

脳と心と環境の統合発展

— 新しい自然観 —

大内正夫*

はじめに

私たちの住む自然は宇宙空間に連なり、万物創造の源である。すべての物質は自然がつくったものである。歴史時代から古代人は神が人間をつくったと考え、また、自然事象も神の意志によって起こるものであるから、困った時は神に祈って解消してもらおうという考えであった。

だが、近代科学では自然は物質の性質のみによって説明すべきもので、他の力を借りる必要はない、と言う主張である。万物は物質またはエネルギーからなり、生命も物質進化の過程で誕生した、と考えている。しかも、人間の脳は自然が造った最高の傑作である。

筆者は四十余年前に「心は脳から生まれるが、物質である脳から心がどうして生まれるか」に疑問を抱き、当時の脳科学者などに問いかけたが、大抵は回答を拒否され、かえってそんなことを問う者は異端者か、と思われる状況であった。

だが、その後、科学技術の進歩に伴い、MRIなどの使用によりこの分野の研究は順調に進み、脳と心の関係は、直接画像などで見ることが出来るようになり一般の人も親しみやすくなってきた。しかし、現代でも脳科学の心の分野の研究はその緒についたばかりと思われるが、心そのものの全体像の把握は未解決の領域に属する。

ここでは、脳と心の関係を中心課題とするが、そこでは生命や心も、物質、またはエネルギーの特性の発現と考えるので、量子論や、相対論

を考察して、上述の筆者の疑問も解決し、さらに、新しい自然観に到達したのでその経過について述べる。

1. もの(物、者)の見方

私たちの日常生活を楽しく送る方法や有意義な生き方には、いろいろあるが、もの(物、者)の見方は最も大切であると思う。ここでもの(物、者)とは「事よりも具体的に感じたり考えたりする対象で、(イ)物体、物品、物資と人、者を言う」と辞書(岩波)通りの意に用いる。そこでそのものの理解には関係と言う言葉が極めて重要と思うので次にその理由について述べる。

(1) 関係の構造——関係論 ものには水や桜の木のように具体的に見えるものから、心のように目に見えないものまでいろいろある。だが、それらは単独に存在することはなく、他のものと同様に機能している。そこで他のどんな関係で結びついているか、その関係について考えてみると実に多種多様でその奥行きは深く、知れば知るほど深まって行くことに驚くばかりである。この問題は人類の誕生から古今東西においてすでに考えられてきたことである。たとえば、東洋においては仏教関係では因縁または因果応報として、また自然科学の分野では、因果律として周知の事柄である。実際に、現在でも自然界においてささいな新しい関係の発掘や発見は一般の庶民の楽しみでもあり、研究者にとっては新しい関係の把握こそ本懐とするところ

*京都教育大学名誉教授

ろであろう。そこでこの関係を次の3つに分類すると、第1はAという事象（見える形をとって現れる事柄）とBという事象には関係がある。第2はAとBとは関係ない。第3は、AとBとの関係は分からない、に分けられる。第1、第2は科学の進歩と共に解明されて少しずつ少なくなってきたが、問題は第3の関係である。その両者の関係は混沌として複雑だからであり、また時代的にも変化している。例えば、環境問題の発生とその経過について因果関係はどうであったろうか。筆者は公害教育の時代から、環境教育と環境問題に関心をもって現在に至っているが、環境問題こそ、正に新しい関係の問題である。それは水俣病の発生とその経過を見れば明らかであろう。この新しい関係は今まで無関係と思われてきた事象が、突然人体を脅かす災害として顕在化し、その対応にいかん苦しみ悩んで来たかの歴史である。それがまた、今回の東日本大震災に伴う福島県原発の放射線事故で、過去に日本になかった大災害であり、科学技術の適用の失敗例である。これは放射性物質と他事象の関係の問題であり、現代科学で緊急に解決すべき問題である。ここでAとBの2つの関係を生涯にわたって強調されてこられた元京都大学総長の西島安則博士の「美と知とを楽しむ心」を挙げて考えてみよう。

(2) 美と知の関係 上述の西島博士の考え方の根源は、家庭環境から発しており、父親は彫金家でその仕事場の様子をつぶさに眺めて、その仕上げが良く出来た時の父親の喜びの状況にいたく心を打たれて育ってきており、美に対する感動は心に深く刻まれたようである。それは京都市芸術大学の学長に就任された時、関係者に、「自分は大変芸術に興味があったがようやくこの学長になって直接触れあうようになってうれしい。」と話された、と言う。そこでこの

「美」は芸術、文化の領域であり、「知」は「科学、技術の領域であり両者ともかなり広範囲の領域であり、その両方とも楽しむと言うことであり、それは人間の学び方としては理想である。これが大学教育にどう取り組むか、大学の最高責任者の立場で考えられ、文科系と理科系の教育にどう反映されるかに苦心された様子が講演などの至るところであらわれている。美こそは人間の誰もが愛する心情であり一般には受け入れ易く、その道に進み易いようである。特に現在、理科離れが問題になっているので、理科系に興味をもたせる対策が必要と思うが、これは社会環境や教育環境の改善を必要とすることは明らかである。

(3) 新しい関係の見つけ方 新しい関係の気づき方や見つけ方は、まず、自分が本当に望む事柄に魅力を自覚することが第1である。それは日常生活の中や自然に接する際に、注意深く物を見ることで得られる。これは子供の心身の発達を見ても分かるように、子供は全てが新しい経験であり、新しい発見であろう。だが、年を重ねると共にそれが次第に減少し、成人になるまでには普通常識と言われるレベルの知識は既知となり、以後の新しい発見は難しくなってくる。現代人の常識として身につけるべき知識技能はかなり高度になっているから、子供時代から発達段階に応じて教養を身につける事が必須の条件である。そこで成人になっても、野外に出て自然に接すると思いがけぬ新しい気づきや発見の機会に会うことが期待される。自然は新しい関係の創生の場として貴重な存在であり、自然の機能を生かす道こそ人類の生きる道と思うからである。自然の力には太陽を中心として生産される多くの生物がおり、生物連鎖の関係で人類の生存を支えているからである。そのお蔭で人間の生活は人文関係で文学、哲学、心理

学など広大な分野の基本的な考察の場は、自然の営みとその場を提供していると思ふことができる。野外に出たとき、俳句などは、AとBの関係にはっと気づき、または、直感的に新しい発想が浮かぶことにより、季語の大切さを再認識することもあるであろう。科学技術においても分子レベルで見る事により、新しいナノテクの発達を促して、我々の生活の便宜に貢献していることは自明であろう。どの分野でもそれぞれ時代と共に進歩発達しているのです、新しい関係の発見は難しくなるが、人間の本性として、それをあくまでも追求しようとする姿勢、態度は今後も変わらないであろう。次に両者の関係の最も難しい関係を取りあげる。

(4) 価値と自由意志 この分野は心の世界で、実験によって確認できるようなものではないが、今後の現代生活において重要な意義をもつものであるからだ。価値の定義は、「良いとして承認する普遍的な性質」(広辞苑)を採用する。かつて、日本は価値を育てる教育が遅れていると言う批判があり、また、日本の知識人もこれを意識的に避けてきたが、そこにはそれなりの理由があるからだ。ここで価値の説く特色として、価値は選択するべきもので、決して他人に押し付けるべきものではない、という点に注目したい。思想、信条、宗教などの問題はこれに属する。次に自由のうち「自由意志」とは「自らの責任において自発的に決定する意志」(広辞苑)も大切であり、価値と自由意志の関係を取り上げることにする。これは人間の自立、または自分で考える点で大切な意味をもっているからである。

2. 宇宙と物質

宇宙や、自然の基本的な構成要素である物質の根源と物質進化による生命の誕生は、一般の

人々もかなり強い関心をもっている。だが、この分野は数十年前には単なる空想かSFの域を出なかった。しかし科学の分野ではその後着々と探求を進め極微(ミクロ)の領域と超巨大(マクロ)の領域の研究が順調に進展し、現在ではこのミクロとマクロの両方が統合発展し実態に迫りつつある。ここで物理学の宇宙の定義は「天体系を含む広範な空間時間で物質とエネルギーが織り成す世界である。」という。

(1) 宇宙の創生と物質 自然の存在する場は空間と時間である。そこで相対性理論の立場では時間と空間、すなわち、時空は一体であり、時間と空間は同時に生まれたと考える。我々の住む空間、地球から他の天体、銀河などは遠ざかりつつあると言う、ハッブルという天文学者が観測によって銀河の後退速度に関する法則を1929年に発見し、膨張宇宙を確立した。この法則により宇宙の年齢は137億と推定している。そこで、現在は宇宙が膨張しつつあるならば、過去にさかのぼれば、宇宙は縮小し、終には無限小に収縮するのではないか、という考えに到達した。このビッグバンの考えは1940年代に物理学者のガモフが提唱したもので、火の玉宇宙として一般にも知られている。現在このビッグバンの考えは、「単一の点では起こらなかったし、至るところで同時に起った。すべての——空間、時間、エネルギー、物質——は一斉に膨張をはじめた。」というものである。すなわち、宇宙の始めの時点では超高温、超密度の状態で広大な宇宙はほとんどゼロに近く、宇宙は光の放射と物質で満たされ、放射は常に物質に変わり、物質は放射に変わった。宇宙は急速に膨張したが、爆発はしなかった。爆発力を吸収する空間がなかったからである。宇宙は膨張すればするほど、放射エネルギーが小さくなった。物質は徐々に原子の成分となる陽子と電子

と中性子になった。ビッグバンの10秒後、陽子と中性子が結合して最初の原子核をつくった。放射のエネルギーは弱くなり、もはや粒子は分割することも無くなった。さらに温度が下がると、こうした原子核は電子を捕獲して、ビッグバンから約38万年後に最初の電子を造り出す。荷電粒子のせいで曇っていた宇宙は、粒子が減って透明になりはじめた。ただよっていたのは、僅かな荷電粒子だけとなり、光は障害物に突き当たることなく通り抜けるようになった。これを「宇宙の晴れ上がり」という。いったん放射の圧力が下がると、重力が主な力となり、ビッグバンから約100万年後に、巨大な物質の固まりが形成された。その後最初の銀河や天体が造られた。そして地球も誕生した。ここで注目したいのはビッグバン理論は特異点から出発しているという点である。この出発点の条件、境界条件の実状は誰にも判らない。そこには無数の選択の余地がある。そこで科学的に可

能と思われる条件を選択したわけである。だがそれは正しいかどうかは実験または観測によらなければならない。幸いにそれが宇宙のマイクロ波背景放射の存在として1965年に物理学者ペンジアスとウィルソンによって発見され、共に1978年のノーベルの賞受賞者となった。これが137億年前のビッグバンの残光と確認されたからである。また、「ビッグバン前に宇宙は最初の一秒の何分の一にも満たない時間の間に驚くほど激しく膨張する「インフレーション」を起した」と提唱する物理学者もあり、最初は無視されていたが、最近の暗黒物質や、暗黒エネルギー存在の問題が起り、これとの関連で注目されるようになった。ここで宇宙の創生以来から現在までの過程を表にまとめたターナー (Michael S. Turner) (シカゴ大学教授) の「ビッグバンの出来事から現在まで」を表1に示す¹⁾。

表1. ビッグバンから現在までの経過 (ターナーによる)

ビッグバンの出来事	
0秒後	
10^{-35} 秒	インフレーションによって空間が拡大し、滑らかな空間をクォークスープが満たす。
10^{-30} 秒	暗黒物質候補のひとつ「アキシオン」ができる。
10^{-11} 秒	反物質より物質優勢になる。
10^{-10} 秒	もうひとつの暗黒物質候補である「ニュートリーノ」ができる。
原子の形成	
10^{-5} 秒	クォークが集まって陽子と中性子ができる。
0.01~300秒	陽子と中性子が集まってヘリウム原子核、重水素核ができる。
38万年	原子核と電子が集まって原子が生まれ、宇宙マイクロ波背景放射が放たれる。
暗黒時代	
38万年~3億年	空間を満たしているガスの密度のムラが重力によって拡大を続ける。
現代へ	
3億年	最初の星と銀河ができる。
10億年	現在の観測限界(これまでに確認されたいちで、最大の赤方偏移を示す天体)
30億年	銀河が形成される星の形成がピークに。
90億年	太陽系ができる。
100億年	暗黒エネルギーが支配権を握り、宇宙膨張が加速し始める。
137億年	現在

(2) **太陽系と地球の誕生** そこで太陽系は表1のようにビックバン後、90億年につくられたので、地球もその一環として誕生した。すなわち銀河系にただよっている星間雲の一つが、重力収縮を起し、中心に原始太陽がつくられた(約46億年前)、原始太陽に取り込まれなかったガスはその周りの薄い円盤状の太陽系星雲を形成する。その質量は太陽の質量の数%と考えられる。星雲ガス中に浮かんでいた固体微粒子は円盤の赤道面に沈殿し、極めて薄い固体の層を形成する。固体の集中によって層の密度が上がり、ロッシュ密度を越える層は重力的に不安定となり、分裂して半径数kmほどの多数の微惑星を形成する。微惑星は太陽の周りを回りながら衝突・会体して次第に成長する。月ほどの大きさになったものを原始惑星とよぶ。原始惑星は残った微惑星を集め更に成長を続ける。惑星の成長は太陽に近いほど、また、惑星材料が多いほど早い。約1000万年で現在の地球の規模に、また2000万年で木星の固体中心核の大きさになる。(岩波：理化学辞典)ここで宇宙はどのようにして物質の元素をつくったかについてのべる。

(3) **地球と元素の誕生**すでにビックバンから38万年後に、最初に水素やヘリウムなどが生成したと述べたが、その後新しくつくられた元素は、恒星が爆発を起して宇宙にばらまかれた。そして約46億年前にこうした元素が集まって地球が誕生し、生命も誕生した。天然に存在する元素は水素、炭素、酸素など80種あるが、宇宙に存在する元素で、太陽系での元素の存在量は水素とヘリウムが圧倒的に多い。宇宙では水素が90.2%で、ヘリウムがついで多く9.7%を占め、残りのすべての元素を足しても0.1%にすぎない。太陽系での各元素の存在量は、太陽の光の分析によって分かる。ヘリウム

などの軽い元素(質量数7以下)は主に、火の玉宇宙でつくられるが、それより重い元素は恒星と超新星爆発などで合成される。恒星の一生は重さ(質量)によって変わる。太陽の10分の1~半分程度の重さの恒星では、水素の燃焼によって寿命は終わる。太陽より8倍程度重い恒星では、中心部で水素が燃え尽きるとヘリウムが燃えて炭素や酸素ができる。太陽の10倍を越える恒星の中心部では、さらに原子番号の大きな元素が燃えていき、最終的には鉄(原子番号26)ができる。恒星内部で原子核どうしの核融合反応によって合成されるのは鉄までである。鉄より重い元素は核融合反応とは別の仕組みで合成される。鉄の原子核が全元素の中で最も安定なため、核融合反応がそれ以上進まないからである。鉄より重い原子核をつくるには原子核による「中性子の吸収」である。中性子の吸収が繰り返えされると、原子核で中性子過剰になって中性子は陽子に変身する。これを「ベータ崩壊」と呼ぶ。その結果原子番号(陽子の数)が1つ増えて別の元素の原子核になる。この繰り返しで鉄より重い原子核(原子番号が大きい元素)が合成されていくのである。このような過程が起きている現場には「赤色巨星」がある。そこでは核融合反応の一部で余分な中性子が放出されることである。鉄などの原子核に吸収され、重い原子核がつくられる。ただし赤色巨星ではこの過程は非常にゆっくりとしか進まないで「S過程」と呼ばれている。S過程で合成されている元素は数多く、代表的なものは、ストロンチウム(原子番号38)、バリウム(同、56)鉛(同、82)などで、原子番号83までつくられる。

だが、鉄より重い元素のうち、赤色巨星での「S過程」で合成できない元素も多数ある。それは原子力発電の燃料となるウランは合成でき

ない。金、銀、白金（プラチナ）という貴金属もほとんど合成できない。これらの元素を合成するには、大量の中性子のシャワーのように短時間で原子核に物付け、中性子の数が極端に多い原子核を作る必要がある。このような過程は「r 過程」(rapid) とよぶ。「r 過程」が宇宙のどこで起きているかは、よく分かっていない。有力候補は (1) 重力崩壊型の超新星爆発の中心近く、または、(2) 中性子星の連星の衝突という。なお、元素は天然に存在するものは、原子番号 43 のテクチリウム、および 61 番のプロメチウムを除き、原子番号 92 のウランまでの 90 種である。人工的につくられた元素は上記の 2 種を除き 113 番で、すなわち、23 種であるが、今後それが増えると予想される²⁾。

(4) 地球と生命の誕生 地球は誕生から間もない間は、燃えたぎる火の玉であった。だが、温度が下がるにつれて状況が変わり、ついに「原始スープ」とよばれる無機の混合物から複雑な有機分子が誕生する。これがあらゆる生命の起源となった。生まれたばかりの高温な地球は水素とヘリウムの原始大気に覆われていた。これらのガスは軽いため、初期の地球を熱と重力では引き止めておくことができず、すぐに宇宙に逃げってしまった。初期の地球には激しい微惑星の衝突が続いた。砕け散った微惑星が放出された水蒸気や、地球内部から噴出すガスが地球を取り囲み、第 2 の原始大気が形成される。原始大気は二酸化炭素を主成分とし、窒素、アンモニア、メタン、などのほか、大気の水蒸気を含んだ原始大気の温室効果によって、地球の表面は溶け、地球はマグマの海で覆われた。この第 2 の大気もまた、今日の大気とは異なっていた。酸素はほとんど含んでいなかった。当時の大気はオゾン層がなく、原始大気が放射する紫外線が地球に降り注いでいた。酸素が発生す

るには、紫外線によって大気中の水分子が分解される時だった。今日の大気の形成と、大気と海の形成には密接な関係がある。初期の大気は約 80% が水蒸気で大気上層では分厚い雲が地球を覆っていた。やがて微惑星の激しい落下が起きると、気温が下がって状況も安定してくる。地球が冷えるに従って雲は次第に低くなり、水蒸気は凝結して激しい雨となり、大規模な雷雨を引き起こした。当時は地表が極めて高温だったため、大量に降った雨はあっという間に雲になり、再び凝結して雨となるという繰り返りだった。このサイクルによって地球はますます冷え、やがて水が地表の窪地にたまり、初めて海ができた。そしておよそ 37 億年前ごろに最初の生命が誕生する³⁾。

ここで地球は生命が誕生し、そして生存可能な環境が整ったという段階で生命に関する物質を考えると、近代ではパスツール (Pasteur, Louis) が滅菌したフラスコの中でカビの生えないことを証明した。ここで「蒔かぬ種は生えぬ」の諺が生まれたが、今後はその生える種が何かに注目していきたい。次にオパーリン (Oparin, A. I, ソ連) が 1924 年に生命の起源について、前述の「原始スープ」説を提唱したが、これは後に 1953 年にミラーとユリーが実験を行い、水素、メタン、アンモニア、水蒸気からなる大気と雷を擬した電気火花を飛ばすもので一週間後数種のアミノ酸が形成されることを発見した。これらの 3 つは生きた生物のたんぱく質として知られているものであった。

原始「スープ説」後に最も支持を集めたのが「表面代謝説」でこの説では最初の生命の成分、あるいは生命自体は、海中の熱源周辺でできたとされる。1977 年以来、相次ぐ海洋底の熱水噴出孔の発見は、生命の起源を探る上で画期的な出来事であった。噴出孔からは非常に高温の

熱水が噴出しており、含まれる硫化物のため、海水が黒く見える。温水が冷たい海水と衝突すると黄鉄鉱が形成されるが、この黄鉄鉱の結晶の表面が特殊な能力を持って、さまざまな能力が凝集して薄い生物膜をつくり上げる。そこで現在黄鉄鉱の特性が、生命の起源を探る研究の焦点になっている。さまざまな分子の結びつきが有機分子の誕生にいたった、と見る科学者もいる。実際に地球上に現れた生命体は原核生物とよばれ、今日の細菌や、光合成を行う細菌に非常に似ている。初期の原核生物の一部は必要なエネルギーを得るために、日光を利用して光合成をおこなったが、酸素の発生はなく、硫化水素を酸化させ硫黄を排出した。今日でも紅色細菌がこの方法でエネルギーを生み出している。次の段階になると、酸素の発生を伴う光合成が始まった。ラン藻類（シアノバクテリア）が出現すると、太陽エネルギー、二酸化炭素と周囲の水分を使って栄養をつくり出し、酸素を排出した。こうして大気中に酸素が含まれるようになった。現在知られる最古の原核生物の化石は約 35 億年前ストロマトライトでこれはシアノバクテリアと石灰砂など層状に重なっている岩石である。

ここで生命の起源のまとめとして、好都合なマイケル³⁾らの生命観を引用すると、「生命とは複雑で高度な秩序を持つ構造を更新できる能力により、無機的で命のない物質から、有機的で命を持つ物質を区別できる状態」と定義する。この能力とは変化、成長、生殖できる機能が含まれ、その構成要素が分解して環境に戻る死の時を迎えるまで機能を維持する。生命は、自身を維持するためにエネルギーと原料を環境から得るとともに、成長、修復、複製に必要なあらゆるものを生産できなくてはならない。生態組織を形作ることがわかっている唯一の元素は炭

素であり、炭素同士、または窒素、酸素、水素などの他の元素と結びついて、非常に多様で複雑な分子を形成することができる。生体には 4 つの主要な有機炭素系グループがある。すなわち、エネルギー源となる炭水化物と脂肪、細胞組織を形作るアミノ酸で構成されるタンパク質、遺伝子の基本構成要素である核酸である。」という³⁾。ここで筆者は、上記の命、または「生命」は第 2 の特異点と最初は考えたが、その必要はなく、意識または心も生命と同時に発現すると考えるのである。その理由は物質の内在する特性に起因するので量子論の考察で後述する。

3. 生物と環境

大自然の物質は依然として現在も宇宙空間と時間の中で、休みなく動きまわっている。そこでその時間に注目すると宇宙創始以来、物質の変化、進展には驚くべきものがあり、それは具体的には生物の挙動に見られる。その生物も物質の基本的な性質が、環境の変化に順応して進化発展してきた事情はすでに述べたが、改めて時間と空間の関係を振りかえって見よう。ここで時空、特に時間は物質が無ければ、静止したまま動かないも同然であろう。したがって時間と空間は物質の誕生と共に誕生したとする見解は妥当であろう。そこで、まず物質は無機分子としての元素の誕生であるが、上述のように天然の元素 90 種ほどは、ただ 3 種の要素、陽子と中性子と電子だけからなり、それぞれの個数が違うだけである。陽子と中性子は素粒子ではない、さらに要素（クオーク）に分解できるからである。ただ、電子だけは素粒子であり、各元素の外殻電子の違いによって元素固有の特性を発揮している。したがって、電子の挙動は無機分子から有機分子が生まれ、生命の誕生に大きな役割を果たしてきたが、それには環境条件

が必須であった。

太陽系の8惑星の中で地球だけが生命をもつのはその環境の相違にある。地球には豊かな水が存在し、すなわち、豊かな水素と酸素、そして常温で水の存在という環境に恵まれているのは、太陽との距離が適当であったからである。そこで地球は他の天体と異なり、生命の誕生とその死を示す証拠を化石として残しているのです。その時間的経過を探る貴重な資料を提供している。そこでこの分野の研究者は、地球の年齢は46億年、生命の歴史は37億年、人類の歴史は700万年に及ぶという。

さらに、生物について概観すると地球上には千数百万種の生物が息しているが、その多くが絶滅の危機に瀕している。最近の5億4000万年で少なくとも5回の大量絶滅が発生している。一般的な絶滅の要因は大規模噴火による溶岩と火山ガスの流出および海洋での酸素欠乏である。だが、大量絶滅からの回復も、化石の記録から裏付けられている。例えばサンゴ礁はとくにペルム紀末期(2億5000万年前)の絶滅の波をかぶったが、新たな骨格を形成するサンゴが進化し、サンゴ礁を徐々に再建していった。同じように白亜紀末期(6500年前)の陸上生態系の崩壊で恐竜が絶滅したが植生の回復はシダ胞子が証明している。

植物は環境災害に順応して生きのびた。生命の進化が35億年間のうちで数千万年の規模を超えていき残る種は滅多にない。地球に存在している種の99.99%以上は絶滅している。最初の30億年は「生命」といえば微小な海生生物であった。生物が淡水に移りすみ、上陸したのは4億7000万年前であった。またさらに植物が乾燥した高台に生育するようになったのは、3億年前である。生物のグループ全体が進化と絶滅を経験したが、一部は大量絶滅の時期に遭

遇した。化石を調べると爆発的な種の進化と拡散、そして絶滅のパターンを知ることができる、と同時に、新たに進化しつつあるグループが活動を拡大していったことも知ることができる。これと同時に、気候変化、海面水位の変化、大規模石火山移動、プレーと移動などがすべて、時期と場所を変えながら進化に影響を及ぼしている。

ここで生物と環境の中で最も密接な関係を持つ気候変動を調べれば、温暖期と寒冷期があり、温暖期には極地には氷がほとんど無いか、全く無く、海面上昇が起こったことが、地球全史を通じて何度も出現した。上述の白亜紀には南極や、アラスカ北部にも植物が豊かに茂り、恐竜の食料に事欠かなかったことが、化石の研究から分かっている。また、寒冷期は何度も繰り返して起こり、一回の氷河期は数百万年も続いた。氷河期のなかでも交互に、比較的寒冷な時期(氷期)と温暖な時期(間氷期)が繰り返された。地質学的な証拠に基づき、先カンブリア時代に二度の低緯度地方まで及んだ「全球凍結」と呼ばれる氷期があることが分かっている。

最近の氷河時代は3500万年前に始まり、最終氷期の終了は1万1000年前にすぎない。氷河時代と関連する急速な気候変動が、生物、海面の高さ、陸上の環境などに、地球規模で劇的な影響を及ぼしているかを知ることができる。最後に最近5億4000万年のうち大絶滅の一覧をまとめて以下に示す⁴⁾。

- 1回目——オルドビス紀末期の4億4000万年前——氷河期到来、海面が下がった結果による
- 2回目——デボン紀末期の3億6700万年前——隕石の衝突
- 3回目——ペルム紀末期の2500万年前——巨大な隕石の衝突

4 回目——三疊紀末期の 2 億 1000 万年前——
—食料不足説，天敵説，隕石衝突説など

5 回目——白亜紀末期の 6500 万年前——巨大隕石の衝突

(注) 40 億～5 億 8000 万年前は地球温暖化時代で当時の生物は無脊椎動物で柔らかい組織のため化石になりにくい。したがって生物化石はそれ以後となる。

4. 人間と環境

これまで見てきた物質の変化・変遷・生物の誕生へ、そして人間の誕生へと導いた。我々の祖先はヒト科ヒト属として 700 万年前にアフリカ大陸に誕生したことが確認されている。その間の気候は、最近 180 万年間（第 4 紀）においても大きく変動した。その間に寒冷な氷期と比較的温暖な間氷期が反復し、過去 60 万年における変化は激しかった。気温、降水量、二酸化炭素レベルはいずれも周期的に変化した。第 4 紀に起きた気候変動の原因は、地軸の傾斜と軌道の変化によって地球が太陽から受けるエネ

ルギーは周期的な変化が起きたことがある（ミランコウィッチの仮説）約 90 万年前から、比較的寒冷な時期が 3 万年単位で繰り返し起こっていたが、約 90 万年前から 10 万年近くに及ぶ寒冷期が繰り返し起こるようになった。とくにこの後半の 50 万年間の氷床の拡大規模は並み外れて大きかった。世界中の水の大半が凍結してしまい、ほとんど蒸発しないため、氷の無い地域においてさえ、気候は極めて乾燥していた。最終氷期に、ヨーロッパ、アジア、北アメリカをおおっていた氷床の拡大が最大規模に達したのは、今から約 2 万～1 万 5000 年前のことであった。そして氷河の後退が始まったのは 1 万 2000 年ほど前に過ぎない。厳しい寒さから身を守るため巨大哺乳類は厚い毛や体毛をまとうようになった。人類はそれらの動物を狩の対象としたので、地球の気候と環境に対する影響は大きかったと指摘されている。ここで最近 40 万年間の南極の氷床コア採取の資料で得た、二酸化炭素と気温を測定したグラフを図 1 に示す。このグラフの期間で 4 回の氷河期があることを表している³⁾。

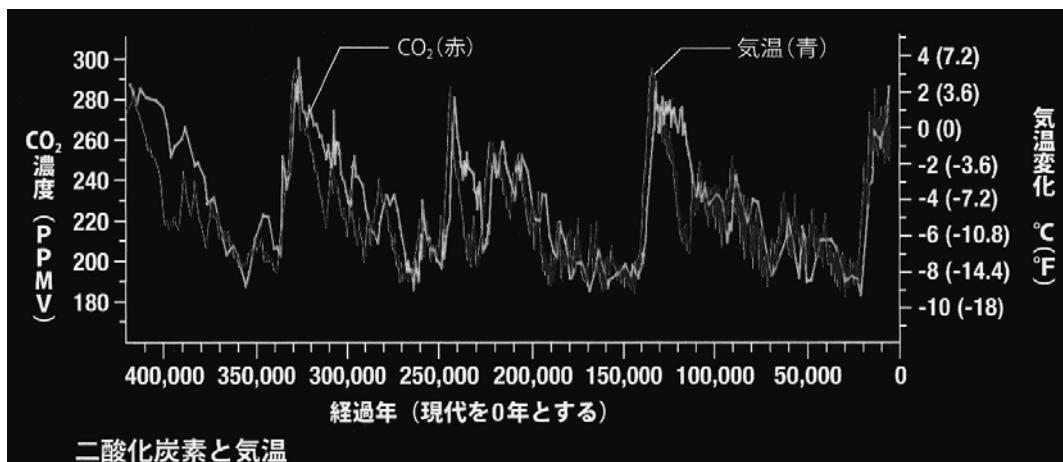


図 1. 二酸化炭素と気温 (マイケル・J・ベントン他 (監修)、小島郁生 (日本語版総監修)「生物の進化大図鑑」、河出書房新社、2010 年より転載)

そこで前述の如く最終氷河期は1万1000年前に終了し、寒水期に入ったが、それは我々の祖先は縄文時代(1万1000~紀元前四世紀程)にあり、その時期は狩猟、漁猟、および採集生活が基調で採集経済の段階であった。次の弥生時代(紀元前3世紀~後3世紀頃)は稲作と金属器の使用の始まりで、社会が階層に分化し、中国史書によれば小国家が形成されている。(広辞苑)

その後の気候はときには多少の寒暖の差はあるものの人類の生存に支障を及ぼすほどではなく、無事に現在を迎え便利な文明を築きあげた。特に第2次大戦後の1950年頃からの科学技術の進歩は著しく日常生活に大いに便宜をもたらした。だが、その効用と共にマイナスの現象も露出した。例えば、DDTという殺虫剤の使用に世伝害虫の殺滅効果は多大の人気を博したが、それが自然界への使用により生物、特に昆虫や鳥類などの殺滅が広範囲に現われた結果、生態系の被害の甚大さに恐怖の念に襲われた。当時DDTを含む多数の殺虫剤が次々に開発され、それが生態系に与える影響が大きかったので、カーソンが「沈黙の春」(1962年刊)という本で、その悲惨な実情を詳細に公表した結果、一大警告の旋風を巻き起した。

当時、日本においても水俣病などの公害の発生(1956年)や、四日市ゼンソク(1961年)などの事件を含む四大公害裁判となり一般の注目が集まり、ついに1970年に公害国会が開かれた。これは当時世界中が公害問題に直面中で、米国が「70ニクソン大統領環境報告」を最初に発表し、公害：環境に対する新しい理念を提示しその規制と対策の具体的な対策を公表した時代的背景がある。これが当時の日本の公教育にも大きな改革の変化をもたらした。例えば、公害教育から環境教育への変革で初等、中等教

育等で大きな転換を迫られた、ことなどを、当時筆者は現場にも関係していたので現場教師の苦勞は詳細に理解している。

ここで環境問題の発生の基本的な経過について述べてみる。元来、環境には人間を取り巻く自然環境と人為環境(社会、人文)の二つがある。自然環境には地震、津波、火山爆発、隕石落下など自然事象によるもので従来、我々の祖先が経験ずみのものである。だが、今日の人為環境の多くは第二次大戦後、科学技術の進展により新しい化学物質の生産過程で戸外に放出された有害物質によるものが大部分であり、最近では原発の放射能汚染が問題になっている。例えばその初期の水俣病事件にしても人体の病変が起きて初めて原因が究明されて公害と分かり初めて新しい環境問題の出現となった。だが水俣病の場合その認定の過程に時間がかかり、またその解決にもまた多くの時間を要し55年後の現在も係争中である。この環境問題の国際的取り組みの歴史を見れば、最初は1972年に国連人間環境会議がストックホルムで開催された(ストックホルム宣言)。次いで1992年「環境と開発に関する国際会議」(地球サミット)で(環境と開発に関するリオ宣言)、1997年に「気候変動に関する枠組み条約第三回締結会議」京都議定書採択。2010年、生物多様性条約第10回締結国会議が名古屋で開催されている。これらは人間環境を現在のままに放置して置けば人類の生存にも関わる重大な危機を迎えるといふ事態の打開策である。例えば、現在の世界の人口は70億人に達しているがその食料の問題や、現在の生活に必要な資源エネルギーを考えても、いずれもその余裕は期待できない。そこで各国は持続可能な社会の実現に向けて、専心研究努力中である。

5. 脳と心

いよいよ「脳と心」の中心課題に迫るが、最初の疑問の「物質から心がどうして生まれるか」は、「物質」と「脳と心」に対する真の理解不足であることが分かった。最初の脳の不思議は以前から感じていたが、東大の学園紛争当時、東京大学医学部の時実利彦教授からある特殊な縁で、同氏の著書「目で見る脳＝構造と機能」(1968年)を署名入りで謹呈された以後、益々脳に対する探究心が高まったためにライフワークにした結果である。

本書は、脳科学の当時までの学術研究の基礎基本を鮮明に打ちだし、原書の参考文献を挙げ、実験観察にもとづいた特色ある名著で歴史的な経過を知る上でも重要である。そこで本書の「脳と心の関係の図」に多少加筆して引用させて頂いたのが図2である。これは当時拙著「心身異常の現況と環境教育」(1984年)に公表した⁵⁾。

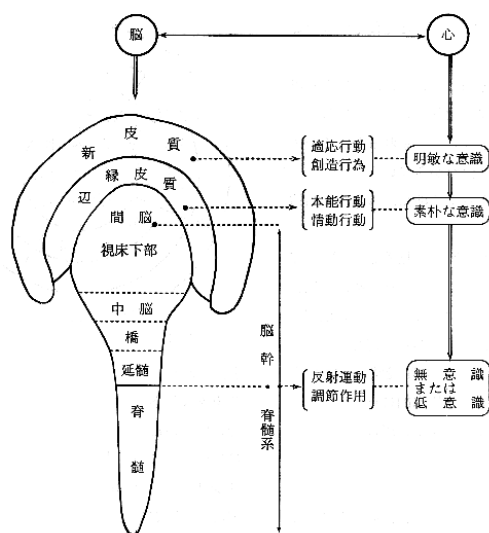


図2. 脳の構造と心の関係(時実利彦著『目で見る脳』を参考にしてまとめたもの)

この図に説明を加えれば、1) 脳は、大脳、間脳、中脳、小脳、橋、延髄に分かれ、延髄の

下部に脊髄が続いている。2) 大脳の両半球の表面をおおっているのは、大脳皮質で新しい皮質(新皮質)と、大脳の底辺に押し込められている古い皮質(辺縁皮質)と分けられる。3) 小脳は運動の調節に関係し、心の働きに直接関係しない。本図では省略。4) 間脳は視床と視床下部に区別される。5) 間脳、中脳、橋、延髄を一緒にまとめて脳幹と言う。脳幹の大部分は大脳の左右両半球の間にはさまれているため橋と延髄だけが見える。

次に脳を機能の上から分けると、脳幹、大脳の古い皮質(辺縁皮質)と新しい皮質の3つになる。脳幹と大脳の古い皮質は共通構造になっているので、カエルやネコなどを用いた動物実験によって、詳細に調べられている。大脳新皮質は動物が高等になるにつれて分化発達している。以下それらについて多少の説明を加えれば、

(1) **脳幹**: 脳幹には精神はないが、我々が眠っている時でも働いており、内臓の働きや血液の成分や体温などをうまく調節しているので「生命の座」といわれる。脊髄を含めて、脳幹・脊髄系の働きは反射運動と自律神経系によって調節作用が行われる。眠っている時、膝小僧をたたくと足がピョとあがる、などは反射運動である。自律神経系には交感神経系と副交感神経系の2つの系統があり、一般に一つの器官を対立的に支配する。例えば、食物が胃の中に入ると、副交感神経系が働いて胃壁の収縮や胃液の分泌が盛んになるが、消化がおわると、交感神経系が働いて、収縮や分泌がおさえられる。自律神経系の働きを調節している中枢は間脳のなかにある視床下部である。

(2) **辺縁皮質**: 大脳の皮質である辺縁皮質は「本能と情動の座」といわれる。本能には食欲、性欲、集団欲などがある。情動とは欲求不

満が起った時の不快感，不快感がつのって怒り，不安，恐怖の心などをいう。これは喜びや悲しみの感情と区別している。大脳の新しい皮質を切った犬が普通ならなんでもなような刺激に激しく怒りを現した実験例もある。情動の仕組みも，本能的欲求と同じように，視床下部とその上の大脳辺縁系が統合して営まれると考えられている。大脳辺縁系は心との関係では、「素朴な意識」の座である。

(3) **新皮質**：大脳の新しい皮質は知・情・意で代表される人間の高等な精神が作りだされる場所である。この皮質は部位によって役割を分担し，前頭葉がよく発達し，思考，創造，情操（喜びや悲しみ）の「精神の座」である。脳の発達が最高度の段階にあるので他の動物には見られない多くの特質をもっているが，動物実験によっても多くの知識がえられている。大脳新皮質は心との関係では「明敏な意識」の座である⁵⁾。

ここで脳科学の1990以降の研究動向を顧みると，一般社会は脳と心に対する関心の高まりがあり，科学技術の急速な進歩による医療や生活習慣の改善が問われる時代であった。そこで1990年には米国上院が議決し，ブッシュ大統領が署名した「脳の10年」の宣言がある。これは脳科学の重要性について幅広い啓蒙運動を起し，自国のみならず国際的な理解へと発展していった。

日本においても1993年10月に「脳の世紀」のシンポジウムが盛大に開催され，「脳の世紀」連絡会議代表は伊藤正男氏でその趣旨が述べられ，講演などがあつた。これは「脳の世紀ニュース」1994・4・29 Vol.1, No.1に収録されたが，それには日本の脳科学の研究者は米国の10分の1，研究予算は米国の20分の1という。この他にも貴重な提言があつた。ここで注

目したいのは，1996年12月28日の朝日新聞で，「脳科学，新時代」，今後20年間で1997年度から「2兆円の研究プロジェクト始動」の見出しで大々的に報じていた。その紙面で伊藤正男氏（日本学術会議会長）は，「現在の計画では来年度，理化学研究所内に20の研究室を作る。後々これを50研究室にして二千人規模の研究所にする。年間千億円の予算で二割を脳科学総合研究所で，残りを全国の有力組織につき込んで研究を進める。そこでキーワードは3つ。「脳を知る」，「脳を守る」，「脳を作る」（新型コンピュータ）という。

なお，日本の脳科学の「脳と心」の研究は1995年11月の「市民脳研究シンポジウム」開催の際の伊藤会長への司会者の質問，「意識のメカニズムや脳と心の関係についてのお考えを」に対する次の答弁で明らかである。それは

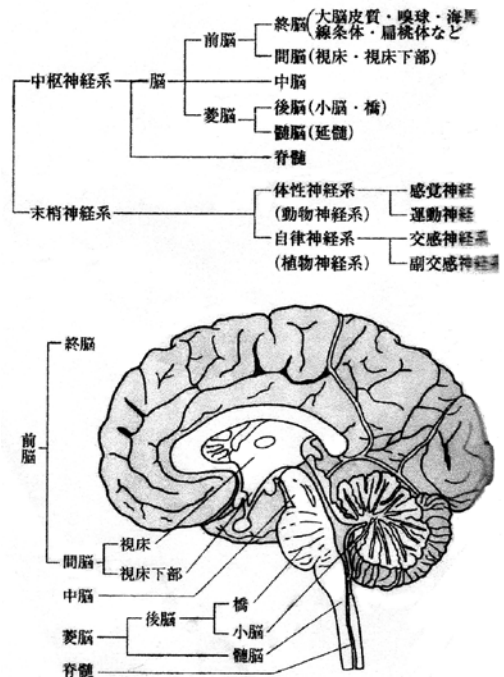


図3. 神経系の構造（理化学研究所脳科学総合研究センター編による⁶⁾）

「脳科学の最終的課題ですね。いろいろな攻め方を実際にはしているんです。脳の中の機能地図を丹念に作って、ここの部分はなにをやっている、と至るところくまなく調べていく。いま、大体人間の脳は73領域まで何をやっているかが書き込まれていますが、この中に意識という領域はないんですね。ですから意識は脳の大きなシステムの持っている働きとして捉えないといけないと考えられています。」という。

図3は現在脳構造の典型的な図である⁶⁾。日本の脳科学の研究は本章の初めに述べたとおり、理化学研究所が中心になって推進している。国会の仕分けでスーパーコンピュータの予算についての質問が深く印象に残っているであろう。このスーパーコンピュータは一時期世界一位と評価されたが、今後は脳研究に必要不可欠の装置となっている。

ここで脳の機能地図の研究者2人の本を取り上げることにする。1人はリタ・カーター(Rita Carter)で「脳と心の地形図」(原著MAPPING THE MIND)(1998年)⁷⁾「人間の脳はたくさんの部分からできていて、それぞれ特別な役割を果たしている。(中略)脳を構成するいくつかの部分は、絶えず変化していて、環境に大きく左右される。しかも、お互いに依存したり、反応したりするので、各部分の役割をはっきり決めることはできない。ほんのちょっとした部分が、ほかの仕事を引き受けることもあれば、遺伝や環境の不都合で全く機能しなくなることもある。脳の活動をコントロールしているのは電流と化学物質だが、もうひとつ謎めいた振動も関わっている。一度に何万種類もの活動を平行して進められるダイナミックシステム。それが脳である。脳はあまりにも複雑なので、自身がその総てを理解することは、ひょっとしたら不可能かもしれない。それ

でも脳をことなく自らの探求を続ける」⁷⁾。また、「意識があらわれるのは間違いなく皮質だが、支えているのは脳全体である。脳幹、中脳、視床といった部分は神経伝達物質のさまざまな場所に振り分けて意識的な注意を方向づけ、コントロールするうえで不可欠な役割を果たしている」⁷⁾。

次に、もう1人は、ナンシー・C・アンドリアセン(Nancy C. Andreasen)で「脳から心の地図を読む」(原著BRAVE NEW BRAIN)(2001年)⁸⁾は、「心の地図—形態と機能の不可分性」で「神経科学者は脳をいくつかの機能系にわけ、時として機能系を心と考える。それには記憶すること、あるいは、あることに注意を向けるといった精神機能が含まれる。しかし、形態と機能、つまり心と脳は単一であり、脳の特定期域に機能系を当てはめて考えてもいる。前頭葉や大脳皮質系が道徳的判断とか種々の情動体験といった精神活動を生み出すのである。このような脳の機能地図作成は、過去百年以上にわたって着実に進歩してきた。脳機能を作るもっとも初期の方法は、頭部外傷や脳卒中など脳の特定期域を破壊するような、不幸な自然の事故を利用するものであった。そこで科学者は損傷部位について対処する、損傷法を考えた」⁸⁾。

「最近では陽子放出断層イメージング(PET)や機能磁気共鳴イメージング(fMRI)などの機能イメージング技術が損傷法を補うことになっている。これらの新しいイメージング技術によって、健康で無傷な脳のどの部分が特定の精神機能を担っているか、直接目で確かめることができる。これらの神経イメージング技術は損傷法よりも強力であり、機能領域や機能系に特定の精神機能を割り当てた初期の考え方の大部分が単純化のしすぎであったことを明

らかにした。我々が精神活動をするとき、たい
てい脳全体に分布する多数の領域を使っている。
それにもかかわらず伝統的な機能系の分割は脳
が考えたり、感じたりする心を作り出すのにど
のように働くかを理解する有用な出発点に変わ
りはない」⁸⁾。

6. ミクロの世界 (=量子論) と心

これまで物質である脳は心とどんな関係にあるかは、心は前頭葉に局在するというのがほぼ特定できた。だが、また、心は脳全体が関与するという脳科学者の意見もある。しかし、そのメカニズムは依然として分からない。

そこで脳の局在の物質のミクロの世界、すなわち、量子力学、または、場の量子論で扱う領域を調べてみる。この領域は我々の日常の経験や常識とは違う特性をもって挙動するので、直ちに納得し難い面がある。量子論では物質の構造を分子——原子（原子核と電子）——原子核の次に来る階層は素粒子という電子の仲間に属する。すなわち、原子核は陽子と中性子からなり、それらはクォーク（6種類実在）と呼ばれる粒子からなっている。これらの素粒子の特性などはよく研究されて、場の量子論として、現在の物理学の到達した最高の理論とされている。ここで場とは空間に連続的に分布している物理的性質のことである。光は電磁波の振動が伝わるものである。ここでは電子も場として扱う。ここで量子の世界を取り上げ、箇条にその特性を概述する⁹⁾。

(1) **粒子と波動の二重性**：電子は粒子であると共に波である。この粒子と波動二重性は量子物理学の核（コア）である。

(2) **反粒子と反物質**：電子には反粒子があり、陽電子とよばれる。電子は陽電子と衝突すると、2個あるいはそれ以上の光子に転化する。

その逆過程も起こる。光子は電磁波の量子である。それで電子は陽電子と衝突すれば粒子でなくなつて場だけになる。また、それらの現象は空間のどこにでも起こりうる。それは場に転化しうる。空間のどの場所でも電子を発生したり、消滅したりする機能をそなえている。つまり、量子化でき、場の量子論では、粒子と反粒子は対称になっており、一方は他方の負エネルギー状態を与え、空間の各点に独立な自由度があり、振動子の集まりのように考える。総ての振動子の最低状態にあるのが、真空であり、真空のエネルギーを0と考える。

(3) **スピン**：スピンは原子から放出されたスペクトルの研究から多くのスペクトル線に微細構造が見出された。1本のスペクトル線も原子を磁場の中におくと分裂する現象も認められた。元来、スピン（回転）は電子やニュートリノから銀河や銀河団まで、自然界は回転（スピン）している。回転運動には、地球の自転のように自分の軸の周りを回る運動と、地球の公転のようにある点の周りを回る軌道運動の2つがある。どちらも回転系の質量、サイズ、速度を組み合わせた角運動量という量で表せる。だが、量子論的なコマ——スピンは古典的なコマと違い、一見不思議な性質を持っている。これは垂直方向にZ軸をとったとき、Z軸に対して角度シータをなすスピンの大きさを測定すると、その結果は $+\hbar/2$ か、 $-\hbar/2$ のどちらかであり、それをベクトルで表わすことはできない。ここで \hbar ($\hbar = h/2\pi$) は量子力学で特有なプランク定数である。しかし、スピンは波動力学では波動関数を使えば正確に表すことができる。

(4) **ド・ブロイの式**：次に示すド・ブロイの式は $\lambda = h/p$ ですでに量子力学の基本式である。ここに λ は波長、 h はプランク定数、 P は運動量(= $P = mv$)、 m は質量、 v は速度、したがっ

て、この式はアインシュタインの式 $E = mc^2$ 、(ここに E はエネルギー、 m は質量、 C は光の速度) と並んで重要な式である。

(5) **不確定性原理**：運動量と位置を同時に正確に測れない、限度がある、という原理。

なお電子には、未知の分野が残されていて、スピンホール効果関係などの研究が始まっている。そこで上述の量子論の知見と脳機能を比較検討してみる。ここで脳と心の機能の大局的な関係は上述の図2に示して説明した通りで、現在も基本的に正しい。ただ、小脳の機能は心の働きに直接関係しないと述べたが、最近の研究では関与しているというので訂正したい。また、脳と心について、1972年にノーベル賞受賞者のG・M・エーデルマンが、脳の研究にその後は関心をもって、「意識は脳の活動から生まれる」と一歩踏み出した、として「意識プロセスC」という抽象的概念を導入して、因果作用で説明しているが、これは筆者には納得できにくい。これは因果律で説明できる性質のものではなく物質の基本的性質から生まれるからである。そこで注目するのは、上述のカーターの「脳の活動をコントロールしているのは、電流と化学物質だが、それともうひとつ謎めいた振動が加わっている」の指摘は、重要である。これは電子スピンのスペクトル線が示す現象と見ることができ、また、同様にアンドルアセンの「時として脳機能を心と考える。形態と機能では、心と脳は単一であり、脳の特定期域や機能系を当てはめて考える」と述べているのも、心の定義として納得できる。これらは量子論から見ても物質の基本的な特性に合致しているからである。従って筆者の疑問も、これで解消した。物質の基本的な特性に根ざしたものであれば、他に原因を求める必要はないからである。だが、ここで新しい問題が起こるが、それは脳機能と

心の関係を測定によって確かめなければならないことである。これは脳機能は波動現象として現れるので、その状態のスペクトル線を測定し、心との対応を見出すことである。その典型的な波形は動物実験で可能と思われるし、人間の場合はスーパーコンピューターが利用できよう。要するに量子論的な視点で眺めると新しい知見が得られる。例えば、諺に、「一寸の虫にも五分の魂」は真実をうがっているし、佛教の太陽を象徴した大日如来は尊崇の対象となっているのも理解できよう。

7. 新しい自然観 (=物質観)

これまで物質を対象として眺めてきたが、これ世の中は三つの分野、物質、空間と時間に分けられ、物質が主役で、時間と空間は脇役のように見える。物質(エネルギーを含む)がなければ、空間も時間も無いに等しい。したがって、上記の三者は一緒に生まれたと見做すことは妥当であろう。その主役の物質はビックバンによって誕生したとする考えが、現在の科学者に一般に認められている。だがそこには、特異点があり、それは一義的にきまったものではなく、無限の可能性がありうる。我々はその一つのビックバンを選んだに過ぎない。そしてそれが概ね正しかった、ということも分かってきた。

そこでは物質とエネルギーは等価であることや、その不思議の原因は何か、例えば心は物質でないのに、どうして物質から心が生まれるかなど、種々の疑問がでてきたが、そこではミクロの世界を扱う量子力学や、場の量子論を学ぶことによって、他に原因を求める性質のものではないことも分かってきた。それは物質それ自身の特性に由来するものであるからである。

そこで物質の寿命はどうか、に疑問を抱くようになった。物質はその階層によって寿命が異

なり、素粒子などは1秒の千分の1で寿命を終えるものや、「最も長い寿命の陽子は、理論によって異なるが、最大 10^{43} 年であり、実際に実験の結果は陽子の寿命は 10^{34} 年で宇宙の現在の年齢137億年(1.37×10^{10} 年)より遥かに長い。」とS. M. キャロルが述べている¹⁰⁾。

ここで「宇宙は永遠に膨張し続けるだろう、といわれ、それも最近では、その証拠も増えているし、実は加速しているらしい」という。その原因は暗黒エネルギーのせいと言われるが、その正体は全くわからない、というのでフォードや他の物理学者は現状に苦慮中という¹¹⁾。

そこで筆者は物質の本性を軸にした仮想モデルを提出する。物質には寿命があり、宇宙の物質はビッグバンで誕生の後の生涯は、初期の活発な時期を経過中であるが、陽子の寿命を考えると、現在は、まだ人生の半ばにはいたっていない。それが暗黒エネルギーにも随伴しており、その活動は絶頂期まで続くが、やがて成人から老年期を迎えると、宇宙の膨張がやみ、そこでようやく収縮に転じる。そして以後は、熱力学の法則により断熱圧縮のため、物質は、次第に高温、高密度の状態へと進み、ビッグバンの時のような状態となり、最後の老年期を迎えて寿命を終える(ビッグクランチ)。そこに第二の特異点があると考えた。

なお、本問はターナー¹⁾が未来のシナリオA, B, C, Dの4つをあげ、そのDシナリオに「加速膨張が急激に減速に変わり、さらに収縮に転じる。300億年ビッグクランチ。宇宙は一点につながる。おそらく新たなビッグバンにつながって永遠のサイクルが連続」と述べている。すでに先達が同様の意見を持っていたのを初めて知り、心強くした。

あとがき

本論の発表について本年の新春賀詞交歓会の日に、幹事の宗林由樹氏から、12月の例会で発表して、との要請を受けたので受諾した。これまで何度も延期したので了承した次第。その時点では論文の進行度は80パーセントほどであったから、それからの毎日はこれ一筋に集中した。その結果、初期の目的は10月頃に達した。だが、新しい物質の寿命の問題に気付いて11月に一応の完成をみた。これがもし日限が指定されなかったら仕上げることができなかった、と思うと宗林幹事に感謝せざるをえない。さて、現時点の難題はフォードの言うように、「不気味な理論」と呼ぶ、量子力学や場の量子論の専門家でも頭を悩まされる新たな問題の発生であり、それは暗黒物質や暗黒エネルギーの正体の解明である。他方、物質の根源の粒子と呼ばれるヒッグス粒子の発見が確実となり、標準理論は益々その威力を発揮しているので、物質観も新しい時代を迎えると思われる。

参考文献

- 1) M. S. ターナー (2009), 宇宙の起源, 日経サイエンス Vol. 39, No. 12, 20-27.
- 2) 高島秀行 (2011), 元素の誕生物語, Newton Vol. 31, No.1, 24-53.
- 3) マイケル・J・ベンドン他, 日本語版監修小島郁生 (2010), 生物の進化大図鑑, 河出書房新社.
- 4) 今井弘 (2005), 地球46億年の進化, 関西大学出版部.
- 5) 大内正夫(1984), 心身異常の現況と環境教育(その1), Academia No. 46.
- 6) 理化学研究所脳科学総合研究センター編 (2011), 脳科学の教科書 神経編, 岩波書店.

- 7) リタ・カーター, 藤井留美訳(2001), 脳と心の地形図, 原書房.
- 8) ナンシー・C・アドリアセン, 武田雅俊他訳(2004), 脳から心の地図を読む, 新曜社.
- 9) 町田茂(1994), 現代物理学読本—素粒子から宇宙まで—, 理工学社.
- 10) S. M. キャロル(2012), 陽子の寿命は無限か, 日経サイエンス, Vol. 42, No. 12, 93.
- 11) ケネス・W・フォード, 渡辺正他訳(2005), 不思議な量子—奇妙なルールと粒子—, 日本評論社.