

## 脳の科学 第四回

担当：浅川伸一

brain.science@cis.twcu.ac.jp

神無月 17 日, 2008 年

ホムンクルス homunculus 問題の補足。パンデモニウム pandemonium (伏魔殿) モデル

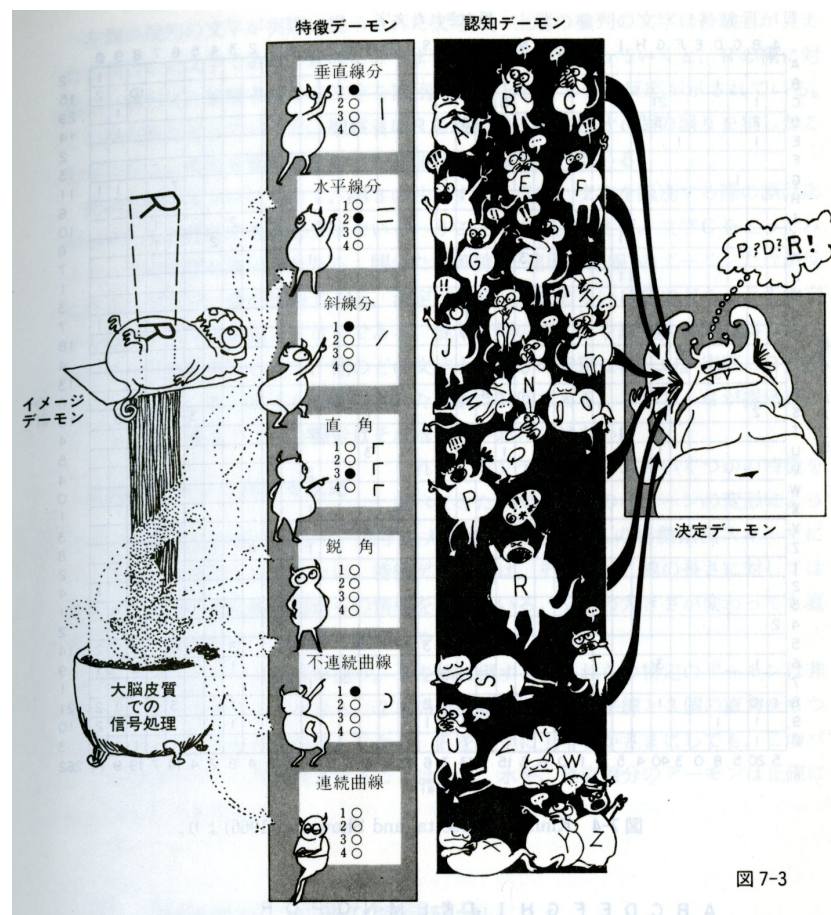


図 7-3

図 1: 認識のパンデモニウムモデル。リンゼイ・ノーマン情報処理心理学入門 II より

パンデモニウムとは、セルフリッジ (Selfridge, O. G.) が考案したパターン認識のモデ

ルである。特定の処理を担うデーモン（情報処理モジュールを比喩的に示す）が階層的に多数連結されて構成されている。文字認識を行うパンデモニアムでは、イメージ・デーモンから送られた入力情報を特徴デーモンが分析し、垂直線、水平線、角などの有無がチェックされる。それらの出力を各文字に対応する認知デーモンが受け、マッチする認知デーモンの出力は大きくなる。それらの出力を評価して、最終的に決定デーモンが判定を下す。並列的であるが、基本的な情報処理の流れは、特徴抽出から解釈にいたるボトムアップ型である。

## 1 第3章 知性の起源

人間の賢さの起源とは何か。脳の働きによって、高度に知的な精神機能が表れてくる。ところが脳は生物学的な身体を構成する器官の一つにすぎない。したがって、ヒトの知性の特殊性も生物学的に説明できる。この立場は現代脳科学にとって基本的な立場である。

行為を発動する直接的な原因としての「意図的なもの」は、行為する主体というよりもその場の環境の中にある。J.J. Gibson のアフォーダンス

アフォーダンス affordance 環境世界が知覚者に対して与えるもの。J. J. Gibson による造語。環境世界は、人間や動物にとって、たんなる物質的な存在ではなく、直接的に意味や価値を提供（アフォード）するものであると考える。従来の間接的認識論の立場では、外界の物理的刺激を感覚器官によって受容し、心的世界によって意味や価値を与えていたが、アフォーダンスの考え方は、環境の方に意味や価値が実在すると見なす。また、D. A. Norman は、機械や道具などのデザインそのものに、機械や道具をどのように操作すればよいかというアフォーダンスがあることを指摘しており、認知工学の用語としてアフォーダンスを使っている。

心理学辞典より

## 2 他者の運動を理解するミラーニューロン

サルの前頭葉に F5 という領域がある (図 2)。腹側の運動前野の一部である。Rizzolatti らは、この領域から奇妙なニューロン活動を記録した。このニューロンは、サルが運動するときに活動するだけでなく、サルがヒトが行う同じ運動を見ているときにも活動した。図 3,4 に彼らが記録したニューロン活動の一例を示す。図中のニューロンはサルが指で餌を摘むときに活動している。図 3 の右側、ヒトがトレーを持ってサルの手がトレー中央にのびている絵の下がそのときのニューロン活動である。このニューロンはヒトが指で餌を摘むときにも活動した。図 3 の中央付近、ヒトの左手がトレーを持ち右手で餌を摘み取る絵の下がそのときの活動である。

図 3 はの中央付近は図 2 と同じようにヒトの左手がトレーを持っているが、右手はペンチを持ち、そのペンチで餌を摘んでいる。この状況下ではこのニューロンは活動しなかつ

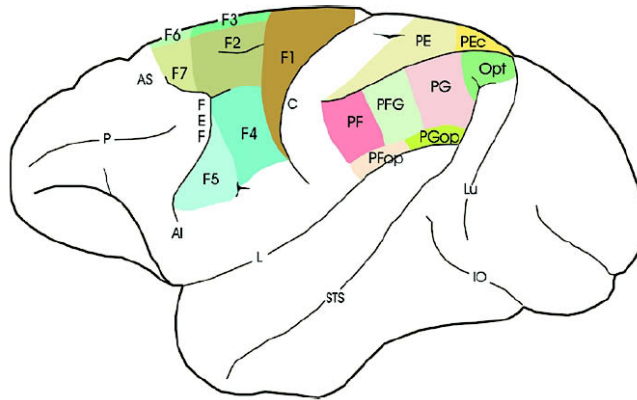


図 2: サルの F5 領域. 運動前野の一部で腹側前方に位置する。C は中心溝、P は主溝、AS は弓状溝の上枝、AI は弓状溝の下枝。(Rizzolatti et al.,2004 を改変)

た。このテスト期間中もサルが自分で餌を摘むときはニューロンは活動していた。図 3 の右側はそのときの様子を図示したもので、その下はそのときのニューロン活動である。更に図 4 では暗闇でサルが餌をつまんでも、このニューロンは活動した。

これらのデータから、このニューロンが餌を摘むとき、視覚像がなくても自分が餌を摘む運動をするときには活動することがわかる。別な言い方をすれば運動情報を扱っているニューロンである。一方、図 2 と図 3 から、ヒトが餌を指で摘む動作をしているのを視覚的に見ているときに活動している。しかし、ヒトの動作を見ているときの活動は、視覚像そのものに活動しているのではない。それは図 4 で視覚像なしに活動したことから得られる推論である。ではヒトの動作を見たときに何故活動したのであろうか。これは、ヒトが行った動作が自分が行った動作と同じであることを理解していたと解釈できる。このような活動を示すニューロンをミラーニューロンという。

ミラーニューロンが記録されたサルの F5 は、ヒトの運動性言語野（ブローカ野）に相当する位置にあることから、ヒトの言語機能との関係がいろいろ議論されている。可能な解釈のひとつは、ミラーニューロンは、相手の脳が行っている運動制御の内的な状態を推定し、自分の運動の表象を使ってリハーサルする役割を持っているというものである。これは模倣にもつながる機能である。模倣は乳幼児が言葉を覚えるときの初歩であることから、ミラーニューロンは非言語コミュニケーションの基盤にもなると見られている。しかし、これらの考察はあくまでもサルのデータからの推論の結果であり、ヒトの言語機能で同様のニューロン活動が機能しているという証拠は今のところない。だが、サルの F5 に対応する人間の脳領域は Brodmann の 44 野 45 野すなわちブローカの言語野である。

ミラーニューロンの特徴を持つニューロン活動は運動前野の F5 領域の他、頭頂連合野の 7b 野の一部である PF 野や側頭連合野の上側頭溝領域前方 (STSa) でも記録されている。これらの領域が構成するネットワークが、この特徴ある活動をつくりだしていると考えら

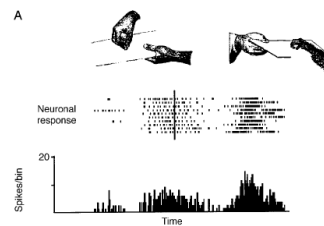


図 3: F5 から記録されたミラーニューロンの例。一番上はヒトとサルの手の動作の絵。それぞれの絵の下がそのときのニューロン活動。中央の絵の下がヒトの動作をサルが見ているときの活動。右の絵の下がサルが自分で餌を摘むときの活動。ニューロン活動の図の上はニューロンの活動電位を点で表してあり、10 回同じ動作を繰り返したときの活動である。下の図は 10 回繰り返したときの活動を加算平均したヒストグラム。(Rizzolatti et al.,1996 を改変)

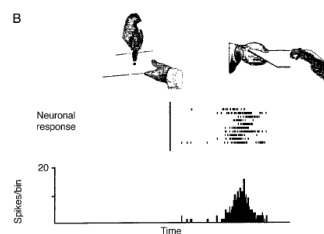


図 4: このニューロンはヒトが道具で餌を摘むときには活動しなかった。(Rizzolatti et al.,2004 を改変)

れている。さらに、模倣や自己と他者の区別などの課題遂行中のヒトの脳機能イメージングの研究によって、サルと同様の回路が働いていることを示すデータが発表されている。

文献：

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research* 3, 131-141, 1996.

Rizzolatti, G. and Arbib, M. A. Language within our grasp. *Trends in Neuroscience* 21, 188-194, 1998.

**演習 2.1** ミラーニューロンを拡大解釈して、ミラーニューロンの異常を自閉症の発症原因に解釈したり、ミラーニューロンを模倣、他人の心を忖度する基礎、社会的認知の基礎と解釈したりすることが試みられている。こうした、人間の高次脳機能の基礎としてミラーニューロンを解釈することは、我々の高次脳機能に繋がると考えられているニューロンが他に見つからないからでもある。では、どのようなニューロンが見つければ、我々の高次脳機能と直結するような議論ができるのであろう？

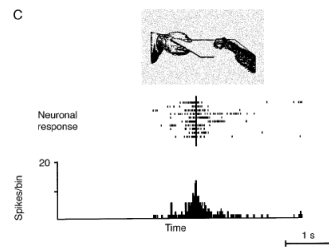


図 5: このニューロンは暗闇でサルが餌を摘むときにも活動した。(Rizzolatti et al.,2004 を改変)

### 3 訓練による受容野の変化

教科書 p.170 我々の高次の知性は、頭頂葉における手と空間の形に関する情報処理に帰着して考えることができ、それをさらに操作するために後に進化した前頭前皮質との相互作用によって、実現されているのであろう。(では、本質的な知性の議論はこの先にあるのであって、今までの議論は無駄だったのだろうか?)

教科書 p.172 自己の身体が客体化されて分離されると、それを「動かす」脳神経系の機能の内に独立した地位を占める「主体」を想定せざるを得なくなります。その仮想的な主体につけられた名称が、意志を持ち感情を抱く座である「心」というものではないでしょうか。

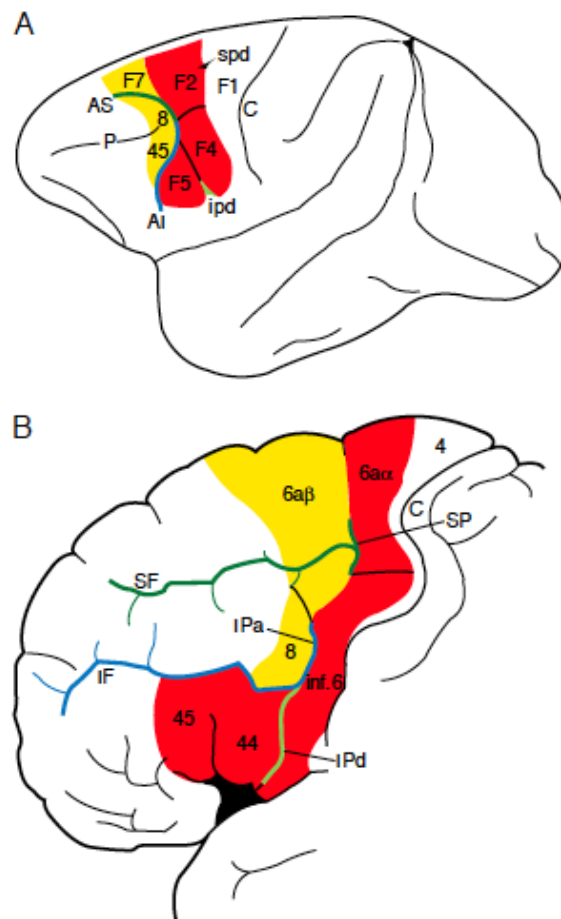
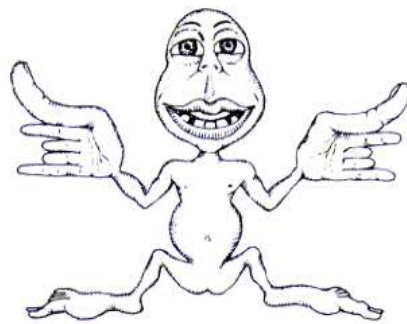


図 6: サルの脳 (A) とヒトの脳 (B) との対応関係 (Rizzolatti et al., 2004 を改変)

## 大脳皮質における体表面の再現

ホムンクルス（右の図）は、体表面が体性感覚野でどのように再表現されているかを示す伝統的な方法である。皮質表面の大きな領域が、身体より感度の高い部分、たとえば指や唇にあてられている。



ヨザルを用いた感覚訓練の結果が最近報告された。サルの指は、図aのように、体性感覚皮質3b野と1野に再現されている。また、ある成熟サルにおける指の表面（図c）を再現する領域について、訓練の前（図b）と後（図d）の様子を示した。訓練中サルは、1日に1時間、第2指、第3指、ときおりは第4指を用いて円盤を回転するように訓練する。3カ月の訓練の後、刺激された指を再現する脳の領域はかなり拡大した。

