

[論文]

スピリチュアリティ・システム進化論 6 — エンタルピーから心の本質へ

田中 秀典・矢後 長純

まえがき

Aristotle (BCE384～322) は、著書『心とは何か (*Peri Psyches*)』¹⁾で、人間は対象が“何であるか”という本質 (essence) に関する疑問をヌースにより認識する能力を持つと述べた。さらに『ニコマコス倫理学』で、人間も動物も食事を摂らなければならないことでは同じだが、人間にはロゴスがあること、それが人間のアレティの基にあり、人間の理性、倫理および徳を思考する能力になると解説した。Aristotleは、ヌース、ロゴス、アレティ、エピステーメ、ソフィア、ノエーシス、グノーシス、テオーレインなどの用語を駆使し、それぞれを微妙に使い分けた。いずれも人間の思考能力を意味するものである。さらにAristotleはファンタシア (表象) の重要性にも気付いていた。彼は思考能力の基盤にあるものが多彩な表情をもつ抽象化能力 (abstraction) であることに気付いていたために、いろいろな表現をしたともいえる。

Aristotleは、二つの重要な事実を指摘した。第一に五感 (視覚、聴覚、味覚、嗅覚、

触覚) には担当する器官があること、第二に運動、静止、形、大きさ、数、位置などに加えてヌースをはじめ思考能力には対応する器官が見当たらないことである。しかし彼はそれが心であり、心はからだのどこかにあると考えていた。生物学者でもあったAristotleは、心とからだは密接な関係にあることを直感的に認識していたと思われる (文献¹⁾, 413a, 414a20)。

しかし、およそ2000年を経て1641年、Descartesは心とからだの関係を断ち切った。彼は、“私”というものの存在が空気や水、食物に依存していることを完全に無視し、からだに対する心の優位を主張したのである。青年士官として白兵戦にも遭遇した彼は、戦傷者や戦死者を多数見ていたはずである。それにも拘わらずDescartesは、心の本質についてAristotleには反する立場をとった。しかし当時は、Aristotleを抜く革新的な思想として知識人たちに歓迎されたようである。

1781年、Kantは『純粋理性批判』において、物体の表層または現象は観測可能であるが物自体 (Ding an sich) は知ることが出来ない²⁾と論じた。Kantのいう物自体は多義的だが、一般には本質と解釈される²⁾。この

有名な言明の真意は何か。

さらにAristotle以来の思考の方法論が問題にされるようになった。人類は思考の方法論として演繹法 (deduction) と帰納法 (induction) の二つを手にかけていると今でも信じている人は多い。しかし公理を基に結論 (解答) が判っている単純な演繹法は学校教育での数学の訓練に採用されてはいるが、未知・未経験の問題に遭遇した場合のガイドラインにはなり得ない。しかも現代では公理、最高原理または定言命法といえども合理的な根拠なしには設定できない。また帰納法についてはBertrand Russellが、この方法によって得られた知識はないとまで言い切っている³⁾。Aristotleの心の学説は、思考の方法論においても追い詰められたのである。

人間に残された唯一の思考法はPierceの仮説形成⁴⁾に基づき、演繹法と帰納法を生かしながら経験との照合を図る洗練された推論法しかない。本稿では、この方法の全体をAbductionと略称する。これは現代の科学研究においても、また人々の日常生活においても使われている方法である。過去の主要な科学研究でもこの方法を取っていたことが、徐々に判明しつつある⁵⁾。2019年、筆者らはAbductionにより、現生人類には美德の連鎖があることを証明した⁶⁾。2020年、佐藤直樹教授 (東大) は新著⁷⁾で、自然科学では演繹法も帰納法も有効とは思われず、Abductionが重要であるとされている。AbductionはAristotleのアパゴージェ⁸⁾を起源とするという意見があるようだが、もしそうとすればAristotleは辛くも復権し、アパゴージェ発展のおかげで人間文化への大きな貢献をしつつあることになる。

それにしても、われわれにとっては、Abductionをどのように運用すべきかが大きな課題となる。Aristotleは、何も残さなかったからである。本稿では、1999年にRodney Brooks教授 (Massachusetts工科大学) が提唱した無表象知性論 (intelligence without representation)⁹⁾に注目し、ボトムアップ方式の有効性を主張する。

1927年、Martin Heideggerは主著『存在と時間』¹⁰⁾で、Dasein (現存在) としての人間にはSorge (関心、配慮) という際立った属性があると主張し、そこから実存主義哲学を展開した。HeideggerはSorgeを世界に投げ出された現存在の限りない不安いわば死への不安とし、心の本質とした。直接、複雑な人間の心を対象にしたという意味でトップダウンの研究である。Heideggerの意気込みからすれば、日常の日本語の“関心”や“配慮”という訳語では語感が弱すぎる。本稿では、ドイツ語のSorgeをそのまま使いたい。では、何故、人間はSorgeを備えていて、他の動物にはないのだろうか。

またHeideggerは、われわれの身の回りを見れば道具で溢れている、みな人間が作ったものであると明した。これは見方を変えれば、政治も経済も学問も生産も消費も廃棄もすべて人間活動は、からだから離れては存在しない、といわんばかりである。そしてそれらの活動を支えるエネルギーの通路が確保されていなければならないという考えに行き着く。すなわち敢えていえば自然主義思想を含んでいると云えそうである。

1971年、John Rawls (1921～2002) は主著“A Theory of Justice”¹¹⁾で、公平・公正、正義感、反照的均衡などの概念を提示し、

世界の思想界に衝撃を与えた。これもトップダウンの研究である。筆者らは、この時、生物学的な視点から別種の衝撃を受けた。それは Rawls が提示した概念すべてが新皮質の機能であり、彼がそれらを内的感覚と称したことであった。五感とそれぞれを担当する器官を整備して爬虫類まで進化してきた動物界で、それ以上の諸感覚については個別に進化させるよりは哺乳類の新皮質にすべてを負わせるほうが効率のと進化論は示唆してきた。しかも進化論は五感の中枢も新皮質に移したのである。Rawls は思索のみで同じ結論に達したことになる。加えて Rawls は、人間の最高の本質として自尊 (self-respect) を提唱した。自尊は、第二次大戦に従軍した Rawls の個人的な重い体験¹²⁾ に発したものと思われる。

1997年、矢後および福田は、「2コンパートメント準平衡理論」に基づく生命の起源および進化論を発表した¹³⁾。それを発展させたものがスピリチュアリティ・システム進化論である^{6, 14-17)}。この学説の出発点は葛藤 (conflict) にあり、方法論的にはボトムアップ方式である。こうして Sorge、自尊および葛藤の三つが、人間の心のもっとも特徴的な本質として提示されたことになる。

19世紀以降の自然科学は Descartes の考えをほぼ覆した¹⁸⁾ が、心がからだと密接な関係にありとする自然主義は、21世紀に入ってから『新実存主義』¹⁹⁾ を標榜する Markus Gabriel 教授 (Bonn 大学) からの批判を浴びている。2018年、彼は「心という語で表せるたった一つのものなどは存在しない」、「精神は行為を説明する文脈で援用される説明構造 (explanatory structure) である」

などと主張し始めた。Gabriel 教授は neuromania (邦訳：ニューロン熱¹⁹⁾) と Darwinitis (邦訳：ダーウィン炎¹⁹⁾) という新語まで用意し、強い調子で自然主義への批判を進めている。ただし Gabriel 教授は、自然主義の強力な論拠となる最近の Stanislas Dehaene 教授 (Paris 大学) の Neuronal Recycling Hypothesis²⁰⁾ にはまったく言及していない。さらに精神医学会の動向にも留意していない。

以上を通覧すると心とは何かという問題については、直接、心を観察して解答を求めるトップダウン方式の研究とともに、進化論に基づいて原始に戻っての想定上のモデル・システム構築によるボトムアップ方式研究も行われて来たことが判る。そして方法のいかに拘わらず、心の問題は自然主義と反自然主義との相克を引きずるという歴史を抱えていることにも留意する必要がある。

心が機能するためにはエネルギー消費を伴うはずであるから、そのエネルギーの起源とエネルギーが心に至るまでの流路を辿り、かつ現生人類の新皮質が心を働かせるためにどれほどの準備をしてきたかを調べるべきである。本稿では、エネルギーの出どころを太陽の水素原子の電子の量子化された可視光線のエネルギーと同定し、心の中枢はからだ (新皮質) にあることを確認する。地球上には今や100億になろうとする人々が現存しているが、同じ個性の人は一人もいないこと、そして人々は文化文明を協力して築いてきたという事実を心へのエネルギー流路との関係でどう合理的に説明し得るか、筆者らの関心は常にここにある。

第1章 ボトムアップによる本質の発見

本質探求の方法論の検討から始める。そして本質は、複数の要素からなるダイナミック・システムであることも指摘する。

1. Phineas Gageの受傷とインスリンの発見

1848年、鉄道工事で頭部に重傷を負った Phineas Gage (25歳) は、奇跡的にも一時的には快復した。Hegel²¹⁾ が1807年に「精神は脳などにあるわけがない」と断言してから41年後の事故であった。有能かつ部下たちの信頼も篤かった Gage は工事主任の仕事には復帰できず、転居転職を繰り返した後、12年後の1860年に亡くなった。この間、彼の精神症状は徐々に悪化し、個性の変化が著しかった。当時から前頭葉の損傷は明らかだったが、保存されていた彼の頭蓋骨について1994年、Damasio教授ら²²⁾ が最新の画像診断法で詳細な記録を得た。悲運な事故に対して現代科学が手を差し伸べ、広範な前頭葉の損傷が個性の衰退を招いたことを明確にした研究であった。

心とは何かという Aristotle の課題へのもう一つの答えはインスリンの発見がもたらした。1921年、Toronto 大学の Frederick Banting (1891~1941) および Charles Best (1899~1978) によるウシ、ブタ、ヒツジなどのいわゆる動物性インスリンの抽出²³⁾ は、医学研究史のなかでも指折りの劇的なものだった。これら動物性インスリンが実用化されたのは翌1922年、ノーベル医学生理学賞の受

賞は1923年であった。

糖尿病の原因はある種の膵臓内分泌物質の不足によるという知識がほぼ確実視されていたこと、その物質を何らかの方法で動物から取り出して患者に投与すればよいと思われること、しかしその方法が見つからない、というのが1921年の動物性インスリン発見直前の状況であった。表層の観測から内部の本質まであと一步というところであった。答えがほぼ分かっている、そこへの解決法を探索することで、当時は見かけ上、トップダウン方式の演繹法に見えたであろう。

また、NIDDMでも飢餓療法しか治療法がなかった当時には、患者は精神異常を来すことがあった。欧米では社会的にも重大な課題となっていたので、Rockefeller 研究所でも精神性の糖尿病として研究していた。その中心的な医師が Frederick Allen (1879~1964) であった。動物性インスリンの効果が発見されると彼は直ちにトロントへ赴き、重症の精神性糖尿病も動物性インスリン注射により快癒することを認めた²³⁾。このことは、今日から見ると人間とは何かについて重要な意味をもっていた。グルコースが脳の唯一のエネルギー源であるという現在の知見から考えると Allen は、はからずも次のことを示したのである。

- ①ウシ、ブタ、ヒツジのインスリンで人間の脳が正常化することは、人間が動物の一種であることを示す。
- ②新皮質のニューロンへのグルコース供給が滞ると異常な行動を取る。
- ③グルコース供給が正常化すれば、行動も正常化する。

これらは、心の自然主義を支持する重要な

発見であった。

しかし、動物性インスリンがほぼ安全に利用できたのは極めて幸運であった。Aristotle に云わせれば、動物性インスリンの効能を発見したことは人間の心にとっては発見の不完全な実現態（文献¹⁾, 417 a, p.96）であり、真の治療となるべきインスリン治療の終局態は、ヒト・インスリンの利用であった。人間は動物の一種ではあるが、免疫学的には特異性も備えている。さらに糖尿病の治療は、実は Paul Langerhans（1847～1888）による膵島微細構造の研究（1869年）に始まる先行諸研究を基礎に、真の本質に到達するまでには2000年ごろまでのおよそ130年のボトムアップ研究と Abduction があったことに留意しなければならない。

2. トップダウンからボトムアップへ変更したプリオン病研究

Daniel Gajdusek（1923～2008）によるプリオン病の研究は、トップダウン方式からボトムアップ方式へ迅速に切り替えた結果、心とは何かに対する重要な貢献をした²⁴⁾。

1957年3月、Gajdusek は奇病が頻発するという噂の現地（パプアニューギニア島南部山中の新石器時代とおぼしき村）に単身で乗り込み、患者の診察を開始した。まずはトップダウン研究である。しかし原因はまったく分からなかったので現地の村に住み込み、住民の生活をくまなく調べることにした。ここで彼は研究方針をボトムアップに切り替えたのである。その結果、この症例で死亡した人の葬礼が行われる深夜、山中の暗闇で女性とこどもに限り狂喜して遺体の人肉食を行うという異様な習俗を目撃した。しかも人肉食を

行った人たちに限って発症すること、この習俗は蛋白質栄養の極端な欠損に由来することを突き止めた。

Johns Hopkins 大学の協力を得た Gajdusek は、この村の感染症は当時は未知であった異常プリオンの感染による海綿状脳症であることを確認し、1976年度ノーベル医学生理学賞を受賞した。この村でクールーと呼ばれた奇病は、人肉食の廃止により絶えた。そして村ではオーストラリア政府の指導でコーヒー豆の栽培を始め、経済的にも文明社会に参入できるようになった。新石器時代の住民と同じと思われた人々が、現代人と同じ新皮質を持っていることも証明されたのである。プリオン発見の過程では、数々の Abduction が行われたことは言うまでもない。

3. コンサルテーション・リエゾン精神医学の展開

精神と身体が密着していることは、精神医学領域からも徐々に明らかにされてきた。精神病を疑われた Socrates の奇異な行動は側頭葉てんかんの症状と判明し、現代では精神病とはされない^{17, 25)}。2013年、アメリカ精神医学会は、従来の診断基準のうち「身体表現性障害」の改訂に踏み切り、「身体症状症」に変更した²⁶⁾。これは「身体表現性障害」という定義が、精神が身体から独立しているという考えを強化するものと判断され、そのような心身二元論からの脱却を図るものと評価された結果である。呼応して日本でも総合病院精神科を中心に「コンサルテーション・リエゾン精神医学」が活性化され、精神科と他の診療科との協力体制（リエゾン）が充実し始めた。とくにがん患者における心身問題

は、サイコオンコロジーとして活発な活動が行われている（医学界新聞、3388号特集、医学書院、東京、2020年9月21日）。

心身問題の最も早期の臨床的研究の一つは、男児のみに発症する伴性劣勢遺伝の高尿酸血症 Lesch-Nyhan syndrome で、1964年に報告された。自分の唇や指を噛み切るとい痛々しい自傷行為のため精神病とされていたが、たった一つの遺伝子異常が幼児の心の成長を破壊することが証明された分子生物学的な疾患であった。

20世紀最高の音楽とささやかれるボレロの作曲者 Maurice Ravel (1875～1937) は、1980年代以降の集中的な研究により、没後70年ほどを経て若年性認知症として Pick 病の一種と診断された。Ravel の病気の生物学的原因は、ニューロンの膜の“傷”を修復するための Glia 細胞の progranulin 産生遺伝子の異常によると推定された²⁷⁾。この遺伝子異常により左脳言語領域が徐々に特異的に侵され、若年性認知症を発症する。一般に若年性認知症は精神科での診察が優先されて来たが、今や遺伝子治療の対象にもなりそうである。とはいえ、その一方で若年性認知症発症前の5～10年にわたり美術、音楽を担当する右脳が著しく活性化されることが、多数の症例研究で判明したことも衝撃的であった。このことは将来、単一の遺伝子を対象にした治療についても倫理問題がひきおこされるであろう。それほど心身は密着していることが示唆されているのである。

また日本では一般に学習障害と括られる Dyslexia は、Dehaene 仮説²⁰⁾ の登場により言語領域ニューロンの結線の多様性に基づく現生人類個性の多様性と関係することが明

らかにされた。現代文明を牽引する著名人に Dyslexia を示す人が多いこと、民間人では特殊な技能や優しい人柄が注目されている¹⁷⁾。その反面、Dyslexia の少年少女たちが過酷かつ無益な文字習得訓練に曝されている。子細に見ると、Dyslexia が遺伝子によるとすれば、スポーツ嫌いも含めて人間社会に相当に広がっていると考えられる¹⁷⁾。このことは、単純に心身二元論で事にあたってはならないことを示している。個人の自由の問題、人類文化の多様性にさえ関わりのあることであり、それほど心身の密着の度合いは強いのである。アメリカ精神医学会の診断基準改訂は、リエゾン医学によるボトムアップ研究の推進をはかり、かつ心の世界の一層の解明を目指すものと理解される。

第2章 エンタルピーの発見

1. エンタルピー

19世紀中葉、Helmholtz、Joule および Meyer らは個別に、人類の過去の経験を基礎に、時には決定的な実験を行い、前後して物体の内部エネルギーという概念を確認し、エネルギー不滅の法則を打ち立てた。熱力学の第一段階である。その後100年ほどの間に第二段階の理論整備により熱力学は洗練された。そこでは人類の抽象化能力と表象設定能力があますところなく発揮された。原子の存在は発見されていたとはいえ、振る舞いについては依然としてほとんど未知の時代であった。そこで当時の物理学者たちは思い切った抽象化の下に仮説をたて、およそ一世紀をかけてそれらを集大成したのである。この全体

のプロセスには、仮説の重畳、数学の応用による演繹法、経験・実験との照合という帰納法、研究者間の慎重な検討など豊かな **Abduction** の様相が示されている。しかも基本的方針は、ボトムアップであった。そして熱力学の中心概念としてのエンタルピー (enthalpy) が今や心とは何かの問題に直接の貢献をすることになった。

あらゆる物体は1気圧という大気圧 p の存在において体積 V をもち、 p と V の積 pV という機械的仕事 W および熱量 Q を外部との間に交換するダイナミックかつ抽象的なエネルギーを持つ。このような対象がエンタルピー H として次式で定義された。 U は内部エネルギーである。

$$H = U + pV$$

“*Feinman Lectures on Physics, Vol. II*, (1965)”でも推奨された教科書“*Heat and Thermodynamics*”²⁸⁾で Zemansky (New York City 大学) は、その間の経緯を同書第11章で次節のように簡潔にまとめた。そこには人間の思考法に関する独特の方針としての **Abduction** が時には屈折した形で示され、かつボトムアップ方針が明瞭に使用され、現代科学が **Aristotle** を超えていることも示されている。同書では熱力学の構築に貢献した物理学者25人の写真を掲載し、本邦でも小島頼男教授 (東大) が先人たちに敬意をもって熱力学構築のプロセスを解説した²⁹⁾ ことは、自然科学の教科書としては珍しいことでもあった。いずれも第二次大戦の終戦直後のことである。

エンタルピーという用語は1908年にパリの **Institute of Refrigeration** でのセミナーの席上、**Kamerlingh Onnes** (ヘリウムの

液化および超伝導の発見で1913年度ノーベル物理学賞を受賞) が提案したことが判明した³⁰⁾。正式の専門用語としての採用は1922年、普及し始めたのは第二次大戦後である。アメリカの大学の専門課程の教科書を見ると、前述の **Zemansky** 版 (1955年)²⁸⁾ はいち早くエンタルピーで統一されているが、**Kittel** 版³¹⁾ (1971年) では熱関数 (heat function) を主とし、ほかにエンタルピーと **heat content** (熱含量) が紹介されている。**Brown** 版³²⁾ (原書13版、2015年) ではエンタルピー一色である。日本の大学教育では長らく熱関数であったようで、エンタルピーへの移行は1970~1980年代以降ではないかと思われる。なお、新井朝雄教授 (北海道大学) の新著³³⁾ ではエンタルピーである。

2. 前提から仮説へ抽象化の道

熱力学で表現された人類の抽象化能力と表象空間設定能力の一部を簡単に紹介する。

- ①内部エネルギー U の起源は問わない。原子のふるまいがほとんど不明であったから、実は問えなかったのである。ここで対象としては空気などの気体が念頭にあったと思われるが、まったく想像上の理想気体 (ideal gas) を考えた。hypothetical という用語を使わなかったことに初期の研究者たちの自信がうかがえる。
- ②当初は対象の持つ変数は圧力 p と体積 V のみとしていたが、まもなく酸化還元電位、電気分解、電圧と電流へも応用されるようになった。これらの結果が工学に応用され、量子力学以前の技術による日常生活の文明化の基礎が作られた。
- ③当時の物理学では対象の内部は知る由もな

かったため詳細には触れないように表面のみを考え、それが曲面であっても平面として扱えるほどの微視的表面とした。その表面の p と局所の微小体積の変動 ΔV との積 $p\Delta V$ を対象の全表面にわたって積分すれば、仕事 W が算出されるという考えであった。しかし現実には、表面を表わす関数の形はまったく不明であるから積分は不可能である。そこで変化の方向と向きのみを考えた。初めに想定した微視的平面における微分を考えたのである。この微分は、いかに小さい部分に関わるかは具体的には想像すらできず、ただ紙の上だけの話（表象空間における表象の写像）であった。しかも実際には積分は実行したものとし、始状態と終状態の差を仕事 W として評価した。

- ④このとき絶対温度 T の変化により対象は収縮または膨張という負または正の仕事 W をするが、その変化が急激におこれば内部状態が攪乱され、熱エネルギー変化の精密な計算は不可能となる。そこで仕事 W は無限に緩慢に行われ、内部には静止状態が保障されるとした。これを準静的過程 (infinitesimal process) と定義したが、まったく抽象的なものである。
- ⑤今日、自動車の燃費、月々のガス代、電気代などもエンタルピーのことであり、軽くよそったお茶碗のごはんが 150Cal というのもエンタルピーのことである。
- ⑥ここから先は微分学が駆使され、人類の持つ抽象化能力がいかに発揮された。絶対温度 T も微分学の要請するところとして定義されたが、新井教授³³⁾は T を a priori なものとされたので、新しい議論が生まれると期待される。

⑦エンタルピー H というエネルギーの形態は、人類に利用できる部分と利用できない部分からなり、前者は自由エネルギー、後者はエンタルピーと命名された。蒸気機関で汽車が動くのは薪や石炭のエンタルピーのうちの自由エネルギー（この場合は Gibbs free energy）によるものであり、もくもくと吐き出される煙のエネルギーはエンタルピー (entropy、理論上はエンタルピー変化を ΔS として温度との積 $T\Delta S$) である。やがて20世紀を迎えると、原子の内部構造の知識が取り入れられ、熱力学は統計力学に接続され、理論はますます精緻なものになった。

生物で反応の前後において体積が増大するのは細胞増殖である。このとき当該生物は生物学的空間を創出したのである。海中での昆布の成長や陸上の森林の拡大、こどもの成長、ニューロンの結線システムなど、すべてエンタルピーの構成成分である自由エネルギーの作用である。

第3章 可視光線とクロロフィルからニューロンのエネルギーへ

1. 20世紀前葉のMünchen大学の物理学と化学

1895年、Würzburg大学物理学教室でX-raysを発見したWilhelm Rontgen (1845~1923) は1900年、ババリア州政府の招きにMünchen大学の物理学教授に転じ、翌1901年には第1回ノーベル物理学賞を受賞した。1906年、RontgenはArnold Sommerfeld (1868~1951) を理論物理学教授に招聘した。ここでSommerfeldは世界の理論物理

学の中心的地位を築いた。太陽可視光線の複雑なスペクトルを説明する理論は1915年、Sommerfeld、Wilsonおよび石原純によりそれぞれ独立に構築された。今日では“Bohr-Sommerfeld quantum condition”と呼ばれ、ほぼ同時期に熱力学界で提唱された地球上のエンタルピー³⁰⁾に直接関係するものであった。Sommerfeld研究室からは理論物理学の俊英が輩出し、ノーベル賞受賞者7人を数えた。

Richard Willstätter (1872~1942) のような大化学者がクロロフィルの研究を始めたきっかけについては、Sir Robert Robinson (1886~1975、1947年度ノーベル化学賞)³⁴⁾が報告した。それによれば、1902年の夏のある夕方、Willstätterが友人とミュンヘンの街を散歩していた折、談たまたま将来の希望に及んだ。その時、彼は恩師 von Bayer がインディゴ色素の研究に打ち込んだように、自分は植物色素をテーマにしたいと語ったそうである。実際にWillstätterがクロロフィルの研究を開始したのは1905年、Zürich 工科大学に職を得てからだった。Willstätter はMünchen 大学化学科の卒業生だったが、教授として母校に戻ってきたのは1916年であった。前年、クロロフィルの構造決定によりノーベル化学賞を受賞した彼は、München 大学在職中にSommerfeldと化学者Fritz Haber (1868~1934)と親交を結んだ。

ある日、セミナーでWillstätterが炭酸同化作用(現代の用語は光合成)について講演をした帰り道、来聴していたSommerfeldから「今日の講演では炭酸ということばが何回も出て来たけれども、あれはそもそも何ですか?」と質問されるとWillstätterが述懐し

ている³⁵⁾。Sommerfeldが炭酸を知らないわけではない。彼は炭酸同化作用の本質を尋ねたのに違いない。前述の理論を築いて間もないSommerfeldは、水素の電子の運動エネルギーとWillstätterのクロロフィル研究が直接関与することについてあと1歩のところまで迫っていたのである。Haberの人工肥料の研究も同様であった。植物に窒素肥料を与えるのは、光合成システムのPS I、PS IIおよびラビスコ回路酵素の蛋白質のアミノ基の原料を供給することだったのである。彼ら三人の研究は、地球上の生きとし生けるものにとっての必須の条件に直接関与するものだったが、もちろん、そのことに気付く由もなかった。この条件がほぼ解明されたのは、後述のように100年後の2010年代である。

2. 光合成研究のスタート

葉緑体では、太陽の水素原子の電子の量子化されたエネルギーが以下のような順序でグルコースの分子内結合エネルギーに変換される³⁶⁻³⁸⁾。

- ①可視光線(680nm附近)の光子4粒の量子化されたエネルギーが葉緑体の内部にあるチラコイド(糖脂質を主成分とする袋状の二重膜構造の扁平状の袋)内に存在する無数のクロロフィル分子のうちの4分子にランダムに励起エネルギーとして捕集される^{35,36)}、
- ②励起されたクロロフィル分子のエネルギーは隣接の多数のクロロフィル分子の間を次から次へと共鳴(効率は~100%、時間は1ns)により移動し、チラコイドの随所にある光合成センターPS IIに到達する、
- ③PS IIセンターは蛋白質を担体とする分

子量35万の巨大分子で、内部にMn原子4個、Ca原子1個、酸素原子5個からなるMn₄-Ca-O₅複合体を持つ。この複合体はPS IIに到着したエンタルピーのうちの自由エネルギーを用い、水分子2個を4段階（各段階で光量子1粒分を使用）で分解し、酸素分子1個、水素イオン4個、高エネルギー電子4個を放出する³⁷⁾、

- ④遊離した水素イオン4個はチラコイド蛋白質に用意されているトンネルを通り抜け、次項のNADPを還元する、
- ⑤4個の電子は電位エネルギーによりPS I センターへ移動し、ふたたび光量子（700 nm附近）4粒によりエネルギーを付加され、前項の水素イオンとともにNADPを還元しNADPHとする。
- ⑥チラコイド媒質にあるルビスコ回路は還元されたNADPHにより空気中の炭酸ガスを還元してグルコースを産生する、この時、エネルギーはグルコース内部の原子間結合エネルギーに転換されている、
- ⑦グルコースはエネルギーのキャリアーとして動物の食糧になる、
- ⑧人間では脳の毛細血管に血糖として流入したグルコースは、ニューロンの栄養、育成、膜の傷補修²⁷⁾などを担当するGlia細胞に吸収される。
- ⑨Glia細胞では無酸素条件下でグルコースを乳酸にまで分解（解糖系）し、グルコース1分子につきATP2分子を産生し、自身の栄養とする、
- ⑩乳酸はニューロンに注入され³⁸⁾、有酸素条件下（毛細血管から酸素が供給される）にミトコンドリアで代謝され、元のグルコース1分子につきATP分子30個を産生する。

ATPのエネルギーは電圧に変換され15分子につき1スパイクが送信される。膨大な数のスパイク集団が心のエネルギーとして使われる。

- ⑩PS IIによる水の分解に際し副産物の酸素分子はエンタルピーを受け取り大気中に出る。これにより酸素は、原始地球上の二酸化炭素で充満されていた大気と入れ替わりに酸素環境を築き、あらゆる生物の存命を保証してきた。5億年前頃には、地球表面のあらゆる鉱物の酸化もほぼ終了したと推定される。

上記各項は、部分的には20世紀末には判明していたが、光合成における水分解の物理的過程は2011年、梅名泰史博士らの光合成研究グループによって放射光施設SPring-8の利用によりX線回折法で解明された³⁷⁾。光量子エンタルピーの自由エネルギーがグルコースに変換される詳細な生化学は、2015年ごろまでにはほぼ明らかにされた³⁸⁾。Willstätterらの時代から1世紀を経てようやく葉緑体機能の深層へ到達したのである。われわれは、新皮質において発生したATPのエネルギーのみがSorgeや自尊、葛藤などの情報処理エネルギーとして利用されることを知ったのである。

第4章 心の三原理とニューロンの結線集合

ここでは心の三原理として、Sorge、自尊および葛藤を取り上げ、これらを支持する新皮質ニューロンの結線を調べる。今世紀に入ってDehaene教授ら²⁰⁾が新皮質の言語領域（Visual word form area）において、読字・

書字機能に関してニューロン間の結線の改訂 (Neuronal recycling hypothesis) が起こることを発見したことは、新皮質の機能に関して大きなブレークスルーであった。これらの発見は、心が自然種であることを明確に示したのである。

1. ニューロンの結線集合

細胞染色の専門家 Camillo Golgi が発明した硝酸銀法により染色した脳細胞を顕微鏡で観察した Santiago Ramon y Cayal は 1889 年、豊かな画才にまかせて観察結果を手書きで記録し、脳の驚くべき細胞構築を明らかにした³⁹⁾。人間の脳には極めて特殊な形の細胞が無数に存在し、しかも細胞間には他には見られない特殊な接触連絡があることが判明した。二人は 1906 年、ノーベル医学生理学賞を受賞した。

2015 年、David Kemmerer 教授 (Purdue 大学) は、“*Cognitive Neuroscience of Language*” を教科書として出版した。引用文献だけでも 2000 超、オールカラー、2 段組み、599 ページの大著である³⁹⁾。古典的文献以外はほとんどの参考文献が、21 世紀に入ってからのもので、21 世紀に入ってからのものであるから、他分野までをも考慮すると新皮質に関する現代の研究速度と研究者数は想像すら出来ない。新皮質の言語領域に限っても研究者が殺到している現況から見れば、Camillo Golgi と Santiago Ramon y Cayal の研究が実はボトムアップの始点をなし、Abduction が連続的に発生していたとしか言いがたい。

Kemmerer 教授の著書に紹介された研究

方法のなかでも圧巻は、脳細胞やニューロンを 150 種以上の色素で染め分ける Brainbow 法 (UCLA Santiago の Brain Observatory) である³⁸⁾。この方法その他で算出された人間一人の脳細胞は 1 兆億にのぼり、ニューロンの結合距離は 15 万キロメートルにも達するという。新皮質の 3×10^{10} 個のニューロン集団が持つ 10^{15} 個のシナプス結合・・・という天文学的な数字の細胞数と結合数が示されている。このシステムが持ついくつかの認知関数のパラメータ値はもはや無限といわざるを得ない。それらのパラメータの値が自由に選択出来るとすれば、地球上の人々が誰一人として同じ個性ではない理由が納得できる。われわれはインパルスにしたがう生物機械ではなく、インパルスから受け取る自由エネルギーを統合して行為行動をきめる主体である。

2. 葛藤 (Conflict) とクワッソン理論 (Quassonian Theory)

Brooks 教授の無表象知性論は 3 種類のサブシステムからなる包摂構造であったが、より単純なシステムはシアノバクテリア以前にまで遡ることは容易に想像できる。生命の起源はそこにあると考えられ、筆者らはその情報処理システムこそ 2-コンパートメント準平衡理論 (a quasi-equilibrium theory between two compartments) であると主張する。この理論の骨子は、まず地球上に、エネルギー的に安定状態 (A) と不安定な励起状態 (B) を取り得るモデル物質を想定する (擬人法により葛藤状態と呼ぶ)。水素原子の原子核の周りで運動する電子は、このようなものである。生体高分子では、基質分子に接触すると励起されるアロステリック酵素

(allosteric enzyme) や基質との反応中に失活する酵素 (suicide substrate)⁴⁰⁾、無機物質ではセメントの劣化や原子力発電所のフィルター機能の劣化などが挙げられる¹³⁾。

AとBとは、見かけ上、平衡にあるが時間の推移とともに環境条件により、いずれかに偏る可能性がある。このようなものが多数個ある集団を考え、A状態にあるものの数を[A]、B状態にあるものを[B]とすると、[A]と[B]は準平衡にあると定義し、これをquassoneと命名する。1分子のPS IIに存在する35分子のクロフィル集団を念頭に置けば理解しやすい。葛藤の原型である。近隣に第二のクワッソン[C]と[D]があり、突然変異により[B]が[C]に信号を送ることが出来ようになったとし、その結果、[C]は[D]への速度が高まるとする。たとえば共鳴 (resonance) である。すると、ここに複合クワッソン・システム (Complex quassonian system) が出来上がる。この理論を実装しただけの原始生命体には無数のものが数億年にわたって存在したかもしれない。それらは今日のウィルスのように寄生すべき細菌類がなかった当時、いずれも短命であったに違いない。しかしたとえば、あるとき原始的な蛋白質担体や生体膜の合成が可能となった時、複合クワッソン・システムは生き延びることに成功した、などと仮説的に考えることが出来る。ここにクワッソン理論の進化論が道を得たと考えられ、スピリチュアリティ・システムの起点が整えられたといえよう。この基本方程式からいろいろな誘導式ができ、シミュレーションが可能であった¹³⁾。

クワッソン理論 (a theory of quassone) は1974年、福田信男博士 (故人) と矢後

が生体内における分子の寿命を解明する理論^{41,42)}を築いたことに始まる。この理論をウィルスの増殖、ミトコンドリア集団のダイナミックス、血小板の寿命曲線、陸上四足動物の最大体重、生命表のシミュレーション、高い塀の上から飛び降りようとしている猫の安全性に関する葛藤などの研究に適用してきた。いずれの場合にも複合クワッソン性システムの基礎方程式に若干の修飾を施すことにより、収集されたデータのシミュレーションに成功した¹³⁾。Brooks教授の無表象知性論⁹⁾と合わせ考察し、1997年にはこの理論で表現されるシステムの萌芽はおそらく35億年前の生命の起源とともに発生し、5億年前のカンブリア大爆発のころには完成し、そのまま今日に至るまでの生物進化の深層構造として維持されてきたと結論づけた⁴³⁾。今世紀に入ってから芸術や文学作品の奥に潜むものの解明⁴⁴⁻⁴⁶⁾にも適用してきた。近年では、ペトリネット理論も援用して文化の持続的発展の深層解明を目指し、一例として徳川吉宗の初期の政権構想を研究した⁴⁷⁾。

3. Sorge

Brooks教授の無表象知性論の初期モデルには葛藤は実装されていない⁹⁾。サブシステム“Avoid”は、触れたらすぐに離れよという信号を“Wandering”に送る。しかし、触れたらそれ (対象) が安全かどうかを検討するようになれば、その推察過程はクワッソン性を帯び、葛藤になる。それが心の萌芽である。クワッソンが重畳すれば情報収集は一段と活性化され、慎重な判断過程が生まれる。システムの成長であり、解剖学的にはニューロンの遠距離連絡として観察できる。

HeideggerのSorgeは葛藤を基礎に置きながら、哺乳類の新皮質の基本的なシステムとして進化してきたと考えられる。しかし人間の本質に関わることながら、生物学ではかつて一度も中心的課題として取り上げられることはなかった。

人間では、生後数カ月の乳児にSorgeの最初の兆候が見られる。泣き叫ぶ乳児のそばを見知らぬ人が通り過ぎるだけでも、当の乳児は泣きながらその人をみつめる。駅の雑踏を乳母車で通り過ぎる乳児が、Parkinson病の老婦人がつらそうな様子で小刻みな歩き方をしているのを追い抜きざまに注視し続ける。この場合のSorgeは世界内存在としての現存在が抱くべき完成されたSorgeにはほど遠いが、まずは関心を示すという萌芽的なものの集中力を示している。この時、乳児の心では、「この人は何？」という疑いと「安全な人？危険な人？」という判断を定める言葉さえ無く、不可解ながら落ち着かない葛藤を抱いていると推察される。

Sorgeなしで生き延びることはできない。Sorgeを編み出したのは、哺乳類のからだであり、それは自然である。世界内存在としてこの世に放り出された現存在として乳児は、生後直ちにAristotleの動物的様相としてのSorgeの萌芽を抱え込み、それがある程度の成長をした時に上述のような反応を示すのであろう。人類でも胎生期の過程、誕生後の引き続き新皮質ニューロンの結線集合の成長が基になっているはずである。ペットの犬にもSorgeの様相が見られることは周知である。新皮質ニューロンの結線集合としてのSorgeの成長・成熟から見れば、Sorgeがかなり巨大なシステムであることは間違いない。

4. 自尊 (Self-respect)

自尊は他の動物にも見られる自我をはるかに超え、人間倫理における概念上の進化現象として、現生人類の生活の様々な分野において一定のロバスト性をもって顕われるようになったと考えられる。

しかし日本の自死発生率が高い水準を維持していることは、自尊を攻撃する社会的ストレスが部分的には自尊の成長・成熟速度を上回っているおそれがあると思えない。小中学校において多発するいじめ現象は、その典型的な様相を示す。自尊そのものは自分自身に価値があるという感覚とされるから、公平に各人に分配できるようなものではない。公平に分配されるべきものは、自尊の成長・成熟およびその維持に要するもろもろの社会的基盤であり、行政の責務でもある(文献11のp.54)。

Gabriel教授⁴⁸⁾は、ラッシュ時のJR新宿駅ホームの整然たる行列は特異的であり、JR渋谷駅前のスクランブル交差点の光景は素晴らしい、と述べている。互いに見知らぬ無数の人々がなんらの混乱も起こさずに粛々とホーム上で並び、また八方から交差点をスムーズに通過するのは確かに見事である。人々が自然種として維持し、磨き上げた感覚・行動の進化に依存して制御された自尊の下、共存・協力の上、発展を期すべきダイナミックな世界が存在し得る一具体例を示している。新宿駅ホームの行列や渋谷駅前のスクランブル交差点の光景は、大げさに言えば人類の希望を象徴している。

考察

人類にとって最大の関心事の一つである「心とは何か」について世界最初の書籍“*Peri Psyches*”を遺したAristotleの視線は、心の生物学的な機能に向けられていた。彼の結論は「心は可能的に生命をもつ自然的物体の第一の終局態としての知的能力」というものであった。ここには萌芽的ではあるが進化の思想がにじみ出ている。

どのような道筋で心が育くまれるかを明らかにするには、19世紀以来の自然科学や医学の急速な進歩が必要であった。本稿で若干の例をもって示したように、当初は関連するデータは異なる分野から寄せられたが、いずれも思考のボトムアップ方策、Abductionに基づく方法論の新しい展開によったものであった。なかでも熱力学の構築とクロロフィルの構造研究に端を発した光合成の解明にあたって新しい思考方針がおよそ100年にわたって縦横に用いられたことは、人類史上、驚嘆に値することといわざるを得ない。

そして心を支えるエネルギーは、太陽の水素原子の励起電子が放出する量子化された運動エネルギーと同定された。すなわち光量子として地球に到達する可視光線の一部（主たる波長は680nmおよび700nm）を、植物のPSⅡシステムが水分解のためのエンタルピーとして捕集することで始まる一連の物理・化学過程が心を支えているのである。水分解の生成物としての水素イオンと励起電子はエンタルピーの中の自由エネルギーをグルコースの形でニューロンの結線集団に届け、酸素

分子はグルコースの代謝に必須のものとしてニューロンに進入し、ミトコンドリアの電子伝達系を通じてATPを産生し、スパイクの送信を支える。酸素分子は可能的に生命をもつ自然的物体に生命を与え、かつその維持にとって必須のものであった上に、原始地球の表面をリフォームしたことも確認された。人間に関わるエネルギー不滅の法則の最終段階としての新皮質における情報産生は、ニューロン結線集団における無限のパラメータの選択・組み合わせにより行われる見通しとなった。地球上に100億になんなんとする人類における個性の多様性は保証されているのである。

Aristotleが提起した人間の心の本質解明は、生物学とも思われる内容であり、HeideggerおよびRawlsの研究によるSorgeおよび自尊のダイナミックな成長・成熟、加えて筆者らのクワッソン・システムも同様である。これらは生命を支えるものとして高度のロバスト性をもって進化して来たと考えられる。そして心の社会性にとって最も重要な属性はMetzinger教授の知的誠実性(intellectual honesty)とするのが、筆者らのスピリチュアリティ・システム進化論¹⁵⁾である。

見えない精神が見えるならばそれは対象であり、もはや精神ではない、とHegel²¹⁾は述べた。またClaude Bernardは『実験医学序説』⁴⁹⁾の中で、「生、死、疾病、健康などという言葉の中にはなんらの客観的実在も存在しない。これらの言葉は便宜上用いている文学的表現にすぎない」と主張した。しかし精神や健康などは今日ではシステム特性として実在である。

次に、心と心の間の共鳴について考える。漱石は『草枕』を「・・・（その時、茫然とする）那美さんの顔に「憐れ」が一面に浮いている。・・・余が胸中の画面はこの咄嗟の際に成就したのである」と結んだ。虚構とはいえ典型的な精神の共鳴現象である。さらに、たとえば広島、長崎や無音館、知覧などの犠牲者・戦没者たちの苦痛や無念の想いは、見学者の胸にたちまち共振・共鳴する。その物理的機構は、可視光線エンタルピーを捕集するクルロフィル分子間のエネルギー共鳴転送の効率（～100%）に似て等価変換（equivalent transformation）の程度が相当に高いと見られる。これは現生人類の鋭いシステム特性としてのSorgeの発動であり、感動の共鳴はニューロンの結線集団のシステム特性である。

Gabriel教授は、「意味の場」（Field of sense, FOS）という新語を定義し、マクベスは虚構の人物であり自然種ではないが意味の場には存在し続けるという興味ある提言をした¹⁹⁾。この点に関しては筆者らも同様の意見である。マクベスは世界共通の一定の表象記憶を中心に実在性が結晶化し容認されている。同様の結晶化が人類最初の壮大な伝承『イリアス』である。バッハ、モーツァルト、ベートーベンらのクラシック音楽やすべての芸術作品も同様である。

『イリアス』は全体が虚構であってもよい。虚構の虚構としても、切実な記憶・苦悩・葛藤がヘレネの心に沸き起こっていたであろうと世界の読者の共感を呼び続けてきた。ヘレネの心のうちは、戦争や災害などで家族を失った人々の苦悩や葛藤に相通じるものであり、ヘレネの刺繍は虚構であってもホメロスの記

述は表象空間における実在性を獲得したのである。加えて認知考古学的にいえば洋の東西を問わず、古代王朝では王室の女性も宮廷女官たちも、刺繍に没頭することが多かったということが共通認識として固定化・共有されているが、これにはホメロスの時代には先行した無文字社会であってもすでに共通認識を形作っていたことが背景にあったと推察される。

こうして、実在の表象に加えて実在性の表象、文化の維持も含むすべてにおいて自由エネルギーの転換・共鳴移動を伴い、エネルギー不滅の法則を充たしている限りにおいて、すべては自然種であり、これらをもたらす仕組みはニューロンにありとする自然主義は正当である。Gabriel教授は、blute materialismの決定的な矛盾すなわち宇宙の外に立つことはあり得ないと指摘している。そこに立っている人はすなわち宇宙の一員だから、というのが論拠である。しかし未来、過去、あるいは虚構であろうと、現生人類は表象空間において事象の外に立つことを可能にしてきた。クワッソンだけであった生命の起源がきわめて短命であったと推察することにも論理的な矛盾がなければ実在性を獲得する機会がある。わが国最古のフィクション『竹取物語』の帝の心の進化とかぐや姫の心の退化は、死すべき現存在の心のあるべき姿を描き出している。詳細はすでに論じたところであるが¹⁵⁾、わが国の古典がHeideggerやRawlsにはるかに先立って、Sorgeへの対応と自尊の堂々たる確保すなわち尊厳を示していたのである。

結 論

1. 実在は、ダイナミックなものであるとともに多層構造の本質をもっている。本質探索に有効な方策はAbductionであり、その運用にはボトムアップが適切である。現代のAbductionには情報理論およびシミュレーションが加わり、仮説検証には量子コンピューターが間もなく参入する。この方策は自然科学の発展を一層促し、日常生活のなかにも浸透するであろう。
2. Aristotleが提起した人間の心の本質は、現代人においては進化論的な葛藤、Sorgeおよび自尊であると考えられる。
3. スピリチュアリティ・システム進化の前提条件は抽象化能力であり、この一般化能力が現生人類の進化の基盤に存在することを熱力学構築の歴史をもって証拠とした。
4. 心の本質は、太陽の水素原子の励起された電子が持つ量子化運動エネルギー（主たる波長は680nmおよび700nmの可視光線）をエンタルピーとして利用する光合成システムの活性（水分解、電子伝達）に由来する。
5. 前項のエンタルピーが持つ自由エネルギーがニューロンに至るまでの流路の概略が2015年ごろまでに解明されたことを解説した。またエントロピーは光合成システムによる水分解で発生する酸素分子が植物体から大気中に遊出する際の運動エネルギーに変換される。
6. 植物が一定の大気圧のもとに体積Vの増

大をはかり、その結果、地球の景観が更新されたという事実は、人間の出現と精神の発展に計り知れない影響をもっている。

7. Aristotle『心とは何か』、Rawls正義論、Heidegger実存主義は新しい生物学でもある。
8. エネルギー不滅の法則の最終段階としての新皮質における情報産生において、無限のソースからのパラメータの選択により現生人類は無限の可能性を持っている。

謝辞—あとかきにかえて

筆者らは特別養護老人ホーム豊麗会「舞岡園」（横浜市戸塚区）、ベネッセ「くらら青葉台」（横浜市緑区）および銀鈴会「パストーン浅間台」（上尾市浅間台）に入居されている認知症高齢者（要介護度3および4）の方々にレクリエーションを提供する目的で、動物型ロボット多数を用いる8大学共同研究「ロボット・セラピー」（主催：計測自動制御学会ロボット・セラピー部会）を年6～8回程度の割合で20年以上にわたり、多数の男女学生諸氏とともに実施してきました。しばしば昭和音楽大学の学生諸氏との声楽コンサートも交えました。この間、体調にはとくに異常がないものの、僅かな新皮質の機能衰退のみのために、人生の晩年を著しく損なわれた方々および介護に励む関係のみなさまとともに活動しました。新皮質とその機能としての心こそ人間の本質であるという信念は、そこで育かれたものです。本稿は、そのような経験に基づいて執筆したもので、特別養護老

人ホーム入居者および関係のみなさまに厚く御礼申し上げます。

また日ごろ、哲学の討論をして頂く木村清司教授（本学、経営学）および芸術論のご指導を頂く宮野麻紀講師（昭和音大）に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) アリストテレス著、桑子敏雄訳：『心とは何か（*Peri Psyches*）』402a、講談社、東京、1999年。
- 2) 牧野英二：有福孝岳・坂部恵編集顧問：『カント事典』、pp.507-510、弘文堂、東京、1997年。
- 3) Bertrand Russell : “*Human Knowledge, Its Scope and Limits*”, p.140, Routledge Classics, New York, 2009.
- 4) Robert Burch : “*Charles Sanders Peirce*”, Stanford Encyclopedia of Philosophy, <https://plato.stanford.edu/entries/peirce/>, (substantive revision : Wed Nov 12, 2014).
- 5) 米盛祐二：『仮説と発見の論理 アブダクション』、勁草書房、東京、2007。
- 6) 矢後長純・田中秀典：“スピリチュアリティ・システム進化論4—ヒト科における美德連鎖の展開”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第21号、pp.1-19、2019。
- 7) 佐藤直樹著：『科学哲学へのいざない』、第3章、青土社、東京、2020。
- 8) アリストテレス著、今井和正・河谷淳訳：アリストテレス全集2、『分析論前書』、第2巻第25章仮説援用法（アパゴージェ）、pp.296-297、岩波書店、東京、2014年。
- 9) Robert Brooks : “Intelligence without representation”, *Artificial Intelligence*, 47, 139-159, 1991.
- 10) Martin Heidegger : “*Sein und Zeit*”, Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 2006 (First Edition 1927). (邦訳は、桑木務訳：『存在と時間（上、中、下）』、岩波文庫、東京、1960)
- 11) John Rawls : “*A theory of Justice* (Revised Edition, 1999)”, (First Edition, 1971) Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.
- 12) Thomas Pogge (English edition translated by M. Kosch) : “*John Rawls : His Life and Theory of Justice*”, Oxford Univ. Press, 2007.
- 13) 矢後長純・立浪忍・福田信男：“再考2コンパートメント準平衡理論—クワッソン性システムによる生命の起源、進化、崩壊および消滅”、聖マリアンナ医科大学雑誌、Vol.25, pp.533-552、1997。
- 14) 矢後長純・福田信男：“クワッソン性システムによる寿命理論の展開—生体高分子の寿命か

- ら人類生命表および意識の構造に至る2-コンパートメント準平衡理論”、ライフ・スパン、Vol.14, pp.1-74, 1999, (財)寿命学研究会発行。
- 15) 矢後長純・田中秀典・米岡利彦・高橋伸仁：“スピリチュアリティ・システム進化論序説”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第19号、pp.11-28, 2017.
 - 16) 矢後長純・田中秀典・高橋伸仁・米岡利彦・大井一徹：“スピリチュアリティ・システム進化論3—アリストテレスのロゴスと人間文化”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第20号、pp.19-33, 2018.
 - 17) 田中秀典・矢後長純：“スピリチュアリティ・システム進化論5—Rawls正義論による読字文化の受容と衰退の回避”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第22号、pp.63-77, 2020.
 - 18) アントニオ・ダマシオ著、田中三彦訳：『デカルトの誤り—情動、理性、人間の脳』、pp.373-380, ちくま学芸文庫、2010年、東京。(原書は、Antonio R. Damasio：“*Descartes' Error—Emotion, Reason, and the Human Brain*”, 1994, InkWell Management, LLC. New York)
 - 19) Markus Gabriel：“*Neo-Existentialism—How to Conceive of the Human Mind after Naturalism's Failure*”, Polyty Press, Medford, MA, USA, 2018. (邦訳は、マルクス・ガブリエル著、広瀬覚訳：『新実存主義』、岩波新書、2020年。)
 - 20) Stanislas Dehaene：“*Reading in the Brain*”, Penguin Group (USA) Inc., New York, 2009.
 - 21) G. W. F. Hegel 著、長谷川宏訳：『精神現象学』、pp.234-235、作品社、東京、1998年。
 - 22) Damasio, H., T. Grabowski, R. Frank, A. L. Galaburda, and A. R. Damasio：“The return of Phineas Gage：Clues about the brain from the skull of a famous patient”, *Science*, 264, pp.1102-1106, 1994.
 - 23) Michael Bliss：“*The Discovery of Insulin*”, 25th Anniversary Edition, (Kindle)、Univ. of Toronto Press, Toronto, 2007
 - 24) リチャード・ローズ著、桃井健司・網屋慎哉訳：『死の病原体プリオン』、草思社、東京、1998年。(原書は、Richard Rhodes “*Deadly feasts*”, Simon Schuster, Inc., New York, 1997.)
 - 25) Muramoto, O.：“Solving the Socratic problem --- A contribution from medicine”, *Museion*, 15(3), pp.445-473, 2018.
 - 26) 吉原一文、須藤信之：“身体症状症”、日本内科学会雑誌、107(8)、pp.1558-1565、2018.
 - 27) Warren, J. D. and J. D. Rohrer：“Ravel's last illness：a unifying hypothesis”, *Brain*, 132(6), p.e114. 2009.
<https://doi.org/10.1093/brain/awa245>
 - 28) Zemansky, M.W.：“*Heat and Thermodynamics (Fifth Edition)*”, McGraw-Hill Book Company, New York, 1955.
 - 29) 小島穎男：『化学熱学』、第1章。共立出版、東京、1947年。
 - 30) Hendrick Van Ness：“H is for enthalpy”, *J. Chem. Educ.*, Vol.80, No.5, p.486, 2003.
 - 31) チャールズ・キッテル著、山下次郎・福地充共訳：『キッテル熱物理学』、丸善、東京、1971年。(原書は、Charles Kittel：“*Thermal Physics*”, John-Wiley and Sons, 1969.
 - 32) セオドア・ブラウン他著、荻野和子監訳：『ブラウン一般化学(原書13版)』、丸善、東京、2015年。(原書は、Theodore Brown *et al.*；“*Chemistry. The Central Science*” (13th Edition), Pearson Education Inc., 2015.
 - 33) 新井朝雄：『熱力学の数理』、日本評論社、2020年、東京。
 - 34) Robert Robinson：“Richard Willstätter. 1872-1942”,
(<https://doi.org/10.1098/rsbm.1953.0021>)
 - 35) Richard Willstätter：“*From my Life*” (English edition), Benjamin, New York, 1965 (Kindle)
 - 36) 石谷治・野崎浩一・石田斉 編著：『人工光合成』、三共出版、東京、2015年。
 - 37) Umena, Y., K. Kawakami, J-R Shen, and N. Kamiya：“Crystal structure of oxygen-evolving photosystem II at a resolution of 1.9 Å”, *Nature*, 473 (7345), pp.55-60, 2011.
 - 38) Magistretti, P. J., and I. Allaman：“A cellular perspective on brain energy metabolism and functional imaging”,

- Neuron, 86, pp.883-901, 2015.
- 39) David Kemmerer : “*Cognitive Neuroscience of Language*”, Psychology Press, New York, 2015.
 - 40) Tatsunami, S., N. Yago, and M. Hosoe : “Kinetics of suicide substrates. Steady-state treatments and computer - aided exact solutions”, *Biochim. Biophys. Acta*, 662, 226-235, 1981.
 - 41) Fukuda, N. and N. Yago : “Population dynamics of mitochondria I. A model for the role of ACTH in the adrenocortical mitochondria”, *J. theor. Biol.*, 46, 21-30, 1974.
 - 42) Fukuda, N. and N. Yago : “Population dynamics of mitochondria II. Turnover and ageing of rat liver mitochondria”, *J. theor. Biol.*, 58, 131-142, 1976.
 - 43) 矢後長純 : “クワッソン性システムによる生命の起源と進化”、聖マリアンナ医科大学雑誌、Vol.26(1)、pp.65-75, 1998.
 - 44) 矢後長純・福田信男 : “芸術作品に見られる緊張と静謐の持続について—東洋思想のシステム進化論的考察序説”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第4号、pp.41-65、2002.
 - 45) 矢後長純・福田信男 : “試論：意識の成長・成熟を2コンパートメント準平衡理論で考える—純粋経験からクワッソン性システムおよびオートポイエーシスを経てロマン主義へ—”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第5号、pp.65-95、2003.
 - 46) 矢後長純 : “表象のダイナミックスに関する一試論—表象創出過程の連続性と詩的表象の非連続性”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第16号、pp.22-36、2014.
 - 47) 矢後長純・田中秀典 : “文化の持続的発展におけるペトリネット理論の役割”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第18号、pp.27-42、2016.
 - 48) マルクス・ガブリエル著、丸山俊一訳 : 『欲望の時代を哲学する』、NHK出版新書、東京、2018.
 - 49) クロード・ベルナル著、三浦岱栄訳 : 『実験医学序説』、pp.112-114、岩波文庫、改訳版1970年、東京。