

・記憶はどこにあるか

シェーンハイマーは食べ物に含まれる分子が瞬く間に身体の構成成分となり、また次の瞬間にはそれは身体の外へ抜け出していくことを見出し、そのような分子の流れこそが生きていることだと明らかにしていたのである。

すこし冷静に考えれば、常に代謝回転し続ける物質を記憶媒体にすることなどできるはずもない。だから、音楽やデータを記録する媒体として、我々は常により安定した物質を求め続けてきた。レコード、磁気テープ、CD、MD、HD……。

ほんの数日で分解されてしまう生体分子を素子として、その上にメモリーを書き込むことなど原理的に不可能だ。記憶物質は見つかっていないのではなく、存在しようがないのである。ヒトの身体を構成している分子は次々と代謝され、新しい分子と入れ替わっている。それは脳細胞といえども例外ではない。

脳細胞は一度完成すると増殖したり再生することはほとんどないが、それは一度建設された建造物がずっとそこに立ち続けているようなものではない。脳細胞を構成している内部の分子群は高速度で変転している。その建造物はいたる部分でリフォームが繰り返され、建設当時に使われていた建材など何一つ残ってはいないのである。

つまり、ビデオテープの存在を担保するような分子レベルの物質的基盤は、脳のどこを探してもない。あるのは絶え間なく動いている状態の、ある一瞬を見れば全体として競い秩序をもつ分子の「淀み」である。

そこには因果関係があるのではなく、平衡状態があるにすぎない。私たちが「記憶の想起」と呼んでいるものも、実は一時点での平衡状態がもたらす効果でしかない。

・記憶のあるところ

ではいったい記憶とは何だろうか。細胞の中身は、絶え間のない流転にさらされているわけだから、そこに記憶を物質的に保持しておくことは不可能である。それはこれまで見てきたとおりだ。ならば記憶はどこにあるのか。

それはおそらく細胞の外側にある。正確に言えば、細胞と細胞とのあいだに。神経の細胞（ニューロン）はシナプスという連繋を作って互いに結合している。結合して神経回路を作っている。

神経回路は、経験、条件づけ、学習、その他さまざまな刺激と応答の結果として形成される。回路のどこかに刺激が入ってくると、その回路に電氣的・化学的な信号が伝わる。信号が繰り返し、回路を流れると、回路はその都度強化される。

神経回路は、いわばクリスマスに飾りつけされたイルミネーションのようなものだ。電気が通ると順番に明かりがともり、それはある星座を形作る。オリオン座、いて座、こぐま座。

あるとき、回路のどこかに刺激が入力される。それは懐かしい匂いかもしれない。あるいはメロディかもしれない。小さなガラスの破片のようなものかもしれない。刺激はその回路を活動電位の波となって伝わり、順番に神経細胞に明かりをとす。

ずっと忘れていたにもかかわらず、回路の形はかつて作られた時と同じ星座となつてほの暗い脳内に青白い光をほんの一瞬、発する。

たとえ、個々の神経細胞の中身のタンパク質分子が、合成と分解を受けてすっかり入れ替わっても、細胞と細胞とが形作る回路の形は保持される。

・大人になると時間が早く過ぎる

なぜ大人になると時間が早く過ぎるようになるのか。誰もが感じるこの疑問は、ずっと古くからあるはずなのに、なかなか納得できる説明が見当たらない。この難問について生物学的に考察してみよう。

三歳の子供にとって、一年はこれまで生きてきた全人生の三分の一であるのに対し、三〇歳の大人にとっては三〇分の一だから――。

こんな言い方がある。よく聞く説明だが、はっきり言って、これは答えになっていない。確かに自分の年齢を分母にして一年を考えると、歳をとるにつれて一年の重みは相対的に小さくなる。しかし、だからといって一年という時間が短く感じられる理由にはなら

ない。

ここで重要なポイントは、私たちが時間の経過を「感じる」、そのメカニズムである。物理的な時間としての一年は、三歳のときも三〇歳のときも同じ長さである。にもかかわらず、私たちは三〇歳の時の一年のほうをずっと短いと感じる。

そもそも私たちは時間の経過をどのように把握するのだろうか。自分がこれまで生きてきた時間をモノサンにして（あるいは分母にして）時間を計っているのだろうか。もしそうなら先の説明も一理あることになる。

でも、これは違う。私たちは自分の生きてきた時間、つまり年齢を、実感として把握してはいない。

・・・

そしてもう一つの厳然たる事実は、私たちの新陳代謝速度が加齢とともに確実に遅くなるということである。つまり体内時計は徐々にゆっくりと回ることになる。

しかし、私たちはずっと同じように生き続けている。そして私たちの内発的な感覚はきわめて主観的なものであるために、自己の体内時計の運針が徐々に遅くなっていることに気がつかない。

だから、完全に外界から遮断されて自己の体内時計だけに頼って「一年」を計ったとすれば、三歳の時計よりも、三〇歳の時計のほうにゆっくりとしか回らず、その結果「もうそろそろ一年が経ったなあ」と思えるに足るほど時計が回転するのには、より長い物理的な時間がかかることになる。つまり三〇歳の体内時計がカウントする一年のほうが長いことになる。

さて、ここから先がさらに重要なポイントである。タンパク質の代謝回転が遅くなり、その結果、一年の感じ方は徐々に長くなっていく。にもかかわらず、実際の物理的な時間はいつでも同じスピードで過ぎていく。

だから？ だからこそ、自分ではまだ一年なんて経っているとは全然思えない、自分としては半年くらいが経過したかなーと思った、その時には、すでにもう実際の一年が過ぎ去ってしまっているのだ。そして私たちは愕然とすることになる。

つまり、年をとると一年が早く過ぎるのは「分母が大きくなるから」ではない。**実際の時間の経過に、自分の生命の回転速度がついていけない**。そういうことなのである。

・質量数 12 の炭素と質量数 13 の炭素

もちろん、私たちは質量数 12 の炭素と質量数 13 の炭素の違いなど、あまりに微妙すぎて、息を吸おうが吐こうが、識別することはできない。

ところが、植物の精妙な光合成では、この差が出るのだ。植物は太陽エネルギーを使って二酸化炭素から炭水化物を合成する。このプロセスは植物によって異なっている。一般の草木（C3 植物）は、とりたてて炭素を選び好みしない。

ところが、ヒエヤアワといった雑穀類、トウモロコシのような穀物類（C4 植物）は、**質量数 13 の炭素を好んで光合成を行う**。その結果、これら穀物類の炭水化物には、通常の植物よりも多い比率で**質量数 13 の炭素が濃縮される**ことになる。

野生の植物を常食とする動物のタンパク質は野生植物の炭素から作られる。農耕によって収穫された穀物類を常食とする動物（ヒト）のタンパク質は、穀物の炭素から作られる。その結果、人間の骨のコラーゲンの中には、**質量数 13 の炭素がより多く含まれる**ことになる。

野国貝塚のイノシシ骨からも質量数 13 の炭素がたくさん検出された。そのイノシシが人間と同じ穀物を食べていたことを意味する。古代中国では、人間のトイレの下に造った囲いの中でイノシシ、もしくは豚を育てていたという。人間の残飯などを与えることもあったはずだ。

当時、このように育てられたイノシシが古代琉球に輸入されていた、あるいは、その飼育方法が伝達されて、琉球人たちはイノシシを飼っていた。そして、彼らは数千年の昔から焼肉に舌鼓を打っていたのである。

同じ元素だが、重さがわずかに異なるもの（これを同位体という）を利用して、炭素だけでなく、窒素を調べることも可能だ。

窒素には、質量数 14 の普通の窒素と、質量数 15 の重窒素がある。食物連鎖の上位者、つまり草食よりも肉食、同じ肉食でも魚より獣肉というように、**上位の肉食者になればなるほど、その者のタンパク質中の重窒素の比率が上昇する**ことが知られている。

つまり遺跡の人骨のコラーゲンを分析すると、彼らがベジタリアンだったのか、あるい

は肉食主義者だったのかが判明する。

同時に、炭素の同位体を分析すれば、ベジタリアンでも野草の採集によってサラダを作っていたのか、それとも穀物倉を持っていたのかがわかるのである。

・合成と分解との平衡状態

新たなタンパク質の合成がある一方で、細胞は自分自身のタンパク質を常に分解して捨て去っている。なぜ合成と分解を同時に行っているのか？ この問いはある意味で愚問である。なぜなら、合成と分解との動的な平衡状態が「生きている」ということであり、生命とはそのバランスの上に成り立つ「効果」であるからだ。

合成と分解との平衡状態を保つことによつてのみ、生命は環境に適応するよう自分自身の状態を調節することができる。これはまさに「生きている」ということと同義語である。

・コラーゲン

最近、よく宣伝されているものにコラーゲンがある。コラーゲンを添加された食品の中には、ご丁寧にも「吸収しやすいように」わざわざ小さく細切れにされた「低分子化」コラーゲンというものまである。

コラーゲンは、細胞と細胞の間隙を満たすクッションの役割を果たす重要なタンパク質である。肌の張りはコラーゲンが支えているといってもよい。

ならば、コラーゲンを食べ物として外部からたくさん摂取すれば、衰えがちな肌の張りを取り戻すことができるだろうか。答えは端的に否である。

食品として摂取されたコラーゲンは消化管内で消化酵素の働きにより、ばらばらのアミノ酸に消化され吸収される。コラーゲンはあまり効率よく消化されないタンパク質である。消化できなかった部分は排泄されてしまう。

一方、吸収されたアミノ酸は血液に乗って全身に散らばっていく。そこで新しいタンパク質の合成材料になる。しかし、コラーゲン由来のアミノ酸は、必ずしも体内のコラーゲンの原料とはならない。むしろほとんどコラーゲンにはならないと言ってよい。

なぜなら、コラーゲンを構成するアミノ酸はグリシン、プロリン、アラニンといった、どこにでもある、ありきたりなアミノ酸であり、あらゆる食品タンパク質から補給される。また、他のアミノ酸を作り替えることによって体内でも合成できる、つまり非・必須アミノ酸である。

もし、皮膚がコラーゲンを作り出したいときは、皮膚の細胞が血液中のアミノ酸を取り込んで必要量を合成するだけ。コラーゲン、あるいはそれを低分子化したものをいくら摂っても、それは体内のコラーゲンを補給することにはなりえないのである。

・グルタミン酸

隙間の部分では、片側のニューロンから化学物質が放出され、他方のニューロンに受け渡されることによって信号が届く。それがまた電気信号に変換されてニューロンに沿って流れていく。

電気-化学物質-電気という一見、面倒な方法を脳が採用している理由は謎だが、一つの説明は化学物質のやり取りを間に挟み込むことによって、さまざまな調節、ブレーキやアクセルをかけやすくしている、ということが考えられる。

電気信号は一度発生してしまうと、それを緩めたり早めたりすることは難しいが、化学物質によるやり取りなら、それを弱めたり強めたりすることは比較的たやすい。別の物質、つまり阻害物質や促進物質を用意すればよいからである。

実際、脳内にはさまざまな化学物質が、ニューロン間の連絡役として関わっていることがわかっている。その一つがグルタミン酸である。グルタミン酸はニューロン間でプラスの信号、つまりニューロンを興奮させることに役立っている。

だから、グルタミン酸ソーダを食べれば「頭がよくなる」と言われた。もちろん、話はそんなに簡単ではない。神経伝達物質をたくさん摂取すれば、それだけニューロンが活性化して神経間の伝達効率がよくなるかといえば、そんなに単純なことにはならない。

そもそもグルタミン酸はどんな食品中でも最も大量に含まれているアミノ酸であり、ヒトはこれを自分の体内で他の材料から合成することもできる（非・必須アミノ酸）ので、まず不足することはない。

また、摂取したグルタミン酸がそのまま脳に入っていくこともない。食べたものがダイレクトに脳に入らないよう、閾門があるのだ。だからグルタミン酸を大量に摂取したかといって、それによって神経活動が活発化することはないのである。

・自然界は線形の因果関係とは限らない

余剰カロリー（インプット）と体重増加（アウトプット）も、生命現象として非線形の関係にある。一〇〇〇キロカロリーをドカッと食べると一〇〇グラムの体脂肪がつく。これはよしとしよう。しかし、その一〇分の一の一〇〇キロカロリーを摂ると、それはただちに体脂肪一〇グラム増加とはならないのである。

インプットが小さい領域では、アウトプットの立ち上がりは低く、おそらく二グラム程度にしかならない。だから、これを一〇回繰り返しても、体重増は二〇グラムで済むことになる。

自然界の現象というのは、実はこのように、線形的ではないインプットとアウトプットの関係にある。にもかかわらず、私たち人間は自然界の因果関係を単純化して理解しようとしてしまう。入力が増えれば、それに応じて出力も増える、その増え方は常に一定であるというふうに。

これは人間が自然を理解するとき、心を曇らせる原因にもなる。

・モンサント社

アメリカにモンサント社という、バイオテクノロジー企業がある。遺伝子組み換え技術を使ってさまざまな「商品」を生産しているのだが、「ラウンドアップ」という強力な除草剤も開発していた。これを撒くとペンペン草も生えない。もちろん農作物自体にも作用して枯らしてしまう。

そこで、モンサント社は「ラウンドアップ」に耐性を持つ遺伝子を大豆に組み込んだ。こうすれば、その大豆を畑に播いて、ヘリコプターから「ラウンドアップ」を振りまいておけば、農作業はまったくの手間いらず。これで、モンサント社は自社の除草剤「ラウンドアップ」と遺伝子組み換え大豆をセットにして販売することができる。そして、実際にそうした。

おまけに、念入りにも（そうしないことには商売にならないから）、遺伝子組み換え大豆に一年しか使えないような細工（不稔性）をした。こうすれば、農家は毎年、種をモンサント社から買わざるを得ない。とらぬ狸の皮算用とは、まさにこの時点でのモンサント社のためにあるような言葉だった。

この遺伝子組み換え大豆と「ラウンドアップ」のセットが世界的に広がれば、ダブルで、しかも毎年儲けられるモンサント社の一人勝ちになる。

しかし、この戦略は、大きな逆風に曝されることになった。まずはヨーロッパ諸国が遺伝子組み換え作物に嫌悪感を表明した。これには安全性への懐疑が前面に押し出されていたが、アメリカ資本がヨーロッパの農業をコントロールしてしまうかもしれないことへの危機感から生じた、ある意味では当然のリアクションだった。

そして、日本でも大豆製品にはことごとく「遺伝子組み換え大豆を使用していません」の表示が躍るようになり、商社は「非組み換え作物」を求めて買い付けに走るようになった。

モンサント社は、遺伝子組み換え大豆の世界戦略では失敗したが、そんなことくらいではちっとも懲りていない。さまざまな食用作物の遺伝子を組み換え、除草剤耐用種子を作り出し、「ラウンドアップ」とセットで儲けようとしている。

企業だから、儲けようとする事自体は悪くはないのだが、そのやり方を見るとあまりに強欲で自分勝手だと思う。

一九九九年、カナダ・マサチューセッツ州で農業を営んでいるシュマイザー氏は、モンサント社から訴えられた。同氏がモンサント社に特許料を支払わずに除草剤耐用ナタネを栽培したので、それで得た利益を「返還せよ」と言うのである。

シュマイザー氏は、モンサント社の除草剤耐用ナタネを使用しておらず、種子は毎年、自分の畑から獲れたものを使用していた。しかし、同氏の畑から収穫されたナタネからモンサント社の除草剤耐用遺伝子が確認されたのだった。

小学校で習うことだが、植物の種子は、その花のメシベに花粉がつくことで形成される。メシベに花粉を運ぶのは風であったり、昆虫であったりする。

シュマイザー氏は近隣の農家がモンサント社の除草剤耐用ナタネを使用し、その花粉が

自分の畑に運ばれた、あるいは畑が接している道にモンサント社の除草剤耐性ナタネの種子が落ちたためだろうと主張した。

これに対して、モンサント社は次のような反論をした。いかなる理由でシュマイザー氏の畑に除草剤耐性ナタネが出現したかはどうでもいい。自分たちが所有している特許権が侵害されたことにはかわりはない。ゆえに金を払え

遺伝子組み換え大豆で明らかになったように、世界の市場は遺伝子組み換え食品を嫌った。日本でも欧州でも商品にならない。そして、**有機栽培で生産した大豆に、少しでも遺伝子組み換え大豆が混入していると、人間用の食品としては売れなくなる**のである。

これは、有機栽培農家にとって恐怖である。風や昆虫が遺伝子組み換え個体の花粉を運んで来てしまったら、努力はすべて無に帰す。それを防ぐ方法があるだろうか。有機栽培農家からみれば、自分たちこそ、モンサント社などの遺伝子組み換え種子によって被害を受けているということになる。

ところが、カナダの下級裁判所は、モンサント社の言い分を認めてしまった。もちろんシュマイザー氏は上告した。そして、二〇〇四年にカナダの最高裁は次のような判決を下した。

「除草剤耐性ナタネにモンサント社が特許権を持つことは認められる。ただし、除草剤耐性ナタネが混入したことによって、シュマイザー氏は利益を得ていないから、モンサント社への損害賠償は免除する」

一方、シュマイザー氏側も黙ってはいなかった。妻のルイーザさんが「有機農法で育てている自分たちの菜園が遺伝子組み換え作物によって汚染された」とモンサント社を訴えたのである。こちらの裁判の結論はまだ出ていないようだが、一皮、遺伝子組み換え作物が出回れば、こうしたトラブルが続発するということである。

・キメラ

ノックアウト・マウスを作り出そうとした。ある**特定のタンパク質を持たない**、つまりその設計図を遺伝子上で破壊されたマウスである。

...

つまり、そのマウスは出自が異なる二系統の細胞からなる「合いの子」、いわば「半ノックアウト・マウス」にすぎない。ここから「完全なノックアウト・マウス」を作るには、どうしたらよいであろうか。

これは、それほど難しくはない。二人の教授は毛色の異なる二系統のマウスを使用していたのだ。つまり、ES細胞を褐色マウスから作り、それを黒マウスの受精卵に移植していたのである。すると、どうなるか。まさか、黒褐色マウスになると思った方はいないでしょうね。身体の一部が褐色マウス、残りの部分が黒マウス。そう、二色のブチが生まれてくる。褐色の部分がES細胞由来、残りの黒い部分が黒マウスの受精卵由来である。こうした二個以上の胚に由来する個体を「**キメラ**」と呼ぶ。

呼称の語源はギリシア神話に登場する伝説の生物で、ラテン語ではキマエラと言う。キマエラはライオンの頭と山羊の胴体、蛇の尻尾を持ち、口からは火炎を吐く。最近ではゲーム・ソフトの中にも登場するので、ご存じの方も多いだろう。

・動的な平衡状態

さまざまな分子、すなわち生命現象を司るマイクロなパーツは、ある特定の場所に、特定のタイミングを見計らって作り出される。そこでは新たに作り出されたパーツと、それまでに作り出されていたパーツとの間に相互作用が生まれる。

その相互作用は常に離合と集散を繰り返しつつネットワークを広げていく。この途上、ある場所とあるタイミングで作り出されるはずのパーツが一種類、出現しなければ、どのような事態が起こるだろうか。

生命は、何らかの方法でその欠落をできるだけ埋めようとする。バックアップ機能を働かせ、あるいはバイパスを開く。そして、全体が組み上がってみると、なんら機能不全がない。

つまり、生命とは機械ではない。そこには、機械とはまったく違うダイナミズムがある。**生命の持つ柔らかさ、可変性、そして全体としてのバランスを保つ機能**——私は「**動的な平衡状態**」と呼びたいのである。

・ドリー

実は、ES細胞にしる、クローン技術にしる、テクノロジーの内側はまったくのブラック・ボックスなのである。何度も何度も試してみて、たまたまうまくいったのであり、なぜそうなるのか、本当にうまくいっているのか、科学者たちはメカニズムを理解していないばかりか、テクノロジーそのものもコントロールできていない。

膨大な試行錯誤から生まれた偶然をもって成功例と呼んでいるだけである。クローン羊のドリーも、綿密な準備と実験計画のもと、核移植された卵は二七七個、仮の代理母の輸卵管でうまく発生が進行したものはこのうちの二九個であり、これが二二頭の代理母に移植され、**一頭だけが妊娠し、ドリーが生まれた。**

ドリーは順調に成長し、どこから見ても正常な羊に育ったが、原因不明の病で死亡した。**羊の平均寿命の半分**だった。どこかにミクロな異常があったのだろうか。

・森鷗外の失敗

日露戦争では三万人近い兵士が脚気(かっけ)で倒れた。脚気はビタミンB1の欠乏によって起こる病気だが、当時は発病のメカニズムが解明されていなかった。ただ、経験的に食べ物、つまり栄養が原因だと気づいていた人はいた。海軍の軍医だった高木兼寛(かねひろ)である。

高木は、脚気の原因をある種の栄養素の欠乏であると考え、海軍の食事を改めた。具体的に言えば、白米だけだった主食に大麦を混ぜ、麦飯食にしたのである。これによって、海軍は脚気を鎮圧した。

ところが、陸軍では「脚気は病原体による感染症だ」という説が主流を占めていた。当時、陸軍軍医の指導的立場にあった第二軍軍医部長の森林太郎(鷗外)らが、脚気は細菌が引き起こす感染症であると主張していたのである。

当然、脚気の原因をめぐって論争が起きたのだが、細菌説をとる鷗外らは「脚気菌が発見されていないだけだ」として、その発見に力を注ぎ、麦飯で脚気を鎮圧した海軍の実績に耳を傾けなかった。このために**三万人に近い陸軍兵士が脚気で死ぬ**ことになる。

脚気論争に明確な終止符を打ったのは、農芸化学者・鈴木梅太郎博士によるビタミンB1の発見(一九一〇年)だった。米糠から抗脚気因子、つまり脚気を起こさせない物質としてアベリ酸(のちにオリザニンと改名=ビタミンB1)を発見した。世界初のビタミンの発見である。

森鷗外は、それでも脚気を病原体による病気だと信じて疑わず、「**農学者が何を言うか。米糠で脚気が治るわけがない**」と言った。そして、死ぬまで「脚気菌」を探していたという。

・抗生物質

こうしたコッホの研究をベースに、それまで人類に多大な打撃を与えてきた感染症が次々に克服されていく。炭疽症、結核、ペスト、コレラ、天然痘、発疹チフスなどである。

これらの病気の治療において決め手となったのは、現在も医療現場では欠かせない薬品となっている抗生物質である。**抗生物質とは、微生物が産生し、他の微生物の増殖を抑制する物質の総称**で、英国人医師フレミングがアオカビの中からペニシリンを発見した(一九二九年)のが嚆矢となる。

通常の人間の細胞は直径 30~40 μ m

・ウイルス

ウイルスがどんな「生物」なのか。簡単にスケッチしてみよう。まず、「身体」の形状だが、核酸(DNAまたはRNA)がタンパク質の甲殻をまとっている。同種のウイルスでは核酸もタンパク質も同一。

ゆえにまったく個体差がなく、幾何学的な模様をしている。したがって、ウイルス粒子が規則正しく集合すると結晶化する。結晶化しても「死なない」。生物かどうか判然としない。

そして、まったく代謝活動をしていない。すなわち、**栄養を摂らず、排泄もしない。呼吸もしないのである。**

これはもう、普通に考えれば生物ではない。**塩や鉄のような物質に近い。**しかし、これ

が驚くべきことに**自己複製能力を備えている**。繁殖するのである。

宿主の体内に入ったウイルスは細胞に付着する。甲殻のタンパク質が、宿主の細胞表面のタンパク質と、鍵と鍵穴の関係を持っているのである。そして、**ウイルスは自らの核酸を宿主の細胞内に送り込む**。この DNA には、当然、そのウイルスの構築情報が書き込まれている。

宿主の細胞は、これを自分の DNA だと勘違いして複製してしまう。そして DNA に記された情報を元に、ウイルスを構築する部材（タンパク質）まで用意してしまうのである。こうして、ウイルスは宿主の細胞内で増殖し、**細胞膜を破って出てくる**。そして、また次の細胞に取り付き、核酸を送り込み……という具合に宿主を痛めつけるのである。

・動的平衡

生命、自然、環境——そこで生起する、すべての現象の核心を解くキーワード、それが《**動的平衡**》(dynamic equilibrium)だと私は思う。**間断なく流れながら、精妙なバランスを保つもの**。絶え間なく壊すこと以外に、そして常に作り直すこと以外に、損なわれないようにする方法はない。生命は、そのようなありかたとふるまいかたを選びとった。それが動的平衡である。

これは私自身のキーワードでもある。だから、この言葉を本書のタイトルとすることに私はまったく迷いがなかった。