

## 生物物理、脳と意識について

三井利夫\*

(2005年10月18日受理)

本誌に2001年の物性若手夏の学校のテキストが載った[1]のが縁で、筋肉やバクテリアの鞭毛について数遍の論説[2~5]を書かせていただいたが、これらは分りにくい表現や未熟な議論を含んでいた。その後不備な点を修正した論文を書いたので、そのことを本誌に記して誤り訂正とさせていただくことを考えた。しかしこれと関連して、上記夏の学校では“生物物理とは何か”といった討論会もあったことを思い出し、そこで論じたことを敷衍して、本稿のような論述とした。第1節が誤り訂正を兼ねている。

夏の学校では次のような意見を述べた。Newtonがその力学原理を述べた著書の題名は「*Philosophiae naturalis Principia mathematica* (自然哲学の数学的原理)」であるが、物理学が元来そのような学問とすれば、生物も当然物理の対象になる。生物の物理学には大きく分けて3つの分野があるように思われる。(1) 通常の物理の枠内で処理できる分子生理などの問題。(2) 遺伝子が直接に関与し、情報という概念を物理に取り込まなくては処理できない発生や遺伝などの問題。(3) 脳と意識に関係した問題。以下この順に議論する。

## 1. 通常の物理の枠内で処理できる分子生理などの問題

筋肉やバクテリアの運動における鞭毛モーターなどの機能は、通常の物理の枠内で処理できるように思われる。この分野では電場、分極、応力、変形の相互作用が問題となり、物性物理で使われる定式化が有用である。この関係の議論の例は、本誌に載った論説[1~5]に見られる。しかし、これらは未熟な議論を含んでいたため、不備な点を修正して、筋肉については[6]、鞭毛については[7]を書いた。もし興味をお持ちの場合、[6,7]を読んでいただけたら幸いである。([6,7]中の「構造生物」に載った論説は同誌のインターネット版で読める。)なお、生物現象と関連して、揺らぎの重要性を強調する人もいるが、生物内の揺らぎは生物の閾値的情報処理と関係して特色を現すように思われる。これについてはいずれ詳しく論じる予定である。

---

\*情報通信研究機構、関西先端研究センター、脳情報グループ (神戸市)

(自宅: 665-0875 宝塚市 中筋山手 3-6-24, t-mitsui@jttk.zaq.ne.jp)

## 2. 遺伝子が直接関係している問題

DNA が直接に関与している分野としては進化や発生の問題がある。この分野では情報という概念をどのようにして物理に取り入れるかが避けて通れない問題となる。かなり昔のことになるが、この問題についてもっともよい見通しを持っておられたのは高橋秀俊先生のように思う。先生からは、こういった分野の生物物理をつくる上で Turing の理論と von Neumann のセルオートマトンの理論が重要であろうと教えていただいた。Turing の理論については詳しい解説をしたことがある[8]。von Neumann のセルオートマトンについては[9, 10]の解説を参照されたい。[10]はシステム論の専門家にはほとんど自明のことを述べたものであるが、全然理解できないという物性物理学者もいた。境界領域では時々経験することである。

畢竟して生物は機械なので、工学的な概念を物理にどう取り入れるかは生物物理の今後を考える上で重要であろう。一方では、工学から、マクロな生物機能の理論的な取り扱いの上で、物性理論の方法論に近づく傾向もある。その一例は以前本誌に載った有本氏の解説[11]に見られる。

## 3. 脳と意識の問題

哲学書は科学書のように理解できないものようであるが、“誰かの哲学の祖述者や解説者であったことは、ただの一度たりともない” [12] 西田幾多郎には強い魅力を感じている。「善の研究」[13]には次の言葉がある。“意識現象が唯一の実在である。” 或いは、“純粹経験の上から厳密に考えて見ると、我々の意識現象の外に独立自全の事実なく、(中略)我々の世界は意識現象の事実より組み立てられてある”。一方、最近の脳科学の良い入門書として多くの人々が推薦するブルームらの著書[14]の上巻 p.20 には、“この本がとっている考えは、「心」とは脳の細胞が働いた結果だというものです。消化器の細胞が働いた結果が「消化」であるようなものです” とある。以下に述べるのは、そういった対立をもう少し離れた立場から見てみよう、といったことである。

我々はごく自然な感じとしては、デカルトの言うように[15]、“私は考える、ゆえに私は存在する” といった形で〈私〉或いは〈私という意識〉は存在すると感じている。一方我々は私をめぐる〈外部世界〉も存在するようにも感じている。多分デカルトの時代と違うのは、脳の研究が進んだ結果、〈私〉と〈外部世界〉を繋ぐ形で、意識を生みだす〈脳〉も存在しているように感じることであろう。ただ “〈私〉は存在する” と “〈外部世界〉が存在する” と “〈脳〉が存在する” で、“存在する” が同義語かどうかは問題となるところで、主語との関連で違う意味合いを持つ動詞とも言える。ところで物性物理の良い慣習として、原子論的理論に立ち入る前に、観測される力学的、電氣的等異なる物性の関係を先ず整理、

記述する現象論をつくるという手順がある。以下それにならって考えることにする。すなわち、上記の“存在する”という言葉の意味の違いは問わないで、登場する〈私〉、〈脳〉、〈外的世界〉の三者の関係を整理する一種の現象論をつくることを考える。要点は、脳が進化した結果意識を生み出す機能を持つようになったことを現象として受け入れて、三番目の存在として考えようということである。

〈脳〉が〈私〉という意識を生み出し、〈外的世界〉を見させているとすると、現象論としては、脳を中心にするのが考え易い。養老孟司著の「唯脳論」[16]の中に次のような言葉がある。“私は、数学をある種の脳の機能そのものだと考える”。“「脳がそのように考える」ではない、「脳がそのように機能している」のである”。“数学を、脳内過程に関するアナロジー、と表現してもよいであろう”。物理学についてもこのような形で考えることにすると、相対性理論は、〈脳〉が、〈私〉がどのような運動状態にあっても、同じ時空の枠組みで〈外部世界〉を見るように機能する結果ということになる。また、古典力学とは違う量子力学の特徴は、基本の波動方程式の時間微分の係数が虚数になることで、それによる計算の結果を実験データと比較する時は、波動関数の絶対値を取って確率密度を考えるとといったことをする。〈私〉という意識の“存在”と、多くの〈私〉が共通の枠組の時空の中に感じる〈外部世界〉の“存在”を二元的と言うならば、〈私〉の〈外部世界〉認識の理論面も、実数と虚数からなる係数を使うという意味で二元論的ということになる。これは興味ある対応関係と思われる。とにかく〈脳〉が〈私〉と〈外部世界〉を結び付ける物理法則は、両者の“存在”に、原理的な制約があることを示している。

量子力学から導かれる重要な結果は不確定性原理であるが、この原理は、〈私〉が〈外部世界〉を観測して、その将来を正確には予言できないことを意味する。〈私〉が〈脳〉を見るとき、〈脳〉は〈外部世界〉同様に物質系なので、〈脳〉と〈私〉の関係にも不確定性原理が介在する筈である。つまり〈私〉は〈脳〉の将来を正確には予言できないことになる。勿論〈脳〉の状態と〈私〉の状態の間に強い相関があるが、〈私〉に自由があるかどうか、〈私〉が〈脳〉を変えることができるかどうかについては、不確定性原理によって物理学は何も言えない。つまり、自由意志の問題は論理的には解決できないということになる。

なお、不確定性原理の他に人間の思考の限界性を示すものにゲーデルの不完全性定理やそれと等価なチューリング機械の停止問題の非可解性がある。後者については丁寧に解説したことがある[8]。生物物理の最終的な課題は、そういった数学的な不完全性も含めて、〈意識〉と〈脳〉の間の不確定性を不等式の形で表現することかも知れない。

参照文献

1. 三井利夫: 筋肉収縮の理論. 物性研究 77 (2002) 674-683.
2. 三井利夫: 「筋肉収縮の理論」への補足. 物性研究 78 (2002) 603-611.
3. 三井利夫: バクテリア鞭毛モーターのモデル. 物性研究 79 (2002) 154-175.
4. 三井利夫, 大島広行: バクテリアべん毛モーターのモデル II. 物性研究 80 (2003) 451-470.
5. 三井利夫, 大島広行: バクテリアべん毛モーターのモデル III. 物性研究 80 (2003) 785-797.
6. 三井利夫: 筋収縮機構の新しいモデル. 構造生物 10-1 (2004) 39-56. (英文の T. Mitsui: Induced potential model of muscular contraction mechanism and myosin molecular structure. Adv. Biophys. 36 (1999) 107-158 が基本になっている。)
7. 三井利夫, 大島広行: バクテリア鞭毛モーターのモデル II. 構造生物 10-2 (2004) 55-72. (三井利夫, 大島広行: バクテリア鞭毛モーターのモデル, 構造生物 9-2 (2003) 37-56 をより詳しく解説したもの。英文では, T. Mitsui and H. Ohshima: Proposed model for flagellar rotary motor. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 46 (2005) 32-44 として出版されている。)
8. 三井利夫, 菅田一博, 広野力, 中西健二: 生物物理学序説 — 神経膜の興奮、思考の基礎論. (1983) 共立出版 3章 Turing の理論.
9. T. Mitsui, K. Sugata and K. Morita: On the two-dimensional model of biological systems. Jpn. J. Appl. Phys. 24 Supplement 24-2 (1985) 99-102.
10. 三井利夫: 生物物理学について. 固体物理 34 (1999) 85-89.
11. 有本卓: 手の巧みさと解析力学: ベルンシュタイン問題 (身体運動の謎) への挑戦. 物性研究 82 (2004) 625-654.
12. 檜垣立哉: 西田幾多郎の生命哲学. (2005) 講談社現代新書.
13. 西田幾多郎: 善の研究 (1975) 岩波文庫.
14. フロイド, E. ブルーム他著 中村克樹, 久保田競監訳: (新) 脳の探検 上, 下 (2004) 講談社ブルーバックス.
15. デカルト著 谷川多佳子訳: 方法序説 (2004) 岩波文庫.
16. 養老孟司: 唯脳論 (1991) 青土社.