

五十八 園丁と蝶の対話 「認識と言語を巡って」その七

莊周 問答を再開しましょうか。今日は、生物の進化が人間の認識能力を発展させたことを前提して、神経系に踏み込んで精神の活動を考えてくれませんか？。

園丁 えーと、前回すでにあらわになっていますが、僕は、尊敬するスピノザの人間精神についての考え方が好きです。人間の精神を身体全体としてとらえるところです。

莊周 それなら、わたしも同じような見方をしますよ。昔わたしが莊周さんの夢の中の蝶だったときのことを思い出します。

園丁 ええ、莊周さん、あなたの思考法も好きですよ。だから、僕はあなたを対話の相手に選んでいるのです。

生物が全身で外界とかかわって認識活動をするということは真実だと思います。解剖学者が脳から体全体に張りめぐらされた神経系の図を描いてくれています。ところが、神経系は、全身の筋肉・循環器系・消化器系・リンパ系…などなにやかやとつながっていて、それらは連合して働きます。じつにその働きによって人間は生きているのです。したがって、人間とその精神を身体全体ととらえる見方は生物学的にも成り立ちます。

その上で、精神活動において中心的役割を果たしているのは何かと問えば、神経系ということになるでしょう。そして、神経系の中でも脳が人間の活動の統合的・調整的な働きを担う器官＝機関と言えるでしょう。

莊周　ずいぶん慎重な言い回しで始めましたね。

園丁　なにしろ、物質的な神経系から精妙な精神を探ってみようというのですからね。日本語の精神は神の文字を含んでいますよ。その神経系を腑分けして考えてみるということです。でも、人間を脳神経系に縮約してみても、途方もない存在ですよ。

莊周　そうですが、途方もない海にわたしを連れてきたのは君で、乗りかかった舟の櫓を握っているのも君ですよ。君の力が弱くても、どこかに着くまで、問答を続けるほかはないでしょう。櫓は鞭毛のように舵にもなりません。舵手として櫓をこいでください。

G 脳神経系はどのようにして認識を遂行するのか

園丁　僕は、脳に関係することには以前から関心をもってきたのですが、いざあなたと議論しなければならなくなると、まとまった知識が足りないことを痛感し、にわか勉強をしようと思いました。ところが、分厚くなくてしかも体系的な書物が見つからなくて、

結局、岩波ジュニア新書『脳科学の教科書 神経編』を読みました。園丁には似合いの書きぶりで、断片的だった知識を一応まとまりのあるものにできました。

この教科書は、神経系の構造と構成細胞の解説で始まり、聞き覚えのある神経系の構造、すなわち、脳と脊髄からなる中枢神経系、体性神経系と自律神経系からなる末梢神経系、および、脳の各部位、大脳皮質の各領野など……が図表で示されています。これに、視覚・聴覚などさまざまな機能を果たす脳神経の配置図や、脊髄の分節構造の図を合わせ、さらに、インターネット上に見つかる色とりどりの模式図も加えることができます。先人たちは精神作用を知ろうとして精魂込めて調べ上げたのですね。僕は、自身の体のそれぞれの部位をなぞるようにして、その全体像を立体的に思い浮かべて、自分の頭の記憶系に納めました。神経系は、手足の先まで体全体に巧みに配線されているのですね。その神経回路図から、しくみの詳細は別にして、視覚・聴覚から体性感覚までのすべての感覚情報が神経系を通じて脳に伝わり、脳を中心にして総合的な知覚（認知）に構成されることを推察できます。この働きがカントの言う感性ということになるでしょう。人間の認識という観念的な働きはここから始まり、感性は物質の物理に則って生じるのです。人間精神の「神通」の秘密は、一千億個もの神経細胞が組み立てる物理系に探らなければならぬわけです。

莊周 教科書を復唱して何をしようとしているのですか？。認識論の言葉に橋をかけようとしているのは分かりますが。

園丁 これまでもそうでしたが、言葉に表出して理解を前進させようとしているのです。まずは、認識の働きを神経回路と関連づけるウォーミング・アップです。

神経系を部分に分けて調べると、精神のさまざまな働きはおおよそ分担されていることが分かります。末梢神経系のうち自律神経系が、呼吸したり心臓を拍動させたり、たくさん臓器を自動的に働かせてくれます。もっとも、恐怖で息をのみ興奮して心臓が早鐘を打つことがあって、神経系が認識という概念からはみ出しそうな働きをすることがわかります。末梢神経で認識を分担するのは、五体の感覚情報を中枢神経に送り出す神経系と、中枢神経からの指令を五体の筋肉に送り出す神経系です。その中に脊髄で処理できることがあって、それは、脳での認識に負担をかけずに済ませようとするしくみでしょう。人間が何かを意図して外界にかかわろうとする場合に、それらはほとんど考慮しなくてよいのです。たとえば、莊周さん、あなたの話に出る弓の名人のなれ技は、それらの神経系を活用して、小脳が中心になって感覚で調節しながら運動を学習・訓練して身体が覚えるのです。じつにさまざまなことを体が覚えてくれます。そういう

働きを、人間はほとんど意識せずに遂行できるようになります。学習と訓練によって、多くの基礎認識を意識の奥の方に配置することができますのです。認識論が議論しているのは、主として意識にのぼらせることのできる認識だということになります。

莊周 ええ、そうですね。では、基礎的な認識をするために、脳神経系はどのように組み立てられているのですか？。

園丁 最初に、神経系を構成する神経細胞の働き方を知っておく必要があります。神経細胞は、回路網を形成できるように、最長で一メートルもある軸索を受け手の神経細胞へ伸ばして信号を送り、他方で、樹状の突起を広げてほかの神経細胞からの信号を受けとります。二つの神経細胞は、相互間にシナプスを形成して、信号をやりとりします。この連結構造で、信号の送受信は物理化学的動作によって行われます。一つの神経細胞は、いつも Na^+ イオンを外へ汲みだしてわずかに低電位に保っているのですが、シナプスで前の神経細胞から信号として化学物質を受けとると、その部位の細胞壁(のタンパク質)が一瞬通路を開いて Na^+ イオンを流入させます。すると、その瞬間そこで電位が上がリ、その電気パルスが細胞内を通って軸索の先のシナプスまで伝わり、化学物質を次の神経細胞へ与えるのです。このようにして神経細胞を連結した物理的ネットワークの高度化

が、近ごろはやりの言葉を使えば、理性を「創発」するのです。

莊周 うーん……。創発という氣の利いた言葉だけでは何も説明していませんよ。

園丁 それでは具体的に感覚のしくみを見ていきましょう。感覚器官は、まず、外界にある電磁波や分子などのモノあるいは物質の運動エネルギーを受けとる受容器です。その物理的刺激は電気信号に変換されて情報となりますが、受容器は分析的で、情報は要素に分節されて送り出されます。それらの情報が末梢神経からひとまず一次中枢へ伝えられ、情報はいくらか整頓され、さらに、それぞれの感覚器官からの多数の情報は高次の中枢機関へ伝えられて、最終的に統合処理されるのです。

視覚を例にとつてみましょう。眼球は外の対象からの光を網膜に結像します（それは運動神経に感覚神経もからだ再帰的神経回路の作動によってできるのでしょう）。網膜は、多数の神経細胞で多層的にできていて、三原色の光と弱光それぞれに感応する四種類の光受容タンパク質をもつのだそうです。その感応機構も生物らしい物質的なもので、光受容タンパク質中の一つの分子構造が光子を受けとると幾何学的に変化し、光受容タンパク質が活性化して電気信号を発生させ、電気信号は視神経へ送り出されるということです。視神経の束にまとめられていた神経列は結節部の視床を経て放射状に広がり、視覚

情報は脳皮質後頭葉の一次視覚野に空間的に配置されるようです。人間がデジタル・カメラを組み立てるよりはるか昔に、生物は外界の物質の配置図をデジタルな情報の集合として把握する方法を発明していたのです。

莊周 レーンさんの真似をして発明と言いますか。でも、それで脳裏に映像を思い浮かべることができるのですか？。

園丁 いや、そうではないようです。一次視覚野の情報はまだ統合的でなく、情報はさらに脳皮質のあちこちに散在する高次視覚領域へ、異なる経路を通じて伝えられるのです。視覚情報は、結局、五段階の処理を経て総合的な視覚に完成されるようです。分節的に考えてみると思い浮かぶ視覚認識の要素、対象の空間的位置や運動・形・パターンなどなどは、処理過程において重要な情報要素として検出されていて、総合的な視覚像に含まれているでしょう。知覚で主役を果たす視覚のあの驚くほどの働きは、このような複雑な機構で生み出されるのです。もちろん、ほかの感覚も同様に信号伝達の神経回路があります。僕は、耳の奥で音を信号に変える文字通りの機械的からくりをとてもおもしろいと思いました。それらの段階の先に、それぞれの感覚からの情報を統合する機構がまだまだあるのです。それら全体の働きから一言で感性和呼ぶ抽象的な概念が生み出されるのです。こう言ってみても、脳がどうやって僕に対象を見せてくれるのか、

僕にはよく分かりません。対象の「像」は、眼球の外で、対象がある場所に結ばれているかのようにです。目を閉じれば、その像は脳裏にあります……。

莊周 長い話になっていますが、まだ、君の言う認識活動の始まりのところにいます。

園丁 ええ。感覚したら、それに対応する生体反応を出力しなければなりません。意識せずに行なえる反応は自動的に遂行できるのでしょう。でも、少しでも意識して対応するには、さらに認識活動を続けなければなりません。その上で、外界へのかかわりは、信号を筋肉へ送って身体を運動させることによって実現するのです。その運動神経の情報伝達機構を理解するのにも、また、一段落を費やさなければなりません。神経系が筋肉を動かすしくみも説明を要します。しかし、今あなたは話が長すぎると言われましたから、運動系のことは省略しましょう。

*

園丁 『脳科学の教科書 神経編』には、第二章に「脳の進化と発達」という章が立てられ、神経系の進化を考えるのに、「生物は外部からの刺激を受容し、それに対してなん

らかの反応を示す」と述べたあと、適した温度の方へ動く大腸菌の例などを挙げて、「単細胞生物も、情報を入力して出力信号に変換する生体装置としての機能を果たす」と説き起こします。これは、前回の僕の議論に似ています。生体装置としての機能を果たすとは生きることです。僕は短絡的に「生きることが認識すること」と表現しましたから、その近似式を適用すれば、「認識とは情報を取り入れてそれを変換することだ」となるでしょう。

莊周 まあ、認識の基本はそういうことでしょうか。しかし、そういう言葉に表現すると、認識論が情報理論に近づきますよ。

園丁 情報理論ですか。またむずかしい課題に取り組まなくてはいいませんか。やってみるかしょうがありませんね。

園丁 『脳科学の教科書 神経編』では、多細胞生物の進化が細胞の分化として起きたことに注目します。単細胞生物の情報の入出力は一つの細胞内で起きる単純なものだったのに対し、分化した細胞から成る多細胞生物では、働きの異なる細胞間に情報を伝達する役目の介在細胞も出現した。これが神経細胞Ⅱニューロンの原型だと考えるのです。そして、多細胞生物が生活を高度化するにつれて、多数のニューロンを組織して情報伝

達の統合システムをつくりあげた、その神経回路がつまり神経系だと言います。

神経回路の基本形を解説したところがあるので、それを見てみましょう。アメフラシは、エラ呼吸のさい、海水をとり入れる水管に異物が触れるとエラを引っ込めるという反射行動を起こします。しかし、何度も水管に刺激を受けるとこのエラ引き込み反射が鈍くなるそうです。アメフラシのニューロンは肉眼でも見えるほど大きいので、しくみを観察することができます。関係するニューロンは、たった三つ、A…水管の感覚ニューロン、B…エラの運動ニューロン、C…介在ニューロンです。水管の感覚ニューロンをエラの運動ニューロンにつなぐ経路は、直結経路A—Bともう一つの経路A—C—Bの二つしかありません。エラ引き込み反射が鈍くなるのは、水管の感覚ニューロンから介在ニューロンとエラの運動ニューロンへ放出される神経伝達物質の量が減るせいだそうです。情報処理の観点からは、直結経路A—Bに調節経路A—C—Bを加えて、感覚情報から運動情報への変換（認識）を行なうわけですが、この神経回路は、最も単純な基本形と考えることができるでしょう。

ところが、人間がたとえば尾部に電気刺激を与えると、エラ引き込み反射は再び鋭敏化し、むしろ強く反射するようになり長期にわたって続くそうです。強いショックによって危険を学習し、防御反応を起こせるようになったのです。ニューロンを観察すると、

尾部の感覚ニューロン(D)は、もう一つの促進性介在ニューロン(E)を経由して、水管の感覚ニューロンが第一の介在ニューロンおよびエラの運動ニューロンへ信号を送り出す二か所のシナプスの直前(A1・A2と表わしましょう)につながっていることが分かります。三角形の基本回路に、D—E—A1とD—E—A2の二つの経路を加えた神経回路が、危険を学習し防衛を図る機能も果たすようになったのです。つまり、神経回路の拡張がより高度の複雑な認識を可能にしたのです。

脊椎動物の人間でも似たような反射が起こります。たとえば、歩行中につまずいて倒れそうになると、緊急に体の姿勢を立て直す反射が起こります。この反射は脊髄にある運動ニューロンが介在する主要回路で行なわれるのですが、小脳の神経細胞がそれをモニターし別経路の情報と比較して調整信号を送る副次的回路が連結されているのだそうです。それによって、全体的構成回路は、アメフラシのエラ引き込み反射の神経回路とよく似たものになります。このことは、神経系で、よく似た情報変換は相似の神経回路で行なわれるだろうことを示唆します。

莊周 初步的だけでも、認識作用を神経回路に結びつけて、いくらか情報処理の問題として理解できたじゃありませんか。

園丁 茶化さなくください。ここで、忘れてはならない重要なポイントがあります。ア
メフラシがエラ引き込み反射の学習をするとき、神経系で機能しているたくさん分子
群があるということです。人間の脳にもそれらと同じ分子群があり、海馬での学習・記
憶に寄与しているそうです。神経回路を考えるとときには、日本人に抽象的な響きのす
るニューロンという言葉が似合いますが、ニューロンが細胞だということを忘れてはいけ
ません。そもそも単細胞生物が生活し認識するのですから、ニューロンは、細胞として
内部構造をもち、原初的な認識活動を担っているのです。ですから、少数のニューロン
からなる神経回路が、すでに、構成要素が一定のサブ・ルーチン进行处理する多層の認識
メカニズムを具えている、と見なすべきです。そうすると、神経回路を拡張して階層的
で複合的な構成にしていけば、認識はどんどん高度化する、と推論できます。

荘周 君は、認識論に出てくるさまざまな概念が表わす作用は神経回路網の具体的な高度
化によって達成される、と考えているのですね。

園丁 はい。構想にすぎませんが、そのように考えます。生物の進化は、要素となる分子
とその生化学的働きから身体器官とその連合的働きまで、既存の物質の変異を活用して
新しい機構をつくりだしてきました。神経系でも神経回路の変異型がつぎつぎに追加形
成されて、高度の認識作用が生じたと考えます。たとえば、感覚表象を概念化する回路、

概念を含む広い意味の表象を操作する回路、判断を遂行する回路、……というふうに積みあがっていったのだと想像します。脳神経系は、認識で要素的な働きをする神経回路の部分系を有機的に組み立ててできているのではないのでしょうか？。

『脳科学の教科書 神経編』に従って、もう少し補足してみましよう。運動を制御するしくみにも、大枠からはじまってだんだんと具体的な細部へつながっていくメカニズムがあるとして、そのプロセスを、① 大まかに考える構想のレベル、② より具体的に計画を立てるレベル、③ うまく実行に移すレベルの三段階に分けています。神経系で主に担当する部位を書き入れながら、プロセスが、連結と進行の手順を示すフローチャートのような図式で表現されています（大脳皮質連合野が小脳や大脳皮質一次運動野や周辺部位と情報のやりとりをして、構想し、計画し、次には、大脳皮質一次運動野が小脳とやりとりしながら脊髄へ実行可能な情報として送り出し、脊髄で処理された指令が筋肉に到達するのです。それぞれの部位で大脳皮質体性感覚野からの情報が調整に利用されるのは言うまでもありません）。この大局図は、ふたたび基本神経回路図に似て、情報変換の手続き、あるいは、論理演算の概略を表現しています。

今の話と人間の脳神経系の詳細図の複雑さは、神経系が階層的で複合的に構成されているという見方を支持します。また、僕たちのしている思考をいろいろ反省してみると、

一般に、大小の認識が感覚から運動までを制御するしくみに類似した段階をたどることに思い当たります。僕たちの精神作用は神経系の機構に従って進行するのです。そこから、構想・立案・実行計画……といったさまざまな理性の作用が生じるのです。

莊周 しかし、構想・立案・実行計画に対応する神経系のしくみの観察は進んでいず、まだよく分かっていないのではないですか？。

園丁 そうですね。言葉の上でも抽象的な高次の認識については、対象を知覚したあと、分析・総合し、判断し、……といった高次の認識が具体的にどう遂行されているかということとははっきりしているわけではありません。認識という言葉で連想されるさまざまな精神作用を、神経系の機構として考えなければならぬのですが、神経科学はまだまだそこまでの段階にありません。

園丁 さて、思考はいくつかの認識要素をとり集めてなんらかの論理系を組み立てる作業ですから、そこではそれらの要素の記憶が重要になります。『脳科学の教科書 神経編』の第五章は、その記憶をとりあげ、神経系の可塑性と結びつけて書いています。記憶の種類を分類して、それらを脳のどの部位が受けもっているかが表にしています。脳に海馬という部位があることは今ではよく知られていますが、内容を言葉で説明すること

ができるような宣言的記憶は主に海馬が担っていることがはっきりしてきました。そのうち、昨日だれと会って何をしたというような記憶はエピソード記憶と呼ばれ、「イチゴは赤い」というような記憶は意味記憶と呼ばれます。僕たちの議論にとつては、意味記憶の方が重要でしょう。その表のところでは、「多くのエピソード記憶から事実を抽出して一般的事実として記憶する」というふうに記憶として論じられています。認識という観点からすると、すでに体験・学習の段階で対象の区別や特徴の分類などの分節を行なって論理系をつくろうとしているのではないのでしょうか。「イチゴ」や「赤い」や「一般的事実」も、概念を「抽出」することによって認識されるのです。神経系で遂行されている情報の変換が何度も行なわれることによって、その神経回路が強化され、概念が形成されて宣言的記憶が構成される、と僕は想像します。こういった包括的なしくみから悟性が生じるのではないのでしょうか？。

今、漠然と神経回路の強化と言いましたが、学習や記憶のためには、なんらかのやり方で神経回路が修正補強できるのでなくてはいけません。それが脳の可塑性という言葉です。昔、ロンドンのタクシー運転手の海馬は大きいという記事が新聞に出ました。僕はそれを記憶しています。

莊周 わたしの眠気を覚ますためにエピソードを挿入しましたね。その話はわたしも聞い

たことがあります。

園丁 海馬の研究で、シナプスの信号伝達に変化することが分かって、可塑的な部分はシナプスだろうということになりました。それが今では、物質のレヴェルで変化していることが明らかになっています。マウスの海馬内の神経回路についてくわしく調べられているようです。シナプスの働きの変化は、タンパク質の化学的変化として起こるのです。可塑性の研究はしだいにいろいろなことを明らかにしてきているのです。顕微鏡で観察できるような神経細胞の変化も見つかっています。樹状突起が伸びたり縮んだり、シナプスの受け手側の樹状突起にとげが生え出たり、軸索から新しいシナプスができたりすることが見つかったりしています。海馬の歯状回という場所で神経細胞が新しくできる事まで確認されたそうです。

莊周 成長中の神経回路の強化は、君が初めの方で触れましたが、歳をとっても神経細胞が新しくできるという話は、わたしのような老人を元気づけてくれます。

園丁 神経細胞を増やし、軸索を伸ばして探索し、信号を受けとる樹状突起をアンテナのように広げて、神経回路網を張りめぐらせて、僕という人間ができた、と言われると感慨を抱かずにはおれませんね。どうも、それほどの作品にならなかったですが。

＊

莊周 その感慨を語って、今日の問答を終わりにするのですか？。君が表題に掲げた課題「脳神経系はどのようにして認識を遂行するのか」は、十分解明されたとは思えません。

園丁 ご指摘の通りです。神経科学が認識をそこまで具体的に明らかにしていないので、僕にはこの程度の理解にしか至れませんでした。

しかし、見てきたように、生物学と神経科学は、二十世紀前半までの哲学者が知らなかった精神作用の物理化学的な基礎をたくさん明らかにしてきたのです。現在の研究段階でも、人間の認識は脳神経系の働きによって遂行されると結論できます。

莊周 そういう言い方は間が抜けて聞こえますよ。君の科学的認識の立場からは、あれこれ言わずにそう宣言する方がよくはないですか。

園丁 そうですか？。あなたは大胆なことを唆しますね。それでは、今日議論してきたことに基づき、前回触れたことと重なりますが、認識論の問題として次のことを強調しましょう。

カントは、「われわれは、自身の主観をこの主観がそれ自体であるところのものに従

って認識するのではなくて、これを現象としてのみ認識するのだ」と言いました。ところが、今や人間は、主観をつくり出す神経系という物質的現象に科学的に迫ろうとしているのです。その知見によれば、神経回路系は関係や分量を活用するように情報を整えて伝達し、生体細胞あるいは神経系はモノの性質や様態を識別します。だから、神経系を運用する主観は分量・性質・関係・様態といったカテゴリー分けができ、実在する物質の現象の側にも同型のカテゴリーがある、と言うことが許されると思います。

それから、僕たちの対話は図を利用していないので説明がむずかしいですが、神経回路の経路と働きを示す図は、厳密ではないけれども、情報の変換の手続き、つまり論理の形式や手順を表現しているのです。知らないのに気どって言えば、神経回路図はラッセルたちの数理論理学の略図と見なすことができます。生きている人間の神経系には論理学が具わっているのです。それを、カントは先験的論理学と呼んだのです。簡単に言えば、悟性は神経系に具わる論理学を運用する能力ということになるでしょう。

弁証法的唯物論者の三浦さんは、カントを「先天的」なカテゴリーや悟性の形式をうんぬんする観念論者ときめつけましたが、認識を実行する物質のシステムを具体的に観察すれば、カントの認識論はむしろ唯物論的なものと判ります。

莊周 強気の発言に転じましたね。カントの認識論を支える物質的基盤があるという結論

です。しかし、君の議論はほかの人の批判を俟たなければなりません。
園丁 莊周さん、僕はあなたにそれを期待しているのですが。

二〇一七年、八月

