

6. 講演『宝は学際にあり～生命王国／物質帝国では～』

和田 昭允 氏（東京大学名誉教授、）お茶の水女子大学理事 日本学術会議連携会員）

前の2人の方はガッチリした話をされましたが、私の話は漫談であります。そのつもりで気楽にお聞きください。

私の目的は「科学技術の世界は広く、大部分が未知の沃野だ。若い人たちが既成の分野の壁などものともせず、チャレンジ精神を持って踏み込めば、多くのチャンスが待っている」。これを実感を持って判っていただきたいのです。

ということで、知の世界をまず俯瞰しましょう。

図1は、私が「科学技術空間」といっているものです。日本はこの空間での総力戦で世界の第一線に立たなければ先がない。

上のほうに学校の教科が書いてあります。いわゆる「物・化・生・地」です。下は4つの分野：IT、バイオ、ナノテク／材料、環境で、国が資金を投入して大いに育てようとしている4本柱です。もちろんこれ以外に、科学と技術にはいろいろな分野があるわけです。その間が結びつきながら発展しているところが大切です。学問の際・境はこの分野間の連結線で、そこに今後の可能性が秘められています。

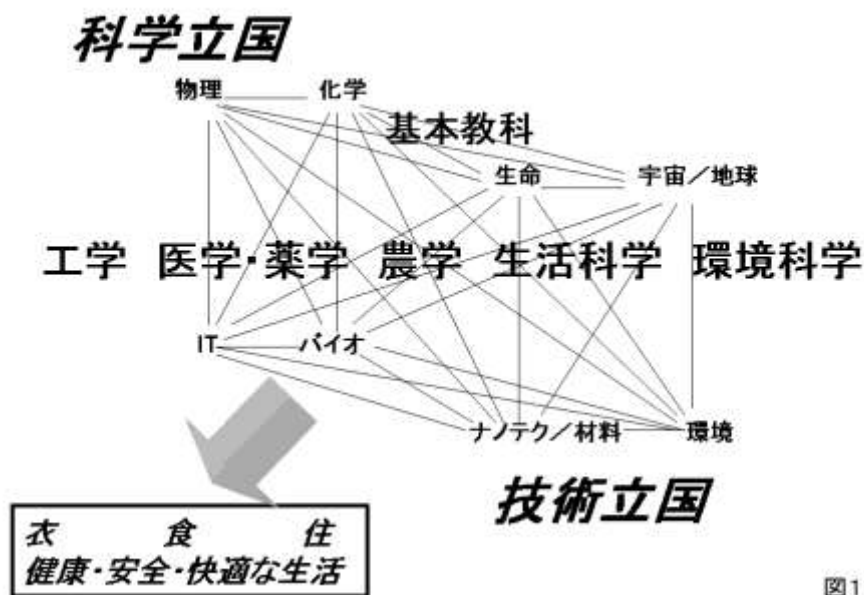


図1

図1 科学技術空間：科学／技術 総力戦の構図

ここにあげた基幹分野はすでに確立していて、定常的に発展していますが、それらの境界にはあまり人がいない。これが目の付け所です。

私の専門は生物物理学ですから境界分野にいるわけですが、そこが居心地がよいのですね。だいたい怖い先生がいない。うるさい先輩がいない。それから競争相手がいない。しかしテーマはたくさんある。そのような楽天地であります。

もちろんそれは図示したように、医学、工学、農学等々の分野と密接な関係を持ち、ひいては国民の衣食住、それから国家の安全と安寧に結びついています。

このネットワークが科学技術の全空間であります。これを全部お話するのは大変なので、今日の話は物理と生命の境にします。そこでまず、この空間に可能性が満ち満ちているということを申し上げたい。

物理学と生物学の二つは離れていて、一方は物質科学、一方は生命科学ですから、あまり関係がないだろうとこれまで思われていたわけです。まだ現在でも思われているかもしれません。そこに、もう 60 年以上も前に果敢に斬り込んだ大物理学者がいます。エルウィン・シュレディンガーです。

1944 年に彼は『WHAT IS LIFE』という小冊子を公表しました。その中に書いてある印象的な言葉：How can the events of space and time which take place within living organisms be accounted for by physics and chemistry? “イベント・オブ・スペース&タイム”というところに物理屋の面目が躍如としています。生命体内の時・空間の諸現象は物理学および化学で解明できるだろうか? という基本的な問題提起で、これが当時の若い物理学者、化学者、生物学者に与えた影響は絶大なものでありました。

ところが、彼はこれを書くのにクドクドと言い訳をしています。それは、シュレディンガーでさえほかの分野に入るときに、どんなに後ろめたい感じを持ったかを表しています。少し長くなりますが、以下に引用します。なお、この翻訳版である『生命とは何か』は岩波書店が出した新書版ですが、ついこの間まで古本で 5000 円ぐらいしていました。最近、復刻版がでて 1000 円以内で買えると思いますので、皆さんぜひ読んでください。

『そもそも科学者というものは、或る一定の問題については、完全な徹底した知識を身に付けているものだと考えられています。従って、科学者は自分が十分に通曉していない問題については、ものを書かないものだと世間では思っています。このようなことが科学者たるものの犯してはならない掟として通っています。この度は、私はとにかくこの身分を拗棄して、この身分につきまとう掟から自由になることを許していただきたいと思いま

す。』と、これからシキタリに反したことを言おうとしている自分の立場を述べた上で、『これに対する私の言いわけは次の通りです』と続けます。

『われわれは、すべてのものを包括する統一的な知識を求めようとする熱望を、先祖代々承継いできました。學問の最高の殿堂に與えられた綜合大學(University)の名は、古代から幾世紀もの時代を通じて、総合的な姿こそ、十全の信頼を與えらるべき唯一のものであったことを、われわれの心に銘記させます。しかし、過ぐる百年余の間に、學問の多種多様の分枝は、その廣さにおいても、またその深さにおいてもますます拡がり、われわれは奇妙な矛盾に直面するに至りました。われわれは、今までに知られてきたことの総和を結び合せての全一的なものにするに足る信頼できる素材が、今ようやく獲得されはじめたばかりであることを、はっきりと感じます。ところが一方では、ただ一人の人間の頭脳が、學問全体の中の一つの小さな専門領域以上のものを十分に支配することは、ほとんど不可能に近くなってしまったのです』 見事な現状分析です。そして

『この矛盾を切り抜けるには(われわれの眞の目的が永久に失われてしまわないようにするためには)、われわれの中の誰かが諸々の事実や理論を綜合する仕事に思いきって手を着けるより他には道がないと思います。たとえその事実や理論の若干については、又聞きで不完全にしか知らなくとも、また物笑いの種になる危険を冒しても、そうするより他には道がないと思うのです。 私の言いわけはこれだけにします。

1944年9月 ダブリンにて、エルヴィン・シュレーディンガー』

この最後の一句“また物笑いの種になる危険を冒しても”は感動的です。

私の話はこれから、生命とはいったい何だろうか？という話に入ります。

まず、私が好きな孫子の、皆さんもよくご存知の言葉「彼を知り己を知れば、百戦して殆からず、彼を知らずして己を知れば、一勝一負し、彼を知らず己を知らざれば、戦う毎に必ず殆し。(『孫子』謀攻篇)」。ここでの“彼”は研究対象つまり生命ですね。それから“己”はわれわれの能力、持っているツール、物理的・化学的手法です。今から申し上げることは、彼＝生命は非常に複雑で大変な相手だ、しかし、われわれは、全科学技術分野を総合すれば、すばらしいツールを持っている。分野の壁にこだわらなければいろいろなことができる、ということです。

彼＝生命はどのような特徴を持っているか。

生命の1つの例をお見せします。オトシブミというカブトムシの一種で、大きさは1センチメートルぐらい。彼女はクリヤクヌギの葉に卵を産みつけます。

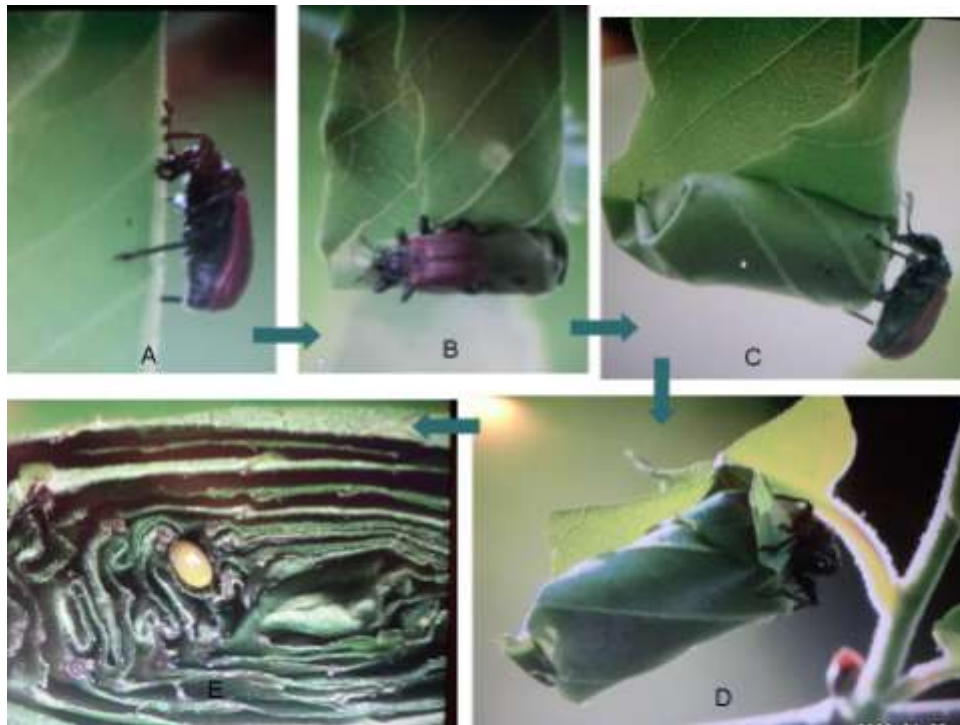


図2 オトシブミの子育て
自然写真家 海野和男氏のご厚意による

まず葉の上を歩きまわります。これは彼女が、この葉は自分が卵を産みつけて大丈夫かを調べているのです。ダメだったらまたどこかほかの葉を探しに行ってしまう。この葉に満足したので、一生懸命に切り始めました。

彼女が卵を産みつける作業をお見せしているわけですが、もちろん誰にも習っていないのです。この作業のプログラム情報は彼女の1ミリメートルぐらいの脳の中に入っています。昆虫のこのような作業を見るときに2つの見方があります。1つは、「生物はすばらしいな」と見る受動・感心型。もう1つは、人間がこれをロボットとして造るのだったらどうしたらいいだろうな、と考える積極・探究型。あとのほうの見方をしないと、本当の学問は発展しない。

図2Aは、巻くときに主葉脈が固いものだから、それに刻み目を入れて柔らかくしています。

さて彼女は葉を先の方から巻き始めます(図2B,C)。主葉脈が柔らかくなっているからわけではない。巻いてゆくときに出っ張りがあつたりすると、ちゃんとたくし込みます。人間はマイクロマシンとかいって威張っていますけれども、これは究極のマイクロマシン、

ナノマシンです。

これを見ると神様が造ったのではないかと、ふらっと思いきやそうになるのですが、そんなことはないのです。ちゃんとダーウィン進化で説明できます。図2Bに見られる穴に卵を産みつけます。それからまた巻いていきます。後の描写は略しますが、葉を巻き終わって(図2D)、地面に切り落とします。そこで卵(図2E)がかえり、幼虫となり、また母親になって次の世代を生んでゆくのです。

こんな不思議に見えるものでも、生命機械論者(私もその一人)に言わせれば、「結晶が物質のひとつの形態」であるのとまったく同じ意味で「生命も物質のひとつの形態」なのです。

シュレーディンガーは『生命とは何か』で「生物は物質のひとつの状態に過ぎない」と位置づけたうえで「生命とは繰り返しのない秩序構造体」だと、以下のように明快な秩序論を展開します。

まず物質界です。『一個の小さな分子一個を「ひとつの固体の幼芽」と呼んでも良いでしょう。そのようなひとつの小さな固体の幼芽から出発して、だんだん大きな結合体をつくり上げてゆくのには二つの異なる方法があります。

ひとつは同じ構造を三つの方向に何度も何度も繰り返してゆく比較的退屈な方法です。結晶が成長してゆくときにはこのような道をたどります。ひとたび周期性が確立すれば、凝集体の大きさには一定の限界はありません。』

つぎに生命界です。『もうひとつの方法は、退屈な繰り返しをしないでだんだん大きく広がった凝集体をつくり上げてゆくやり方です。これははいよいよもって複雑な有機化合物の分子の場合であり、そのような分子においては、あらゆる原子及びあらゆる原子団がそれぞれ個性のある役割を演じ、(周期性を持つ構造の場合とは異なって) たくさんのほかの同種のものとは全く同等の働きをすることはありません。これを無周期性の結晶または固体と名づけ、われわれのモデルを次のように言い表わすのは全く適切だと言えましょう。ひとつの遺伝子、あるいは恐らくひとつの染色体繊維全体、は一個の無周期性固体であると考えられる。』

ここで「無周期性秩序構造」イコール「無秩序構造」と早合点すると大きく間違えます。無周期性秩序構造は“ある特定の秩序を持った”構造です。“ある特定の”が“繰り返しの”となると「周期性秩序構造」になり“特定”の代わりに“どんなでもよい”とすると「無秩序構造」になるわけです。「秩序ある社会」も周期性のある社会ではなく、整然と

して“ある目的”を持った社会を意味します。「秩序ある行動」といえば、同じ行動を繰り返すことではなく“ある意図”を持った行動です。すでに述べたように、ここでいう秩序とは意味、意図、目的だと理解して下さい。

では、なぜこんな不思議なものできたかを考えます。

生命には3つ特徴があります。

その第一は「巧妙な重層構造」。生物個体は、植物では百メートルもの巨木、動物ではやはり数十メートルの鯨、1～2メートルあたり的人类をはじめとするほ乳類、センチメートルからミリメートルの世界にもいろいろなものがあります。その10万分の1ぐらいのところに細胞という中部品を作っています。その中に小部品として細胞核だとかミトコンドリアなどいろいろな分子機械がある。そのまた部品はアミノ酸がつながったタンパク質やヌクレオチドがつながった核酸（DNA，RNA）で、これらが分子機械としての生命の究極の部品です。核酸が遺伝情報の記録媒体で、蛋白質は細胞の生命活動を司る機能媒体として、分業をしています。そこに見られるものはマイクロ、マクロを有機的・機能的につなぐ巧妙・精緻を極めた重層構造です。12桁ものサイズの拡がりが見事につながっているのですね。

特徴の第二は「濃密な素子集積」、つまり部品の“詰め込み度”です。素子集積の密度を大雑把に、1立方センチあたり部品が何個くらい入るかで考えると、昔の真空管を使ったラジオだと1個も入らない。集積回路ができて密度が格段に上がった。しかし細胞では、部品の定義を一応何かの機能をするユニットとしますとタンパク質が部品でありますから、細胞の中の素子集積密度は10の12乗くらいになる。ですからこの場合も十数桁の違いが、われわれ住んでいる世界と生命の世界の間にある。だからこそ不思議に見えるのです。

第三の特徴は「極度の情報軽量化」であります。1文字あたりで重さを考えます。一番重いものは石碑や墓石ですが、これは冗談として、始めは木や竹に書いていた（木簡、竹簡）のを紙が発明され、印刷術が発達しました。文字を小さく紙を薄くして、文字つまり情報単位の重さはどんどん軽くなった。そして、磁気テープ、さらにはROM、RAMなどの電子メモリー媒体が発明された。人間はどうだ凄い情報集積だろうと威張っているかもしれませんが、生命の設計書であるDNAは鎖状の分子で、文字はA、T、G、Cという原子団で、桁違いに軽い。まず、究極の情報記入媒体でしょう。

これらが生命と称する物質系の3大特徴でありまして、40億年かけて改良・改善がされて、地球環境を生きる知恵が蓄積されてきたのです。

皆さんは、それぞれが 60 兆ぐらいの細胞をお持ちですが、その 1 個 1 個に 40 億年の歴史が入っていることを自覚したことがありますか？その歴史がなければ、皆さんはここにおられるわけではないですよ。その上、地球環境には幅広いバラエティがありますから、それに適するように多彩・多様な生物種になり、それらが全地球に展開しています。そのいきさつを書いた文章が全部、ゲノム——生命の設計書——に書かれています。これを読まない手はないでしょう！

そもそも、なんでこんなものができたのでしょうか？

生命の歴史を考えてみます。人生 80 年の時間を 2 センチメートルの長さとしします。そうすると人類が機械文明に入る 4000 年前は 1 メートル先にあります。日本橋に日本の測地原点である道路元標がありますが、そこから生命の歴史をずっと伸ばして、40 億年前のその起源までゆくと 1000 キロメートルとなり、鹿児島あたりに達します。つまり鹿児島あたりで生命が生まれて、現在に相当する日本橋に向かってどんどん進化して来て、たぶん静岡あたりで多細胞になった。平塚あたりで恐竜が出てきて、多摩川あたりで滅びた。そして日本橋の橋のたもとで人類が出てきた。人生 80 年の 2 センチメートルなどは、道路元標にある十字の 1 本の棒ぐらいにしかならない。

この長い時間を次の世代を作り、蓄積してきた遺伝情報を次世代に引き継ぐことによって今日まで生き続けてきたところが重要なのです。

つぎに、物質系なのに、とてつもないものが出来た。その理由を考えます。

40 億年前の地球で何かができた。確実に言えることは、何だか知らないが、それが自分とほとんど同じものをつくる自己複製系だったことです。これは絶対に間違いない。

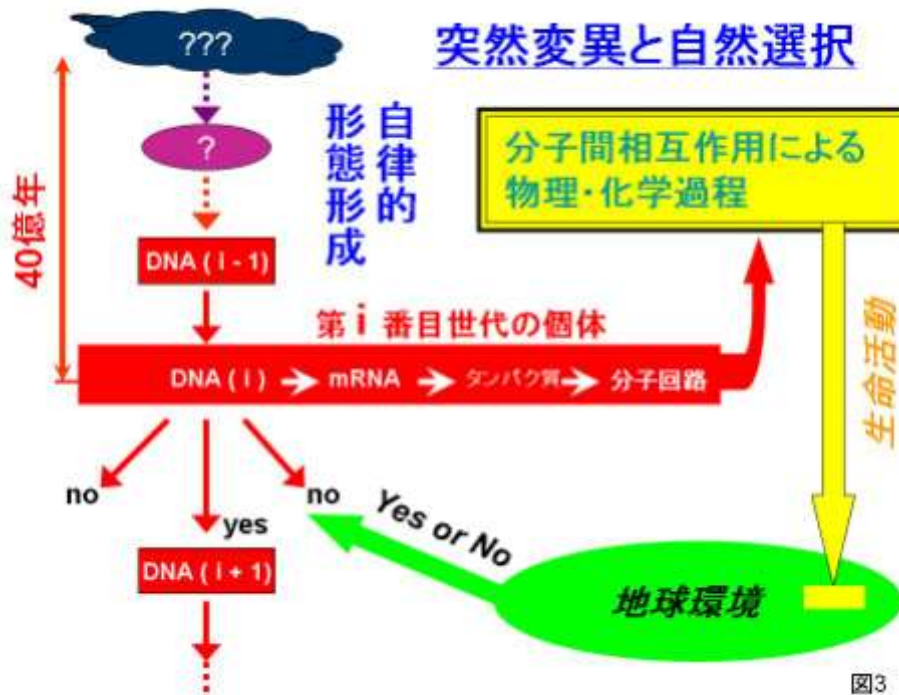


図3 遺伝情報の縦と横の流れ

- ①生命の起源以来の縦のながれで、いつの時代にか情報担体が DNA になった。
 - ②ひとつの生物個体では、遺伝情報は“横に流れて”タンパク質の物理・化学的性質を使って「生命活動」を行う。
 - ③親と少し違う DNA が複製される：突然変異。
 - ④突然変異体の「生命活動」は、地球環境で生か死の判定——次世代に引き継げるか否か——を下される（自然選択）。
- 以上を要するに、環境の情報が個体の遺伝情報の中に読み込まれてきた。

その良く判らない自己複製系が複製を続ける間に、ある時代に情報を記録する分子である核酸（DNA あるいは RNA）が出来て、情報が効率よく伝えられるようになり、また機能を分担する分子としてタンパク質が出来、分業形態を確立して今日に至ったわけです。

以上が情報の“縦の流れ”だとすると、生命個体それぞれの中に、情報の“横の流れ”として遺伝情報⇒生命活動がある。そして、生命活動の一つとして子供を作る。ここで大事なことは突然変異で、完全に同じDNAが来るのではなくて、少しずつ変わったものをつくる。

突然変異で親と少し違う子供の生命活動は、地球環境の中に置かれます。そうすると地

球環境が、それが次のDNAをつくって良いか悪いか、要するに生きてよいかどうかを判定するわけです。先ほどのオトシブミだって、あの知恵が蓄積されてきたからこそ次世代の卵ができたのです。地球環境は温かくそれを見守って来たわけです。

要するに、いくつかの可能性の中から、“自然界を生きる”条件で次の世代が選ばれます。これは環境の情報が読み込まれていることを意味します。つまり、いくつかの可能性が提示され、その中から“生き延びるもの”を環境が結果的に選んでいるのです。生きる情報を環境から読み込んでいる、あるいは読み込まされている。こうして40億年、数〜数十兆回の世代交代、トライアル&エラー、を繰り返して今日までずっとつながってきました。

したがって皆さんの細胞には、40億年の地球を生きてきた知恵が入っているわけです。これが「彼を知り」です。では「己を知る」つまりわれわれの研究能力はどうか？われわれが持つ自然界からの情報抽出能力です。いまや物理・化学計測と数理解析における空間・時間分解能の飛躍的向上があります。昔はメスでコンマ何ミリがせいぜいだった構造解析が、いまやX線解析やNMR測定によって、オングストロームあるいはそれ以下の解析が可能です。説明するまでもないと思いますが、1円アルミ貨を1000キロメートルの大きさにすると、原子は1円アルミ貨ぐらいになる。それぐらいの分解能で、今日、生体の中で働いている分子が調べられています。

遺伝情報を伝えている文書の構造はクリックとワトソンが発見した。彼らが発見したのは二重らせん構造だと言われていて、それは間違いないのですが、ここで重要なことは、同じ分子の上に物理の顔、化学の顔、生物の顔が乗っていて、それらを対応づけられたことです。物理の顔は安定な二重らせん構造、化学の顔はA、T、G、C原子団のつながり（塩基配列）、生物の顔は遺伝子配列です。同じDNAに3つの顔が乗っていれば、これまでによくわからなかった生物の顔を、物理と化学で理解することができます。

おまけに塩基配列はデジタル情報ですから、大体こんな恰好をしているなんていう曖昧な話ではないのですね。完全にデジタルで、これまでの生物学が持っていた情報と全く違う。ワトソンとクリックの発見の意義は、物質であるDNAの上に生命の象徴としての遺伝子が載っていた——物質世界は生命世界と地続きになったのです。

ではその文字はどのくらいあるか？ひとつのゲノム、先ほどの設計書の中には、ウイルスなどは簡単ですから設計書は薄い。1万から10万。バクテリアで100万から1000万。機械が複雑になれば、設計図が厚くなります。ヒトの場合はどれくらいかというと30億

文字。30億文字は、1文字を1ミリとしてずっと並べると北海道と台湾の距離です。北海道から台湾まで飛行機で飛ばれた方はないかもしれませんが、4時間ぐらいかかりますよね。その眼下に1ミリメートルの文字がずらっと並んでいると考えてみるとその規模が判ります。それを人類は6年で読んだのだから、やっぱり大変なことだったと思います。

ここで私の話をさせてください。図4は1963年の東大理学部物理学教室の集合写真です。この頃の物理学教室は、もちろん今もそうだとは思いますが、物理学は何でもやれると意気軒昂としていた。物理帝国主義という言葉がありますが、まさにその頃は帝国主義も帝国主義、ギラギラしていて、後藤英一さんはコンピュータを開拓した。平川さんは重力波の検出に挑戦した。私は小谷先生におだてられて生物をやった。小柴さんは何だかんだといろいろありましたけれども、結局、宇宙に行った。有馬さんは原子核の良い仕事をしていたと思っていたら、東大総長から、政治物理学があるのかどうか知りませんがそちらのほうに行ってしまった。

物理に限らずサイエンスは、物事をよく観察し、データを抽出し、それまで蓄積されてきた知恵を働かせて問題を解決する学問ですから、文系理系を問わず何でもやれるのです、ツールとしてね。ですから物理屋さんが生物学を勉強したら生物屋になるのではないのです。生物学と物理学が統一されるのです。サイエンスは大変な威力を持った学問です。その証拠に、理系⇒文系の転身は数多くあるけれども、文系⇒理系はないでしょう。



図 4

1963年の東京大学物理学教室の教官の集合写真

前列向かって左から植村泰忠、木原太郎、今井功、小穴純、小谷正雄、平田森三、宮本梧楼、野上耀三、西川哲治、後列向かって左から有馬朗人、飯田修一、森永晴彦、宮沢弘成、桑原五郎、小柴昌俊、平川浩正、和田昭允、後藤英一

物理学から生物学に越境する話ですが、寺田虎彦さんの頃は、先ほどシュレディンガーが延々と言い訳をしていましたけれども、いろいろ言われたのですね。「生物のことは物理ではわからないという經典的信条のために、こういう研究がいつも異端視されるのはまことに遺憾なことである」と寅彦は言います。「こういう研究」とは物理学者がいろいろやった生物の研究です。以下の文が続きます。「科学の進歩を妨げるものは素人の無理解ではなく、いつでも科学者自身の科学そのものの使命と本質に対する認識の不足である。深く考えてみなければならぬ次第である」。まったく同感です。

私が物理学教室で生物物理を始めた頃、毎週、生物物理学のセミナーをやりました。そうしたら理学部の動物学教室のある教授が学生に、「和田がやっている生物学のセミナーはいかがわしいものだから出てはいけない」と禁足令を出したのです。新しいことを始めると、訳のわからんことを言い出す石頭は必ずいるのです。そんなときは「燕雀いづくんぞ鴻鵠の志を知らんや」と呟けばよいのです。

しかし、生命科学者としては私にも反省があります。生命という巨大な象をみんなで寄ってたかって、コウだアアだと言っている——葛飾北斎の描いた「群盲象を撫でる」みたいなものです。目の不自由な人が象という大きくて複雑なものを、牙を触っては象とはすべすべしたものだとか、足を触って象は大きな柱みたいなものだとか、そんなことを言っている。

いまの生命科学はこれに近いのです。やれゲノムだ、タンパク質だ、生体個体だと言っている。ものすごく巨大な生命を、目が不自由なのではなくて頭の不自由な人間が勉強しているのですから、もう少し謙虚になって全体を見ないと、大きな発展はないだろうと思っています。

それではこの巨象をどうやって調べたらいいか。まず膨大なデータベースがいる。それには定量的精密データだ。その基になるコンピュータによる情報の科学的処理が不可欠である。それには電気信号が出なければならぬ。それを出すのが物理計測です。その行き

着くところに、マイクロからマクロに及ぶ何段ものステージを持った生命の全体像：オミックス・スペースがあります。これは紙面の都合で省きますが、インターネットで **Omic Space** (<omicspace@riken.jp>) を見てください。

それで生命の全貌を基本から理解するには、少なくともその設計書の 30 億文字を読まなければならない。理解のための十分条件ではないが必要条件です。これは人間が手で読んだら読めるわけがないからということで、機器による DNA の自動解析の世界初の論文を 1983 年に書きました。レビュー・オブ・サイエンティフィック・インスツルメンツという国際誌に発表されましたが、実はその前に別の雑誌に投稿をしているのです。そのいきさつを、レフリーとは喧嘩しなければならない、という文脈で話します。

最初に投稿したジャーナルのレフリーは、「この DNA 自動解析装置は専門家による解析レベルには達していない。したがって却下すべきだ」と来ました。それで反論した。「彼のコメントは自動車や機関車の発明当時、『この機械は馬のように自由に走れないからダメだ』と言ったに等しい。科学技術の歴史は人間の巧妙さを機械に置き換えてきた歴史でもある。彼の言葉は、DNA の自動解析の真価を理解できなかった研究者もいたということで歴史に残すべきものである」。

それを見たジャーナルの編集者から「あなたの意見は大変に挑戦的であり、かつセンスがある。あなたのコメントを入れ、また、適当な修正をしてもう一度投稿しないか」と言ってきました。私はもうほかのジャーナルに、「この論文は他のジャーナルに投稿したものです。不幸にしてレフリーの無理解のために却下されたものです。ここに私と編集長との意見のやり取りをコピーして同封します。もう少し大所高所に立って、革新的な発想を理解できるレフリーを選んで審査してください」という手紙を送りました。そうしたらレフリーからすぐに返事が来て、前の審査員はこの論文の真価を理解していない。無修正でお出しなさいと云うことになった。

これには後日談があります。私はこの話はあまりしなかったのですが、今から 7～8 年くらい前にどこかでしたら、ある方から「今の若い人はレフリーの意見を“神の声”みたいに聞いて恐れ入るのがいるから、和田さん、ぜひこれをいろいろなところで話せ」と言われて、ほうぼうで喋ったところ、アメリカから来た私の友人がそれが聞いて「シカゴに、重要で歴史的な科学的書簡を保管するアーカイブ(文書館)があるから、もしよかったらそこに送れ」と奨められ送ったので、歴史に残ることになりました。

1987 年のネイチャーに私のプロジェクトの中間報告 **Automated and Highspeed DNA**

Sequencing と題して報告を書きました。その最後のパラグラフに、In the twenty-first century, we foresee that DNA sequencing super centers will be set up in several countries and will become symbols of the effort of nations to broaden and build on human knowledge、つまり「高エネルギー加速器、巨大望遠鏡、宇宙探索基地と並んで、DNAシーケンスセンターは 21 世紀にはいくつかの国に設置されて人類の知の探求のシンボルになるだろう」と書きました。これがアメリカをいたく刺激しまして、日本に負けるな、追いかけるとなって、米英がヒトゲノム情報を 90%近くを読み、日本は6%に止まって、“抜かれた”ことになったわけです。でも、抜かれたといっても日本が煽り立ててアメリカがやった、アメリカを使ってやったのだから日本も大したものだと考えても良いのではないのでしょうか。

でもその結果、日本も重い腰を上げて、理化学研究所にゲノム・サイエンス・センターができ、私が初めの所長を務めました。多くの成果が出ました。その詳しくは、GSC の 10 年、に対する国際的評価（正負とも）を見て下さい。ネイチャー誌に現れた 161 の関係記事（ニュース、評論、オリジナル論文）は google で「Journal Home: Nature」を出し「all of nature.com」で「Genomic Sciences Center」を検索する。なお Science(s) および Center でも当たる必要があります。

大衆受けする成果のひとつとして、ヒトとチンパンジーの比較をしました。生命の情報は物理や化学のデータと違って、相対的な情報です。「相対的な情報」とは、物理や化学のデータは、いつも物理の第 1 原理に戻って、アアだコウだと議論できる。その意味で絶対的な情報です。言い換えれば絶対的な基盤の上の情報なのです。一方、生命関連の情報は、たとえば、A、T、G、C 配列はどうやって出てくるか。物理法則で出てくるはずはないので、40 億年の過去の歴史があって初めて出てくるのです。したがって第 1 原理に戻れない。ではどうしたらいいかというと、今のところ比較してその情報の意味をはっきりさせることしかありません。

例えば「生命に必要な情報」が一番離れた種を比較すれば、そこに共通して現れるものが生命活動に必須のものです。「人間がなぜ特別か」を見ようと思ったら、一番近いもの、つまりチンパンジーと較べる。そこで、ここが違うとすれば、人間がチンパンジーと違って人間である由縁が判る。

実はこの違いが 1.23%でした。ヒトとチンパンジーでは、遺伝文章の ATGC 文字が 100 文字あると、1 文字ぐらしか違わないことがわかった。両種が 500 万年くらいに別れて、

それぞれ突然変異を繰り返してきた結果です。

チンパンジーは人間とあまり変わらないね、となったものだから、ほとんど日本の全紙(2002.1.4)が、ある場合にはトップで出しました。そうしたら1～2週間先の新聞に出た川柳——「チンパンジー、グッと態度がデカくなり」。

皆さんお笑いになるけれども、インターネットのグーグルで、ブッシュとチンパンジー、二つのキーワードで検索をかけてみてください。自分の国の元首とチンパンジーとが似ている写真を集め、公開しています。よく似ていますよ。アメリカの、このあつけらかんとした自由さが私は大好きです。どこかの国だったら、まず銃殺ものですね。

図5に理化学研究所のゲノム科学総合研究センターの航空写真を載せておきます。



図5

図5

理化学研究所ゲノム科学総合研究センター

ここで、先見性の大切さを教える歴史の一コマをお話しします。

ライト兄弟の人類初めての飛行は1903年の12月ですが、その3年後にサントス・デュモンがヨーロッパ初飛行を果たしました。それを英国の新聞が200メートルを20秒で飛んだと、単に事実として書きました。そうしたら当時英国の新聞王と言われたノースクリフ卿がその新聞の編集長を呼んで「サントス・デュモンが200メートル飛んだことはニュ

ースではない、英国への大陸からの空の攻撃の可能性が示されたのだ。イギリスが島でなくなったことがニュースなのだ。なぜそれを書かない」と強く叱責したのです。これが見識というものです。これになぞらえていうならば、もう生命科学と物質科学が地続きになったのです。自然のナノマシンと人類のナノ工学が繋がり始めたのです。まだそれに気がついていない人がたくさんいるのですけれども。

この見識論に関して、中谷宇吉郎さんの名言をお伝えします。

「生物は細胞からなり、細胞はタンパク質からなる。タンパク質以外のものももちろんあるが、いずれにしてもそれらは分子からなり、分子は原子から、またその原子は核と電子とからできている。もし生命の原子メカニズムがわかったとしたら、生命の神秘が消え失せてしまうように考えるのは間違っている。寺田(寅彦)先生の言葉を借りれば、それは生命の不思議を細胞から原子に移したというのみで、原子の不思議は少しも変わらないのである。人間には2つの型があって、生命の機械論が実証された時代がもし来たと仮定して、それで生命の神秘が消えたと思う人と、物質の神秘が増したと思う人がある。そして科学の仕上げ仕事は前者によってもできるだろうが、本当に新しい科学の分野を拓く人は後者の型ではなかろうか」。

最後に進化論のチャールス・ダーウィンの言葉：「最も強い者が生き残るのではなく、最も賢い者が生き延びるのでもない。唯一生き残るのは、環境に対処して変化できる者である」。

参考文献： 和田昭允「物理学は越境するーゲノムへの道」 岩波書店(2005)

☆