

生命の継続性を維持するシステムとしての生物の知能の歴史

History of Biological Intelligence as a System for Securing Continuity of Life

大 野 照 文

Terufumi Ohno

(要 約)

生命は 35 億年以上前の誕生以来一度も途切れず、現在では 900 万種類もの種を擁するまでになった。本稿では、全ての生物は、「情報収集⇒仮説設定⇒実験・行動⇒検証」のサイクルを使って生きつないできたことを述べ、これを「生きつなぎサイクル」と名付ける。また、生物は、客観的環境から特定の要素だけを取り出し、独自の環境世界を構築して生きていることを述べる。次に、ヒトに特有なモラル、心の理論、自意識の進化について概観する。ヒトの知能の特徴であるメタ認知の能力は、35 億年以上にわたって機能してきた生きつなぎサイクルの蓄積の基礎の上に乗るもので、極めて新しいがゆえに未熟な点が多い。今後は、メタ認知だけでなく、歴史に裏付けられ蓄積されてきた生きつなぎサイクルの多様で豊かな要素を活用した教育が望まれる。

(キーワード)

生きつなぎサイクル 情動 心の理論 自意識

初めに

ヒトの知能については、動機づけ、好奇心、向学心、振り返りなど様々な観点があり、多くの研究がなされている。ただし、そこから様々な学説が生まれているものの、整理されて分かり易い体系になっているとは言いがたい。本稿では、知能についてのいくつかの観点を地質学的時間軸に沿って整理してみたい。なぜ時間軸に沿って整理するのかというと、私たち人類も生物の一員であること、そして、現在生きている生き物はすべて、生命の誕生以来一度も絶えることなく命をつないできたからである。命をつなぐ営みの中で、生き残りのための知能が蓄積され、受け継がれてきた。私たちヒトの知能もこの蓄積の上に成り立っているはずであり、地質学的時間に沿って知能の整理をすることで、ヒトの知能の理解を一步でも深められれば幸いである。

生物と知能

生物の営みを一言でまとめれば「生まれて、食べて、糞して、子どもを産んで、死ぬ」ということに尽きる。現在地球上には、少なくともおよそ 900 万種の生物が存在する(Wiens, 2023)。生き物最古の化石で確実なものは、約 35 億年前のものである(Ueno et al., 2004)。また、最近の遺伝子の研究では、42 億年前という推定もある(Moody et al., 2024)。遺伝子の研究からは、今生きているこれらすべての生物は、太古の時代に出現した共通祖先と呼ばれるたった一種の生物(LUCA: Last Universal Common Ancestor)の子孫であることがほぼ定説となっている。そこで、本稿では、生物が一度も絶えることなく数十

億年生き延びることを可能とした、つまり「生きつなぎ」を可能にしたシステムとしての知能を見てゆきたい。

生きつなぎサイクル

「生まれて、食べて、糞して、子どもを産んで、死ぬ」という営みを、生物がどのように行っているのか、最も古い時代から生きている、つまり LUCA に最も近いと考えられるバクテリアの一つである海洋性発光バクテリアであるビブリオ・フィシェリ(*Vibrio fischeri*)を例に見てみよう。

発光バクテリアは、魚と共生することが知られている。共生によってバクテリアは、宿主から成長のための栄養源を容易に入手できるし、宿主は、個体間でのコミュニケーション、獲物を捕るため、異性を惹きつけるため、あるいは捕食者から逃れるためなどにバクテリアの発光を利用することができる(Lakhan, 2019)。

発光バクテリアの生きつなぎサイクル

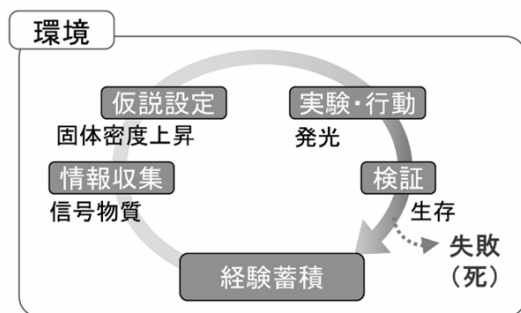


図 1 発光バクテリアの生きつなぎ

こさないが、信号物質の濃度が高まってくると、周りの仲間の個体密度が高まったとの仮説を立て、それに基づいて発光素であるルシフェリンの酸化反応を触媒する酵素ルシフェラーゼの生産が活発化され、すべての個体が一齐に発光しはじめ、コロニー全体が強く強く発光するのである(図1)。

発光バクテリアは、「情報収集(受容器による信号物質の濃度測定)⇒仮説設定(濃度による個体密度増加との推理)⇒実験・行動(発光物質の生産放出)⇒生き残りまたは死(検証)」というサイクルを使って生き、子孫を残していることになる。そこで、「情報収集⇒仮説設定⇒実験・行動⇒検証」というこの一連のサイクルを「生きつなぎサイクル」と呼ぶこととする。発光バクテリアと同様の生きつなぎサイクルは、今日では、多くのバクテリアで知られている。周囲の菌密度を感知し集団行動を引き起こすこの現象は、クオラムセンシング(quorum sensing)と名付けられ、バクテリアによる共生、毒力、反応能、接合、抗生物質の産生、運動性、孢子形成、バイオフィルムの形成などを調節している(中山, 2011)。生きつなぎサイクルを廻したとき、上手くいった事例が記録されていけば、生き残りにとって大きな利点となる。外部に記憶媒体をもつ人類以外では、記録は上手くいった個体の遺伝物質が次世代に引き継がれるという形で伝承されてゆく。そして、地質学的に長い時間がかかることで、生きつなぎサイクルは、それぞれの系統において洗練されてゆく。また、新たな要素が付け加わることによっても洗練されてゆ

く。

知能とは

広辞苑第七版(新村編, 2018)には、「知識と才能。知性の程度。環境に適応し、新しい問題状況に対応する力」と書かれているが、主にヒト *Homo sapiens* の知能についての定義と考えて良さそうである。ここでは、一旦ヒト中心の定義にこだわらずに、数十億年の実績に裏付けられた、生物に備わった「生きつなぎ」を可能とする仕組みとしての知能を定義してみたい。

知能の定義には色々あり、Legg and Hutter(2007)は、知能について、70 あまりの定義を紹介している。その一つに Gudwin(2020)の定義がある。Gudwin(2020)は「知的システムは、様々な環境下でうまく機能することが期待されている。その知能の特性は、状況についての完全な情報が得られなくても、成功の確率を最大化することを可能にする。知的システムの機能は、環境や目標を含む具体的な状況と切り離して考えることはできない」と述べている。知的システムを知能と読み替えれば、そのまま知能の定義として使える。

上に述べた発光バクテリアでは、「情報収集⇒仮説設定⇒実験・行動⇒検証」からなる「生きつなぎサイクル」が、周囲の状況を完璧には捉えられない中で、信号物質にしぼって環境状況を探り、集団発光という目標の成功の確率を最大化しており、Gudwin の知能の定義を概略満たしている。そこで、本稿では、生物の知能を「情報収集⇒仮説設定・実験⇒検証」からなる「生きつなぎサイクル」という知的システムと捉え、他の生物の生きつなぎサイクルの事例もふまえながら、人類の生きつなぎサイクルの特性を見てゆくことにする。

生きつなぎサイクルを廻す土俵としての環境

エストニア生れでドイツの生物学者・哲学者のエクスキュル(Jakob von Uexküll: 1864–1944)は、生物と環境との関係について興味深い洞察を行っている。ここでは、エクスキュル・クリサート(1973)の記述に沿ってマダニの生きつなぎサイクルを見てみよう(図 2)。マダニは、森の枝の先端に動かずにぶら下がって獲物を待つ。嗅覚によって皮膚腺から流れ出てくる酪酸の臭いを感知して獲物となる動物が近づいたことを知ると、枝から落ちる。そして、温度感覚によって獲物である温血動物の上に到達したことを知る。さらに、触覚の助けを借りて、獲物のできるだけ毛のない柔らかい部分を探し出し、獲物の皮膚組織の中に頭まで突っ込み血液を体内に吸い込む。マダニにおいてもやはり「匂いの感知(情報収集)⇒哺乳類との推理(仮説設定)⇒落下(実験・行動)⇒吸血成功・生存(検証)」という生きつなぎのサイクルが存在するのである。

ところで、Gudwin(2020)による知能の定義には環境という言葉が入っている。エクスキュル・クリサート (1973)は、この環境ということについて、興味深い洞察を加えている。つまり、あらゆる生物は客観的な世界(彼の言うところの「環境 *Umgebung*」)にいながら、それぞれ独自の世界(彼の言うところの「環境世界 *Umwelt*」)に住んでいて、その世界の中心はその生物自身だというのである。彼は、このことを強調するために上述のマダニの例を示した。彼によれば、マダニは、嗅覚、温覚、触覚の3つで組み

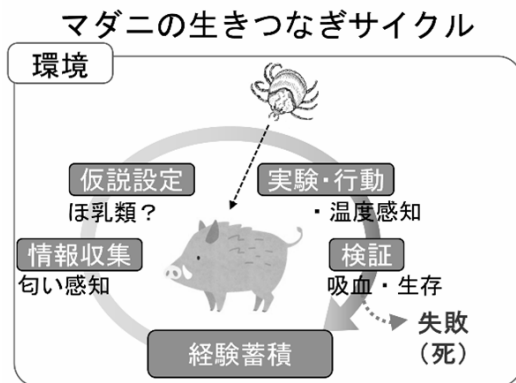


図 2 マダニの生きつなぎサイクル
(イノシシのイラストは、ブログ名:タダ絵
URL: <https://freeeillust.com/>より)

立てられた独自の環境世界に生きていることになる。生物は、知能を発揮する土俵(環境世界)を自分で決めているのである。

エクスキュルに従えば、先に述べたバクテリアも、信号物質とその受容で構成された環境世界に住んでいることになる。また、我々ヒトも、放射線から赤外線まで、あらゆる電磁波に満ちあふれたこの客観的な環境の中で、可視光だけで環境世界を構築して生きていることになる。そう考えれば、動物主体は単純か複雑かにかかわらず、それぞれ独自の環境世界に適応しており、単純な動物には単純な環境世界が、複雑な動物にはそれだけ豊かな環境世界が対

応するとするエクスキュルの主張も納得がいく。Gudwin(2020)は、知能の定義において「状況についての完全な情報が得られなくても、成功の確率を最大化することを可能にする」と述べているが、生物は、初めから完全な情報を得ることを放棄し、自分が必要とする情報を絞り、それをもとに知能を発揮することで、成功の確率を高めているのかもしれない。

生きつなぎサイクルの要素の多様性

生物が、それぞれの環境世界に住んでいるとすれば、生きつなぎのサイクルの各要素にも多様性が生じるはずである。先に述べたように発光バクテリアでは、信号物質と受容体を使って環境の情報収集を収集している。また、マダニは臭覚による情報収集を行っている。

哺乳類でも情報収集が重要なことは、Kaulueff(1957)が Montgomery and Zimbardoga が 1957 年に出版した論文を引用する中で次のような記述をしていることから読み取れる。空腹または喉が渴いた雄のラットを、餌や水の入ったコップがいつでも入手可能な環境に移してやると、全てのラットが飲食をする前に、新たな環境を探索する行動をとったのである。野生では、摂餌行動時には、捕食者に襲われやすい状況生まれる。そこで、探索行動は、摂餌行動を取る前にその場の安全を確保するために不可欠な予防措置であるとされる。空腹を満たすことより、安全を優先する情報収集が優先されるのである。分類群が大きく異なるバクテリアやダニとラットが、いずれも情報収集活動を行っているものの、やり方がそれぞれ異なっていることは、生きつなぎサイクルの各要素には、生物ごとに多様性があることを示している。

成功の確率を増大させる情動

私たちの知能を特徴づけるものに情動がある。情動とは、重要な事柄や出来事に対処しようとする、経験的、行動的、生理的要素を含む複雑な反応パターンのことである。脅威に対しては恐怖が、他者からの不評からは羞恥心というふうに、情動は、実際の出来事と強い関わりを持つ。情動の一例として

Cabanac(1999)は、哺乳類である人やラットでは、不安感に起因する体温上昇や脈拍数の増加がみられることを述べている。さらに、爬虫類のイグアナでも体をそっとなでて不安を与えると同様に体温上昇と脈拍数の増加が見られることを見出し、爬虫類にも情動があると述べている。両生類のカエルではこのような反応はみられない。哺乳類やイグアナなどの爬虫類に見られるのと同様の情動は、爬虫類から進化した鳥類にも広く見られる。そこで、情動は、爬虫類と哺乳類の共通祖先においてすでに備わっていたと考えるのが妥当である。爬虫類と哺乳類が共通祖先から分かれたのは、約 3 億 1000 万年~3 億 3000 万年前と見つもられているので(Benton and Donoghue, 2007)、情動の起源は、ごく古いということになる。

余談ではあるが、Cabanac(1999)は、さらに一歩進んで、爬虫類も葛藤するのだと述べている。具体的には、美味しい餌を得るために爬虫類が嫌う低温の場所を通らなければならないような条件で実験すると、爬虫類は餌を取りに行かないというのである。餌と低温を天秤にかけて葛藤するくらいの知性が爬虫類にもあるということになる。

情動を持った生物、つまり爬虫類、爬虫類から進化した鳥類、哺乳類では、情動が伴走することで、生きつなぎサイクルの効果がより強化されたのではなかろうか。この点については、まず、ヒト科出現の頃の環境について説明したうえで、ヒト科の祖先を例にとって説明する。

ヒト科出現の頃の環境

以下の記述では、ヒト科という言葉が出てくる。専門用語としてのヒト科には私たちに最も近縁なゴリラ、チンパンジーなども含まれるが、本稿の趣旨に沿って、ここでは、主に我々ヒト、つまりホモ・サピエンス(*Homo sapiens*)と、化石で知られている祖先も含めて表す用語としてヒト科を使うこととする。また、人類という用語もヒト科と同じ意味で使わせていただく。

人類の歴史を紐解くために重要な化石は 10 属 20 種ほど知られていて、一部を除いてすべてアフリカ大陸から見つかった(Schrenk and Bromage, 2017)。我々ヒト *Homo sapiens* の最古の化石(Hublin et al., 2017)もここから見つかったいて、アフリカはまさに人類揺籃の地ということになる。そこで、我々ヒトの知能を考える基礎としてアフリカでのヒト科の進化と環境について概観してみよう。

過去の気候の変化は、地層に記録された環境の指標である化石植物や花粉の研究、あるいは酸素や炭素の同位体比の研究によって明らかになる。約 3,500 万年前、南極大陸が氷床で覆われ始め、やがて北極大陸も約 200 万年前から氷床で覆われ始めた。それに対応して、アフリカでも気候は寒冷で乾燥したものとなり、徐々に森林面積は減少し、サバンナの面積の増加が進んだ(Zachos et al., 2001)。このような状況の中で、700 万年前、ヒト科の最古の化石サヘラントロプス・チャドエンスが出現した。我々につながる系統と、近縁にあたるチンパンジーなどの類人猿とが枝分かれしたのは、ちょうどこの時代と考えられている。

さて、ヒト科の祖先の生活を考える上で重要な化石がエチオピア北部から見つかった。アルディピテクス・ラミダスと名付けられたこの化石は、約 440 万年前のもので、その後ろ足は、親指と他の指が向かい合って、樹上で木の枝などにつかまって生活するのに適していた(Lovejoy et al., 2009)。この

ことと、古環境についての研究とを根拠に、この生き物は森林とサバンナが混じったような環境で、木の枝などにつかまって生活し、時々地上を歩いていたと考えられている。やがて、アウストラロピテクス属の様々な種が繁栄した。約 250 万年前以降、アフリカでは以前に比べてより低温で乾燥した状態になり、森林が減少し、サバンナが拡大した。ホモ属が出現したのは、このような環境の下であった。このような環境のもと、果実などの食料も、もはや樹冠を伝っての移動によって入手出来ず、樹木と樹木の間の移動には、地上を経由する必要性が生じたり(Senut, 2021)、あるいは、季節変化に耐えるため、暑い季節には温度の低い地上で生活する必要性が生じたりした(Takemoto, 2017)。これらが、我々の祖先の二足歩行の獲得を促す一つの要因となったと考えられている。

生きつなぎサイクルの拡張：情動との結合

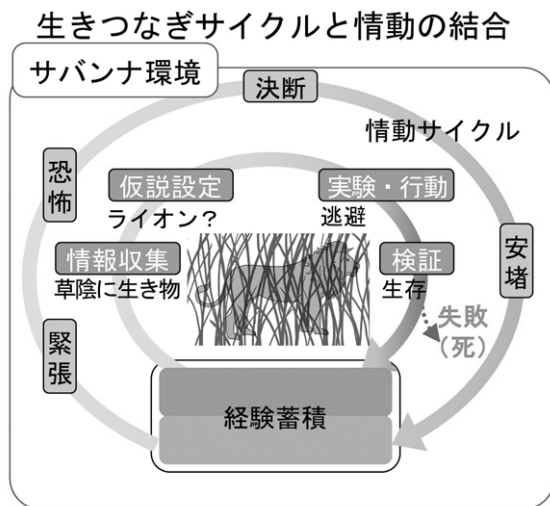


図 3 生きつなぎサイクルと情動の結合

やがて、雨林の面積が縮小し、我々の祖先の生活の場となったサバンナは肉食の獣をはじめ天敵が多数いる環境で、生き残りの試練に直面することとなった。この状況を生き残る中で、我々の祖先は、我々が備えている知能の原型を形作ったと考えられる(大野, 2020; Ohno, 2021)。

当時、サバンナの草むらの向こうに天敵、例えばライオンらしきものが見えた想定してみよう(図3)。「草むらの後ろに何かいる!」と気付いた時、我々の祖先達はどう反応しただろうか。よく「観察(情報収集)」し、輪郭を補って全体像をライオンと「推理(仮説設定)」した個体は、次にくる逃

避(実験・行動)という形での「確かめ(検証)」という生きつなぎのサイクルを経て生き残りを図ったはずである。

一方で、サバンナで、「草むらの後ろに何かいる」と気が付いたとき、緊張感が高まり、同時に、「ライオンだ!」と推理(仮説設定)したときには「怖い!」という恐怖感におそわれたに違いない。同時に、それに打ち克って逃げるという決断もする必要がある。そして、逃げた結果命拾いをすれば、「助かって嬉しい!」という安堵感とともに、うまく逃げることでできた自己効力感(自信)も生まれたに違いない。情動サイクルが加わることで、生きつなぎサイクルはより効果的なものになったと考えられる。(図3)。

ここでは、ヒトの祖先を例に生きつなぎサイクルと情動の結合について説明したが、すでに述べたように、爬虫類、鳥類、哺乳類はいずれも情動を持つので、この結合は、かなり古い時代にすでに成立していた可能性がある。重要なことは、ヒトの祖先とサバンナの関連のように、このような結合は、環境への適応として生まれるのだろうということである。

このようなサイクルを補強するには、危機をいち早く発見できるしくみが必要である。すでに述べたように、ラットでは、摂餌行動を取る前にその場の安全を確保する情報収集活動を行う。好奇心があれ

ば、このような活動をより効果的に行うことが出来る。好奇心も情報収集機能を強化する能力として生まれたのかもしれない(大野, 2020; Ohno, 2021)。

生きつなぎと情動の二本立てサイクルや好奇心など、知能の幾つかの要素を組み合わせることで効率的に処理するには、脳の働きが重要である。そのような理由もあってか、ヒト属ホモ(Homo)では、時代とともに脳容積が大きくなる傾向がある。ヒト属の祖先であるアウストラロピテクスの中で、脳容積が一番大きいアウストラロピテクス・ボイセイでは、508ml、ヒト属では、最も小さなものでもホモ・ハビリスの609ml、そして我々ホモ・サピエンスでは1330ml となってゆく(Tattersall, 2023)。脳容積の増大がやがて、ヒトの知能のさらに複雑な機能の進化に貢献したことは、想像に難くない。

生きつなぎサイクルにおける仮説設定の利点

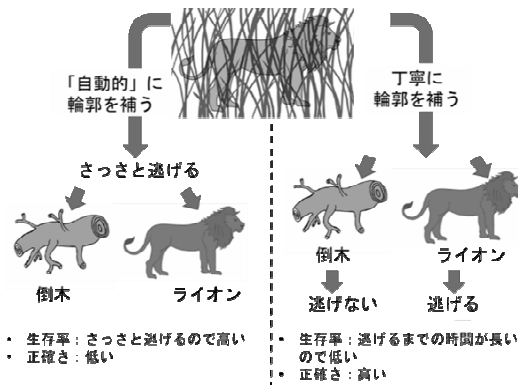


図 4 仮説が高める生き残りの確率

先に述べたように、人類の祖先がサバンナ広がるアフリカ大陸で暮らしていたとき、草むらの後ろに何かいると気づいたとしよう(図4)。そのとき、正確さを犠牲にして、草むらの後ろにいるのがライオンだと仮説設定し、即座に逃避行動をとれば、生存の確率が高まる(図4左)。一方、丁寧に時間をかけて輪郭を補えば、対象が何かを正しく把握することはできるかもしれない(図4右)。

しかし、輪郭を補っている間に天敵に気づかれ餌食になる確率も増すだろう(大野, 2020; Ohno, 2021)。草むらの向こうにいるのがライオンであるという仮説(平たく言えば、ライオンという「思い込み」)を前提として逃避行動をとる流れは、演繹的方法である。生きつなぎサイクルには、演繹的方法も組み込まれているのである。

仮説設定の弱点

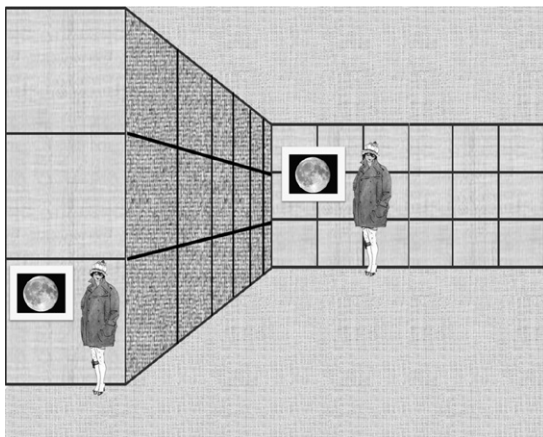


図 5 仮説設定の弱点

ここでは、錯視を例に、生きつなぎサイクルの仮説設定とそれに基づく演繹的推論の弱点に触れておこう。図5を見てほしい。ギャラリーで月の写真を背景に立っている女性、左より右の方が大きく見えるだろう。実際には右も左も同じ大きさであるのになぜ右のほうが大きくみえるのだろうか。これは、我々は、三次元空間に住んでいながら、それを眼の網膜に投影された二次元画像で見ることに起因する。そのため、左のような図を見ると、我々は、無意識のうちに、図の中ほどの「壁」の平行線が左から右へと収斂

していることに着目して、左の壁が手前に、右の壁が奥の方にある、また縦に3枚並んだパネルは、左手前の壁でも、右奥の壁でも同じ大きさのはずであると推定(仮説設定)するのである。このような仮説を基に演繹すると、左手前の女性は、壁に縦に3つ並んだパネルの一番下のパネル1枚の高さとほぼ同じなのに、右奥の女性は縦にならんだパネル3枚分の高さがある。そこで、左より右の女性の方が大きいという結論になる。演繹的推論は、前提となる仮説設定が正しい限りにおいて有効な方法である。この例のように、演繹的推論が外れた時、私たちは、「思い込み」をしたことになる。もちろん、私たちは、上の説明を読むことによって、間違った仮説設定に基づいて演繹的方法を行使した、つまり「思い込み」をしてしまったことを認識できる。それは、自分のやっていることを自分で認識できている、メタ認知のおかげである。

ただし、「思い込み」であることを認知した上で、視覚を制御して、2つの女性像を同じ大きさに見ることは出来ない。「わかっちゃいるけどやめられない」のである。メタ認知は、トップダウンで我々の感覚を制御できるほどには強力ではない。

では、このメタ認知の能力はどのようにして生まれたのだろうか。メタ認知に至るには、モラルや心の理論が私たちの心の中に実装される必要があったというのが筆者の持論である。

メタ認知の前奏曲としてのモラルと心の理論

メタ認知とは、自分自身の認知プロセスを意識することと定義される。ここでは、自分自身を意識することを重視して、メタ認知≒自意識として話を進める。自意識は私たちヒトのみが持つ知的な能力である。自意識を持っていれば、自分を客観的に見つめられる。ひいては物理的か社会的かにかかわらず、自分を取り巻く環境を客観的に見る(メタ認知)こともできる。また、メタ認知があれば、なにか課題が生じたときには、思考実験をして、安全に何度でも試行錯誤できるのでよりよい策を見出しうる。これは、現実の世界での試行錯誤が場合によっては致命的な失敗につながる危険をもたらすこともありうることに比べて大きな利点となる。では、物事を客観的に意識し思考することにつながる自意識はどのようにして生まれたのだろうか。私は、モラルと心の理論の起源の延長上に初めて自意識が生まれたと考えている。その理由を以下に述べるが、これは私の試論とも言うべきものであるということを念頭において読んでほしい。

モラルの起源

霊長類は、集団を作って生きている。そして、人類は、かなり古い時代から集団で狩猟採集をして生きてきたと考えられている。そこで、ボーム(2014)は、この狩猟採集社会の姿を今に留めていると考えられる世界各地の狩猟採集民を対象に調査した。調査は、現代的な文明に染まっていない集団だけを対象とした。

集団はせいぜい数家族、数十人のグループだが、狩猟を効率良く、そして永続的に行ってゆくためには獲物の平等な分配が重要となってくる。そのような中で獲物を独り占めしようとする者は、他の構成員の皆から罵られたり、村八分、集団からの追放、あるいは死刑などの刑罰が科せられる。また、うわ

さが広まって肩身の狭い思いをする。このような社会規範があることで、獲物の平等な配分が保証される。

さて、先史時代の狩猟に目を向けてみると、人類が大型動物の狩猟をするようになったときに、社会規範が極めて重要になったと考えられる。イギリスの Boxgrove の約 50 万年前の遺跡からは、大型動物の骨が見つかると共に、射貫かれた馬の肩甲骨が(Roberts,1997)、ドイツの Schöningen からは、30 万年前の保存の良い木製の槍が発見されていて(Thieme, 1997)、人類が大型動物を狩猟できるようになったのは数十万年前のことであることが分かる。大型動物の狩猟にあたっては、武器を作るもの、狩りに行くもの、留守を守るものなど、以前にも増して構成員が役割分担しながら密接に協力し、チームワークすることが要求されるようになったであろう。仮に大型動物を仕留めた者が獲物を独り占めするようなことが起こると、チームワークは成立しない。このとき、社会規範を遺伝情報に組み込んで個々人の心の中に内面化しておけば、分け前を巡る争いも減るだろうし、そうすればいちいち集団の社会規範をまもるための統制を講じる手間も省けて効率的である。ボームは、これが現代の私たちが心の中にもっているモラルの起源であると考えている。これによって、大型動物の狩猟が効率的におこなわれ、また獲物を平等に配分したり、さらには困っている他者を助けたりする互惠関係がさらに促進されたのであろう。この推論が正しいとすれば、モラルは、大型動物の狩猟が可能となった数十万年前あるいは、それ以降に生まれたことになる。

モラルが遺伝子に組み込まれて内面化されていることを示唆するヒトの特徴に赤面がある。Crozier (2010)は、何か場違いなこと、社会のルール、規範、基準を遵守していないことを赤面によって示すことで、他者の敵対的な反応を和らげ、集団の絆を強める働きがあることを紹介している。重要なのは、赤面は不随意的で、コントロール出来ない、いわば本能的な反応であり遺伝子の中に組み込まれている点である。

ここで興味深いのは、我々ホモ属に最も近い仲間であるチンパンジーやボノボも、同様に社会規範を逸脱した個体に対して集団で対抗することである。このことは、我々の共通の祖先において、すでに集団に社会統制があったことを示唆する。ただし、チンパンジーとボノボでは、ルールの内面化は起きていない。この違いは、彼らとヒトの脳の大きさの違いに起因するのかもしれない。

心の理論

先史時代に、狩りで得た獲物を平等に分けるための仕組みとしてモラルが生まれたことを上に述べた。それでも、隙あらば分け前を増やそうとする気持ちが個々の構成員に全くないとは言えないだろう。出し抜いて分け前を増やすためには、他者の心を読み取る能力が必要である。他者の心を類推し、理解する能力のことを心の理論という。集団で生きる知能としてのモラルは、他者との関係において生じるものである。そして、そのモラルの裏をかくのも、やはり他者との関係においてである。また、心の理論を確実に持っているのは、今のところモラル同様ヒトだけである。筆者は、モラルと心の理論はヒトの心の中で表裏一体の関係にあると考えている。もしこの考えが正しければ、心の理論は、モラルと同様に数十万年前に生まれたことになる。もちろん、心の理論がひとたび備われば、人を出し抜くだけでな

く、他者の心をよみとり、思いやりある行動をとることも可能になることは言うまでもない。ある理由から一つの要素が生まれるとき、いったん生まれれば、それがうまれた理由の如何にかかわらず様々な機能を果たしうるのである。こうして、知能の働きはますます複雑なものとなっていく。

自意識

上には、モラルと心の理論はほぼ同時に数十万年前にヒトの能力として生まれたという考えを述べた。ヒトの心が読めるなら、自分の心も読めただろうと思いたくなる。おそらく読めたのだろう。しかし、自分の心を客観的に読める自意識とはちがって、これは、潜在意識的なものだったようである。というのも、後に述べるように、自意識の存在を示す考古学的遺物が普遍的に見つかるのは、約5万年前以降の事だからである。自分の事を客観的に認知できる意識、つまり自意識の始まりについては、Mithen(1996)が興味深い説を唱えている。彼によれば、私たちの知能は、すべての動物に備わる一般的知能に加え社会的知能、技術的知能、自然史的知能というモジュールに分かれていて、これらのモジュールの間の垣根が取り払われることによって私たちの知能が生まれたと考えている。つまり、モラルや心の理論など、それなりに高度な様々な知能の要素は、もともとバラバラに機能していたが、これらが統合されることによって自意識や言語をはじめとする私たちの知能が生まれたということになる。Mithen(1996)はこの出来事を“人類文化のビッグバン”と呼んでいる。このことが、なぜ、どのようにして起こったかについての研究は今後に待たれるが、いつ起こったかについては、次に述べるような推測が可能である。

自意識の始まり



図 6 黄色土を体に塗ったヒンバ族の女性

自分の心を客観的に読めるなら、つまり自意識があれば、自分が周囲の人たちとは違うということも客観的に分かるであろう。そして、自分が他者から見られていることも客観的に分かるし、自分を良く見せるために化粧品や装身具なども身につけるだろう。また、抽象的な思考の延長には芸術的創作活動も生まれるであろう。そこで、考古学的遺跡から、このような自意識の存在に関連するような遺物を見つけることで、自意識がいつ生まれたかを推定することが可能である。すでに述べたように、ホモ・サピエンスの最古の化石は約30万年前のものだが(Hublin et al, 2017)当時の遺

跡からは化粧品や装身具は発見できない。最近、南アフリカのブロンボス洞窟遺跡から先駆的な遺物が発掘され始めた。その中には、装飾や皮膚の保護に使われたと思われる10万年前の塗料(黄土色)(Henshilwood et al, 2011)が見つかっている。現在でも、たとえば、ナミビアのヒンバ族の女性や子どもは、黄

土とバター樹脂を混ぜて体に塗っている(図 6)。また、同じ洞窟では、75,000 年前の、人工的に穿孔された均一な大きさの巻き貝の殻も多数見つかった(d'Errico et al, 2005)。これらは腕輪やネックレスなどの装飾品に加工されたと解釈されている。5 万年より新しい時代になると、自意識の存在を示唆する遺物が多数見つかり始める。インドネシアのスラウェシ島で見つかった洞窟壁画は約 4 万年前のものである(Aubert, et al. 2014)。また、顔がライオンで、体は人間をかたどっていることから「ライオン・マン」と名付けられた象牙彫刻も、ドイツの 4 万年前の遺跡で発見された。これらの遺物から、自意識が顕在化したのはおよそ 5 万年前と推定できる。つまり、Mithen(1996)の“人類文化のビッグバン”が起こったのは、このときだということになる。私たちが属するホモ属は 200 万年前に出現し、ホモ・サピエンスは 30 万年前に出現した。それに比べれば、5 万年前の自意識の始まりは、ごく最近のことである。

自意識・メタ認知・言語

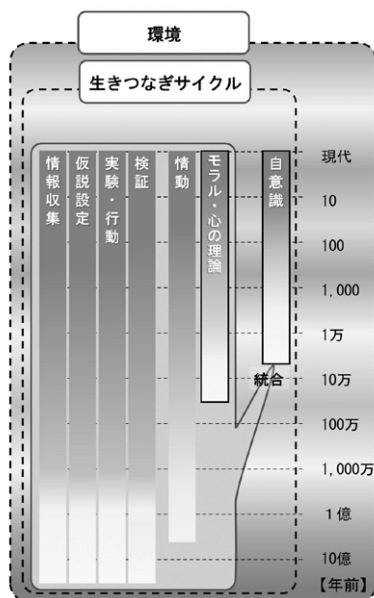


図 7 生きつなぎサイクルの歴史

今まで述べたことをまとめると、ヒトの知能の出現順序は図 7 のようになる。「情報収集⇒仮説設定⇒実験・行動⇒検証」からなる生きつなぎのサイクルは、生命の誕生以来存在したと考えられる。時の経過とともに、これに情動など新たな要素が加わり、さらにヒトの祖先ではモラル、心の理論などの要素も生じ、これと軌を一にして、脳の容量も大きくなっている。そして、約 5 万年前、これら様々な知能の要素が統合されてホモ・サピエンスは自意識をもつようになった。自意識を持っていれば、自分を客観的に見つめられる。これがメタ認知である。私たちがもっとも活用するメタ認知は、言語である。これを使えば、ある動物について、共通の特徴に基づいて、黒かろうが、白かろうが、大きかろうが、小さかろうが、その動物をたとえば犬、あるいは象と抽象的に指し示すことができる。また、言語を使うことで、抽象的な思考も行えるようになった。さらに経験を、言語をつかって記述し、遺伝子以外の媒体に保存継承

することが可能となった。

我々の知能の弱みと強み

我々は、他の動物とは違って、自意識あるいはメタ認知の能力やこれに関連した言語能力を持っている。しかし、これらの能力が万能かというとは必ずしもそうではない。図 5 の 2 つの女性像では、同じ大きさであるとメタ認知しても、相変わらず、2 つの女性像を違う大きさに見てしまう。「わかっちゃいるけどやめられない」のである。繰り返しになるが、我々のメタ認知能力は、トップダウンで視覚を制御できるほどの能力はもたないのである。

また、言語を使った対話も意外と未熟である。大野(2020)は、この点について、対話をベースにして

ハマグリの貝柱の数(正解は2つ)を決めるワークショップについての報告の中で述べている。

このワークショップは2段階からなる。第一段階では、参加者各自がハマグリの殻の内表面にうっすらと残る貝柱の痕跡を観察、スケッチして痕跡の数を推定する。第二段階では、6～8名のグループをつくり、一つのテーブルを囲んで対話し、お互いの観察情報を共有したり、再検討したり、あるいは、もう一度実物の観察に戻ったりしながら、貝柱の痕跡の数を推定し直す。

それぞれ、高校生、大学生、学校教員などからなる8回のワークショップ(参加者合計352名)について第一段階と第二段階での平均正解率を調べてみると、第一段階での正答率は、50%に対し、第二段階での正答率は65%となり、参加者の3人に一人は、不正解のままに終わった。さらに、あるワークショップでは、観察後と対話後で正解率が2%しか上昇しなかった。さらに、別のワークショップでは、観察後の正解率49%に対し、対話後の正解率がこれを下回る39%となった。ハマグリの貝柱の痕を推理するプログラムの結果は、対話が「三人よれば文殊の知恵」というほどには大きな力を発揮しないことを示している。

まとめ

本稿では、どの生物にも、生存の可能性を高め、命を次につなぐための知能として「情報収集⇒仮説設定⇒実験・行動⇒検証」からなる「生きつなぎサイクル」があることを述べた。また、収集すべき情報を選んで、独自の世界(環境世界)を構築して生きている事も述べた。そして、生物の生きつなぎサイクルの様々なあり方を概観するなかで、ヒトの生きつなぎサイクルには、情動サイクルが加わったこと、そしてごく最近、メタ認知の能力が加わったことも述べた。メタ認知を意識的能力とするなら、それ以前の認知能力は、非意識的能力ということになる。メタ認知がせいぜい5万年ほどの歴史を持たないのに比べて、非意識的能力は35億年以上の歴史と蓄積がある。我々は、ヒトの知能について語るとき、とりわけ、教育の分野では、このメタ認知や関連した言語などに焦点を当てがちであるが、メタ認知は必ずしも万能ではないことは、上述した通りである。また、非意識的能力が学びの動機づけにつながることに触れた。

これまで述べたことが、教育の分野について示唆することは、意識的領域の知能だけでなく、せっかく私たち一人一人に備わった、35億年以上の歴史と蓄積のある非意識的領域の知能にも注目すべきであるということである。そして、意識的、非意識的領域の両方の能力をうまくつないで生きてゆく力を涵養する仕組の構築をすることが、教育の分野に課せられた喫緊の課題だということである。

参考文献

- Aubert, M., Brumm, A., Ramli, M., Sutikna, T., Saptomo, E. W., Hakim, B., Morwood, M. J., van den Bergh, G. D., Kinsley, L. & Dosseto, A. 2014. Pleistocene cave art from Sulawesi, Indonesia, *Nature*, 514, 223-227.
- Benton, M. J. and Donoghue P. C. J. 2007. Paleontological Evidence to Date the Tree of Life. *Molecular Biology and Evolution*, 24, 26-53. DOI/10.1093/molbev/msl150<https://academic.oup.com/mbe/article/24/1/26/107094>

- 4?login=fa Ise (retrieved 2024/09/26)
- ボーム, C. (著)香藤隆史(翻訳) 2014.モラルの起源—道徳、良心、利他行動はどのように進化したのか, 白揚社, 488pp.
- Cabanac, M. 1999. Emotion and Phylogeny. *Japanese Journal of Physiology*, 49, 1–10.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphysiol/49/1/49_1_1/_article/-char/ja DOI: 10.2170/jjphysiol. 49.1 (retrieved 2024/09/26)
- Crozier, R. 2010. The Puzzle of Blushing. *The Psychologist*, 23, 390–393.
<https://www.bps.org.uk/psychologist/puzzle-blushing> (retrieved 2024/10/27)
- d’Errico, F., Henshilwood, C., Vanhaeren, M., van Niekerk, K. 2005. *Nassarius kraussianus* shell beads from Blombos Cave: evidence for symbolic behavior in the Middle Stone Age. *Journal of Human Evolution*, 48, 3–24.
- Gudwin, R. R. 2000. Evaluating intelligence: A computational semiotics perspective. In *IEEE International conference on systems, man and cybernetics*, 2080–2085, Nashville, Tennessee, USA.
DOI:10.1109/ICSMC.2000.886422 (retrieved 2024/09/10)
- Henshilwood, C. S., d’Errico, F., van Niekerk, K. L., Coquinot, Y., Jacobs, Z., Lauritzen, S.-E., Menu, M., and García-Moreno, R. 2011. A 100,000-year-old ochre-processing workshop at Blombos Cave, South Africa, *Science*, 334, 219–222.
- Hublin, J.J., Ben-Ncer, A., Bailey, S. et al. 2017. New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens*. *Nature* 546, 289–292. DOI/10.1038/nature22336 (retrieved 2024/10/23)
- Kaluef, A. V. F, and Zimbardo, P. G. 2007. Behavioral neuroscience, exploration, and K.C. Montgomery’s legacy. *Brain Research Reviews*, 53, 2, 328–331. DOI:10.1016/j.brainresrev.2006.09.003 (retrieved 2024/05/07)
- Lakhan, L. 2019. Light producing organs of fishes. *International Journal of Global Science Research*, 6, 946–952.
DOI:10.26540/ijgsr.v6.i1.2019.122 (retrieved 2024/09/23)
- Legg, S. and Hutter, M. 2007. A collection of definitions of intelligence. *Artificial Intelligence and Applications*, 157, 17–24. <https://doi.org/10.48550/arXiv.0706.3639> (retrieved 2024/09/12)
- Lovejoy, C. O., Latimer, B., Suwa, G., Asfaw, B. and White, T. D. 2009. Combining Prehension and Propulsion: The Foot of *Ardipithecus ramidus*. *Science*, 326, 72–72e8. DOI: 10.1126/science.1175832 (retrieved 2024/10/23)
- Nealson, k., Platt, T. and Hastings, W. 1970. Cellular Control of the Synthesis and Activity of the Bacterial Luminescent System. *Journal of Bacteriology*, 104, 313–322. DOI:10.1128/jb.104.1.313–322.1970 (retrieved 2024/10/29)
- Mithen, S., 1996. The Prehistory of the Mind The cognitive origins of art, religion and science. Thames and Hudson, Ltd., London, 288pp.
- Moody, E.R.R., Álvarez-Carretero, S., Mahendrarajah, T.A. et al. 2024. The nature of the last universal common ancestor and its impact on the early Earth system. *Nat Ecol Evol*, 8, 1654–1666. DOI:10.1038/s41559-024-02461-1 (retrieved 2024/09/12)

- 大野照文 2020. 第10章人類の知恵の進化と新学習指導要領一博物館からの視点 山極壽一 村瀬雅俊・西平直 (編)「未来創成学の展望 逆説 非連続 普遍性に挑む」 225-249, ナカニシヤ出版.
- Ohno, T. 2021. Museum Workshop: Evolution of Human Intelligence and Education, In Nishimura, K., Murase M. and Yoshimura, K. (ed.), *Creative Complex Systems*, 55-69. Springer.
- Roberts, M. B. 1997. Boxgrove: Palaeolithic hunters by the seashore. *Archaeology International*, 1, 8-13.
DOI:10.5334/ai.0104 (retrieved 2024/08/15)
- 中山二郎 2011. 細菌の世界における細胞間ケミカルコミュニケーションとその分子メカニズム, *腸内細菌学雑誌*, 25, 221-234. DOI:10.11209/jim.25.221 (retrieved 2024/11/13)
- 新村出(編) 2018. 広辞苑第七版, 岩波書店, 3188pp.
- Schrenk, F. and Bromage, T. G. 2017. Origins of Hominin Biocultural Diversity. *Frankfurter Archaeological Studies* 35, 409-419.
https://www.academia.edu/38754100/SCHRENK_2017_Origins_of_Hominin_Biocultural_Diversity
(retrieved 2024/10/23)
- Senut, B. 2021 Rôle des environnements dans les origines et l'évolution de la bipédie chez les hominidés : exemple des zones boisées sèches de l'Afrique. *Revue de primatology*. DOI :10.4000/primatologie.11037
- Takemoto, H. 2017. Acquisition of terrestrial life by human ancestors influenced by forest microclimate. *Sci Rep* 7, 5741. DOI:10.1038/s41598-017-05942-5
- Tattersall, I. 2023. Endocranial volumes and human evolution. *F1000Res*. 2023 May 30;12:565. DOI: 10.12688/f1000research.131636.1. (retrieved 2024/11/13)
- Thieme, H. 1997. Lower Palaeolithic hunting spears from Germany. *Nature* 385, 807-810. DOI:10.1038/385807a0 (retrieved 2024/11/11)
- Ueno, Y., Yoshioka, H., Maruyama, S. and Isozaki, Y. 2004. Carbon isotopes and petrography of kerogens in ~ 3.5-Ga hydrothermal silica dikes in the North Pole area, Western Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 573-589. DOI: 10.1016/S0016-7037(03)00462-9 (retrieved 2024/11/13)
- エクスキュル、ゲオルク・クリサート (著) 日高敏隆・野田 保之 (翻訳) 1973. 生物から見た世界, 思索社, 307pp.
- Wiens, J.J. 2023. How many species are there on Earth? Progress and problems. *PLoS Biol*, 21, e3002388. DOI : 10.1371/journal.pbio.3002388 (retrieved 2024/11/10)
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. and Billups, K. 2001. Trends, rhythms and aberrations in global climate 65 to Present, *Science*, 292, 686-692.