

である。脳の活動状況を電極を神経細胞に刺入することなしに、これと同等な信号を脳の10,000箇所以上の部位より実時間に計測することで、脳活動の空間・時間パターンを得る方法などの技術開発が脳の飛躍的理解につながる、と信じるからである。

以上のような背景で、脳から心の理解へ、物質科学としての脳・神経科学研究を基盤にどのようにアプローチするか、また現在この方向のアプローチでどのように成果があがっているかを概説する。

2. 学習・記憶の特性が個性をきめる

心については、従来心理学・哲学・宗教が主として扱ってきた研究対象である。最近、脳科学の立場から心を理解しようという野心的試みがなされている(1-3)けれど、物質科学としての脳・神経研究から心の理解への切り口については未だ明らかではない。ここではこの切り口を考察し、「人とは何か」についての仮説を提案し、この立場から心の理解のために脳の学習・記憶のメカニズムの解明が極めて重要であることを述べたい。

学習・記憶が心の生理学的基礎を与えるものであることを示す為に、長期記憶の例を考える。長期記憶には次の4つの特徴がある(4):

- 1) 学習によって、外界の情報を脳内に固定化する(貯える)。
- 2) 貯える情報は5感からの感覚入力情報とこれに関する情動(emotion: 好き嫌い恐ろしいうれしい-----などの感情)情報が互いに連合した形で、また情報の時間順序とともに貯えられ、逆にこれらの連合性をもとに呼び出される。
- 3) 貯えた情動情報は意識下に蓄積する。
- 4) 長期記憶として貯えられた記憶は一生涯脳の痕跡として留まり消すことができない(non-erasable)。

以下でこれらの各項目について考察し、最後にこの4つの特徴がわれわれの心といかに直接関係するかについて述べる。

まず、(1)の学習によって外界から知識(情報)を獲得し記憶する、という点について考察しよう。学習の生理的基礎はシナプスの可塑性である。従って、ある情報が脳によって学習されるための基本的要件は、生物個体がその情報を強い刺激として受けとめることができるものである、ということであろう。この場合、情報を受けるものがある特定の可塑性シナプスを有する神経回路であるならば、その神経回路にとっの強い刺激情報が回路を固定化する。ここでは、心の問題を念頭においての脳の学習を考えるので、生物個体にとっての強い刺激情報は何か、を考える。勿論、まず第一に生命維持に関する情報は強い情報となる。脳は、生物個体が生存のための営みを実行するのを助けるために特殊化した器官である(5)、といえるほど、生命維持に関する情報は強い刺激として脳で受けとられる。われわれが、一度でも自動車と衝突するというような生命を脅かす事件に遭遇するとこの事件は一生忘れられない記憶として脳に固定化されよう。勿論、食・飲・性などに関する情報も生存の営みに関係した情報で、われわれにとって強い刺激となり得る。これらは、いわゆる情動情報であり、人も動物も共有する脳内過程である(6)。人の脳では生命維持よりもさらに強い情報として、「自

ち、自ら覚める。報告を過度の過動で、を過す、視
わ、い、に、で、れ、情、は、内、こ、し、ど、内、特、性、に、重、刺
す、あ、れ、る、自、の、が、す、え、は、を、の、脳、の、き、う、か、脳、的、の、か、よ、強
。が、わ、い、と、き、起、考、脳、情、報、も、い、の、き、う、か、脳、的、の、か、よ、強
（4）情、思、て、で、と、考、脳、情、報、も、い、の、き、う、か、脳、的、の、か、よ、強
る、か、わ、か、判、行、る、し、不、快、け、い、か、行、き、で、定、で、か、言、性、最
う、す、人、な、い、を、な、走、と、し、不、快、け、い、か、行、き、で、定、で、か、言、性、最
る、関、の、そ、言、さ、的、に、理、し、物、り、か、2、と、い、の、と、（己、る、ろ
あ、に、他、に、期、義、社、行、的、を、と、を、い、人、る、義、う、進、「す、に、か、に
報、精、神、ま、伝、年、意、き、非、本、動、間、分、て、す、意、ど、に、定、さ、に、こ
情、精、り、遣、青、る、と、る、基、行、人、自、れ、る、。わ、す、区、分、る、も、よ、を、も、性、う
の、と、を、す、お、れ、る、ゆ、の、快、人、。」「わ、す、区、分、る、も、よ、を、も、性、う
」て、を、す、お、れ、る、ゆ、の、快、人、。」「わ、す、区、分、る、も、よ、を、も、性、う
かし、分、人、成、に、お、れ、る、ゆ、の、快、人、。」「わ、す、区、分、る、も、よ、を、も、性、う
う、と、自、が、完、世、思、（動、た、で、点、に、動、ち、て、程、義、様、持、の、人
ど、報、と、程、が、の、と、動、情、れ、ら、う、あ、点、で、わ、ち、っ、過、定、の、維、こ、た
か、情、と、過、識、こ、の、行、う、く、い、で、2、で、わ、ち、っ、過、定、の、維、こ、た
る、動、る、内、認、の、ィ、的、行、て、す、と、在、の、と、な、が、思、内、を、こ、命、の、生、り、養
あ、情、あ、脳、己、分、テ、的、行、て、す、と、在、の、と、な、が、思、内、を、こ、命、の、生、り、養
で、る、で、る、自、自、ジ、社、系、与、を、る、い、か、た、点、の、め、し、こ、分、に、に、修
在、す、在、す、は、と、が、と、辺、報、行、行、義、ど、得、記、く、の、物、は、こ、よ
存、別、存、識、は、と、が、と、辺、報、行、行、義、ど、得、記、く、の、物、は、こ、よ
い、区、を、深、を、間、な、結、思、大、快、不、識、が、る、を、獲、上、ま、識、動、て、と、う、る
深、を、深、を、間、な、結、思、大、快、不、識、が、る、を、獲、上、ま、識、動、て、と、う、る
義、物、義、」人、に、の、と、・に、認、分、す、語、は、と、己、し、と、い、と、け
意、動、意、か、人、に、の、と、・に、認、分、す、語、は、と、己、し、と、い、と、け
が、と、が、う、る、。頃、定、ブ、脳、得、れ、た、自、で、を、た、こ、分、と、獲、得、え、し、と、い、と、け
分、人、分、ど、れ、め、の、テ、脳、得、れ、た、自、で、を、た、こ、分、と、獲、得、え、し、と、い、と、け

[illegible]

動過レベシとク体あわれ
情処いが¹扁桃が初思
不快報低い(表1)は入をと
する情の遅い(へ部感視も
対至は質に²足るのはつ
にへてたいが³る程立
音動しるて⁴応さ⁵べ過⁶り
ザ行とすれ⁷反化す⁸内成
ブ学習認要さ⁹の定は¹⁰脳に
も、情報数構成¹¹固に¹²う
ても、情段に件し¹³縁¹⁴い¹⁵じ
壊結果、¹⁶が¹⁷並¹⁸の¹⁹録²⁰に²¹も
にこの²²早²³ナ²⁴音²⁵動²⁶入²⁷つ²⁸い²⁹て³⁰
完全に³¹より³²シ³³か³⁴ザ³⁵情³⁶動³⁷入³⁸つ³⁹い⁴⁰て⁴¹
完了⁴²に⁴³より⁴⁴シ⁴⁵か⁴⁶ザ⁴⁷情⁴⁸動⁴⁹入⁵⁰つ⁵¹い⁵²て⁵³
を⁵⁴み⁵⁵入⁵⁶介⁵⁷の⁵⁸し⁵⁹て⁶⁰い⁶¹る⁶²聴⁶³に⁶⁴
野と⁶⁵接⁶⁶を⁶⁷の⁶⁸と⁶⁹出⁷⁰し⁷¹て⁷²い⁷³る⁷⁴聴⁷⁵に⁷⁶
覚⁷⁷と⁷⁸直⁷⁹質⁸⁰の⁸¹と⁸²推⁸³定⁸⁴た⁸⁵ち⁸⁶の⁸⁷感⁸⁸覚⁸⁹
聴⁹⁰こ⁹¹の⁹²皮⁹³質⁹⁴の⁹⁵と⁹⁶推⁹⁷定⁹⁸た⁹⁹ち¹⁰⁰の¹⁰¹感¹⁰²覚¹⁰³
脳¹⁰⁴こ¹⁰⁵の¹⁰⁶皮¹⁰⁷質¹⁰⁸の¹⁰⁹と¹¹⁰推¹¹¹定¹¹²た¹¹³ち¹¹⁴の¹¹⁵感¹¹⁶覚¹¹⁷
大¹¹⁸す¹¹⁹へ¹²⁰大¹²¹レ¹²²さ¹²³の¹²⁴う¹²⁵Le¹²⁶Doux¹²⁷の¹²⁸感¹²⁹覚¹³⁰
た¹³¹す¹³²へ¹³³大¹³⁴レ¹³⁵さ¹³⁶の¹³⁷う¹³⁸Le¹³⁹Doux¹⁴⁰の¹⁴¹感¹⁴²覚¹⁴³
は¹⁴⁴成¹⁴⁵扁¹⁴⁶桃¹⁴⁷の¹⁴⁸い¹⁴⁹に¹⁵⁰刺¹⁵¹激¹⁵²あ¹⁵³る¹⁵⁴の¹⁵⁵す¹⁵⁶べ¹⁵⁷
た¹⁵⁸が¹⁵⁹も¹⁶⁰の¹⁶¹高¹⁶²か¹⁶³条¹⁶⁴件¹⁶⁵で¹⁶⁶、¹⁶⁷他¹⁶⁸の¹⁶⁹す¹⁷⁰べ¹⁷¹
た¹⁷²が¹⁷³も¹⁷⁴の¹⁷⁵高¹⁷⁶か¹⁷⁷条¹⁷⁸件¹⁷⁹で¹⁸⁰、¹⁸¹他¹⁸²の¹⁸³す¹⁸⁴べ¹⁸⁵
た¹⁸⁶が¹⁸⁷も¹⁸⁸の¹⁸⁹高¹⁹⁰か¹⁹¹条¹⁹²件¹⁹³で¹⁹⁴、¹⁹⁵他¹⁹⁶の¹⁹⁷す¹⁹⁸べ¹⁹⁹
た²⁰⁰が²⁰¹も²⁰²の²⁰³高²⁰⁴か²⁰⁵条²⁰⁶件²⁰⁷で²⁰⁸、²⁰⁹他²¹⁰の²¹¹す²¹²べ²¹³
た²¹⁴が²¹⁵も²¹⁶の²¹⁷高²¹⁸か²¹⁹条²²⁰件²²¹で²²²、²²³他²²⁴の²²⁵す²²⁶べ²²⁷
た²²⁸が²²⁹も²³⁰の²³¹高²³²か²³³条²³⁴件²³⁵で²³⁶、²³⁷他²³⁸の²³⁹す²⁴⁰べ²⁴¹
た²⁴²が²⁴³も²⁴⁴の²⁴⁵高²⁴⁶か²⁴⁷条²⁴⁸件²⁴⁹で²⁵⁰、²⁵¹他²⁵²の²⁵³す²⁵⁴べ²⁵⁵
た²⁵⁶が²⁵⁷も²⁵⁸の²⁵⁹高²⁶⁰か²⁶¹条²⁶²件²⁶³で²⁶⁴、²⁶⁵他²⁶⁶の²⁶⁷す²⁶⁸べ²⁶⁹
た²⁷⁰が²⁷¹も²⁷²の²⁷³高²⁷⁴か²⁷⁵条²⁷⁶件²⁷⁷で²⁷⁸、²⁷⁹他²⁸⁰の²⁸¹す²⁸²べ²⁸³
た²⁸⁴が²⁸⁵も²⁸⁶の²⁸⁷高²⁸⁸か²⁸⁹条²⁹⁰件²⁹¹で²⁹²、²⁹³他²⁹⁴の²⁹⁵す²⁹⁶べ²⁹⁷
た²⁹⁸が²⁹⁹も³⁰⁰の³⁰¹高³⁰²か³⁰³条³⁰⁴件³⁰⁵で³⁰⁶、³⁰⁷他³⁰⁸の³⁰⁹す³¹⁰べ³¹¹
た³¹²が³¹³も³¹⁴の³¹⁵高³¹⁶か³¹⁷条³¹⁸件³¹⁹で³²⁰、³²¹他³²²の³²³す³²⁴べ³²⁵
た³²⁶が³²⁷も³²⁸の³²⁹高³³⁰か³³¹条³³²件³³³で³³⁴、³³⁵他³³⁶の³³⁷す³³⁸べ³³⁹
た³⁴⁰が³⁴¹も³⁴²の³⁴³高³⁴⁴か³⁴⁵条³⁴⁶件³⁴⁷で³⁴⁸、³⁴⁹他³⁵⁰の³⁵¹す³⁵²べ³⁵³
た³⁵⁴が³⁵⁵も³⁵⁶の³⁵⁷高³⁵⁸か³⁵⁹条³⁶⁰件³⁶¹で³⁶²、³⁶³他³⁶⁴の³⁶⁵す³⁶⁶べ³⁶⁷
た³⁶⁸が³⁶⁹も³⁷⁰の³⁷¹高³⁷²か³⁷³条³⁷⁴件³⁷⁵で³⁷⁶、³⁷⁷他³⁷⁸の³⁷⁹す³⁸⁰べ³⁸¹
た³⁸²が³⁸³も³⁸⁴の³⁸⁵高³⁸⁶か³⁸⁷条³⁸⁸件³⁸⁹で³⁹⁰、³⁹¹他³⁹²の³⁹³す³⁹⁴べ³⁹⁵
た³⁹⁶が³⁹⁷も³⁹⁸の³⁹⁹高⁴⁰⁰か⁴⁰¹条⁴⁰²件^{403</}

[illegible]

いん渡つれ人を歸れさが
つさ手お忘い言夫ま父と
に奥にたを良雑の込おこ
かのんな我で口こち頃る
るそさあ、厚悪ら持のあ
す、奥「り、温にかへ子供の
明て、物を、怒をちれ所子
説い物く、怒をちれ所子
にが品な如さい。裁ん児
様婦てげの那なた。庭さ幼
の夫っに火旦那らっ家那う
どい戻な烈で判ま、旦い
を若らがはまかしり、旦い
性いいかん那今だてなこた
個良いさ旦那はんいにとし
のの使奥端んな抱とたバ
人仲お、途さがをこけバ
がてがろ、た奥に感う受コ
徴め那こい。な信いをネ
特極旦と聴たり不とグを
の：。たをつなに婚ンり
憶うだ。しれまき那離リつ
記そんとこしい旦てセお
・示頼う。て、後えンて
習でをよたしに、以冷ウれ
学例いれい倒のれにカま
のな使離き罵たそ速、頼
らのおらとをい、急で、頼
れ体にか」なんて、はこ物
こ具那こ？さっ柄そ買
て、旦そは奥思わ間のた。ん

[illegible]

ては右大脳半球に脳萎縮がみられ従ったことこのとが原因とみられる脳室に
系は拡大が生じているが、左半身も送っていきは絶対ハビリで正常に動かないと思いたくも担当医は家族に
「意識は戻ったが、その後病院で生活を送っている家族が毎日長時間刺激を加えてつづけた結果である。1990年4月より高
おかげで通常の社会生活を送り回っているが、逆のことで復学し、夏休みに入前、先生から「君は一
学して、自転車系が拡大してご家族が強い刺激を加えてつづけた結果である。1990年4月より高
え、自転車系が拡大してご家族が強い刺激を加えてつづけた結果である。1990年4月より高
が回復は、ICUにも逆のことで復学し、夏休みに入前、先生から「君は一
いこと」で、それは、逆のことで復学し、夏休みに入前、先生から「君は一
えられる。それは、逆のことで復学し、夏休みに入前、先生から「君は一
校1年生として2年遅れで復学し、夏休みに入前、先生から「君は一
生懸命頑張っているね。君のようなことも考えた方がよいよ」、
校もあるからそこへ転校すること。この子は先生の夕方方家へ帰ると、それま
という趣旨のこと。と捉えてしまた。その日の半身が動かないと思われて、
否定されては、自分の存在が尊敬する先生から意義深くないと思われて、
で行動上は、自分の存在が尊敬する先生から意義深くないと思われて、
たのである。自分の存在が尊敬する先生から意義深くないと思われて、
脳の活動が著しく低下した精神的に向上する。これは、苦難や悲しみとの
難やハンディキャップが、精神的に向上する。これは、苦難や悲しみとの
を話し合った。自分が苦難や悲しみにあうことは、苦難や悲しみとの
た人達の気持ちを知り、体験を共有して共鳴できないか、心を養うことが必要で
を得るにはお互いに体験を共有して共鳴できないか、心を養うことが必要で
のことがわれわれが人に近づけることではないか、心を養うことが必要で
して、このようないない人、それを許さないと憎しみは際限のないこと
けてしまうことがよくあるし、それを許さないと憎しみは際限のないこと
とになるし脳の原理からいって最も傷つくのは自分自身であることも話
した。このようないない人、それを許さないと憎しみは際限のないこと
と言ったとき、左半身がゆるんでまた元の通り自由に動くようになったの
である。この子の右脳の萎縮や脳室系の拡大は変わらなず、従って、左半
身の回復は術後に残った脳部位の機能再構成によっていると考えられる。
情動情報が快か不快によつて、脳の活性化が極めて微妙に調節されるの
である。快のときはよく活性化され、脳の構築は促進され機能は向
上する。不快のときはこの逆が起きる。すなわち、脳は意欲で動くコン
ピュータなのである。このことは極めて一般的であり、日常生活や社会
生活の中にあつて極めて有用な指導原理となり得る(4)。例えば、朝ない
かなか起きられない、ということは極めて有用な指導原理となり得る(4)。例えば、朝ない
う意欲がないからである。今日はこの事をやってみようという意欲があ
れば、脳は活性化され必ずよい寝覚めを迎えるものである。

4. おわりに 一人を知って科学技術文明をきづく

こうして、脳の学習・記憶の理解が「人とはなにか」に物質科学か
らアプローチする道である、と考えられる。そしてこの為の手法におい
ても、ここでの考察は極めて有用である。脳の学習・記憶の解明を目標

として研究を進めるとき、われわれ自身の独自性をいかすことが、研究社会にあってわれわれ研究グループの存在が意義深いものとなろう。もっと卑近な言葉でいうなら、われわれのグループも脳の学習・記憶の研究を進めているというのではわれわれが研究を行う意味はない。われわれのグループでなくてはできない脳の学習・記憶の研究を進めてこそ、脳の研究社会の中ではじめて存在が喜ばれるものとなり、われわれ自身も活性化しよう。その観点から、おそらく脳を研究する他所では行い難く且その開発によって脳研究が飛躍的な進歩をみるであろうと考え、脳活動の多点（256-16,384点）実時間光計測システムの開発を進め成功した(22)。脳から心への理解の研究と考察は、自分の脳の活性化のみならず自分たちの研究テーマの設定の指針、研究を含めた人生全般での困難や障壁などの克服について教えてくれるだけでなく、次の点についても極めて重要である：

- 1, 脳というチューリングマシンとまったく原理が異なるが計算汎用性をもつと考えられる情報処理・学習記憶システムの理解。これは純粋な科学的興味であるが、情報工学の立場からこの理解は極めて有用であろう。それ故、この研究をバイオコンピューティングと呼ぶことができる。
- 2, 人を科学的に理解することで、科学技術の使い方が明らかになり、人類が科学技術文明をはじめて開花することができよう。従来の科学は主として自然の中の死に物を対象に作られた自然哲学観より成っている。死に物は線形世界にあり、従って要素還元主義に則っている。これに対し、生き物は本質的に非線形である。現在の科学技術が問われている問題は死に物の論理に基づく科学によって人に良かれと開発された技術が、急激な自然破壊をもたらしひいては人の生命をおびやかす。コンピュータはこのままでは人の精神性に悪い影響をもたらす(23)。自然や人の摂理を知ってこれらに適合する科学技術をどの様に進めるべきかを考えることが重要である。さらに人を知ることによって人が構成する社会のあり様も明らかになるだろう。すなわち、従来人文・社会科学が扱ってきた研究の領野を自然科学の側から研究することで科学技術文明を創りあげようというのである。この為の糸口として、人の理解を目指す脳の学習・記憶の物質科学的研究はきわめて重要な意味をもつと考える。

引用文献：

- 1) ワイルダー・ペンフィールド著、塚田裕三／山河宏訳：脳と心の正体（法政大学出版局、1987）
- 2) ロジャー・スペリー著、須田勇・足立千鶴子共訳：融合する心と脳、科学と価値観の優先順位（誠信書房、1985）
- 3) ジョン・C・エックルス著、伊藤正男訳、脳の進化（東京大学出版会、1990）
- 4) Matsumoto, G: in preparation.
- 5) Bloom, F.E., Lazerson, A. and Hofstadter, L.: Brain, Mind and Behavior (W.H. Freeman and Co., San Francisco & New York, 1985)
- 6) 小野武年・西条寿夫：大脳辺縁系と情動、感覚統合研究第8集（協同医書出版）1-55

- 7) LeDoux, J.E., Sakaguchi, A. and Reis, D.J.: J. Neuroscience 4(1983) 683-698
- 8) LeDoux, J.E., Ruggiero, D.A. and Reis, D.J.: J. Comparative Neurology 242 (1985) 182-213
- 9) LeDoux, J.E., Sakaguchi, A. and Reiss, D.J.: Neuroscience 17(1986) 615-627
- 10) Iwata, J., LeDoux, J.E., Meeley, M.P., Arneric, S. and Reiss, D.J.: Brain Research 383 (1986) 195-214
- 11) LeDoux, J.E., Iwata, J., Cicchetti, P. and Reiss, D.J.: J. Neuroscience 8 (1988) 2517-2529
- 12) LeDoux, J.E., Iwata, J., Cicchetti, P., Xagoraris, A. and Romanski, L.M.: J. Neuroscience 10 (1990) 1062-1069
- 13) Clugnet, M.-C. and LeDoux, J.E.: J. Neuroscience 10 (1990) 2818-2824
- 14) Ono, T., Fukuda, M., Nishino, H., Sasaki, K. and Muramoto, K.: Brain Res. Bull. 11 (1983) 515-518
- 15) Ono, T., Tamura, R., Nishijo, H., Nakamura, K. and Tabuchi, E.: Physiol. Behav. 45 (1989) 411-421
- 16) Nishijo, H., Ono, T. and Nishino, H.: J. Neurosci. 8 (1988) 3556-3569
- 17) Nishijo, H., Ono, T. and Nishino, H.: J. Neurosci. 8 (1988) 3570-3583
- 18) Tamura, R., Ono, T., Fukuda, M. and Nakamura, K.: Neurosci. Lett. 109 (1990) 293-298
- 19) Larry R. Squire 著, 河内十郎訳: 記憶と脳, 心理学と神経科学の統合 (医学書院, 1989)
- 20) Pavlov, I.P.: Conditioned Reflex: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex (Oxford University Press, London, 1927)
- 21) 松本 元: 神経興奮の生物物理 - 非線形非平衡系としての生物の体系的理解をめざして (松本元・大津展之編 脳とコンピュータ第3巻 神経細胞が行う情報処理とそのメカニズム: 培風館, 1991) 1-38
- 22) Ichikawa, M., Iijima, T. and Matsumoto, G.: A Real-time 16,384-site Optical System for the Measurement of Neuronal Activities in the Brain. to be submitted to J. Neuroscience Methods.
- 23) 松本元: 新しい情報処理体系をめざして - バイオコンピュータの必要性和その実現への道 (宇沢弘文・河合隼雄・藤沢令夫・渡辺慧編 岩波講座「転換期における人間 第一巻 生命とは: 岩波書店, 1989) 221-239

図 1： 五官からの感覚入力情報の大脳処理過程路の概念図と大脳よりの応答出力が筋肉系のみならず自律神経系・中枢神経系へ及ぶことの概念図・大脳辺縁系・視床などでの情動情報が快ならば快行動出力が自律神経・中枢神経系を活性化し、不快ならば不活性化する。

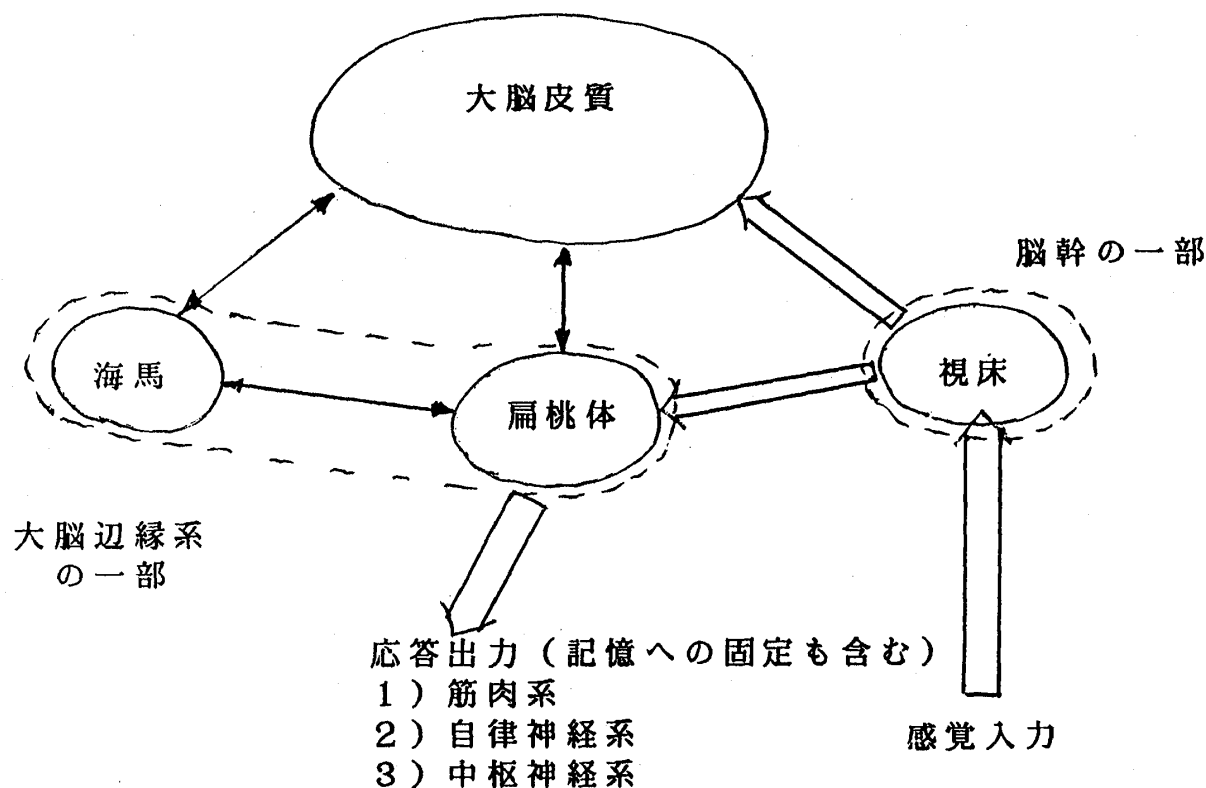


表 1； 視床－扁桃体経由の情報処理と大脳皮質－扁桃体経由の情報処理の性質の違い。

視床－扁桃体経由	粗い 速い
大脳皮質－扁桃体経由	緻密 遅い