

大脳視覚情報処理機構の基礎

阿山 みよし

宇都宮大学 工学部 情報工学科

〒321 宇都宮市石井町2753

1. はじめに

近年、医学・生理学系分野だけでなく理工学系分野においても大脳における情報処理機構に関する研究が大いに注目されている。パターン認識、ニューラルネット、人工知能等のモデル構築や技術的開発において、柔軟で多様性に富む人間の情報処理機構から何らかのヒントを掴みたいからであろう。しかし、神経科学の研究成果を効率良く理解し吸収するには、ある程度の基礎知識が必要である。本稿は神経科学を専門としない視覚研究者を主な対象として、大脳視覚情報処理機構に関する極めて基礎的な項目について解説する。ここで紹介する研究はサルを被験体とするものに限定する。

2. サル大脳の概観

図1にマカクサルの大脳外側面と腹側面を示す。背側をdorsal、腹側をventral、外側をlateral、内側をmedialという。例えば背側で外側の部位を指す場合には背外側dorsolateralという。また前方を前側anteriorまたは吻側rostral、後方を後側posteriorまたは尾側caudalという。前後軸をrostrocaudal axisなどということもある。これらの頭文字はよく細分野の命名に用いられている。TE野の前半部(anterior part)および後半部(posterior part)は各々TEa野およびTEp野と呼ばれている。

図2bに図2aの垂直線で示したレベルでの前額断(または冠状断, coronal section)切片標本のスケッチを示す。表層のハッチング領域が皮質(cortex, 灰白質 gray matter ともいう)で神経

細胞が詰まっている。内部には神経線維が走行している白質(white matter)、いくつかの核、脳室(脳脊髄液が詰まっている空間)がある。図2cに皮質の拡大模式図を示す。大脳皮質は一般的には6層構造を形成しており、これを細胞構築(cytoarchitecture)という。外側から順にI層

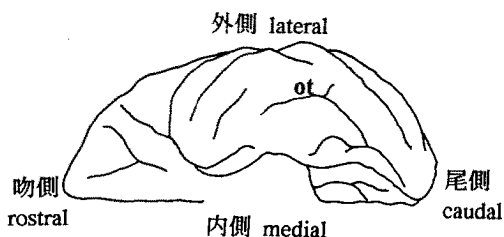
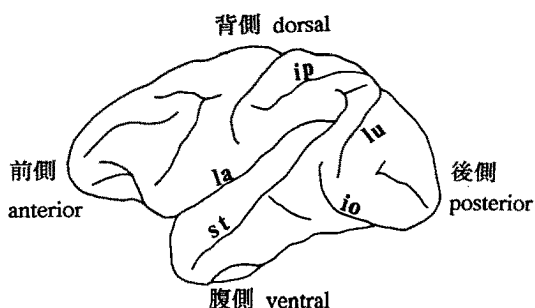


図1 マカクサル大脳外側面(上)および腹側面(下)の図。英語文字は視覚性皮質の主な溝を示す。lu:月状溝(lunate sulcus), io:下後頭溝(inferior occipital sulcus), ip:頭頂間溝(intraparietal sulcus), la:外側(シルビウス)裂溝(lateral fissure), st:上側頭溝(superior temporal sulcus), ot:後頭側頭溝(occipitotemporal sulcus)。

表1 脳神経科学の研究手法

手法	対象領域	その大きさ
1) 神経行動学的研究	(脳の細分野・核)	数十mm ² ~数cm ²
2) 神経解剖学的研究	(細分野・核の部分領域, 細胞, シナプス)	数μ~数mm (直径)
3) 電気生理学的研究	(単一又は複数の脳細胞)	数μ~数十μ
4) 分子生物学的研究	(伝達物質, 遺伝子)	それ以下

~VI層と呼ぶが各層についてIVa, IVb, IVcの様さらに細分されている。IV層は他の皮質領野や核(外側膝状体など)からの入力を受ける層で、II・III層はfeedforward用出力層、V・VI層はfeedback用出力層といわれている。これについては後述する。

3. 神経科学の研究手法

脳神経科学は脳の機能とそのメカニズム解明を目的とする科学である。様々な手法により研究が進められているが、おおまかにいって表1に示す4つに分類することができよう。これら4つの手法は実際の実験技術が全く異なっているが、もう一つの大きな違いとして1回にアクセスする対象領域の大きさの違いがある。

以下に1)~3)の各手法について簡単に述べる。4)については筆者の専門分野から大き

く離れるので、他の解説書を参照されたい。また、上記の対象領域の大きさは現在のめやす値であり、今後新しい実験技術の開発などに伴い各々変化し、ボーダーレスになっていく可能性は当然ある。

大脳皮質の領野分類(17野, 18野とかV1, V4, MTなど)やさらにそれらの細分領野への分類は上記の1)~3)を基にして行われている。

3.1 神経行動学的研究

神経行動学的研究では、脳の細分領野や核(扁桃核, 海馬など)を何らかの手法で破壊し、その前後での様々な課題遂行過程における行動変化を解析する。破壊方法としては、1)吸引による摘除、2)薬物による化学的破壊(chemical lesion)、3)特殊プレート埋め込みによる冷却(cooling)などがある。3)は電氣的にブ

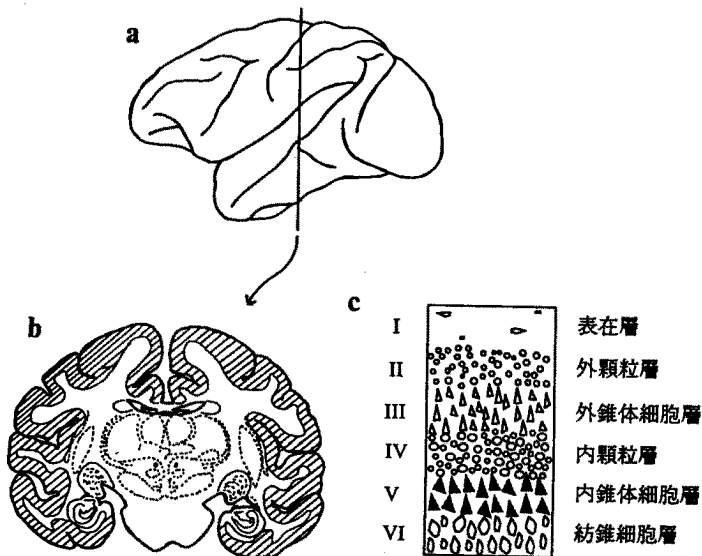


図2 前額断切片と皮質層構造の模式図。a: 大脳外側面図, b: 前額断切片図(斜線部が皮質), c: 皮質層構造。

レート温度を制御するので、常温に戻せば正常ザルとなる。破壊というより一時的機能停止という方が適当であろう。

例えば、□と+の形態弁別課題を課し、術前（正常ザル）には容易にある判定基準（例えば30試行中27回以上正解）に達したのに、術後（破壊ザル）には判定基準を満たすのに何千回もの試行を要したとする。同時に、他の弁別課題（例えば方位弁別：/と\）では破壊手術前後で判定基準達成までの試行数に有意な増加が見られなかったとする。この時、その破壊領域は□と+の形態弁別への関与領域だと考えられる。

しかしながら行動学実験結果の解釈には注意を要する。破壊によって、形態弁別能が障害されたのではなく課題遂行を学習する能力そのものや注意力の低下により成績が落ちたり、また逆に、形態弁別以外の何らかの新戦略により好成績をあげることもある。一つの細分領域がある機能に関与する、さらには責任領域であるとの結論に達するには多くの実験と慎重な考察が必要なのである。

3.2 神経解剖学的研究

神経解剖学的研究では1)脳細胞やシナプスの形態的特徴の分析、2)層構造の分析、3)神経線維投射様式の解析をおこなう。1)は文字どおり脳細胞の形態、大きさ、樹状突起の形態や広がり、終末の層分布の分析、また電子顕微鏡によるシナプスの形態的特徴の分析等を行う。2)は

2)で述べた層構造について、細胞体染色標本から細胞構築学的特徴を、また軸索を包んでいる髄鞘(myelin)を染める髄鞘染色標本から髄鞘構築学的特徴(myeloarchitecture)を分析する。具体的には、標本を光学顕微鏡下で観察し、IV層が太くて目立つとか、V層とVI層の境界が明確であるというような6層構造の特徴を明らかにしていく。3)は脳のどの部位とどの部位が直接神経線維連絡があるか、すなわち脳内の神経回路網がどのようになっているのかを調べる。手法としては破壊による変性法と細胞における外因性物質の取り込みと軸索輸送を利用する標識法がある。

多くの脳神経科学解説書¹²⁾には、1~52(ヒト)の数字符号で分類したBrodmannの分類図か、OAやTEなどアルファベット符号で分類したBaileyとvon Boninの分類図が記載されている。これらの分類は細胞構築学に基づいている。すなわち細胞構築学的特徴がほぼ均一な領域を一つの領域とし、特徴変化が見られるところを境界とする。

神経線維投射様式の解析は重要である。現在ではほとんどの研究が標識法により行われており、外因性注入物質としてはWGA-HRP(wheat germ agglutinin conjugated horseradish peroxidase、西洋ワサビから抽出した酵素)や種々の蛍光物質などが用いられている。例えば、図3に示すようにWGA-HRPをTE野に注入する。注入部位の細胞体から取り込まれた

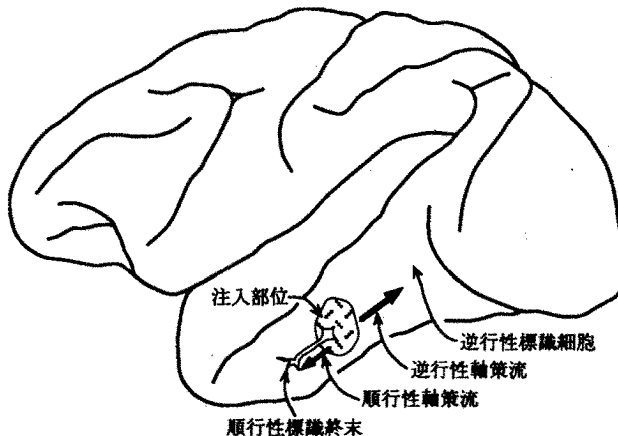


図3 標識法の原理

WGA-HRPは順行性軸索輸送 (anterograde axonal transport) により終末にたまる。また、注入部位の終末から取り込まれたWGA-HRPは逆行性軸索輸送 (retrograde axonal transport) により細胞体にたまる。組織化学的処理により終末または細胞体にたまったWGA-HRPを検出・可視化することにより、脳内のどの部位とどの部位に直接神経線維投射関係があるかがわかる。また、逆行性標識細胞 (retrogradely labeled cell) と順行性標識終末 (anterogradely labeled terminal) 各々の密度や層分布を分析することにより、視覚系の階層構造における2つの部位間の関係を推定することができる。これについては後述する。

最近では蛍光物質を用いた研究が多い。これは組織化学的処理を必要としないし、2種類 (またはそれ以上) の物質を別々の部位に注入することにより、さらに詳細な神経線維投射関係を明らかにすることができるからである。

3.3 電気生理学的研究

電気生理学的研究では、脳細胞の電気的信号の解析を行う。実験前に、電極刺入用装置 (直径2センチ前後のリング型のもので実験時以外はキャップで覆う) と実験時に脳定位固定装置に頭を取り付けるための小さな棒 (boltなどという) を頭蓋に装着する手術を施す。全身麻酔下で人工呼吸装置をつけて行う実験と非麻酔下で課題を遂行させる実験がある。前者は実験中網膜位置が固定されており、受容野の位置や大きさを正確に決定できる。受容野が小さくスリットやエッジなど要素的視覚刺激に応答する細胞が多い視覚第1次野や視覚前野に関する研究では麻酔下実験がよく行われる。後者では目標志向性行動における脳細胞の活動を記録できる。側頭連合野や頭頂連合野に関する研究では、弁別・記憶・注視課題遂行中のニューロン活動を測定し解析する実験が多く行われている。用いる電極の先端のサイズ、記録電位波形分析等から単一細胞応答 (single unit) か多細胞応答 (multi unit) か判断する。

電気生理学実験によって、視覚第1次野 (V1)、視覚第2次野 (V2)、視覚第3次野 (V3)、

視覚第4次野 (V4) 各々における網膜局所部位対応特性 (retinotopic organization つまり対側半視野に対応する網膜上の領域と皮質領野の間に点对点様の対応関係があること) が明らかにされている³⁻⁵⁾。そこで大脳皮質上で半視野を形成する領域は一つの領野と考えられる。また受容野のサイズが激変したり、応答特性 (傾き・運動方向・波長選択性または特異図形応答など) が急変する部位は、領野の境界である可能性が大きい。

前述したように3つの異なる手法による実験結果を総合的に考慮して領野分類は行われている。しかし、連合野になると細胞構築の変化は明白でなく (少なくとも素人には判別極めて困難であろう)、網膜局所部位対応特性は粗くて個体差が大きくなる。例えば側頭葉腹側部・内側部はどの実験を行うにしてもアプローチが困難な部位であり領野区分は非常に難しくなる。側頭連合野の細分野については、何人かの著名な研究者が自らの実験結果に基づいて区分し、各々異なる命名をしているのが現状といえよう⁶⁻⁹⁾。

最近では、二つの手法を組み合わせた研究が報告されている。例えば、電気生理学実験により受容野特性を調べて領域を同定し、そこに標識用物質を注入して神経投射関係を分析する研究方法である¹⁰⁾。実際には、二つの手法を用いる実験はなかなか大変であるが、神経線維投射関係を見る場合に注入部位の同定は最も重要なので、正統的アプローチといえよう。

4. 視覚系の階層構造

サルは視覚性皮質は大脳新皮質全体の約55%の面積を占め、数多くの領野に細分されることは良く知られている。これらの視覚領野には、要素的図形検出から形態記憶・空間認知といった上位機能までが、隣接する領野において段階的に処理されているという視覚情報処理における階層構造 (cortical hierarchy) があると考えられている。一般的にいつて上位階層にいくほ

ど次のような特徴がある。

1)網膜局所部位対応特性は粗くなり、対側半視野から左右視野対応となる。

2)平均的受容野サイズが大きくなり、またサイズのばらつきが大きくなる。

3)より特異的な刺激に応答する(例えば手の形や顔など)。

以上は電気生理学的研究の所見であるが、行動学的研究では注目する領野摘除により障害される課題の内容からその領野の階層構造におけるレベルを考察できる。また以下に述べるように、解剖学的研究所見も階層構造における上下関係の判定に重要である。

皮質領野間の神経投射は双方向的で、これを相反性投射関係(reciprocal connection)などという。異なる階層間の神経投射様式は、図4に示されるような特徴的なパターンを持つことが知られている¹¹⁾。すなわち、より下位から上位レベルへの投射は、下位レベルの顆粒上層(II,III層)の細胞を起始細胞として、上位レベルのIV層に終末を作りfeedforward typeと呼ばれている。また、より上位レベルから下位レベルへの投射は、上位レベルの主として顆粒下層(V,VI層)の細胞を起始細胞として、下位レベルのI層およびVI層周辺に終末を作り、feedback typeと呼ばれている。そして階層関係がほぼ同じレベルである場合には相互に、一方の領域の顆粒上下層の細胞を起始細胞とし、他方の領域の全層に終末を作りintermediate typeといわれている。これらの所見から逆に、階層関係が未知の領域間については神経投射の層分布の様相から相互の階層関係を判別することが出来る。

これまでなされてきた電気生理学、神経行動学、神経解剖学の研究における知見を総合的に分析して、FellmanとVan Essen⁹⁾は、38の視覚および視覚関連領野間の神経線維投射関係を網羅した配線図を示したが、そこでは図における上下関係により階層構造における各領野間の上位下位の関係も表されている。彼らの図における最末端部は第1次視覚野ではなくて網膜神経節細胞である。視覚系の初期段階つまり神経節細

胞から外側膝状体を経て視覚第1次野および2次野までの段階において、すでに明確な情報処理の階層構造があり、しかもParvo系とMagno系と呼ばれる2つの解剖学的に分離しうる二つの並列的経路において各々が異なる視覚機能(端的に言えば、色・形はParvo系で奥行き・運動視はMagno系)を担っていると考えられている。これについてはいくつかの詳しい解説がある¹²⁻¹⁷⁾。

FellmanとVan Essen⁹⁾の分類は高度に専門的なので、もう少しわかりやすいBoussaoudら¹⁰⁾による視覚系の階層構造図を図5に示す。左から右へいくほど、上位階層となる。図に示されるよ

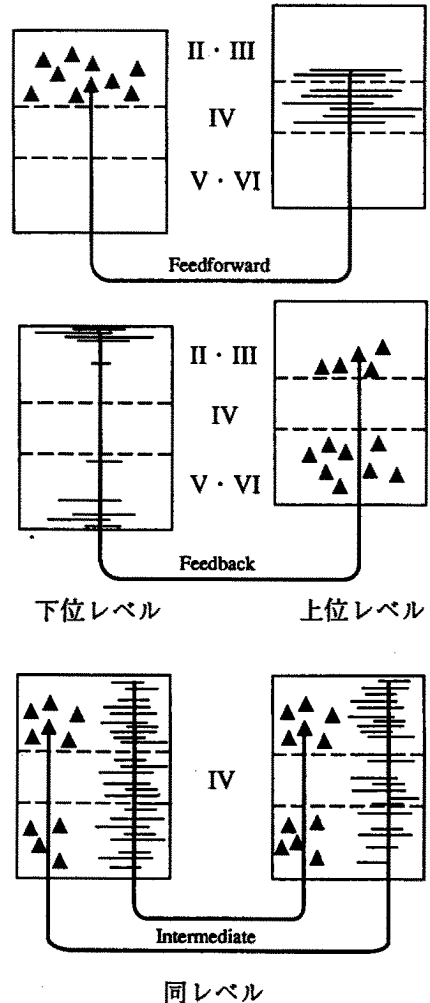


図4 大脳皮質の階層性と異なる階層間の神経投射様式

うに、視覚皮質には大きく二つの流れがある。V1から出てV4を経て下部側頭葉TE野へ向かう経路（腹側路，ventral stream）とV1を出てMTやPOを経て下頭頂小葉PG野へ至る（背側路，dorsal stream）経路である¹⁸⁾。数多くの神経行動学的研究および電気生理学的研究により，下部側頭葉のTEO野が形態知覚，TE野が視覚記憶に密接に関与し，下頭頂小葉PG野は外空間知覚・認知に密接に関与することが明らかとなってきた^{19,20)}。そこで腹側路は形態視系，背側路は空間視系とも呼ばれている。

最近，Boussaoudら¹⁰⁾はこれら二つの経路の他に上側頭溝内を通る第3の経路の存在を提唱している。彼らの研究によれば，運動刺激応答領域として知られているMT野からは下頭頂小葉へ向かうだけでなく，上側頭溝内で前側の隣接領域（FST野）への神経投射も密にあることが示されている。FST野からはさらに上側頭溝内のSTP野へ神経投射があるが，ここは異種感覚統合領域²¹⁻²⁴⁾であり，また「歩く姿」応答細胞²⁵⁾が見つかるなど，興味深い領域である。運動視情報は，空間視系だけに伝達されるのではなく，

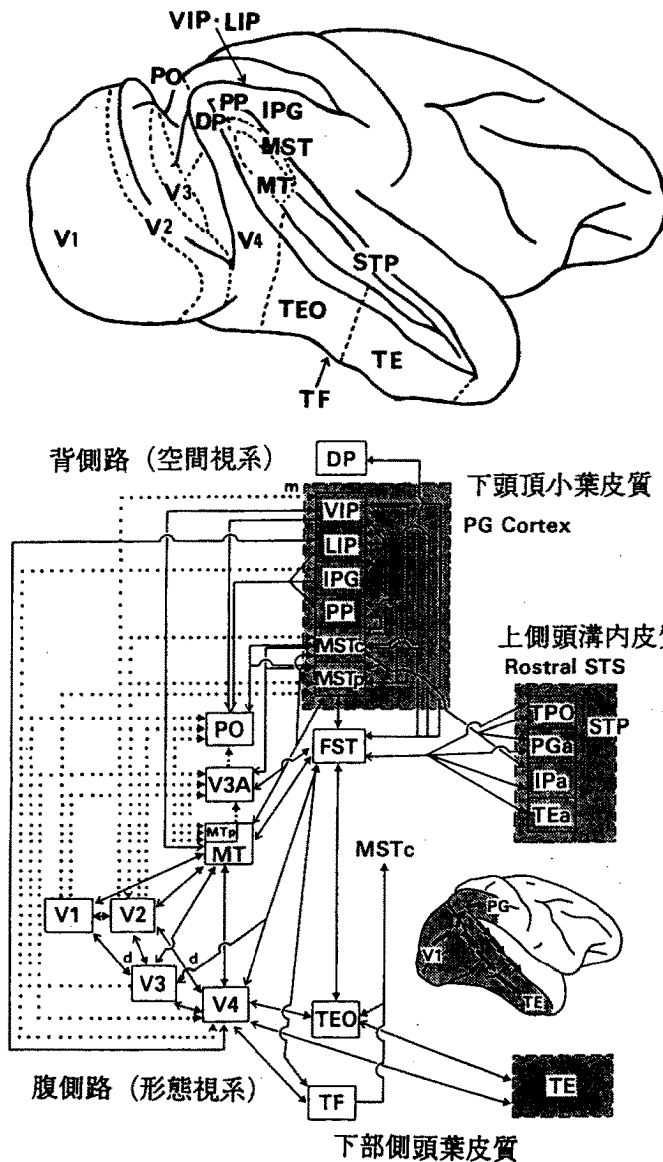


図5 視覚性皮質の主な領域と領域間の神経投射関係（文献10より改変）。上はマカクサル大脳外側面図でV2・V3を示すために月状溝を，POを示すために頭頂間溝を，MT・MSTを示すために上側頭溝を開いて図示している。下は視覚性皮質の領域間の神経投射関係で，実線は中心および周辺視野両方の投射関係が存在することを，点線は周辺視野のみの投射関係が存在することを示している。左から右へいくにつれて視覚性皮質の階層構造における位置が上位になっている。

上側頭溝内の「運動視系」を通してSTP野の前部に伝達され、TEO野やTE野の形態情報と結合して特定物体の特定の運動パターンの知覚に関与しているのではないか、というのである。今後の研究が期待される。

さて、視覚系の初期段階におけるParvo系とMagno系の機能的および構造的分化は比較的明白であるが、Parvo系は形態視系へ、Magno系は空間視系へという図式はやや単純に過ぎるともいわれている²⁶⁾。一つの領野は多くの領野と神経連絡があり、例えばV4野は主として下部側頭葉皮質にfeedforward typeの神経線維投射を送るが、下頭頂小葉皮質ともMT野とも神経線維連絡がある。さらに最近では空間視系の中核である下頭頂小葉皮質と形態視系の中核である下部側頭葉皮質の間に神経線維連絡があること、また二つの中核からの出力が上側頭溝内前部領域に収束していることが報告されている^{26,27)}。つまり視覚皮質においては、二つ（あるいは三つ）の経路が並列的に存在し各々が異なる視覚情報処理（形・色、運動、空間位置）を行っているが、それらの間には直接間接の相互作用があり、最終的には側頭葉前部に収束して各種の情報を統合し、辺縁系に至るのであろう。辺縁系 (limbic system) とは海馬や扁桃核などがある部位で記憶に重要な役割を果たしている。入力された全情報を統合し過去に蓄積された知識と照合して、どこになにがあるのかを認識していると考えられる。

神経科学的研究は動物を実験対象とし、一つ一つの実験が多大な労力と時間を必要とするので、その進捗はどうしても理工学研究に比べて遅いといわれてしまう。しかし最近では新しい標識物質の開発やコンピュータによる支援システムの導入等により研究のスピードアップが図られており、新しい研究が続々と発表され脳科学研究はますます隆盛である。視覚研究者である以上、神経科学専門外でも基礎的および最新の知識は得たいし、またその必要に迫られる状況でもある。本稿が神経科学の解説書や専門的論文に取り組み際に僅かでも役立つことができ

ば幸いである。

文 献

- 1) 岩井榮一：脳—学習・記憶のメカニズム。（特に、8. 後連合野の機能. pp. 32-143）, 朝倉書店, 1984.
- 2) 例えば、伊藤正男, 酒田英夫（編）：脳科学の新しい展開, 機能地図と記憶のメカニズム. 岩波書店, 1986.
- 3) P. M. Daniel and D. Whitteridge: The representation of the visual field on the cerebral cortex in monkeys. *Journal of Physiology (London)*, 159, 203-221, 1961.
- 4) R. Gattass, C. G. Gross and J. H. Sandell: Visual topography of V2 in the macaque. *Journal of Comparative Neurology*, 201, 519-139, 1981.
- 5) R. Gattass, A. P. B. Sousa and C. G. Gross: Visuotopic organization and extent of V3 and V4 of the macaque. *Journal of Neuroscience*, 8, 1831-1845, 1988.
- 6) B. Seltzer and D. N. Pandya: Afferent cortical connections and architectonics of the superior temporal sulcus and surrounding cortex in the rhesus monkey. *Brain Research*, 149, 1-24, 1978.
- 7) E. Iwai and M. Yukie: Amygdalofugal and amygdalopetal connections with modality-specific visual cortical areas in macaques (*Macaca fuscata*, *M. mulatta*, and *M. fascicularis*). *Journal of Comparative Neurology*, 261, 362-387, 1987.
- 8) R. Insausti, D. G. Amaral, and W. M. Cowan: The entorhinal cortex of the monkey. II. Cortical afferents. *Journal of Comparative Neurology*, 264, 356-395, 1987.
- 9) D. J. Felleman and D. C. Van Essen: Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex. *Cerebral Cortex*, 1, 1-47, 1991. (この雑誌はやや入手しにくいですが、彼等の図は文献17)の口絵ページに掲載されている.)
- 10) 例えば、D. Boussaoud, L. G. Ungerleider and R. Desimone: Pathways for motion analysis: cortical connections of the medial superior temporal and fundus of the superior temporal visual areas in the macaque. *Journal of Comparative Neurology*, 296, 462-495, 1990.
- 11) J. H. R. Maunsell and D. C. Van Essen: The connections of the middle temporal visual area (MT) and their relationship to a cortical hierarchy in the macaque monkey. *Journal of Neuroscience*, 3, 2563-

- 2586, 1983.
- 12) D. C. Van Essen and J. H. R. Maunsell: Hierarchical organization and functional streams in the visual cortex. *Trends in Neuroscience*, 6, 370-375, 1983.
 - 13) E. A. DeYoe and D. C. Van Essen: Concurrent processing streams in monkey visual cortex. *Trends in Neuroscience*, 11, 219-226, 1988.
 - 14) M. Livingstone and D. Hubel: Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. *Science*, 240, 740-749, 1988.
 - 15) 佐藤宏道, 津本忠治: 一次視覚野の機能的構造. *神経研究の進歩*, 35, 353-364, 1991.
 - 16) 外山敬介: 視覚前野の機能分化. *神経研究の進歩*, 35, 365-375, 1991.
 - 17) 三上章允: 6. サルの大脳皮質の視覚情報処理. 三上章允 (編): 視覚の進化と脳. 朝倉書店, 105-130, 1993.
 - 18) L. G. Ungerleider and M. Mishkin: Two cortical visual systems. *D. J. Ingle, M. A. Goodale and R. J. W. Mansfield (eds): Analysis of Visual Behavior*. MIT Press, 549-586, 1982.
 - 19) E. Iwai: A model regarding system of information processing in visual goal-directed behavior of macaque monkeys. *S. Saito and J. L. McGaugh (eds): Learning and Memory*. Excerpta Medica, 39-58, 1982.
 - 20) E. Iwai: Neuropsychological basis of pattern vision in macaque monkeys. *Vision Research*, 25, 425-429, 1985.
 - 21) E. G. Jones and T. P. S. Powell: An anatomical study of converging sensory pathways within the cerebral cortex of the monkey. *Brain*, 93, 793-820, 1970.
 - 22) C. Bruce, R. Desimone and C. G. Gross: Visual properties of neurones in a polysensory area in superior temporal sulcus of the macaque. *Journal of Neurophysiology*, 46, 369-384, 1981.
 - 23) K. Hikosaka, E. Iwai, H. Saito and K. Tanaka: Polysensory properties of neurones in the anterior bank of the caudal superior temporal sulcus of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 60, 1615-1637, 1988.
 - 24) M. Ayama, M. Yukiie, Y. Kondo and E. Iwai: Neural connections of superior temporal polysensory area with superior temporal auditory and inferotemporal visual cortices in the macaque. *K. Fujisawa and Y. Morimatsu (eds): Development and Involution of Neurons*. Japan Scientific Societies Press, 273-278, 1992.

- 25) D. I. Perrett, P. A. J. Smith, A. J. Mistlin, A. J. Chitty, A. S. Head, D. D. Potter, R. Broennimann, A. D. Milner and M. A. Jeeves: Visual analysis of body motion by neurones in the temporal cortex of the macaque monkey: a preliminary report. *Behavioral Brain Research*, 16, 153-170, 1985.
- 26) J. S. Baizer, L. G. Ungerleider and R. Desimone: Organization of visual inputs to the inferior temporal and posterior parietal cortex in Macaques. *Journal of Neuroscience*, 11, 168-190, 1991.
- 27) E. Iwai, Y. Kondo, M. Ayama and M. Yukiie: Interaction between form and spatial visual systems: connectivity between inferotemporal and inferior parietal cortices in the macaque. *K. Fujisawa and Y. Morimatsu (eds): Development and Involution of Neurons*. Japan Scientific Societies Press, 279-284, 1992.

Micro Glossary of Neuroscience

- ★神経科学研究に被験体としてよく用いられるマカク属サル
Japanese monkey (*Macaca fuscata*): ニホンザル
Rhesus monkey (*Macaca mulatta*): アカゲザル
Crab-eating monkey (*Macaca irus* or *Macaca fascicularis*): カニクイザル
Pig-tailed monkey (*Macaca nemestrina*): ブタオザル
- ★ablation: 摘除
- ★anesthetize: 麻酔をかける
- ★anterograde: 順行性 (本文参照)
- ★aorta: 大動脈
- ★artificial respiration: 人工呼吸
- ★asepsis: 無菌状態
- ★aspiration: 吸引 (吸引器を用いて皮質を摘除する)
- ★deep anesthetized: 深麻酔下で (手術中サルに苦痛を与えてないことを示す)
- ★dura mater: 硬膜
- ★fascia: 筋膜
- ★frozen section: 凍結切片
- ★gelatinized slide: ゼラチン付スライドガラス (薄切片を接着するためにスライドガラスにはゼラチンをコーティングする)

- ★gliosis: グリア細胞の変化, グリオシス
- ★histology: 組織学
- ★histological reconstruction: 組織学的再構成 (摘出した脳は薄切片にして, 細胞構築, 髄鞘構築, 注入物質の標識や電極のマーキングを観察し, それらを脳切片の拡大写真等に記録する. その後, 全体における標識分布や電極位置を把握するためにその被験体の大脳の外側面図や腹側面図などを数十~百枚の切片写真を基に再構成する)
- ★i.m.: 筋注
- ★incision: 切開
- ★intubation: 挿管 (人工呼吸のために管を気管に挿入する)
- ★i.v.: 静注
- ★ketamine hydrochloride: 短時間麻酔剤 (ケタラールとか) ネンブタールなど長時間麻酔剤を効果的に用いるための導入剤として使う
- ★lesion: 摘除
- ★microtome: 薄切片作成装置, ミクロトーム (要するにカッター)
- ★paralyze: 麻痺させる
- ★pia mater: 軟膜
- ★retrograde: 逆行性 (本文参照)
- ★saline: 生理食塩水
- ★sodium pentobarbital: 良く使われている長時間麻酔剤 (ネンブタールとか)
- ★stainless steel well: ステンレス製の電極刺入用リング
- ★stereotaxic frame: 脳定位固定装置
- ★sucrose: ショ糖溶液 (凍結切片をうまく作成する為に脳にショ糖を浸み込ませる)
- ★temporal muscle: 側頭筋
- ★thionine: 細胞体染色に用いる染料のひとつ, チオニン
- ★trachea: 気管