

大脳皮質の発火局所を 表象の要素とみなす一試み

志井田 孝

2007年9月 JCSS-TR-62

著者 志井田 孝 (しいだ たかし)

〒312-0017 茨城県ひたちなか市長堀町 3-13-1

(医)温心会 こころと脳の研究所

TEL: 029-273-0930 FAX: 029-276-3632 shiida@ume-tree.info

(C) Takashi Shiida

配布 日本認知科学会事務局

<http://www.jcss.gr.jp/> 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

電気通信大学 電気通信学部 システム工学科内 代表 内海 彰 (うつみ あきら)

TEL/FAX: 042-443-5820 jcss@jcss.gr.jp

目次

章の目次

要約

第1章 研究の方法

第3章 ニューロン、大脳、表象

第4章 パターン検知と行動生成の信号処理

第5章 皮質と表象を結ぶローカス

第6章 心の構えと出来事記憶

第7章 思考と感情のアルゴリズム

第8章 大脳皮質と心の機能不全について

主要文献の解説

おわりに

本文目次

第1章 研究の方法

1-A 本稿のポリシー

確からしい推論、論証

テクニカルタームと一般語

キーワードと基本命題、具体例

1-B 大脳と心の観測

現象、観測、記号系

有向グラフとしての記述

大脳機能の観測

脳の信号流れ図

心の内部観察

表象の状態時系列

1-C 健全な記述は現象を再現する

明確な述語と命題

公理グラフと自然言語の違い

機械のルール、アルゴリズム

大脳的设计原理

脳と心のメンタルモデル

エミュレーションできる記述を

第2章 ニューロン、大脳、表象

2-A 信号変換素子としてのニューロン

ニューロンの細胞体と軸策

ニューロンの潜在結合

スパイク頻度信号

大脳皮質のニューロン

皮質ニューロンのバイアス電位

2-B 大脳の構造と機能

大脳皮質の領野

大脳辺縁系と感情

不安は身を守り、喜びは身を養う

欲求中枢の信号送受

哺乳類の運動生成系

2-C 心の表象の構造

3属性で定義した意識体験

表象は要素からなる

心の舞台の書記と報告役

第3章 皮質と表象を結ぶローカス

3-A パソコンと大脳皮質の階層構造

パソコンの階層構造について

大脳皮質の階層構造

同じ振る舞いをするニューロン群としてのローカス

自動人形と数理オートマトン

オートマトンの記憶とソフトウェア

3-B 皮質の発火局所は表象の要素である

皮質の階層構造とローカス、第一の方法
信号流れ図と表象時系列、第二の方法
表象要素とローカスの対応、第三の方法
ローカスの実態は？

3-C 心の舞台としての意識野

発火ローカスと表象の舞台
心の舞台の観客、何もしない黒子
感情、注意、意図は大脳皮質の機能か？
ローカスに関するまとめ

第4章 パターン検知と行動生成の信号処理

4-A 外界信号の検知

外界を映し出す一次感覚野
高次感覚野におけるパターン検知
準備状態ローカスによる「注意」

4-B シナプスの成長変化について

筋肉細胞とニューロン
Hebb の衝突ルール
「興味」による検知ローカスの形成
検知ローカスにおけるシナプスの固定

4-C 運動パターンの生成

行動の構造
脊髄からの行為パターンの送出
姿勢と行為の時系列
行為の生成における感覚信号の意義

第5章 心の構えと出来事記憶

5-A 「心の構え」について

心の構えを構成するローカス
新ローカス（ネロ）
タイプを打つ行動の分析
ソロバンのイメージ表象
大脳の部位とローカスの性質
発火ローカスの抑制

5-B 連合野ニューロンの自発発火

自発的な発火の定義

自発発火するニューロンが存在する
衝突発火としてのネロ
モードローカスの変化のアルゴリズム

5-C 出来事記憶について

今日の朝食の出来事記憶
出来事記憶の感情タグ
出来事記憶の想起と変容
心の舞台の書記はネロである

第6章 思考と感情のアルゴリズム

6-A 言語、推論と学習

概念ローカスと言語のブロック群
心の舞台の「報告役」は、ネロと発話モードローカスである
外界のオリエンテーションと自我の構造
九九暗算の学習について
出来事記憶、イメージ表象、概念

6-B 3種類の思考： 連想、推論、判断

連想、推論、判断の分類について
出来事記憶の想起における連想
しりとりゲームにおける連想
発火ローカスの選択による判断
発火した概念ローカス群に対する選択
対話と自問自答

6-C 心身の緊張、感情と思考

緊張の心身への影響
思考は感情と不可分である
楽しい思考、悲観、逃避

第7章 皮質と心の機能不全について

7-A 表象の障害、現症

不安の症状
人声の幻聴の性質
人声幻聴とローカスについて
精神機能の活発さの変化
解離とネロの機能障害
行為意図ローカスの切り替え、強迫行為

7-B 大脳皮質への書き込みと人格

学童期の脳の発達

こどもの脳の自発発火ニューロン

心のソフトの玉ネギ構造

人格とは行動の統計的な性質？

支援教育プログラム

7-C 治療のための方便、疾患

操作的な診断について

精神疾患の状態、経過、原因

原因例1、プロテオームの障害

原因例2、可逆性の心的負荷、精神的疲労

原因例3、心的トラウマによる不安

症状、経過、原因に対する治療

Box の目次

第1章 研究の方法

Box 進化と設計について

第2章 ニューロン、大脳皮質、辺縁系

Box 大脳スライスのガラス微小電極による研究

Box 脳における一対一の信号伝達のしくみ

第3章 皮質と表象を結ぶローカス

Box 脳の物理データを完全に記述すれば、心が判るか？

Box 内部観察と物理観察はあい補う

第4章 パターン検知と行動生成の信号処理

Box パーセプトロンによるパターン検知

Box 運動系は Hebb ルールで学習するか？

第5章 心の構えと出来事記憶

Box 決定オートマトンとしての記述

Box 自発発火ニューロンはいかに観測できるか？

第6章 思考と感情のアルゴリズム

Box アソシアトロンと表象要素

第7章 大脳皮質と心の機能不全について

Box てんかん発作と睡眠の脳派

要 約

ニューロンという細胞は、休止し活性化する、計算機などで言えば「素子」エレメントにあたるものである。大脳皮質はニューロンという素子が、複雑に結合されている「機械」である。心つまり精神機能は大脳皮質の働きであり、精神の機能は、大脳皮質のニューロンの機能として理解できる筈である。大脳皮質でニューロンが送受しているものを「信号」と呼んで、また心の中の「状態」を表象と言おう。大脳皮質のニューロン信号は処理され、心の表象が変化する。そういう立場で、この考え、命題の根拠を集め、考察、論証をすすめた。本稿は、大脳皮質の「信号処理」を心の表象の「状態遷移」として理解し、大脳の発火局所を表象の要素とみなす一試みである。

以下に、各章について、概要を述べる。

第一章では、本稿のポリシー、大脳と心の表象の観察について述べ、健全な科学とは現象を再現できることについて解説した。本稿では、「キーワード」、それをつないで記述する文章を、明快にイメージできるものに限定しよう、というポリシーをとった。この方法は、別の言葉で言うと、脳と心のメンタルモデルを作ることであると思われる。現象と記号系の対応を「観測」とよび、記号系を数理グラフとして表現した。

第二章では、ニューロン、大脳皮質、表象についての基本事項をまとめた。はじめに、ニューロンの働きを詳述し、次に、大脳皮質の構造についてまとめた。さらに、表象の三属性と、デカルトの劇場モデルについて述べた。

第三章は、「大脳の発火局所は、表象の要素である」という本稿の基本命題を、3つの方法で導くものである。はじめに、パソコンと大脳皮質の階層構造について述べた。同じ振る舞いをするニューロン群をローカスと呼んだ。次に、本稿の基本命題を導く3つの方法をまとめた。さらに、デカルトの劇場の性質をローカスで考察した。情報処理機械は階層構造をもっており、大脳皮質もまた機械と見なしうる。同じ振る舞いをするニューロン群は近傍にあり、ローカスは大脳の局所であり、また心の表象の要素である。ダーウィンの失われた輪という用法を援用すると、ローカスは脳とところをつなぐ「輪」であり、道具である。大脳皮質のニューロンの上を信号が流れ、ローカスが発火（活性化）し、心の表象が変化する。

第四章では、感覚野と運動野の働きを、パターンの検知とパターンの生成という観点から解説した。パターンの語は、視覚パターンを広く感覚全般に用いた言葉であり、外界の図形、数字、声、鳴き声、などにあたる信号の集合である。はじめに、一次感覚野は、外

界を鏡のように映し出すことを詳述した。次に、シナプスの成長変化と、パターン検知における意義について考察した。さらに、行動における筋肉収縮の総体もパターンと見なされるが、行動パターンの生成に関する知見をまとめた。

ここは、大脳皮質の働きである。感覚野は外界の働きを映し出す鏡のようなものであり、運動野は身体の動きを駆動する。しかし、感覚の検知と運動の生成は、心の働きの一部に過ぎない。大脳皮質で感覚と運動を連合する部分を、連合野と呼んでいる。心の本質的な部分が感覚野、運動野にはないのだとしたら、心とは連合野の働きなのであろう。第五章では、心の能動性を「心の構え」と呼び、連合野の働きを保持ローカス、意図ローカスなどとして記述した。精神機能は、過去の記憶とでも言うべき定型的な信号処理と、ニューロンの自発発火による信号生成の相互作用と考えられた。さらに、以前は使われたことのない新しいローカスをネロと呼び、出来事の記憶について解析した。

第六章では、これまでの考察または論証で得られた道具立てを用いて、思考と感情とについて、実例を解析した。言語と推論の学習についてまとめ、思考を連想、推論、判断に分けて論じ、思考と感情の関係、心身の緊張について考察した。機械はいつも同じに機械的に動くが、この動作の記述をアルゴリズムと言い、この章では、思考と感情を、アルゴリズムとして記述することを試みた。感情は情念という言葉が示すように、行動を統御する大きな因子である。

第七章では、これらの結果を精神障害の理解に応用した。初めに、幻覚、精神活動抑制などを、ローカスの信号処理の障害としての理解することを試みた。次に、大脳皮質のローカスの結合の「書き込み」と人格についてまとめた。さらに、精神的疾患は状態、経過、原因の3要素化からなることを指摘した。幻覚は感覚性のイメージ表象の再構成であり、精神活動抑制は連合野の自律活動の低下であろう。精神疾病の治療は、症状の治療、経過の治療、原因の治療、の3種類に分けられるため、この3つを「操作的に」診断する必要があると思われる。

2007年8月10日 志井田孝

第1章 研究の方法

この章では、研究の方法について述べる。1-Aは、本稿で考察、論証を明確にするためのポリシーである。1-Bは、物体としての脳は信号流れ図、心の表象は状態時系列として記述されることを述べる。1-Cは健全な記述、科学は、現象を再現することを説明する。

キーワード

信号 表象 有向グラフ メンタルモデル 公理グラフ

1-A 本稿のポリシー

本稿では、次のことを心がけた。

確からしい推論、論証

知恵を用いるには、自分の頭でものを考えるのが有効であろう。その道の権威は、いろいろなことを言うが、我々は自分の知力というものをもっており、それは「あれは確からしい」「あれは疑わしい」と言う。この主観的な確率を、知識を書いた命題のあとにつけて、

「人は死ぬ」 100%

とか、

「リンゴは石の上に落ちる」 0%

とか、書くことにしよう。もし、100%の文章を二つ結びつけて新しい文章を作れば、これは100%確かな文章ができる。しかし、片方が0%の文章では、0%の文章しかできない。本稿では、確からしいもの、真理に近いものを大切にし、不確かなこと、些細なこと、嘘くさいものには関わりをもたぬようにした(Shiida, 1985, p.112)。

テクニカルタームと一般語

一般語は、平易にものごとを記述し、我々の扱うものを、明快に述べるのに役立つようだ。これに対し、テクニカルタームは、その背景とする学術領域で使われる、特殊な意味をもっている。一般語で、テクニカルタームの特殊な意味を限定して定義することができる。こうすれば、長い一般語ではなく、短いテクニカルタームを使うことが便利であろう。本稿のテクニカルタームは、本文中で一般語で定義されたもののみを用いるようにした。

キーワードと基本命題、具体例

議論、考察、論証を明確にするには、どうしたらよいのだろうか？ 議論が明確でない、自分で何を考えていたか判らなくなる。また、相手の人は何を聞かされているのか、理解できない。本稿では、明確なイメージをもてる単語と、確からしい命題を用いて推論、議論、考察、論証を行うようにし、議論が何を指しているのか不明な「抽象的な」記述は

避けるように努めた。単語、述語をキーワードとして各章の初めにあげ、キーワードが明確なイメージをもつようにした。これらのキーワードを用いた、確からしい文章、命題を扱うよう心がけた。大脳皮質とニューロンについて、実験データ、観察結果ともに、基本的に異論の出ないような事項を扱ったつもりである。

そして心については、具体的な例をあげて論じた。この具体例により、抽象的議論をさけ、心の基本的な性質を扱いたいと考える。

1-B 大脳と心の観測

脳の測定と心の観測について、現象を観測し、記述系を描くという人間の行為ととらえる立場から述べた (Shiida, 1985 ; 池田, 1998)。脳も心も「現象」として存在しており、私は、現象を観測し、記述する。記述結果である大脳のニューロンの「信号」と心の「状態」について考察し (Shiida, 1985, pp.10-11)。大脳皮質の記述が、矢の上を信号が流れる信号流グラフとなり、心の内部状態 (表象) の記述が、点が状態を示す状態遷移時系列となることを述べた。

現象、観測、記号系

自然現象、社会現象、論理現象を、「現象」と呼ぶことにしよう。現象のおこる場所、現象界は、われわれの精神内界の外にありそこにおこる現象を我々が体験するような、そんな場所である。物理的な世界で起こる物理現象と、情報の世界で起こる現象 (情報処理) は、どちらも現象の語で呼べよう (池田, 1998)。一般に「現象」と呼べるもの、実在しているもの、を考えよう。私は存在しており、人間という私と類似の物も存在している。

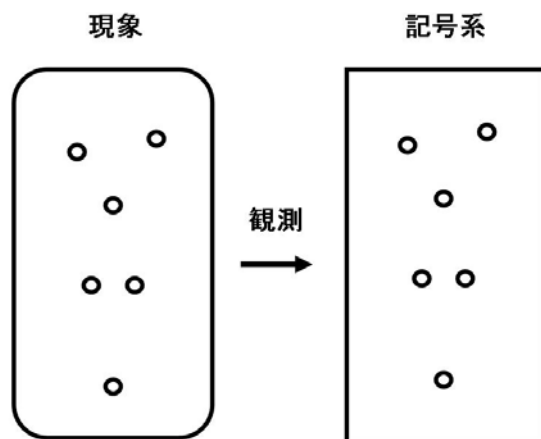


図1 現象とそれを記述した記号系

現象は、人間により、「測定され、観察され」、その結果を記号で記述される (図1)。記

号系は、自然言語、化学記号、数式、計算機言語、などさまざまである。測定、観測、観察、記述は、現象を記号に対応させることであり、この意味で図1の上では同じ矢印で表現できるものであろう。

有向グラフとしての記述

有向グラフ *directed graph* とは、「点」●とそれを結ぶ「矢印」→の集合である (Busacker, 1965, pp.23-31; Shiida, 1985, pp.15-16)。状態を●で描くと、状態は「変化」するので、状態変化を→で描けよう。また物体を●で描くと、物体の間には「関係」があるので、関係を→で描けよう。従って、状態と物体を記述した結果は、有向グラフとなる。

くどい話かも知れないが、三つを指摘したい。第一は、有向グラフとは「●と→の集合」であり、矢印でなく—で結んだときはどうする、という疑問である。線で→でなく線で結ぶ場合は、 $\rightarrow + \leftarrow = -$ とすれば良からうと思う。

現象とは、意識野にのぼるものである。第二は、意識されるものには、状態と物体を区別すれば十分か、という疑問である。人間が関心をもつ基本的なものとして、物体と状態のほかに、「信号」をも論じる必要があるだろう。意識されるものは心の状態の一部であり、物体も信号も、意識状態の一部である。信号は、物体である「伝送路」の状態と定義できるであろう (Shiida, 1985, p.103)。

第三は、物体と状態の関係はどうなっているのか、という疑問である。システムは要素とその関係と定義され (池田・西條, 2003, p.6, p.69)、これは本稿では、「物体」●と「関係」→の有向グラフであろう。物理学の場 *field* というのは、一様なシステムと考えられる。システム、つまり物体と関係の作る有向グラフには、「状態」がある。

大脳機能の観測

大脳の構造は、ホルマリンに浸し脳を硬くする方法、金メッキによるゴルジ染色、顕微鏡の切片を作る技術、などで判る。大脳が動いている様子、機能については、単一ニューロンから記録する方法、脳の血流の画像測定、NIRS、脳の分子の分布の測定、脳波、脳波の加算平均、MRI 装置などの観察手段で測定される (Carter, 1999, pp.38-39; 伊藤編, 2003, pp.371-414)。物体としての記述である解剖学には時間がないが、生体の動き *dynamics* を記述することを生理学と呼んできた。

脳の信号流れ図

計算機と大脳の中には、素子、回路、ブロックがあり、これら間を流れるものを「信号」と呼ぼう。信号の流れを示すグラフは、信号流れ図 *signal flow graph* と呼ばれる。

信号流れ図は、フリップフロップからなるデジタル回路の図面のように、矢印が信号を運び、素子である黒丸で信号処理が起こるものである (図2)。信号流れ図では、→の上に信号が流れ、●は活性化し、信号を送出する。

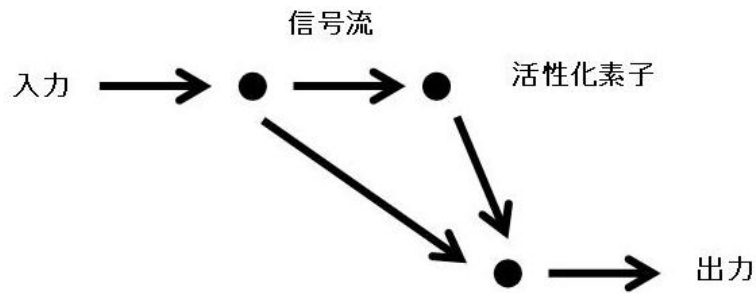


図2 信号流れ図

脳はニューロンの集まりであり、ニューロンは次のニューロンに「信号」を伝達する素子である（第2章 2-A）。ニューロンは信号を運んでいるから、大脳皮質全体が、巨大な信号流れ図と見なせる。大脳皮質の感覚野には外界由来の入力が入り、その一部を活性化する。また、運動野の一部が活性化すると大脳皮質から運動出力が送出される。ニューロンは、矢印である軸策から、「信号流」を受け取る。ニューロンは、活性化し発火していることも、休止していることもある。いま発火した素子が明るく点灯しており、休止状態にある素子が黒いとする、大脳皮質は点灯した部分と暗い部分が散在することになる。

脳の信号流グラフは、外界との接点をもつ。入力を受ける素子を「感覚器」と言い、出力を出す素子を「筋肉」「腺」「内臓筋」などと言う。パソコンの信号流グラフの場合は、マウスとキーボード、マイクの入力をトランジスタ集積回路（IC）がセンスし、ディスプレイ、キーボード、プリンタをICがドライブする。

心の表象の内部観察

心の中には状態または表象がある。心の状態のことを、表象 **representation** と呼ぼう（日本認知科学会編，2004）。

脳の観測手段は多様であるが、心の表象を観測、観察する手段はただ一つであり、これは内観 **introspection** または内部観察 **internal observation** と呼ばれる。

我々が話す内容は内部観察の結果であり、あらゆる文献資料は、心の表象の内部観察の結果を文で書いたものであることになる。感覚表象は描写すれば細微に表現でき、思考内容の表象を言葉で雄弁に語る人がいる。運動生成に関する「手続き的記憶」の表象は、言葉では表しにくい、運動の仕方はやはり言葉で教える。手続き的記憶は、言語表現できるだろうか？ 運動を覚えるには、先生の真似をして身体を動かす必要がある。動作は物理現象として表現でき、手続き的記憶を作る表象変化を、A から B へ、などと、なんとか言葉で表現しコミュニケーションをとるのである。

表象の状態時系列

状態の変化を示すものは状態遷移図 **state transition diagram** と言われる。状態遷移図

とは、学校の始業式のように、開会の言葉、校長先生の挨拶、などと状態の黒点がる様子を矢印で書いたものである（図3）。



図3 状態遷移図

状態遷移図は、●が状態を示す有向グラフで、→は状態の変化つまり状態遷移を示す。一本道の状態遷移図は、時系列と呼ばれる。心の表象は、移ろい変化し、表象の状態遷移は状態時系列である。

計算機のフローチャートは、四角が矢印で結ばれており、四角には信号処理が書いてある。矢印は「次に四角に書いてある処理をする」という意味であるから、矢印は信号処理後の「計算機の内部状態」、レジスタの素子の状態を示す。従って、フローチャートの矢印の状態を●、四角（信号処理）を→と見なすと、フローチャートは状態遷移図となる。

フローチャートの状態遷移図は、計算機の情報処理を示す。心の表象の状態遷移図も、心の情報処理と見なすことができよう。

1-C 健全な記述は現象を再現する

心の中で動かせるメンタルモデル、心と脳のエミュレーションについて説明する。

明確な述語と命題

記述を明晰、判明にして、議論を明確にするために、古代ギリシャ幾何学で「公理」というものが工夫された。公理を用いた記述法を、素朴に書き下すと、次のようになる。

方法1 はじめに用いる述語は、明確なイメージをもつものに限定する。

方法2 確からしい事実を、述語を用いて、公理として書き下す。

方法3 公理を用いて推論する。

方法1の述語、単語は「無定義語」と呼ばれるが、無定義語の関係を述べた文章、命題が公理である。

公理グラフと自然言語の違い

公理系で、無定義語を●と→で描くと、公理は、●と→の集まりとなる。この公理グラ

フの特徴は、●と→の種類が、極端に少ないもので、

AかつB → C

の形の状態遷移、帰納推論のみを許すことであろう。公理グラフでは、●と→の種類が、公理に書かれた種類に限定されている。

さて「文字列」は、「文→字→列」と描けば、三つの異なった●を→で結ぶグラフとなる。我々が話す言語を「自然言語」というと、自然言語は発音される時系列であり、また文章として意味構造をもつ有向グラフである(Glass, 1979, p.250)。しかし自然言語では、●はほぼ無限であり、基本命題にあたる「単語の定義」は、人と場合によりさまざまである。

機械のルール、アルゴリズム

機械は「機械的に」動くものである。機械が動くルールをアルゴリズムと呼ぼう。アルゴリズムは、機械の内部状態を●で描くと、●と状態変化→のあつまり、有向グラフである。機械のアルゴリズムは、公理グラフの一種と見なせよう。公理グラフには時間がないものもあるが、機械は物理的な存在であり、機械のルール、アルゴリズムには、必ず時間が入っている。

大脳的设计原理

大脳は複雑な系であり、人間が作った機械ではない。しかし、脳は「自然という神」が進化で設計した機械のようであり、脳には、設計原理、仕様書があるであろう(伊藤, 1980)。

人間の知性を真似てノイマン型計算機が作られ、感情を真似てアイボ型ロボットが作られた。ノイマン型計算機的设计原理は、意識野を真似たレジスタで計算し、記憶装置に結果や計算手順をしまうものであり(von Neumann, 1957)、アイボ型ロボット的设计原理は、感情状態を人間に似た仕方で環境入力から決め、感情状態によりロボットの行動を変えるものである(佐部 et al, 2003)。人間の一部を真似た機械が存在することは、人間が機械と見なせる一つの証左であろう。

脳と心のメンタルモデル

複雑な系を人間が理解するとき、心の表象に「モデル」が作られる。これをメンタルモデルと言う(日本認知科学会編, 2004)。人が複雑な原子力発電装置を操作できるのは、その機械のメンタルモデルを心の中で動かし、このボタンを押すと装置がどう動くか予測できるからである。計算機システムであるパソコンは、複雑きわまりない系であるが、これを私はメンタルモデルに従い、いま操作している。

メンタルモデルは機械の内部状態をイメージでき、またその変化を心でたどれるものであるから、かなり小さな有向グラフであろう。時間で動くという意味で、メンタルモデルは動的 dynamic グラフである。公理系が明快にイメージできる対象、現象を描くものであ

と言うならば、公理系は対象、現象のメンタルモデルを作るものである、と言えるであろう。メンタルモデルは、「こうなることが多い」という確率的な記述をも許しているようである。

「意味ある動作」をする系は、その系を人間が扱うことが出来る限り、いかに複雑であろうと、その設計図、設計原理、仕様書に当たるメンタルモデルが存在するであろう。人間が人間とつき合えるのは、相手のメンタルモデルをもっているからで、これは人間がアルゴリズムで動くことを意味するであろう。

エミュレーションできる記述を

現象の記述系が良いものであり、公理グラフ、動的グラフとなれば、それは現象を予測する。ニュートン物理学は天体の運動を予測し、占星術の対象を厳密科学としたのであった。脳は進化の歴史を DNA に保持する複雑な系ではあるが、「設計思想」をもつ機械である限り、脳と心の記述系はその動きを予測しうるであろう。

人間が相手の心のメンタルモデルを自分の心で動かすことは、計算機が他の計算機の動作を模擬 emulate することと相似である。この意味で、心の表象の記述系による予測を「エミュレーション」と呼ぼう（戸田, 1987）。戸田は若い女性のエミュレーションシステムを試作し、NENE と名づけたのであった。

本稿では、大脳皮質を「目的をもつ機械」とみなして、扱う話題を限定し、記述された記号系がエミュレーションできるものであるように努めた。だが、本稿には信号の流れしか書いてない。「時間はどうするのだ」ということになるだろうが、時間パラメータは、我々の内観・内部観察の観測結果に合うように決める、という立場をとる。

文 献

- Busacker, R. G. & Saaty, T. L. (1965). *Finite Graphs and Networks: An Introduction with Applications*. McGraw-Hill.
- Carter, R. (1998). *Mapping the Mind*. Orion. (藤井留美訳(1999). 『脳と心の地形図 思考・感情・意識の深淵に向かって』. 原書房.)
- Glass, A. L, Hlyoak, K. J. & Santa, J. L. (1979). *Cognition*. Addison-Wesley Publishing Company.
- 池田 清彦(1998) . 『構造主義的科学論の冒険』. 講談社学術文庫.
- 池田 清彦・西條 剛央 (2003). 『科学の剣 哲学の魔法 構造主義化学論から構造構成主義への継承』. 北大路書房: 京都.
- 伊藤 正男 (1980). 『脳の設計図』. 中央公論社.
- 伊藤 正男編 (2003). 『脳神経科学』. 三輪書店.
- 日本認知科学会編 (2004). 『デジタル認知科学辞典』. 共立出版.
- 佐部 浩太郎 外 1 名:発明者, 出願人:ソニー株式会社, (国際公開日 2003). 『ロボット装置、

ロボット装置の制御方法、表示方法及び提供媒体』 国際出願番号 PCT/JP99/04957, 出願日 : 1999-9-10, 公開番号 WO00/15396.

Shiida, T. (1985). *Man as a Machine -- Philosophical Essays*. Isebu: Tsukuba City.

戸田 正直(1987). 『認知理論に基づく社会的相互作用の解明』 . 昭和 61 年度科学研究費補助金研究成果報告書.

von Neumann, J. (1957). *The Computer and the Brain*. Yale University Press. (飯島 泰蔵・猪股 修二・熊田 衛訳. (1964). 『電子計算機と頭脳』 . 東京:ラテイス.)

BOX ARTICLES

進化と設計について

DNA には本に似た情報が書かれ、環境により DNA は変化する。諸法は無我であり、DNA 変化は中立である。そして、環境に残ったものが、再製される。複雑な生物が現れるのは、DNA が長くなるからに過ぎない。

ここでは、複雑な生物が現れる興味で、話を限定しよう。DNA 情報のうち、環境にとって「意味あるもの」が将来に伝えられ、意味あるものが増える現象が「進化」なのであろう。意味あるものを作るのは、意味意図のある仕様書に従い機械を作ることと同じである。この意味で、生物の複雑な構造が増える現象を「設計」と呼んで良いのではないか。

大脳皮質はどこでも 6 層であるが、だいぶ広い体積を占め、また記憶を蓄える場所である。大脳皮質を作る DNA 情報は、「六層を作れ」、「ブロック A とブロック B をつなげ」という二種類の命令で可能であろう。大脳皮質を作る DNA の長さは、脳全体の DNA の長さの小部分、大脳 DNA 情報が 100MB なら、大脳皮質の DNA は 2MB 程度とかに過ぎないのではなかろうか。大脳皮質の設計原理は、六層で汎用記憶能力を得たことにあるとも言えよう。

また逆に、人間が設計したもの、例えば家電製品は、進化するようだ。電気ポットという製品は、消費者の使用環境により選択され、その操作性、性能が、恐竜のように複雑化したり、ワンタッチ化で単純化する（哺乳類型？）歴史的な変化が見られた。

第2章 ニューロン、大脳、表象

第2章では、はじめにニューロンの基本的な性質を詳述した。ニューロンは活性化してスパイク信号を発生し、これを次のニューロンに伝える。次に、大脳皮質の基本的な性質、感情がどのような部分で信号処理されているかについて要約を試みた。最後に、心の表象の構造について考察した。

キーワード

ニューロン シナプス 信号 大脳辺縁系 表象の要素

2-A 信号変換素子としてのニューロン

ニューロンの構造について説明し、信号を定義し、信号を変換する「素子」としての性質について解説を試みた (Guanong, 2001; 日本認知科学会編, 2004)。ニューロンは信号を伝える物体●であり、その結合を→で描くと、脳は信号流グラフとなる。

ニューロンの細胞体と軸策

ニューロンは細胞体、軸策、シナプスボタンの3つの部分からなっている (図1)。細胞体には核があり、タンパク質が合成される。ここに材料やエネルギーを送るものが、グリ

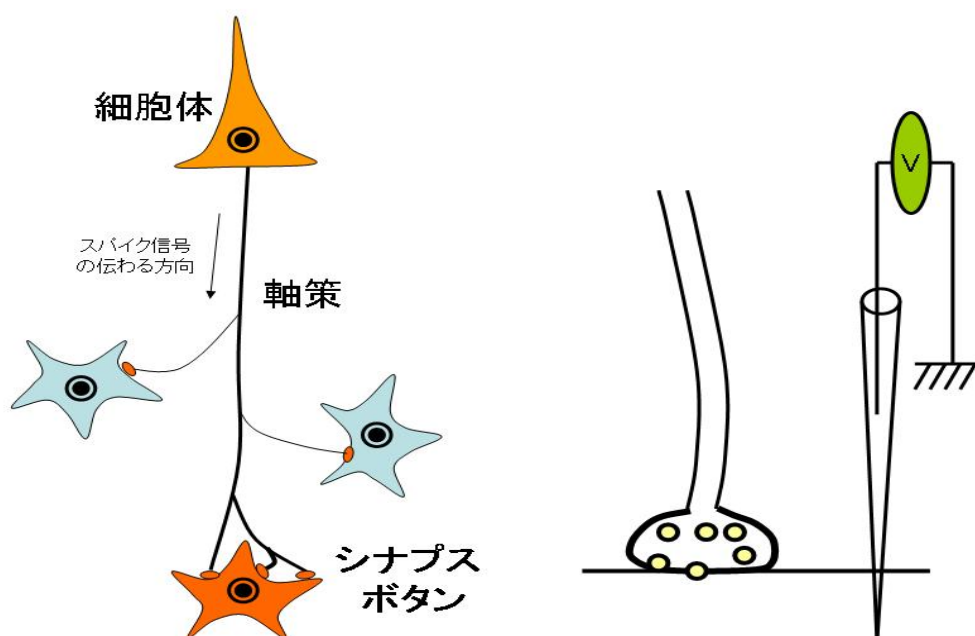


図1 ニューロンの細胞体と軸策、シナプスボタン、細胞体の電位

アである。脳はニューロンとグリアの二種類の細胞からなっている。ニューロンは活性化して発火し、脳で行われる信号処理を行う。これに対して、グリアは活性化せず、ニューロンの代謝を補助する。グリア細胞は、計算機の電源装置に当たると言えようか。

軸策を通して、細胞体で合成されたシナプス小胞が、シナプスに運ばれる。図Bのように、シナプスボタンは雨蛙の手の膨らんだ指のような形をしており、次のニューロンの細胞体の上にはり付いている。シナプスボタンには多くのシナプス小胞がある。シナプスにスパイク信号が到達すると、小胞が分泌されて、次の細胞体の電位を変える。ここで、細胞体にはガラスでできた微小な電極がさしてあり、電極の中には電気を伝える溶液が詰めてある。電極の先は開いていて、ガラスのチューブの中の液は細胞の中の液体と接しているのである。電極の先端の電位は、大脳の外につけた他の電極をゼロ電位として、増幅器に繋いで、測定する(Eccles, 1957)。

シナプス小胞が一個放出されると、細胞体の電位が変化し、その変化量はシナプス小胞の数に比例する。次の節で述べるスパイク信号は、軸策と細胞体の境で発生され、そこからシナプスボタンの方に進行する。軸策は長い紐のような形をしている。大脳皮質の運動野から出た軸策でいちばん長いものは脊髓の腰の部分まで到達し、背の高い人では、70 cmにも及ぶことになる。

ニューロンの潜在結合

ニューロンは、お互いに潜在的な結合をもっている。潜在結合というのは、「どのニューロンがどのニューロンにシナプスを作る」という DNA の情報をもとに、脳に出来上がったシナプス結合のことである。ニューロンは発達過程で、その突起を伸ばして、結合する相手を求めるのである。一本の軸策は多くのニューロン群にシナプス結合し、発散 **diverge** している。逆に、ニューロン一個から見ると、シナプスボタンが集まり、シナプスが収束 **converge** している (図 2)。ニューロンの信号流れ図は、入力で収束し、出力軸策は多くのニューロンの上に発散するのである。

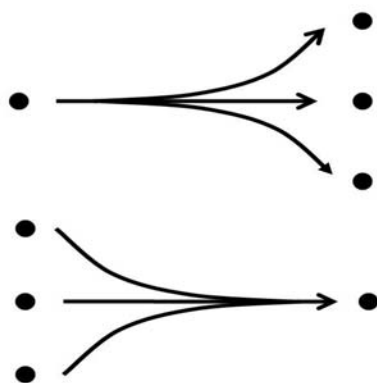


図 2 ニューロンの発散と収束

潜在結合は、ニューロンの種類と近さをもとに、広く、あまねく、弱く存在するものである。中継ニューロンの細胞体が、一層を成しているとしよう。この層に入力信号を送る軸策は発散し（図2上）、一つのニューロンの発火信号は、次のニューロン層で、多くのニューロンに広がってしまう。

スパイク頻度信号

分泌されるシナプス小胞の数は、ボタンに到達したスパイク信号の頻度に比例する（図3）。また、次の細胞体の電位変化は、分泌されたシナプス小胞の数に比例する。従って、スパイク信号の頻度は、次の細胞体の電位変化を決定することになる。図aでは、bの赤矢印のように電位があがり、しばらくして、青矢印のように電位が下がったときのスパイク頻度の変化を示している。

さて「信号」とは何であろうか？ 信号とは、何かを誰かに伝えるものである。ニューロンのスパイク頻度は、次のニューロンに電位変化を伝える。この意味でスパイク頻度1 Hz、2 Hz、3 Hz、・・・という連続量は、「信号」である。軸策上のスパイク頻度を、スパイク頻度信号 spike-frequency signal と呼ぼう。

スパイク信号は、細胞体と軸策の境で発生する。スパイク頻度は、図bのように、細胞体の電位に比例する。電位が高くなると（図の赤→）、スパイク頻度は上がる。電位が低くなると（図の青→）、スパイク頻度は下がる。この比例部分より低い電位では、スパイク信号は発生しない。また最高頻度に到達すると、電位がそれ以上に上がってもその頻度のままである(酒田, 1970)。電極からの電気信号をスピーカに繋ぐと、スパイク信号はバツバツ

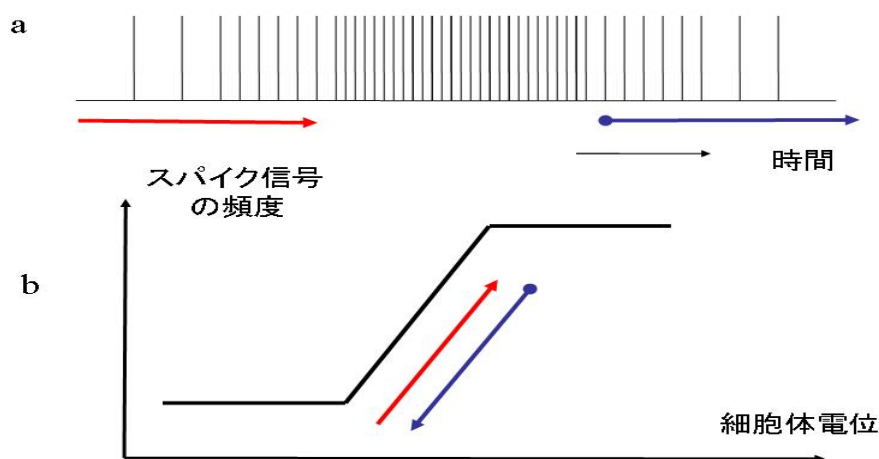


図3 a スパイク頻度信号 3 b 細胞体の電位とスパイク頻度信号の関係

と銃の音のように聞こえる。スパイク信号が発生している様子を、銃の連射に例えて「発火」と呼ぼう。

分泌されるシナプス小胞が細胞体の電位を上げる場合と、下げる場合がある。電位を上げるシナプスを興奮性シナプス、下げるシナプスを抑制性シナプスと呼ぶ。感覚信号を中継するには興奮性のシナプスが使われる。興奮性か抑制性かは、ニューロンによって、シナプスによって、決まっている。

ニューロンの状態には、スパイクを出している発火状態、スパイク信号の無い休止状態、すぐにスパイクを発射できる準備状態、の3つを区別できよう。

大脳皮質のニューロン

大脳皮質を薄く切って切片にして、ニッスル染色というニューロンの細胞体が染まる色素で染色すると、図4のように何種類かのニューロンがあり、6層に分けられる。

上から1、2、3と数えると、第5層のニューロン細胞は、ピラミッド細胞と名付けられている。ピラミッド細胞は、大脳皮質の外へも軸策を延ばしている。いちばん大きいピラミッド細胞は、運動野の脚の部分にあり、この軸策は数十cmもあるから、その軸策の栄養を補給する細胞体が大きいのも、当然であろう。他の場所のピラミッド細胞は、反対の半球に軸策を送ったり、近くの大脳の領野に軸策を送るだけであるから、大きさが小さい。また、感覚信号を受け取る場所では星状ニューロンが発達したりしている。ピラミッド細胞は興奮性であるが、他の5種類の細胞が興奮性か抑制性かは判っていない。

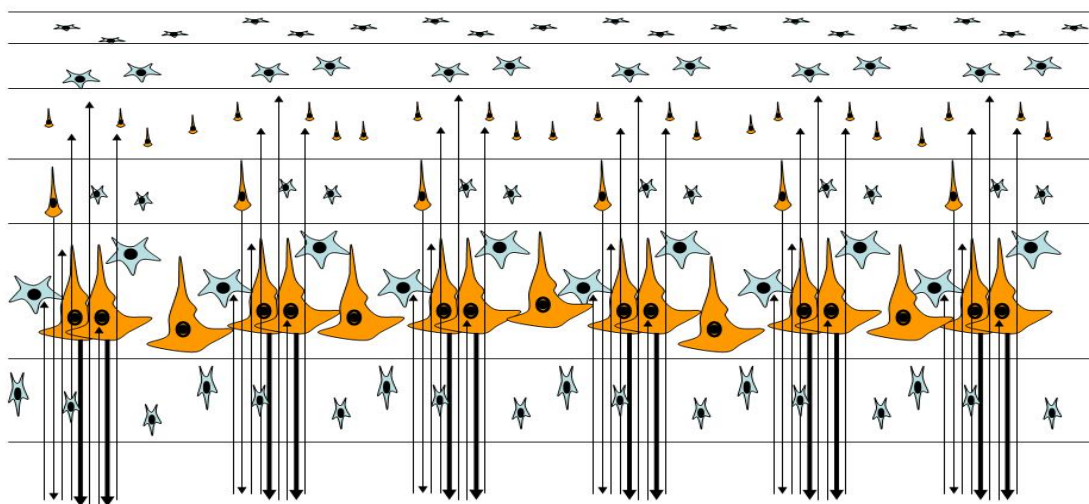


図4 大脳皮質の6層とニューロン

図4は、上が外表で、下が皮質と大脳他の部分とのつながりである。大脳皮質に入ってくる軸策は、下から垂直に入っている。軸策は一樣に分布しておらず、図のように「束

を成す(House & Pansky, 1967, p.450)。この軸策は発散し、入力信号はこの辺りにばら撒かれるであろう。ニューロンの結合相手が、近くにバラっとあるので、入力軸策の束のある近傍のニューロンは、似た振る舞いをするようになると思われる。

皮質ニューロンのバイアス電位

ニューロンの細胞内電位が、電位・頻度関係で、比例し単調増加する部分の中央にあれば、最高100Hz出るニューロンなら、50Hzでスパイク信号を出すであろう。もしニューロンの細胞内電位が、電位・頻度関係で、スパイクを出さない左の水平部分のいちばん右ならば、興奮性のシナプスからシナプス小胞がでると、直ぐに発火する。しかし、スパイクを出さない左の水平部分のかなり左ならば、これは多少の量の興奮性入力があっても、発火しない。このように、ニューロンは細胞内電位がどこに中点をもつかで、信号伝達が大いに異なる。ニューロンの細胞内電位の中点を、トランジスタ回路の用語を用いて、バイアス電位と名づけよう。

ここで、大脳皮質が精神機能を現すときの信号伝達について考察しよう。大脳皮質は、眠ったり、おきて信号処理をしたり、状態が変化する。眠っているときは、外界の入力が、ピラミッド細胞に届かないらしい。眠っているときのピラミッド細胞のバイアス電位は、かなり低いのであろう。おきて信号処理するとき、ピラミッド細胞のバイアス電位がスパイクを出さない左の水平部分のいちばん右、準備状態にあると都合が良からう。また、他の5種類のニューロンも、適当なバイアス電位を保ち、きちんと働いているはずである。

B 大脳皮質の構造と領野

脳は、大脳、小脳、脊髄と分かれ、大脳の表面(皮)は大脳皮質と呼ばれる。感情と欲求は、人間の精神機能を定める重要なものであり、これは進化の過程で、大脳皮質より古く現れたもので、生物が環境に生き延びるために役立っている。

大脳皮質の領野

頭蓋骨の下にある大脳は、ちょうど球の形をしている(House & Pansky, 1967; 融, 2006, pp.26-35)。球体である大脳は、右と左に分かれ、それぞれを右半球、左半球と呼ぶ。この左半球と右半球を結ぶのが脳のはり、脳梁(リウ) (図5 c c)である。大脳の表面を、大脳皮質と呼ぶ。大脳皮質は5mm程度の厚さである。眼球(eye)からの信号は、大脳皮質の後ろの視覚野(V)に流れ込む。耳からの信号はもっと前の聴覚野(A)に流れ込み、身体表面からの信号は身体感覚野(sS)に流れ込む。右の人差し指を曲げるなどの運動出力は、運動野(M)から送出される。運動野は、身体感覚野と深い溝をはさんで、あい対している。言葉を読む運動出力は、運動野の下方のBroca野(vM)から送出される。

大脳皮質は、このように場所によって機能が異なる。大脳皮質の感覚性の領野は、その軸策を次の高次感覚野に送り、次には終に連合野に至る。連合野は、感覚と運動を連合す

るという意味で、連合野と名づけられたもので、大脳皮質の視覚、聴覚、体感などの感覚野、運動野を除いた部分が、連合野ということになる。連合野の領野は、お互いに軸策を送り、受け取り、密につながっている。連合野の領野から、運動に関係した領野に軸策が送られ、それは終に運動野に至る。

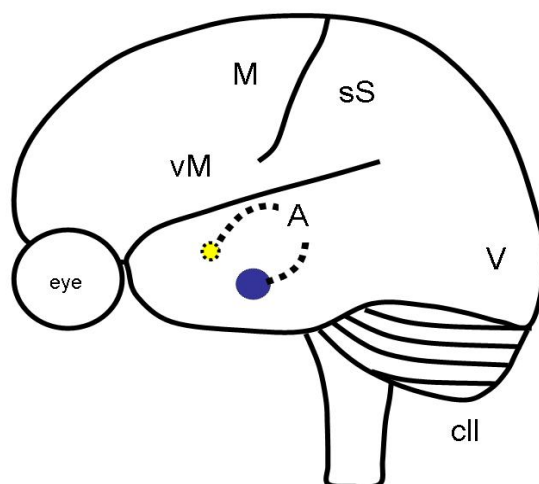


図 5 A (左) 大脳左半球の表面 (左が眼球)

大脳皮質が失われると、精神機能がなくなる。このため、精神機能は大脳皮質の機能であることが判る。また、大能皮質の感覚野と運動野の機能が動物で調べられたが、これは人の心の中にある表象の一部であった。

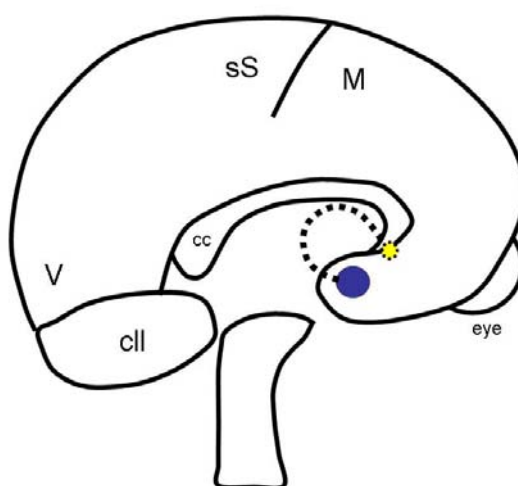


図 5 B (右) 大脳左半球の内面

大脳の下方面にあるのが小脳(CII)である。小脳は運動学習を蓄えるところであり、キーボードで単語を打とうと意図しただけで、指運動を意図しなくても良いのは、指を連続して動かす運動記憶が小脳に蓄えられているからである。

大脳辺縁系と感情

大脳の奥の方、大脳の内部の中央に大脳辺縁系があり、これは感情を司る部分である (Guanong, 2001; Adreassen, 2001, pp.96-98)。大脳辺縁系の後ろの部分は、アーモンドのような形をしており扁桃体と呼ばれる。扁桃体は、不安や恐怖の中枢である (図5では、青で示してある)。つまり、不安と恐怖は心で感じるものであるが、不安中枢の扁桃体が電気刺激などで活動すると我々は不安、恐怖を感じ、逆に、不安を感じている時に扁桃体のニューロンが活動する。

辺縁系の前の部分は快感の中枢であり (図5の黄色)、辺縁系は不安、快感という感情を感じる系である。不安、恐怖は、身体を緊張させ、また食欲、性欲などが満たされると快感が起こる。図6は、大脳辺縁系と欲求中枢など他の部位との結合を示すものである。

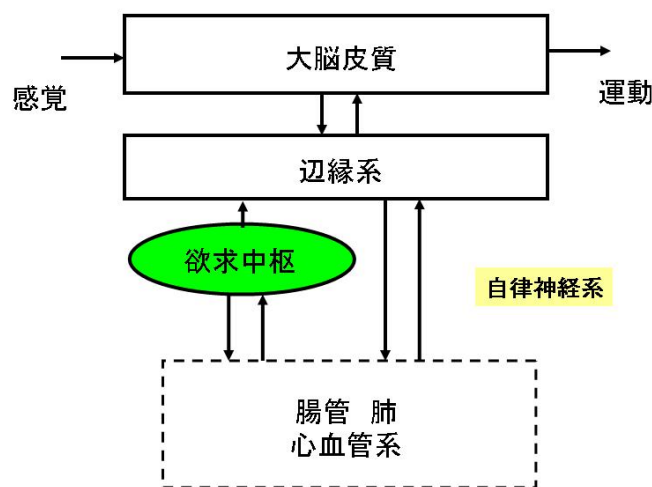


図6 大脳辺縁系と欲求中枢

感情には、不安・恐怖、快感の他に、怒り、悲しみがある。怒りは、攻撃行動を誘発し、肉食動物では獲物の食物を得て生存するために重要である。快感の中枢の上部に、刺激すると動物が怒りのポーズを取る場所があり、これは怒りの中枢と言えよう。悲しみは、涙を流すことと関係が深く、やはり辺縁系の部位がその中枢と考えられる。大脳辺縁系は感情の中枢であり、脳梁の上の大脳皮質 (帯状回) と信号をやり取りする。

不安は身を守り、喜びは身を養う

サル扁桃体を切除すると、サルは平気で蛇に手を出し、咬まれてしまう。不安は、過去の体験から生存が危機にあると判断されるときに誘発され、逃避行動を起こす。不安の感情は、危険から身を守るために重要である。また、お腹が空いて食事をとると、人間は快感を感じる。快感は、欲求が満たされ生存が安全となったときに感ずるものである。動物は環境が安全で快いときに、「喜び」を感じる。喜びまたは快感は、身体の代謝を盛んにして、身を養うことと関係が深いようである。

快感は欲求中枢のモニター役であり、不安は生存の安全弁の役をしている。魚類、両生類、爬虫類の感情は、鈍い。感情が発達したのは、哺乳類からであり、感情というアーキタイプは、動物の行動を決定する最も重要なものであろう（戸田, 1988）。大人は、感情に理屈をつけ、奇妙な理論を体系化するが、子供は感情をそのまま出すようだ。

欲求中枢の信号送受

大脳辺縁系の下に、欲求の中枢がある。欲求中枢には、食欲中枢、飲水中枢、性欲中枢などの生命と固体の維持に大切な場所である。欲求が満たされると、快感の中枢である大脳辺縁系の前部に信号が送られる。

欲求中枢は、自律神経系を介して腸管、肺、心血管系と信号をやり取りする。自律神経系には、不安や怒りで働く交感神経と、リラックスした時に働く副交感神経がある。交感神経が活動すると、血圧が上がり心拍が速くなる。副交感神経が働くと、消化液が分泌され腸管が動く（Guanong, 2001）。

哺乳類の運動生成系

脳で運動を生成する部分は非常に大きな構造体であり、それには小脳、大脳基底核（レンズ核、淡蒼球、尾状核など）がある。大脳基底核は、姿勢を発生する部位であることが知られている。

運動を学習するとき、そのプロセスの初期の状態では、運動を、意識される「随意運動」として行う。しかし、学習が出来上がると、「行動、行為を意識する」だけで、運動の構成要素は意識せずに、運動が遂行される。

この運動の学習は、小脳のシナプスの成長変化でおこることが知られている。小脳と大脳皮質は、ともに同じ層を成した構造が、非常に大きな体積を占めているが、この層構造というのはシナプスの成長変化に適した構造のようである。

2-C 心の表象の構造

心の表象は、心の「中にあるもの」を指す言葉である。表象と意識体験について、古来から言われてきた性質をまとめてみよう。

3 属性で定義した意識体験

R.デカルトは、意識野を舞台のスポットライトの当たった部分にたとえた。「意識する」という言葉は、「心の舞台に登場する」という意味をもっている。意識という語はいろいろな意味で使われるが、付帯条件を課して狭い意味で定義することを試み、これを意識体験と呼ぼう。

第一に、意識体験の内容は、変化し、流れる。

第二に、意識体験は、記憶され、想起される。

第三に、意識体験されたことは、言語表現される。

表象は要素からなる

第一属性の「流れる」ことを分析しよう。

表象の中身を、内部観察で考えると、表象は、その「一部」が変化しており、一時に表象が全て変わることは無いようだ。この文章を書いているときも、「書こう」という意図、目で見ている画面、考えの内容、などは変化せず、打つ単語が変化しているだけである。意識体験は流れているが、流れによって、表象の部分、部分が変わるのであろう。部分、部分が変わることは、表象が部分に分解できることを意味する。この内部観察の結果を、別の表現を使えば、

「表象は要素からなる」

ことになる。

表象が要素からなることは、「心の中には、運動、感覚、意図などの種々のものがある」という観察結果から、当然でもある。表象は意識体験そのものであり、デカルトの舞台の「役者」は、表象の要素であると言ってよからう。

表象の舞台の書記と報告役

意識体験の第二属性は、この舞台の内容が、記憶され、想起されることを述べている。これは他のただ演じるだけの役者ではない、「書記役」がいることを示している。また、第三属性は、この舞台を観察し、皮質の言語野に報告を出す、「報告役」がいることを示している。

報告役は、書記の書いたものを見て報告するのか、自分が一人で報告するのか、そこらの詮索は今はやめよう。しかし、短期記憶が障害され、書記がうまく仕事できない人間でも、心を表現する言葉を話すから、一応、書記と報告役は、別の役としておく。記憶にもれた表象の要素、言語表現にもれた表象の要素、これらは時に、「潜在意識」「下意識」などと称されるようである。

意識体験の三属性に従うと、表象の舞台には、ただの役者、書記、報告役、の三種類の役者がおり、表象は3種類の要素からなることになる。書記と報告役は、舞台の上にいる役者ではなく、舞台を見ている観客だ、と言えるかもしれない。

文 献

- Andreasen, N. C. (2001). *Brave New Brain*. Oxford University Press. (武田 雅俊・岡崎 裕士監訳『脳から心の地図を読む: 精神の病を克服するために』東京: 新曜社).
- Eccles, J. C. (1957). *The Physiology of Nerve Cells*. Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- Guanong, W. F. (2001). *Review of Medical Physiology*. Lange.
- House, E. R. & Pansky, B. (1967). *A Functional Approach to Neuroanatomy*. McGraw-Hill.
- 伊藤 正男 (1966). 『ニューロン回路』. In 日本生物物理学会編『神経の生物物理』.
- 日本認知科学会編 (2004). 『デジタル認知科学辞典』. 共立出版.
- 酒田 英夫 (1970). 『ニューロンの電気現象』. In 岩井 善彦・玉重 三男・古河 太郎編. 『生物電気』. 55-92. 南江堂東京.
- 志井田 孝 (1977). 『内側膝状体の聴覚中継細胞の電気生理学的研究』. 博士論文: 東京大学.
- 戸田 正直 (1988). 行動プランについて: 感情のアージ理論拡張の試み. 『認知科学の発展』 **1**, 189-209. 日本認知科学会.
- 融 道男(2006). 『図解雑学 心と脳の関係』. ナツメ社.

大脳スライスのガラス微小電極による研究

大脳皮質のニューロンの働きは、実は良く判っていない。心、精神機能に対する我々の関心の深さから見て、また大脳皮質の病気を理解するために、大脳皮質のニューロンの信号伝達機能を調べることは、意義あることであろう。

ニューロン一個の働きを調べるような細さをもった電極を、微小電極と呼ぶ。そして、ガラスの中に電解質の溶液を満した微小電極を、ニューロンに刺すと、細胞体の電位を測定できる。

しかし、動物の大脳に微小電極を差しても、大脳ニューロンは血管の拍動と共に動いており、ニューロンの外からスパイク電位を、安定して、記録するのは、なかなか困難である。ましてや、細胞内電位はなかなか測り難い。

脳の一部をアメリカパンのスライスのような形に切り出して、水溶液の中で生かす技術がある。このようにして得られた大脳皮質のスライスを用いて研究すると、大脳皮質ニューロンの信号伝達機能が、安定して記録されると期待される。

脳における一対一の信号伝達のしくみ

図7は視床シヨウのニューロンを示している。視床は、大脳皮質の入り口の門番のようなところで、感覚信号は、ここを通過して大脳皮質に達する。蝸牛の聴覚パターンは大脳皮質に一対一で伝えられており、一次感覚野は、忠実に、蝸牛の発火状況を再現している。従

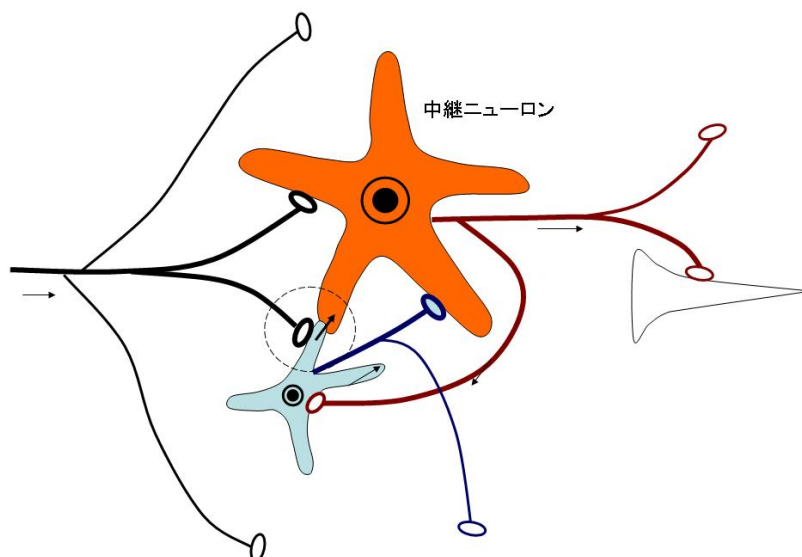


図7 二種類の抑制を行う介在ニューロン

って、聴覚視床は、一対一に信号を伝達する筈である。

しかしながら、単に興奮性ニューロンのみが、潜在結合で繋がっているとすると、一つのニューロンの発火は、次のニューロン層でいくつものニューロンに発散し、また時間的にも、一時点の発火が、持続する細胞内電位を誘発し、発火が持続することが知られている（図7）。時間空間的に一対一の信号の中継を行うには、どのような仕組みがあるのだろうか？ 視床などの興奮性の中継ニューロンの間には、抑制性の介在ニューロンがある。これらの介在ニューロンの性質を調べると、抑制性であることが判った(志井田, 1977)。抑制には、二種類あり、「シナプス後」抑制と、「シナプス前」抑制と呼ばれる（伊藤, 1966, pp.205-245）。図7の破線丸で示した「シナプス前」抑制のほうが、時間的に早く働く。

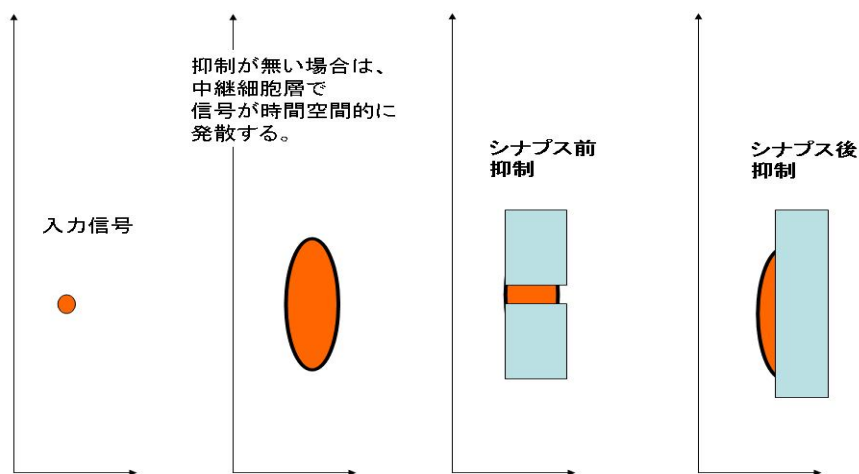


図8 入力信号のニューロン層での広がりとその抑制

シナプス前の抑制と、遅れて働くシナプス後の抑制の二つにより、一対一の信号伝達がなされるのであろう（図8）。図の横軸は時間を、縦軸はニューロンの分布を示している。脳では、信号が発散するのが当たり前で、一対一に信号伝達するほうがかえって難しい。上に説明した機序は、細胞内電位で実証されたものではないが、脳がツジツマの合う信号伝達を行うためには、必要な機序である。

第3章 皮質と表象を結ぶローカス

この章では、本稿の中心概念であるローカスについて述べる。

精神機能は脳皮質の働きである。我々は感覚野の活動を心で感じる。また、運動野の随意的な運動は、心から送出される。つまり、脳皮質の感覚野と運動野の働きは、心の中に映し出される。連合野の働きが心に映し出されるか否かについては、「そうだ」という保証はないのであるが、本稿では連合野についても、

「脳皮質の働きは、心の中に映し出される」

ことを正しいという立場をとるとする。つまり、本稿のよって立つ基本命題は、次のような皮質主義とでもいうものである。

脳皮質の働きが精神機能であり、また逆に、精神機能は脳皮質の働きである。

A パソコンと脳皮質の階層構造

パソコンと脳皮質の階層構造についてまとめた。階層構造により、情報処機械の内部状態（表象）は、ブロック、回路、素子に対応した部分表象に分解できる。

パソコンの階層構造について

パソコンは、キーボード、マウス、ディスプレイ、スピーカをもつ計算機である。パソコンは物体、物理的な存在として、シリコンなどの分子からなりたっているが、シリコン分子の構造のグラフは、トランジスタなどの素子を形成する。この素子の有向グラフはフリップフロップなどの回路を構成し、回路のグラフはCPU、グラフィックICなどのブ

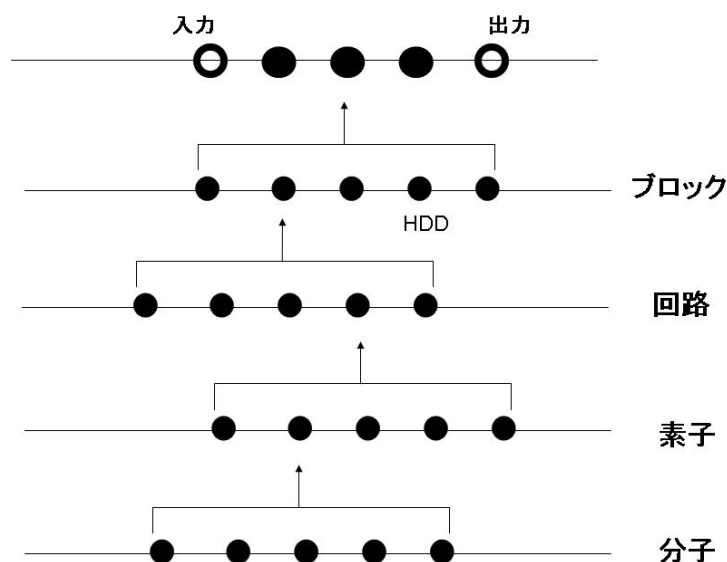


図1 パソコンの階層構造

ロックとなる。

単位が集まって違う種類の単位を作ること、図1のように描くと、層状になり、これを階層構造と呼んでいる。ここで、「上の階層の●は、下の階層の有向グラフである」と言えよう。矢印↑は、「形成する」ことを示しており、●は各々の層の中で → の「関係」でつながっている。パソコンの箱に入った部分は、中枢処理ボード、HDD などからなっている。ブロックはブロックダイアグラムというグラフを作り、HDD を除くブロックはフリップフロップ回路（ゲート）のつながった結線図であり、回路はトランジスタ素子の回路図である。

機械というのは目的にそって動くように工夫して作られており、分子が多少みだれても「素子」が安定して動き、素子が乱れても「回路」が安定して動くようになっている。

大脳皮質の階層構造

パソコンの型の計算機では、ブロックとして CPU、IC メモリと、HDD がある。これに対して、大脳皮質の信号処理機械としての特性は、構成単位の「ブロック」が全てニューロンであり、どの領野も層の厚さ、ニューロンの大きさの違いこそあれ、同じ種類からなることにある(von Neumann, 1957)。

大脳皮質はどこも同じ六層のニューロンからなるが、入出力経路により、視覚野、聴覚野、運動野などの領野に分かれ、これは図1のブロックにあたる。大脳皮質も、ニューロン素子、領野というブロック、感覚器、筋肉などの入出力装置をもっており、図1と相似の階層構造をなす。

同じ振る舞いをするニューロン群としてのローカス

さて、図1の「回路」に当たるものは、一個のニューロンであろうか、それともニューロン群であろうか。ニューロンを調べてみると、1個では動作が不安定だろうと思われるが、それが集まると安定した動作が可能となる(von Neumann, 1956)。また、微小電極で大脳皮質を調べると、近傍にあるニューロンが同一の振る舞いをしていることが判る。

不安定なPN接合を01回路として安定させるように、皮質がニューロン群として動作することは、安定さを保証するものであろう。安定した「回路」からなることは、精神機能を担う機械として、好ましい事態である。

同じ振る舞いをするニューロン群を、脳の局所 local site という意味で、ローカス locus と呼ぼう。ローカスは、ニューロンと同じく、休止、準備、発火の状態をもつことになる。

自動人形と数理オートマトン

昔の職人は、お茶を運んだり、ピアノを弾いたり、ゲームをしたりする自動人形を作った。この自動人形は、人間に似せてつくられたものであり、人間や脳の研究者にはとても興味深い。現在のコンピュータを内蔵したロボットは、この自動人形の現代版である。機

械というものは融通のきかないもので、その動作は「機械的に」決まっている。規則的で機械的なものは、数式でアルゴリズムとして表現できる(Shiida, 1985, p.105)。数理表現された自動人形を、数理オートマトンと呼ぼう。

分子、素子、回路、ブロックの階層は機械内部であるが、最上位の階層は、機械に対する入力、機械からの出力、機械の入力部、本体、出力部からなっている。パソコンはディスプレイとキーボードをつけた計算機であり、大脳皮質に感覚系と運動系をつけたものに相当する。素子、回路、ブロックの階層では、信号が流れており、最上位階層では情報が流れている。つまり、パソコンも脳も、その最上位の階層では、



のオートマトンとなる。この最上位の階層で流れるものを、本稿では、「情報」と定義しよう。

オートマトンの記憶とソフトウェア

また、パソコンと大脳は、ともに記憶する機能がある。記憶されたものを、パソコンのソフトウェアの語を借り、「ソフト」とよぶことにしよう。

計算機では、回路結合を複雑にしてやると、ソフトで書いたものと同じ動作ができるが、ソフトの方が手直ししやすいので、こちらが好まれる。大脳の「ソフト」は、次の章で述べるように、シナプスの成長変化により結線変化として保持され、人間は過去を脳に刻み込まれてしまう。ハードウェア、ソフトウェアの語にならうと、皮質はこの中間であり、ファームウェアと呼ばれることもある。

B 皮質の発火局所は表象要素である

ここで、本稿の基本である「皮質の発火局所、発火ローカスは、表象要素である」ことを、導こう。これには、三つの方法を用いる。第一は、パソコンと皮質の階層構造(図1)から、最上位の階層で処理される情報は、心では表象にあたり、表象は、領野の状態グラフ、領野の状態は素子であるローカスの状態グラフからなる、というものである。また第二は、皮質の信号流れ図と表象の時系列の対応を用いるものである。第三は、表象は要素からなり、皮質の発火ローカスが変化すると、「大脳皮質の働きは、心の中に映し出される」ので、心の表象の一部が変化する、というものである。

皮質の階層構造とローカス、第一の方法

基本命題を導く第一の方法は、図1の階層構造を用いるものである。大脳皮質の場合は、階層構造が、分子はDNA 蛋白系、素子はニューロン、回路はローカス、最上位階層は、大脳皮質、感覚器と感覚系、運動系と筋肉、ということになるろう。

精神機能という情報処理、心の表象変化は、階層の最上位の●として、登場する。

1 大脳皮質は心という情報処理機械の中心部であり、入出力情報を処理するのは、心の表象である。

2 心の表象は、ブロックである領野の部分状態に分かれ、ブロックの内部状態はローカスの部分状態に分かれる。

3 発火ローカスが、信号を送出する。

つまり、大脳皮質の内部状態は、ローカスの特性（どういう役割をする素子か）と、発火ローカスを指定することで、表現できる。

従って、「表象要素は、発火ローカスである」。

信号流れ図と表象時系列、第二の方法

第1章 1-B で述べたように、大脳皮質のニューロンは、信号流れ図をなす。ここで、同じ振る舞いをするニューロン群がローカスなので、大脳皮質はローカスからなる信号流グラフとなる。表象の遷移は、発火ローカスが決定する。また大脳皮質の働きを内部観察すると、精神機能は表象の状態時系列となり、表象は要素からなる。「大脳皮質の働きが、心の中に映し出される」ので、これら二つの記述結果、「信号流れ図」、「表象の状態時系列」は同じものである。つまり、大脳皮質の信号流グラフの状態が、表象時系列の●つまり、心の状態（表象）に他ならないことを意味している。

従って、「表象要素は、発火ローカスである」。

表象要素とローカスの対応、第三の方法

大脳皮質は、ニューロンが集まってできている。大脳皮質は、同じ振る舞いをするニューロン群、ローカスの集合である。

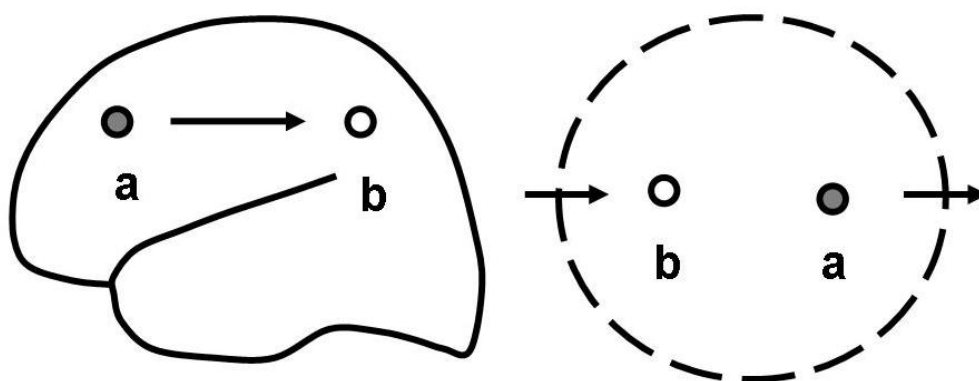


図2 皮質の信号流による心の表象要素の変化

大脳皮質のローカスが発火し、それが他のローカスに信号を送ったとしよう。図2のように、ローカスbが信号を受け取り発火し、発火ローカスaが休止したとする。

さてこの時、心では、何が起こるであろうか？ 「大脳皮質の働きは、心の中に映し出される」のであるから、「心の要素」aの活性化が終わり、「心の要素」aが心から出て行き、他の「心の要素」bが心に入ってくるであろう。

従って、「表象要素は、発火ローカスである」。

このロジックを整理しよう。心に関する命題は#M、脳に関するものは#の記号を用いて書く。

#M 心の表象は、要素からなる。

#M 表象要素は、活性化したり、休止したりする。

#B 大脳皮質は、発火し、準備、休止状態となるローカスからなる。

従って、活性化した（心理学的な）表象の要素は、（生理学的には）発火ローカスである。

C 心の舞台は発火ローカスの集まり

前節の結論である「皮質の発火局所は表象要素である」ことは、これから本稿で用いる基本的な命題である。この命題に従い、この節以降では、発火ローカスと表象要素を、同じ意味で用いる。

「ローカスは心の要素であり大脳皮質の発火局所である」というのであるから、ローカスは、心におこる現象と脳におこる現象を繋いでおり、本稿は脳心一元論であることになる。ローカスは本稿の基本的な道具であり、概念的な武器である。

「表象要素が発火ローカスである」という命題が、どのくらい信用できるだろうか？ これは、本稿でこれから行う論証が意識体験の性質をどの程度よく説明するか、心の舞台の観客である、「書記」、「報告役」まで説明できるか、などで判定されるであろう。

発火ローカスと心の舞台

我々の心の中を内観で、のぞいて見よう。我々の心には、耳から音による情報が入り、体表から皮膚感覚情報が入り、目から視覚情報が入り、眼球を動かす情報が出て行き、音声を発生する情報が生成され、運動行為を発生する情報が出て行く。この他に心は、考えたり、注意したり、意図したり、外界を認知している情報を保ったりしている（図3）。

心は、「スポットライトの当たった舞台の上で役者が劇を演じている」ことに例えられ、図は心の劇場モデルと呼ばれる。心の表象は、図の○にあたる「要素」、発火ローカスから出来ている。劇場モデルは心の表象を要素に分解しており、「要素」は心の舞台の役者にあたる。

考えている内容が変わると、心の要素が外へ出て行く。心の中と外は、破線で示されており、この破線上にある灰色の要素は、こころの舞台に直ぐに表れることができると準備しているか、出て行く途中のもので、準備状態のローカスにあたる。これは、「意識

の縁量エンフ fringe」と呼ばれるものに相当するであろう(デジタル認知科学辞典, 2004)。新たなことに注意を向けると、その仕事をする要素が破線上に現れる。

役者は個性をもっているが、その演じる「劇」とは、お互いに影響を及ぼしあい、また舞台に登場するか、舞台から去るか、それだけに過ぎない。これは発火ローカスが他のどのローカスに信号を送るかの差異で、ローカスは「舞台に表れる」、「舞台の端に立つ」、「舞台から出て行く」の3つの動作しかしないことで理解できよう。この意味で、ローカスは小人 homunculus ではない。

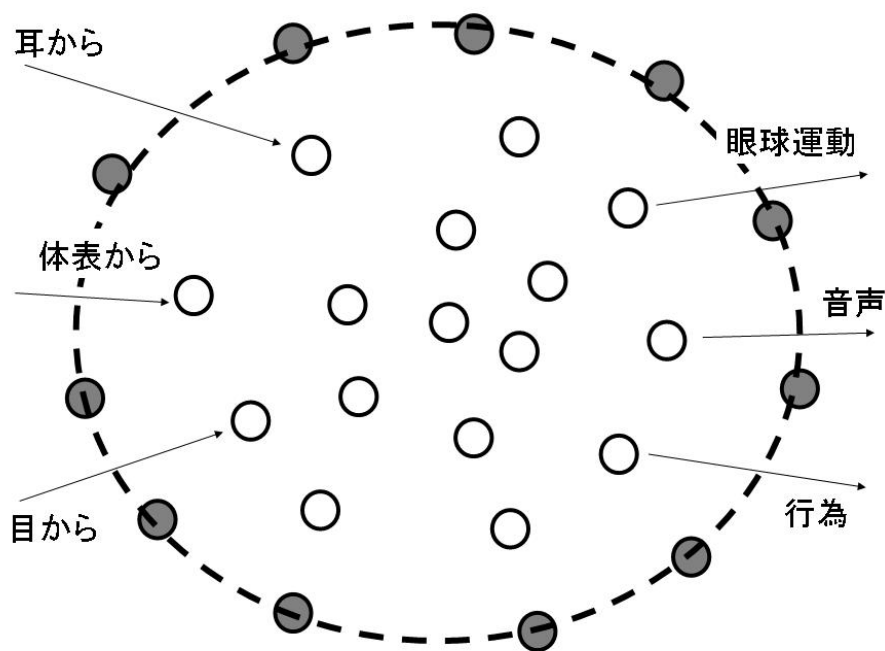


図3 心の舞台

心の舞台の観客、何もしない黒子

ここで、意識体験の3属性で述べた、書記と報告役について考えよう。書記と報告役は、大脳のニューロンの働きであろうから「心の舞台」の上にいるのであろうが、彼らは心の舞台の劇を見る観客でもある。大脳皮質イコール「心の舞台」であり、大脳皮質で図3に対応した部位をクリスマスツリーの電球のように光らせて表示すると、図4となる。書記と報告役は、大脳皮質のどこにいるのであろうか？

心の舞台の観客の書記と報告役には、次の性質が要求される。

第一に、書記と報告役には、舞台の全体が見える。

第二に、書記は、見たものを記憶する。

第三に、報告役は、見たものを言語領野に信号として送る。

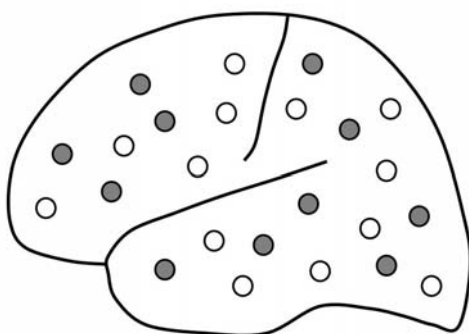


図4 心の舞台に対応した大脳皮質の状態

ここで、発火ローカスのみが信号を出し、他のローカスに影響を及ぼす。図に描いてない休止したローカスは、心の舞台に何の影響もない。これを、心の舞台の「黒子」ローカスと呼ぼう。日本の能舞の黒子は、役者の着替えを手伝う。しかし、心の舞台の「黒子」ローカスは、全く何もしない、在っても無くてもよいもの、である。「黒子」ローカスは無視できるもので、「スポットライトの外に出て行く」と言ってもよいだろうし、「舞台にいるが真っ黒くて見えない」と言ってもよいし、どちらでも OK だと考えられる。黒子が占領しては舞台が狭くなる、といっても、ローカスはもともと小さな局所なのである。

図3をデカルトの劇場、図4を透明頭蓋クリスマスツリーと呼び、図4では信号の流れも見えらる。劇場の役者の相互作用は複雑だが、透明頭蓋クリスマスツリーでは、相互作用は信号の流れとして見えることになる。第5章、第6章で述べるように、書記は「ネロ」、報告役は「ネロと発話モードローカス」と考えられるのだが、この二つとも劇場に登場する。ネロは、今までに発火したことのない新しい new locus のことである。ネロは役者としては一人であろうが、その局在はあやしいところがあり、物理的位置を示す「透明頭蓋クリスマスツリー」でネロがどう見えるかは興味深い。

感情、注意、意図は大脳皮質の機能か？

ここで「皮質主義」について、細かく、検討しよう。

視覚野では、網膜の部分に対応したニューロンがシート状に並んでおり、ここに外界の出来事が鏡のように映し出され、これは皆、心の中に現れるものであった。

事実： 大脳皮質の感覚野の働きは、心の舞台に現れる。

大脳皮質の運動野には、体の部位に対応したニューロンが並んでいる。心が指示して何かをするときに、この部分が働く。

事実： 大脳皮質の運動野の働きは、心の舞台に現れる。

さて、学習された運動は、心がちょっと「やろう」と思えば出来てしまう。この行動の

意図も意識体験に現れる。感覚に対する注意、運動を行う意図、思考、これらも大脳皮質の働きであろうか？ 大脳皮質が失われると、心が無くなる。注意、意図、思考も心の働きである。だからこの疑問の答は、たぶん YES だろう。こう思われるのであるが、心の入力系と出力系が失われると、心の舞台は真ん中の○だけの丸裸になってしまう。心が丸裸だから、注意、意図、思考がなくなるのかも知れない。注意、意図、思考は、大脳皮質の働きであると証明されたとは言えない。本稿では、次の命題を仮説として扱い、注意、意図、思考を、ローカスの信号処理としてモデル化して行くことにしよう。

仮説： 感覚に対する注意、運動を行う意図、思考は、大脳皮質の働きである。

ここで仮説であると述べたが、ルリヤの連合野切除実験（融, 2006, p.34）は上の仮説を事実とみなせる知見である。

また感情は大脳辺縁系の働きであるが、大脳辺縁系は大脳皮質ではない。感情は、大脳皮質に正確に表現されるのだろうか？ 感情に対しても、皮質主義をとり、大脳皮質の働きであるとしよう。

仮説： 感情は、大脳皮質に表現される。

帯状回の軸索の結合を考え、「大脳辺縁系と大脳皮質の間が切断されると、感情を記憶することができなくなる」という症例エリオットの観察事実（Carter, 1999, pp.115-116）で「間」を帯状回と読み替えると、上の仮説も事実らしく思われてくる。また、感情が思考に広範な影響をもつことは、大脳皮質の間の信号の送受として理解しうるようにも考えられる。

ローカスの実態は？

大脳皮質の機能は、場所、場所で異なり、局在している。染色して顕微鏡で見ると、大脳皮質に入ってくる軸索は、縞状に束をなしている。またネコの大脳皮質で、スクリー

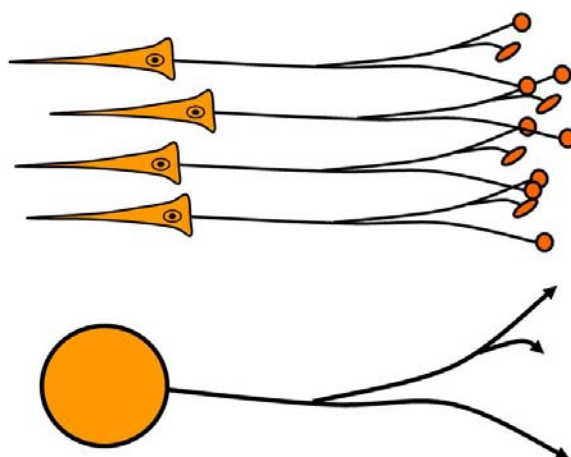


図5 大脳の局所のニューロンの集まりと、局所状態

ンの上の光刺激を見せて、近くのニューロンの活動を記録すると、同じふる舞いをするニューロンが柱状に並んでいる。また、ニューロン一個では、それが死んでしまえば無くなるが、心の要素のローカスは割りと安定して動く。一個のニューロンは誤動作もあろうが、多くのニューロンがローカスとして同じ機能を行えば、動作が安定するであろう。

図5には、ローカスをピラミッド細胞の集まりとして書いてある。大脳皮質は6層、六種類以上のニューロン群からなるが、一つのピラミッド・ニューロンが働くためには、他の5種類の介在ニューロンが、バイアス電位を良い値に保ち、共同で働くのであろう。

ローカスに関するまとめ

ここで、「皮質の発火ローカスは、表象要素である」「心の表象は、発火ローカスの集まりである」とみなす立場についてまとめておく。

- 1 ローカスは、休止、準備、発火の3つの状態をもつ。
- 2 発火ローカスは、信号を送出する。
- 3 信号を受け取ったローカスは、状態を変える。

ニューロンでは内部状態が連続量であり、休止、準備、発火の3つは連続量だが、定性的に3つで十分ならばそれで議論をすすめる。また、状態の変わる方向は、興奮と抑制の二つがある。

文 献

Carter, R. (1998). *Mapping the Mind*. Orion. (藤井留美訳(1999). 『脳と心の地形図 思考・感情・意識の深淵に向かって』. 原書房.)

日本認知科学会編 (2004). 『デジタル認知科学辞典』. 共立出版.

Shiida, T. (1985). *Man as a Machine -- Philosophical Essays*. Isebu: Tsukuba City.

von Neumann, J. (1956) . Probabilistic Logics and the Synthesis of Reliable Organism From Unreliable Components. In Shananon, C. E. & McCarthy, J. (Ed.), *Automata Studies*, Princeton: Princeton University Press.

von Neumann, J. (1957). *The Computer and the Brain*. Yale University Press. (飯島・猪股・熊田訳. (1964). 『電子計算機と頭脳』. ラテイス・丸善.)

BOX ARTICLES

脳の物理データを完全に記述すれば、心が判るか？

現実的な計算可能性を離れて、原理的に、考察をすすめよう。大脳の「機能画像データ」が、完全に今の状態を示すとする。また、大脳の「ニューロンの繋がり」が、完全に記述されたとする。脳の現状データに、ニューロンの繋がりデータを加えて計算すれば、大脳の現在の信号処理状況から、次の時点の信号の分布が判るであろう。今の機能画像データをニューロン結合で処理し、次の時点の機能画像データを予測できるはずである。

しかし、大脳の論文はみな、加算平均して物理データを得ており、表象データを援用して、結論を導くというのが実情である。物理現象・表象の対応なしで論文が書けない理由は、なぜだろうか？ 脳の物理現象をたとえ完全に記述したとしても、我々の知りたいのは、脳の物理現象と精神機能の対応であり、脳の状態遷移のみが判っても不満である。我々が知りたいのは、「自閉的な大脳自身」ではなく、相手の大脳皮質との付き合い方の方である。

計算機を透明にして、ゲートに発光ダイオードをつければ、計算機の物理データが視覚的に得られよう。これは、タスクマネージャよりは、計算機がフリーズした状況を良く示すであろう。同様に、対話している相手の脳の状態が光って見えるようにしたら、頭蓋骨が透明で活動しているニューロンが光っていたとしたら、どうだろうか？ 人間は、対話をもとに相手の心を推測し、どこがどう働くか、だんだん判るようになり、相手が話さなくとも、性的欲求レベルが見える、という事態になるかも知れない。しかし、これはやはり、脳の物理現象を、精神機能と対応させていることになる。

内部観察と物理観測はあい補う

心を内部観測して話すときに、我々は相手の知りたそうなところだけを話すだけで、内容豊かな表象すべてを表現するのは不可能である。

機能画像データは、心の全体を示しているのであろうが、観測結果がなかなか得にくく、どう解釈するかに苦勞する。得られた複雑な観察データを、脳が破壊されたときの観察結果、大脳皮質のどこが働くかの知見（機能局在論）を援用し、解釈することになる。

脳の物理的観測と精神機能の内部観察は、相補いあうものである。本稿の仕事は、脳の物理データと表象データの二つをもとに、考察、論証をすすめる試みである。

第4章 パターン検知と行動生成の信号処理

文字を見ると、網膜で文字パターンが検知され、視神経の上に文字の信号の集まりができる。こういう信号の集まりを「パターン」と呼ぼう。音声も、声紋と言われるようにやはり感覚信号のパターンである。パターンの語は、視覚パターンを、広く感覚全般に用いた言葉であり、外界の図形、数字、声、鳴き声、などにあたる信号の集合である。また、行動はある目的をもった行為の時系列であるが、これは四肢の筋肉の上のパターンと見なすことができる。この章では、感覚パターンが検知され、行動パターンが生成されるメカニズムを考察する。パターン検知は、工学で言う「パターン認識」(日本認知科学会編, 2004) にならって定義された言葉であるが、認識は高次精神機能であるので本稿では「検知」と呼んだ。

心は外界で何が起きているかを検知し、感覚パターンの検知は、心のいわば「耳目」である。また、考えを音声として発生するのは、音声の時系列の運動パターンが生成されるからであり、運動パターンの生成は、心のいわば「手足」であるといえよう。こころの耳目と手足について考察するのが、この章の主題である。心の表象のローカスで、注意に対応したものを注意ローカス *attentioner locus*、意図に対応したものを意図ローカス *setter locus*、検知結果に対応したものを検知ローカス *detector locus* と呼ぼう。

キーワード

パターン 検知ローカス 注意 Hebb の衝突ルール 行動

4-A 外界信号の検知

大脳皮質は、まえの章で述べたように、ローカスの集まりと見なせる。潜在結合により、一つのローカスには多くのローカスからの信号が集まり、収束する。検知ローカスは、一時感覚野からの信号の収束したローカスであり、シナプスの収束に対応している。この意味で、パターンの検知は、脳にとって自然な信号処理であろう。

外界を映し出す一次感覚野

眼球は、カメラの構造に似ており、レンズ（水晶体）と感光面にあたる網膜がある。一次視覚野は網膜に対応したシート状であり。ここに網膜に映った像と同じものが発火ローカスの像パターンとして写る。また蝸牛は周波数を解析し、有毛細胞を経て、一次聴覚野に信号が運ばれる。一時聴覚野には音の周波数に対応したニューロンが列を作って並んでおり、蝸牛が検出したと同じ音の像（声紋）が、発火ローカスの声紋パターンとして描かれる。

体性感覚野の上にニューロンが検出する身体の部位を描くと、身体の形を描ける (Andreasen, 2001, p.76; Guanong, 2001, pp.7-9; 融, 2006, pp.31-32)。脳の上には足

があり、顔や手は脳の下方向にある。背中などの感覚の鈍いところは面積が小さく、唇や手などは非常に大きい面積を占めている。

このように一時感覚野には外界が映し出され、この意味で一時感覚野は外界の鏡にすぎない。我々の心は外界を認知しているから、大脳皮質に外界の鏡としてのローカス群があることは、話の合ったことである。

高次視覚野におけるパターン検知

高次の感覚領野は、外界を映し出した一次感覚野のローカスから信号を受け取る。心は文字や顔を認識したり、音声を認識したりする。文字や顔を認識する部位は、高次の感覚領野である。つまり、高次の感覚野には感覚パターンの検知ローカスがある。

文字の認識技術は、郵便番号の認識装置、道路でのナンバープレート読取装置、印刷文字のOCRなどとして、日常で応用されている。これは文字パターンの特徴を抽出し、それを文字として出力する情報処理装置である。一次視覚野の視覚パターンを示すローカス群は、高次感覚野の検知ローカスに信号を送る（図1）。人間は文字を認識できるから、一次視覚野の視覚パターンが高次視覚野に運ばれ、ここで特徴検知、読み取りなどが行われると考えられよう。

一次視覚野のAという文字パターンは、特徴の抽出が行われ、その結果が認識系の言語領野に送られ、意味情報「A」を取り出す。また、人の顔の検知ローカスは非常に大きい部位に分布しており、顔からは「A」というような文字に対応した意味情報をとりださないが、表情の現わす感情、その人物同定などの処理が行われる。顔の検知ローカスの数が非常に多いのは、人間の社会関係の発達に対応したものと思われる。

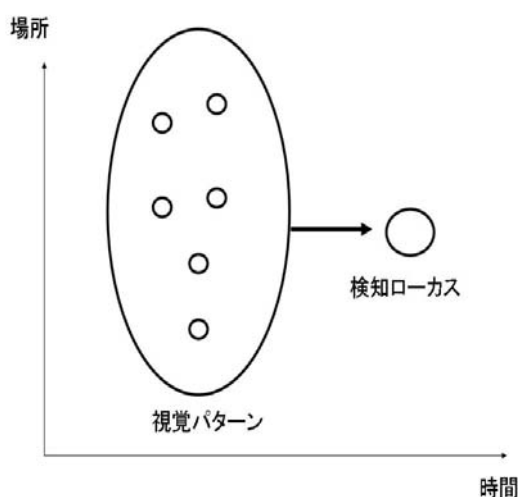


図1 一次視覚野の視覚パターンと検知ローカス

音声のパターンは、ソナグラム、または指紋に例えて「声紋」と呼ばれる。音声の認識

装置は、日本の議会で速記の代替として使われている。人間の音声認知は、一次感覚野の声紋パターンが、特徴検知ローカスを経て音声検知ローカスを発火させて行われると考えられる。

準備状態ローカスによる「注意」

ここは、外界の全てを検知するのではなく、その意味のあるものを選び出している。このメカニズムを「注意」と呼ぼう。人間は注意を払ったものだけを検知し、注意をしない外界事象を無視する。たとえばパーティーで会話が飛び交っている時でも、注意を向けた音声だけを意味あるものとして認識する。一次感覚領野の感覚パターンが、検知ローカスを発火させるには、それに注意が向けられなくてはならない。

これを、注意ローカス **attentioner** から注意信号を受け取った検知ローカスが発火するという機序で説明してみよう。注意を向ける心の要素、注意ローカスから検知ローカスに信号が送られ、注意信号は、検知ローカスを静止状態から準備状態にする。また、一次感覚野からのパターン信号は、準備状態の検知ローカスにより検出されるが、静止状態の検知ローカスを発火させるほど強力ではないとしよう（図2）。すると、すると注意信号を受け取った準備状態の検知ローカスは発火するが、注意信号のない検知ローカスは発火しないことになる。

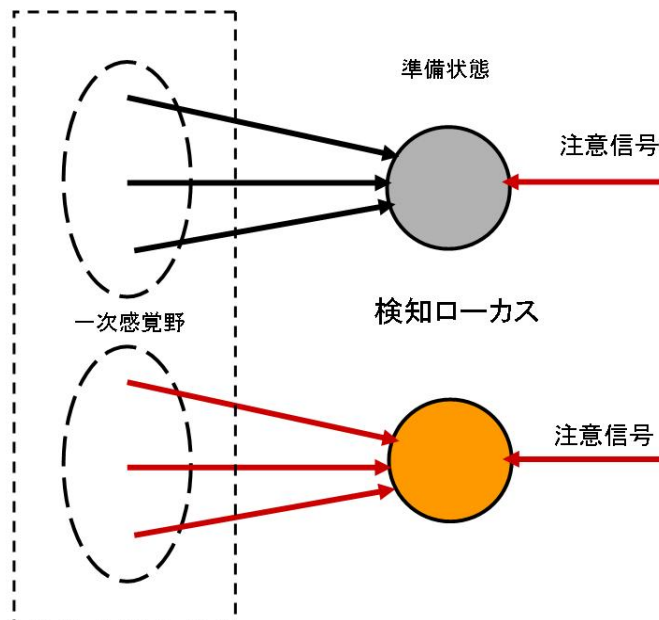


図2 一次感覚領野の感覚パターンの検知ローカス

注意は、意識の「構え」の一部であろう (Glass, et al, 1979)。

4-B シナプスの成長変化について

検知ローカスは、一時感覚野からの信号の収束したローカスであり、その特殊な信号集合にのみ反応するように学習したものである。この節では、ニューロンの学習について知られた事実の意味を考察する。

筋肉細胞とニューロン

筋肉細胞は、使うと太くなり、使わないと細くなり廃用萎縮する。筋肉細胞とニューロン細胞は、ともに活動電位を出し、動物が活動するもととなっている。ニューロンが働かないと、形が小さくなるか、シナプスボタンが減るか、良く判らないが、次の「衝突ルール」と「シナプスの発芽」が知られている。

Hebb の衝突ルール

スパイク列信号により、シナプスが伝達物質を放出し、なおかつ、そのシナプスのあるニューロンが発火する、つまりシナプスの発火とニューロン発火が衝突したとき、この衝突によりシナプスが大きくなる、という規則を Hebb の衝突ルールと呼ぼう。D. O. Hebb はモントリオールの心理学者であり、衝突ルールは彼の名前をとったものである（日本認知科学会編，2004）。

「興味」による検知ローカスの形成

さて、興味とは、ある特定のことがらを強く意識することであり、人間は興味あることだけを記憶するようである。この機序を、注意信号で説明してみよう（図3）。図で、検知

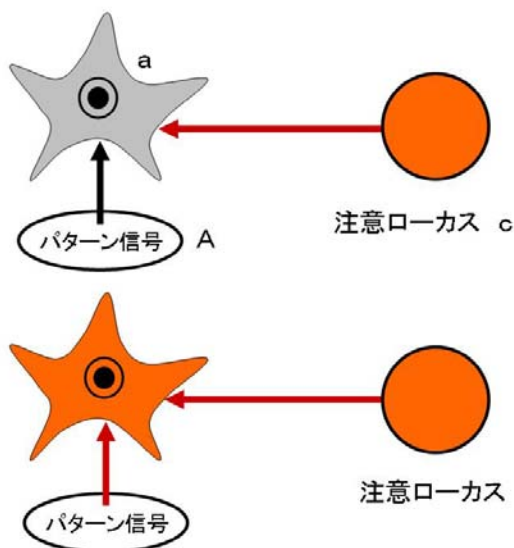


図3 発火の衝突によるシナプスの形成

ローカス a を考え、この検知ローカス a が、信号パターン A を検知するようなシナプスを形成する過程を考える。ローカス a は、信号パターン A を検知するシナプスを形成する前から、ローカスとして存在している。注意信号を送る注意ローカス c が、ローカス a に対して潜在結合をもっているとしよう。

ローカス a が、ローカス c から「興味」信号を受けると、ローカス a は、発火しやすい準備状態になり、興味をもって外界を観察している、といった状態にあることになる。パターン信号 A が、ローカス a を発火させると、Hebb の衝突ルールにより、パターン信号 A のシナプスは成長変化して、大きくなり、ローカス a が発火しやすくなり、そのうちに、パターン信号 A を専門に検知するようになるであろう。

この場合、「興味」に対応した信号も、パターン信号 A のシナプス成長変化の後の注意信号も、同じ注意ローカス attentioner から送出されたものである。

検知ローカスにおけるシナプスの固定

N. 塚原は、赤核という中枢ニューロンで、Hebb の衝突ルールに伴い、軸策が発芽し、シナプスボタンがいくつも形成されることを報告した。N. 塚原は生理学者で、実験により発芽現象を発見した。彼は、Hebb の衝突ルールを、実験で、物理現象として確かめたのである（伊藤編, 2003, p.353）。

さて、検知ローカスは、ある特殊な特徴パターンを検出できるようになり、そのローカスはそれでのみ使われ、他の目的に転用されることはない。いったん学習したことは、忘れずに覚えており、後でもそれだけに使われる。このとき、検知ローカスの検出パターンのシナプス結合は固定されると考えられる。

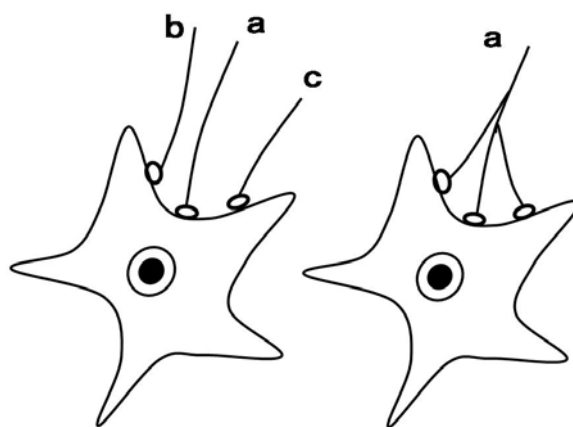


図4 軸策の発芽による結合の固定

大脳皮質のニューロンには、その細胞体表面にシナプスボタンがびっしりと付着している。この発芽により、他のシナプスボタンを排斥して、その軸策のとの結合が強化されるのが、発芽現象であろう（図4）。図では、b、a、cのうち、b、cは排斥され、aとの

結合が固定される。この固定されなくなった信号路は、信号が通りやすい。後で再度、信号が通ると、その信号路は他の潜在シナプスを排除し続けるであろう。つまり、信号が適宜に通る限り、シナプスの発芽現象はシナプス結合の固定を持続するであろう。

しかし人間には、覚えたことを忘れる忘却という現象がある。信号路に信号が通らない場合は、忘却に対応して、3本になった信号路は、2本、1本と減り、細くなるのであろう。人間が生きている環境下では、音声信号の検知ローカスなどは、日常で多用される。日本語を長く使わないと、日本語が理解できなくなるようであるが、日本語を聴く環境下では、日本語の検知ローカスは固定されていることになる。

4-C 運動パターンの生成

さてここから、心の「手足」の話に入ろう。感覚系領野におけるパターン検知と、運動系領野におけるパターン生成は、ちょうど逆のプロセスである。人間は音声を合成し、音声を検知し、音声の合成と認識を共に行うことができる。しかし、皮膚感覚は検知できるが合成できず、視覚パターンは認識するだけで、手話の手のパターンを除けば、合成はできない。耳は四方の音を検知する仕組みになっているので、後ろからの音パターンも検知できる。人間が音声により自分の表象から相手の表象へコミュニケーションを行うのは、人間の発声器官と感覚器の性質からきた結果であろうか。

行動の構造

茶碗にコーヒーを入れることは、複雑な運動である。これを「行動」と呼ぼう。コーヒーを入れる行動は、茶碗をとる、茶碗を置く、コーヒーのビンを開ける、コーヒーをスプーンですくう、コーヒーの粉を茶碗に入れる、お湯のポットを開ける、お湯を茶碗に注ぐ、スプーンでかき混ぜる、などの「行為」からなっている。この行為は、何かするという意図から生成され、各行為は筋肉運動のパターンである。また、ここで、コーヒーを入れるには、立って、手が行為を行えるような位置に身体を置く「姿勢」の制御が必要である。

ここでは、筋肉収縮 **contraction** が、「行為」 **action** を形作り、行為の時系列が「行動」 **behavior** であると用語を使い分けよう。姿勢 **posture** は行動を行うための前提であり、姿勢で行為の及ぶ空間を確保して、行為が意味あるものとなるのである。

脊髄からの行為パターンの送出

我々は意識して、人差し指を曲げることができる。意識して行われる随意運動は大脳皮の運動領野から送出される。一次運動野は、体制感覚野と接しており、体制感覚野と同じような身体の位置が対応し、身体各部位の運動を引き起こすことが知られている。従って、ここでは単純化して、「一次運動野は、身体という鏡を照らす光源である」、つまり、一次運動野の活動は鏡のように身体各部位に行為運動をひきおこすでしょう（図5）。

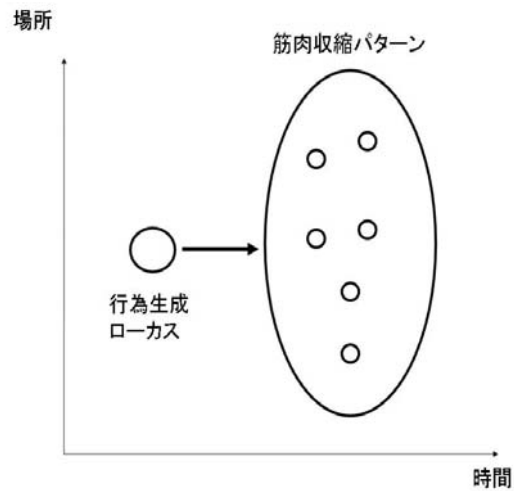


図5 行為生成ローカスによる筋肉収縮パターンの生成

発声は、唇、舌、あごなどを特定の共鳴が起こる構造となるように筋肉が収縮し、肺から空気を出して、声帯という笛を吹き、その音を調律して生成するものである。発声は、やはり行為生成ローカスによる、筋肉収縮のパターンの生成の結果である。

姿勢と行為の時系列

コーヒーを入れる行動は、ある意図の下でなされる。従って、大脳皮質には、その意図

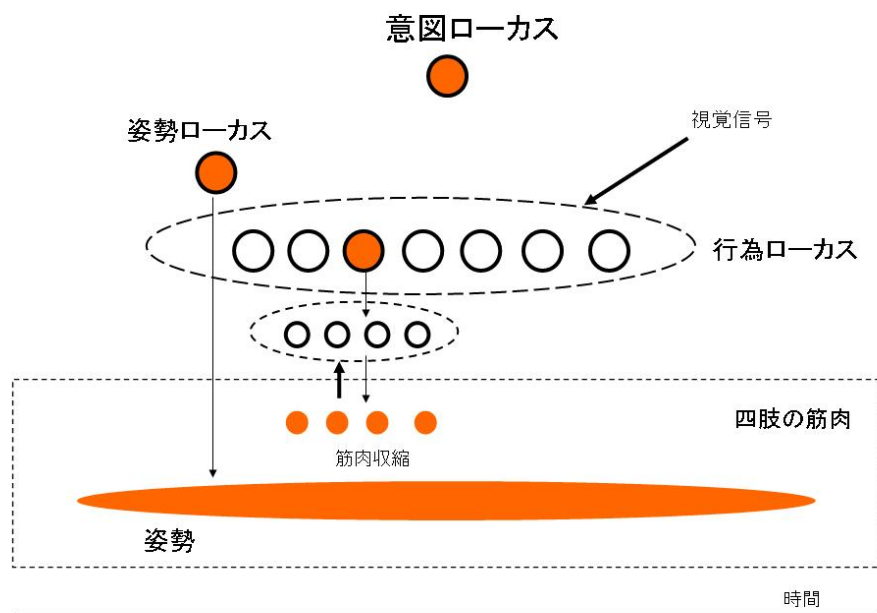


図6 行動の生成

に対応した行動意図ローカス **behavior setter** があるはずである。また行為は、運動の時系列を生成するが、行為することは意識されても、個々の筋肉の収縮は意識されない。

行動の構造を考えると、行動意図ローカスからの信号が、行為生成ローカスの発火時系列を生成し、行為ローカスが運動生成ローカスの時系列を生成することになる（図6）。また、姿勢を生成するローカスを姿勢ローカスと呼ぼう。

行為の生成における感覚信号の意義

姿勢を保つには、視覚信号が重要である。また行為の実行には、皮膚感覚の信号、筋肉感覚つまり筋スピンドルからの信号が、必要である。卵をつかむには、力が入りすぎれば割れてしまう。卵をつかむには、手指の皮膚の微妙な感覚が必要である。また、筋スピンドルからの信号は、筋肉の伸びている程度を脊髄に伝える。

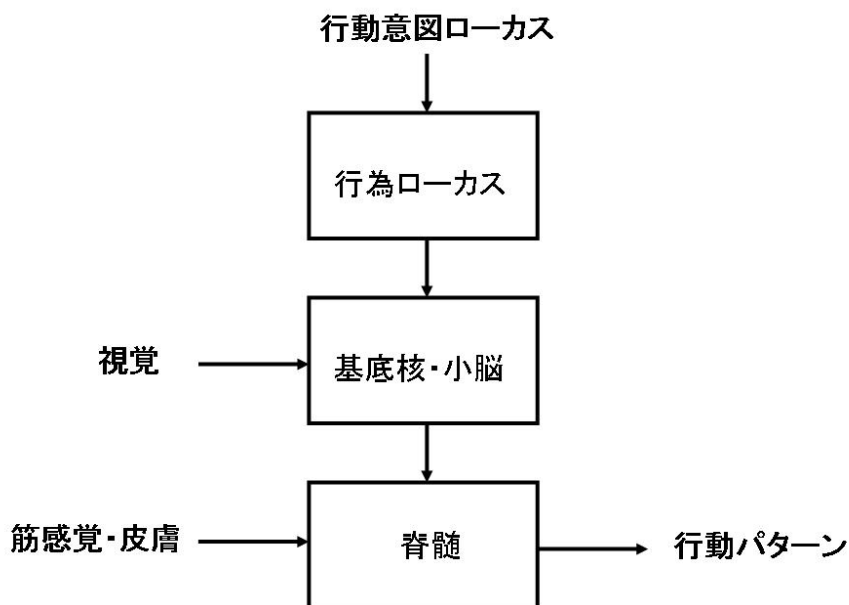


図7 行動の生成

行動の生成系は、適応制御系と呼ばれるものの仕組みに似ている（図7、日本認知科学会編, 2004）。適応制御系では、各ブロックに感覚信号が入り、この系全体を制御する。人間でも、脊髄に感覚が入り、また小脳に視覚信号などの多くの種類の感覚信号が集まっており、環境にあった運動出力を生成する。

文 献

Andreasen, N. C. (2001). *Brave New Brain*. Oxford University Press. (武田 雅俊・岡崎 裕士監訳『脳から心の地図を読む: 精神の病を克服するために』東京: 新曜社).

Glass, A. L, Hlyoak, K. J. & Santa, J. L. (1979). *Cognition*. Addison-Wesley Publishing Company.

Guanong, W. F. (2001). *Review of Medical Physiology*. Lange.

伊藤 正男編 (2003). 『脳神経科学』. 三輪書店.

日本認知科学会編 (2004). 『デジタル認知科学辞典』. 共立出版.

融 道男 (2006). 『図解雑学 心と脳の関係』. ナツメ社.

BOX ARTICLES

パーセプトロンによるパターン検知

マッカロとピッツというハーバード大学の精神科にいた2人の研究者が、ニューロン素子のモデルを発表した。これは素子の状態が0か1、つまり休止状態か活性化状態かの二つだけに単純化したものであった(日本認知科学会編, 2004)。

このあと、マッカロ・ピッツ素子を組み合わせた機能単位として、パーセプトロンとアソシアトロンというのが考えられた。パーセプトロンは、数理的には多対1の関数を学習するシステムである。感覚 perception の機能単位である、パーセプトロンについて説明しよう(図8)。パーセプトロンとは、感覚単位という意味であり、入力信号層と答え素子からなっており、「答え素子」には、感覚信号が収束している。

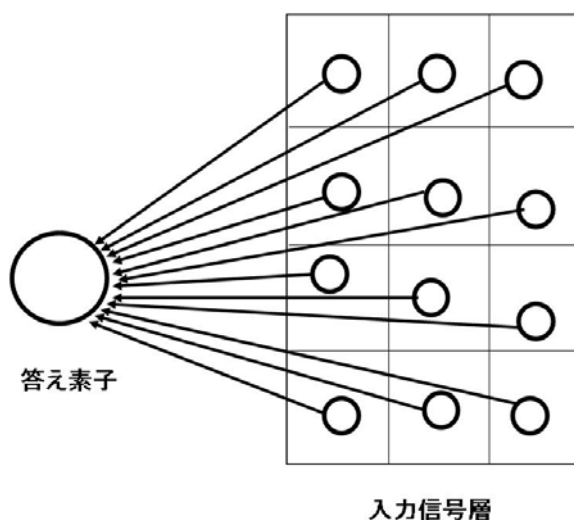


図8 パーセプトロン

入力信号層を一次視覚野に見たてて、ここに「7」という数字パターンを入れて、このパーセプトロンが「7」の数字だけを検出するように答え素子のシナプスを、成長変化させるとしよう。つまり、「7」の入力に対して答えは YES なので、答え素子が「1」の状態をとり、また「7」以外の入力の場合、答え素子は「0」の状態をとるとする。これを繰り返し、Hebbの衝突ルールで、忘却項などを入れたりして、パーセプトロンが「7」を検出するように学習させることができる。

パーセプトロンは、多くのパターン認識機械を作る基となった。パーセプトロンは検知ローカスと同じ働きをするので、大脳皮質の高次感覚野には、パーセプトロンがたくさん並んでおり、その入力信号層である一次感覚野からの信号を、多くの検知ローカスで共用

しているとイメージできよう。

運動系は Hebb ルールで学習するか？

運動系の学習を、「はな」という音声の発音を学習する事例で考えよう。

発音 hana を覚える行動意図のもとで、教師が「は」「な」と発音し、それをなぞって発音しているとする。

「は」、「な」の発音を検知するローカス、ha、na を生成することができる行為ローカス ha、行為ローカス na が既にある、としよう（図 1 0）。また、意図ローカスと、行為ローカスの間の位置に、行為ローカスと双方向性に潜在結合をもち、行動意図ローカス、および検知ローカス hana から潜在結合をうける「hana 生成」ローカスが存在し、意図ローカスの発火で「hana 生成」ローカスが準備化するとしよう。また、「行動意図」ローカスからの信号は行為ローカス ha を準備状態とし、検知ローカス ha が発火すると、行為ローカス ha が発火するとする。

ha、na の発音が繰り返されると、行為ローカス ha、行為ローカス na の発火、意図ローカスの発火は、共に、「hana 生成」ローカスに信号を送り、このローカスから行為ローカスへの結合において、「意図と行為の衝突」が起こる。これを繰り返すことにより、生成ローカス hana が発火すると、行為ローカス ha、行為ローカス na の発火が起こるようにシナプスの成長変化が起こる。

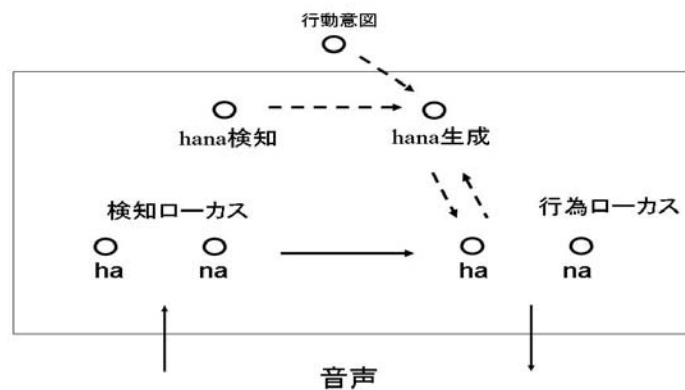


図 1 0 「はな」の発音を生成するローカスの形成

まとめると、意図ローカスと運動送出ローカスの信号が「衝突する」ローカスがあれば、Hebb の衝突ルールで、新たな運動時系列生成ローカスが形成される。

第5章 心の構えと出来事記憶

さて、我々は前の章で心の入力系、出力系について概要を考察した。精神機能または心は、言わば、耳目、手足を得たことになる。この章では、精神機能本体について考察し、内観で得られた自分の表象データを元に、事例を考察してモデルを作成することにする。精神機能の本体は連合野の活動であり、ここの主題は連合野の認知神経生理学である（融, 2006, pp. 32-33）。ある時点での心の出来事を蓄えた記憶を、出来事記憶と呼ぼう。今の心の出来事は今までに無かった新しい記憶であり、記憶の中身の要素を結びつけるものは、過去には発火したことの無い「新しい」ニューロン群、新ローカスであると考えられる。

キーワード

保持ローカス 概念ローカス モードローカス ネロ 出来事記憶

5-A 「心の構え」について

「心の構え」は表象の一部であり、能動的なものである。つまり、表象の総体から受動的に入ってきた感覚表象を除いたもの、が構えである。「注意」「待ち」などの構えに対応して脳派が変化する現象が知られており、何回も加算平均すると、事象関連電位として測定できる（Fuster, 2003, p.197; 伊藤編, 2003, p.782）。

心の構えを構成するローカス

心の構えとは、能動的に存在して、入力、出力、心の動きをコントロールするものである。感覚を選択するためには注意信号が送られ、運動の生成には行動生成ローカスが働く。その他の心の中にあるものは何だろうか？ 外界状況を自覚・保持するもの、思考を行う概念、そしてイメージがあげられよう。注意、行動生成、保持、概念、イメージを表現するローカスは、感覚系の領野、運動系の領野に存在しないことは確かである。構えを構成するローカス群は、連合野に存在するのであろう。

心が耳目をコントロールするのが注意や興味であり、これに対応した注意ローカス *attentioner* であろう（図1）。また、自分のいる場所がどこで、何時で、自分が誰で、相手が誰でどんな人か、意識しているものがあり、これはオリエンテーション、自我意識などと呼ばれる。オリエンテーション、自我意識はいつも心にあるもので、これに対応した保持ローカス *keeper* であろう。保持ローカスはいつも意識野にあり、一部が準備状態になることがあっても、休止しては困る。行動を行おうという意図に対応して、行動生成ローカス *behavior setter* であろう。また、我々は概念を用いて思考し、感情を感じる。これに対応した、概念ローカス *concept locus*、イメージローカス群 *image loci*、感情ローカス *emotion locus* であろう。

いま休むか、仕事するか、歩くか、などの精神機能のモードを決めるものを、モードロ

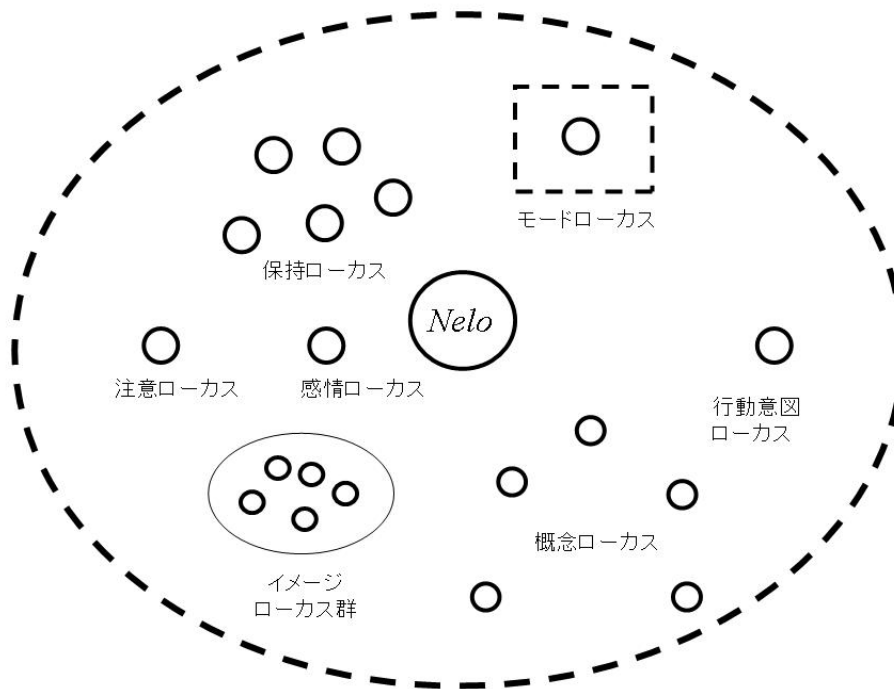


図1 心の構えの構造

一カスと呼ぼう。今の心の信号処理の目的は、大まかにせよ、ハッキリとであろうと、意識されており、これに対応した、心のあるモードにセットするのが、モードローカス **mode setter** であり、心の信号処理を規定するローカス群の最上位にあるものである。

新ローカス (ネロ)

また私は心の中の出来事を「今」として感じている。今の心の状態は、過去にはなかった新しいものである。この心の中の「今」に対応するローカスは、過去にはなかった新しいものであり、これを新ローカス **New locus**、ネロ (Nelo) と呼ぶことにしよう。現在の心には、新しい今までに無かった状態があるのであり、この今現在を示す心の要素が新ローカス (ネロ) である。今現在、私は心の出来事を、感じ、また受け取っている。この現象を、図の上で、ネロに、心の中の要素ローカスからの信号が流れこむと、考えよう。

ソロバンのイメージ表象

G.波多野^{ハタノ}が、ソロバンのイメージ表象の変化を詳細に報告した (Hatano, 1994)。ソロバンのイメージ表象は、最初は色形のある具体的なものだが、これがだんだん抽象化というか、色などの属性を失い、操作できる桁数が増え、達人ではこのソロバンイメージ表象で見事な暗算をやっている。私のようなソロバンいじった程度の者でも、「3860を後ろから言え」というような数字の逆唱問題では、ソロバンのイメージ表象を使う。

このようなイメージ表象は多くの属性要素からなり、多くのローカス群で行われるに違いない。イメージ表象はその出来上がった時期が問題のようであり、視覚型、聴覚型など、個人差の大きいものようである(菱山, 1993)。人の顔などは、イメージ表象でしか心に浮かばず、文字のように意味、概念と対応させることができない。イメージ表象は、ひろく人間の実体験に根ざしたものであり、体験したことが無い人には、イメージ表象を共有できない。

タイプを打つ行動の分析

私は今、原稿を見ながらキーボードを叩いている。この行動を分析してみよう(図2)。

いま、私が原稿を見て、「原稿を打つ」とキーボードを叩く。私が原稿に注意を向けて、原稿を見た情報は、単語の単位で検出される。機械的にキーを叩くときには、単語がそのまま「単語を打つ」行為に送られ、指の運動 t, a, n, n, g, o となる。また、単語は、原稿を見ながらうつ時には、ほとんど意識されず、文字検出系から運動性生系に受け渡される(図3)。

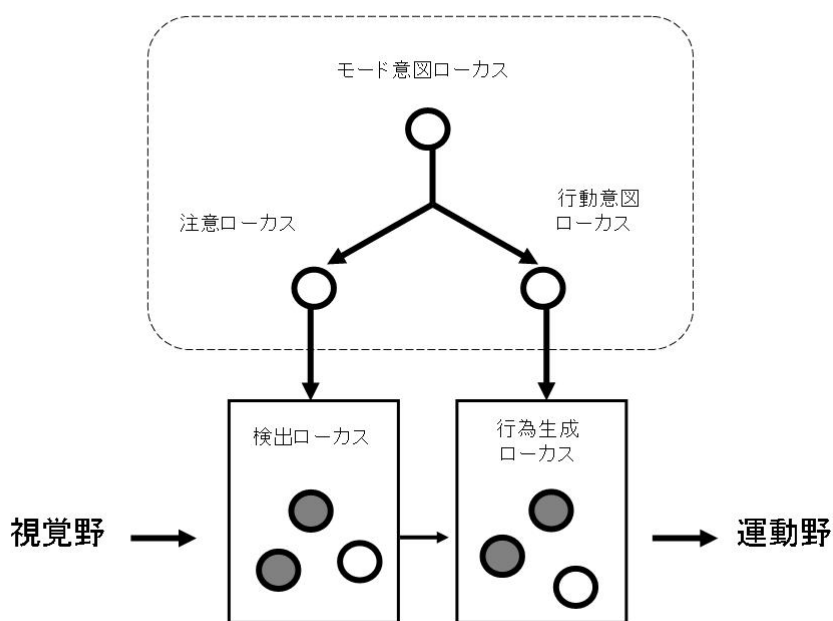


図2 原稿のタイプ

この時には、タイプを打つというモード意図ローカス、原稿を見る注意ローカス、キーを叩く行動意図ローカスという心の構えが、背景にある。この「原稿を書写する」意図ローカスは、感覚系、運動系の二つのローカスに信号を送っているであろう。注意ローカスから信号を受けた検知ローカスは準備状態にあり、また行動意図から信号を受け取る「単語タイプ」行為生成ローカスは準備化している。検知ローカスが単語を検知すると活性化

し、行為意図ローカスに信号を送り活性化させる。

大脳の部位とローカスの性質

さてこれらのローカス群は大脳皮質のどこにあるのだろうか。大脳皮質の後ろには体性感覚野、視覚野があり、下の方に聴覚野がある。これらを結ぶ感覚性の大脳皮質の連合野は、大脳の頭蓋骨の直下の表面を見ると、上部と下部に分かれ、前方の連合野は前頭連合野と言う(融, 2006, pp.32-33)。後部の連合野と前部の連合野は、大きな軸策の束で結ばれている(Fuster, 2003, p.75, 241)。図3は、左が前方の目がある方であり、感覚性の連合野と運動性の連合野を描いてある。大脳皮質は、その6層のニューロンの形態により、たくさんの部位に分けられている。これが、ある領野のローカスは検知専用、ある領野では保持専用とかの、ローカスの差異のもとだと考えることは、可能な推測であろう。

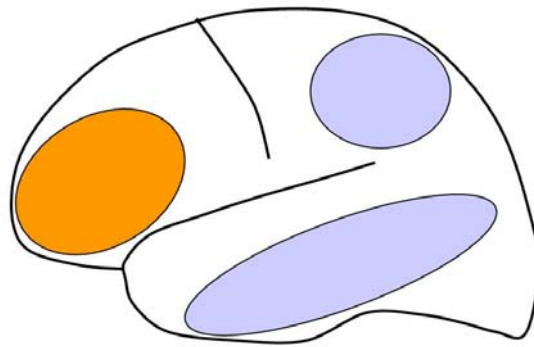


図3 感覚性と運動性の連合野

我々の空間認知は、視覚で見た情報と、手でふれ、運動したことから構成されている。空間の認知、それに関する保持ローカスは、上部の感覚連合野にあると思われる。上部の連合野が傷害されるとゲルストマン症候群と呼ばれる症状が出現する。これは、手指が認知できなくなる手指失認、左右が判らなくなる左右失認、計算ができなくなる失算、字をかけなくなる失書、をまとめて呼んだ症候群である(日本認知科学会編, 2004)。右手の感覚は左半球に入り、右手の運動も左半球から出て行くので、右左の区別が、後頭連合野の機能というのは頷けることであろう。字を書くためには、言語処理の信号を受け取り、手を動かすローカスへ信号を送る必要がある。近いところが密に繋がるという潜在結合の性質を考えると、書字ローカスがここにあるのも自然である。

注意ローカス、感情ローカス、概念ローカス、行動意図ローカスについてはどうだろうか。注意ローカスは感覚系に信号を送り、行動意図ローカスは運動系に信号を送る。前頭連合野の最前部が、注意、行動意図、行動を控える「待ち」に関係しているらしい証拠が

ある。

感情中枢の扁桃体や前部辺縁系とは、大脳の外面からは見えない脳梁の上部の帯状回が信号をやり取りし、ここに感情ローカスがあると想定することは可能であろう。

概念とは、具体的な事物、具体的な運動、とは超越したものである。具体的な事物の検知ローカス、具体的な行動、運動を生成するローカスから離れた領野に概念ローカスはあるのであろう。

ネロがどこにあるかは、不明である。しかし、感覚連合野、運動連合野で過去に検知と運動生成などで使われていないニューロン群がある部分と想像することはできよう。

発火ローカスの抑制

さて、発火しているローカスは、他のローカスからの信号で抑制されると思われ、これには次の三種類くらいが考えられよう。

行動、少なくとも行為は、一時に、一つの行為しかできない。タイプを打ちながら、茶碗をもつことはできない。このとき、一つの行為をするローカスが他の行為生成ローカスを抑制すると、便利である。これは、ブロック内の、相互抑制とも言えよう。

また、考えている内容がガラッと切り替わることがある。今の仕事に夢中になっても、仕事の電話には出なくてはならない。この様なときに、行動意図ローカスが切り替わると共に、前の行動意図ローカスで活性化していたローカスは、静止状態に変化するのであろう。

「待ち」とは、行動構えローカスが筋肉運動を生成するのを抑制することであり、「待ち」ローカスは、行動構えローカスに抑制性の信号を送ることになる。

6-B 連合野ニューロンの自発発火

「心の構え」は、大脳皮質の自律的な活動であり、夜寝る前の心の構えは、朝起きたときにまた回復するようである。構えを構成するローカスのうちで、保持ローカス、イメージローカス、概念ローカスなどの心の構えは、学習された結果であり、外界の情報で形成した過去の記憶の名残りであろう。これに対し、ネロは「今まで発火したことがない」という特殊なものであり、ネロは心の自発的な活動のように思われる。

自発的な発火の定義

大脳皮質の自発発火とは、外界からも心の構えからも、まったく自由で、連合野、感覚野、運動野の信号処理ローカスから全く唯我独尊で発火する現象を考えている。自発的な発火は、

第一に、外界の情報で発火したローカスから信号を受けない。

第二に、構えローカスからの信号を受けない。

ニューロンの自発発火は外界にも過去にも縛られず、別の言葉で言えば、気まぐれ、自由、

ランダムである。

自発発火するニューロンが存在する

心が何をするかは、外界に依存せず、自由な側面をもっている。人間の心には、外界から自由な能動的な部分、いわゆる自由意志がある。人間の心に外界から自由な能動的な部分が存在するとは、連合野に自発的に発火するニューロン群が存在することを意味するのであろう。

自発発火ニューロン群は心の中にあるのか、外にあるのか。意識されるのか、されないのか？ 意識した内容は、今感じ、記憶され、想起される。自発発火ニューロン群は、今ここにあると感じることは無いし、記憶に関与しない。自発発火ニューロン群は、心の構えに影響を与えはするが、心の外にあるものであろう。従って図4では、自発発火ニューロン群を黄色の円で描いた。

自発発火ニューロン群は、心の舞台に登場するローカスに信号を送ることができよう。我々は、環境に焦眉のことが無い限り、目的に従った行動を生成する。「目的」とは、モードローカスそのもの、またはモードローカスの発火の性向と言えよう。しかし、個体が生き延びられさえすれば良いのであり、どのモードローカスが、選ばれるかは気まぐれの要素がある。モードローカスの決定は、ランダムな自発発火ニューロン群の影響を受けるのであろう（図4）。

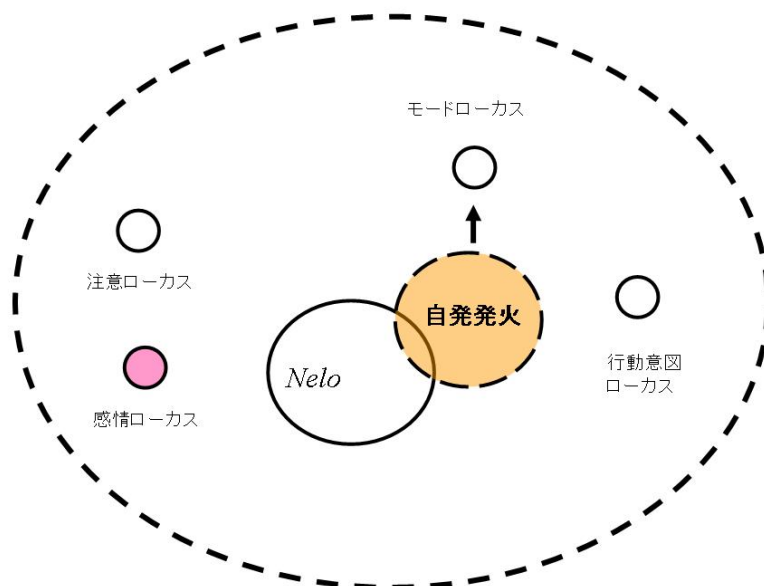


図4 自律発火ニューロンと心の構えの関係

衝突発火としてのネロ

ネロは、心の他の要素から信号を受け、また出来事記憶を想起するときにはこれらの要

素を活性化する。つまり、ネロは、現在の心の要素と双方向性に信号をやり取りする。

さて、ネロは、新しい「今」に対応している。今とは、過去にはなかった心の状態である。ネロと自発発火ニューロンとの関係について、考えよう（図5）。ネロを規定するものには、二条件があろう。

第一は、今までに記憶に使われたことがないことである。

第二は、現在の心の要素と双方向性に信号をやり取りすることである。

第一条件から、今までに記憶に使われたことがないので、ネロは自発発火ニューロンから信号を受ける可能性がある。自発発火しているニューロン群の一部で、現在の心の要素と双方向性に信号をやり取りするものは、存在するであろう。また、第二条件から、現在の心の要素と双方向性に信号をやり取りするので、構え、検知などのローカス群から信号を受けて発火するものである（図5）。

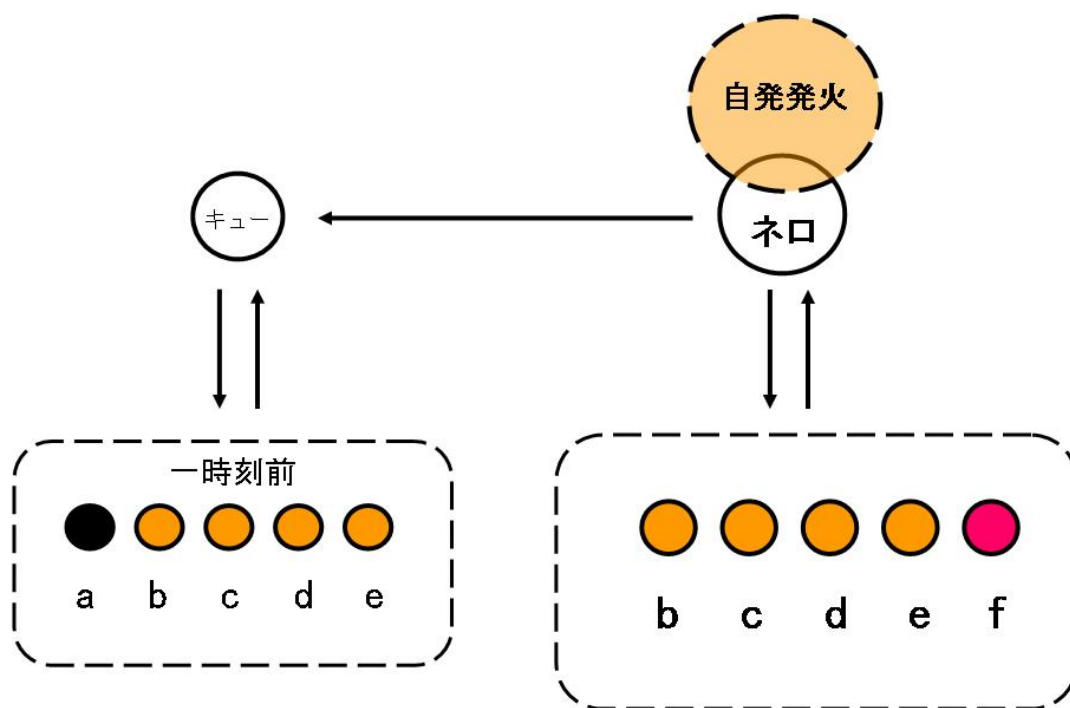


図5 衝突発火としてのネロ

またネロは発火しているので、ネロが「(ネロの) 潜在結合を受ける自発発火ニューロン」を発火させることはありうる。自発発火は、こころの信号処理ローカスから自由であれば良いのであり、今まで発火したことのないネロから信号を受けても、その完全自由を放棄することにはならない。

ネロが信号を受けるローカスの変化を考えよう。図のように、ネロが信号を受け取る心

の要素は、全部がガラッと変わることはなく、あるものが消え去り、新しいものが活性化される。表象要素 a が消え去り、新しい表象要素 f が発火したとする。表象要素が一つ入れ替わったとき、これは「一時刻」前のころの状態と言えよう。このときは、前のネロは、一時刻前の記憶の想起キューになっている。現在のころで一時刻前を思い出せるので、ネロはキューを活性化できると思われる。また、キューは、現在のネロの中の新規に活性化した部分に信号を送っていたかも知れない。この意味でネロは、「一時刻」ごとに、いわば連続的に、変化する。

モードローカスの変化のアルゴリズム

朝「朝食を抜いて、家を出る」という実例を考えよう。

私は朝 7 時に目覚ましで目が覚めた。しかし、昨日遅くまでパソコンを打ち、眠い。8 時まで寝ようと判断した。8 時になるまで、ときどき時計を見る。8 時に起き、顔を洗い、歯を磨き、朝食の時間がないので、すぐ車に行く。車で事務所まで 15 分かかる。車に 8 時 15 分に乗った。

目が覚めた時には、自我意識、環境などの保持ローカス、その他の心の構えを構成するローカス群が、就寝前の状態で回復する。目覚ましで「起きる」行動意図ローカスが発火する。しかし、眠い感覚、身体が重く、肩が痛い、感覚信号は、もう 30 分床にいる、という判断を生じる。「時計を見る」意図ローカスは、時計を 10 分おきぐらいに見る行動を起こす。7 時半に起きる。そのとき、「テレビをつける」ローカスが活性化して、テレビは脳の活動レベルを音声・音の入力で上げる。「顔を洗う」意図ローカスが発火し、それが終わると「歯を磨く」行動意図ローカスが活性化する。「急いで」という意図ローカスにより、行動はすばやい。「靴を履く」「会談を走る」「キーを開ける」ことで、8 時 15 分に車が動き出す。

このようにモードローカスの変化は、環境からの影響に柔軟に対処するが、また自発性で気まぐれに変わり、また喜怒哀楽の感情の影響が大きい。このため、自律発火と感情ローカスの影響下にモードローカスを配置して、前の章の図を描いたのである。

5-C 出来事記憶について

今の心の状態を「出来事」と呼び、出来事の記憶 **event memory** について考察する。今の心の出来事は、もちろん外界の出来事を反映してよいが、「上手いことを思いついて、笑いたくなる」というような精神内界の出来事のみであっても良い。

今日の朝食の出来事記憶

出来事の記憶は、半日ぐらいは保たれている。今朝の食事の出来事記憶が形成される事例を分析しよう。

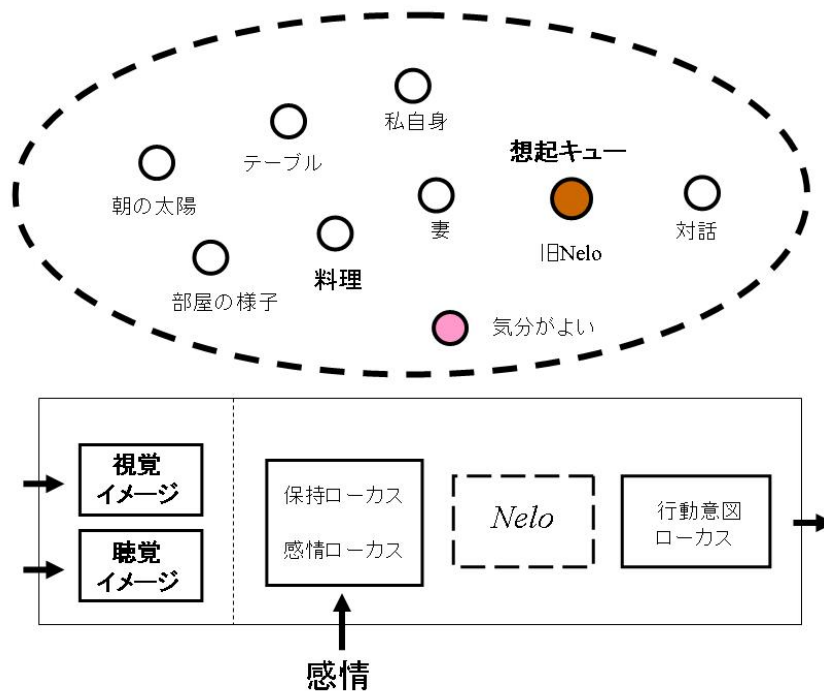


図6 今日の朝食の時の出来事記憶と大脳皮質のブロック

朝は晴れていて、太陽が出ており、部屋はテーブルと椅子があり、気持ちが良い。妻と二人で、パンとサラダの皿に箸をつけ、子供たちのことを話す（図6）。

その時の心の中には、ネロがあり、これらの要素から信号を受け取っている。朝食に関係したブロックは、視覚イメージ、聴覚イメージ、保持ローカス群、感情ローカス群、ネロ群、行動意図ローカス群、があろう。これらの記憶の要素は、みな心の要素である。これらの心の要素を結びつけ、一つの記憶としているものがある。朝食の時の心の今、ネロはその時の心の出来事から信号を受け取っている。

いま夜に入り、私は朝のことを思い出す。このときの出来事記憶の想起のキューは、朝食の出来事記憶を結び付けていたネロの残滓であろう。図には、このネロの残滓、想起キューが描いてある。この想起キューは、過去に心の要素から信号を受け取ったもので、またその時の心の要素を想起するので、発火すると記憶の表象要素に信号を送り活性化する働きをする。

出来事記憶の感情タグ

気分が良い、というのは感情の状態である。出来事記憶は、感情の状態を含むことが多い（図7）。このように出来事記憶に感情状態がついている事を、図のように、荷造り札に例えて「感情タグ」と呼ぶことにしよう。

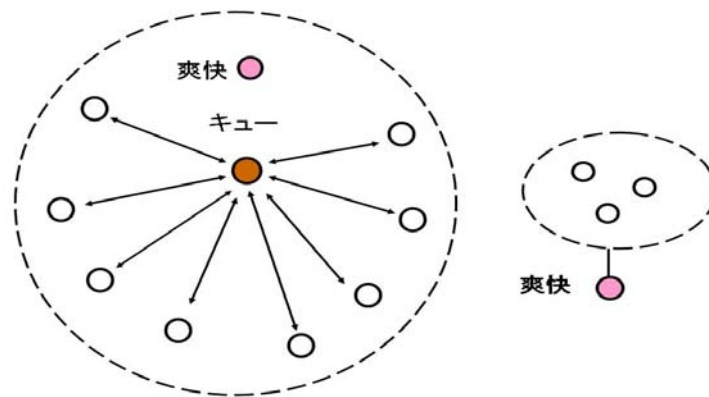


図7 心の状態と感情タグ

記憶を思い出すときには、気分が良いと爽快タグのついた出来事記憶が出てくることが多く、不安が高度だと不安タグがついている出来事記憶を想起することが多い。感情状態は、心の働きを規定する大きな要因である。不安なところは、不安タグのついた記憶要素を集めて、こころを満たす。いかに冷静に見えても、判断において感情が決定因子であることは、ごく普通のようなものである。

高度の不安タグがついた出来事記憶は、辛い思い出であり、精神的なトラウマと言うことができよう。

出来事記憶の想起と変容

鮮明でない出来事記憶の想起は、一日過ぎると困難になる。これは、連続的に変わる記憶の核であるキュー、つまり記憶が形成されたときのネロが失われることを意味するであろう。

過去の外界の出来事の記憶で、特に鮮明に思い出される記憶を、フラッシュが炊かれた写真に例えて、フラッシュバルブ記憶と呼んでいる(山内・春樹, 2001, pp.220-222; Ohtani, et al, 2005)。私が住んでいる茨城県東海村の地域で、臨界事故と呼ばれる事件があった。私のこの事故の出来事記憶は、その日、雨の中、すし屋に、家族四人で行った記憶として思い出される。雨の中ですし屋に行き、雨に放射性物質が混じっているのではないか、という会話をしたことがあった。これが何年前であるかは、子供の年齢で考えることになる。

フラッシュバルブ記憶の追跡研究によると、出来事記憶は変わって行くことが知られている。出来事記憶のキューは、だんだん小さくなり、また想起でそれが大きくなるのであろう。出来事記憶のキューが失われる、記憶があいまいになるとは、二つの側面があると思われる。第一は、過去のネロを構成していたニューロン群が小さくなり、キューが縮小することである。もう一つは、シナプスのレベルでは、発芽したボタンが、その後に信号が通らず、だんだん縮小する、つまりシナプス記憶の忘却である。

心の舞台の書記はネロである

ネロは、表象の他のローカスから信号を受けているので、心の舞台の全体が「見える」。従って、ネロは意識体験の「報告役」をする資格があることになろう。また出来事記憶を思い出すのに、ネロが関わっている。この意味で、心の舞台の「書記」はネロである、ということができよう。

文 献

- Fuster, J. M. (2003). *Cortex and Mind. Unifying Cognition*. Oxford.
- Hatano, G. ed. (1994). *Conceptual Change : Japanese perspectives*. Karger.
- 菱谷 晋介(1993). イメージの個人差について：何が鮮明度を決定するか. 『認知科学の発展』, **6**, 81-117, 日本認知科学会.
- 伊藤 正男編 (2003). 『脳神経科学』. 三輪書店.
- Kerkut, C. A. & Wheal, H. V. ed. (1981). *Electrophysiology of Isolated Mammalian CNS Preparations*. Academic Press.
- 日本認知科学会編 (2004). 『デジタル認知科学辞典』. 共立出版.
- Ohtani, H, et al. (2005). Remembering a Nuclear Accident in Japan: Did It Trigger Flashbulb Memories? *Memory*, **13**, 6-20.
- 酒田 英夫 (1970) . 『ニューロンの電気現象』. In 岩井 善彦・玉重 三男・古河 太郎編. 『生物電気』. 55-92. 南江堂東京.
- 融 道男 (2006). 『図解雑学 心と脳の関係』. ナツメ社.
- von Neumann, J. (1956) . Probabilistic Logics and the Synthesis of Reliable Organism From Unreliable Components. In Shanonon, C. E. & McCarthy, J. (Ed.), *Automata Studies*, Princeton: Princeton University Press.
- 山内 光哉・春樹 豊編 (2001). 『学習心理学 行動と認知』. サイエンス社.

決定オートマトンと「むら気」

記述された結果がアルゴリズムとなり、機械的に動くシステムとなったとしよう。これは数学的に言うと有限状態オートマトンとして記述されたことになる。大脳と心を記述した有限状態オートマトンに、確率を許すかの問題を考えよう。

パソコンは、誤動作が出ないように、フリップフロップと称する二値論理回路で作られ、決定された **deterministic** 動作をする。大脳も「進化」が、誤動作が少ないように設計したものであろうし、誤動作を熱力学で扱うという立場はある (von Neumann, 1956) が、ニューロン群として動作し安定さを保証されていると考えられる。

確率的にふるまう、非決定性の有限オートマトンでは、(確率的な部分の) 状態を増やしてやれば決定性オートマトンとなる。機械としてどう動くか決める立場からは、確率は不健全である。本稿では、大脳と心は、「決定性 **deterministic** 有限状態オートマトンである」としよう。

しかし、脳と心には、現在の発火ローカスにも外界にも依存しない、自発発火があるようである。自発発火を外部から決定して与えることはできるが、これでは自動的に動くオートマトンではなくなる。決定性有限状態オートマトンの信号流れ図の素子の自発発火は、むら気で、非決定性である。

自発発火ニューロンはいかに観測できるか？

哺乳類のニューロンには、自発発火するものがあることが報告されている (酒田, 1970, p.79 ; Kerkut, & Wheal, 1981, p.334)。しかし、ローカスは他の部位のローカスに信号を送るので大脳皮質の錐体細胞と考えられるが、錐体細胞の自発発火に関する報告は見あたらない。

ニューロンの細胞内電位がスパイク電位の頻度に変換されるには、細胞内電位が一定のバイアス範囲にあることが必要である (酒田, 1970)。麻酔下で意識は機能していないので、麻酔下で得られた知見では、本稿の自発発火の証拠とはならない。また、定義により、他のローカスからの信号入力を観測する手段がないと、そのニューロンが自発発火しているとは言えない。

モードローカスは、特定の意図、注意ローカスに信号を送る。これに対し、自発発火ニューロンは、入力と出力が、共に潜在結合を介している。自発発火の証明は、表象データに頼るのが良いと考えられよう。

第6章 思考と感情のアルゴリズム

さて前の章で述べた心の構えローカスとネロにより、連合野の働きを記述する道具立てが揃った。この章ではその道具を用いて、思考と感情のいくつかの実例を扱う。この研究は認知心理学と呼ばれ、創造、問題解決、意思決定、洞察、リスク回避、など複雑な心的プロセスをも扱っている (Glass, et al, 1979; 森ら, 1995; 行場・箱田, 2000)。しかし、ここでは、せいぜい十分程度で行われる単純な心の信号処理に限定する。また、表象変化をローカス間の信号処理のアルゴリズムとして記述するようにした。これは、心の「理論」は予測を与えるであろうし、心を理解するには、分析された事実を組み合わせるロボットシステムを作ってみるのが良い (戸田, 1987)、という考えからでた立場である。

思考と感情については内観データを主に用い、言語、緊張については大脳皮質の機能局在と自律神経の生理学の結果をも併せ用いる (Guanong, 2001, pp.266-267; Fuster 2004, pp. 177-212)。はじめに学童の学習する経過についてまとめ、次に、思考を連想、推論、判断に分類して考察し、最後に、緊張と感情に関する事実をまとめる。

キーワード

心身の緊張 言語 概念ローカス 外界モデル 選択

6-A 言語、推論と学習

言語と推論、その学習について考察する。

概念ローカスと言語のブロック群

小学校一年生の教室で、先生が「この文字は何と読むか？」とカイに尋ねたときの実例を分析しよう。図1は、大脳の言語機能の分布に従って作られたものである (Fuster 2004, pp. 177-212)。

カイには先生の姿、黒板に字を書く動作、他の生徒が座っている様子が見える。カイの心には、今教室におり授業中であるという保持ローカスがある。この場面で、先生の話に注意して聞き、黒板を見て、質問に答える必要があることを、カイの心は保持ローカスとして保持しており、教室で学習するというモードローカスが活性化している。カイの中の「むら気」自律発火ニューロン群は、「いたずらをしたい」という意図モードにも信号を送っているが、保持ローカスからの信号があり、活性化できない。

先生が「山」という漢字を書き、「この文字は何と読みますか？」と黒板を指して言う。カイは手を上げて、先生に指されて「やまです」と答えた。

図のように、モード意図のもとで、「文字を読む」注意ローカスが発火している。視覚野からの信号は、単語機能ブロックを経て、概念ローカス「やま」を発火させる。このとき、カイは山の概念をもっていたとしよう。単語ローカスからの信号は概念ローカスを発火さ

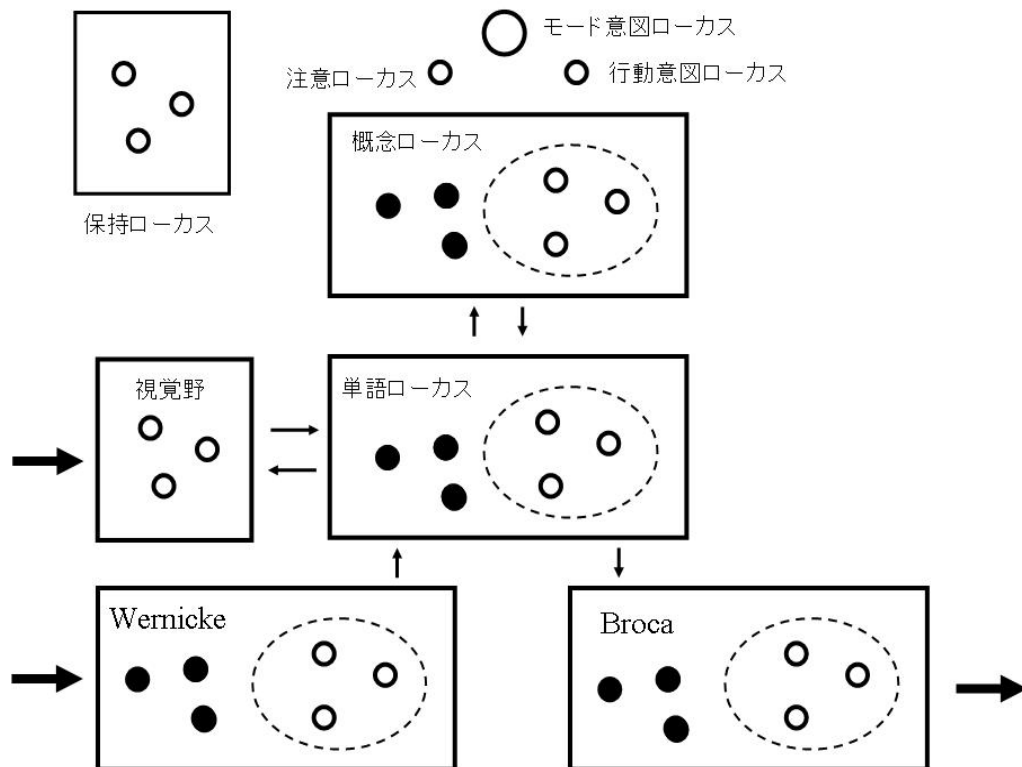


図1 言語と概念の機能ブロック

せ、「やま」という概念に至る。また先生の「この文字は何と読みますか？」という音声を処理し、聴覚野から音声信号を受け取った Wernicke 野では、音声を分析して単語ローカスを発火させ、概念ローカスに至る。この概念ローカス群は、モード意図と相互に働き、「読んだ文字を発声する」モードローカスを生成する。「ヤマ」の概念は、「文字を発声する」行動意図に従い、ヤマという単語を経て、Broca 野に送られ、「ヤマです」というカイの発声となる。

ここで、モード意図ローカスは、保持ローカスと自律発火ニューロンからの信号により、発火している。注意、行動意図により、聞く、話すと、信号処理の方向が変わることになる。概念ローカスの結合は、実世界を反映したものである(Sowa, 1984, p74)。単語のブロックは、概念との接点で、視覚野、聴覚野から信号を受ける部分である。

心の舞台の「報告役」は、ネロと発話モードローカスである

生徒カイが、考えを話しているとき、カイの考えは、ネロが検知している。ネロが検知したことを、発話モードローカスのもとで、話す。従って、心の舞台の「報告役」はネロと発話モードローカスであるということになる。

外界のオリエンテーションと自我の構造

私は、机の上に赤いリンゴがあり、また現在の柱時計が9時10分であると判っている。このとき、私の心には、「リンゴ」「赤い」「机」「上」という概念ローカスが、ワンセットで存在するであろう。また、「柱時計」「9時」「10分」「茶色い」という概念もセットで存在している。また「電灯」も意識下にある。また、私もこれから寝るとか、明日の仕事とか、自分の名前とかを容易に思い出すことができる。

自我意識、自分が自分であるという自覚は、自律ロボットの設計で技術者が苦勞しているような、自分に関する情報の集まりであろう。これは「もし**なら、**だ」というif-then文で書けば、自分に関する「この状況で、こう感情反応し、こう考え、こう行動する」という自分のメンタルモデルであろう。これらの保持ローカスは、自分が何であり、家族は誰だとか、強固に準備状態または活性化を続ける必要がある。

現在のオリエンテーションにあたる保持ローカスは、外界に対応して活性化されているものである。今日の日付、部屋の様子、時刻などは変化し、外界の保持ローカス群は時間に従い変化するものである。

九九暗算の学習について

二年生のハナが、掛け算九九を習っている実例を分析し、 $2 \times 8 = 16$ 「2、8、16」という抽象的な記憶の形成を考えよう（図2）。

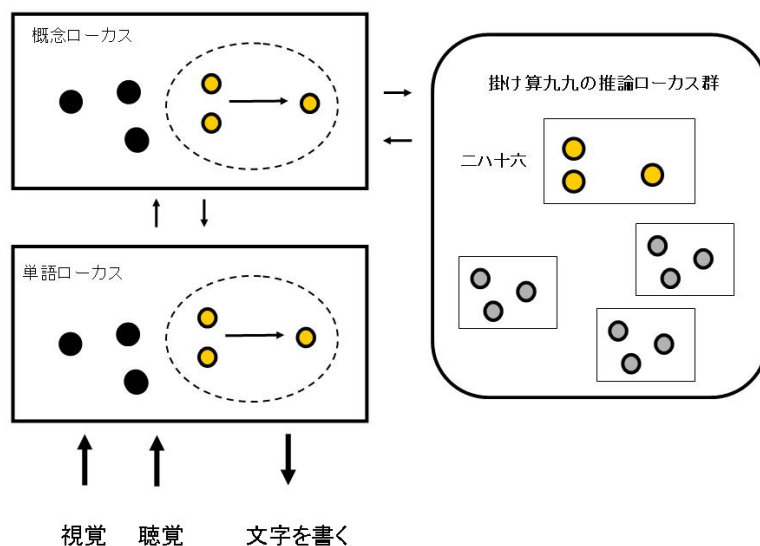


図2 活性化された推論ローカス群

ハナは、数字の書き方、数字を指折り数えること、を一年生のときに学習していた。ハナは、黒板に書かれた文字列 $2 \times 8 = 16$ を見て、「二ハ 十六」と何回か先生について発声する。これで、「2、8、16」という数字列と、「二ハ 十六」という音声記憶、

が結びつく。次にこの「二ハ 十六」という音声記憶に従い、先生が黒板に書いた $2 \times 8 =$ を、数字「16」の答えで埋める。

この学習過程では、出来事記憶の重なり合った部分、つまり出来事記憶のローカス群の共通集合（積）が、抽象的な記憶として残って行く。この計算記憶のある場所は、大脳皮質の側頭葉の上部であることが知られている。この「二ハ 十六」という音声記憶は、徐々に聴覚性を失い、大人においては聴覚野のローカスの想起が消失し、高次の概念となる（図2）。単語や概念は、感覚系、運動系で共用されることがあろう。また、掛け算九九の学習をしている教室にいるハナの心には、他の「サザンが九」のような推論用のローカスが準備状態にあるであろう。

具体的な感覚「数字2」を処理するローカスの数が、かなり多いのに対し、その概念を示すローカス「2」は一個に過ぎない。我々は、多くの概念をここに浮かべることができ、これが概念をもつ人間が、概念の少ない動物より有利なところであろう。

出来事記憶、イメージ表象、概念

上の出来事記憶と「2、8、16」のイメージ表象との対応を、一般的に述べてみよう。集合演算を思い出して欲しい。イメージ表象は過去の出来事記憶の一部であり、出来事記憶で活性化されたローカスの共通集合（積）が、イメージ表象を生む、とすることができよう（図3）。

ところで、これらの共通集合の形成、切り出し、学習、が可能であるためには、出来事記憶を「忘れる」必要がある。出来事記憶の凝集性が失われ、イメージが一人歩きできないと、イメージローカス群は形成できない。忘却とは、発芽はしたが固定が不十分であり、信号が通らない発芽シナプス群から、発芽シナプスの数が、減っていく現象なのであろうか。

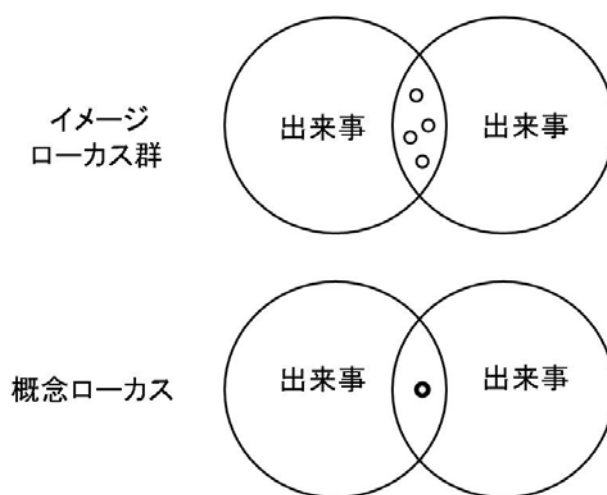


図3 イメージと概念の学習

さらに、掛け算九九の学習で見られるように、運動系と感覚系の共通集合として、数字概念が生成される。図のように、「出来事記憶で活性化されたローカスの共通集合 product set が、概念ローカスを生む」と、言えるであろう。

イメージ表象と概念は、性質が、かたや群として活性化し、かたや独立して活性化するのであり、その蓄えられる大脳皮質の場所が、異なっていると思われる。具体的に言うと、イメージローカス群は、感覚野に近く、概念ローカスは、感覚野と運動野の半ばに位置するだろうと、推測できよう。

B 3種類の思考： 連想、推論、判断

ロダンの考える人の像は、じっと肘をついて考えている。考えているときの我々の表象は、どのようなものからなっているであろうか。まず、思考は、概念を用いた、外界と接触のない、純粋な心の中でのみの活動であろう。概念には、時・所を区別するもの、物体を示すもの、属性を示すものが区別できよう。また概念にはいろいろなイメージが伴い、これが心に去来しているのである。思考を、連想、推論、判断に分けて、考察をすすめる。判断は、選択に帰着された。

連想、推論、判断の分類

「思考」を、連想が主である自由連想、帰納が主である推論、選択演算を含む判断に分けることができる。これは表象の要素であるローカスの数で、多対多が連想、多対一が推論と分け、条件ローカス活性下での多対一のローカス推移を判断と区別したものである。ふだんの我々の「思考」は、連想、推論、選択の3要素が組み合わさっているようだ。思考には実体験にもとづくイメージ表象が、各所で使われる(行場・箱田, 2000, pp.76-93; 日本認知科学会編, 2004)。

出来事記憶の想起における連想

以下で、連想、判断、質問の生成、発話過程などを、ローカスの信号処理アルゴリズムとして記述することを試みたい。言語の構造など、興味と深みは、尽きることがない問題群である。

はじめに、出来事記憶を想起する連想、前章で述べた「月曜の朝の記憶」を想起する実例を分析しよう(図4)。

私は居間の椅子に座って、「昨日の月曜の朝は」と考える。昨日、月曜、朝というキューに従い、昨日は運動会の後で子供たちが休校で、寝ていたことを思い出す。部屋の様子が浮かび、朝は晴れていてカーテンを開けたことを思い出す。光の中に、久しぶりに目玉焼きがあった。妻は目玉焼きを食べて、黄身をパンに付けた。「休みだから9時過ぎまで、子供たちを寝せましょう」「そうだね」との会話があった。

「月曜の朝は？」と思い出そうとする意図が、心にある。これは、想起モード意図ローカスと言えよう。「朝」「月曜」「昨日」などの概念は、記憶が形成されたときの心の要素を少しずつ、思い出させる。

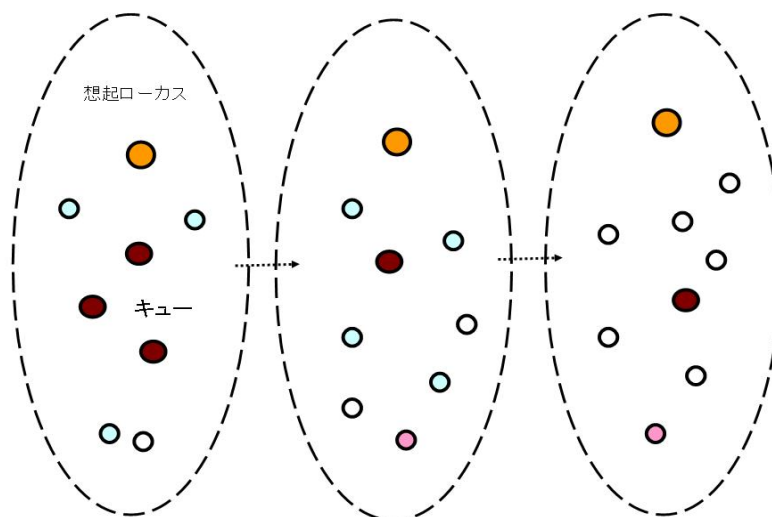


図4 連想想起のキュー

この過程は、一つのキューが多くのそれに連なる心の要素を活性化するという意味で、連想の一種と言えよう。

しりとりゲームにおける連想

ハナが友達としりとりゲームをしている実例を分析しよう。「さくら」と友達が言うと、ハナは「ラジオ」と答えた。

ハナの心には、「しりとりゲーム」というモードローカスが活性化している。友達の発話は、単語、音声、概念の「さくら」を活性化する。単語を探す意図モードで、「ら」を思い、「ラジオ」と「ライオン」が、心に浮かぶとしよう。ライオンは「ん」がつく。「しりとりゲーム」というモードローカスは、「ん」を後ろにもつ単語と相互作用して、「んは禁則である」という判断を生成する。これにより、「ライオン」概念は排除され、「ラジオ」概念が選択される。ハナは「ラジオ」と答えた。

発火ローカスの選択による判断

目の前に、青いリンゴと白い紙がある。このとき「青いものを取ってください」という判断を求められたとしよう。

ここには、保持ローカスとして、「青いリンゴ」「白い紙」がある。指示命令により、「青

いものを選ぶ」意図ローカスが発火する。これは、「選ぶ」判断意図、「青い」概念ローカスを発火させる。これにより「青いリンゴ」の固有物体セットが選ばれ（図5）、青いリンゴを選ぶ意思表示をする。

判断のモードローカスは、概念やイメージを準備状態にして、その中から出力となる概念、イメージを活性化して選ぶ。選択は言、語の機能ブロックで述べた概念ローカス群に対してなされ、選択の意図ローカスは前頭連合野に存在するのであろう。また、選択が終わると、選択の対象である概念ローカス群はクリアされる。

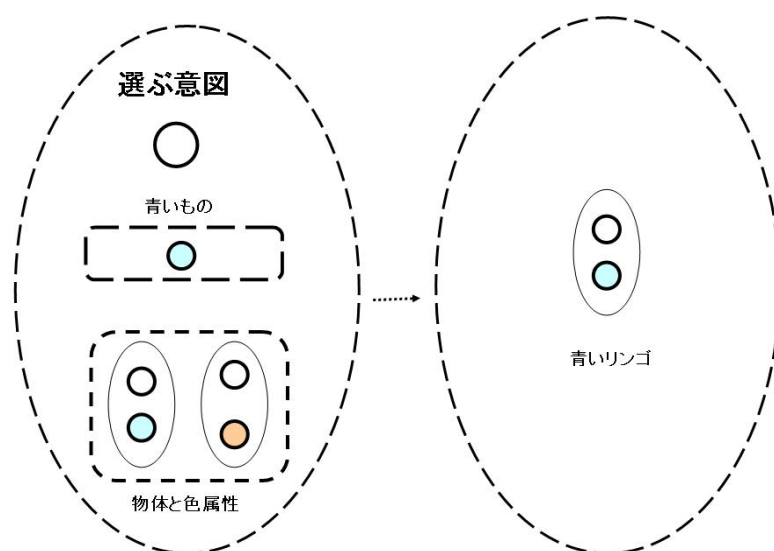


図5 判断における選択

発火した概念ローカス群に対する選択

私が研究室で、秘書さんに「ホットコーヒーが良いですか？ アイステイーが良いですか？」と訪ねられた実例を分析しよう。秘書さんの言葉で、一つを選ぶ選択モードが発火した。その日は夏で暑く、私は水分を多くとりたかった。水分の多いアイステイーのカップのイメージ表象は、快感を感情タグにもって想起された。ホットコーヒーは、熱く苦い感覚を想起した。心には、選択意図、アイステイーのカップの視覚イメージ、快感タグ、ホットコーヒーの感覚ローカス群、概念ローカスがある。処理演算が起こり、「ティー」という概念が出力のために選ばれ、それを音声で答えた。

この心的過程においては、連想により発火した概念ローカス群に対して、選択の意図ローカスが働いている。

行動は、いくら迷っても、一つしか行動できない。判断、選択というものは、行動の決定で求められるもので、運動系を支配する精神機能と思われ、判断、選択の本来の意義は行動を決定することであろう。お金の損得を伴う判断を脳画像で研究して、判断が感情の

影響下でなされることが多いことが指摘されている(Adler, 2004)。感情は人をせき立てるアージであり、理性はゆったりと甲斐ない推論を重ねるのである

対話と自問自答

思考により知識を整理していくと、多くの抜けを発見する。私が同級会に出た経験の事例を、分析しよう。この同窓会で、知った顔の M 君と S 君を発見した。しかし、M 君の子供が 3 人いることは知っているが、S 君の子供は知らない。この抜けは埋めたいと思う。しかし、S 君は、怖い顔をしており、この質問を発することは止めた。

質問生成は、社会的な保持ローカスのふるいにかけてなされる。保持ローカス群には、人物、属性、私との関係、相手の機嫌、などの属性が要求される。

自問自答においては、質問が頭に浮かび、それにいろいろな答えを上げ、そのうちの一つが選択され、次に進む。この場合は、出力系を使用しないが、自問自答に用いられる連合野の部分は、質問と答えに用いられる部分と同じであろう。話せとおだてられれば、人は延々と演説をぶつことがある。このときは「考えを話す」意図ローカスの下で、思考で活性化された概念ローカス群の一部を、発話系が説明し、話しながら感じた自問で概念ローカス群が書き換えられ、発話が続くことになる。このときには、概念ローカス群、イメージローカス群を動員し、連想、類論、判断、のために、後頭連合野、前頭連合野が活発に活動を続ける。

C 心身の緊張、感情と思考

思考にまつわる現象を、緊張、感情との関係に分けて、論証をすすめよう。緊張と感情は、ともに心身に影響する。

緊張の心身への影響

注意ローカスは感覚系に信号を送る。さらに判断の結果として、行動の意図ローカスが活性化し、運動系に信号を送る。心の構えのコマンドを、感覚系に向かうか、運動系に向かうか、思考に向かうかで、注意、行動意図または気力、集中の三つに分けることができよう。集中は思考を活発にし、気力が出ると行動の量が増え、集中すると思考の速度が上がる。

「レンタカーのオフィスで働く受付女性が、ふだんの 2 倍の数である 6 人のお客が来た」という事例を考えよう。

いつもは午前中に 2 人程度の顧客を処理するレンタカー事務所に、6 人の客が来たでしょう。女性事務員は、いつも午前中にはコーヒブレイクをしているが、その暇はない。書類を書くために、パソコンのキーを休みなく叩き、車の手配の電話をし、説明を行う。そのとき交感神経が緊張し、筋肉へ行く血流が増え、胃腸の運動は少なくなり、皮膚温度は下がり、気管は拡張する。連合野と、運動野、感覚野のニューロンは、注意ローカス、

意図ローカスのもとで、休みなく働く（図6）。これは緊張状態と言えよう。

反対にリラックスするには、精神活動を減らす。テレビを見ていると、別に見る必要のないときには、注意ローカスが発火せず、何の番組か判らず、ぼんやりしていることもあ

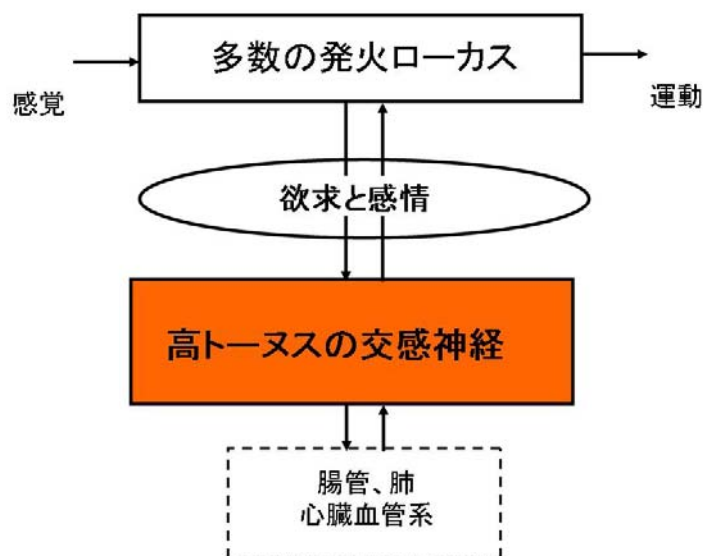


図6 心身の緊張

る。時には、眠りこけてしまう。

リラックスは、意図的にも可能であり、自律訓練法や眼球運動脱感作では、身体に注意を向け、ゆっくり呼吸したり、目を動かしたり、身体を交互に触れたりする。このような指先などの身体への注意ローカス、ゆっくり呼吸する運動意図ローカス、視覚検知ローカス、触覚検知ローカスの発火する状態では、他の仕事や不安下での思考が抑制され、交感神経のトーンが下がる。「ゆっくり行う」という意図ローカスの活性化で、大脳皮質の活性化ローカスの数も減少することになる。集中とは連合野の活動を意図ローカス、注意ローカスなどでコントロールする現象であり、「ゆっくり行う」とは、「集中するな」という意図ローカスであろう。

思考は感情と不可分である

ふつう思考は、感情から離れ冷静に働く。しかし感情は「思考」を決定する重要な因子である(Adler, 2004; Ciompi, 1982)。感情は、進化的に古い大脳の働きであり、哺乳類では食欲、性欲などを感情がコントロールしており、感情で行動を決定するように設計がなされたようである(戸田, 1988)。

大人ではストレートに感情を表現しないが、やはり「情念」という感情に裏づけられた活動が、行動を決めるようである。出来事の記憶には感情を伴うことが多く、概念はこの点では感情から中立な冷静なものである。しかし感情タグにより活性化される出来事記憶

には、概念ローカスが含まれている。概念が出来事記憶の一部のイメージを賦活したり、また出来事記憶の多くの部分を引っ張り出したりすれば、概念ローカスが感情タグを持ち出すことになる。この感情状態により、悲観、楽観の状況判断、また逃避反応が生ずるのであろう。

楽しい思考、悲観、逃避

「親しい友人との会話」の実例を考えよう。私は友人と話し、昔の楽しい話をして、またお互いが肝胆合い照らし、楽しくなった。親しい友人との対話により、お互いが出来事記憶をお互いの心に励起しあい、これにより感情タグとして快の感情が活性化した。

また父親と上手くいっていない息子が、「父親との会話」で、不快、恐怖の感情タグを励起されることがあろう。出来事記憶で励起される感情タグは、出来事記憶が心から去っても、残るようだ。不安な状況下では、判断材料にシンキくさいものが増え、悲観とは、シンキ臭い判断の結果であると言えよう。不安なときになされた判断の結果は、悲観的となる。もしその人物が不安にとりつかれている時間が一年のうち一週間以下であるなら、その不安下でなされた判断は、その人に適したものではなかろう。

「友人の父親の死と聞いて、我を忘れた」実例を考える。友人の父親を良く知っていた私は、その孤独な死について聞かされ、私が連想したのは、従兄弟の死の出来事記憶であった。私の心に励起した不安の感情タグは、数時間消えなかった。その不安下で連想する内容は制限され、私の判断は、的確さを欠くことになった。

さらにこの類の出来事が重なり、死にまつわる出来事に強い不安の感情タグを付けたAさんのことを考えよう。Aさんは、死にまつわる話題を避けるようになるであろう。

文 献

- Adler, J. (2004, August 9, 太平洋版). *Mind Reading. The new science of decision making. It's not as rational as you think. Newsweek.*
- Ciampi, L. (1982). *Affektlogik. Ueber die Struktur der Psyche und ihre Entwicklung. Ein Beitrage zur Schizophrenieforschung.* Klata-Cotta: Stuttgart. (松本・菅原・井上訳 (1994). 『感情論理』. 学樹書院)
- Fuster, J. M. (2003). *Cortex and Mind. Unifying Cognition.* Oxford.
- Glass, A. L, Hlyoak, K. J. & Santa, J. L. (1979). *Cognition.* Addison-Wesley Publishing Company.
- Guanong, W. F. (2001). *Review of Medical Physiology.* Lange.
- 行場 次朗, 箱田 裕司編 (2000). 『知性と感情の心理 認知心理学入門』. 福村書店.
- 伊藤 正男編 (2003). 『脳神経科学』. 三輪書店.
- 森 敏昭・井上 毅・松井 孝雄 (1995). 『認知心理学』. サイエンス社.
- 中野 馨(1979). 『アソシアトロン—連想記憶のモデルと知的情報処理—』. 昭晃堂: 東京.

日本認知科学会編 (2004). 『デジタル認知科学辞典』. 共立出版.

Sowa, J. F. (1984). *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machines*. Addison-Wesley.

戸田 正直 (1988). 行動プランについて：感情のアージ理論拡張の試み. 『認知科学の発展』 日本認知科学会

BOX ARTICLES

アソシアトロンと表象要素

アソシアトロンは、K.中野が考えたもので、連想単位という意味である(中野,1979)。アソシトロンは、ランダムに結合したマッカロ・ピッツ素子から出来ている。これに次のような学習をさせよう。パターン学習として、「A」というパターンを繰り返し与える。その後、連想されるものとして、「B」というパターンを与える。

アソシアトロンは、学習パターンを不完全に与えても、その全体を想起する。また、「A」のパターンで、「B」を想起するという連想を学習する。

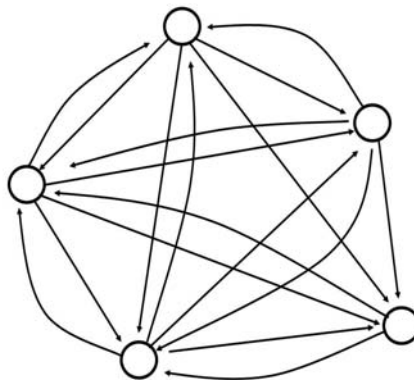


図7 アソシアトロン

アソシアトロンは、「表象の変化」という精神機能を、ランダムに結合したマッカロ・ピッツ素子で行わせ、また学習させるものである。マッカロ・ピッツ素子を表象要素と対応させて、囲碁ゲーム、探索などの多くの計算機実験が行われた。

これは、多対多の数理的対応（写像、関数）の本質について絶妙である。ローカスが大脳皮質のどこだとか言うことを除いて、イメージ表象の安定性、連想など、アソシアトロンで連合野の機能の多くを論ずることができる。

第7章 大脳皮質と心の機能不全

外界の検知、感情、思考などの精神機能の変調は、精神科で扱う（「精神科治療学」編集委員会編, 2005）。精神障害は表象変化の変調であり、大脳皮質の機能不全であろう。さて、日本の精神科の学会は「精神神経学会」と称しているが、これは表象大脳学会という意味であり、心、精神、表象変化の機能不全は大脳の機能不全である、と宣言した名前である。精神医療では、症状と経過により診断し（Shiida, 1985, p.44）、治療では、薬物という分子のレベルで治療し、また精神療法で心に働きかけ、大脳の結合を変える。

この章では、はじめに、時間的に短い間に観察される表象の障害（Shiida, 1985）、精神的現症 *status psychicus* を論じる。これには、不安、幻覚、精神活動の変化、ローカスの形成不全、多動、解離、強迫、が分けられよう。次に、人格の構造と形成について考察する。さらに医学では疾病というのが、大事な概念であり、精神科における障害、病気の「症状」、「経過」、「原因」、を考察し、治療には、症状に対する治療、経過に対する治療、原因に対する治療の三つがあることを指摘する。

キーワード

不安 人声幻聴 精神活動抑制 精神的疲労 人格

7-A 表象の障害、現症

心の表象の機能不全について、考察しよう。

不安の症状

不安は種々の様相をもつ。不安で、気分が沈む。発作的に不安になり、恐怖を感じるが、時とともに収まる。乗り物、人ごみ、遠方へ行くのが怖い。雷、暗闇、高いところ、狭いところが怖い。人と接するのが怖い。何となく、不安が心を覆い、生活が不自由だ。これらを精神科では区別して、パニック障害、恐怖症、全般性不安障害、などと呼んでいるが、これらは扁桃体ローカスからの大脳皮質へ送られる信号と、出来事記憶に恐怖の感情タグがついたものに二分できよう。

大脳皮質の信号が扁桃体の活動を起こすのを、心的なトラウマと呼ぼう。心的トラウマは、不安を引き起こす出来事記憶により形成されたものである。これに対し、意識野に上る不安は、扁桃体からの信号に由来している。

心的トラウマ： 大脳皮質の活動 → 扁桃体ニューロンの発火

不安： 扁桃体の活動 → 大脳皮質のローカス発火

心的トラウマは、扁桃体を活性化させ、これが、発作的な不安、パニック発作を引き起こすことがある。

人声の幻聴の性質

人の声が聞こえ、いろいろ命令されて嫌だ。話しかけられ、つい返事をしてしまう。このように訴える患者さんは多い。幻覚とは、外界の刺激が無いのに起こる感覚である。聴覚の幻覚を幻聴と言ひ、声の幻聴を幻声と呼ぼう。

人の声は、意味を運ぶ。このため、幻声は人の行動に及ぼす影響が強く、また実際、社会的動物である人間の脳では、声进行处理する部分が非常に大きい。思考はかなり自由にコントロールできるものであり、活性化した概念ローカスから注意をそらすことは容易である。これに対し、気になる声、話しかけてくる声、音声は心に飛び込み、侵入的である。行動、連合の統合機能が重要だ、声の幻聴があっても無視すれば良い、たいして重要ではない、という意見もある。しかし、患者さんの言う生々しい声を無視するには大変な精神力が要るように感じる。幻声がどのような影響力をもつかは、次のような実験を試してみれば、決着がつくと思われる。

外耳道にラジオを埋め込み、取り外せないようにして、患者さんが聞いている声をラジオで一週間ほど聞かせ、これで被検者が平常心でいられるか否か、試す。

携帯電話を受ける人、ウォークマンで音楽を聞く人が奇異に見えるように、他人には聞こえない声に従って行動すると、行動が支離滅裂に見えるようだ。声の幻聴は、時には天邪鬼のようであったり、肉親の人格をもっていたり、自分の考えが声として聞こえたり、幻声同士が話し合ったりする。幻声に操られた人は、心が自動的に動くように見える。

次の用紙は、我々がクリニックで用いているものである。この結果を見ると、患者さんにとって幻声がいかに有害か判り、患者さんの悩みを理解、共有することができる。患者さんは、幻声に対処する手段を多くもてばもつほど、安心できるようである。

最もひどい時 現在

Voice hallucination rev 05-11-22

日付

聞こえてくる「正体不明の声」について伺います。あなたの辛さを具体的に知ると、治療と支援に役立ちます。

Q 声の人物から、「声について話すな！」と口止めされたことはありますか？

はい いいえ

声について話せない事情があれば（例えば、電気・電撃をかけられる）、具体的に書いて下さい。

1 **どんな状況で、どんな風に聞こえますか？** 状況

状況は？ まわりに人がいないとき。 見えている（視界にいて姿が見える）人から。

テレビのアナウンサーが自分のことを話すとか、異なって聞こえる。

場所・場面は？ 自宅で 自分の部屋で 待合室・診察室で

学校に行くと 会社で 電車の中で 人ごみで

「聞こえる状況・場所」を、具体的に書いて下さい。

2 他の物音などが声に変わりますか？ 脳科学的性質

音楽 鳥のさえずり 人の話し声 車の音 風呂や水道の「水の音」 換気扇の音 風の音 その他_____

Q 声が聞こえる時に口を動かしたくなりますか？ はい いいえ

具体的に書いて下さい。_____

Q 声の主が見えることはありますか？ はい いいえ

居ないはずの人が見える 声の人物の姿が見えたり、視覚的なイメージを伴う

「見えるもの」を、具体的に書いて下さい。_____

Q におい、物音、触られた感じ、身体への感覚がありますか？ はい いいえ

Q 声以外の物音、音楽などが聞こえますか？ はい いいえ

Q 声かまたは考えか判らなかつた（中間？）ことはありますか？ はい いいえ

これらを、具体的に書いて下さい。_____

3 それは何人の声で、どんな声ですか？ 音声学的性質

一人 二人 数人 大勢 **Q声は男？ 女？** 女性 男性

Q 声の人物は誰ですか？ 具体的に_____

大人の声 子供の声 老人の声 ひずんだ声

知人 知らない人 具体的に_____

Q 「大きな声」ですか？ 大きい 小さい 聞き取れないくらい

Q そのぐらいの時間、声が聞こえますか？ 一日1時間以下 それ以上

Q 方向はどこからですか？ 具体的に_____

上から 下から 右から 左から 後ろから背後霊のように

周り中から 耳の中から 頭の中から お腹、のどから

Q 自分の考えていることが放送されている、皆が知っていると感じることがありますか？ はい

いいえ

「どんな声か」具体的に書いて下さい。_____

4 声はどんな内容ですか？ 認知科学的性質

世間話、うわさ あいさつ 褒められる 冗談や面白い話

あなたの行動をとやかく言う ああしろ、こうしろと命令する

あなたを責めたり批判したりする あなたの名を呼ぶ 話しかけてくる

返事をすると答えが返ってくる 声の人物が何人かで、お互いに話している
「声の内容」を、具体的に書いて下さい。_____

Q 「声は本物で誰かがやっている」と勘違いしたことはありますか？ はい いいえ

Q 声が楽しいことはありますか？ はい いいえ

Q 声が辛いのは、どんな時ですか？ 疲れているとき ストレス過多の時

「声が辛い時、楽しい時」を、具体的に書いて下さい。

5 声を減らす良い方法がありますか？ 対処法

Q 音楽、テレビ、ラジオなどを聴く、本を読むなど、聞いたり見たりする。聴覚・視覚

はい いいえ

Q 雑談する、会話する、歌を歌うなどで声を出す。音声出力 はい いいえ

Q 掃除、庭仕事、姿勢をシャンとする、入浴する、体操する、水泳する、飲食、喫煙、ガムを噛む、などの運動をする。運動 はい いいえ

Q 耳栓やヘッドホンを使う、ノドを手で押さえるなど、身体に触れる。身体感覚

はい いいえ

Q 気に入った服を着たり靴を履くなど、楽しいことで気を紛らわす。 はい いいえ

Q 声について考えるのを止める、他のことを考える、声から注意をそらすなど。思考・注意

はい いいえ

Q 声の主を叱る、怒る、声に返事すると、声が活発になりますか？ はい いいえ

上記の他に「声を減らす方法」を、具体的に書いて下さい。

確認者 _____

表 人声の幻聴の自己チェックシート

人声幻聴とローカスについて

幻声は、実際の音声と間違えるほど生々しい(中安, 1985)。生々しい人声の幻聴では、多くの音感覚ローカスが聴覚野で活性化し、音声検知ローカス、概念ローカス、などが、音声を聞いたと同様な状態で活性化しているであろう。「ニチヨウビ」という幻声は一次聴覚野に声紋に対応したパターンを作り、Wernicke 野で音声として検知され、単語ローカス、概念ローカス「日曜日」を活性化し、さらには感情ローカスを励起する。幻声がある時に、

脳活動を調べた研究により、これが脳で実際に起こっていることが実証された。

幻声は、どのようなニューロン機序で起こるのだろうか。音感覚ローカス、音声検知ローカス、意味処理ローカス、は過去に学習された結果として出来上がったものである。感覚の検知ローカスは、外界からの音声以外で発火することはない。しかし幻声では、音声検知・認知ローカス群が、自発的に発火していることになる。考えが声になる思考化声の場合は、考えという連合野からの信号が、音声検知ローカス、音検知ローカスを発火させている。また、風の音、車の音、水の音、鳥の囀りなどが、人声として聞こえると訴える患者さんがいる。テレビの放送が、自分のことを言っているように誤って聞こえることもある。これらの場合には、外界からの信号が、誤った音声検知・認知ローカス群を発火させている訳である。

この厄介な自発性は、どうして起こるのだろうか。音声検知ローカスの領野が作られた場所が悪く、自発性の高い領野だからなのか、またその場所のニューロン群が良くない組み合わせなのか。音楽は、意味以外は音声に似ているが、絶対音感をもつ人では純音のイメージ表象がかなり生々しく(菱谷, 1993)、また音楽の才能と音楽イメージは関係があるように思われる。夢では、誰でも幻声を聞く。そして実に、人口の数%の人々が真昼の幻声体験をもっているらしい。幻声が少ないときは、治療を要しない。魍魎魍魎^{ワウリウ}、物の怪、天邪鬼、などは幻声、幻視の産物であろう。

精神機能の活発さの変化

注意が散漫となり、思考の速度が遅くなり、なかなか判断できないと、行動が鈍くスローになり、行動の量が減るであろう。注意、思考、判断を精神活動と見て、この状態を精神活動抑制 **psychomotor inhibition** と呼ぼう。精神活動制止は、感覚領野における注意、行動生成プロセスにおける判断、それらを結ぶ思考の集中、が共に制止され遅くなる状態である。こうなると、いつもは容易にできていた仕事がひどく「緊張」しなくなり、精神活動制止がひどいときはボーっとして何が何だか判らない昏迷状態となる。精神活動抑制は、注意、思考、判断を含む構えローカスの連合野の構えローカス群、注意ローカス、概念ローカス、行動意図ローカスの数が減少しているのであろう。

精神活動抑制の反対で、ふだんより多い構えローカス群が発火すると、注意、思考、行動の量が、反対方向に変化する。これを精神活動興奮 **psychomotor excitation** と呼ぼう。仕事はどんどん進み、いろいろと発想が沸き、頭がよくなったように見える。人間はその人なりの精神活動速度をもっており、人間はそれに従い、40kmで走る人は40km用のOSを作り、それがその人の社会でのやり方を決めているのであろう。思考の速度はその人本来のものがあ、思考速度が速すぎても良くない。これは車の運転で、その人なりの安全速度に合った運転技能を覚えるのに似ており、車が安全速度の二倍で走ると、交通事故が起きる。精神活動速度が二倍になると、社会的な事故、浪費、付き合いの失敗、仕事の失敗、などが起こる。

ネロの機能障害と解離

動転したときは、頭が真っ白になり何をしているか判らなくなる。これがもっと高度で、いつもの自分を忘れ、無我夢中でおかしなことをやり、違う人格として振舞うことがある。このときの記憶は、想起できない。これを解離 **dissociation** と呼んでいる。

自分が自分であるためには、保持ローカス群に「自分」という内容が十分にあり、またネロがその行動の状態を適切に記憶する必要がある。人格、自我を保持するローカス群に不安の感情タグがついたり、ネロが不安の影響を強く受ける人を考えよう。我々のいつもの環境認知、自分の認知は、感情から中立である。しかし、不安の感情タグがついた保持ローカスで形成される「他の人格」を持つ人は、高度の不安では保持ローカスがいつもの「自分」を構成せず、「他の人格」を保持し、この状態では人格が異なってしまう。また、ネロが機能不全を起こすと、出来事記憶が想起できないであろう。

不安なとき、右脚が動かず松葉杖を使うようになるが、不安が去ると右脚がふつうに動くようになる患者さんがいる。

ふつうの人では、行動遂行系は扁桃体の信号の影響を受けない。しかし、右脚の運動系のローカスが扁桃体の信号で抑制されると、「マイナスの不安感情タグ」を持つでしょう。この場合には、不安で右脚の運動ローカスが働かなくなってしまう。

行為意図ローカスの切り替え、強迫行為

手が不潔ではないかという恐怖に駆られて、手の皮がすりむけるまで洗い続け、風呂から出るのが怖くて、風呂に何時間もはいる人がいる。このように行為を繰り返すのを強迫行為 **compulsion** と呼ぶ。風呂の場合は、風呂から出て不潔な状態になるのを恐れるあまり、風呂から出られない。不潔になるかもしれないという観念がとりつき、家でのいかなる状況であっても不安である。このようにとりついた観念を強迫観念 **obsession** と言っている。

私は、手が不潔では口から病原菌が入るかも知れないと不安になり、手を洗う。しかし、手を洗えば「もう大丈夫」と安心する。行動意図ローカスは、行動の目的が達せられれば制止状態にもどる。これは行動意図ローカスが、目的達成を検知した検知ローカスからの信号で、抑制されることを意味する。しかし、この不潔恐怖の人は、「もう大丈夫」と安心できない。つまり、不安感情タグが強く、ふつうは行動意図ローカスを抑制できる信号が、これを抑制できないのであろう。

強迫観念が、強迫行為を生成することになる。強迫観念は、実は多彩であり、不安と関係がなく、感覚性の要素が少ないが幻覚に近いものであることもある。

7-B 大脳皮質への書き込みと人格

人格の形成と、人格の意味について考察する。

学童期の脳の発達

漢字が書けないが、読んだり、友達と遊んだり、その他の活動がふつうに行える子供の症状を分析してみよう（図1）。漢字を書く以外の活動は、この子供は容易に学習した。ただ、この子供はいくら学習を重ねても、漢字の要素を組み合わせる複雑な漢字を作ること、書き順を覚えて正しい漢字を書くことができなかった。

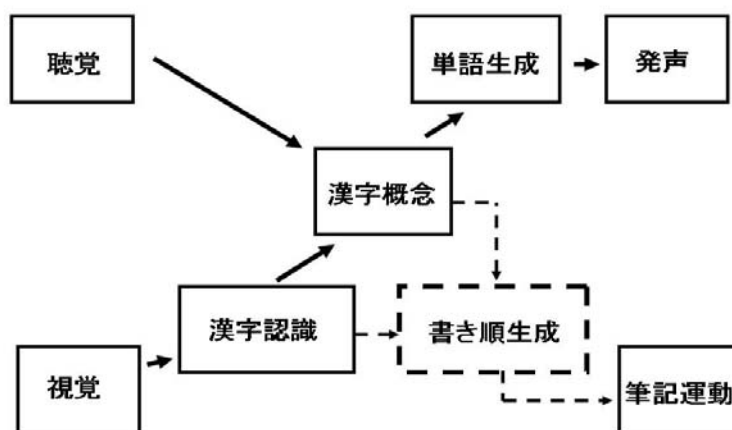


図1 漢字の書き順の障害

この子供は、書き順生成の行為意図ローカスが形成できないような脳の構造を持っていると考えられる。書き順生成の機能ブロックとなるべき領野が存在しないか、または書き順生成ブロックとなるべき領野の入力と出力の軸策結合が無いのであろう。この子供は、学習障害と診断される。学習障害は、ローカス形成がきわめて困難な脳をもつ病態である、と行うことができよう。学習障害は、このように発達のプロセスで明らかとなる。もって生まれた脳を「白紙」に例え、その上に書かれた知識を文字と例える J.ロックの比喩は有名である。しかし、学童の脳は白紙のように自由に書けるものではなく、それは潜在結合の決まった領野の集まりである。漢字の書き順の運動生成ローカスが入るべき領野がない白紙には、漢字生成を書き込めないのである。

人の脳には、人の顔を認識する場所がある。この高次の感覚野は耳の脇の脳の大きな部分を占めている。この顔認識ローカスが入るべき領野が、無い子供を考えてみよう。人の顔の表情を認知できないので、お母さん、お父さんの表情が判らない。幼稚園でも友人や先生の表情を認知するローカスがないので、皆と良くコミュニケーションがとれないであろう。大人になっても、皆の表情、場の雰囲気が読めず、社会的コミュニケーションに相当の障害を残すであろう。

同じように、言語の認知、言語の生成のプロセスの学習障害がある。このような子供は、

言葉が通じず、社会的な状況が判らない不安から、こだわって得意なことを何回も繰り返すかも知れない。言語能力と、社会的認知能力の障害を併せ持った病態を自閉性障害という。「こだわり」は、自閉性障害の特徴である。重度の発達障害は、範囲が広いという意味で広範性発達障害 *pervasive developmental disorder* と呼ばれる。

こどもの脳の自発発火ニューロン群

子供の大脳では、まだ書き込みが少ないので、二次感覚野、連合野などの固定した機能をもつローカスの数が少なく、大人に比べて検知ローカス、行動意図ローカス、保持ローカス、概念ローカスの数が少ないであろう。

こどもは、一般的に多動である。大脳皮質の自発発火ニューロンの働きは、もし前部連合野であれば、自発性を消化すべき複雑な行動意図ローカスなしに、もろに行動に翻訳され、ニューロンの自発活性化は、運動生成過多を引き起こすであろう。後ろの連合野のニューロンの自発発火が多い場合は、興味津々として、周りに興味、注意を向け、この場合は検知ローカス、保持ローカス、概念ローカスの形成を促すであろう。過剰の注意は、自分の興味に熱中しすぎて、授業とか、課題を無視しない限り、何ら問題は無いことになる。問題は多動であり、授業が妨げられるようになると、学校生活に障害が出る。

心のソフトの玉ねぎ構造

人間とパソコンは画面とキーボードで交信するが、HDDの読み取り、タスクマネージャなどは一般ユーザーには縁遠い。計算機は内部状態を画面とスピーカで表現しているから、この意味で、計算機の「心」は、画面とスピーカで表現されたものと言えるかも知れない。ユーザーから見ると、計算機では、次のような構造がある。

OS — プログラム — インターフェイス

インターフェイスとは、パソコンの場合は、ウィンドウ、アイコンなどである。ここで、OS、プログラム、インターフェイスは計算機言語で書かれたソフトであり、これは計算機を外から見た構造であり「玉ねぎ形」と呼ぶことにしよう。

これに対応したものを、「相手」の心で考えてみよう。

感情・人格 — 目的意思 — 社会アージ

人間のモードの傾向である人格、感情には性向があり、これがある目的をもつとき、これを目的意思 *will* と呼ぼう。また、人間は、計算機や人間に囲まれてくらししており、この「社会」にある存在として、友達と遊び、学校に入り、子供を育て、仕事をし、社会的な性向をもつ。この個人の性向は、人間が生まれて死ぬという生物としての特性に左右され、種としての人間存在を示すもので、社会行動、知的行動を駆り立てる社会アージに相当するであろう(戸田, 1998)。知者は知ることを楽しみ、賢者は人が動くと嬉しく、仁者は人の幸福を喜ぶようだ。社会アージには、快の感情が大事だと思う。こころの科学は、社会アージの本質を探り、世界社会での種としての人間存在をコントロールできる可能性があり、

そうあって欲しい（戸田, 2004）。

人格とは行動の統計的な性質？

活発な人は、自発的な行動を多く生成する。また、社交的な人は、人とコミュニケーションをとることを活発に行う。S という状況を相手が認識して、相手が R という行動をとったとする。S は刺激 stimulus のイニシャル、R は反応 response のイニシャルである。刺激と行動のペアを、

S→R または、s 1→r 1, s 2→r 2, s 3→r 3 ……

のように書こう。これは、こころの入出力関係である。

活発な人は、多くの場面で、たいがいの状況で、多くの r を生成する。社交的な人は人とコミュニケーションをとる状況 S を好み、また R として、人に話をすることが多い。

活発、社交的などの人格パーソナリティーは、このように、心の入出力関係の概要、つまり統計的な性質である。人格は、このように個人の精神機能の統計的な性質であると考えられ、これはパソコンシステムでは OS にあたる基本系であろう。感情の安定性などは、性格の重要な要素である。

人格障害とは、社会的に困る性格の偏りである。これは J.ロックの「白紙」とその上に書かれた文の性質であろうし、心の発達障害は、性格の偏りを引き起こすであろう。性格の問題を困って、何とか治したいと治療に来ると、人格障害と診断される。この意味で、人格の問題は医療で扱うと言う意味では病気だが、身の上相談でもある。しかし、人格障害に薬物がよく効く場合がある。これは、その方の人格障害では、薬物の本来効く病気と同じような変化が脳に起こっている意味するのであろう。

支援教育プログラム

人格の変更には、教育と訓練を用いる。アルコール依存、覚せい剤依存、プロセス依存、などは、支援教育プログラムを必要としている。精神医療は、医師、看護師、臨床心理士、ソーシャルワーカーのチームによって、薬物療法、精神療法を中心に、学校、職場、社会とのインターフェイスを介してなされてきた。しかし「支援教育プログラム」の作成と実施は、今までの精神医療がなしえなかった領域であり、精神医療チーム以外の人々との協働作業が必要である。

7-C 治療のための方便、疾病

治療に役立つという観点から、病気について考察を加えよう。

操作的な診断について

精神疾患の定義は、必ずしも精神科医によって同じではなく、同じ診察データを用いても診断が異なることがあった。このことを憂慮し、アメリカの学会が、疾病概念をわかり

やすい述語で定義した診断統計マニュアルDSMというものを始めた。精神障害を解釈の一定した述語で定義し、その幾つの要件が満たされるか、で診断する。これなら機械を操作するように、誰でも同じ診断に達することができるであろう。これを、操作的 operational 診断と呼んでいる(Andreasen, 2001, pp.239-250)。

N.サルトリウスらの努力で、診断基準の国際化版が95年にWHOにより国際疾病分類ICD-10として発表された。ICD-10によると、精神と行動の障害は、Fのコードをつけて分類される。重要なものをあげよう(WHO, 1995)。

- F 2 統合失調症と関連障害、
- F 3 感情障害 (躁うつ病)、
- F 4 神経症性、ストレス関連、身体表現性障害
- F 6 人格と行動の障害
- F 9 精神発達の障害

ICDで、F 4は「神経症性、ストレス関連性」というように、精神的な負荷、つまりストレスが原因と考えられる病態をまとめているが、F 4障害をまとめ上げたのは、便利だと思う。

ここで操作的診断について、実際的な問題を考察しよう。疾病を「わかりやすい述語」で定義したとは言っても、その概念を「実体」entityとして定義できたわけではない。医師による述語の解説が、患者に同じように理解され、患者の心の表象の同じ事態を指しているか否か、これは、じつは不明である。精神科の述語を、日常用語に翻訳する作業が、医師と患者を結ぶためには必要である。我々のクリニックでは、述語を日常用語に翻訳し、チェックリストとして、患者、クライアントにチェックして貰っている。しかし、我々の翻訳では、一述語をときに複数の文で表すとは言っても、なおこの翻訳は学会のお墨付きをもらったわけではなく、我々のクリニックの方言的理解かも知れないのである。

精神疾病の状態、経過、原因

肺結核という病気は、原因、症状、経過、治療法の4要素からなっている。精神「障害」とは精神疾患のことであるが、精神障害の症状、経過、原因についてまとめ、治療について考察しよう。

まず、症状、精神的現症からはじめる。精神症状は表象の変調であり、結核の呼吸不全に比べると、なかなか複雑である。精神症状を行動のレベルで診断するか、心の中のレベルで診断するか、の二つの立場があろう。心理学では内観という研究方法が批判され、行動を研究対象とする行動主義の立場が80年ほど続いたが、精神医学はこれに対して、不安、恐怖、幻覚、思考力、集中力、判断力の低下などの、いわば「素朴内観主義」とでも呼ぶべき立場を、ずっと守ってきた。幻覚は統合失調症(F 2)の中心的な症状であり、思考力、判断力の変調である精神活動抑制、精神活動興奮は、感情障害の主な症状である。また、ストレスと関連付けられたF 4の不安障害、身体表現性障害は、不安や身体の違和

感を主とした疾病概念である。

次に、経過は、症状と別に定義できる。K. シュナイダーは、「精神疾患は症状・経過複合体である」と指摘したが、ICDでは、F2統合失調症と、F3感情障害では、精神障害を症状経過複合体として定義している。つまり、F2では、幻覚妄想状態の定義があり、これに急性、慢性を分けており、F3では、そう状態、うつ状態の定義を書いて、それがどう経過するかにより、疾病を分けているのである。F4障害で、不安障害と身体表現性障害は、ストレスが原因だと暗に示されているだけで、その原因を特定していない。

さて3つめは、疾病の原因である。精神障害の原因はICDでは特別扱いられている。F0の「外的原因による精神障害」とは、ニューロンが傷害され、画像でそれを判断できるものであるが、血行不全、ニューロンの変性、外傷などによる精神障害が、F2、F3、F4の症状に習って分類されている。F4障害のうちで、急性ストレス反応、心的外傷後ストレス障害の二つは、「原因はストレスの多い出来事である」として、疾病の定義に含めてしまった。つまり、この二つだけは、「原因・症状・経過」複合体として、原因を含んで定義されたのである。

原因例1、プロテオームの障害

F2統合失調症と、F3感情障害の原因は、画像としては目に見えないもので、これはかつて「内因」と呼ばれた。F2統合失調症と、F3感情障害は、遺伝する傾向があるが、はっきりしない。

内因とはいったい何であろうか？ 内因の一つには、DNA自身の異常があろう。これは遺伝することになる。また、DNAの読み取り過程で生じた、ニューロンのタンパク質の総体、これをプロテオームと言うが、この異常も、ニューロン活動を不調に陥れるであろう。プロテオーム proteome とは、クロモゾーム chromosome に習って作られた造語であり、細胞のタンパク質の総体を示す用語である。DNAの異常はプロテオームの異常を引き起こすのであるから、「内因とはプロテオームの異常である」と言って良いと思われる。プロテオームの不全が、精神機能の変調を起こすニューロンの伝達不全、活性化不全、信号生成不全を引き起こしているのであろう。またプロテオームの異常が、脳の発達に影響を及ぼすことは、たぶん起っている事態だと思う。

しかし、不眠、精神疲労などの心的負荷が、F2統合失調症と、F3感情障害をひき起こすことは、よく知られた事実である。この場合は、心的負荷が引き金、トリガーとなり、ニューロンのプロテオーム不全が起こっていることになる。

原因例2、可逆性の心的負荷、精神的疲労

F4障害のストレスとは、どのようなものであろうか？ ストレスを心的負荷と呼ぼう。心的負荷は、リラックスし、長く良く眠ると、消失する。つまり、(心的トラウマを除く) F4障害は、心的負荷を取り去ると、可逆的に治癒するのである。

長時間、休むことなく「緊張」が続くと、精神的な疲労を感じる。また睡眠がとれないと、精神的な疲労から回復することが出来ない。精神運動が抑制された状態で、いつもと変わらない仕事を続けるとどうなるであろうか？ 「緊張」しないと、大脳皮質のローカスが活動せず、また身体の筋肉も運動の準備状態とならない。従って、緊張による心的負荷で、精神的な疲労が起こるのであろう。心的負荷で起こった事態は、「精神的な疲労」であろう。精神的な疲労の細胞レベルの機序を考えよう。大脳皮質のニューロンも疲労するであろうが、「緊張」では、細胞体が小さい、交感神経系のニューロンの疲労があると推定できよう。

多くの人々に、精神的に疲労した状態での自覚症状を聞くと、不安、沈んだ気分（抑うつ）、不機嫌、などの精神症状だけではなく、動悸、呼吸のしにくさ、便秘、肩こり、背部痛、胃腸の不調、身体の違和感などの身体表現性の症状が見られる。精神症状が主な人も、身体表現性症状が主な人もいる。体質により、つまりその身体の分子レベル、システムレベルの差異に従い、症状は異なるのであろう。人には自分の感じる多彩な症状を、言葉で全て言い尽くすことは困難である。むしろ精神的疲労の多くの症状をプールしておき、そこから選んだらどうだろうか。我々は、精神的な疲労症状を、多くの症状プールから選択するパソコンシステムを開発した。

原因例3、心的トラウマによる不安

人間は、過去の「辛い思い出」を思い出すと、辛さ、不安を感じる。毒蛇に恐怖を感じ、事故の起こりそうな無謀な運転に危険を感じる。危険なものは学習され、大脳皮質からの信号が扁桃体に入力されて、これを活性化するのであろう。不安の感情タグがついた出来事記憶、概念記憶、検知ローカスが不安を引き起こすことを、一般的にトラウマと呼ぼう。乗り物、人ごみ、遠方、雷、暗闇、高いところ、狭いところ、人と接すること、これらに対する不安は、トラウマの結果であろう。

精神的疲労とトラウマ記憶は、ともに不安の原因となる。精神的な疲労は、不安の基礎レベル、扁桃体の活性レベルを高めるようで、不安レベルが高いときには、大脳皮質の信号が不安を惹起しやすくなる。

トラウマ記憶による大脳皮質からの信号、精神的疲労、この二つが、不安の原因である。大人では、扁桃体ニューロンが自律活性化する、「原発性不安」は、存在しないように思われる。

さて、不安なときの出来事記憶がもととなり、トラウマ記憶が形成される。精神的疲労がトラウマを生むのであるから、精神的疲労による不安、トラウマ記憶による不安の両者において、「不安の根源は、精神的疲労である」、ということになる。

症状、経過、原因に対する治療

精神医療での治療は、症状、経過、原因に対してなされることを、以下に述べよう。

第一に、症状に対する治療を述べる。幻覚、不安、精神活動抑制などの精神症状に対して、薬物を選び治療する。抗精神病薬は幻覚を取り、抗不安剤は不安を取り、精神活動抑制は抗うつ剤が効果的である。幻覚、不安、精神活動抑制の場合は、薬物治療が症状に対してなされる。「幻覚、精神活動抑制はプロテオーマ異常から起こるから、原因に対する治療だ」という意見もあるだろうが、幻覚、精神活動抑制では、薬を使い分ける。また、幻覚、不安、精神活動抑制が症状であることは事実であり、ここでは「治療が症状に対してなされる」ということにしたい。

第二に、経過に対する治療を述べる。精神活動興奮があると双極性障害と診断され、リチウムや抗てんかん薬のような気分安定剤が処方される。双極性障害とは、精神活動興奮、精神活動抑制を極と見て、極が二つあるという意味で名付けられたものである。気分安定剤は、精神活動興奮、精神活動抑制ともに、その再発を防止することが知られている。この場合は、経過に対して治療が行われることになる。

第三に、原因に対する治療を述べる。不安の原因が、精神的疲労である場合には、精神的疲労を生まないライフスタイルを作り、ストレスの気づきを敏感にして、リラックスと睡眠を心がけることが、原因治療となる。心の傷を治すには、薬物は無効で、人間とのコミュニケーションにより、原因である「恐怖の感情タグ」を、出来事記憶、イメージ表象から切り離すこと作業を行うことが必要である。

いわゆる「うつ病」の治療を、原因によって分けてみよう。うつ病には、精神活動抑制がプロテオーマの障害で起こり、抗うつ剤が効くものがある。また「悩み」が心に居座った場合、例えばわが子の不幸を思いつめているとき、人間は行動の量が減り、外界の変化に対応することができなくなる。悩みは、内的苦悶反応 *innere Konfliktreaktion*、外的体験反応 *Reaktion der ausere Erlebniss* に二分できるかも知れないが(Schneider, 1976)、とにかく辛さや悲哀で心の中を満たす想念、記憶のことであり、悩みから脱するには、その人なりに解決するか、解決をあきらめ新たな生きがいを見出すか、二つの方法しかない。また可逆性の心的負荷が原因で、ぐっすり眠り休息すると直るうつ病がある。

このように、精神科の治療は「症状」「経過」「原因」に対してなされる、三つの場合がある。マニュアルどおりにやれば同じ結果が出る「操作的な診断」を、症状について、経過について、原因の追究について、それぞれ行う必要があると思われる。

文 献

- Andreasen, N. C. (2001). *Brave New Brain*. Oxford University Press. (武田 雅俊・岡崎 裕士監訳『脳から心の地図を読む: 精神の病を克服するために』東京: 新曜社).
- 菱谷 晋介 (1993). イメージの個人差について: 何が鮮明度を決定するか. 『認知科学の発展』, **6**, 81-117, 日本認知科学会.
- 中安 信夫 (1985). 背景思考の聴覚化—幻声とその周辺症状をめぐって—『分裂病の精神病理』 **14**, 195-235, 内沼 幸雄編: 東京大学出版会.

Schneider, K. (1976). *Klinische Psychopathologie*. Georg Thieme.

Shiida, T. (1985). *Man as a Machine -- Philosophical Essays*. Isebu: Tsukuba City.

戸田 正直 (1988). 行動プランについて：感情のアージ理論拡張の試み. 『認知科学の発展』 **1**, 189-209. 日本認知科学会.

融ら訳, WHO 編 (1995). 『ICD-10 精神と行動の障害』. 医学書院.

「精神科治療学」編集委員会編 (2005). 『新精神科治療ガイドライン』. 星和書店.

BOX ARTICLES

てんかん発作と睡眠の脳派

脳波は、頭部に数十の電極をつけてその電位を記録するものである。脳波は、その電極の下にある多くの大脳皮質のニューロンの活動を、平均して拾ったものである。

てんかん発作は、脳波で見ると、スパイクであったり、ゆっくりした律動である。また、睡眠も、突発的に見える動き、ゆっくりした律動が記録される。

てんかん発作では、大脳のニューロンが、バラバラに個性を持って活動しているのではなく、全てが同期して活動している。出来事記憶の形成、外界の検知、認知、行動生成は、大脳皮質のニューロンのバイアス電位が適切で、ローカスが「バラバラに個性を持って」活動して行われるものである。従って、ニューロンが同期して活動している「てんかん」では、精神活動は認められず、てんかん発作のあと働きすぎたニューロンは疲れ果ててしまう。

睡眠は、脳のニューロンの内部電位が下がり、ニューロンが休息した状態と考えられよう。睡眠を長期に奪うと動物は死に、家族性致死性睡眠障害の患者は死に至る。睡眠状態では、精神機能は認められない。眠りに落ちるときには、検知ローカス、行動意図ローカス、保持ローカス、概念ローカスが徐々に数を減らし、心の意識野が閉じて行くことになる。この睡眠状態でも、大振幅の脳派が認められるが、睡眠中は、信号伝達はまれであろう。このときは、大きな波がゆるやかに見られ、突発的な波を作るてんかんの動悸活動の脳派とは、原則として、異なっている。

主要文献の解説

知見、事実など、本書で定義されない概念については、間違いを無くすために、引用文献を示すよう心がけた。著者らの仕事は、認知科学会の学会ごとに出版される「JCSS 抄録論文誌」、ICCS の Proceedings で発表され、これらを見て欲しい。

以下に主要な文献を解説する。

Andraesen, N. C. (2001). *Brave New Brain*. Oxford University Press. (武田 雅俊・岡崎 裕士監訳『脳から心の地図を読む: 精神の病を克服するために』東京: 新曜社)
精神科医の手になる、脳科学と医療の分かりやすい解説である。

Fuster, J. M. (2003). *Cortex and Mind. Unifying Cognition*. Oxford.
オリジナルな図を多く用い、大脳皮質の実験結果を紹介する労作である。

Guanong, W. F. (2001). *Review of Medical Physiology*. Lange.
ニューロンの働き、言語の機構、自律神経系などについて、著者が書き下した文章で、判りやすく書いてある。古典的な知見を知るのには、昔の古い版が便利である。

行場 次朗, 箱田 裕司編 (2000). 『知性と感情の心理 認知心理学入門』. 福村書店.
表象の観察結果をまとめた、多くの研究者の手になるオリジナルな教科書であり、内観心理学の時代と異なる客観性を追及した仕事が、多く紹介されている。

House, E. R. & Pansky, B. (1967). *A Functional Approach to Neuroanatomy*. McGraw-Hill.
オリジナルな図で、大脳の形と軸索の結合を描いた本である。非常に判りやすい。

池田 清彦(1998) . 『構造主義的科学論の冒険』. 講談社学術文庫.
すぐれた科学哲学の総説であり、構造構成主義 Structural constructivism とは、外界に対応したシステムの構造が構成されるという立場のようである。本書では、「構造」より、「現象」を第一義に尊重しており、現象とは、経験を通して各人に立ち現れた「すべての何か」であるとされている。

伊藤 正男編 (2003). 『脳神経科学』. 三輪書店.
現在の日本の脳科学の研究者が執筆している本であり、脳科学の得た知見の総説、テキストである。伊藤正男は、小脳の運動学習機構を、分子、ニューロン、システムの階層構

造の3レベルで解明した偉大な研究者である。

日本認知科学会編 (2004). 『デジタル認知科学辞典』. 共立出版.

日本認知科学会は、「知」の総合的な科学を構築するための学際的な研究交流の場として、1983年に設立された。この辞典はCD版であり、認知心理学、人工知能、言語学、脳科学、哲学、社会学の分野の用語を、統一的に、簡明に解説している。執筆は、現在の代表的な日本の研究者たちである。改定した最新版を、サイトでダウンロードする形式を取っている。検索エンジンを駆使してサイトを漁ると、用語のイメージは掴めるのであるが、認知科学の典雅な解釈を知るには本稿が適している。

Shiida, T. (1985). *Man as a Machine -- Philosophical Essays*. Isebu: Tsukuba City.

John Kingston Books で入手可能である。

融 道男(2006). 『図解雑学 心と脳の関係』. ナツメ社.

一般向けの本であるが、内容は高度である。基本的なことを簡明に説いており、テーマがこの仕事と同じものであり、この方面のすぐれた総説でもある。

おわりに

私は脳のニューロンの生理学を学んでから精神科医となり、85年から感情のモデル RABBIT を作り、その後は理性のモデル ATMAN を作ることを試みてきた。今は、精神科のクリニックで働いている。

生理学を学んだ頃の私は、ニューロンが集まった脳が精神機能を発現することは当然のことだと考え、アソシアトロン（Asotatron）の講義を聞き、連合野の働きもそれで尽きたような気持ちでいた。新規の向精神薬が続々と発売され、それらはセロトニン、ノルアドレナリン、ドパミンなどの作用で説明されていた。これらの物質は神経伝達物質と考えられているが、その説明はニューロン生理学とはかなり異なっていた。私にはギャップを埋めることができず、脳の機能局在とも話をつなぐことができなかった。これらの物質は脳に存在するが、一方その働く先は精神機能である。精神機能は、3物質の濃度を変数とした「3変数モデル」と見なされていたが、実際のところ中味不明なブラックボックスなのであった。

かつて M.戸田たちが遂行した NENE 計画というのがあり、これは20歳台の女性の知性と感情を計算機の中に再現しようとするものであった。認知科学会は、新たな学問に挑戦する心意気にみちていた。私は、認知科学会で研究を発表してきた。

精神科医は、脳に作用する向精神薬、脳画像で見えるニューロン、そして問診で聞き出す患者さんの心を、毎日の診察で扱う。ニューロンと精神機能を結ぶという問題は、日々の診療の問いである。ニューロンと心を「繋ぐ輪」を知れば、より良い薬ができ、精神療法を脳の治療として理解でき、精神医療が進歩すると思われた。研究所では本音の議論があり、知的にとっても充実していた。もし「話し相手が透明な頭蓋骨をもち、活性化したニューロンが光って見えた」としたら、我々は相手の精神機能を、相手の心の中を読めるだろうか？ これがイエスならば、脳を見ながら心が判る。脳と心のモデルなどは要るまい。また、今の情報科学は日々に進歩して、人間らしさを追及している。そのうち、人間にそっくりな情報処理システムが報告されるだろう。こんな話もあった。人工知能というのは、疑問 question と答え answer の対応、「知性の入出力」のみを扱い、心の中のことは面倒だと、無視するものだとも言えよう。しかし ATMAN-RABBIT は、心の中の表象のモデルであった。表象・心の中を扱うには、計算量がこんなに多くなるのかと、友人と二人で感心した。また、脳と心を繋ぐという問題は、方法を開発する「哲学」のようなものであり、多くのマンパワーの投入で解決できる問題とは思えなかった。研究所では、O.長谷川により、人の顔の画像を合成し表情を変える技術が開発され、音声合成、音声認識と組み合わせ、計算機人間をつなぐ人型のインターフェイスが作られていた。計算機の画面に、人の顔と両腕が現れ、これで計算機と人間を交信させるのである。この人型のインターフェイスが人の心をもつようにする計画があり、この計画は私の ATMAN-RABBIT を実装するに適したものであった。精神機能の一部、たとえば「掛け算九九」の学習過程のモデルを、人型インターフェイスに実装することができよう。その計画は、02年のハードが安く手

に入る時代に、数人で可能だと考えられた。この一部精神機能・実装計画を、トロント市で行おうとした。O. 長谷川の貸与した、顔をもった人型のインターフェイスは、計算機上で動いた。心なんて、大脳皮質の機能の配分の仕方だ、二十日ネズミのようなチャチな物でもよい、心をもつ脳の一部であれば、と私は考えた。しかし ATMAN-RABBIT のプログラムを作ることは、設計上の無理があった。また、どうやって研究を発表するのか？ 結果が人間に似ていると誰が判定するのか？ 私は、この二つの問いに答えられなかった。一部精神機能・計算機実装実験計画は、頓挫した。今まで私は、精神機能の一部をモデル化して、発表論文に書いてきた。しかし、これらの発表ではモデル化の前提となる議論を毎回、毎回、繰り返した。精神機能一部モデル化方式、また一部精神機能を動かすトロント計画、その両者の方法はともに、ニューロンと精神機能と結ぶ仕事の全体像を描き出すことができないと思った。

本稿は、精神機能をモデルとして書こうという試みである。本稿は、研究の「全体像」を描くことを目標としている。心の内部状態を含んだ大脳の動作原理、心の働きの本質、M.伊藤のいう脳的设计図、それを描き出すというのが、本稿の扱う問題である。この一論文方式は、前提を繰り返す必要などはなく、本質的な問題を考えるのに有効であった。

友人CTは、長時間の解説を行い、本稿の議論を明確にするのを助けてくれた。この仕事は、認知科学のYM、MT、情報科学のOH、生理学のYM、精神科のHA、AH、友人RL, CT, その他の畏友、先輩に語りかける心構えで書かれた。第一問題、どうやって、研究を発表するのか？ 第二問題、結果が人間に似ていると、誰が判定するのか？ これには次の答を用意した。第一の問いに対しては「これらの畏友、先輩の方々の理解が、仕事を世間に繋ぐだろう」、そして第二の問いには「これらの畏友、先輩が、人間に似ているか否か判定してくれるだろう」、という答である。

私はこの仕事を NENE に捧げたいと思う。こと肯綮に当たり、考察、論証の方向に正鵠を得て、本稿がニューロンと精神機能の概略を描き出せたことを、祈っている。

2007年8月10日 志井田孝