

遺伝子あるいは神について

日本純薬株式会社 岡田 稔

2000年ヒトゲノムの解読終了が大きな社会現象になった。しかしこの終了はF.S.コリンズが言うように『「始まり」の終わり』にすぎなかった。1953年ワトソンとクリックがDNAの二重らせん構造を明らかにして以来、生命科学は著しく進歩したが、ヒトゲノム解読はそれを一層加速している。

地球は40億年前に、太陽のまわりの宇宙のゴミ（超新星の残骸）から生まれた。それから5億年後、生命が誕生したらしい。それは、35億年前のシアノバクテリア（藍藻類）の化石から確認される。我々を驚かせるのは、古細菌からヒトにいたるまで、DNA RNA タンパク質という、所謂「セントラルドグマ」なる流れが変わっていないという事実だ。我々の遠い先祖はなんと古細菌ということなのである。遺伝子レベルではヒトとショウジョウバエの間にそれほどの違いはなく、遺伝子の数でいけばヒトよりもイネの方が多。種の複雑さと遺伝子の数の間に明確な相関はないのである。ましてやヒトとチンパンジーは、DNAレベルでほとんど差はなく、遺伝子の退化がヒトを生み出したという新説も出ている。

新たにわかったことが次の謎を呼ぶのは科学の通例である。その中でも35億年前の生命誕生は未だ最大の謎であるが、一つの光明が見えてきた様だ。それは「複雑性」というキーワードである。

ここでは私の主観も交え生命の謎にほんの少しだけ迫ってみたいと思う。但しこれは総説ではなく、あくまでも随想であることをお断りしておく。

原始生命ユニットの合成

RNAワールド

原始生命ユニット誕生の場所は、おそらく海洋の熱水噴出孔であつただろう。原始の地球は微量の酸素しか存在せず、極めて還元的な雰囲気、かつ高温であつたとされる。1953年、S L ミラーとH C ユーリーは、原始大気の組成と想定されるアンモニア、メタン及び水蒸気から、火花放電により各種のアミノ酸を合成した。彼らは『塵から生命の元が生み出される』事を極めてシンプルな実験によりはじめて証明したのである。その後赤堀四郎は粘土上でアミノ酸を経ずにいきなりポリマーから生成される場合もあるというポリグリシン説を唱えた。これをうけて1967年バナールは粘土表面で分子が生成・集積・重合するという「粘土ワールド」を提唱した。1988年弁護士であるヴァクターシャウザーは、原始代謝系は黄鉄鉱表面だったという説を発表した。しかしユニットができたとはいえ、これが環境からエネルギーや物質を取り込み、自己複製能力を持つ生命体にまで発展するには、あとどのくらいのステップが必要であらうか。

生命の起源をめぐる謎は、『DNAが先か、タンパク質が先か?』という文脈で語られることが多かった。しかしDNAは情報であり、タンパク質は機能である。どちらが欠けても生命体は維持されない。この矛盾を解決したのが、1981年T R チェックの酵素活性を持つRNA(リボザイム)の発見だ。リボザイムは情報と機能をRNA分子だけで担っている。「RNAワールド」では、自己複製するRNA酵素が最初に発現したとされる。この提案によりRNAワールドは一挙にブレイクし、現在の主流となった。「RNAワールド」が優位なのは、実験的に確認が出来る点である。そこで自己複製するRNAを創製しようという試みが各所ではじまった。しかし特殊な例を除いて成功した報告例はない。RNAは、タンパク質ほど柔軟ではないにしろ、さまざまな立体構造がとれることがわかっている。これが酵素活性も持つ理由であるが、皮肉なことにGヌクレオチドのねじれが、自己複製するRNAを創製しようという試みの最大の障害になっている。

コアセルベート

最初の生命体が誕生した環境は、高温で硫化ガスがたちこめ、隕石が降りそそぐ極めて過酷な環境にあった。しかしその中で誕生した超高温嫌気系細菌(古細菌)があらゆる生物の祖先であることがリボソームRNAの相似性から証明された。驚くべき事にこれら生物の化石は内部と外部を隔てる細胞膜を持っている。生命体は細胞膜の創出により組織化への飛躍的な一歩を踏み出したのである。生体高分子は会合して多分子系をつくり、ゼリー状の構造体を形成する。ロシアのオパーリンはこの細胞様の構造体をコアセルベートと呼んだ。現生生物の細胞膜は脂質で構成されているが、1959年フォックスと原田馨は、タンパク質二重膜のコアセルベートをつくった。このコアセルベートは増殖に似た挙動を示すことも報告されている。コアセルベートは、アミノ酸、糖、金属イオンなど小分子を取り込むことが出来る。何とコアセルベートの内側は外側よりも1000倍も濃度が高くなるのである。物質代謝の場を提供する意味で、タンパク質二重膜のコアセルベートは現在最も魅力的な説である。

カウフマンネットワーク

S カウフマンは化学スープの中で、分子の種類の数がある閾値を超えると、自己を維持する反応のネットワーク - 自己触媒的な物質代謝 - が突然生ずると主張している。『生命は単純な形で現れその後複雑になっていったのではない。はじめから複雑で全体的に現れたのだ』。彼はこの現象を「自己組織化」と呼んだ。カウフマンはダートマス大学で演劇を、オクスフォード大では哲学と心理学を、カリフォルニア大では理論生物学を学んだ。その経歴もあってか、内容は難解であっても語り口は明快で非常にわかりやすい。(気がするだけか?) 遺伝子レベルではヒトとショウジョウバエの間に大きな違いはないという最初に述べた命題も、この考え方を採用すれば説明できる。このような系を実際の実験で証明することはまず不可能であろうが、D ファーマーとN パッカーは要素の種類を十分に多くすれば、物質が触媒となる確率が低くても、反応のネットワークの一部に自己触媒作用が現れることをコンピューター・シミュレーションで確認した。

利己的遺伝子

「そんなバカな」は、R ドーキンスの利己的遺伝子を下敷きにもっと過激にした竹内久美子のデビュー作である(1991年)。『我々は遺伝子という名の利己的な存在を生き残らせるべく盲目的にプログラムされたロボットなのだ』との主題に大きな影響を受けたのは、私だけではあるまい。R ドーキンスは、突然変異と自然淘汰の斬新的で累積的な変化によって生物は進化をしてきたと考えるダーウィンの進化論を遺伝子レベルで説明した。しかしDNAなどの分子レ

ベルでは自然淘汰だけでは説明できない現象が数多く発見されてきている。S カウフマンは進化論についても、突然変異と自然淘汰に加えて、「自己組織化」が進化に大きな影響を与えていると主張している。

受精卵の分化

我々には256種類の細胞があり、ショウジョウバエには50種類の細胞がある。未受精卵の中の核ではまだすべての遺伝子が将来発現する能力をもつが、発生が進むにつれて、その能力がしだいに失われ、最後には単能性に変化してゆくという不可逆的な変化をたどる。単能性の細胞の中ではそれぞれの特徴を現すのに必要な遺伝子のみが発現しており、他の遺伝子は発現していないという組織特異性がある。細胞分化の際、遺伝子にどのようにスイッチが入るかはこれまた大きな謎であった。最近Nanosタンパク質など新しい発見が次々と報じられているが、全体の解明にはまだ時間がかかりそうである。体内の細胞は各々の細胞が単独で働く並列コンピューターである。富田勝はコンピューター上で人工細胞をシミュレーションし、大きな注目を浴びた。しかし細胞間の大規模ネットワークにたどり着くには遠い道のりである。S カウフマンはここでも遺伝子ネットワークの中に「方向付けプル関数」という概念を導入した。まだ仮説の段階ではあるが、『ゲノム調節ネットワークのほとんどが、我々の望む秩序のすべてを示す』と述べている。

複雑系

複雑系の中でカオスは重要な概念である。「カオス」とは規則に従って発生したにもかかわらず、非常に複雑で不規則な振舞いをする現象のことである。ブラジルで蝶が羽ばたくとアメリカで嵐が起きるという「バタフライ効果」は、初期値の鋭敏性としてカオスの性質を説明する一つの理論である。カウフマンの自己組織化が「カオスの縁」で起きているという仮説は興味深い。

複雑系は生命科学にとどまらず、心理学、社会学などあらゆる範囲の科学に大きな影響を与えている。複雑系経済学では、B アーサーが、IT産業では収穫逓増が働いているという概念を提言し、一躍脚光をあびた。彼は生産規模だけでなく、消費者の購買行動によっても収穫逓増が働くとしている。

意識あるいは神について

この世界は、人類は「神」と呼ばれる知性体のシミュレーションなのではないか?というテーマで書かれた「神は沈黙せず」(山本弘)というSFが評判になっている。デカルトの「我思う故にわれあり」、という言葉があるが、遺伝子の問題を考えていくと「意識とはなにか、認識とは何か」という議論にたどりつく様だ。R ドーキンスは、ヒトの脳との関係の中で、遺伝子の他に文化的複製子である「ミーム」と

いう概念を新たに導入した。DNA二重らせん構造を明らかにしたクリックは、神経生理学からのアプローチで、ニューロンのネットワークから意識の問題を掘り起こしている。『意識は無数の神経細胞の集まりと、それに関連する分子の働き以上のなにものでもない』という仮説は、宗教的な拠り所の少ない日本人にとってしごく当然であるという気もするが、意識については量子力学的なアプローチもある。S ハメロフとR ペンローズは、人間や動物の意識の本質は、ニューロンの奥深くの量子過程の中にあり、人間の知性、人間の経験というものを理解する上での次の大きな革新的な発展の踏み台は、脳のニューロンのごく小さな構造である「微小管」にあるのではないかと述べている。サンタフェ研究所でも次のテーマとして、意識の問題が取り上げられている。

おわりに

複雑系の中で創発という造語がある。『システム中で上位のレベルには備わっていなかった機能が、下位のレベルが機能することで発現すること。個の行動によって全体の秩序が規定されること。』と定義されているが、個人1人1人の発想の総和を超えた、まったく新しいナレッジの創造を行う手段として表現される場面が多くなってきた。サンタフェ研究所の創発の原動力は、各個人の幅広い分野での知識に裏付けられたパターン認識の力とあくなき知的探究心であるように思う。それにしても外国の学者のキャッチコピーのうまさには驚く。まさに言葉の力である。ゲノム敗北 - 知的立国日本が危ないなどと嘆かず、自分達の仕事をアピール出来るキャッチコピーを考え、世界に発信することを考えようではないか。

参考文献

- 1) スチュアート・カウフマン, “自己組織化と進化の論理”, 日本経済新聞社(1999)
- 2) M ミッチェル・ワールトロップ, “複雑系”, 新潮社(1994)
- 3) リチャード・フォーティ, “生命40億年全史”, 草思社(2003)
- 4) リチャード・ドーキンス, “利己的な遺伝子”, 紀伊国屋書店(1991)
- 5) 竹内久美子, “そんなバカな”, 文藝春秋社(1991)
- 6) 山本弘, “神は沈黙せず”, 角川書店(2003)
- 7) 日経サイエンス社編集, “崩れるゲノムの常識”, 日経サイエンス社(2004)
- 8) 岸宣仁, “ゲノム敗北”, ダイアモンド社(2004)
- 9) ジェームズ・デューイー・ワトソン, “DNA”, 講談社(2003)
- 10) フランシス・クリック, “DNAに魂はあるか”, 講談社(1995)