The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	脳と意識、その糸口
Author(s)	投石, 保広
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1995, 21, p. 157-174
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/11306
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

脳と意識、その糸口

投石　保広

目　次

Ⅰ　意識
Ⅱ　脳の仕組
Ⅲ　記憶と意識
　　最後に

脳と意識、その糸口

投石　保広

Ⅰ．意識

科学者の意識への関心

神経生理学では、人間の精神機構を脳の働きのレベルで理解することを最終目標としながらも、断固として、「意識」というような私的な産物で哲学的な問題としかなりえそうにないものを無視してきた。そして、直接測定可能な対象と、答えることが可能な問題にのみ集中してきた。その結果、感覚・知覚・認識、記憶、運動に関して脳（正確には、脳の神経細胞）がどのように働いてるかという膨大な客観的事実を明らかにしてきた。しかし、最近になって、生理学者の中に、今までしてきた以上のレベルに向かうためには、避けてきた問題を取り扱わざるを得ないと考える者や、意識を抜きにしていたのでは間が抜けていると思う研究者が出てきた。

「こころ」を排除することで、心理学を科学として成立させようとして、行動主義という旗印の下に集まっていた実験心理学者も、認知心理学の進展とともに、その封印を破る必要を感じ、また、未熟ではあるがアプローチしうる方法論や理論が可能になっていると感じている。

意識を考えようとするときに、その定義を最初にしなければならないが、一般にその定義としては、目覚めていること＜覚醒＞、何らかの事象、典型的には外界で起きている事象を「意識」している状態＜気づいていること＞、自分が何をしているかを知っていること＜自意識＞とが挙げられる。これらが意識の異なる面をみているのか、それとも、これらの総体が意識であるのか判然としないが、これらの項目は意識のチェックリストとして有効なので、まずそれらについて述べてみたい。

a)必要条件としての覚醒

医学の中では、意識は、覚醒（目覚めている状態）－睡眠という次元上の大まかな変化とし

てのみ取り扱われてきた。覚醒は意識が正常に保たれている状態であり、意識が保たれていない状態、睡眠が、生理的な機能変化として生じる。大脳の下につながる脳幹と間脳の一部が、意識の水準をコントロールする最も重要な装置である。脳幹の上行性脳幹網様体賦活系と、間脳の視床下部賦活系から覚醒をうながす信号（神経インパルス）が、大脳皮質の広範な部位に伝えられて、脳波の覚醒パターンを生じ、大脳皮質の活動性が高水準で持続され、意識が保たれる（図１）。また、現在の脳の臨床所見によれば、正常な意識が成立するためには大脳皮質が健全であることが必要であり、これが広汎に侵されると（大脳皮質全般に渡る浸襲による場合と、上記の賦活系の障害による場合とがある）、昏睡の状態となり、意識は保たれない。睡眠による意識の喪失は生理的・可逆的である。昏睡は病的に持続する意識水準の低下であり、可逆的ではない。このように、意識が維持されるためには、大脳皮質が健全であり、脳幹と間脳にある賦活系によって、その活動性が高水準で維持されていることが必要である。意識は大脳皮質の働きであるが、その覚醒はそれ自身によって維持、管理されているのではなく、それより下位の賦活系の働きに依存している。

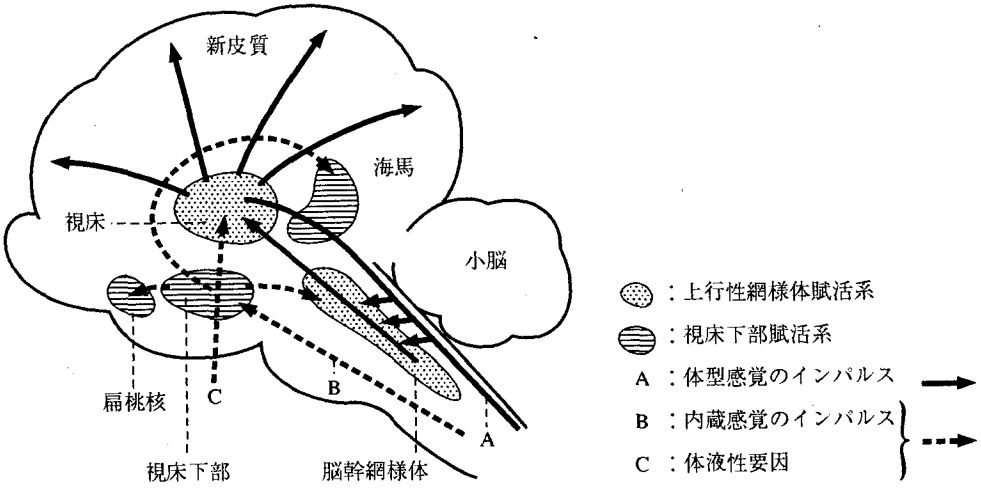

図１　大脳への賦活系である、上行性脳幹網様体賦活系と視床下部賦活系。

b)気づいていること（対象意識）

何らかの事象を「意識」している状態とは、その事象に注意を向けている状態といえる。その事象とは、外界の事象だけでなく、何かを思いだそうと努力をしている何か、また、昔のことを思い出してそれに注意を向けている場合のように、内的な記憶表象に注意が向けられることもある。また、意図的にその対象に注意を向けている場合と、ある刺激によって受動的に注意を向けさせられる場合とがある。

選択的注意：意図的に注意を向けるといった場合には、たとえば、右耳と左耳に異なるメッ

セージを与えて、被験者に右耳のメッセージを声に出して追唱させるというようにして、実験的に作り出すことができる（両耳分離聴課題）。この場合に、①右耳のメッセーを変化させる（たとえば、英語から独語へ）と被験者はすぐに気がつくが、左耳のメッセージを同様に変化させても被験者は気がつかない。さらに、後で被験者にメッセージの内容を尋ねた場合に、被験者は左耳のメッセージの内容をまったく憶えていない。このような選択的注意の過程がどのようなにしてなされているのか、以下の3仮説がある。①注意を向けている特性（耳の左右、音の周波数、強弱といった物理的な特性）を持つ刺激だけが入力の初期段階で選択され、そこを通過した入力だけが認識、意味の理解といった高度な処理を受けるとする初期選択説（フィルター説）、②注意を向けていなかった刺激も完全に排除されるのではなく、弱められて知覚にされにくくなるだけであるとする減衰説、③入力刺激はすべて意味の理解までなされ、反応や決定を行う出力段階ではじめて、情報の選択がなされるという後期選択説があり、現在も議論が続いている。

しかし、筆者はこの議論は問題の設定の次元を間違えた議論であると考えている。選択的注意を脳の事象関連電位でしらべた研究では、早いものでは刺激後50ミリ秒から、注意を向けている（物理的な特性を持つ）刺激に対して特異的な電位（注意関連陰性電位）が出現する。この事実は、脳内で初期選択のプロセスが働いていることを実証している。

受動的注意：しかし、日常的にも経験するように、騒がしい中である人の話を聞こうとして注意を傾けていても、違う方向から自分の名前が呼ばれればすぐにそれに気がつく。また、駅でぼんやりと反対側のホームを見ているような場合にも、よく知った知人の顔をぱっと見つけ、そこに注目することもある。このように熟知している刺激（ここまででは、まだ話しが及んでいないのであるが、本稿の後半で論じる筆者の考えでは、その人の脳内にそれの処理回路を確立している熟知している刺激、しかも、顔や名前のようにまとまった意味を持つ刺激）には、注意を向けていなくても、受動的に注意が向けられる。また、このような刺激に限って注意が向けられるということは、それらの刺激は初期選択の網を抜けて、高次の処理を受け、注意が向けられていなかった場合にも、意味の理解までされているということである。

また、突然に大きな音がすれば、その音に強制的に気づかされ、そちらに注意を向けるであろう（受動的注意／定位反射）。この場合、刺激の強度が問題なのではない。たとえば、大きな音が一定の間隔で繰り返し鳴っていて、それになれっこになっている場合に、その音が急に止ってしまったときには、それに気がつき、注意が向く。つまり、その刺激／無刺激が予期されていなかったことが問題なのである。

以上に述べた受動的な注意を引き起こさせる刺激は、（先に述べた）事象関連電位のP300成分（正確には、P3a、刺激の出現後約300ミリ秒で出現する陽性電位）を大脳に引き出させる。つまり、これらの刺激は初期選択の網をかいくぐって、大脳に処理を要求する。以上に述べたことを言い換えると、大脳は注意を向けていなくても、突然に与えられた自分のよく知っている刺激、あるいは予期できなかった刺激についてその情報を処理して理解をし、対処をする。

処理資源（processing resource）：また、注意ということに関して、少し角度の異なる問題ではあるが、処理資源という、現在の認知心理学の中でその中心となっている仮説がある。処理資源は、非常に熟達した作業や、極めて単純な作業を除くすべての種類の情報処理活動を行うのに必要であると仮定されている。このことは、処理資源が非常に多種類の作業に汎用的に使用できるものであることを意味する。処理資源は柔軟に配分されて使用されるが、その全体的な量［容量］には、ある限度（limited capacity)があると仮定されている。そこで、複数の作業を同時に遂行しなければならないときには、その容量限界の範囲内で配分して使用されると考えられている。

たとえば、日常的な例で述べると、ベテランのドライバーであれば、車がスムーズに流れているときには、同乗者とかなり込み入った会話をしながらでも運転することができる。しかし、前方に大きなトラックが駐車していて、車線を変更しなければならないような状況下では、会話を中止して運転に集中しなければならない。この様な例を〝処理資源〟で説明すると、スムーズな状況での運転では少しの処理資源しか必要ないので、会話という作業に処理資源を十分な量だけ配分することができる。しかし、複雑な判断を要する状況では、運転作業に多くの処理資源が必要となり、そのために、会話が行えなくなると解釈される。このことについて、処理資源を注意と言い直して、注意を集中してしなければならない難しい課題があった場合、それともう一つの課題を並行して実行することは困難であるともいえる。

ある課題への集中としての注意：この処理資源の容量限界仮説に基づいて述べると、先に述べた選択的注意にも受動的注意のいずれにも共通しているのは、ある一つの課題への集中ということである。選択的注意課題の実験では、被験者がどのレベルで刺激の選択（正確には刺激の持つ特性に基づく選択）を行っているかに話題の中心があって、見過ごされがちであるが、この課題中には被験者は、（先の例のように右耳に注意をさせた場合には）右耳に伝えられたメッセージの意味を理解し、それに基づいて口頭で文章を言うという課題を集中して行っているのである。メッセージの意味を理解していなければ、（アクセントやイントネーション、息継ぎの場所において。たとえば、疑問文を正しく疑問文と理解していないと）正しく追唱することはできない。また、被験者が後から尋ねられて、その内容を正しく答えられるのは、右耳のメッセージを意味を理解して聞いていたからこそである。それゆえ、注意をするということは、単に右の耳からの刺激に注意をしているということではなく、それに加えて、そこを通過して来た刺激に対して排他的に処理資源を配分して、それらの刺激に対して積極的な情報処理をしている状態である。

受動的注意の場合にも、「自分の名前」の場合には、その人は、それがわかった後では、自分の名前を言った人を同定するという課題と、次に言われることを待ち構えている状態にあるといえる。「大きな音」の場合にも、その人は、その音の正体を同定しようと努力をしているし、緊急のことが生じないか身構えている状態にあるといえる。これらの注意の場合にも、一つ、あるいはひとまとまりとなっている課題に処理資源のすべてを充当している状態であると

いえる。

c)自意識

自分が何をしているかを知っている状態ということは、何かをしている自己と、それを見ている自己とがいるという状態である。これは、処理資源という考え方からは、2種類の課題を同時に実行している特殊なケースといえる。しかし、これは珍しい現象ではなく、ごく日常的な活動である。時間的に次から次に何かをしないといけない余裕の無い事態でなければ、被験者は、今した自分の反応が正しいものであったかどううか、刺激に対する自分の解釈が正しいものであったのかどうか、会話中であれば、今自分が相手に喋った内容が妥当なものであったかどうかなど、絶えず自分の行動を監視している（self-monitoring)。ただし、それは、この文の冒頭に述べたように、処理資源に余裕のある場合でないと実行できないことである。ゆえに、自意識とは処理資源を配分してなされる自分を監視する作業と考えてよいであろう。少なくとも、前節で述べたような注意をしているときには、不可能な課題である。

Ⅱ．脳の仕組

思考実験

H.　パトナムという人が、「桶の中の脳」という試行実験をしている。私の体の中から脳だけを取り出して、培養液の入った桶の中に入れて脳のなくなった身体と無線でつなぐ。その脳無し身体は、桶の中の脳の指令を受けて普通の人間と変らない活動ができるとする。さて、果たしてこのとき、「私」はどこにいるのか、桶の中か？　身体のある場所なのか？　そう彼が問うている。

しかし、この問は、我々の身体そのものの話であり、何も人工的なものではない。我々の脳は、頭蓋骨という入れ物の中に浮かんでおり、入力装置から（神経細胞の）軸索という信号ケーブルで情報を送ってもらい、（神経細胞の）軸索という信号ケーブルで筋に命令を送って実行させている（簡単にするために、ここでは省略するが、脳はホルモンを放出し、その濃度をモニターするという方法でも身体に影響を及ぼしている)。

それゆえ、パトナムのこの問は、簡単に脳の方に私はいるはずであると答えることができる。しかし、身体をまったくなくし、脳だけになった脳に意識があるのかと問われると、これにはそう簡単に答えることができない。でもずるい答えであれば、2、3は簡単に可能である。①人間に対して刺激剥奪を行うと、非常に厳密な条件下（たとえば、ぬるま湯の中に浮いたような状態）では、人間の精神は、2時間ももたず、幻覚や幻聴を生じたり、睡眠に陥ったりする。刺激を受けていて（図1を参照）はじめて、脳は正常に機能できるのである。②また、長時間入力信号を受け取れなくなった神経細胞は、いくら栄養が十分与えられたとしても、機能的に死んでゆくと考えられる。③また、身体があることを前提として、身体の各部を表象している

脳の部位、各部の運動を制御している脳部位はずいぶん困ることになるだろう。先にずるい答えと述べたように、現実的な問題としてならばこのような答えが可能であり、そのような脳はやがて機能しなくなる、少なくとも正常な機能は失われて行くということができる。

以上に少し寄り道をしましたが、上で述べたことからも、既に述べた、a)必要条件としての覚醒のところで述べたことからも、意識の所在地は大脳であり、そして大脳以外のどこにも無いということについては疑いようがないように思われます。以下に大脳、特にその構成要素である神経細胞の働き方の原則のようようなものを、専門でない方のために少し紹介をしてみたいと思います。

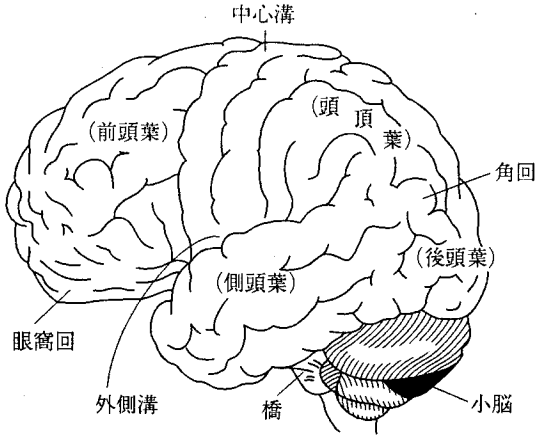

図2　脳の外側面。図の左側が前［前頭葉］で、その最も出ている部分が額の奥に当たる。反対に、右側が脳の後部［後頭葉］であり、自分の頭の後ろに手を当てて、頭がくびれて首につながる部分の上方に、小脳が入っている。

a)大脳皮質

ヒトの大脳の表面には、多くのしわがあり、特に中心溝（脳の前から1/3くらい位置にある、ほぼ垂直に走る溝）と外側溝（側頭葉の上部を斜め上方向に、頭頂葉の下まで走る溝）と呼ばれる大きなしわ（図2）は、手の指が3、4本入るほどに大きく深い。このように、ヒトの脳にしわや溝がたくさんあるのは、表面積を広げるためと考えられる。事実、それらのしわをすべて延ばして広げてみると、新聞紙1ページ分（2200cm²）くらいもある。

さらに、単に広いというだけでなく、内容的にも、脳の働きの主役である神経細胞が、大脳の表面付近に高密度で集まっている。その表層部分には、大脳皮質という名前が与えられて、それより中の部分と区別されている。その厚さは、場所によって異なるが、1.3〜4.5mmである。この薄い層の中に、全体で約140億個の神経細胞が存在する。したがって、大脳皮質1mm³の中に、約10万個の神経細胞が存在する勘定になる。

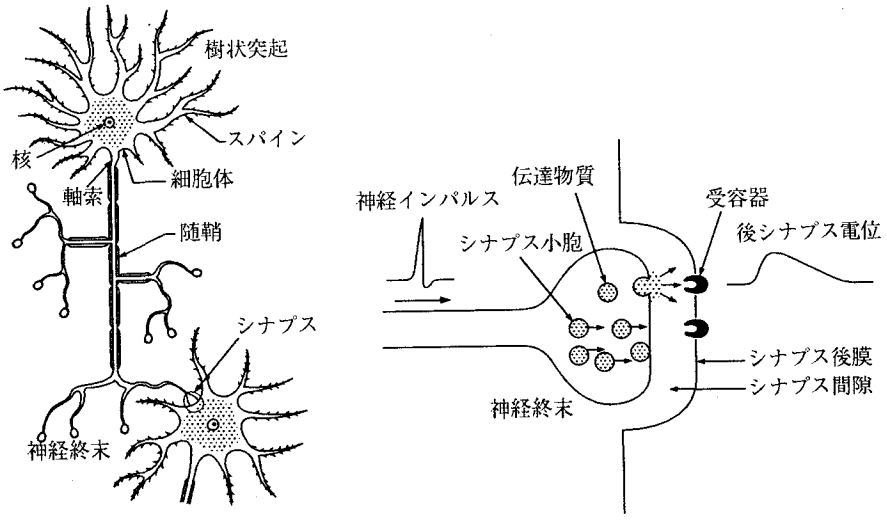

図3　神経細胞（ニューロン）とシナプス。おおよその大きさは、神経細胞の軸索（じくさく）の太さが、髄鞘（ずいしょう）をも含めて、1～20μm（1μm=1/1000mm）である。シナプスの部分を大きく拡大したのが右の図である。シナプス間隙（かんげき）の幅が、約20～30nm（1nm＝1/1000,000mm）である。

b)神経細胞（ニューロン、neuron）

樹状突起と軸索：神経細胞も細胞であるから、細胞体と核を持っている（図3左）。しかし、それから先は、一般の細胞とは違ってたいへん特殊な形をしている。神経細胞の仕事とは、基本的には、情報を受け取り、その情報を、次の神経細胞がいる所まで運び、伝えることである。神経細胞（図3左）は、情報を受け取る場所となる樹状突起を、あたかも木の枝のようにたくさん伸ばしている。こうすることで、たくさんの情報を受け取ることができる。そして、次に述べるように、長い長い軸索を持っているが、それが情報を運ぶためのケーブルである。軸索は、この図では、細胞体の真下から伸びている。軸索の長さは、短くても1cmくらい、もっとも長いものは1m近くもある。神経細胞の細胞体の大きさは、1μm（1μm＝1/1000mm）以下から最大でも100μmである。

神経インパルス：神経インパルスは、細胞体の中の軸索につながる部分で発生し、一度それが生じると、それは軸索の中を個々の神経終末（以下を参照）まで、超長距離であるにもかかわらず、確実に（軸索は、単なるケーブルではなく電気的に能動的なので、減衰することなく）伝導される。

シナプス：軸索は細胞体から出ていく部分では1本であるが、それより先で数多くの枝［側枝］を出し、それぞれがまた多くの神経終末（以下のシナプスの数を参照）を作り終わっている（図3）。ただし、終っているといっても、個々の神経終末は、情報を伝えるべき次の神経細胞の細胞膜の一部とペアになって、シナプスを形成している。この図では、シナプスをひと

つしか示していないが、実際には、すべての神経終末がシナプスを作っている。

この図のシナプスは、細胞体に付いているが、数としては樹状突起に付くもののほうが多い。樹状突起に付くシナプスの中には、樹状突起に直接付くものと、とげのような形をしたスパイン［棘］に付くものとがある。図3左の、上方と下方の両神経細胞の樹状突起に、多数のスパインが認められる。それだけでも、かなりの数のシナプスが、ひとつの神経細胞に付いているといえる。しかし、上記のように、スパインに付くのは一部なので、実際のシナプスの数は、もっともっと多い。ひとつの神経細胞に付くシナプスの数は、数百から数千個、平均的なもので6,000個くらい、最大では100,000個ともいわれている。

c)シナプス→受け手の神経細胞

神経インパルスが神経終末に到達する（図3右）と、その中のシナプス小胞が運ばれ、その中の伝達物質がシナプス間隙に放出される。そうすると、伝達物質がシナプス後膜にある受容器に作用して、受け手の神経細胞に後シナプス電位と呼ばれる小さな電位変化を生じさせる。この後シナプス電位がある一定の大きさを越えると、今度は、受け手の神経細胞が神経インパルスを発射する。これが脳の働きを考えるとき、最も主要なポイントである。一つのシナプスが作り出す後シナプス電位が小さいということは、多数のシナプスが同時に働いて、大きな電位変化が生じた場合にのみ、その受け手の神経細胞はインパルスを発射し、その次の神経細胞に伝えるのである。このことは、受け手の神経細胞がある一定の要件（自分が神経インパルスを発火すべき条件）が整ったかどうかを判断していることにほかならない。これが、神経細胞が行う論理演算である。ここで行われる論理演算、つまり、この後シナプス電位の大きさを決定に関与する要因には、以下に述べる様々、多数のものがある。

d)超論理演算

その要因について、<議会での議決>にたとえて、手短に述べてみる。この議会は、議長（受け手の神経細胞）と、他の神経細胞から派遣されている多数の議員（シナプス）とから構成されている。この議長の仕事は、挙手をしている議員の数が一定の数に（後シナプス電位が一定の大きさに）なると、議決をして、自分達の議会では議決をしたことを、自分が次なる議会（次なる神経細胞）に派遣をしている議員に伝えて（神経インパルスを送り出して）、その議員（次なる神経細胞についているシナプス）に挙手（後シナプス電位）をさせることである。

この議会の特長を挙げると、まず第1に、既に述べたように、①議員（シナプス）の数が極めて多い。そして、基本的には、上で述べたように、②その中の多くの議員の多数が挙手をした場合に、議長は議決を行う［空間的加重］。さらに、③ある議員が続けて何度も熱心に挙手を繰り返している場合には、その点も考慮に入れる［時間的加重］、しかもシナプスには種々のタイプがあり、④マイナス票を入れる議員［抑制性シナプス］もいる、⑤他の議員が上げようとする手を押さえにかかる議員［シナプス前抑制］もいる、さらに、⑥1票に大きな格差が

あり、一部の議員の票は、数票分、あるいは数十票分にもカウントされる、などがある。ここまでで既に非常に多種類・多数の要素といえるが、これらに加えて、⑦ときには、前もって、議長や、議員一人一人に対して細かな根回しをする仕掛けまで持っている［神経修飾物質の分泌］。

以上に述べたような要素で行われている受け手の神経細胞が行う判断が、脳が行っている論理演算の基本である。このように、極めて多数の（単に多数というよりも、よくもまあここまで複雑／詳細なしかけを作り出したものである。）要素で決定されているのである。しかも、これは一つの神経細胞の話であって、それが140億個あり（すべての神経細胞がこのような膨大な要素を持っているわけではないであろうが、反対に、現時点でまだ見つかっていない要素がもっと関与している可能性がまだある）、この140億の神経細胞がそれぞれ1000以上の神経終末／シナプスを出して相互につながって超巨大な回路網を形成しているのが大脳である。

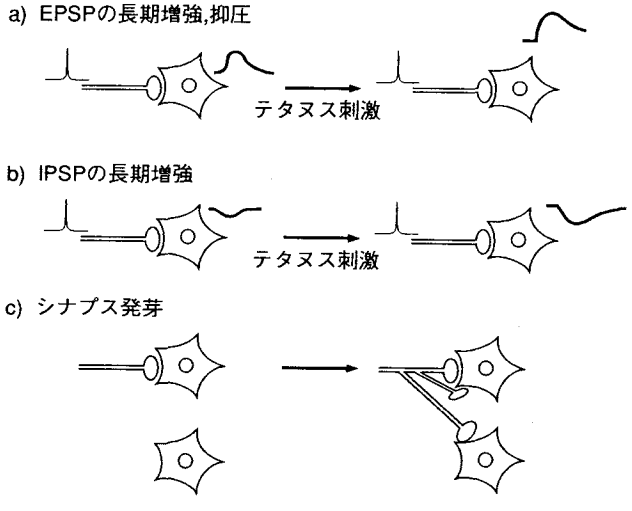

図4　神経細胞の可塑性。a)長期増強：　海馬の神経細胞では、それへの入力線維（本文の用語では、この受け手の神経細胞にシナプスを作っている軸索線維）をテタヌス刺激（たとえば、15Hzで10秒間の電気刺激を4回くらい）すると、その後数時間の間、その軸索の刺激に対して、以前よりも数倍大きな後シナプス電位がみられる。b)長期抑制：a)とは反対に抑制性の後シナプス電位が大きくなるタイプ。c)シナプス発芽：下側の神経細胞に届いていた軸索が切断されたような場合、本来はつながっていなかった軸索が側枝を伸ばしてきて、シナプスをその神経細胞に新しく形成する。

e)シナプス／神経細胞の可塑性

しかし、この議会の一部（今のところわかっている範囲では、ごく一部であるが）では、その構成が不変ではなく、可塑性を持っている（d)の⑥，図4）。①ある議員が続けて何度も挙手を続けてきた場合（そのシナプスが続けて何度も伝達物質を送り出してきた場合）には、そ

の議員の票は大きく評価される（大きな後シナプス電位を生じさせる）［長期増強、図４では、EPSPの長期増強と表示されている］。②それは、マイナスの票を入れる議員（抑制性シナプス）にも適用される［長期抑制、図４では、IPSPの長期抑制と表示されている］。③それまで、議員を送っていなかった議会に新しく議員を派遣してくることもある［シナプス発芽］。これらの変化が、学習や記憶の基礎となっていると考えられているが、まだ証明はごく一部でしかなされていない、

このようなすべての神経細胞に共通するような働き方の原則を述べても、それと意識とを結ぶような関連性は見えてこない。それは、この膨大な組合わせを持った神経細胞間の回路、言い換えると構造がその機能の実現させているからである。しかし、神経細胞間の組み合わされ方をいうには、各論にならざるを得ない。大脳の各部位それぞれでそこにある膨大な数の神経細胞が互いにどのような回路を形成してるか。それを手短に紹介できるような知見は今のところ得られていない。ここで筆者が述べたかったことは、言わば脳がとんでもないことをしている。一つの神経細胞の発火を決定するのにさえ、これだけのことしていることを述べたかったのである。それが、何らかのヒントになればと思うからである。以下には、意識と記憶の問題を取り上げ、記憶は、シナプスと受け手の神経細胞の間に変化を生じさせ（図４）、やがては神経細胞間の組み合わされ方、その構造に変化をもたらせるものであろう。それが、これから述べる意識に伴う記憶と深くか関わっている可能性があるからである。

Ⅲ．記憶と意識

a) 日常記憶

最初に日常的な記憶の特徴を挙げると以下のようになる。

① 毎日（時々刻々）新しく入力され、古いもの（ほぼ週単位くらいで）が忘れ去られていく。

② パラメトリック（変数）的である。

③ 普通は意図的に憶えるものではない。経験したこと、つまり、意識したことが勝手に記憶に残る。

④ しかし、強く意識したこと、つまりパラメトリック的でないものは、①を超えて、長く記憶に残る。

日常的記憶の性質について、具体的に説明してみると、以下のようなものであろう。今朝したこと、朝、いつどこで起きたか、どうやって起きたか、どんな格好で起きたか。それからしたこと、洗面の様子、新聞を取りにいったかどうか、そして、朝食の様子、何をどんな順序でどれくらい食べたか。どのようにして、服を着、何色の靴下を履き、どうやって玄関を出て行ったか。駅までの道で、道路のどこを歩いたか、たくさんの人と出合ったか。横断歩道では、信号が赤で少し長めに、寒い中で待ったとか。駅で改札機を通ったとき混んでいたか、だいた

いどんな人がいたか。何番目の／左右どの辺の改札機を通ったか。ホームは混んでいたか。ホームのどの辺にいたか、電車はすぐに来たか。電車の中のどの辺に立っていたか。などなど、こうして書くのが嫌になるほど、本日自分が経験したことについて細部まで憶えている。これが日常的な記憶であるが、このような記憶について下記のような特徴を挙げうる。

① 昨日のことも、ここまではないが、かなり細部まで憶えている。一昨日のこともかなり。その一日前も。ほぼ1週間前くらにまで、その日その日に経験したことを細部まで思い出すことができる。ところが、20日くらい前となると、特別なことをしていない限りあまり憶えていない。つまり、日数の単位で忘れて行くようである。 ②上記の例からもわかるように、これらはパラメータの記憶である。だいたい日常的に起こりそうな範囲内のことがどのように起こったということに関する記憶である。例えば、「大学の授業で友人のA君とは合ったが、B君とは合わなかった」というように。 ③この記憶は、憶えようとして憶えたものではない。見たことや、聞いたこと、自分が行ったことをも含めた、経験したことを（自分としてはそう望んだ訳でもないのに）憶えているのである。言い換えると、意識したことは、記憶に残されるのである。 ④パラメータの変化に止まらない経験は、たとえば、「病気で学校には行かないで、病院へ行った。」、「彼女と夜食事に行った。」とか、また、自分の大学で、そこにまずいるはずのない他の大学のC先生に出会ったというのであれば、この範囲を越えてかなり長く記憶にとどまることとなる。（これらの現象は、本稿の最初のほうで述べた受動的注意に対応する。）

b)REM睡眠

睡眠の中には、体は最もよく弛緩しており、脳への刺激の入力も最も遮断されているにもかかわらず（浅い睡眠の場合には、名前を呼ぶと、比較的簡単に目覚める。REM睡眠の場合には、体を揺り動かしてもなかなか起きないし、たとえ起きても、しばらくははっきりとした目覚めには至らない。）、脳波でみると脳が覚醒時同様に働いているように思える睡眠、REM睡眠が、1夜の睡眠の中に、約90分くらい存在する。

このREM睡眠に関して興味深い仮説がある。REM睡眠は、大脳の神経回路網に寄生する活動（Ⅱのe)）を定期的に除くための作業であるというのである。昼間に入力された膨大な情報で大脳の神経回路網が負担過多になっているので、それらを排除して、正しく順序よく整えられた記憶を保つための作業をREM睡眠中に行っているというのである。上記で挙げた記憶の①の性質は、日常記憶の忘却の過程がどこかで行われていることを示唆しているし、そうであればこの仮説は妥当のように思われる。また、今朝と数日前までの、日常記憶は生活に必須である。しかし、一生分これを持ち続けることは、いくら大きな記憶装置を持ってしても到底不可能であり、生態学的に無駄なことである。意識がせっかく昼間に憶えた記憶を、意識があるとは思われない睡眠中にしっかりと捨て去っていくといのは、何か皮肉なような気がする。

c)注意と記憶

本稿の最初で述べた選択的注意の実験では、注意が向けられ、意味が理解されたメッセージだけが記憶されることを示している。また、その次に述べた受動的注意を促したような事象は、しばらくの間その人の記憶に残るであろう。このように、強く注意されたものは記憶に残る。

P300：偶発学習のパラダイム（被験者には、たとえば、「単語の分類課題ですから、これから見せる単語の内、動物の名前があれば、ボタンを押して下さい。」のように、記憶課題であることをわからないようにして単語のリストを見せた後で、「先に出てきた単語はどれですか。」と聞いて答えさせる実験方法）で、被験者が再認できた単語と、できなかった単語に分けて、分類課題中の脳事象関連電位を求めてみると、そのP300の振幅が被験者が再認できた単語の方が大きい。これは、受動的注意のところで述べたP300と類似の成分であり、脳により多くの処理をさせた単語の方が記憶に残りやすいと推定される。

精緻化リハーサル：また、偶発学習の条件で被験者に単語を呈示していろいろな課題をさせた場合、被験者により意識的な処理が必要と思われる課題をさせた場合ほど、その単語が強く記憶に残る。たとえば、見せられた単語を、大文字で書かれているか、小文字で書かれているかを判断させる課題、その単語がある単語と同じ韻を踏んでいるかどうかの判断（weight－crate、weight－marker）、意味カテゴリーの判断（その単語が魚の名前かどうか）、ある文章の中に適合する語であるのかどうかの判断をさせると、この順に後者の課題のときに出てきた単語ほど、後によく再生される。

系列位置学習の最終再生の成績：憶えるように被験者に教示をしておいて、たとえば、10個の単語を一つずつ順番に呈示して、その直後に再生を求めると、被験者は、10個の単語のうち、最後の方で呈示した単語を最もよく憶えており、その次に最初の方に出てきた単語をよく憶えている（系列位置効果）。このような課題の場合に、呈示される単語の数が10個であると被験者にあらかじめ知らされていた場合には、被験者は最初の方の単語を頭の中で繰り返してよく憶えるように意識的な努力をすると思われる。このような課題を、異なった10個の単語の組について複数回させた後で、最後に今まで出てきた単語をできるだけ思い出して下さいと被験者に求めた場合（被験者には最後にこのようなテストが行われることは知らされていない）、被験者は10個の単語の最初の方に呈示された単語をよく憶えており、最後の方の単語は忘れてしまっている。このことは、被験者が意識的に憶えようと努力をした単語ほど強く記憶されることを示している。

d)潜在記憶

最近注目されている記憶に潜在記憶という記憶がある。これに関する研究も偶発学習のパラダイム（上で述べたように、被験者には記憶の実験であることが悟られないようにして、実は後で、記憶のテストをする。）で行われる。たとえば、先のようなカテゴリー分類課題を行わせた後、（普通は何か他の課題をさせて少しの間隔を開けた後）、典型的には、単語完成テストを被験者にさせる。たとえば、「ほ□□んそ□、あ□ち□ん」などのリストを被験者に渡し、

□に字を入れて、その単語を答えさせる。このとき、前の分類課題の中にあった単語と、新しく出した単語を比較すると、前者の方が成績が良い。多くの場合、被験者はその単語が前に呈示されていたことを憶えていない。あるいは、先の単語を思い出して下さいと言って、被験者に意図的に想起させた再生課題の成績と、この単語完成テストとの成績とが一致しない。つまり、被験者に自覚がないのに、成績が良くなっている。この現象は後で述べるように健忘症患者などにも認められる。また、この現象は、(先に述べた日常記憶が日を追って忘れ去られて行くのに反して、) 数日、数週、ときには1年後くらいまで、その効果が得られる。このことから、この潜在記憶は、本稿で述べてきた意識に関連しているような記憶とは、別のものであると主張されている。なお、このような現象は、文字単語だけに起こるのではなく、音声言語でも、また、図形などでも生じる。

この記憶は、潜在的であるといっても、ほとんどすべての実験では、最初の単語の処理時にはその単語は被験者の注意が向けられた処理が必要な課題が用いられている。このような現象の最も単純なタイプとして、反復プライミングという現象がある。同じ単語を直後に繰り返すと、2回目にはその単語の処理が極めてすばやくなされる。この効果も選択的注意課題の中に仕込んでみると、注意側の単語→注意側の同じ単語間には認められるが、最初にその単語を注意していない側に呈示した場合には、その効果は認められないことが、事象関連電位のP300を測定した実験で確かめられている。

このにように潜在的な記憶といえども、最初に処理されるときは、注意を向けられることが本当に必要なのであろうか。しかし、何事もすぐ忘れてしまい思いだせない (本稿の内容で言うと意識したことを憶えておくことのできない) 健忘症患者、痴呆症患者でも、(一部に否定しているデータも存在するが) 潜在記憶は残っていると報告されている。最近、心臓手術のために全身麻酔の手術を受けている患者を対象にして、その麻酔中に音声テープで単語を聞かせて、麻酔覚醒後にそれらの単語に対して潜在記憶の効果が認められるかどうかをしらべた研究が報告されている。それによると、麻酔中に音声刺激に対して、事象関連電位の中潜時聴覚誘発電位と40HzERPが認められた時期では、50%の確率で潜在記憶があり、両反応ともみられなかった単語では潜在記憶の効果もなかった。この知見は、大脳皮質聴覚野で言語的な処理が正常にされていた場合には、潜在記憶が生じることを示している。(この研究は実に示唆的である。現在意識に関する心理学的研究の大部分は、実は無意識に関する研究－潜在記憶もこの例である－である。上記の研究が正しいのであれば、少なくとも無意識的処理の効果は、大脳皮質の各感覚野までで処理が行われた結果であり、また、注意関連陰性電位－この電位の初期成分は大脳皮質の各感覚野で発生する－に関して述べたように、初期選択過程を越えることができなかった刺激にも与えられる効果であるといえるかもしれない。)

以上を総合的に考えると、潜在記憶の場合には、最初に刺激の呈示のときに意識的な処理がなされた場合の方が、その効果は大きいが、それが必須ではないと考えられる。潜在記憶の場合には、新しいもの／ことの記憶というよりは、既に知っていることが対象となっているだけ

であり、神経細胞の可塑性（図４）を必要とするものでないと思われる。それは既に脳内に存在する神経回路を使用した結果に過ぎないものと考えられる。それゆえに、REM睡眠による淘汰の対象とはならず、長い期間維持されるのではないだろうか。

最後に

意識されたことは、記憶に残る。記憶に残るということは、Ⅱのe)の神経細胞の可塑性で述べた神経細胞のつながりの部分に何らかの痕跡を残すことになるであろう。それは、おそらくREM睡眠による淘汰を受けることなるのであろう。しかし、強く意識されたこと（脳が驚かされたこと）は、強い痕跡を残し、REM睡眠による淘汰に強いのであろう。しかし、意識まで昇らなくても、脳がある刺激を処理すると、それを処理した神経細胞の回路網の強化が生じ、その刺激がもう一度与えられるとその処理の促進が生じるのであろう（潜在記憶）。そして、この記憶はREM睡眠による淘汰は受けないのであろう。このように考えると、記憶に関する脳研究が、脳と意識との関連性を解明するための糸口になるのではないかと考えられる。

記憶についてのまとめ

強い意識→記憶→シナプス神経細胞の可塑性→REM睡眠による淘汰に強い

意識→記憶→シナプス神経細胞の可塑性→REM睡眠による淘汰

感覚・知覚→潜在記憶→もともとあった回路の強化→REM睡眠の淘汰からフリー

参考文献

伊藤正男　(1993)　脳と心を考える　紀伊國屋書店
伊藤正男・佐伯胖（編）　(1988)　脳と心を考える　紀伊國屋書店
伊藤正男他　(1994)　脳のモデル化研究最前線　数理科学　No. 373.
伊藤正男他　(1992)　意識と脳　生体の科学　43：No. 1.
J.,Hogan　(1994)　意識は科学で説明できるか　日経サイエンス　No. 9. 120-129.　(松本修文訳)
Kahneman, D. (1973) Attention and Effort. Prentice-Hall.
河合隼男他　(1994)　意識と注意　科学　64：No. 4.
小谷津孝明（編）(1981)　記憶　現代基礎心理学第4巻　東大出版会
投石保広　(1995) 行動の生理学的基礎　現代の心理学への招待　白樫三四郎（編）ミネルヴァ書房　(印刷中)
投石保広（1992）精神分裂病の認知障害：処理資源容量の減少仮説　脳と精神の医学，3：235-246.
下河内稔・投石保広　(1991)　事象関連電位が反映する脳の情報処理過程医学のあゆみ，158：103-106.
下河内稔・投石保広・楊井一彦・小山幸子（1988）　P300の基礎　神経研究の進歩，32：149-162.

An essay on brain and consciousness

Yasuhiro NAGEISHI

The "consciousness" is currently subjected to new scientific considerations and researches. The subject is interested not only in psychologists, but also in neurophysiologists who have been avoided unmeasurable objects and subjective product for a long time.

Fisrst, consciousness is related to the awake-sleep continuum and it is maintained only through awake. Then healthy and aroused cerebra are neccesarry condition for consciousness. Second, consciousness is related to attention. Attention is a state that a person focussed on a object. Whenever he pay attention, at the same time he elaborately process the information coming from the attentional channel.

I disscussed that any event or item was memorized in his mind whennever he processed it consciously or he paid attenion on it. These momories are based on neuronal changes (plasticity of between the axo-neuronal connections) in the brain. I thus proposed that physiological approach to consciousness may exsist in the researches of these neural memory processes.

In our daily life we momorize most of the events and things those we have experienced or been consciously processed. But the memories will forget in detail after a few days, and most of them forget within a couple of weeks. It is hypthesized that neuronal changes those based on the memories for daily life extinguished during REM sleeps of daily night sleep.

However, inmplicit memory is made up only by unconsious brain processing of words and items. It is suggested that usage of a group of neural networks or connections reinforces themselves and as the results the words or items are memorised implicitly.