

主観経験の科学的分析は可能か

思考と意識をめぐって

網 野 ゆき子

序

主観経験である思考や意識は科学的に分析することが可能なのか。長い間、心や意識は哲学や心理学の分野での中心的なテーマであり、科学的に分析することは不可能と思われていた。しかしながら、認知神経科学や認知心理学の進展にともない、現在、思考や推論など高次の認知機能のメカニズムが徐々に解明されつつある。謎に包まれていた思考や推論など、ヒトの高次の認知機能に前頭連合野が中心的な役割を果たし、しかも基礎過程にワーキングメモリが関与していることが1970年代の半ば明らかになり、1990年以降はワーキングメモリの脳内メカニズムに関する研究が、欧米および日本で数多く行われ、その詳細が急速に解かれている。

筆者は拙稿「心と脳の進化」¹⁾で、ヒトの主観的現象である心や意識がいかに進化・発展してきたかを考察し、ヒト固有の心と意識の進化が脳機構の進化と関与していることを論じた。ヒト以外の動物にも心や意識が存在するが、ヒトは心と意識を独自の形で進化させ、その背景に脳の増大が大きな要因であることを考察したが、拙稿の最終章で論じ切れなかった問題、つまりヒトに固有な思考・推論・判断などの高次の認知機能に關与する意識とは何か、さらにその基礎過程にあるワーキングメモリと脳機構を考察することが、本稿の目的である。主観経験である思考や意識を科学的に分析することの可能性をめぐり、近年の脳科学の知見を考察しながら、次の三点を論じる。

- (1) 脳の増大と高次認知機能の進化
- (2) ワーキングメモリと前頭連合野
- (3) 自己意識と前頭連合野

1章 脳の増大と高次認知機能

心や意識は、形としては捉えにくく、眼に見えないが機能としては捉えることができる。心理学では、知覚・学習・記憶・情動といった要素で扱われ、精神分析学では意識・無意識や自己意識などの概念で表されている。現代の認知科学・神経科学では、心や意識はさまざまな機能の複合であり、それぞれの担う脳部位の働きと捉えている。一方、この10年位の間に生まれた新しい学問領域である進化心理学の研究が欧米および日本で盛んに行われ、動物やヒトの心的活動の遺伝的基盤を進化の結果と捉えている。進化心理学の立場からみると、ヒトの心的活動も自然淘汰が生み出したものであり、環境に対する適応の結果であるとの見解に立つ。この主張は近年の認知科学の見解と矛盾するものではない。それ故、進化心理学の領域では、ヒトも含め動物の身体的特徴が進化の過程で形成されたと同様に、心や意識も進化の過程で生じたとの見解に立ちながら、心や意識の起源と、その進化を促す環境的要因が何であったのかを探求している。同時に、心や意識などの高次認知活動を司る大脳部位がどこかを神経科学の知見から特定する試みが続けられている。

ヒトは進化の過程で、チンパンジーと分岐した後、高次の認知機能を発達させてきた。思考も含め推量・判断などの認知機能は、進化の結果ヒトに生じたものであり、その背景には脳の増大、特に大脳新皮質の増大があった。霊長類の動物は、同じ体積を持つ他の哺乳類の動物より、脳の中に占める大脳新皮質の割合が極めて高く、ニホンザルなどの真猿類では70%、ヒトでは80%である。つまり、霊長類で大脳新皮質は飛躍的に増大し、ヒトでは更に増大・拡大したのである。霊長類の系統進化の過程で増大した大脳新皮質の中の脳領域により、霊長類の動物は自己意識も含め高次の認知機能を持つようになった。霊長類を除いた他の哺乳類の系統には、このような脳領域も自

己意識も持ち合わせていない⁽²⁾。

果たして、霊長類で大腦新皮質の増大を促した進化的要因は何だったのか。従来、果実を採取する種ほど、大腦新皮質の占める比率が高いことから、食物獲得のための情報収集が、大腦新皮質の進化的動機だったと考えられていた⁽³⁾。しかし、近年バーン（R. Byrne）らは、群れの規模が大きい種ほど、大腦新皮質が増大したことから、群れの内部での社会的情報収集が大腦新皮質の増大を促した主な要因と考えた⁽⁴⁾。この説は「社会脳仮説」と呼ばれ、現在最も注目されている説である。霊長類の中でも、特にヒトは複雑な群れ、つまり複雑な社会を営む故に、更に大腦新皮質が増大し、高度の知性・認知機構を進化・発達させてきたのである。大腦新皮質の増大の進化的動機は、群れの内部での社会情報収集の必要性だった（詳しくは拙稿「心と脳の進化」⁽¹⁾参照）。

このように、動物の身体的特徴が進化の過程で形成されたと同様に、心や意識も進化の結果で生じたものであり、その背景にある脳機構も進化の産物であった。ヒトはチンパンジーと分岐したのち、500万年から700万年の年月をかけてヒト固有の言語・推論・計算・判断など高次の認知機構を発達させてきたのであるが、これらの高次認知機構は、脳のどの部位で営まれているのか。近年の神経心理学研究や動物実験などの知見を考察していく。

記憶や学習、推論、判断など、ヒトの高次の認知機能は、大腦新皮質の連合野の領域で処理されていると、現在考えられている。連合野は、系統発生的には、より新しい皮質であり、ラットやネズミなど下等なゲッ歯類では、嗅脳に接するごくわずかな部分だけであり、霊長類でも最も下等なツパイ（キモグラ）では、ラットと同様に連合野の体積はわずかである。しかし、メガネザルになると二つの連合野があり、チンパンジーでは連合野が大腦の大部分を占めている。ヒトでは連合野は更に広くなり、前頭連合野、頭頂連合野、側頭連合野と三つ連合野がある⁽⁵⁾。この中で前頭連合野がヒトで極めて発達し、最も高次の認知機能を司る脳部位であるとする研究者は多い。しかしながら、前頭連合野は、長い間脳の中で研究が遅れた未知の領域であり、謎に包まれた領域だった。

19世紀には、前頭連合野がいかなる機能を果たすのかを調べるために、動物を用いた実験が数多く行われたが、前頭連合野を破壊されたイヌやネコ、サルなどの視覚・聴覚・触覚のいずれの感覚も正常に機能し、運動障害も見られなかったことから、前頭連合野は何の機能も果たしていない⁽⁶⁾と、当時は考えられていた。しかし、1980年ルリア (A. R. Luria) は、前頭連合野を破壊された動物が、状況に適切に反応できず、しかも目的指向的行動ができなくなり、情動障害を示すことを指摘した⁽⁷⁾。1980年以降、欧米で数多くの実験が行われ、前頭連合野が最も高次の認知機能を営む神経領域であることを示唆する事実が数多く報告され、前頭連合野は複雑な情報処理を行う最高の知性の器官と表現されるに至った。19世紀には研究が未踏な領域だった前頭連合野であるが、現在はヒトの高次の精神活動を支える情報の統合および組織化に中心的な役割を果たし、ヒト固有の抽象的概念や情報処理に機能していると多くの研究者が考えている。

近年、意識過程と無意識過程を神経生理学的に説明しようと試みたバース (B. J. Baars) もその一人である。バースは、脳は基本的には分散的な器官であるが、刺激情報が入ると、特定の脳部位の神経活動が選択的に高揚して、意識過程に入ると考えた。バースによれば感覚的な情報(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。他方、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、前頭連合野が高揚し、それ故に抽象的知識の意識化には前頭連合野が関与することを示唆した⁽⁸⁾。

臨床医学的にも、前頭連合野以外の脳部位が損傷された場合、意識活動が障害される例は観察されていない事実⁽⁹⁾からも、前頭連合野が高次認知機能を担う意識と深く関与している可能性は極めて高いと考えられている。

長い間、研究が未踏の領域であり、最も魅力に富む前頭連合野は、いかなる機能を果たしているのか。次章では、高次認知機能と前頭連合野の関連を考察する。

2章 前頭連合野と高次認知機能

前頭連合野の機能を論じる前に、前頭連合野が脳の中でいかに進化し、いかなる構造をなしているのか。前頭連合野は脳の前方に位置する前頭葉の中で運動野・運動前野・補足運動野を除いた領域で、哺乳類では系統発生的に進化した動物の種ほど、良く発達した。例えば、哺乳類のネコでは、大脳皮質の中で、前頭連合野の占める割合は35%であり、イヌでは7%とその割合は低い。しかし、霊長類ではアカゲザルとニホンザルで12%、チンパンジーで17%とその割合は高くなり、ヒトでは30%と大脳皮質の3割を占めている⁽¹⁰⁾。つまり、前頭連合野はヒトで最も発達した脳部位である。しかも、個体発生的には、発達が最も遅い脳部位の一つである。一方、老化に伴い最も早く退化し、機能不全に陥る脳部位である⁽¹⁰⁾。

前頭連合野には、視覚・聴覚・触覚・嗅覚から高次処理された情報が入ってくる。神経線維は、運動前野・補足運動野・大脳基底核・運動に関わる小脳・及び海馬・扁桃核などの大脳辺縁系とも深く関わっている⁽¹¹⁾。

前頭連合野がヒトの高次の認知機能にいかに関与しているのか。これを解明するために1970年以降様々な研究手法で実験が行われた。ヒトに近縁な霊長類のサルの前頭連合野を破壊する実験や、ヒトの前頭連合野損傷患者に見られる異常行動の分析、更に最近の医学的手法である脳の局所血流量やポジトロンCTによる脳部位別糖代謝量の測定などである。

ヒトに近縁な霊長類の動物の前頭連合野破壊実験は、系統発生的な見地からも意義深く、ヒトの前頭連合野の機能を解明する上でも手掛かりとなっている。チンパンジーを入手することが困難であり、ネコやイヌではこの部位が未発達であるという理由から、マカクザルを用いて実験が行われた。マカクザルを対象に心理学的課題の一つである遅延反応実験が行われた⁽¹²⁾⁽¹³⁾。この実験は動物の象徴機能を調べるもので、動物の前に左右二つの箱を置き、その箱の一つに餌を入れるのを見せた後、箱に覆いをする。しばらくして、覆いを取り去り、動物が餌の入った箱に反応すると、報酬がもらえる仕組みである。前頭連合野を破壊されたサルは、遅延反応課題に正しく反応す

ることができなかった。つまり、見えなくても物体が存在するという概念が象徴機能の基本となるもので、前頭連合野は象徴機能を司ることが示唆される。ヒトでは生後7 5~9カ月の子どもは、前頭連合野が未発達であるためにこの課題に正しく反応することができない。サルの実験では、遅延反応課題に反応する象徴機能には、前頭連合野の背外側部が関与し、また、前頭連合野の腹内側部にある前頭眼窩野を破壊すると、情動反応や社会的行動に異常がみられた。つまり、サルの前頭連合野に機能分化があることが示唆されたのである⁽¹²⁾。更に、前頭連合野を破壊されたサルには固執傾向や抑うつ⁽¹²⁾の障害が見られた⁽¹²⁾。

ヒトの前頭連合野損傷の研究では異常行動の分析が難しい点は、前頭連合野の損傷による症状が極めて多様であり、どの部位の損傷が異常行動を引き起こしているのかを特定することが極めて困難だった点である。しかし、1985年ダマジオ (A. R. Damasio) は、ヒトの異常行動と前頭連合野の特定部位との対応を示した。ダマジオが観察した前頭連合野損傷患者からは計画的に物事を行うことができず、外界に対して無関心であり、物事に積極的に取り組むことができない等の症状がみられた⁽¹⁴⁾。その後、ミルナーら (Milner et al) は前頭連合野損傷患者には一つの課題に柔軟に対応していくつかの解答を導いていく拡散的思考に障害があることを報告した⁽¹⁵⁾。これらの実験から、一つの問いに一つだけ答を求める収束的思考とは逆に、一つの問いに幾通りもの答を求める課題や、限られた時間内に多くの言葉を挙げるなどの拡散的思考課題に障害がみられる。つまり、物事を柔軟に捉え、多様な思考や創造性を生み出す機能に、前頭連合野が直接関与していることが示唆された。

更に、ミルナーらは、アルファベットの一文字で始まる四文字の言葉を多く言わせる課題には、左半球の前頭連合野が損傷した場合に障害が生じ、他方、言葉ではなく絵や抽象的な図形を多く描かせる課題では、右半球の前頭連合野が損傷した場合に障害がみられることを示した⁽¹⁵⁾。このように、前頭連合野を損傷すると、幾通りもの解答を思いつく、柔軟な思考に障害がみられることから、前頭連合野は複雑な状況下で、情勢を的確に把握して判断

を行ったり，行動を組織的に行うことに重要な役割を果たしていると考えられる。しかも，左半球の前頭連合野が損傷すると言語的課題に重度の障害がみられ，右半球の前頭連合野の損傷では，絵画的図形的課題に障害がみられ，左右の前頭連合野に機能差があることが示唆された。

ヒトを対象とした脳の局所血流量とポジトロン CT により糖代謝量を測定し，前頭連合野の機能を調べた実験から，前頭連合野は刺激に対して注意を向け，判断や意思決定の際，その活動性が高まることが明らかになった⁽¹⁶⁾。

このように前頭連合野では，刺激情報を統合・組織化し，状況に対して柔軟な対応を選択しながら，思考・判断・推量・意思決定など高いレベルの情報処理が行われていることが示唆されたのである。3章で述べるように，その後1987年になり前頭連合野の高次認知機能を統一的に説明する概念としてワーキングメモリ仮説が提唱された。この仮説は，強いインパクトを与え，現在もワーキングメモリと前頭連合野の機能に関する研究が，認知神経科学・認知心理学の分野で盛んに行われている。次章では，高次認知機能を担う前頭連合野が，ワーキングメモリという記憶システムとどのように関与するのか，考察していく。

3章 ワーキングメモリと前頭連合野

ヒトの本質的な精神活動である思考の基礎過程にワーキングメモリが深く関与し，このワーキングメモリに前頭連合野が中心的な役割をはたしていることを提唱したのはゴールドマン・ラキック（Goldman-Rakic）で1987年のことである。この考えは，前頭連合野の機能を統一的に説明できる概念として強いインパクトを与え，1990年以降も思考の中枢を担うと考えられている前頭連合野とワーキングメモリに関する研究が数多く行われた。現在，最も精力的かつ学際的な研究が進められている領域の一つである。

ワーキングメモリの概念は，1970年代に短期記憶の実験から生まれたもので，行動や決断に必要な情報を一時的に保持し，操作する働きを遂行し，思考や推論，言語理解，計算などの認知活動の基礎過程をなす記憶システムと考えられている。つまり，行動や決断のために使われる記憶であり，同時に

複数の情報を統合させたり組み合わせながら、適切な答えを導き出す働きをする。作業をするための記憶システムであることから、ワーキングメモリ（working memory）と呼ばれ、「作業記憶」と邦訳されている。さまざまな情報を保持しつつ、刻々変化する状況に応じて、正しい選択を導き出す働きをするため、情報の保持と処理の並列的作業を支える一時的な記憶貯蔵システムと考えられた。つまり、ワーキングメモリは、目的指向的な課題に取り組み、遂行することに積極的に機能する点で、従来の短期記憶の概念を超えたものであった。最も重要な点は、単に短期的に記憶する機能だけではなく、言語理解や問題解決、推論などの高次の認知活動を遂行するシステムで、作業する記憶システムとしてワーキングメモリの概念が誕生した。

ワーキングメモリの概念やモデルが数多く作られたが、最もインパクトを与えたのが、1986年バッドレー（A. Baddeley）の考案したモデルである。バッドレーはワーキングメモリが、中央実行系（central executive）と音韻ループ（phonological loop）と視空間スケッチパッド（visuo-spatial sketchpad）の三つのシステムから成り立つと考えた。われわれは情報を言語により表現しているが、音韻ループでは、内的な言語の反復によって、情報を保持し、会話や文章理解などの言語的情報処理を遂行している。言語化できない情報の場合では、視空間スケッチパッドで、視覚イメージとして保持し、位置・空間処理を行っている。中央実行系では、ある目的や課題解決に向けて、その作業が円滑に進行するように、全体をみながら音韻ループと視空間スケッチパッドに仕事を割り当てたり、記憶容量を確保しており、中央実行系は制御システムとして機能している。情報の一時的な貯蔵・保持は音韻ループと視空間スケッチパッドで行われ、これら二つの下位システムを制御するのが中央実行系である。バッドレーは、このような三つのシステムから成るワーキングメモリを考案し、文章理解、会話、推論、判断などが遂行されると考えた⁽¹⁷⁾。バッドレーの考えたモデルはかなりシンプルであり、精緻さに欠けるという批判もあったが、柔軟で操作しやすい概念であったため、多くの研究者に強いインパクトを与え、現在でも最も広く支持されているモデルである。

しかし、前述したが、1987年ゴールドマン・ラキックは、ワーキングメモリの神経機構が前頭連合野にあることを示唆し、彼女はバッドレーとは多少異なるワーキングメモリモデルを考案した。つまり、ワーキングメモリは判断や推論を行う上で、情報を更新したり、長期記憶の中から意図的に情報を取り出し、いくつかの情報を統合するメカニズムであると考えた。情報の保持よりも情報の処理や操作に重点を置いた考えである。更に、ゴールドマン・ラキックは、ワーキングメモリに関与する前頭連合野の領域を特定した。前頭連合野の背外側部を破壊された動物実験や、ヒトの前頭葉の背外側部損傷からみられる特有な異常行動を分析し、前頭連合野の背外側部（特に46野）は、外的な情報や長期記憶から取り込んだ情報を内的に表象して保持し、判断や推論などに導く働きがあると考えた。この時の、内的な表象を保持し行動に移す働きをワーキングメモリと捉えたのである⁽¹⁸⁾。その後、ゴールドマン・ラキックは、ワーキングメモリが情報の種類により、分業的に機能すると考えた。言語的情報、空間的情報、非空間的情報など、内的に表象され保持される情報は、その種類により、前頭連合野のそれぞれの背外側部で機能するという、ワーキングメモリ・モジュールを考えたのである⁽¹⁹⁾。

ジャストら（Just et al）⁽²⁰⁾やファスター（Fuster）⁽¹³⁾も外界から入力された情報が高次の認知活動を行うために処理される時、長期記憶に貯蔵されていた関連情報が一時的に活性化されると考え、ワーキングメモリを“active memory”と表現している。刻々と変化する状況の中で、内的外的にある多くの情報の中から、必要なものを選択したり、その情報を消去し、新しい情報に更新する操作である。つまり、消去、更新、置き換え、統合などの操作が統合されていく動的な過程と捉えることができる。

前頭連合野に損傷のある人では、通常、知覚や認知活動に障害があらわれず、記憶障害も運動障害もみられないが、一つの問いに幾通りもの答えを出す拡散的思考や創造的思考に障害がみられることは、2章で既に述べた。1990年代になり、コブラ（Kolb et al）は、前頭連合野の背外側部（46野）が損傷されると、拡散的思考の他に、空間定位や連合学習に障害が見られることを指摘している⁽²¹⁾。更に、鹿島らは、前頭葉損傷から生じる特有な症

状として(1)固執傾向 (2)習慣的な行為や認知傾向を抑制できない (3)複数の情報の組織化の障害 (4)言語や思考の流暢性の障害 (5)言語活動の障害の五つを挙げている⁽²²⁾。これらを総合的にみると、複数情報の組織化や概念・言語など情報の内的表象や内的処理に障害がみられ、これらはワーキングメモリの機能不全と捉えることができる。健常なヒトでは、問題解決に直面すると、記憶や知識などの情報を一時的に活性化し、外的情報を内的に表象し、操作や処理を行い、複数の情報を関連づけて、いかに行動すべきかの内的モデルを形成して決断し、行動を起こす。したがって、数多くの研究から、前頭連合野がワーキングメモリに深く関与していることが示唆された。

前頭連合野はヒトの大脳新皮質の30%を占める広い脳領域であり、背外側部、腹外側部、眼窩部、背側部などいくつかの小領域に区分され、現時点ではこれらの小区分の領域に機能的な違いがあることが指摘されている⁽²³⁾。1980年代に行われた脳の局所血流量の測定では、注意、判断、意思決定の際、前頭連合野の活動性が高まることが明らかにされたことは、2章で述べたが、1990年以降の局所血流量測定では、空間情報課題（視覚情報の位置関係）では、前頭連合野の右半球が活性化され、物体の情報課題では前頭連合野の左半球が活性化され、更に言語的課題では両側の前頭連合野の背外側部と他の領域がともに活性化されることが報告されている⁽²³⁾。したがって、保持する情報の種類により、活性化される前頭連合野の部位が異なること、更に、ワーキングメモリに関与する脳領域は前頭連合野のみでなく、前頭連合野以外の脳部位も活性化されていることが示唆された。

現在、前頭連合野の機能をワーキングメモリという単一の原理で説明する研究者と、前頭連合野がワーキングメモリに重要な役割を果たしていることを認めながら、それ以外の脳部位もワーキングメモリに関与しているという見解に立つ研究者と二分される。前者はワーキングメモリに関する処理機構が、前頭連合野に局在すると捉えており、後者の立場では、前頭連合野はワーキングメモリも含め、多様な機能も果たすと考えている。今後、ワーキングメモリを担う神経機構の解明には、前頭連合野とその他の連合野や、皮質下構造などの研究が総合的に行われていくと予想される。

4 章 自己意識と前頭連合野

ヒトも含め高等霊長類では、系統発生的に脳が極めて増大・拡大した。ヒトの脳がチンパンジーの脳と最も異なる点は、チンパンジーの三倍の広い前頭連合野を持つ点であり、それ故にヒト固有の複雑な思考や推論など、抽象レベルの課題に対応した精緻なワーキングメモリを持つに至った。

前頭連合野は個体発生的には、ヒトの成長過程において最も遅く成熟する脳部位であり、したがってワーキングメモリの発達時期も遅い。前頭連合野もワーキングメモリも、老化に伴い最も早くに劣化していく。現在アルツハイマー病は、前頭連合野の機能やワーキングメモリと密接な関係にあると推定されており、研究が進められている⁽²⁴⁾。最終章では、ヒト固有の自己意識と前頭連合野の機能を考察する。

我々ヒトは、自分の意識を意識できる種であり、この意識は自己に向かう再帰的な性質、リカーシブな性質を持っている。リカーシブな意識は自己モニタ的な働きをしており、思考はヒトが持つ高次の情報処理形態の一つである。自己を意識するリカーシブな意識は、ヒトではかなり早くに発達し、1歳6ヶ月位の幼児は、鏡に映った自己の姿を認識することができる⁽²⁵⁾。一方、チンパンジーやサルなどの霊長類の動物では、何回か訓練すると鏡に映った自己認知はできるようになることが報告されている⁽²⁶⁾。ヒトでは対人関係が理解できる3歳頃になると、自己中心性から脱して、リカーシブな意識は十分に発達していると考えられている⁽²⁶⁾。自己に向かうリカーシブな意識こそ、ヒト固有の意識である。果たして、このような心的現象としていままで捉えられていた自己意識はいかなるメカニズムなのか。

意識に関する研究は、現在多岐にわたり、哲学、心理学以外の領域で研究が進められている⁽²⁷⁾。神経科学的研究、さらには量子力学的アプローチにまで、実に広範な領域で論議され、意識が哲学だけでなく、科学的対象となったことは、誰もが認める時代に入ったと言える。

意識が働く脳領域はどこなのかをめぐり、意識と脳内のニューロン活動との神経科学的アプローチが盛んに行われている。脳は基本的には、多数の機

能単位が集まって構成されている。つまり、要素的単位（モジュール）が多数集まる性質がモジュラリティーで、脳は多くの要素的単位の集合である。意識も多くの要素的単位で構成されている。したがって、意識の要素的単位に対応した脳内のモジュールがあると考えられることができる⁽²⁸⁾。

意識と直接関与する脳部位は、大脳新皮質の中の連合野の領域である。これは、連合野以外の脳部位が損傷されても、意識が障害されないからである⁽²⁸⁾。大脳新皮質の中の連合野は、いくつかの領野に分かれ、各領野は円柱状のコラムが多数集まっている。このコラムが脳の基本的な機能的単位である。多重構造であるヒトの脳は、膨大な数の機能的単位であるコラムから構成され、分業と統合が繰り返されている。異なる意識には、異なる連合野内領野が関与していると考えられている⁽²⁹⁾。

連合野のコラム群がいかに活動するかに関しては、現時点で十分な研究的実証には達していない。しかし、あるコラムが活動すると、別の複数のコラム群が逐次的に、しかも並列的に活動することが麻酔したサル連合野の局所的電気刺激で示された。したがって、脳内にはさまざまな意識に対応した機能的単位であるコラムが集合しており、これらの機能的単位のコラムが逐次的・並列的に働いていることになる⁽²⁸⁾。

意識にはさまざまな意識があるが、芋阪は、意識が三層から成ると考えた。第一の階層は、生物学的覚醒の意識状態で、無意識から覚醒状態を導くには、新皮質より深いところに位置する神経組織の脳幹毛様体、両側の視床髄板内核やコリン作動系が活性化される。第二の階層は、中間レベルの知覚・運動的意識である。第三の階層が自己意識である⁽³⁰⁾。ここでは、第二の階層である知覚・運動的意識と、第三の階層の自己意識がいずれの脳領域で行われるのかを考えたい。

中間レベルの意識階層である知覚・運動的意識であるが、われわれが外界から受ける感覚刺激（視覚・聴覚・触覚・嗅覚など）は、下位のレベルから上位のレベルへと情報処理が行われている。たとえば、視覚系では、第一次視覚野で外界からの視覚刺激を分解する。次に、視覚連合野では、分解された視覚刺激を再構成し、最後に側頭連合野と頭頂連合野で視覚イメージや記

憶が作られていく。運動する場合には運動連合野で運動行動の準備がなされ、次に運動野で筋肉が実際に活動して運動が実行される。これらの刺激情報が神経線維を經由して伝達していく方向性は、下位の領野から上位の領野への方向で情報が伝達されていく。前頭連合野は、感覚系と運動系を結びつける中間の位置にあり、下位の領野から上位の領野に情報が進行すると同時に、上位領野から下位領野へと情報をフィードバックする機能も果たしている⁽³¹⁾。前章で論じた感覚系・運動系に関するワーキングメモリは、このような前頭連合野の複層的な情報処理により作られていると言える。

第三の意識の階層であるリカーシブな意識は、脳領域のいずれの部位の働きによるものか。リカーシブな意識、つまり思考も含めた自己意識は、過去・現在・未来に関する意識である。われわれの過去の出来事や経験に関する情報が長期記憶として保持されている。現在の状況では、感覚器官からさまざまな感覚が大脳新皮質の領野群に入り、感覚性連合野で処理されて短期的に記憶されている。我々は、ある課題や目的を遂行するために、どのような行動をとるべきなのか、常時決断に迫られている。この時、過去からの長期記憶や現在の短期記憶を統合させたり、組み換えたりしながら、計画や行動決定をしていく。短期的な感覚情報も取り入れつつ、いかなる行動をするべきなのかの決断や意思決定の際に、情報の統合や組み替えを操作する働きかけが自己意識であり、この背後に働くメカニズムがワーキングメモリである。しかしながら、澤口はワーキングメモリの働きの一つを自己意識と捉えている⁽³²⁾。つまり、ワーキングメモリ過程そのものを自己意識と考えており、意識とワーキングメモリという記憶形態を一体化している。意識という現象と、アクティブに動くワーキングメモリは、果たして一体化できるのか。今後、意識とワーキングメモリの定義と説明モデルとも関連する重要な課題であろう。

意識の層の上位にある自己意識、リカーシブな意識は、視覚的あるいは聴覚的な情報や、運動的意識など、多様な意識を統合する主体であり、時間的にも過去から現在までの記憶を束ねる主体でもある。この自己意識が前頭連合野に局在すると考えられている⁽³³⁾。自己意識が働くとき、前頭連合野が

活性化することも確認されている⁽³⁴⁾。自我の働きは、自己の感覚状態を統合し、外界の状況を対象化しながら、自発的に行動を起こしていく主体である。言い換えれば、脳内の活動を多面的に、複層的に統合しているのが自己意識である。したがって、自己意識が前頭連合野の活動であるなら、自己意識に対応する神経細胞の活動、つまりニューロンレベルでの活性化があるはずである。先に指摘したように、自己意識と、アクティブに動くワーキングメモリをどのように位置づけるのか。今後、理論面でも、ニューロンレベルでも、更に研究が精緻化し、進展していくことを期待したい。その時、自己意識と記憶と脳という実に深遠で未知な世界が切り開かれていくと思われる。

おわりに

思考や意識など、一見捉えどころのない主観現象が科学研究の対象となり、分析可能なのかの問いを基盤に、ヒトの高次認知機能と脳部位との関連を考察した。このとき、重要な要因として考えなければならなかったのが、高次の認知機能と、それを司る脳部位も進化の結果であるという事実である。つまり、われわれ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、思考・推論・抽象なども含め高次の認知機能を進化・発展させてきた。これらの高次の認知活動には、大脳新皮質の前頭連合野が関与しており、その背後にワーキングメモリという複層的な統合メカニズムがあることが明らかになった。前頭連合野は19世紀には、脳の未知の領域と言われ、研究が未踏な領域であったが、現在では最も高次のレベルの知的機能の統合処理を行う脳部位であることが、多くの研究から示唆された。

前頭連合野で知的機能を統合させる時、短期的な記憶を保持しながら、長期記憶からの情報も取り出し、情報を統合させて、推論や判断、将来の予測、計画など能動的なメカニズムを行っており、この時の情報の組織化・統合化がワーキングメモリ（作動記憶）という記憶の一形態である。現時点では、前頭連合野の機能をワーキングメモリという単一の原理で説明する研究者と、前頭連合野はワーキングメモリに極めて重要な機能を果たすことは認

めながら、前頭連合野以外の脳部位もワーキングメモリに関与するという見解に立つ研究者と二分される。ワーキングメモリの機能局在か分散かの問題である。他方、ワーキングメモリの概念やメカニズムに関しても、研究者の考え方にかかなりの相違があることも事実である。今後、ワーキングメモリに関する研究が進展していくことが予想され、現実には、さらに多様な説明モデルが出てくる可能性も高い。相違点が目立つモデルではなく、概念上の同意点を求めて、総括的な統合理論が出てくることを期待したい。その時、前頭連合野がワーキングメモリといかに関わるのかが、明確になっていくと思われる。

一方で、高次認知機能に関与するヒト固有の意識は、生理的にいかなる現象なのか。意識も進化の結果であるが、かつて意識は、哲学や心理学の分野で扱われるテーマの一つであった。しかし、現在では、意識は生物学、認知神経科学、さらには量子物理学にいたるまで、広範な学問領域で研究されており、近年「意識科学」と言う学問領域も生じている。1999年5月、東京の国連大学で「脳と意識に関する国際会議」(“ Toward a Science of Consciousness, Tokyo 1999 ”) が開かれ、筆者も参加したが、永遠に哲学の領域でのみ扱われると思われていたヒトの意識が科学的研究の対象となり、意識の解明に多岐にわたる領域からの論議がされた。特に筆者は、ヒト固有の言語・思考も含めた高次認知機能に関する意識はいかなるものなのか、その意識現象が科学的に分析可能なのか、意識に対応する脳部位が特定できるのか探求し続けてきた。かつては、デカルトに代表されるように、心(意識)と脳を別個に捉えた心身二元論が主流であったが、1980年代半ばに、心(意識)と脳を一元的に捉えるアプローチが現れた³⁵⁾。この流れによると、意識が形成される基盤は脳内過程にあり、意識の働きも脳内のニューロンの働きであると捉えている。つまり、心的現象を脳現象と捉えている。

意識の中でも、特にヒトに固有な自己意識は、高次の思考や推論・判断・計画を司る意識でもあり、さまざまな情報を統合させ、組み換え、過去からの記憶や現在の短期的な記憶も束ねる主体である。この自己意識も前頭連合野の機能と深く関与していることは、多くの研究が示唆しているが、自己意

識とワーキングメモリはいかに関与するのか、同一化できるものなのか。これらの課題もふくみ、今後、理論面でもニューロンレベルでの神経心理学的研究が進展していくことが期待される。

他方、少数ではあるが、意識は完全に脳内過程に還元できる物理的な実体ではなく、脳とは独立して精神性をもつ過程であるとする研究者もいる⁽³⁶⁾。これらの研究者も、脳と意識を別個の存在とは考えておらず、脳内過程と意識との相互作用は認めている。彼らも、思考や、さまざまな情報を束ね統括する意識も、主観現象とはいえ、脳内過程との関与は認めており、したがって、思考も意識も科学的分析が可能と言える時代に入ったと思われる。

註

- (1) 網野ゆき子 (2004) 「心と脳の進化」『恵泉女学園大学人文学部紀要』16号。85 - 103頁。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) Byrne, R. & A. Whiten (eds.) (1988) *Machiavellian Intelligence*. Oxford : Oxford University Press.
- (5) 津本忠治 (2001) 『脳と発達』東京：朝倉書店。196 - 197頁。
- (6) 渡辺正孝 (1986) 「前頭連合野と知的機能」伊藤正男・酒田秀夫 (編) 『脳科学の新しい展開』東京：岩波書店。106頁。
- (7) Luria, A. R. (1980) Higher cortical functions in man. 2nd ed., *Basic Book*. p. 246.
- (8) Baars, J. Bernard (1997) Neural hypotheses derived from Global Workspace Theory : Elements of cognitive neuroscience of consciousness. *Cognitive Studies*. 4-3. pp. 5-14.
- (9) 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。129 - 130頁。
- (10) 渡辺正孝 (1986) 「前頭連合野と知的機能」『脳科学の新しい展開』106頁。
- (11) 同書 107頁。
- (12) Rosenkilde, C. E. (1979) *Behavioral Neural Biology*. **25**. p. 301.
- (13) Fuster, J. M. (1997) *The prefrontal cortex : Anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobe*. 3rd. ed. Philadelphia : Lippincott-Raven.
- (14) Damasio, A. R. (1985) *Clinical Neuropsychology*. 2nd ed. Heilman M. & E. Valenstein (eds.) Oxford : Oxford University Press. p. 339.
- (15) Milner, B. & M. Petrides (1984). *Trends in Neuroscience*. **7**. p. 403.
- (16) Poland, P. E. (1984) *Trends in Neuroscience*. **7**. p. 430.
- (17) Baddeley, A. (1986) *Working Memory*. Oxford : Oxford University.
- (18) 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.
- (19) 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.
- (20) Just, M. A. & P. A. Carpenter (1992) A capacity theory of comprehension : Individual difference in working memory. *Psychological Review*. **99**. pp. 122-149.
- (21) Kolb, B. & I. Q. Whishaw (1990) *Fundamentals of Human Neuropsychology* 3rd ed. New York : W. H. Freeman.
- (22) 鹿島春雄・加藤元一郎 (1993) 「前頭葉機能検査 障害の形式と評価法」『神経研究の進歩』**37**. 93 - 109頁。
- (23) 舟橋新太郎 (2000) 「ワーキングメモリの神経機構と前頭連合野の役

- 割」 苧阪直行 編著 『脳とワーキングメモリ』 京都：京都大学出版
会。35頁。
- (24) 苧阪直行 (2000) 「意識のワーキングメモリ」 苧阪直行 (編著) 『意識
の認知科学』 東京：共立出版。4頁。
- (25) 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。
- (26) 澤口俊之 (1997) 「脳と自己意識」 苧阪直行 (編著) 『脳と意識』 東京：
共立出版。242 - 244頁。
- (27) 近年の多岐にわたる意識研究に関しては，Churchland, P. M. & Patri-
cia Churchland (1997) Recent work on consciousness : philosophical,
theoretical, and empirical. *Cognitive Studies*. 4-3. pp. 45-55 .
がある。チャーチランド夫妻は，心的現象が神経生物学的に説明可能
か否かを，さまざまな意識研究の手法から論じている。
- (28) 澤口俊之 (1999) 「意識とは何か」 宮下保司・下條伸輔 (編) 『脳から
心へ』 東京：岩波書店。130頁。
- (29) 同書 128頁。
- (30) 苧阪直行 (2000) 「意識のワーキングメモリ」 『意識の認知科学』 11
頁。
- (31) 澤口俊之 (1997) 「脳と自己意識」 苧阪直行 (編著) 『脳と意識』 東京：
共立出版。229頁。
- (32) 同書 231頁。
- (33) 同書 233 - 241頁。
- (34) 苧阪直行 (2001) 「言語ワーキングメモリと前部帯状回」 『脳の科学』
23 683 - 684頁。
- (35) Churchland, P. S. (1986) *Neurophilosophy: Toward a Unified Sci-
ence of the Mind-Brain*. MIT Press.
- (36) Popper, K. R. & J. C. Eccles (1977) *The Self and its Brain*. Springer.
『自我と脳』 (1986) 大村裕・西脇与作 (訳) 思索社。