

# 心と脳の進化

網 野 ゆき子

## 序

進化の過程で、心はいつ、どこで生じたのか。ヒト以外の動物の心や意識はいかなるものなのか。これらに関して近年、比較認知科学や進化心理学の分野で研究が進展している。ヒトの身体的特徴が進化の産物であり、同様に、心も意識も進化の結果であるならば、心や意識はどのように進化したのか。果たして、他の動物には自己認知や他者認知があるのか。本稿では、心と意識の進化を脳機構と関連させて考察を試みた。次ぎの三点を中心に論じていく。

- ( i ) 霊長類、特にヒトで脳が増大した進化的要因は何か。
- ( ii ) 霊長類の動物の自己認知・他者認知はどのようにされているか。
- ( iii ) 高次認知機能を担う意識と脳機構はいかに関与するのか。

## 1 章 進化と脳が増大

我々ヒト (Homo sapience) は、優れた知能を持ち、文明を築き、科学を発達させてきた。極めて複雑な社会の中で、自己意識のみならず他者の心や意図を読み取り、日々行動している。このような心や意識は、いつ、どのようにして生まれたのか。果たして、他の動物にも自己意識や他者意識があるのか。このような心や意識に関する進化研究は進化心理学と呼ばれ、1980年代後半より欧米や日本で数多くの研究が行われてきた。これらの研究はヒト

の身体的特徴が、進化によって形成されたと同様に、心や意識も自然淘汰の結果であるという認識に立っており、心と意識の進化過程の解明を目指すもので、動物行動学や行動生態学などの分野の研究も合わせて、心や意識、更には知性の進化を促す要因が何だったのかを探求している。一方で、進化心理学は、最近の脳科学の発展、特に脳の神経生理学的知見もとり入れ、心や意識などの高次認知作用に関与する大脳部位はどこか、心的過程と脳部位の関連を解明しようとしている。

果たして、心はいつ、どこで発生したのか。ヒトの系譜を遡っていくと、類人猿、更に絶滅した霊長類の祖先の動物、哺乳類、爬虫類、両生類、魚類、そして単細胞生物へと行き着く。原始的な単細胞生物に心があったのか。心を生み出す基盤は脳であるため、神経系のない単細胞生物に心があったと考えることは難しい。となると魚類、両生類、爬虫類に心があったのか。哺乳類になって初めて心が生じたのだろうか。あるいは、心はヒトに固有な特性なのか。心が脳機構によって生み出されるのであれば、心の起源を探るために脳の進化を解明することは極めて重要であると言える。ここに現存する動物の脳や、その進化の過程を解明する意義が生じてくる。実際は、霊長類の祖先の動物が絶滅しているために、進化の過程が一つ脱落するのであるが。ヒト以外の霊長類の動物や、哺乳類、爬虫類、魚類の脳を比較し、構造や機能の起源と進化を明らかにしようとする方法が「系統分析」<sup>(1)</sup>と呼ばれる方法である。

しかしながら、我々は、ヒトが頂点となる「scala naturae」(自然の階段)と呼ばれる動物観に強い影響を受けてきた。この「scala naturae」の意味する動物観は、ヒトが際立った知性と言語能力を持つが故に、他の動物に比べて優秀な種であり、魚類や両生類は劣っており、あらゆる種は認知能力の劣った種から徐々に優れた種へと進化を続け、最終的にヒトがその頂点に立った。つまり、進化を下等動物から高等動物への直線的な階段とみなす考えである<sup>(2)</sup>。この「scala naturae」(自然の階段)の動物観を痛烈に批判したのが、前述した系統分析を提唱したホドス(W. Hodos)らである。ホドスらは、動物は数十億年かけて多様に分岐して、それぞれが生息環境の中

で適応しつつ、分散的かつ独立的に進化したと考えたのである。地球上のさまざまな気象地理的状况の中で、長い年月をかけて醸成された多様な文化と同じように、動物の種に優劣はなく、種の多様性は進化の結果であり、進化は直線的なプロセスではないことを指摘した<sup>(3)</sup>。すべての動物の種が、同時並列的に枝分かれし、進化を続け、その進化の枝に哺乳類が出現し、更に、心や理性、言語を持つヒトが出現したのである。

高次の認知能力を持つヒトの脳を過去に遡り、進化の過程を明らかにしようとする試みは、霊長類の祖先の動物が絶滅しているため、極めて困難な仕事であると言える。わずかに残った化石からは、脳の柔らかい組織は全く残っていないため、頭骸骨の形から、中に入っていた組織の容量や全体的な形状を推測することしかできない。脳組織や伝達物質、神経回路やその機能に関しては、推測すら不可能である。このために、先に述べたように、同時並列的な進化をとげて現存する魚類、両生類、爬虫類、哺乳類を比較分析する系統分析により、脳の構造および機能の起源と進化を明らかにしようとする方法がとられたのである。

魚類、両生類、爬虫類、哺乳類の脳を系統分析により比較してみると、ヒトの脳は全体的な構造においては他の哺乳動物と類似しており、更に、魚類、両生類、爬虫類とも極めて似ている。つまり、魚類、両生類、爬虫類、哺乳類の脳の先端には、嗅覚と呼ばれる臭いを感知する脳がある。次に、大脳(魚類、両生類、爬虫類ではサイズが小さい為に、終脳と呼ばれている)、間脳、中脳、後脳があり、その先に延髄、脊髄が位置している。全体的な構造が類似しているものの、魚類、両生類、爬虫類では、体積に比して脳は極めて小さい。逆に、哺乳類の脳は極めて大きい<sup>(4)</sup>。何故、哺乳類の脳は大きいのか。進化の過程で哺乳類の脳が増大した理由は何か。

哺乳類の脳増大に関して、多くの研究者は、爬虫類から哺乳類に進化する直前に、大脳に新皮質が作られ、哺乳類の時代に新皮質が増大していったと考えている。新皮質は厚さ3ミリ程の薄い膜で、哺乳類では脳の外側を覆い、深いシワを作っている。哺乳類では、新皮質の神経細胞の増大により、感覚器官からの情報は脳により早く伝達されるようになった。哺乳類の中

でも、更に、霊長類の動物は同じ体積の哺乳類の動物に比べて脳が大きく、特に、ヒトの脳は極めて大きい。つまりヒトも含め霊長類で極めて良く発達したのがこの新皮質である。脳全体に占める新皮質の体積の割合は、ニホンザルなどの真猿類では70%、ヒトでは80%であり、他方、原始的な食虫類ではわずか10%～15%にすぎない<sup>(5)</sup>。我々ヒトではこの大脳新皮質が高次の認知や思考、言語、判断などを行い、精神活動を営む中心的な脳領域となっている。つまり、ヒトでは新皮質の増大により、高次の認知活動が可能となったと言える。哺乳類の中で、何故、霊長類の脳が増大して行ったのか。霊長類の中でもヒトの脳は、何故、更に飛躍的に増大したのか。大脳新皮質の増大の進化的動機は何だったのか。

まず、霊長類の脳が増大であるが、果実を採るという食物獲得の為に、長年考えられてきた。草や葉に比べ、果実は獲得する上で制限があり、果実に依存する霊長類の動物は、果実の木の場所や実のなる時期、熟す時期などの記憶や予測が生存上必要不可欠であった。一年のいかなる時期に、どの場所にいかなる果実があるかを熟知する為に、新皮質を増やし、脳が増大したと捉える説である。確かに、霊長類の種間で、果実への依存度の高い種ほど、体重に比しての相対脳重量が大きい傾向がみられる<sup>(6)</sup>。

しかし、近年、霊長類の脳増大に関して、バーン (R. Byrne) らは、社会的情報収集の必要性から脳が増大したと考えた<sup>(7)</sup>。これは「社会脳仮説」と呼ばれ、群れで生息する霊長類の動物にとって、仲間意識や社会関係を認知する能力は生活する上で不可欠であり、このような社会的認知能力が脳の増大の進化的動機であるとみなすもので、比較認知科学や進化心理学で注目されている理論である。霊長類は恒常的に群れで生活するため、固定的なメンバーが行動を共にするに伴い、群れの内部の個体間の競争が生じる。個体同士の利害関係や上下関係も含め、仲間意識を強め捕食者から身を防衛したり、食物に関する情報を伝え合ったりする必要が生じる。このような動物の群れの内部情報を得るために、脳の中に新皮質が増大したとバーンらは考えたのである。

この「社会脳仮説」を裏付けるものとして、群れの大きさの異なる霊長類

の動物の脳に占める新皮質の比率を調べた研究がある。進化心理学者のダンバー（R. I. M. Dunbar）が行った研究で、大きい群れで生活する動物ほど、新皮質の占める比率が高いことが明らかになり、群れの大きさと新皮質の占める比率が相関関係にあることが立証された<sup>(8)</sup>。つまり、大きい群れで仲間の数が増すにしたがい、仲間に関する情報量が増加するため、情報処理を担う新皮質が増大したとダンバーは考えたのである。

群れの大きさと新皮質の増大がうながされたとなると、ヒトの脳新皮質の増大も社会集団が大きくなり、複雑な社会生活や人間関係を処理する必要性が、その根源的要因と言えよう。ヒトの集団での他者意識や高次の思考、判断を担う脳新皮質の機能を考察する前に、霊長類の動物の自己認知と他者認知はどのようになされているのか。次章では霊長類の動物の社会的認知の形態を考察する。

## 2章 霊長類の社会的認知

前章では、霊長類の脳の増大、特に脳新皮質の増大は複雑な群れで生息する動物の情報収集が進化的動機であったことを論じた。果たして霊長類の動物は群れの中で、自己認知や他者認知をどのように行っているのだろうか。本章では、自己認知や他者認知もふくめ霊長類の社会的認知の形態を比較分析する。

多くの動物は群れで生活し、安定した群れを維持するために、常に群れの中での自己の地位を認識し、仲間に配慮しつつ行動している。群れで生き延びる時の情報源、特に自己意識や他者認知は極めて重要な役割りを果たしている。ヒト以外の霊長類の動物には自己意識があるのだろうか。また、他者意識はいかなる形態なのか。

プリマック（D. Premack）とウッドラフ（G. Woodruff）は、自己および他者の心情や意図、知識、思考、好み、憶測などが理解できることを、「心の理論」と呼んだ<sup>(9)</sup>。現在、心の理論に関しては、ヒト以外の動物にも心の理論があるかをめぐり、多様な動物を用いた実験が行われている。比較認知科学や進化心理学の分野のみならず、ヒトの幼児の社会性、他者認知の発達

過程を研究する発達心理学，および障害児研究まで心の理論は広い分野で研究されている。

## 2 - 1 自己認知

霊長類の動物では自己認知はどのようになされているのか。これに関して最も多く実験されてきたのが，鏡に映った自己の姿を自己と認識できるか否かの研究である。最初にこの実験を行ったのはギャラップ（G. G. Gallup）である<sup>(10)</sup>。彼は子どものチンパンジーのグループと数種のサルに鏡に映った自己の姿を見せ，反応を調べた。実験を開始した時は，チンパンジーもサルも鏡に映った自分の姿に向かって，別の個体がいると錯覚し，盛んに威嚇もしくは泣きっ面を示した。しかし，2日経過すると，チンパンジーのグループは自己の姿と認識し始め，威嚇を止めた。しかも，鏡を使わなければ見えない部分を調べ始めた。更に，チンパンジーに麻酔をかけた後，ひたいにマークをつけ，麻酔から覚めた後，鏡の中のマークが確認できるかを調べるマークテストを行った。結果は，麻酔から覚めたチンパンジーはひたいについたマークをさわって，鏡で確認し始めたのである。しかし，鏡の経験のないチンパンジーのグループはマークをさわることにはしなかった。つまり，マークテストの前の鏡の経験の有無により結果が異なり，鏡の中の自己認知の経験のないチンパンジーは，ひたいのマークをさわることにはしなかった。鏡による自己認知の経験により，自己指向的反応が示されたことになる<sup>(11)</sup>。

ギャラップの研究以来，動物の鏡による自己認知実験が数多く行われた。これらの実験から，チンパンジー，ボノボ，オラウータンなどの大型類人猿は鏡による自己認知がなされることが判明した。例外はゴリラであった。何故，ゴリラだけが鏡に映った自己の姿が認知できないのか。大型類人猿の系統学的近縁性から考えれば，大型類人猿とヒトとの共通祖先は，鏡に映る自己の姿の認知が可能だったと推測できる。とすると，ゴリラだけに自己認知を阻んでいる要因は何なのか。何組かの研究班がゴリラの鏡による自己認知実験を行ったが，ゴリラの自己認知は明確には示されなかった。一般に，ゴリラは鏡に対する反応性が低い傾向にあり，これが自己認知できない要因の一つと考えられた。大型類人猿以外のサルではどのような反応があったの

か。マカクザルを使った実験が行われたが、厳密な意味で鏡の中の自己認知がなされたという立証には至っていない<sup>(12)</sup>。マカクザルは自己認知が不可能となると、ここに浮上するのが、鏡に映った自己を認知する能力は大型類人猿に限られるのかの問題である。

実は、類人猿とは系統的に異なるイルカに、鏡による自己認知能力があることがいくつか報告されている。しかし、イルカは驚くべき知能を持っており、たとえば、音声や動作を模倣することができ、しかも人工言語のようなシンボルを理解して行動することもできる。したがって、類人猿とは系統的に異なるが、高い知能を持つイルカに鏡による自己認知が可能であることも驚くべきことではない。自然界のなかで生息する動物が鏡に映った自己の姿を見る機会はほとんどなく、自然淘汰による能力とは到底考えられない。したがって鏡による自己認知能力は知的機能の進化に伴って発達した一般的認知能力の一部であると考えられる<sup>(13)</sup>。

## 2 - 2 他者認知

次に、霊長類の動物の他者認知を考えてみたい。我々ヒトは、複雑な社会の中で、他者の心情、思考、意図を推測し、時には他者と同一の時空間にいない場合でも、空想したり推測することができる種である。ヒト以外の霊長類の動物の他者認知はどのようになされるのか。

霊長類の動物の他者認知という知覚の中で、恐らく最も重要でかつ基本的な機能の一つは、他者の視点を認知することであろう（視点取得もしくは共同注視と呼ばれている）<sup>14</sup>。他者が何を見ているのかを見抜く能力であり、他者の意図を知り、他者の次の行動を察知する重要な鍵となる。つまり、他者の視線の焦点を知ることは、生存競争の中で必要不可欠な予知行動なのである。果たして、ヒト以外の霊長類の動物は、他者の視線をどのように認識しているのだろうか。

霊長類の動物の他者の視点認識に関する実験は1995年、アンダーソン（J. R. Anderson）らの行なったフサオマキザルの視線の移動に関する研究に始まった。以来、同様の研究が欧米でも日本でも試みられている。日本では、

板倉が1996年、霊長類に属する11種の動物の自然な視線追従反応を調べた。オラウータンとチンパンジー、原猿類2種、オマキザルもふくむ新世界ザル3種、それにマカクザル4種を対象にした。方法は、飼育ケージの前に実験者が立ち、被験者である霊長類の動物と視線を合わせた後に、実験者は動物の右後方または左後方を見る。この時に、実験者が頭と目のみを向ける場合と、指さしも加える場合と二つの状況を設定した。動物が、実験者の示す方向に反応して、視線を移す動作が測定された。結果は、類人猿以外のサルは、実験者が頭と目だけを動かす状況では、何ら反応を示さなかった。しかし、実験者が頭と目を何回も動かすとオラウータンでは70%、チンパンジーでは20%が反応して、視線を動かす動作がみられた。指さしも加える状況では、類人猿以外のサルは、何の反応も示さなかったが、オラウータンでは100%、チンパンジーでは70%の反応がみられた。これらの実験結果から、類人猿とその他のサルの反応に極めて大きい差異があることが判明した。つまり、類人猿では、ヒトの視線や指さし等に敏感に反応するが、類人猿以外のサルにはこのような反応はみられなかった<sup>(15)</sup>。

このような類人猿以外のサルの反応の鈍さは、ヒトの視線や指さし刺激に起因するものであり、仲間のサルの視線には敏感に反応するのではないかと考えたエメリー（N. J. Emery）の研究班は、アカゲザル同士の視線の認識を調べた。結果は、アカゲザルは他個体の見る方向を自発的に見たのである<sup>(16)</sup>。

板倉は、更にフサオマキザルとチンパンジー、オラウータン、そしてヒトの幼児（18～24ヶ月齢）を対象にして、視線の移動により物体を選べるか否かを調べた。物体を人差し指でたたく、物体を指さず、物体に顔を近づけて見る、顔の向きを変えながら物体を注目する、顔は正面を向きつつ目だけ物体に注目するという5つの状況を設定し、正しく物体を選ぶことができるか否かを測定した。結果は、チンパンジーもオラウータンもヒトの幼児も、5つの状況でいずれも物体を正しく選択してつかむことができた<sup>(17)</sup>。

欧米でも数多くの動物実験が行われたが、一般的に霊長類の多くの動物は、他個体の視線の方向や、注目している物体、および目に入る光景を認識



し、敏感に反応を示すことが報告されている。このことから現在の霊長類の動物の祖先には、仲間の目の視線を認知する能力が備わっていたと推測できる<sup>(18)</sup>。

次に、他者の知識に関しての洞察力である。霊長類の動物は群れの他のメンバーが何を知っているのか、どのような意図があるのかを見抜く能力があるのだろうか。他者の知識や意図を探ることも、心の理論の一つのテーゼである。ヒトの間で駆け引きや欺きという行為は、日常頻繁に生じている。駆け引きは、相手の行動を予測し、自分に有利になるように処置する行為であり、欺きも相手に偽りの情報を与えて、相手を攪乱する行為である。駆け引きや欺きには、高度の知能や認知能力が働いているが、ヒト以外の霊長類の動物にもこのような行為があるのだろうか。

チンパンジーに駆け引きや欺きの心理があることを最初に立証したのはメンゼル (E. W. Menzel) である。彼はチンパンジーのグループの間での欺く心理を調べるため、一頭のチンパンジーにのみ餌の隠し場所を教えた。餌の隠し場所を教えられたチンパンジーは、仲間を引き連れて餌の場所へ行き、最初は、皆平等に餌を分け合って食べていた。しかし、仲間の中の一頭の強いチンパンジーが、次第に餌を独占するようになった為、餌の場所を教えられたチンパンジーは餌を独占されないようにと、さまざまな欺き行動を行ったのである。つまり、一頭の強いチンパンジーの心理を攪乱させるために、餌の場所以外や、餌から遠く離れた場所に強いチンパンジーを誘導した。しかし、相手を完全に欺くことができず、逆に一頭の強いチンパンジーは、相手の欺き行為までも察知し、相手を監視するに至ったのである<sup>(19)</sup>。この実験では、相手をだます心理そのものも見破られてしまったのである。

チンパンジーの欺き行為に関しては、松沢も 8 歳になったチンパンジーのアイが学習室のコンピュータの前で、正答のときに出てくるほうびの食べ物が、実際は出ているのに、出ていないふりをして、二回も松沢をだましたことを報告している<sup>(20)</sup>。この報告で興味深いのは、松沢をだまそうとしたことが発覚した後、チンパンジーのアイは、松沢が顔をのぞきこむと、視線をそらして、まばたきをし、実にバツの悪い表情をしたくだりである。嘘をつ

いていることが明らかになった時、相手の視線に耐えられずに視線をそらす心理は、ヒトに極めて似たものであり、欺きといい、発覚した後の心理も、ヒトに酷似している。この外にも、野外のチンパンジーの観察から、相手をだます欺き行為がいくつか報告されており、相手に感知して欲しくない重要な情報（餌のありか等）を隠したり、虚偽の情報を与えて相手を攪乱させる行為や、逆に、相手の欺き行為を察知し、自分に有利な行動にでる等、高度の知能を働かせる行動があることが報告されている。チンパンジーには、このように相手の意図を把握し、相手の心を攪乱させる、もしくは欺くという心的操作があることが判明したが、我々ヒトの認知といかなる点で異なるのか。

ヒトの幼児の認知課題として考案・改良されたものに誤信念課題がある。これは、1978年にデネット（D. C. Dennet）がチンパンジーが別の個体の心を理解することができるか否かを調べる課題として考案したものである。その後、ウィマー（H. Wimmer）とパーナー（J. Perner）が改良して、ヒトの幼児（健常児も障害児も含め）の認知能力を測定する手段となった<sup>(21)</sup>。現在、多くの心理学者や動物行動学者がこの課題を用いて実験を試みている。この誤信念課題は、男の子が好きなチョコレートを手元の引き出しに入れて出かける。留守中に、母親がチョコレートを手元の引き出しから台所の食器棚に移す。遊びから帰った男の子はチョコレートをどこに探すかの問いである。

4歳以上の幼児は正しく答えることが可能であるが、3歳以下では正答は不可能である。しかし、チンパンジーも含め霊長類の動物では、年齢に関わりなくこの課題に正しく答えることはできず、ヒトとヒト以外の霊長類の動物の認知能力に決定的な差異が存在することを示唆している<sup>(22)</sup>。一方、ヒトでも自閉症児はこの課題に正しく答えることができない。自閉症児は中枢神経機能の成熟が遅れることにより、言語、認知機能に基本的な障害を持っている。パターン化したものの記憶は得意であるが、誤信念課題のような場面に合った判断や行動がとれない等の認知的な障害を呈す。つまり、自閉症児では柔軟性を持って物事に対処することができない<sup>(23)</sup>。1章で論じたよ

うに、進化心理学では相手の心を読み取り、環境への適応がしやすい種ほど、生き残りやすいと考えられている。進化の過程で、このような他者を意識する心的モジュールが発達したと考えられているが、自閉症児ではこのモジュールが欠損もしくは未発達なため、言語、認知、社会性、情緒などに障害がみられるのである。

4歳以上のヒトの子どもが解ける課題を、何故、チンパンジーは答えることができないのか。多角的な問題処理に、チンパンジーがつかずくのは何故か。チンパンジーの感覚や認知機能をヒトと比較すると、色覚はヒトとほぼ同じであり、ヒトに普遍的にみられる色彩分類能力がチンパンジーにもみられる<sup>(24)</sup>。また、両眼視力は1.5で、複合幾何学図形の知覚、記憶では、ヒトを上回る図形の再構築能力を持っている。このことから、複合幾何学図形に関しては、チンパンジーの短期記憶の再生能力がヒトと差異がないことが示唆される<sup>(25)</sup>。チンパンジーの長期記憶に関しては、系統的な研究は行われていない。しかし、誤信念課題にみられたように、チンパンジーには、状況変化に対する正しい判断を導く思考能力は発達しなかったと考えられる。

したがって複雑な状況下での問題解決や推論能力は、ヒトの進化の過程で発達したものと言えよう。脳機構の中で、思考、推論、計算、判断など高次の認知機能と関わる意識とは何か。最終章では、ヒトに固有の高次のレベルの情報処理機構を担う意識と脳機構を考察する。

### 3章 意識と脳機構

我々ヒトの高次認知機能に關する意識と脳機構はどのような関係なのか。思考もふくめ、高次の認知機能は進化の結果、生じたものであり、群れの内部情報収集の必要性から、社会的認知が発達し、脳、特に大脳新皮質が増大したことは、1章2章で論じた。本章では、思考・推論などヒト固有の認知能力とその背景にある意識と脳機構を考察していく。

拙稿「言語情報処理と認知脳科学」で意識について論じたが、まず、意識とは何か。一見捉えどころのない意識を解明しようとする試みは1970年代より始まり、近年「意識科学」という新しい学問領域が生まれた。1999年5月、

東京の国連大学で「脳と意識に関する国際会議」が開かれ、永遠の哲学的課題と思われたヒトの意識が科学研究の対象となり、さまざまな研究成果が論議された。大きい流れの一つは、意識と脳を別個に捉えたデカルトの心身二元論とは異なり、意識と脳を一元的にとらえ、心的現象を脳現象とみなすアプローチである<sup>(26)</sup>。つまり、意識が形成される基盤は脳内過程にあり、意識を脳内のニューロン間の相互作用と捉える神経科学的アプローチである。果たして、意識はどこに生じ、どのような作用なのか。脳の機能地図の中で、意識の働く領域を特定することは可能か。これらをめぐる論争の歴史も極めて長い<sup>(27)</sup>。

意識と脳領域の関係を考える上で、重要なことは、意識は多くの要素的単位に分けられ、この要素的単位は更に細分化される点である。一般的に、この要素的単位はモジュール (module) と呼ばれ、多数のモジュールが集合して持つ性質がモジュラリティー (modularity) である。つまり、意識は多くのモジュールが集まったものであり、モジュラリティーを持っていると言える。脳も多数の機能的単位が集まったものである<sup>(28)</sup>。大脳新皮質は大きく四つの脳葉 (前頭葉、側頭葉、頭頂葉、後頭葉) に分けられ、更に、機能と構造の特徴から多数の領域に区画される。四つの脳葉には、それぞれ高次の働きをする連合野 (前頭連合野、側頭連合野、頭頂連合野、後頭連合野) と、低次の連合野 (第一次感覚野や運動野) がある。端的に言えば、多重構造である脳は膨大な数の要素的単位で作られ、分業と統合が繰り返されている。ここから、意識を脳の特定の部位と結び付ける試みがなされた。つまり、意識のモジュールに対応した脳内モジュールがあるという予測である<sup>(29)</sup>。

我々ヒトの意識に関して、芋阪は意識が三階層から成ると考えた。覚醒 (arousal)、アウェアネス (awareness) と自己意識 (self-consciousness) である。第一の階層である覚醒は基盤となる生物的意识である。無意識の状態から覚醒状態を導くには、脳の活性化が必要である。どの領域が活性化するかに関し、従来から言われているのは、脳幹網様体、両側の視床髄板内核やコリン作動系で、これらは新皮質よりさらに深いところに位置する神経組

織である。第二の階層は、アウェアネスで中間レベルの知覚、運動的意識である。五感による能動的な知覚過程や運動過程にある意識状態であり、感覚器官で刺激を受け、それらを統合して整合的な意識や行動に導く。覚醒状態に導く脳領域が新皮質より深い神経組織であったが、アウェアネスの意識の内容処理に機能する領域は新皮質であると一般には考えられている。芋阪は、第三の階層の意識をリカーシブな意識と考えた。我々ヒトは、自分の意識を意識することができる種であり、この意識は自己に向かう再帰的な性質を持っている。リカーシブな意識は、自己モニター的な働きをしており、思考はヒトの持つ高次の情報処理形態である<sup>(30)</sup>。

リカーシブな意識は、ヒトではかなり早期に形成され始め、1歳6カ月位の幼児で、鏡に映った自己を認識することができる。ピアジェ（J. Piaget）の言う自己中心性から脱して、対人関係が理解できる3歳頃には、リカーシブな意識は十分に形成されていると考えられている<sup>(31)</sup>。リカーシブな意識は、意識の三階層の中でも、ヒトをヒトたらしめる特性を持っており、極めて重要な意識であるが、研究は最も遅れている領域である。

さて、脳内の膨大な量の情報処理に意識はどのように関わるのか。注目されているのがジョンソン・レアド（Johnson-Laird）の考えたモデルで、彼は、我々の知覚の下位階層では並列的なモジュールが機能し、無意識的に遂行されるが、階層が上がるにつれて徐々に直列性を帯びて意識化されると考えた。ヒトの身体には複数の感覚系があり、脳は分散的に処理しているが、意識過程に入るのは上部の階層の情報の集約、統合化される直列システムであると考えたのである<sup>(32)</sup>。

一方、バース（B. J. Baars）は、意識過程に入る認知神経的モデルとしてグローバルワークスペース（Global workspace）を考えた。この理論は、意識過程と無意識過程を神経生理学的に説明したものである。グローバルワークスペースとは、脳内では複数の分散的な感覚領域が、競合したり協調を繰り返しているが、これらは無意識的に処理されており、ここへスポットライトのように焦点が当てられると、視覚や聴覚は体性感覚へのスイッチ機能が働き、意識化される。焦点化とは、神経生理学的には情報が伝播する複

数の神経回路網が競合する中で、特定の神経活動が選択的に高揚する状態であり、感覚的な情報（視覚情報や聴覚情報など）が意識化される時、大脳新皮質の感覚投射領域が高揚する。一方、非感覚要素である思考や概念などの抽象的知識が意識化される時には、前頭連合野が高揚する。しかも、大脳新皮質の感覚投射領域が高揚すれば、視覚的情報や聴覚情報は外的にも内的（心的）にも活性化される。つまり、内的な視覚イメージでも、空間位置の定位に重要な役割を果たすこともできるのである。同様に、抽象的な概念は前頭連合野が高揚することにより、外的な発話のみならず内言も我々の思考に大きな役割を果たすことができる<sup>(33)</sup>。脳は基本的には分散的な器官であるが、バースは特定の部位の神経活動が選択的に高揚することにより、意識過程に入ると考えた。このように、バースの理論では、思考・概念などの抽象的知識の意識化と前頭連合野の関与が示唆された。

神経生理学的には意識過程に入る時、思考や概念など高次認知機能に関与する領域は前頭連合野であると考えられる研究者は多い。臨床医学的には、前頭連合野以外の脳部位の損傷では、意識活動が障害される例は観察されていない事実からも、高次認知機能を担う意識と前頭連合野は密接に関連している可能性は極めて高いと言える。前頭連合野は、大脳新皮質の前方に広がる連合野で、霊長類の中でも特に、ヒトで良く発達している。ヒトでは大脳皮質の中で、前頭連合野が占める割合は30%であり、アカゲザルやニホンザルでは12%、チンパンジーでは17%である。つまり、前頭連合野は、系統発生的にはヒトで最も発達した脳部位であり、大脳皮質の3割を占め、個体発生的には最も遅く成熟する脳部位である。ヒトとチンパンジーを分かつ脳構造の違い一つは、ヒトでは前頭連合野が良く発達し、拡大している点である<sup>(34)</sup>。

恐らくヒトがチンパンジーと分岐した後、500年から700万年経過する間に、連合野、その中でも特に前頭連合野が増大した。非連合野（第一次感覚野や運動野）はチンパンジーとヒトでは大きさはほぼ同じであるが、ヒトの前頭連合野はチンパンジーの三倍の大きさである<sup>(35)</sup>。この前頭連合野の機能であるが、その基本的な働きは、他の連合野の機能的単位であるモジュールにアクセスし、それらを選択し、統合する働きをしていると言える。つま

り、さまざまな意識を統括し、再現する連合野の中の連合野と考えられる。一般に、前頭連合野に損傷があっても、知覚、認知や運動に障害はみられない。しかし、幾通りかの解答がある場合、柔軟性をもって問題を解決することができない。つまり、前頭連合野に損傷があると予期せぬ出来事に対して、適切な行動が取れないなど、情報の組織化、統合化に障害がみられるのである<sup>(36)</sup>。

我々ヒトの認知活動の基盤をなす記憶システムであるワーキングメモリも、前頭連合野の機能の一つと考えられている。ワーキングメモリの概念を前頭連合野の機能と結び付けて説明したのは、ゴールドマン・ラキック（Goldman-Rakic）で、以来、その密接な関連を示唆する研究は多い。ワーキングメモリは我々の日常生活の中で、推論、判断、文章理解、暗算などの課題を遂行するために必要とされる情報を、一時的に保持し活性化させ処理する記憶システムで、認知活動の基礎過程をなす記憶システムである。貯蔵・保持される情報も状況の変化に伴い、時々刻々更新され、置き換えられ、消去されていく。情報の種類（空間情報や、非空間情報、言語情報）や情報処理の種類（保持、処理、操作）により前頭連合野のどの神経機構が機能するかに関しても、その詳細な研究が進展している。紙面の制約もあり詳細は省くが、ヒト固有の言語情報処理に関わるワーキングメモリと前頭連合野の関与も、多くのモデルが考案されている<sup>(37)</sup>。

1章で論じたように、霊長類における大脳新皮質の増大は、群れの内部での社会的認知がその進化的動機であった。ヒトは進化の過程で、複雑な群れでの情報交換のために、言語音声を発達させた。つまり、複雑な群れの内部で適切に行動するためには、音と意味を組み合わせた言語音声が必要となり、限られた音素から無限の概念を表現することが可能となったのである。具象的なものから、抽象的概念までも表現・伝達することのできる言語音声と音声器官の進化、これらを制御する脳機構は、他の動物と明確に区画できるヒト固有の特性である。ヒトは言語音声を進化させることによって、他の霊長類の動物には不可能であった大規模な集団を結びつける伝達媒体を獲得したのである。そして、この言語を情報処理する装置としての脳部位が精緻

化していった。霊長類の叫び声を制御する大脳部位と異なる事実を、ピンカー（S. Pinker）は次のように説明している。

「脳のなかで占める部位も、人間の言語に特有である。霊長類の叫び声は、大脳皮質ではなく、系統発生的にはそれより古い神経構造である脳幹と大脳辺縁系（おもに情動に関与する）が制御している。人間もすすり泣き、笑い声、うめき声、苦痛の叫びなどの言語以外の声は、皮質下の部分が制御する。……本来の言語は大脳皮質の主としてシルヴィウス裂溝周辺に位置する。」<sup>38)</sup>

恐らくヒトは、意味を持つ言語音声を制御するための神経回路を新たに脳内に進化・発展させ、言語により高次の思考・概念が構築できるようになった。これが、更に、大脳連合野を飛躍的に増大させていったのである。

## 結論

本稿では、心や意識の進化を脳の増大、特に大脳新皮質の増大と機能との関連で考察した。進化の歴史の中で、哺乳類の時代になり大脳新皮質が増大し、特に霊長類の動物では、大脳新皮質は飛躍的に増大拡大していった。大脳新皮質の増大の進化的要因は、群れの生活での情報を収集するためであり、群れが大きい動物程、大脳新皮質の占める比率が高い。ヒトでは、脳全体の8割が新皮質であり、この新皮質の中の前頭連合野が高次の認知や思考・判断・言語・推論を行っており、精神活動を営む中心的な脳領域へと進化したのである。前頭連合野は系統発生的にはヒトで最も発達した部位であり、個体発生的には最も遅く成熟する。つまり、ヒトはチンパンジーと分岐した後、500万年から700万年かけて、複雑な群れでの情報収集と情報交換のために、音と意味を組み合わせた言語音声をつくり、言語情報を制御する新しい神経回路を進化・発展させた。これが大脳新皮質、大脳連合野なかでも前頭連合野の飛躍的な増大につながったのである。

## 註

( 1 ) Butler, A. B., & W. Hodos (1996) *Comparative Vertebrate Neuro-*



*anatomy : Evolution and Adaption*. New York : Wiley-Liss

- ( 2 ) 清水透 (2000) 「心の進化と脳の進化」 渡辺茂 (編) 『心の比較認知科学』 京都 : ミネルヴァ書房。40 ~ 41頁。
- ( 3 ) 同書 40 ~ 41頁。
- ( 4 ) 藤田哲也 (2001) 「脳の進化」 乾敏郎・安西祐一郎 (編) 『認知発達と進化』 東京 : 岩波書店。181頁。
- ( 5 ) 澤口俊之・澤口京子 (2001) 「脳の進化」 松沢哲郎・長谷川寿一 (編) 『心の進化』 東京 : 岩波書店。58頁。
- ( 6 ) 長谷川寿一・長谷川真理子 (2002) 『進化と人間行動』 東京 : 東京大学出版会。92頁。
- ( 7 ) Byrne, R. & A. Whiten (eds.) (1988) *Machiavellian Intelligence*. Oxford : Oxford University Press.
- ( 8 ) Dunbar, R. I. M. (2001) 「言語の起源」 平石界・長谷川寿一 (訳) 『心の進化』 67 ~ 74頁。
- ( 9 ) Premack, D. & G. Woodruff (1978) Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Science*. 1. pp. 515 ~ 526.
- ( 10 ) Gallup, G. G. Jr. (1970) Chimpanzees : self-recognition. *Science*. 167. pp. 86 ~ 87.
- ( 11 ) 藤田和生 (1998) 『比較認知科学への招待』 京都 : ナカニシヤ出版。199頁。
- ( 12 ) 同書 202頁。
- ( 13 ) 同書 205頁。
- ( 14 ) 同書 181頁。
- ( 15 ) 板倉昭二 (1996) An exploratory study of gaze-monitoring in nonhumanprimates. 『心理学評論』 **38** . 174 ~ 180頁。
- ( 16 ) 藤田和生 『比較認知科学への招待』 182頁。
- ( 17 ) 板倉昭二 (1997) 「霊長類動物によるヒトの心の理解 ヒト以外の霊長類における心の理解」 『心理学評論』 **40** . 8 ~ 21頁。
- ( 18 ) 藤田和生 『比較認知科学への招待』 183頁。

- (19) 同書 176～177頁。
- (20) 松沢哲郎 (1993) 『チンパンジーから見た世界』 東京：東京大学出版会。184～186頁。
- (21) Wimmer, H. & J. Perner (1983) Beliefs about beliefs : representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding deception. *Cognition*. 13. pp. 103～128.
- (22) 山本淳一 (2000) 「自閉症児のコミュニケーション」久保田競 (編) 『ことばの障害と脳のはたらき』 京都：ミネルヴァ書房。41～45頁。
- (23) 藤田和生 『比較認知科学への招待』 180頁。
- (24) 松沢哲郎 『チンパンジーから見た世界』 52頁。
- (25) 同書 64頁。
- (26) 網野ゆき子 (2001) 「言語情報処理と認知脳科学」 恵泉女学園大学英米文化学科 (編) 『英米文化の光と陰』 東京：彩流社。176～178頁。
- (27) 同書 177～178頁。
- (28) ガードナーの多重知能理論，およびフォダーの心のモジュラリティーなども脳機能を要素単位と捉えている。
- (29) 澤口俊之 (1999) 「意識とは何か」 宮下保司・下條信輔 (編) 『脳から心へ』 東京：岩波書店。127～128頁。
- (30) 苧阪直行 (1997) 「脳と意識」 苧阪直行 (編) 『脳と意識』 東京：朝倉書店。5～9頁。
- (31) 澤口俊之 (1997) 「自己意識の問題」 『脳と意識』 242～244頁。
- (32) Johnson-Laird, P. N. (1983) *Mental Model*. New York : Cambridge University Press. 『メンタルモデル』 (1988) 海保博之 (監修) AIUEO (訳)。東京産業出版。542～552頁。
- (33) バーナード・B・パース (2000) 苧阪直行 (訳) 「グローバルワークスペース理論の神経モデルー意識の認知神経学」 苧阪直行 (編) 『意識の認知科学』 東京：共立出版。24～31頁。
- (34) 澤口俊之 (1999) 「意識とは何か」 『脳から心へ』 129～130頁。
- (35) 澤口俊之 (1997) 「自己意識の問題」 『脳と意識』 228頁。

- (36) 船橋新太郎 (2000) 「ワーキングメモリの神経機構と前頭連合野」 芋阪 直行 (編著) 『脳とワーキングメモリ』 京都: 京都大学学術出版会。33 頁。
- (37) Goldman-Rakic, P. S. (1987) Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. F. Plum (ed.) *Handbook of Physiology*. Bethesda: American Physiological Society. pp. 373 ~ 417.
- Goldman-Rakic, P. S. (1994) The issue of memory in the study of prefrontal functions. A. M. Thierry, J. Glowinski, P. S. Goldman-Rakic, & Y. Christen (eds.) *Motor and Cognitive Function of the Prefrontal Cortex*. Berlin: Springer-Verlag. pp. 112 ~ 121.
- Baddeley, A. (1986) *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Just, M. A. & P. A. Carpenter (1992) A capacity theory of comprehension: Individual difference in working memory. *Psychological Review*. 99. pp. 122 ~ 149.
- (38) Pinker, S. (1994) *The Language Instinct: How the Mind Creates Language*. New York: Morrow. 棕田直子 (訳) 『言語を生み出す本能』 (1995) 東京: 日本放送協会。154頁。