

芸術する脳における音楽の営みを例にとる  
パブロフの力学モデルの解析

平成25年5月22日

川村光毅

坂出 準

要約

芸術する脳における音楽の営みの川村スキーマ（注1）を、パブロフの力学モデルによって得られる解析結果は、

セーチェノフ、そして、その（学問上の）弟子のパブロフが主張する「感覚入力/内部環境から入ってくる刺激が無ければ、生体反応は起こらない、認知を含んで高次神経活動は起こらない、条件反射は成立しない」というテーゼにピッタリとかさなる。

脳の内部システムは、不完全であり、常に、外部システムによって、感覚器から、絶えず、脳を学習させるように、情報を入力していないと完全にならない。

（注1）川村スキーマ 川村光毅「芸術する脳」特別号2012 p p 43 図25”

第1章

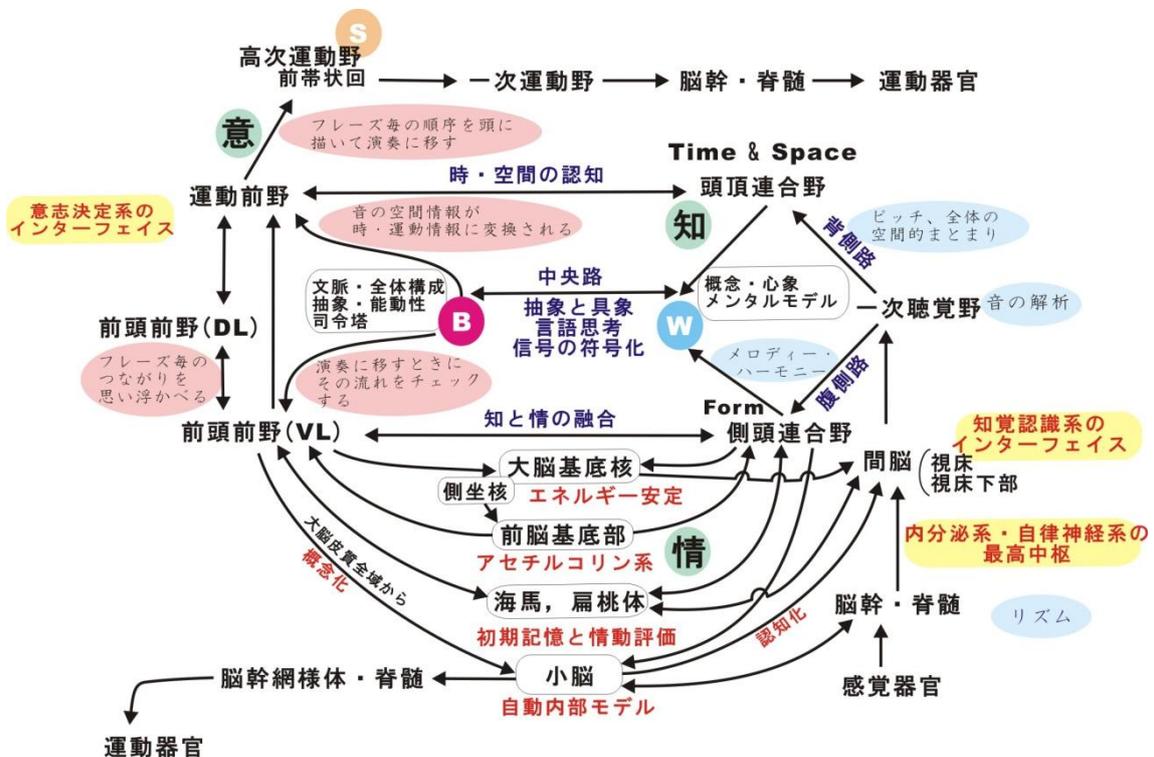


図1 音楽の営みにおける川村スキーマ 1

この図1の器官名を記号で表したのが次の図2である。

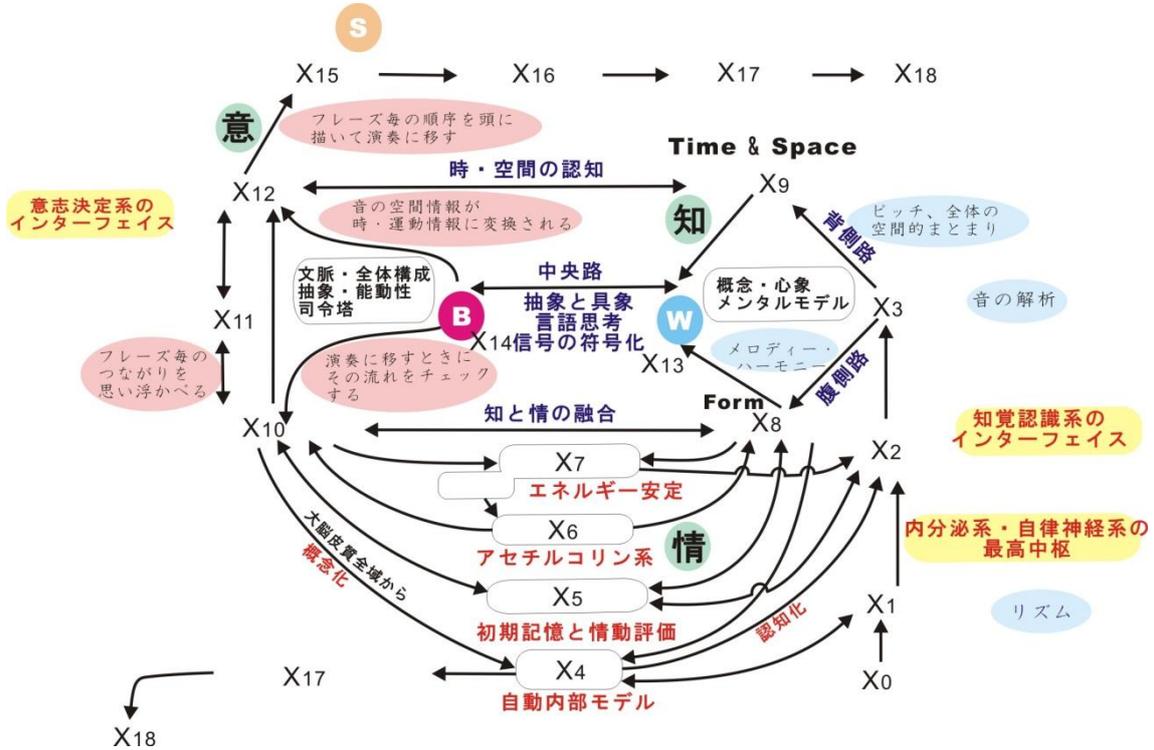


図2 音楽の営みにおける川村スキーマ 2

感覚器官 X0 から入った空気の振動である音が神経系内で電気信号に変換され、脳幹 X1 でリズムや聞いた音の高低を知覚する。

高次の認識をつかさどるのは大脳皮質のレベルである。

後連合野で、その流れは2種類に大別される。

一方が音の占める空間や時間 (Time & Space) の流れ X9 で、

他方が情動系を含んで、メロディーやハーモニーなど、まとまりを作る認知系、すなわち、音のまとまった情報 (Form) の流れ X8 という dorsal and ventral pathways の少なくとも2つの路がある。

それらが前頭前野 X10, X12 に集約されてくる。

このように全体の中で個々のものを認識しながら一つのものを形づくる (Gestalt)。

それらを、高次運動野 X15 での複雑な過程を経て一次運動野 X16 にまで進行させるのが、一般に行われる演奏形態と言える。

我々は、これら図において、→を写像と考え、最も簡単な線形1次関数でこれを表現し、これらの図のシステムをこれらの連立方程式で表すモデルで考えることにする。

次に、パブロフ概念の図を2枚挙げる。

先ず、パプロフ概念の図をあげる。

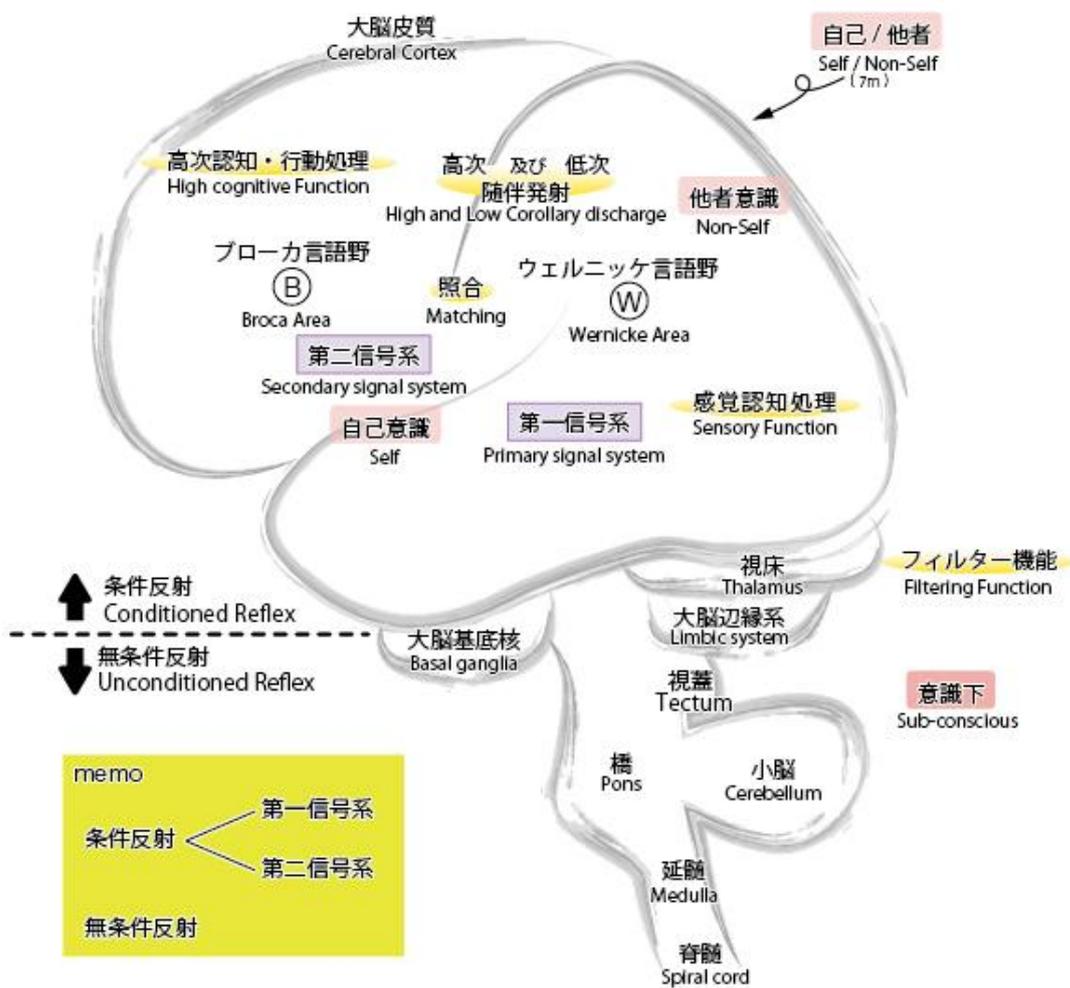
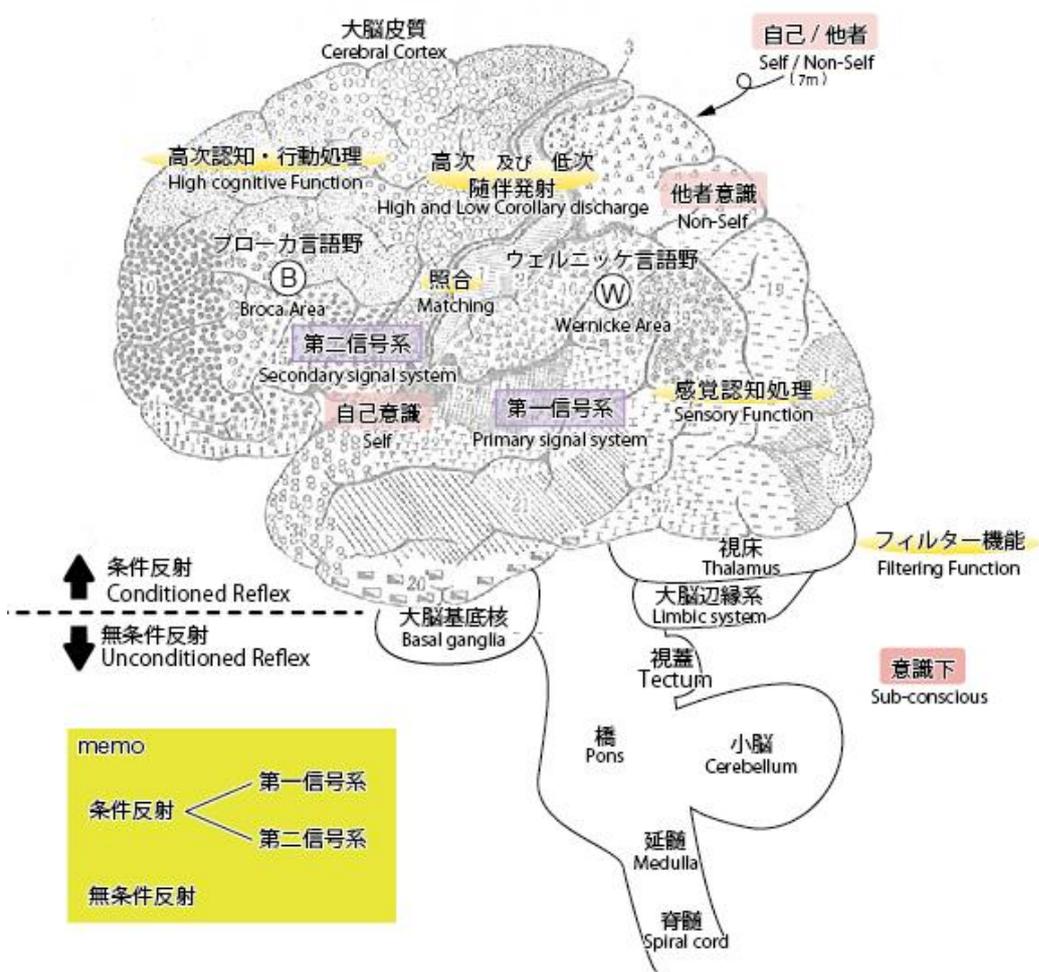


図3 パプロフ概念

次に、これをブロードマン地図に書き入れて示す



ブロードマンの脳地図 より

図4 ブロードマン地図によるパブロフ概念

## 第2章

### 2-1. パブロフの理論における術語の定義

- (1) 条件とは、あるシステム（信号系）に加わる外力をいう。
- (2) 条件刺激とは、その外力が、生物のある感覚器官を興奮させ、神経系に作用を及ぼすことをいう。
- (3) 無条件とは、あるシステム（信号系）に加わる外力と無関係であるときをいう。
- (4) 反射とは、個体としての生命体（動物という生物）の生起した神経系活動をいう。
- (5) 条件反射とは、個体としての生命体（動物という生物）のある組織の神経系が環境の外力の刺激に対して、応答することをいう。イヌやその他の高等生物では、条件反射活動は大脳皮質にのみ限られる。  
環境の外力の刺激に応答する神経系を、第1信号系と定義し、この神経系全体で形成する内力によって、その外力と均衡する。この応答を第1次条件反射という。  
第1条件反射によって作用する言語神経系を、第2信号系と定義する。  
その応答を第2次条件反射という。この作用により、生起した言語基信号が、第1信号系に反作用する。この第2次条件反射を、言語条件反射という。
- (6) 無条件反射とは、個体としての生命体（動物という生物）が環境の外力に対して無関係に自律的に生起している生命維持の神経活動をいう。  
これを、環境の外力に対して応答しない第0信号系神経活動、あるいは、第0次神経活動と定義する。
- (7) パブロフ理論のシステムズは、3個のシステムズからなる。  
それらは、第0信号系、第1信号系、および、第2信号系であり、  
無条件反射は、第0信号系神経活動を現わし、条件反射は、第1信号系神経活動の第1次条件反射、および、第2信号系神経活動の第2次条件反射を現わす。
- (8) パブロフ理論の神経活動は、第0次、第1次、および、第2次の神経活動からなり、上記(6)の、0, 1, および、2の順序数に対応し、第0次より高次であるならば、高次神経活動とは、第1次および第2次の神経活動をいう。
- (9) 高次神経活動の新しい原理とは、第1信号系神経活動が第2信号系神経活動に転換することを示す原理である。
- (10) 第2次信号は、言語神経系、すなわち、ウエルニッケ野とブローカー野で生起する信号で、言語と呼ばれる。
- (11) 一日の（動物の）サーカードィアンリズムとホメオスタシスを、特に人間の場合、覚醒時、催眠時、不熟睡の睡眠時、および、熟睡の睡眠時の4分類するが、意識に関しては、  
覚醒時、催眠時および不熟睡の睡眠時、および、熟睡の睡眠時の3分類になる。

ここに、不熟睡とは、ノンレム睡眠を、熟睡とは、レム睡眠を現わす。

## 2-2.パブロフ理論における力学モデル

- (1) 外力と内力がある。
- (2) 作用反作用（相互作用）の法則がある。
- (3) 運動方程式にあたる言語条件反射方程式がある。
- (4) 高次神経活動の新しい原理がある。

## 2-3.パブロフ理論における数学モデル

### 1.選択公理

すべての集合から、その要素をひとつ、つつ、採ることができる。

### 2 一般選択関数

選択公理において、要素を取り出す関数を一般選択関数という。

### 3.特定選択関数 “\*”

特定選択関数 “\*” は、ある集合の要素からただ一つの要素を採る関数である。

たとえば、7個の記号からなる集合{0, f, ~, v, II, (, )}があつて、  
“0”=1, “f”=3, “~”=5, “v”=7, “II”=9, “(”=11, “)”=13 を採ることができる。

(注2) ゲーデル「不完全性定理」1931

### 4.順序数

- (1) 対象記号 0 は、順序数である。
- (2) 関数記号 \*' は、それに続くものを現わす。
- (3) 選択関数 “\*” は、(1) と (2) より作られるすべての要素から、ただ一つの要素を採る関数である。
- (4) “0”=1, “0' ”=2, “0'' ”=3, “0''' ”=4, ..., “0''''...’ ”=18  
を採ることができる。ただし、最後のものは、' が 17 個あるとする。
- (5) 対象記号 0 と、(4) で定義された 18 個と合わせた 19 個を、順序数と定義する。  
ここに、順序は、この順序を変えない。
- (6) 以上の定義によるもののみが順序数である。

### 5.添字

記号  $n$  は添字を表す。

添字記号  $n$  は 0, 1, 2, 3, ..., 18 のいずれかを現わす順序数変数である。

以上のみが添字である。

### 6.外力と内力

外力を、記号  $-F$  で表す。

内力を、記号  $F$  で表す。

外力と内力との均衡を  $F + (-F) = 0$  で表す。

(注3) パプロフ「動物の高次神経活動に関する客観的研究の20年」

「自然の一部として、動物という生物はどれも一個の複雑な系であって、その内力は、生物が生物として存在するかぎり、あらゆる一定の瞬間に環境の外力と均衡を保っている。」

#### 7. 集合の要素 (第1信号系と第2信号系)

集合の要素  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{18}$  は第1信号系を表す。

すべての第1次信号系を  $F$  で表すならば  $F$  は集合値と呼ばれる、集合の要素である。

集合の要素  $w, b$  は第2信号系を表す。

集合の要素とは集合でないものをいう。

以上のもののみが集合の要素である。

#### 8. 集合の要素と脳の器官との対応関係

第1信号系の集合の要素は、それぞれ、脳の器官名と対応する変数とする。

それらを、次の表に示す。

脳の第1信号系			
変数	器官名		
$X_0$	感覚器官		
$X_1$	脳幹・脊髄(上向性経路、知覚系)		
$X_2$	間脳	視床	視床下部
$X_3$	一次聴覚野		
$X_4$	小脳		
$X_5$	海馬	扁桃核	
$X_6$	前脳基底部		
$X_7$	大脳基底核	側坐核	
$X_8$	側頭連合野		
$X_9$	頭頂連合野		
$X_{10}$	前頭前野(VL)		
$X_{11}$	前頭前野(DL)		
$X_{12}$	運動前野		
$X_{13}$	ウエルニッケ野		
$X_{14}$	ブローカー野		
$X_{15}$	高次運動野	前帯状回	
$X_{16}$	一次運動野		
$X_{17}$	脳幹・脊髄(下向性経路、運動系)		
$X_{18}$	運動器官(筋肉)		

第2信号系の集合の要素  $w, b$  は、それぞれ、ウエルニッケ野とブローカー野における脳の第2信号系機能と対応する変数とする。それらを、次の表に示す。

脳の第2信号系			
変数	機能		
$w$	概念・心象	メンタルモデル	
$b$	文脈・全体構成	抽象・能動性	司令塔

9.集合（第1信号系と第2信号系およびウエルニッケ野とブローカー野）

第1信号系の集合および第2信号系の集合は空でない。

全体集合  $X = \{F\} = \{X_0, X_1, X_2, \dots, X_{18}\}$  は第1信号系の集合である。

一点集合  $W = \{w\}$  は、ウエルニッケ野における第2次条件反射の集合である。

一点集合  $B = \{b\}$  は、ブローカー野における第2次条件反射の集合である。

一点集合  $\{X_{14}\}$  は、ブローカー野を示す第1信号系の集合である。

全体集合  $L = \{w, b\} = \{w\} \cup \{b\} = W \cup B$  は第2信号系の集合である。

以上の集合のみが、第1信号系の集合  $X$  および第2信号系の集合  $L$ 、ならびに、

ウエルニッケ野における第2次条件反射の集合  $W$ 、および、

ブローカー野における第2次条件反射の集合  $B$ 、ならびに、

ブローカー野を示す一点集合  $\{X_{14}\}$  である。

10.第1次条件反射（第1信号系）の内部ネットワークの線形連立方程式モデル

脳の第1信号系の自己完結構造モデル	
脳の第1信号系の応答信号入力システム (未知数=既知数として初期値を与えるシステム)	
0	$X_0 = \omega_0$
脳の第1信号系の応答信号伝達システム (未知数18個方程式17個の解けない不完全システム)	
1	$X_1 + \alpha_1 X_0 + \beta_1 X_4 = \omega_1$
2	$X_2 + \alpha_2 X_1 + \beta_2 X_4 + \gamma_2 X_5 + \delta_2 X_7 = \omega_2$
3	$X_3 + \alpha_3 X_2 = \omega_3$
4	$X_4 + \alpha_4 X_1 + \beta_4 X_8 + \gamma_4 X_{10} = \omega_4$
5	$X_5 + \alpha_5 X_2 + \beta_5 X_8 + \gamma_5 X_{10} = \omega_5$
6	$X_6 + \alpha_6 X_7 = \omega_6$
7	$X_7 + \alpha_7 X_8 + \beta_7 X_{10} = \omega_7$
8	$X_8 + \alpha_8 X_3 + \beta_8 X_5 + \gamma_8 X_6 + \delta_8 X_{10} = \omega_8$
9	$X_9 + \alpha_9 X_3 + \beta_9 X_{12} = \omega_9$
10	$X_{10} + \alpha_{10} X_5 + \beta_{10} X_6 + \gamma_{10} X_8 + \delta_{10} X_{11} + \epsilon_{10} X_{14} = \omega_{10}$
11	$X_{11} + \alpha_{11} X_{10} + \beta_{11} X_{12} = \omega_{11}$
12	$X_{12} + \alpha_{12} X_9 + \beta_{12} X_{10} + \gamma_{12} X_{11} + \delta_{12} X_{14} = \omega_{12}$
13	$X_{13} + \alpha_{13} X_8 + \beta_{13} X_9 + \gamma_{13} X_{14} = \omega_{13}$
14	$X_{14} + \alpha_{14} X_{13} = \omega_{14}$
15	$X_{15} + \alpha_{15} X_{12} = \omega_{15}$
16	$X_{16} + \alpha_{16} X_{15} = \omega_{16}$
17	$X_{17} + \alpha_{17} X_{16} = \omega_{17}$
18	$X_{18} + \alpha_{18} X_{17} = \omega_{18}$

これを脳の第1信号系の自己完結構造モデルとして次にマトリックス表示を示す。

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
0	X <sub>0</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>0</sub>
1	X <sub>1</sub>	α <sub>1</sub>	1	0	0	β <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>1</sub>
2	X <sub>2</sub>	0	α <sub>2</sub>	1	0	β <sub>2</sub>	γ <sub>2</sub>	0	δ <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>2</sub>
3	X <sub>3</sub>	0	0	α <sub>3</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>3</sub>
4	X <sub>4</sub>	0	α <sub>4</sub>	0	0	1	0	0	0	β <sub>4</sub>	0	γ <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>4</sub>
5	X <sub>5</sub>	0	0	α <sub>5</sub>	0	0	1	0	0	β <sub>5</sub>	0	γ <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>5</sub>
6	X <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	1	α <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>6</sub>
7	X <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	0	1	α <sub>7</sub>	0	β <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>7</sub>
8	X <sub>8</sub>	0	0	0	α <sub>8</sub>	0	β <sub>8</sub>	γ <sub>8</sub>	0	1	0	δ <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>8</sub>
9	X <sub>9</sub>	×	0	0	0	α <sub>9</sub>	0	0	0	0	1	0	0	β <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	= ω <sub>9</sub>
10	X <sub>10</sub>		0	0	0	0	α <sub>10</sub>	β <sub>10</sub>	0	γ <sub>10</sub>	0	1	δ <sub>10</sub>	0	0	ε <sub>10</sub>	0	0	0	0	ω <sub>10</sub>
11	X <sub>11</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	α <sub>11</sub>	1	β <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	0	ω <sub>11</sub>
12	X <sub>12</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	α <sub>12</sub>	β <sub>12</sub>	γ <sub>12</sub>	1	0	δ <sub>12</sub>	0	0	0	0	ω <sub>12</sub>
13	X <sub>13</sub>		0	0	0	0	0	0	0	α <sub>13</sub>	β <sub>13</sub>	0	0	0	1	γ <sub>13</sub>	0	0	0	0	ω <sub>13</sub>
14	X <sub>14</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	α <sub>14</sub>	1	0	0	0	0	ω <sub>14</sub>
15	X <sub>15</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	α <sub>15</sub>	0	0	1	0	0	0	ω <sub>15</sub>
16	X <sub>16</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	α <sub>16</sub>	1	0	0	0	ω <sub>16</sub>
17	X <sub>17</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	α <sub>17</sub>	1	0	0	ω <sub>17</sub>
18	X <sub>18</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	α <sub>18</sub>	1	0	ω <sub>18</sub>

ここに、添字付きの $\alpha \beta \gamma \delta \epsilon$ は、0でない係数、添字付きの $\omega$ は0を許容する定数とする。この連立方程式は、図から、 $\rightarrow$ を写像（1次関数）とみなし、作成した。

（事例）番号3の方程式  $X_3 + \alpha_3 X_2 = \omega_3$  を例に挙げれば、

この式は次の写像を線形1次式で表したものである。

$$X_2 \rightarrow X_3$$

また、番号1の方程式  $X_1 + \alpha_1 X_0 + \beta_1 X_4 = \omega_1$  を例に挙げれば、

この式は次の写像を線形1次式で表したものである。

$$\left. \begin{matrix} X_0 \\ X_4 \end{matrix} \right\} \rightarrow X_1$$

ただし、図では、 $X_0$ と $X_4$ とからの $X_1$ へ至る2本の矢印で表現されている。

この連立方程式の構造を調べよう。

この連立方程式は、2個の部分システムから成り立ち、

- (1) 番号0の入力システムと
- (2) 番号1から18までの伝達システムと

から成り立っている。

もし、環境外力がなかった場合、力学の作用反作用の相互作用の法則から内力もないから、この(1)は成立しない。

よって、この(2)だけで、解が成立するかどうかを見よう。

この(2)は、方程式が18個、未知数が19個であって、解を得るには、方程式が一つ足りない。よって解は成立しない。

ゆえに、この (2) は、不完全なシステムと呼ばれる。

ところが、環境外力があって、力学の作用反作用の相互作用の法則から内力が発生し、均衡を保つから、第 1 信号系が作動する。これを、第 1 次条件反射という。

(注 4) パプロフ「動物の高次神経活動に関する客観的研究の 20 年」

「大脳半球の正常なはたらきの主要な生理学的現象こそ、われわれが条件反射と呼んでいるものである。これは動物の受容器に作用する環境の無数の要因と生物の一定の作用とのあいだの神経による一時的結合である。」

このとき、この (1) が成立し、したがって、この (2) も成立する。

足りない方程式が、この (1) が加わることによって、方程式が 19 個、未知数が 19 個となり、解が得られる。

よって、この (1) + (2) のシステムは、完全なシステムと呼ばれる。この「完全性」を獲得したモデルを、自己完結構造モデルという。

ゆえに、

第 1 次条件反射によって、第 1 信号系は自己完結構造モデルとなる。

(注) 完全、不完全という術語は、ゲーデルに由来し、ある数学システムが完全とは、その数学システムが決定可能と同値であり、ある数学システムが不完全とは、その数学システムが決定不能と同値である。

因みに、

マトリックス表示での解を次に示す。

ここに、 $19 \times 19$  行列  $M$  の  $ij$  成分を  $a_{ij}$  とすれば、 $M=(a_{ij})$  である。

さらに、この行列  $M$  の成分を縦ベクトル  $P_j$  とすれば、 $P_1=(a_{i1})$  である。

次に、 $\text{Subst } A \begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix}$  とは  $A$  において、 $a$  を  $b$  に置き換える関数と定義する。

行列式  $|M|=|a_{ij}|$  において、

$\text{Subst } |M| \begin{pmatrix} \omega \\ P_j \end{pmatrix}$  とは、 $j$  列目の成分  $a_{ij}$  を  $\omega_i$  に置き換えた行列式である。

すると、解は次のように記述される。

$$X_i = \frac{\text{Subst } |M| \begin{pmatrix} \omega \\ P_j \end{pmatrix}}{|M|}$$

これは、初期条件  $X_0 = \omega_0$  とすると、この解を得るプロセスが解の存在の証明図である。

## 11. 関数と逆関数 (作用と反作用)

関数記号  $g$ ,  $B$  は第 1 信号系から第 2 信号系への作用を表す。

逆関数は、関数記号を  $*$  とするとき、記号  $*^{-1}$  で表される。

逆関数記号  $g^{-1}$ ,  $B^{-1}$  は第 2 信号系から第 1 信号系への反作用を表す。

関数記号  $g$  はゲシュタルト関数と定義し、 $g^{-1}$  は集合値関数である。

以上のもののみが作用と反作用をしめす関数の記号である。

## 12.写像（第1信号系から第2信号系への作用）

写像 $\mathcal{B}$ は、一点集合 $\{X_{14}\}$ から一点集合 $B = \{b\}$ への写像である。

これを、 $b = \mathcal{B}(X_{14})$ と書く。

写像 $\mathcal{G}$ は、全体集合 $X = \{F\}$ から一点集合 $W = \{w\}$ への写像である。

これを、 $w = \mathcal{G}(F)$ と書く。

これらの写像は、第1信号系から第2信号系への作用を表す。

## 13.逆写像（第2信号系から第1信号系への反作用）

逆写像 $\mathcal{B}^{-1}$ は、一点集合 $B = \{b\}$ から一点集合 $\{X_{14}\}$ への写像である。

これを、 $X_{14} = \mathcal{B}^{-1}(b)$ と書く。

逆写像 $\mathcal{G}^{-1}$ は、一点集合 $W = \{w\}$ から全体集合 $X = \{F\}$ への集合値写像である。

これを、 $F = \mathcal{G}^{-1}(w)$ と書く。

これらの逆写像は、第2信号系から第1信号系への反作用を表す。

## 14.特定選択関数“ $n$ ”と“ $F$ ”

特定選択関数“ $n$ ”は、すべての $n(n = 0, 1, 2, \dots, 18)$ から、ただ一つの数を探る。

よって、すべての $n(n = 0, 1, 2, \dots, 18)$ から14を選択するならば、“ $n$ ” = 14と書く。

特定選択関数“ $F$ ”は、すべての内力要素の中からただ一つの要素を探る関数である。

よって、“ $F$ ”は、集合の要素 $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{18}$ のいずれかに該当する。

これを、“ $F$ ” =  $X$  “ $n$ ”（個別任意）とする。

よって、内力 $F = X_0, X_1, X_2, \dots, X_{18}$ から、 $X_{14}$ を選択するならば、

“ $F$ ” =  $X$  “ $n$ ” =  $X_{14}$ と書く。したがって、“ $F$ ” =  $X_{14}$ と書く。

$n$ が「特定の」順序数なのか、「すべての」順序数の代表なのか、を区別する。

前者は、 $\exists n(n = 0, 1, 2, \dots, 18) \exists Xn : X$  “ $n$ ” = “ $F$ ”（個別任意）および

後者は、 $\forall n(n = 0, 1, 2, \dots, 18) \forall Xn : Xn = F$ （全体任意）と定義する。

ここで、次のようにしてみよう。

$\forall n(n = 0, 1, 2, \dots, 18) \forall Xn : X$  “ $n$ ” =  $F$ とすると、

$X$  “ $n$ ”は1個であり、 $F$ は全体、すなわち、18個であるから、1個=18個となって、

矛盾する。ここに、注意が必要である。

## 15.認証関数 $\text{Dig}(a, b)$

認証関数 $\text{Dig}(a, b)$ の定義は次の通り。

$$\begin{cases} a = b \text{ ならば } \text{Dig}(a, b) = 0 \text{ である。} \\ a \neq b \text{ ならば } \text{Dig}(a, b) \text{ は成立しない。} \end{cases}$$

以上によって定義されたもののみが認証関数 $\text{Dig}(a, b)$ の定義である。

ここに、 $\text{Dig}$ はdigest（認証）、たとえば、パスワードが一致する、の意味である。

## 16.川村関数 $K(14)$

パブプロフに倣って、脳機能の数学化モデルを模索しているわれわれは、器官名を記号化した、図を念頭に、それに適応させるべく人間の型を

次の3つにタイプに特徴づけして、私案を敢えて提示することを試みる。

川村関数 $K(14)$ の定義

$$\begin{cases} \{K(14)\} = \{2,3,5,8,9,14\} & \text{は芸術家タイプを現わす集合値関数である。} \\ \{K(14)\} = \{13,14\} & \text{は思索家タイプを現わす集合値関数である。} \\ \{K(14)\} = \{10,11,12,14,15,16\} & \text{は行動家タイプを現わす集合値関数である。} \end{cases}$$

次に、川村関数の variations  $K(14)a$ ,  $K(14)b$  を示す。

添字の  $a$  は、覚醒から睡眠へ至る半覚醒状態を示す催眠時を表す。

添字の  $b$  は、ノンレム睡眠時を表し、この状態では夢を見る。

川村関数 $K(14)a$ の定義

$$\begin{cases} \{K(14)a\} = \{2,3,5,8,9,14\}a & \text{は芸術家タイプを現わす半覚醒集合値関数である。} \\ \{K(14)a\} = \{13,14\}a & \text{は思索家タイプを現わす半覚醒集合値関数である。} \\ \{K(14)a\} = \{10,11,12,14,15,16\}a & \text{は行動家タイプを現わす半覚醒集合値関数である。} \end{cases}$$

川村関数 $K(14)b$ の定義

$$\begin{cases} \{K(14)b\} = \{2,3,5,8,9,14\}b & \text{は芸術家タイプの夢を見る集合値関数である。} \\ \{K(14)b\} = \{13,14\}b & \text{は思索家タイプの夢を見る集合値関数である。} \\ \{\{K(14)b\}\} = \{10,11,12,14,15,16\}b & \text{は行動家タイプの夢を見る集合値関数である。} \end{cases}$$

以上によって定義されるもののみが川村関数である。

(参考) パブロフは、ここでも人間の神経系を非常に一般的な三つの型に分類してみせた。

すなわち、或る人々は第二信号系よりも第一信号系をよりよく発達(「芸術家型」)させ、

他の人々は第一信号系よりも第二信号系をよりよく発達(「思索家型」)させる。

また、大部分の人々は、自らが調整者の役割を果しつつ、二つの体系の均衡のとれた相互関係を発達させている。

## 17. パブロフ関数 $\Pi_{ав}(14)$

パブロフ関数 $\Pi_{ав}(14)$ の定義は次の通り。

- (1)  $\Pi_{ав}(14) = (\square)14 = 14$  は覚醒時を現わす。
- (2)  $\Pi_{ав}(14) = (\diamond)14 \equiv K(14)a$  は催眠時を現わす。
- (3)  $\Pi_{ав}(14) = (\blacklozenge)14 \equiv K(14)b$  は不熟睡の睡眠時を現わす。
- (4)  $\Pi_{ав}(14) = (\blacksquare)14 \neq "n"$  は熟睡時を現わす。

ここに、記号 $\square, \diamond, \blacklozenge, \blacksquare$ は、それぞれ、

覚醒、催眠、レム睡眠、ノンレム睡眠を現わす。(夢を見るのは、レム催眠である。)

ちなみに、記号 $\square, \blacksquare$ は、それぞれ、必然性、否定の必然性を表す論理記号で、

記号 $\diamond, \blacklozenge$ は、それぞれ、可能性、否定の可能性を表す論理記号である。

以上によって定義されるもののみがパブロフ関数である。

(注) 不熟睡の睡眠はレム睡眠、熟睡はノンレム睡眠である。

(注) 記号 $\square, \diamond, \blacklozenge, \blacksquare$ は、4値論理の様相論理の記号とする。

(1)  $(\square)14$ は、14となる必然性がある、だから、14となる。

- (2)  $(\diamond)14$  は、14 となる可能性がある、だから、14 となるのは不明瞭である。  
 (3)  $(\blacklozenge)14$  は、14 とならない可能性がある、だから、14 となるのは不明瞭である。  
 (4)  $(\blacksquare)14$  は、“ $n$ ” = 14 とならない必然性がある、だから、14 とならない。  
 (注) 催眠時である  $\text{Пав}(14) = (\diamond)14$  は、多様性があり、  
 分裂病やその他一定の形の神経症や精神病の客観的分析にひじょうに重要なものである。

分裂病のすべての症状—無関心、鈍麻、不動、おどけたこと、のような—は、種々の催眠相のどれかのなかに見いだされる。ここからパブロフは結論をひきだす。「前述の分裂病の症状を研究して、わたしは、それらの症状が慢性的催眠状態をあらわすものであるという結論に到達した。」しかし、一般的症状が一致するという以上  
 の証拠が必要である。

この分野の数学化は今後の研究課題である。

事例 1.6 0歳女性が、乳歯があるから本当は13歳の子供なんです。

(今と過去との照合障害)  $\text{Пав}(14) = (\diamond)14 \cong K(14)c$

ここに、 $\{K(14)c\} = \{5,14\}$  としてよいかもしれない。

#### 18. 照合関数 $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(\text{Пав}(14), "n")$

照合関数  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(\text{Пав}(14), "n")$  は

①  $\text{Пав}(14) = "n"$  ならば  $\text{Dig}(\text{Пав}(14), "n") = 0$  だから  $M(X_{14}) = X_{14}$  である。

②  $\text{Пав}(14) \neq "n"$  ならば  $\text{Dig}(\text{Пав}(14), "n")$  は成立しないから、照合されない。

よって、

照合関数  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(\text{Пав}(14), "n")$  の定義は次の通り。

$$\begin{cases} \text{Mat}(X_{14}) = X_{14} & \text{ならば } X_{\text{Пав}(14)} = X "n" = "F" \text{ である。} \\ \text{Mat}(X_{14}) \neq X_{14} & \text{照合されない。} \end{cases}$$

以上によって定義されたもののみが照合関数  $\text{Mat}(X_{14})$  の定義である。

この定義に 12. と 11. の定義を代入するとつぎのように概観できる。

(1) 覚醒時  $\text{Пав}(14) = (\square)14 = 14$

$\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}((\square)14, "n") = X_{14}$  なので

$\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(14, "n") = X_{14}$  ならば

これは  $X_{14} = X "n" = "F"$  である。

ここに、内力  $F$  から照合の結果、 $14 = "n"$  が抽出される。

(2) 催眠時および不熟睡の睡眠時  $\text{Пав}(14) \cong K(14)$

$\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(K(14), "n") = X_{14}$  ならば

これは  $X_{K(14)} = X "n" = "F"$  である。

ここに、 $K(14)$  が 14 を含む集合値であるので、

(a)  $\{ "n" \} = \{2,3,5,8,9,14\}$  のとき、芸術家タイプの照合の不明瞭性をもつ。

(b)  $\{ "n" \} = \{13,14\}$  のとき、思索家タイプの照合の不明瞭性をもつ。

(c) { “n” } = {10,11,12,14,15,16}のとき、行動家タイプの照合の不明瞭性をもつ。

(3) 熟睡時  $\text{Пав}(14) = (\blacksquare)14 \neq “n”$

$\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}((\blacksquare)14, “n”) \neq X_{14}$  なので

これは  $X_{\text{Пав}}(14) = X(\blacksquare)14 \neq X “n” = “F”$  である。

この場合は、照合されない。

#### 19. 照合関数の不動点定理

関数  $f(x)$  が  $f(x) = x$  であるとき、 $x$  を不動点という。

(1) 覚醒時、のとき、

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}((\square)14, “n”)$  と表すならば、

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(14, “n”)$  と表すので、

$14 = “n”$  ならば

$\text{Mat}(X_{14}) = X_{14}$  である。

ゆえに、 $14 = “n”$  ならば、 $X_{14}$  が不動点であることを示す。

よって、照合関数の不動点定理が成り立つ。

(2) 催眠時、のとき、

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}((\diamond)14, “n”)$  と表すならば、

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(14, “n”)$  と表す可能性があるので、

$14 = “n”$  となる可能性があるならば

$\text{Mat}(X_{14}) = X_{14}$  である可能性がある。

ゆえに、 $X_{14}$  が不動点である可能性を示す。

よって、照合関数の不動点定理が成り立つ可能性がある。

(3) 不熟睡の睡眠時、のとき

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}((\blacklozenge)14, “n”)$  と表すならば、

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(14, “n”)$  と表さない可能性がある。

これは、不明瞭さにおいて、

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}(14, “n”)$  と表す可能性がある、とおなじである。

よって、上記 (2) と同じである。

$14 = “n”$  となる可能性があるならば

$\text{Mat}(X_{14}) = X_{14}$  である可能性がある。

ゆえに、 $X_{14}$  が不動点である可能性を示す。

よって、照合関数の不動点定理が成り立つ可能性がある。

(4) 熟睡時、のとき、

照合関数を  $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14} + \text{Dig}((\blacksquare)14, “n”)$  と表すので、

これは  $(\blacksquare)_{14} \neq "n"$  なので、

$\text{Mat}(X_{14}) \neq X_{14}$  である。

ゆえに、照合関数は不動点を持たない。

よって、照合関数の不動点定理は成り立たない。

## 20. 自己意識

意識のない状態を、照合機能が全く働かない場合、と定義すれば、

これを  $\text{Пав}(14) \neq "n"$  としても同値であり、14.の(3) 熟睡時と同形である。

すなわち、 $\text{Пав}(14) \neq "n" \Leftrightarrow (\blacksquare)_{14} \neq "n"$

よって、上記 19.より  $\text{Mat}(X_{14}) \neq X_{14}$  なので、意識のない状態は不動点がない。

しかし、植物人間となっても意識があれば、不動点は存在する。

よって、意識と不動点との関係を考察すると、 $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14}$  であるとき、すなわち、これは不動点であると同時に、照合機能が働いていることを意味する。この照合機能を意識の働きと定義すれば、 $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14}$  であるとは、 $X_{14}$ を自分とすれば、自分自身を意識していることになる。この部位  $X_{14}$  は、ブローカー野であり、この再帰的な関係を自己意識と定義する。

よって、

(1) 自己意識があるのは、覚醒時である。

(2) 漠然とした、不明瞭な自己意識があるのは、催眠時、および、不熟睡の睡眠時である。後者はレム催眠と呼ばれる。

(3) 自己意識がないのは、熟睡時である。

(注) ここに、自己意識は、不動点と見ることができるので、分析可能である。

しかし、意識そのものは、この *nervism* では分析できない。

## 21. 脳の不動点は存在するのか？

自己意識は、照合関数の不動点と同値であって、自己意識が、サーカーディアンとホメオスタシスによって、存在したり、存在があいまいであったり、不存在であったりした。

ゆえに、

(1) 覚醒時において、脳の不動点が存在する必然性がある。

(2) 催眠時において、脳の不動点が存在する可能性がある。

(3) 不熟睡の睡眠時において、脳の不動点が存在しない可能性がある。

(4) 熟睡時において、脳の不動点が存在しない必然性がある。

という様相を呈している。

## 22. 照合方程式

照合方程式を  $F = \text{Mat}(X_{14})$  とする。

この照合方程式の解は  $"F" = X_{14}$  である。このとき、19.の不動点定理が成り立つ。よって、照合方程式が解をもつ必然性があるのは、覚醒時であり、解を持つ可能性が

あるのは、催眠時および不熟睡の催眠時である。熟睡時は解をもたない。

23. 第2次条件反射における第2信号系の線形1次連立方程式

図の中央にある、ウエルニッケ野 $\textcircled{W}$ とブローカー野 $\textcircled{B}$  について、図では、下記のように描かれている。

$$\textcircled{B} \longleftrightarrow \textcircled{W}$$

この両向き矢印を、 $\rightarrow$ と $\leftarrow$ との合成とみなす。

第1次条件反射によって作用する言語神経系ウエルニッケ野 $\textcircled{W}$ とブローカー野 $\textcircled{B}$ の応答により、第2次条件反射が第2信号系  $w, b$  に生起したとき、高次神経活動は、まず、12.により、第1信号系から第2信号系への作用を表す2個の写像

$$\begin{cases} b = B(X_{14}) \\ w = G(F) \end{cases}$$

がある。

このとき、 $b \rightarrow w$  から  $w + \eta_1 b = C_1$

また、 $w \rightarrow b$  から  $b + \eta_2 w = C_2$

を得る。ここに、 $\eta_1, \eta_2, C_1, C_2$  は定数とする。

これを次の連立方程式とする。

$$\begin{cases} w + \eta_1 b = C_1 \\ \eta_2 w + b = C_2 \end{cases}$$

この解は

$$w = \frac{C_1 - C_2 \eta_1}{1 - \eta_1 \eta_2} \text{ および } b = \frac{C_2 - C_1 \eta_2}{1 - \eta_1 \eta_2} \text{ である。}$$

よって、

$$\frac{w}{b} = \frac{C_1 - C_2 \eta_1}{C_2 - C_1 \eta_2} = \frac{1}{m}$$

とおく。よって、 $w = \frac{1}{m} b$

したがって、 $G(F) = \frac{1}{m} b = \frac{1}{m} B(X_{14})$

これらの写像は、第1信号系から第2信号系への作用を表す。

ここで、 $G(F) = \frac{1}{m} b$  から 逆関数をとる。

$y = \frac{m}{n} x$  から  $x = \frac{n}{m} y$  とすると、 $y^{-1} = \frac{n}{m} x^{-1}$  と置けるから、

$F = mG^{-1}(b)$  となる。

この式  $F = mG^{-1}(b)$  において、 $F$  は、すべての  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{18}$  を表す。

この式  $F = mG^{-1}(b)$  は、言語条件反射方程式である。

この式の右辺にある  $G^{-1}(b)$  を、ここで、言語基信号と名付ける。

この方程式により、言語基信号が、第1信号系に反作用する。

#### 24. 高次神経活動の新しい原理

言語条件反射方程式から第2信号出力方程式が導かれるプロセスを示す。

- (1) すべての外力に対して、言語条件反射方程式  $F = mG^{-1}(b)$  が存在する。
- (2) よって、すべての外力に対して  $F = Xn = m(n)G^{-1}(b)$  となる。
- (3) 照合方程式  $F = \text{Mat}(X_{14})$  を上記式に代入する。
- (4) 照合方程式  $\text{Mat}(X_{14}) = m(n)G^{-1}(b)$  を得る。
- (5) 照合方程式の解は、不動点定理  $X_{14} = \text{Mat}(X_{14})$  の成り立つときである。
- (6) よって、 $X_{14} = \text{Mat}(X_{14}) = m(14)G^{-1}(b)$  を得る。
- (7) したがって、第2信号出力方程式  $X_{14} = m(14)G^{-1}(b)$  を得る。
- (8) また、これに  $b = B(X_{14})$  を代入すると  $X_{14} = m(14)G^{-1}(B(X_{14}))$  となって、ブローカー野  $X_{14}$  が自己意識の不動点であることを確認する。
- (9) 高次神経活動の新しい原理の方程式は  $X_{14} = \text{Mat}(X_{14}) = m(n)G^{-1}(b) = F$   
または  $B^{-1}(b) = X_{14} = \text{Mat}(X_{14}) = m(n)G^{-1}(b) = F = G^{-1}(w)$   
と記述でき、この方程式の解は  $n = 14$  である。これにより、第2信号出力方程式が導かれる。この式は、第2次条件反射の反作用を示す。
- (10) この方程式は、覚醒時に成立する必然性があり、催眠時または不熟睡催眠時に成立する、または、しない可能性があり、熟睡時には成立しない必然性がある。
- (11) 以上が、高次神経活動の新しい原理である。

(注5) パブロフ 1932年ソヴェト科学アカデミーでの要約

「ここには高次神経活動の新しい原理（第1信号系の多数の信号の抽象化——そして同時に一般化）をおこない、これの方でもまた新しく一般化された信号の分析と総合をおこなう・・・」

#### 25. 集合値の線形代数学

上記22.の議論は、次に示す集合値の線形代数学をつくることになる。

微分方程式  $\frac{dy}{dx} = -\eta$  の解は 不定積分  $y + \eta x = C$  とするとき、

この  $C$  は決定できない。

$n = 0, 1, 2, \dots, 18$  とするとき、 $F$  をすべての  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{18}$  とする。

連立方程式 ( $n = 0, 1, 2, \dots, 18$  とする。)

$$\begin{cases} \frac{dG(F)}{db} = -\eta_1 & \text{より } G(F) + \eta_1 b = C_1 \\ \frac{db}{dG(F)} = -\eta_2 & \text{より } b + \eta_2 G(F) = C_2 \end{cases}$$

とすれば、これは集合値の線形代数学である。

上記連立方程式を、次のように線形代数学によって表す。

$$\begin{pmatrix} 1 & \eta_1 \\ \eta_2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathcal{G}(F) \\ \mathcal{B} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathcal{C}_1 \\ \mathcal{C}_2 \end{pmatrix}$$

ここで

$$V1 = \begin{pmatrix} 1 \\ \eta_2 \end{pmatrix}, V2 = \begin{pmatrix} \eta_1 \\ 1 \end{pmatrix}, K = \begin{pmatrix} \mathcal{C}_1 \\ \mathcal{C}_2 \end{pmatrix} \text{として、} A = \begin{pmatrix} 1 & \eta_1 \\ \eta_2 & 1 \end{pmatrix} = (V1 \ V2) \text{とおくと}$$

$$|A| = \begin{vmatrix} 1 & \eta_1 \\ \eta_2 & 1 \end{vmatrix} = |V1 \ V2| = 1 - \eta_1 \eta_2 \text{ である。}$$

次に、 $\text{Subst } A \begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix}$  とは  $A$  において、 $a$  を  $b$  に置き換える関数と定義する。

(これも、ゲーデル「不完全性定理」1931にある関数である。ゲーデルの原文を示す。

$a$  が論理式、 $v$  が変数、 $b$  が  $v$  と同じ型の記号であるとき、

$\text{Subst } a \begin{pmatrix} v \\ b \end{pmatrix}$  は、 $a$  のうちの自由に出現する  $v$  を、すべて  $b$  に置き換えることによって

$a$  から得られる論理式のことであるとする。<sup>20)</sup>

<sup>20)</sup>  $v$  が自由変数として現れない場合には、 $\text{Subst } a \begin{pmatrix} v \\ b \end{pmatrix} = a$  となる。また、"Subst"は、

超数学の記号であることに注意せよ。)

(注6) ゲーデル「不完全性定理」岩波文庫 p p 23-24

$$\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V1 \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} \mathcal{C}_1 & \eta_1 \\ \mathcal{C}_2 & 1 \end{vmatrix} = \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2 \eta_1,$$

$$\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V2 \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \mathcal{C}_1 \\ \eta_2 & \mathcal{C}_2 \end{vmatrix} = \mathcal{C}_2 - \mathcal{C}_1 \eta_2$$

よって、

$$\mathcal{G}(F) = \frac{\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V1 \end{pmatrix}}{|A|} = \frac{\begin{vmatrix} \mathcal{C}_1 & \eta_1 \\ \mathcal{C}_2 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \eta_1 \\ \eta_2 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2 \eta_1}{1 - \eta_1 \eta_2}, \quad \mathcal{B} = \frac{\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V2 \end{pmatrix}}{|A|} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \mathcal{C}_1 \\ \eta_2 & \mathcal{C}_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \eta_1 \\ \eta_2 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\mathcal{C}_2 - \mathcal{C}_1 \eta_2}{1 - \eta_1 \eta_2}$$

となる。よって、

$$\frac{\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V1 \end{pmatrix}}{\mathcal{G}(F)} = |A| = \frac{\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V2 \end{pmatrix}}{\mathcal{B}}$$

となるから、

$$\mathcal{G}(F) = \frac{\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V1 \end{pmatrix}}{\text{Subst } |A| \begin{pmatrix} K \\ V2 \end{pmatrix}} \mathcal{B}$$

したがって、

$$g(F) = \frac{c_1 - c_2 \eta_1}{c_2 - c_1 \eta_2} b$$

を得る。 $y = \frac{m}{n} x$  から  $x = \frac{n}{m} y$  とすると、 $y^{-1} = \frac{n}{m} x^{-1}$  と置けるから、一般に、

$$F = \left( \frac{c_2 - c_1 \eta_2}{c_1 - c_2 \eta_1} \right) g^{-1}(b)$$

と記述されるであろう。

ここに、 $\left( \frac{c_2 - c_1 \eta_2}{c_1 - c_2 \eta_1} \right)$  を  $m$  と書けば、 $F = m g^{-1}(b)$  となる。

この式  $F = m g^{-1}(b)$  において、 $F$  は、すべての  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{18}$  を表す。

この式  $F = m g^{-1}(b)$  は、言語条件反射方程式である。

この式の右辺にある  $g^{-1}(b)$  を、22.で、言語基信号と名付けられた。

### 第3章

何故、 $g^{-1}(b)$  は言語基信号と名付けられたのか？

第2信号系の言語基信号  $g^{-1}(b)$  が、社会の共同生活のなかで、どのように発動するのであろうか？

生活のために、意思を伝えあつて（コミュニケーション）、狩猟、農耕（つまり協同労働）をする中で、その必要（性）から **gesture, sign, signal** を構成する **primitive** な、そして次第に **elaborate** な、抽象された高次な信号形態（**form**）としての言語が（社会生活を営む中から）できて（生まれて）きたのではないか？

ここに、一つの事例を研究しよう。

第2信号  $b$  が言語「嫁選び」 $Y$  と特定されている場合、我々は「嫁選び」の言語基信号  $g^{-1}(Y)$  を、議論する。

日本のノーベル文学賞受賞者、川端康成の代表作「雪國」（注3）では、鈴木牧之の「北越雪譜」にあるような小千谷縮は、「縮の出来榮え」が「嫁選び」にもなった、ことが出くる。

「縮には織子の名と所とを書いた紙札をつけて、その出来榮えを一番二番といふ風に品定めした。嫁選びにもなった。」（注7）川端康成「雪國」新潮文庫 PP141,142

織子の名と所とを書いた紙札をつけた  $n$  個の縮の「出来榮え」を  $X_n$  とする。

（「出来榮え」は実数直線の順序で現す。）

娘の品定め、または、「嫁選び」を  $Y$  とする。

（娘の品定め、または、「嫁選び」は実数直線の順序で現す。）

この雪國共同体のゲシュタルト関数を  $g(X_n)$  で表す。

脳の第2信号系の構造モデルにおいて、 $\mathcal{B}$ を $Y$ に置き換えて、共同体社会の認知モデルとする。

$$\begin{cases} \mathcal{G}(Xn) + \eta_1 Y = \kappa_{1n} \dots \textcircled{1} \\ Y + \eta_2 \mathcal{G}(Xn) = \kappa_{2n} \dots \textcircled{2} \end{cases}$$

この①式は  $Y \rightarrow \mathcal{G}(Xn)$  を表すから、娘の立場を現わし、娘の気持ちは、縮の「出来栄え」がより悪くても、より良い嫁選びをしてほしい、ということを示す。

この②式は  $\mathcal{G}(Xn) \rightarrow Y$  を表すから、男の立場を現わし、より良い「嫁選び」は、縮のより良い「出来栄え」を品定めしよう、ということを示す。

この連立方程式は、第2章 2-3.の 23.および 25.のように、

すべての  $Xn = F$  について、 $Xn = F = m(n)\mathcal{G}^{-1}(Y)$  を得る。

よって、左辺(縮の「出来栄え」)は、右辺(「雪國」共同体社会「嫁選び」)の言語基信号 $\mathcal{G}^{-1}(Y)$ の実数倍(実数直線の選好順序)となる。

ゆえに、この共同体では、縮の「出来栄え」が「嫁選び」の言語基信号の表現形態である。

#### 第4章

我々は、進化論的視点に基づき、パブロフの力学モデルにおける第1章の図3および図4のパブロフ概念について、高次脳機能を支える意識の問題を論ずる。

##### 4-1.意識の第一段階、第0信号系、無条件反射について

1. 生命を支えている「低い」段階にある“意識”で、脊髄・脳幹(さらには間脳まで)が新陳代謝を営んでいるという、無条件反射(パブロフ)レベルの話である。「意識下」という用語を用いる人もいる。
2. 脳髄内には脳幹網様体が存在し、Moruzzi と Magoun (1949) の脳幹網様体賦活説(網様体→視床非特殊核→新皮質)、セロトニンが減ると覚醒、増えると睡眠という Jouvett (1972)のモノアミン仮説などがある。あるいは視床網様系(thalamic reticular system ; Jasper ら Montreal 学派)といわれる組織構造が認められる。
3. この構造内にはアミン、ペプチド、コリンを生産する神経細胞集団があり、そこから軸索繊維を縦横に網状に伸ばしている。
4. 脳幹の前方部は間脳といわれる領域で、背側部の視床と、内分泌系・自律神経系の中心的な部位にあたる腹側部の視床下部と、に大別される。
5. 視床は、間脳の大部を占め、外界および内部環境からの刺激/興奮を大脳皮質に伝える。特殊核と非特殊核がある。  
視覚・聴覚・体性感覚など特定の感覚の伝達経路の中継核が前者、視床網様核、正中核群、髄板内核群などが後者に相当する。

6. 視床下部は前脳とともに覚醒・睡眠を司る中心部位であるが、そのほかに、摂食中枢、性機能、生体リズム、体温調節、エネルギー・水分代謝に関わり、本能行動や感情表出にも関与する。
7. 視床には賦活系投射（activating system）のほかに、大脳基底核と小脳からの大きな入力がある。大脳皮質からの投射もある。  
他に背外側被蓋核（LDT）、脚橋被蓋核（PPN）や前脳基底野からのアセチルコリン系の入力もある。
8. 以上が、「生きている、息をしている」レベルの、動物の生命活動の根源に関わる生物学的神経基盤となる意識の第一段階の構造である。

#### 4-2. 意識の第二段階、第1信号系、あるいは、第2信号系の端緒について

1. サルからヒトへと進化する過程で、樹上生活から地上四足歩行を可能にした下肢（脚）と、移動(locomotion)の用具から解放された自由上肢(手/前足)を用いることによって、労働の器官として道具を使用し得るようになった。
2. 直立歩行に伴い、発声器官が形態変化（咽頭と舌骨の位置が下降し、鼻腔と喉頭が分離され）を起こし、母音のみを連続的に発声するチンパンジーの段階から子音発声機構を発達させたヒトは、労働の発達の結果、互いに協力するという機会をふやし、集団生活の中でコミュニケーションに必要な音節に分かれた言語、すなわち、言葉を獲得するに至った。そして、これらの新しい環境下で、大脳皮質領域が活性化され、興奮域と抑制域が動的に変動し、高度の構築をもった皮質に大きく発展した。
3. パブロフの条件反射は、脊椎動物のレベルで出現した。この意識の第二段階ではパブロフ条件反射の第1信号系（感覚信号系）に留まっているか、あるいは、第2信号系（言語信号系）の初めの段階である。つまり、感覚性言語野が後連合野内に発達する途上の段階である。
4. この意識の第二段階の形態は、「感覚器官を通して知覚できる」、つまり“状況がわかる”という程度に達している。
5. 脳内基盤としては、視床・新皮質（および大脳基底核）回路が関与し（詳細はⅡ参照）、一次知覚野と後連合野で主たる機能が発揮されて外界からの情報が健全な覚醒下で処理される。

#### 4-3. 意識の第三段階、第2信号系、自己意識の出現について

1. この意識の第三段階の特徴は、「自己意識」と呼ばれるものの出現である。Jackson 理論に従えば、「精神・心・意識は神経系進化の最高段階（を含む階層構造）」であり、パブロフの条件反射の第二信号系に相当する。

2. サルがヒトとなる条件下で、すなわち、直立歩行、道具の使用、共同労働、言語の使用などが進むに従って、運動性言語野を含む前頭前野が著しく発達する。
3. この 4-3.の段階まで進んだ「意識」の内容は、脊椎動物→哺乳類→霊長類→ヒトへと進化するにつれて、漸次連続的に高等化する。
  - ①認知機能が高まり、その概念化/抽象化が可能となる、
  - ②運動性言語野が前連合野（前頭前野）内に発達し、社会集団生活を営む中で、サルがヒト化する過程で、条件反射第二信号系が獲得される。
  - ③外界または他者中心 *altro-centric* の捉え方から自己中心 *ego-centric* の認識へ（おそらく頭頂葉⇔前頭葉の連合回路が関わる）、そして全体的・相対的事象の捉え方が可能となる。
  - ④脳の発達・進化に伴い、海馬→後連合野（&帯状回）→前頭前野へと認知・記憶の面での主要な活動中心が変容する。
  - ⑤前頭前野の発達と、後連合野⇔前頭前野の相互的連絡、
  - ⑥大脳皮質を中心とする皮質内および皮質・基底核・視床・皮質を包摂して循環する、神経回路の機能的役割が飛躍的に増大する。
  - ⑦ここで初めて、ヒトにおける自己意識および自他（意識）識別について考察し得る。
4. （「照合機能」、「自他意識」、「随伴発射」およびそれらの障害など、最近の研究結果を考察し、第5章に記述する）。
5. すなわち、コミュニティ内での共同の作業と言語活動による交流を通じて、「ヒト特有の群れ」の特性である社会性とその歴史的進化の蓄積の中で醸成される。

## 第5章

「照合機能」、「自他意識」、「随伴発射」およびそれらの障害など、最近の研究結果を考察する。

### 5-1. 「照合機能」

1. 照合（*matching*）機能とは、原理的には、環境から今入って来る知覚情報と自分が今までに経験して所有している認知情報とを脳内で照らし合わせて処理し、その異同（ $\text{Mat}(\ast) = \ast$  or  $\text{Mat}(\ast) \neq \ast$ ）を判別する機能を言う。第2章 2-3.の 18.照合関数で言えば、 $\text{Mat}(X_{14}) = X_{14}$ または $\text{Mat}(X_{14}) \neq X_{14}$ である。
2. 低い機能レベル（条件反射第一信号系）では、イヌ、ネコにも備わっている同一または異種知覚間の照合の段階から、漠然としたイメージや想起記憶の照合までである。
3. 形象などの一次信号を抽象的な符合としての高次信号処理のレベルに変換し認識することのできる言語信号系がヒトにおいては発達している。いわゆる、信号の信号化である（条件反射第二信号系）。
4. すなわち、その情報処理は思考面（論理的構想を検討できる）にも及ぶ。

5. さらに、能動的に行動するとき、先ず考えて、計画を立てて、そしてそれを実行する。  
このとき前頭葉の高次運動系が働く。
6. このように、照合機能は動物が高等になるほど、脳の形態と機能を反映して、複雑化し、高度に発達を遂げることになる。
7. 一般に、照合関数が、 $\text{Mat}(\ast)$ であるとき、
  - (1) 認知面：これから外界から入って来る知覚情報Aと、自分が現にもっている蓄積されている認知情報Bと、を比較し、イメージ (in  $\text{B-W}$ ) する。  
このとき、 $\text{Mat}(\text{A}) = \text{B}$ または $\text{Mat}(\text{A}) \neq \text{B}$ である。
  - (2) 記憶面：再度Bを認知すること。想起すること。(in 後連合野-W)  
このとき、 $\text{Mat}(\text{B}) = \text{B}$ または $\text{Mat}(\text{B}) \neq \text{B}$ である。
  - (3) 思考面：論理的に整合性を持って構想Pを練り、事物を検討すること。(in  $\text{B-W}$ )  
このとき、 $\text{Mat}(\text{P}_{n+1}) = \text{P}_n$ または $\text{Mat}(\text{P}_{n+1}) \neq \text{P}_n$ である。
  - (4) 行動面：行動“T”を企図し、準備し、順序を考え、遂行Tする(意思・能動性)。  
そして、それをチェック(訂正)Cする。(in 前頭前野-高次運動野)  
このとき、 $\text{Mat}(\text{T}) = \text{“T”}$ または $\text{Mat}(\text{T}) \neq \text{“T”}$   
そして、 $\text{Mat}(\text{T}) = \text{C}$ または $\text{Mat}(\text{T}) \neq \text{C}$ である。
8. 以上のように、系統発生的には、大脳皮質連合野の発達とともに「照合の概念」は拡大する。
9. 照合には階層性すなわち階層構造が認められる。
  - (1) 低次の Matching：感覚・知覚・認知のレベル 第一感覚野→後連合野→W・・・。
  - (2) 高次の Matching：思考および言語系・自己意識・自他区別・社会性・・・。
10. 照合機能は、不動点が存在する。このとき、 $\text{Mat}(\text{X}_{14}) = \text{X}_{14}$ がその例である。
11. 照合により自己意識が発生すると、共同作業・労働を通じて、社会性が形成され自他意識の高等化がなされる。これにより脳の発達は、自→他→合(否定の否定)止揚(Aufheben)の運動を生む。

## 5-2. 「自他意識」

1. 自他意識に関するキーワードは、自己意識、再帰的意識、ワーキングメモリ、実行機能、言語、社会コミュニケーションおよび行動、思考の抽象性を含む。
2. 自己を他者から区別(識別)して、自己を独立なものとして確立する認知機構は自己意識/自他識別と呼ばれる。これは、意識の最高次レベルであり、高等な霊長類となるにつれて、とくにヒトにおいて発達することのできるレベルである。
3. 自己意識：自己意識は、島、PFC(前頭前皮質)、前帯状皮質で、その役割を担う。
4. 他者意識：非自己意識は、下頭頂小葉ブロードマン7野で、その役割を担う。
5. 前田貴記らの実験(注8)によれば、次の知見を得る。

(1) 分裂病患者の運動性主体感覚の異常性：意思行為のときの運動司令と感覚入力の時間的因果関係の前後超帰属性

(引用文献) *Aberrant sense of agency in patients with schizophrenia : Forward and backward over-attribution of temporal causality during intentional action* (Maeda et al, 2012) この研究で、前田らは、運動性主体行為の帰属の実験課題を工夫して、自分の身体運動保持感覚を乱すことなく、内的行為と外的事象との間の時間的因果関係の顕示的体験を評価した。それぞれの試行では、ひとつの四角い試験片が、コンピュータースクリーンの底部に現れ、上方に移動する。ブザーが鳴ったら、キーを押すように被験者らは指示される。このキーが押されると、この試験片が時間的因果関係と真の因果関係とが異なるように、すなわち、時間的に様々なバイヤスをかけて急なジャンプ状の動きをするように、跳び上がる。被験者らは、それぞれの試行に対して、運動の主体作用であるかどうかを判断するように指示される。このような条件のときこの物体が、自分の意志が働いて動いたと実感するか (self 感覚、an intentional action)、それとも他の力が働いて動かされたと感じるか (non-self 感覚 an external event) を確かめる実験をする。すなわち、物を動かした行為者 sense of agency が自分であるか、それとも他者であるかを判断してもらうという、一見シンプルに設定された研究 (agency judgment) である。

(2) こうした分裂病患者における乱した自己は、運動性主体感覚の異常性の観点から説明研究されてきている。)

(3) ここに、脳画像解析法によって、self 感覚は島皮質領域 (insula) が、他方、non-self 感覚は下頭頂葉皮質 (inferior parietal) が関与していることが明らかにされた。

6. この問題は II で詳述される。この I では、上記のように簡潔に説明した。

位置 (Insula) 島皮質と (Inferior parietal) 下頭頂葉皮質の脳内を  
図 3、図 4 に表示した。

7. なお、関連事項として、

① ミラー・ニューロン系 Mirror neuron system, F5-7BA

② 頭頂葉の機能

③ 時間・空間情報

④ 精神疾患と自我障害

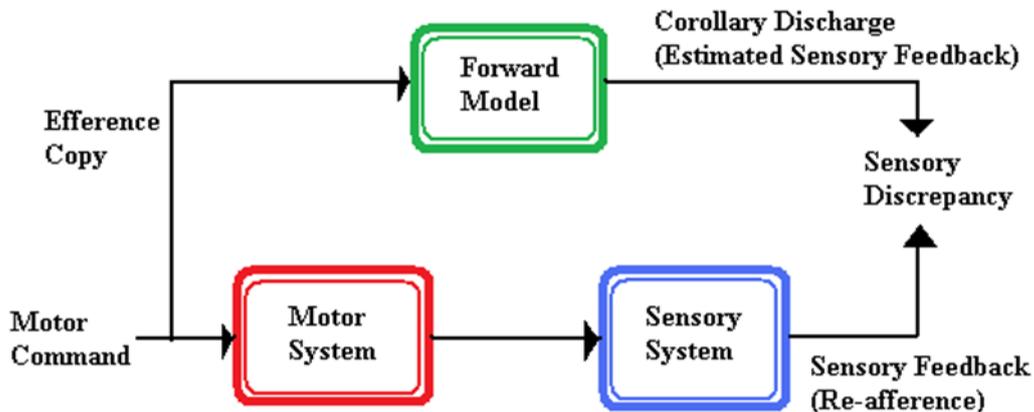
については II で後述することにする。

参照：(ミラー・ニューロン系, F5-7BA) および重要な楔前部 (けつぜんぶ、Precuneus この部位が、自己/非自己に対する「情報の集積」または「監視」の役割を担っている可能性がある。)

8. 統合失調症における自我障害は、能動的な運動の自他判断の欠如ないし喪失として説明されよう。

### 5-3. 「随伴発射」

1. 随伴発射とは、これから行う運動を感覚系に知らせる遠心性コピーの性質をもち、皮質下レベルにみられる現象としては、中脳にある上丘が、網膜上に映された物体の視覚情報を、同時に、目をどの方向にどのくらい動かすかの情報を前頭眼野（FEF）からの情報を受けて、それらを脳幹にある外眼筋運動核（眼球を動かす神経核）に伝達する仕組みで説明されうる。
2. 遠心性コピーについて、次の図を参照して説明する。



遠心性コピーは、ひとつの運動命令（上の行）の感覚受容結果を予想する先見的受容感覚フィードバック（遠心性コピー）を生起するために使用される。この運動命令（下の行）の実際の受容感覚結果は、外部行動に関して中枢神経系に知らせるために随伴発射と比較するのに使われる。平たく言うと、目や頭を動かした結果、網膜上の像が動いているのに物が動いたと感じないのは何故か？それは視覚情報を網膜や視覚野や前頭眼野から上丘が受け取って、それらを脳幹にある眼球を動かす運動神経核に前もって信号として送っている、つまり、目や頭が動く前に、運動系から感覚系にこれから目や頭をどう動かすかの情報を送って知らせているのである。このような神経系の働きに伴う神経細胞活動を随伴発射と呼ぶ。

3. パブロフの条件反射第二信号系（言語信号系）を備えた動物、すなわちヒトの脳皮質レベルに認められる高次の随伴発射の事例およびその考察を、次に挙げる。
  - (1) 統合失調症（schizophrenia, SCZ）は、意識の受容感覚系による思考の運動系を統合する随伴発射諸系統の乱れとして考えられる。  
（注 9） Feinberg and Guazzelli, in the British J. of Psychiatry 174(1999) 196-204
  - (2) 思考とは複雑な連続的な運動行為であると言える。  
（注 10） Jackson, 1958 in his Selected Writings
  - (3) 随伴発射とフィードフォワードネットワーク(CD-FF) は、自分のイニシアチブでなされた行為の結果についての神経系のメカニズムを統合的に説明しようとするものであろう。思考の運動系では、明晰な意識下に於いて、外力によって引き起こされた事象から、自己が作り出した事象を区別する作用である。

(4) 統合失調症は、脳内の（局所的）な部位障害ではない。それは思考する際にみられる、随伴発射とフィードフォワードネットワーク(CD-FF)における神経機能回路の障害に起因するようである。

（参照） feed forward (FF) : 一方向的に信号が伝わる神経回路をフィードフォワードネットワークとよぶ。この上での発火活動を伝播と考える。このフィードフォワードネットワークとは違って、信号の伝わり方に方向性が無く、全結合で（または一定確率でランダムに）つながっているシステムはリカレントネットワークと呼ばれる。

#### 5-4. 大脳皮質→大脳基底核→視床→大脳皮質の再帰的サーキット

我々は、この再帰的サーキット問題の解決において随伴発射を考察するであろう。この大事な問題は、本稿の姉妹稿Ⅱで考察対象とするであろう。

注：

ここでパブプロフ概念図（図3）に記載されている「**視床のフィルター機能**」について述べておく。

Carlsson M と Carlsson A (1990)は、ドーパミン系（過剰伝達）とグルタミン酸系機能（機能の低下）の障害が存在するところに、視床フィルターの障害が加わると統合失調症(SCZ)が発症するという仮説を発表した。つまり、彼の視床フィルター障害仮説は、統合失調症の過覚醒 hyperarousal 状態や認知障害を視床のフィルター機能障害から説明するものである。正常な状態では、視床に入った過剰な感覚刺激量がカットされて適量だけ大脳皮質に送られるて皮質の覚醒水準がうまく調節されるのであるが、SCZ 患者ではこのフィルター機能が障害されているので、過度の刺激が大脳皮質に到達するために皮質が過覚醒状態になり、情報処理障害・認知障害がおこるといのである。

Carlsson and Carlsson は視床のフィルター機能を調節する feedback loops として大脳皮質・線条体・視床・大脳皮質回路を想定した。健常者では視床のフィルターが開かれて入力が増えすぎると、この feedback loops が視床のフィルター回路を抑制し、感覚入力を制御する。feedback loops の一部である線条体は、皮質からグルタミン系によって促進的な影響を、中脳からドーパミン系によって抑制的な影響を受けている。SCZ でグルタミン系の機能低下、ドーパミン系の機能亢進が起これると、それらはともに線条体の視床に対する抑制機能を脱抑制し、視床のフィルターが開いて大脳皮質の過覚醒を起こすというものである。

下の図は、聴覚および視覚刺激が提示され、それに注意を向ける課題で、皮質に入っていく

る量について、健常者（上の図）およびSCZ患者（下の図）にみられる知覚認知に関する皮質内賦活像（fMRI）を示す。SCZにおける過剰な感覚入力（情報）が明らかである。

玉川大学 松田哲也： 臨床精神医学 37: 745-749, 2008 より

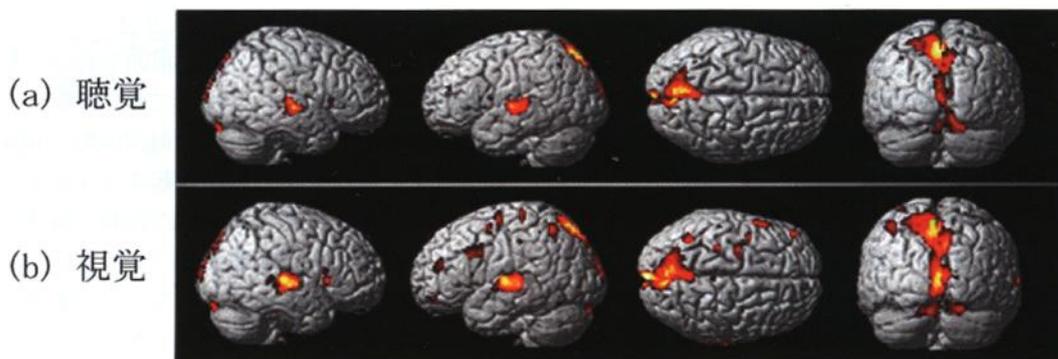


図3 健常者の課題に対する構えに関連する脳活動  
(a) 注意を聴覚に向けているとき (b) 注意を視覚に向けているとき

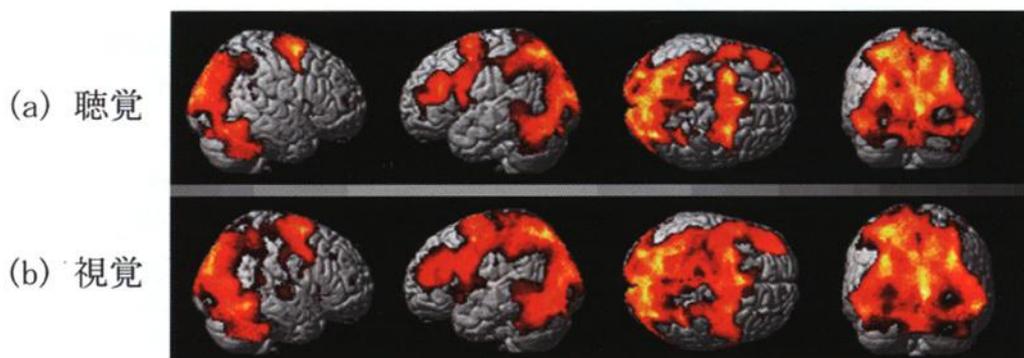


図4 統合失調症患者の課題に対する構えに関連する脳活動  
(a) 注意を聴覚に向けているとき (b) 注意を視覚に向けているとき

## 第6章

### 結論

芸術する脳における音楽の営みの川村スキーマ（注1）を、パブロフの力学モデルによって得られる解析結果は、セーチェノフ、そして、その（学問上の）弟子のパブロフが主張する「感覚入力/内部環境から入ってくる刺激が無ければ、生体反応は起こらない、認知を含んで高次神経活動は起こらない、条件反射は成立しない」というテーゼにピッタリとかさなる。

脳の内部システムは、不完全であり、常に、外部システムによって、感覚器から、絶えず、脳を学習させるように、情報を入力していないと完全にならない。

## 引用文献

- (注1) 川村スキーマ 川村光毅「芸術する脳」特別号 2012 p p 43 図 25”
- (注2) ゲーデル「不完全性定理」岩波文庫 p p 26
- (注3) パブロフ「動物の高次神経活動に関する客観的研究の 20 年」
- (注4) パブロフ「動物の高次神経活動に関する客観的研究の 20 年」
- (注5) パブロフ 1932 年ソヴェト科学アカデミーでの要約
- (注6) ゲーデル「不完全性定理」岩波文庫 p p 23-24
- (注7) 川端康成「雪國」新潮文庫 PP141,142
- (注8) 前田貴記ら Aberrant sense of agency in patients with schizophrenia :  
Forward and backward over-attribution of temporal causality during  
intentional action (Maeda et al., 2012)
- (注9) Feinberg and Guazzelli, British J. Psychiatry 174(1999) 196-204
- (注10) Jackson, 1958 in his Selected Writings
- 松田哲也 : 臨床精神医学 37: 745-749, 2008
- Carlsson M と Carlsson A (1990)

Pavlov mechanics for playing music appreciated in brain

May 22, 2013

Koki KAWAMURA

Hitoshi SAKAIDE

## ABSTRACT

KAWAMURA schema on playing music in appreciated brain that will be solved in this paper using Pavlov mechanics model comes to a conclusion such as identical thesis on being insisted by Sechenov and his scholarly disciple Pavlov of no less response on living individuals, conditional reflex or inheriting higher nervous activities including cognition than stimulating from the senses inputs or the inner environment.

Brain's inner nervous system being in-completed of itself, it needs for its completeness on putting incessant information from the outer system in order to let the brain learn.