運動」や「ダイナミクス」についても関係性を探ろうと思う。また、両レベルで「触覚」を生み出す生命機構、皮膚のみならず、骨格筋や腱・靱帯などの張力発揮と伝達に特化した組織をつくる細胞と、それらの「触覚」の分子細胞メカニズムについても調査しながら、健康

な身心や有効な人間にとっての動作・所作・身体運動・スポーツ等についても言及してみたい。

2. 体幹と触覚と細胞

あらゆる動作や運動で安全でかつ合理的な動きを生み出すための人間システムの幹である「体幹」のコントロール機能をアップさせるための方法を紹介したい。本学会では、以前触覚に働きかけて身体バランスを改善する機能性ウェアに関する報告を行っている[跡見11]が、これは、太極拳の動作の学習により身体動作のコントロールの鍵が体幹にあることを理解したオートポイエーシス[マツラーナとヴァレラ91]的経験が基となっている。後に紹介するが、多細胞動物を構成する細胞は基本的に接着性であり、分裂期を除く細胞周期において、細胞はほぼ重心に近いと考えられる微小管の中心体を核に、アクチン細胞骨格とともにやりとりしながら形の制御を行っている。中心体ではチューブリンから成る微小管で直交座標を創っている。多細胞動物が進化してから10億年だとされるが、細胞もまた重力場において基盤に接着し形態を制御している。その構造をつくるチューブリン-微小管がもつ動的不安定性は、オートポイエーシスの原型であると考えている。

体幹制御の重要性は知られていると思われるが、科学として展開するのが難しい。それ故、身体レベルではアジアの身体技法において重視される、立位の重心とほぼ一致する「臍下丹田の制御」(人間の認知行動系が学習してきた暗黙知とらえる)と、上述の細胞の微小管システムを、そして科学するための範例として自らの体験をできるだけ言語化しながら研究を行っている。

3. 臥位での体幹エクササイズ

生理学的には体幹を構成する深部筋の制御であると捉えられている。第一著者は、若い頃に腰痛を体験しており、カイエの提唱する腰痛体操を学び、身体運動の指導にも導

入してきた。しかし日常生活における油断から3年前に腰痛を再発した。その折に理学療法士から指導された臥位での体幹リハビリテーションエクササイズを、発展させた

「**臥位体幹体操**」(+αの臥位での体操)は、365日の毎朝の日課となっており、きわめて快適な身体感覚が生み出されることから、触覚を用いた身体チェックはもとより様々な行動変容効果、オートポイエーシス効果を生み出す有効な処方となりうると考え、少人数を対象としたプログラムで主に運動能力からその効果を評価してきた。その中でも有意にアップする「上体起こし」は、高齢者を対象としたQOL向上に対して、重要な一を占める[村田 10]。

4. 臥位を発見した体幹エクササイズにおける触覚

自身の身体動作を誘導する触覚だけではなく、身体システムを認知的に理解し、「体幹」を発見する道具としての触覚を提起する。身体を定位させるための自重を担う支持基底面となる**背部の触覚**と「**外に出た脳である手**」[河本 07]を用いた腹部への触覚刺激を用いて、認知系に上りにくい体幹が暗黙知として機能するようになり、実際の立位における生活の中でのスムーズな動作を引き出す効果が得られているので紹介する。オートポイエーシス[マトゥラーナとヴァレラ 91]の訳者であり、その後、オートポイエーシスの第三世代[河本 95]から、第4領域[河本 06]、拡張[河本 10]まで発展させ触覚こそオートポイエーシスの中核的な感覚として活動している河本英夫は、「**手は外に出た脳であり、身体は外に出た脳の容器である**。一頭蓋骨の中に収まっているのは、脳の構造部材であり、この構造部材を有効に活用するためには、外に出た脳に有効なエクササイズを課すしかない」という[河本 07]。実際の人の体幹の皮膚面積はきわめて広いが、脳の体性感覚野における部位は狭い[ペンフィールド 11]。直立二足歩行を獲得した人においては、体幹部は抗重力的に機能しており、実際脊柱起立筋は他の四足動物と比較して遅筋の比率が高い。通常の生活ではほとんど触覚も含めてどの感覚モダリティも知覚されない体幹の背部に注目する。

人は臥位で眠るので、背部は、「平らな平面」を知っている(河本英夫)が、自分の背中には手さえ十分には機能しない。つまり目が届かない。しかし、臥位という体位においては腹部皮膚への触覚を介した認知から誘導する腹筋群の緊張とともに誘導する脊椎の繊細な動きの誘導により背部と脊柱が認知されるようになる。さらに臥位は、支持基底面が広く、立位時にはなにがしかの歪みがある身体の歪みを顕在化させず脊柱周辺の400個もある感覚センサーとしての筋紡錘を豊かに含む大小様々な筋群の緊張を除くことが可能となる。臥位という姿勢は、我々ヒトを含む脊椎動物は元来生まれたときの体位である。水中で生まれた脊椎動物は、脊椎を重力と平地させ、それにより身体の形態を生み出すだけでなく推進力を発生している。人にとっても臥位は懐かしい体勢なのである。

5. 物質システムから考える細胞と身体と触覚

5-1 Stretching is good for a cell [Ruoslahti 97]

細胞は基盤から解離するとアポトーシスに陥る。接着は細胞にとって生存のための第一要因である。

5-2. 細胞の分子生物学からの身体と運動と触覚

細胞において接触は接着という。細胞の生存原理と身体との関係について触覚を考慮してまとめておく。

- 1) 人間は、多細胞動物である
- 2) 身体は、37兆個の細胞[文献]と、細胞が分泌した細胞外基質(ECM)から成る(うち26兆個は、赤血球)

3) 赤血球を除く11兆個の細胞は、接着性であり、基質や他の細胞に接着して、形を作り張力を発揮する。自分の環境と化学的応答だけでなくメカニカル応答する

4) 人間は動物なので、身体は動くようにできている。動きには支点が必要で触覚と用いている。

5) 故に、**身体運動は、細胞へのメカニカル刺激(ストレス)**となり、身体-細胞の両レベルで触覚-接着が基幹となる。

6) 人間は、重力場で生きている多細胞脊椎動物である

7) 細胞は、細胞の重心をダイナミックに制御する(やわらかい) **タンパク質力学応答システム「細胞骨格-細胞接着分子-細胞外基質」**をもち、生存の基盤と成している。

8) 「細胞と身体を直接、力学的につなぐ運動は、細胞の生きる刺激となる」[Ruoslahti 97]と同時に、「力学的にまちがった運動は膝や腰の関節に障害を与える」

9) 故に人間は、重力場で「力学的に正しい体の使い方」を学ぶ必要がある(多関節可変構造から成る脊椎はやわらかく不安定であり、重心となる体幹制御がポイント)

10) やわらかい細胞とタンパク質のかたちのお世話をするストレスタンパク質(分子シャペロン)が適応の鍵である。

参考文献

- [跡見 12] 跡見順子, 清水美穂, 跡見友章, 廣瀬 昇: 細胞・身体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回人工知能学会全国大会論文集, 3E2-OS-16-11 (2012)
- [諏訪 13] 諏訪正樹, 跡見順子, モノゴト四階層で生の営みをみる. 第27回人工知能学会大会論文集, 3G4-OS-12b-6 (2013)
- [跡見 16] 跡見順子, 清水美穂, 藤田恵理, 跡見友章, 廣瀬昇, 田中和哉, 長谷川克也, いのちを知り生かす身心一体科学(その一): 人間の二重のいのち(細胞と身体)をコネクトする物質に観る「知の身体性」, 第30回人工知能学会大会論文集, 2L4-OS-26b-2 (2016)
- [跡見 17] 跡見順子, 東芳一, 清水美穂, 藤田恵理, 跡見友章, 田中和哉, 長谷川克也, いのちを知り生かす身心一体科学(その二) 第31回人工知能学会大会論文集, 2L4-OS-26b-2 (2017)
- [跡見 11] 跡見順子, 跡見友章, 廣瀬 昇, 清水美穂, 桜井隆史, 身体知を引き出すアンダーウェアの開発〜触覚が引き出す姿勢制御, 第25回人工知能学会大会論文集, 3D2-OS8-11 (2011)
- [マトゥラーナとヴァレラ 91] H.R. マトゥラーナ/E. J. ヴァレラ「オートポイエーシス〜生命システムとは何か」国分社, (1991)
- [村田 10] 村田伸等, 地域在住高齢者の上体起こし可否と身体および心理機能との関連, 理学療法科学, 25(1)115-119 (2010)
- [河本 95] 河本英夫. 第三世代オートポイエーシス
- [河本 10] 河本英夫. オートポイエーシスの拡張. 青土社(2010)
- [河本 07] 河本英夫. 哲学、脳を揺さぶる. 日経 BP.(2007)
- [河本 06] システム現象学オートポイエーシスの第四領域. 新曜社(2006).
- [河本 17] 河本英夫+稲垣論. 現象学のパースペクティブ. 晃洋書房(2017).
- [ペンフィールド 11] 脳と心の神秘.W. ペンフィールド. 法政大学出版社(2011).
- [Ruoslahti 97] Ruoslahti E. : Stretching is good for a cell: *Science*, 276, 1345-1346 (1997)