

【随筆】

## What is the use of this discovery ?

神 部 勉

ヒトとは何か、生き物とは何か

2001年2月にヒトゲノム解析の概要が、Nature誌とScience誌にほぼ同時に発表されたことは、今年を21世紀の単なる最初の年以上の意味をもたせることになるかと思われる。ゲノム解析が従来の物理科学を中心とする研究と異なるのは、生物の基本設計図、三十数億年におよぶ生物進化の歴史、生物相互の関連まで、化石ではなく‘生きた情報’として明らかにしようとしていることである。DNAの2重らせん発見の1950年代までは、生物学は従来の物理科学の対象になることはあまりなく、そのためヒトは生物の中でも特別の生き物であるという考えをうっかり許容しかねないものがあつた。

しかし最近10年のゲノム解析ではヒトと他の生物の相違は相対化されようとしている。ヒトとチンパンジーとを比較するのと同じ土俵上で、ヒトとハエ、ヒトとセンチュウ、あるいはシロイヌナズナという草、酵母菌、バクテリアとヒトとが比較されるようになってきた。ヒトとは何か、生き物とは何か、というのはいわば永遠の問いであろうが、ここにきて同じ問いに新たに直面せざるを得なくなってきたのではないだろうか。本誌「学術の動向」2月号ですでに特集「21世紀とヒトゲノム」がタイムリーに編まれ、ヒトゲノム解析という画期的な事業を記念して各分野の指導的立場の方々それぞれの見解を述べておられる。

エレクトロニクスにまで至るファラデーの法則

約150年前のことであるが、英国の実験物理学者のマイケル・ファラデー(1791-1867)が時の女王ヴィクトリアの前で、自ら発見した電磁気現象の実験デモンストレーションをして見せたときのこと、女王は表題に示したような質問をしたという。訳せば「その発見はどのように役立つでしょうか?」となる。それに対してファラデーは、”What is the use of a child?” という疑問文の形で答えたという。そのころは、”It grows to be a man.” 訳すと、子供の役割は大人に成長することであるという意味であろうか。

ファラデーの明らかにした電磁誘導とその他の電磁気現象の物理的意味は奥が深く、その影響を簡単に物理学史的にたどってみると、その法則はマクスウェルなど

によって電磁気学の理論に体系化され、光の速度の導出と実験的検出に導き、アインシュタインの相対性理論にまで発展していく種を含んでいた。さらに一般相対論による宇宙論および理論物理の基礎理論へと発展し、それだけでなく、現在のエレクトロニクスにも続いている。磁石を動かすと近くの電気回路に電流が流れるという電磁誘導の法則を知ってから、相対論的膨張宇宙論の認識へ、あるいはエレクトロニクスに至るには、100年の時間スケールでの科学的探求と人間社会の発展を要したといえよう。

20世紀の後半には、この流れと平行してカオス理論の発展があり、巨視的世界を複雑系のシステムとしてとらえる方法を確立した。複雑系の非線形現象では系の時間発展が‘決定論的カオス’の概念で特徴づけられることを明らかにした。複雑系では初期の時間発展は、コンピュータを使うことで決定論的に予知できるが、コンピュータで予測可能な時間には一般に‘地平線’があり、ある時間から先は予測不能であることを明らかにした。この複雑系の考え方は、我々の世界がミクロのスケールから、マクロ、さらには宇宙スケールまで、階層をなしているというオブザベーションと結びつき、それぞれの階層を記述するには、それぞれの層に適した法則が存在するという哲学を促すことになった。

ヒトはもはや特別の存在ではない

ゲノム解析の国際チームの論文 [1] は‘Nature’誌 (15 February 2001) に発表され、インターネット [2] でみることができる。他方、セセラ・ジェノミクス社の解析結果の論文 [3] は、Science’誌 (16 February 2001) に発表され、やはりインターネット [4] に公開されている。ゲノム解析のこの公開性は大変素晴らしいことである。戦慄を覚えるような情報と記事の数々に、いながらにしてウェブ上でアクセスできる点も従来なかったことである。

ワトソンおよびクリック (1953) のDNAの2重らせんの分子生物学的発見を、ファラデーの電磁誘導の発見に擬えて、What is the use of this discovery? という問いを發してみたとしよう。それに対する一つの答えが‘ゲノム解析’であるといえないだろうか。さらに今回のヒトゲノム解析を相対性理論に擬えてみるのはどうであろうか。相対性理論では特別の絶対静止系の存在を否定する。ゲノム解析は、ヒトはもはや生物の中で特別の存在ではないという主張に根拠を与えようとしているかに見えるからである。生物間の相違は、塩基配列の違い、遺伝子の数あるいは遺伝子から作られる蛋白質の数と性質の違い、などで捉えられる。特に注目されるのは、Nature誌のヒトと他生物との比較研究の記事である。これは単細胞生物からヒトまでを含んで、互いの相違と共通性を調べる解析である。同誌902頁の図には、選出したヒトの相同蛋白質の中で約半数が動物以外、すなわち植物もしくは単細胞生物と相同であるデータを示している。驚くことに、バクテリアと相同の遺伝子さえ

あるという。またヒトの疾患遺伝子のかなりの割合が、ショウジョウバエやシロイヌナズナでも見つかっているという。

このことは、ゲノムは生物が三十数億年にわたって蓄えてきた自然の智慧であることを想起させる。DNAはその間一度も絶えることなく生き続け、複製し、進化し、成長してきたわけである。いわば死ぬことなく、細胞内で生き続けてきたと見られる。その複製・再生のメカニズムの安定性および確実さは、人の技術の遠く及ばないレベルにあり、人の技では量りがたいと言わざるを得ない。自分の体細胞の中にあるDNAも、実は三十数億年(?)の間、単細胞の時代から死に絶えることもなく、その間の智慧を蓄積して綿々と生き続けてきたものであると考えてみると、茫然とならざるを得ない。しかも我々の体は何十兆個もの細胞から成っていることから、DNAも同じ数だけあるわけである。

探求に終わりはない

ヒトゲノム解析の結果、遺伝子数はそれまでの予想の約4分の1で、3~4万程度の数であり、ハエあるいはセンチュウの2~3倍に過ぎないことも判明した。これは報告書のトップ項目の中にも挙げられている。ヒトないしは脊椎動物に見られる複雑さが、これら無脊椎動物と比べて2~3倍の遺伝子数しかないことで、どのように説明できるのかが、今後の生物学の課題であると、Nature誌の論文は述べている。

「学術の動向」2月号の記事で和田昭允先生は、「…。生物では分子の大きさまで‘種’の多様性が保存されている。10桁もの尺度の奥行き(dynamic range)をもってマクロからミクロまでの階層的なネットワークが作られており、……」と書かれています。ミクロのナノメートル( $10^{-9}$ m)のDNAの構造は、さいわい遺伝暗号でコード化されていてコンピュータを使って解読(sequencing)することに成功した。

しかし、1mサイズのヒトはその何層か上のマクロ階層の組織体である。空間スケールだけでなく、また時間スケールにも階層があろう。ピコ秒( $10^{-12}$ 秒)程度のミクロのDNAの化学反応から、1秒程度の心臓鼓動までやはり何層かの階層があろう。このような階層構造のヒト組織体の法則は、やはりコンピュータを使って解読できるものであろうか。組織体の‘はたらき’を考えるときには、時間軸があることを忘れてはならないであろう。そのとき、複雑系の考え方がもしかしたら参考になるかも知れない。特にヒトの場合、脳神経のネットワークが生まれてから何年もかけて体験によって形成される事実がある。

再び表題にもどって、ヴィクトリア女王にならってここで質問をしてみるとしたら、次のようになるでしょうか：What is the use of the genome sequencing? 科学者の探究には終わりはないのかもしれませんが。

## 参考文献

- [1] Initial sequencing and analysis of the human genome, Nature 409, 860-921 (2001).
- [2] <http://www.nature.com/genomics/human/>
- [3] The sequence of the human genome, Science 291(5507), 1304-1351 (2001).
- [4] <http://www.sciencemag.org/content/vol291/issue5507/>

\*\*\*\*\*

神部 勉 (かんべ つとむ)	1940 年生)
日本学術会議	メカニクス・構造研究連絡委員会委員
理論応用力学専門委員会	委員長、
元東京大学大学院理学系研究科 教授	専門：流体物理学