

■シンポジウム 読み書きへの学際的アプローチ

「文字の読み取り」の中樞神経機構

—動物(サル)実験による神経心理学的研究所見を基にした一考察—

岩井 榮一*

要旨：本論文では、われわれが施行している動物(サル)実験の神経心理学的研究所見を基にして、ヒトの視覚性言語(文字)の了解の中樞機序を論じた。ヒトの言語行動は、種々の行動のうちで、最も知的で表象化されたものである。しかも、サルの脳構造と機能とヒトのそれらとの相同、類比性については議論があろう。したがって、ここでは、一つの試みとして、サルの形態知覚、認知の中樞機構についての所見からヒトの基本的視覚性言語の了解機構を論じたに過ぎない。

本論文では、まず、サルの大脳皮質諸領野についての機能局在についてのモデル(機能地図)を作成した(図1)。次にこの機能地図を基にして、視覚性言語(文字)の了解の中樞神経機構について考按を試みた(表1)。

神経心理学, 6; 100~107

Key Words：視覚性言語, 中樞神経機構, 機能地図, 実験的神経心理学, サル
visual language, central mechanism, functional map of cerebral cortex, experimental neuropsychology, monkey

I はじめに

言語は思想, 思考, 意志, 感情の体系的な伝達手段である。言語は一つの記号体系として完備したものであり, 一つの社会制度といてよいであろう。それは, 個人にかかわるのみならず, 人類文化, 歴史をはじめ森羅万象, 人事百般にわたって, すべて言語体系により了解と表出, 表現が可能であり, 人類の社会生活や福祉, 発展に必要欠くべからざるものだからである。言語は会話言語(聴覚性言語; 聴き言語と話し言語)と文字言語(視覚性言語; 読み言語と書き言語)が基本であるが, その他, “身振り言語”(gesture language, 動作言語, 手話), “点字言語”(braille language; 触覚性言語)などがある。さらには, “モールス記号”, “速記文字”, “コンピューター言語”など, ある種の文法に則って体系化された情報の

伝達手段はすべて言語(広義の言語)といえる。

言語行動(verbal behavior)は人間行動のうち, 最も知的な, 表象化された行動であり, ヒト特有と考えられている。現状では, 言語の神経機構の研究は, 臨床面での脳損傷による言語障害——失語症——を通して行なわれているのが一般的である。この他, 左右大脳半球の離断脳患者での研究もある。

失語症とは大脳の一定領野, または領域の器質的病変に起因する言語象徴の了解, および表出の障害である。失語の分類は研究者によって異なり, 多種多様である。解剖学的損傷部位と発現臨床症状の特徴とを複合させた分類もある。しかし, 現実問題として解剖学的命名の根拠は薄弱であり, 推定にしかすぎない。したがって, 解剖学的側面は無視され, 臨床病像の形態を表現する記号的役割にすぎないとみなし

1990年1月5日受理

A Model Regarding the Central Mechanism of Comprehending Human Visual Language — A Model Based on Neuropsychological Findings in Monkeys

*東京都神経科学総合研究所臨床神経学研究部, Eiichi Iwai: Division of Clinical Neurology, Tokyo Metropolitan Institute for Neurosciences.

ている人が多い。最近、ポジトロンCTやMRIが開発され、ヒトにおける脳損傷部位が比較的正確に同定できるようになってきた。今後、解剖学的損傷部位を基にした失語症の分類が作成されると期待される。

著者らは、ここ20余年間にわたり、サル(macaque monkey)における視覚性図形の知覚(識別)と認知(認識)、すなわち形態視の中樞神経機序について研究してきた。この研究の最終目標は、サルでの研究所見を基にして、ヒトにおける視覚性言語、すなわち、文字(読み)言語の了解(文字の読み取り)の中樞神経機序を論ずることである。

II 動物実験による言語の研究は可能か?

動物実験による言語の神経機構の研究の可能性には議論がある。動物実験によってアプローチすることさえ、タブーと考えている人々も多い。しかし、以下に述べるように、不可能というわけではないであろう。

チンパンジーはヒトから教えられた模造言語、または人工言語を習得できるし(GardnerとGardner, 1971; Premack, 1971)、それらを彼らの仲間間で使用しているという報告がある(室伏, 1980)。実験的模造言語は、ヒトが日常使用している言語と類比・相同できるかの問題はあるにしても、これらの報告は意義がある。日本ザルは37種の異なった発声がある(伊谷, 1963)。リスザルにも20余種の仲間内の情報伝達のための異なった鳴き声がある。さらに、同じ鳴き声のように思われても、集団間で若干異なる、いわばヒトの方言に相当するような異なった鳴き声があり、サルは集団群を聞きわけているという報告もある(NewmanとWollberg, 1973)、サルが、その群の約束に従って一連の音響系列である音声を発し、情報を伝達し、他のサルがその発声音を弁別し、状況を判断している。これは発声音の種類により情報伝達の役割を果たしているということで、まさに会話言語(聴覚性言語)そのものである。種々の動物では、その種または群の特有の個体間、集団内コミュニケーションの手段と機

構がある。これもまた一種の言語といえよう。動物の認知・認識行動はヒトのそれと、その基本面で共通の機構をもっていることは否定できない事実である。特に、視覚性動物といわれているマカクザルの視覚性行動はヒトのそれと多くの点で共通性があることが見出されている(岩井の論文参照; 室伏, 1980)。

視覚神経機構については、サルとヒトの間にはその類比性や相同性が確立されている。視覚性高次思考過程——視覚性対象の知覚、認知、記憶、学習など——についても、その能力的差異は認められても、基本面では質的に多くの共通点がある。したがって、視覚性言語についても、論理的、表象的事象のコミュニケーションの手段としてでなく、単純な経験的事実の伝達手段としての視覚性言語に限って言及するならば、言語の中樞神経機序の解明を動物実験的に推進できると考えられる。

サルの学習実験で使用されている課題の刺激——例えば、図形、物体、色彩、明暗などの刺激——は単なる物理的的刺激として、サルに知覚されているわけではない。常に、報酬の付随の有無との関連、さらにはその刺激のもつ誘発価の程度との関連で、認知されている。すなわち、この事態では、刺激はシンボル化されたものであり、意味をもった符合体(サイン)である。目標志向性行動における意味体である。したがって、学習における課題刺激はヒトの文字と等価であるといえる。

以上の考察に基づいて、著者はサルにおける図形の知覚と認知の中樞神経機序解明はヒトの視覚性言語(文字、読み言語)の中樞機序の解明につながると考えている。

III サルの後連合皮質における知覚・認知野

これまでの研究所見に対する基本的疑問は知覚と認知機構が脳構造との関連で解明されていないことである。ある一つの単純な外界対象に対しても、複雑に活動している脳内で、いったいどの領野、領域または核が知覚と認知機能に密接に関係しているかという問題が解決されなければ、現象的に得られた所見は知覚と認知以

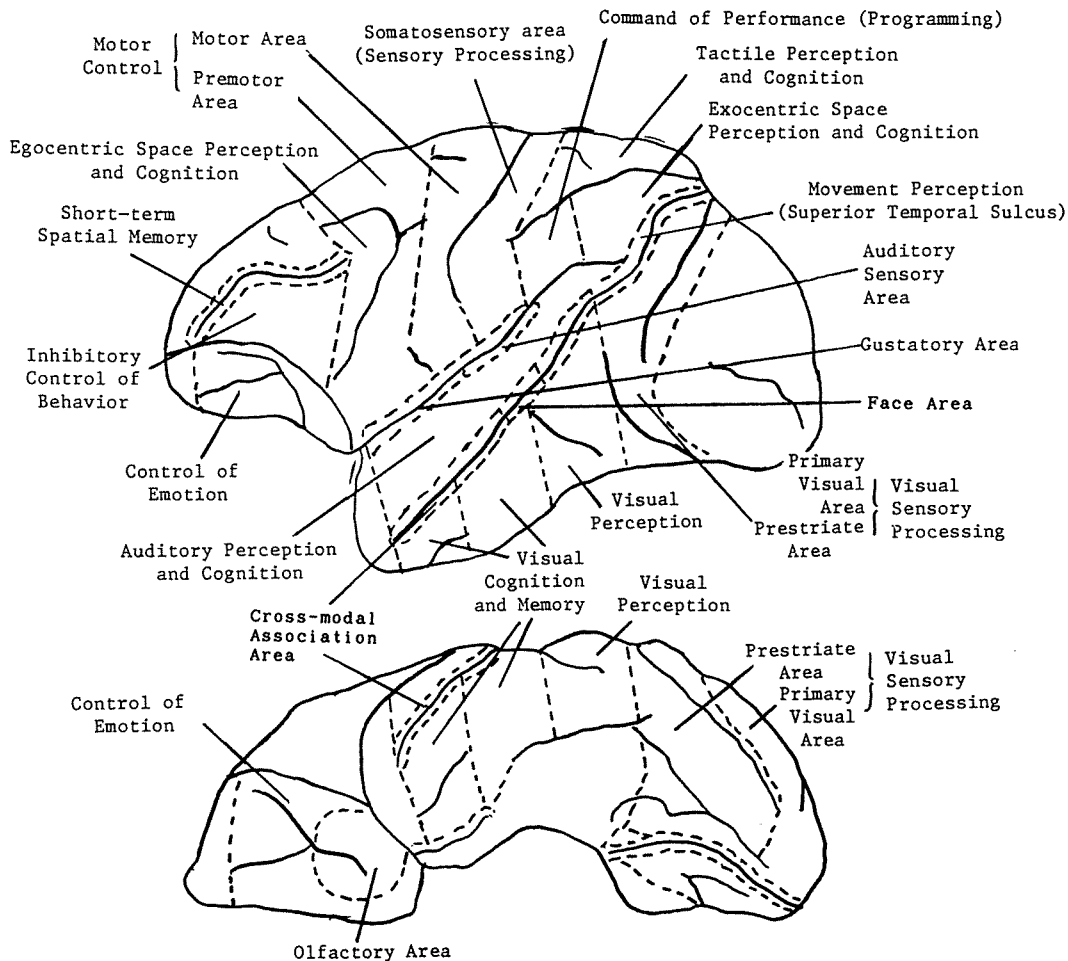


図1 サルの大脳皮質における機能局在に関するモデル

外の機能として説明される可能性がある。

これまでの大脳皮質諸領域に関する所見を概観すると、後連合野の各部位には感覚種特異的学習・記憶野が局在している（岩井参照）といえよう。例えば、上側頭葉皮質の病変により聞き言語を含めた聴覚性知覚・認知の障害が、また、下部側頭葉皮質の病変により読み言語を含めた視覚性知覚・認知の障害が、さらには、下頭頂小葉皮質の病変により空間に関する知覚・認知障害が発現するといえる。

図1は、筆者らの諸研究所見を基にして、取り纏めたサルの大脳皮質における機能地図である（岩井参照）。モデルは本来修正されることを前提として、その時点でベストと考えられるものとして作成されているにすぎない。今後、

研究の進展により、よりよい機能地図モデルが作成されることが期待されるし、また筆者を含め、研究者の責務であろう。

連合野における機能局在は相対的なもので、絶対的な機能局在はありえない。各領域は独立的であると同時に、相互に干渉機構が存在し、相補性もある。形態視における下部側頭葉皮質の前半2/3部（TE野）と後半1/3部（TEO野）、空間視における前頭葉眼野（弓状溝前野）と下頭頂小葉皮質の相互作用性と相補性はその例である（岩井参照）。各領域や領域が機能的に絶対的独立性を堅持しているならば、統一ある合目的行動（筆者のいう目標志向性行動）を遂行できないであろう。ある領域損傷後の適応行動の可能性はこの相対的機能局在によるもので

表1 視覚性言語（文字）の了解（知覚・識別と認知・認識）の中枢神経機序に関する一私案

機能的役割	関与領域
1) 文字・記号の構成要素の特徴抽出過程	第一次視覚野, 視覚前野
2) 文字・記号の構成要素間の外空間視の処理	下頭頂葉皮質
3) 文字・記号・単語の形態知覚（要素の合成によるパターン視）	下部側頭葉皮質後半領域
4) 文字・単語・文章の認知（意味把握, 記憶, 連合）	下部側頭葉皮質前半領域
5) 文字の時系列的順序性や配列関係に関する内空間視の処理	前頭葉外側連合野（前頭葉眼野）
6) 文字・単語・文章の誘発価の評価と決定： 名誉・善悪など抽象的事象 シンボル化された具体的対象物 可食物と非可食物	前頭葉 扁桃核 視床下部と無名質

これはサルにおける図形知覚・認知の中枢神経機序の所見を基にして試作したものすぎない。今後、研究の進展に伴い修正されるべきものである。

あろう。

IV 視覚性言語了解の中枢神経機序に関する私見

サルでの図形知覚・認知の中枢神経機構に関する諸所見（岩井参照；図1）を基礎にして、私見を加えながら——きわめて大胆とは考えられるが——、ヒトの視覚性言語、すなわち、文字了解の中枢機序を考察すると以下のようにいえよう（表1）。ただし、ヒトとサルの文字（図形）の知覚・識別能や認知・認識能の差異に関する比較は本考察の目的外であることに留意されたい。

①文字を構成している成分要素（線、曲線など）の特徴抽出には、主として、第一次視覚野（OC野, 17野）と視覚前野（OB野とOA野, 18野と19野）が関与している。特に、視覚前野では、その中心視野対応域が文字に関する情報処理上重要な役割を担っている。

②文字の構成成分の方向定位、空間的占拠位置関係、配列関係の知覚・認知には、主として、下頭頂小葉皮質（PG野, 39野）が関与する。

③文字の形態（Gestalt）知覚には、主として、下部側頭葉皮質（第2, 3, または中, 下側頭回皮質）の後1/3部（TEO野；PH野, 37野に相同）が関与する。

④文字、単語、文章の認知（意味把握, 記憶, 連合）には、主として、下部側頭葉皮質の前2/3部（TE野, 20と21野）が関与する。

⑤文章や単語における各構成文字の時系列的順序性や空間的配列関係の知覚と認知には、主として、前頭葉外側連合野が関与する。前頭葉眼野（弓状溝前野）はその知覚に、主溝領域はその認知（時系列的および空間的系列関係の記憶）に関与する。

⑥文字、単語、文章などのもつ行動誘発価（動因）の決定機序には扁桃核、視床下部、無名質などが関与する。思想、名誉、善悪など、より高次元の、抽象的事象については前頭葉皮質（眼窩部領域）が関与する。

⑦視覚性言語と聴覚性言語の連合、さらに一方の言語から他の言語の想起と変換には、上側頭溝溝壁皮質のうち前腹側部が関与する（図1には記載していないが、最近の筆者らの研究で、この部位を剔除すると、視覚学習、聴覚学習はほとんど障害されないが、視-聴覚連合学習は顕著に障害されるという所見を得ている）。

⑧ヒトでは、言語機能に関し、半球間に機能的優劣の差異（偏倚性）の存在が指摘されている。しかし、現在のところ、動物（サル）での実験の所見からはこの問題について言及できない。

上記の筆者の見解と、従来の見解の主な差異は側頭葉、特に下部側頭葉皮質の機能に対する注目の程度差と、そのモデルへの導入の有無である。すなわち、動物実験の所見から組み立てられた筆者の見解では、文字了解機序における下部側頭葉皮質の重視である。これに対し、

従来の見解では下頭頂小葉皮質の機能が重視されている。

臨床所見では、失読症の病巣の座は古くから頭頂葉とされている(Nielsen, 1965)。われわれが使用している文字(すなわち、視覚性言語)は、動物実験で使用している図形とは比べられないほど複雑で紛らわしい。しかも、空間視的要因が複雑に絡みあって包括されている。紛らわしい文字の弁別はわれわれ成人(教育を受けた者)にとっては容易なものであろうが、3~5歳児、また教育を受けてない者にはきわめて難しいといわれている。たとえば、Zは、座標軸の設定の仕方、ZともNとも受け取れる。“未”と“末”では2本の横線分の相対的長さの差によって異なった文字となる。“玉”と“王”では右下の点の有無によって差異が分かるし、点のある場所によっては誤字となる。同一文字の組合せでも配列の順序によって、異なった意味をもった単語となる。“会社”と“社会”がその一例である。さらに複雑なことには、文章ではニュアンス(nuance)とか、強調度の差異の問題がある。単語や語句の配列の順序や、各文章の前後関係(時系列的、空間的配置関係)によって、相当に違った印象が与えられる。これらの例は、文字の了解は、形態視としてのみ成立するものではなく、空間視もきわめて重要な役割を果たしていることを示す。

したがって、頭頂葉損傷患者は複雑な空間視的要因を包括している文字の読み取り(視知覚・認知)においては重篤な障害を示すものであろう。われわれの最近の研究所見でも、下頭頂小葉皮質剔除サルは+と□や△と○のような図形弁別課題の学習障害を示さないが、ZとZのような方向線分が重要な弁別手掛りとなる図形弁別課題では顕著な学習障害を示すという研究所見を得ている(岩井参照)。

V おわりに

本論文の目的はサルでの実験的神経心理学的、研究所見を基にして、ヒトの視覚性言語(文字)の了解の中枢神経機構を考按することであ

る(第1項)。

言語の研究は言語学、記号学、心理学、神経学など広い分野にまたがっている(これらを網羅したものとして神経心理学が位置づけられる)。しかし、これらの個々の学問分野での研究所見を神経心理学的に共通した現象として把握することは困難である。特に神経学における解剖・生理学的所見とその他の分野での現象論的所見とのギャップは大きい(第1項)。ヒト(患者)での解剖・生理学的研究には制限があることは言うまでもない。この間隙を埋めるには、現状では動物実験に頼らざるを得ないであろう。

動物とヒトとの機能的相同性や類比性を考察するにあたっての難点は種々あるが、能力差を別にすれば、最も基本的な差異は次の2点であると筆者は考えている。動物は、①機能の半球偏倚性(functional lateralization to one hemisphere)と、②異種感覚種間交叉性学習転移(cross-modal transfer of learning)との2過程でヒトよりはるかに劣っていることである。これら2過程はまさにヒトの言語の神経機構の特徴を反映しているものである。

①については、進化の歴史の経過で獲得した差異であろう(説明省略)。②の異種感覚種間交叉学習とは対象の超感覚種的了解・把握のことである。

言語行動は、人間行動のうち、最も高次の知的行動であり、一般的な聴覚性対象や視覚性対象などの知覚・認知行動とは同一基準では論じられない。言語は感覚種特異的ではない。感覚種非特異的でもなく、超感覚種(supramodal)である。したがって、ヒトの言語機構においては、異種感覚種情報間の想起、連合と相互間変換の過程・機構が存在し、これが言語というきわめて難解な情報の了解とそれに対応する表出を助けている。例えば、ヒトでは聴覚性“聴き言語”の了解に際して、単純にそれに対応する聴覚性“話し言語”としての表出にとどまるわけではない。常に、それに対応する視覚性“読み言語”としても同時に了解されているし、また視覚性“書き言語”としても表出できる状態

にもある。同様に、視覚性“文字（読み）言語”に対しては、“聴き言語”としての了解と、“書き言語”と“話し言語”の表出も常に準備されている。“文字言語”の了解過程には、聴覚的言語パターンの喚起が重要である。サルは同感覚種間転移学習は比較的容易に遂行しうるが、異感覚種間転移学習は極めて困難である（WilsonとWilson, 1962）。

ヒトの言語行動では、前頭葉のうち前頭前連合野が重要な役割を果たしているであろう。進化の経過からみても、ヒトと動物、さらには、動物種間でも、前頭葉連合野の発達には歴然とした差異がある。また、ヒトと動物、また動物種間での前頭葉連合野の機能の相同性に関しては論じにくい。ヒトの前頭前連合野は連合皮質のうちで最も高等な精神活動を営んでおり、高次元の精神統合（mental synthesis）の座と考えられている。したがって、ヒトの言語行動における前頭前連合野の役割の重要性は説明するまでもないであろう。実際、前頭葉損傷により自発啞がみられることから知りうる。自発啞は言語の了解障害（ウェルニッケ失語）や表出障害（ブローカ失語）によるものではない。意志発動性の障害によるもので、超皮質性失語に相当するものである。したがって、より高次元の知的な表象的視覚性言語行動においては、前頭前連合野のもつ役割はきわめて重要である。しかし、能力的に限界があり、研究上でも種々の制約のある動物（サル）実験で、はたしてこのような超高次元の機序が解明できるかは現時点では疑問である。

文 献

A) 筆者の和文著書の主なもの

- 1) 岩井榮一：脳—学習・記憶のメカニズム。p. 1—269, 朝倉書店, 東京, 1984 (第4刷, 1989)。
- 2) 岩井榮一：認知・認識の中核機序——その形態視と空間視との成立機序を中心として。脳の構造と機能（大村裕・伊藤正男・島津浩編）。P. 515—552, 医学書院, 東京, 1984。
- 3) 岩井榮一：側頭葉連合野の神経解剖学的研究——上側頭葉聴覚皮質, 下部側頭葉視覚皮質と上側頭溝溝壁, 溝底皮質の構造。新生理学大系12巻 高次脳機能の生理学（星猛, 伊藤正男編）, P. 54—73, 医学書院, 東京, 1989。
- 4) 岩井榮一：下部側頭葉・後頭葉連合皮質の機能——その神経行動学的研究。新生理学大系12巻 高次脳機能の生理学（星猛, 伊藤正男編）。P. 73—98, 医学書院, 東京, 1989。
- 5) 岩井榮一：側頭葉・後頭葉連合皮質の構造と機能についての概説と今日的话题。新生理学大系12巻 高次脳機能の生理学（星猛, 伊藤正男編）。P. 133—148, 医学書院, 東京, 1989。
- 6) 岩井榮一：視覚連合皮質と高次機能。新生理学大系9巻 感覚の生理学（星猛, 伊藤正男編）。P. 180—214, 医学書院, 東京, 1989。
- 7) 岩井榮一：感覚情報処理と感覚統合——視覚についての解剖学的観点から。感覚統合研究（鷲田孝保編）。P. 1—31, 協同医書出版, 東京, 1989。
- 8) 岩井榮一：側頭葉と視覚性学習・記憶——神経行動学的, 神経解剖学的研究による知見。脳研究とニューロコンピュータ：学習・記憶に関する神経回路。生物の科学「遺伝」（津本忠治）。P. 56—67. 裳華房, 東京, 1989。

B) 筆者の欧論文の主なもの（1986～1988の3年間の発表論文）

- 9) Iwai, E. : Pattern perception and cognition in macaque monkeys (*Macaca fuscata* and *M. mulatta*). in *Neural Mechanism of Cognitive Function*. (ed. by M. Sato and J. S. Buchwald) *Bulletin of Tokyo Metropolitan Institute for Neurosciences*, pp. 33-48, 1986.
- 10) Tanaka, K., Hikosaka, K., Saito, H., Yukie, M., Fukada, Y. and Iwai, E. : Analysis of local and widefield movements of the superior temporal visual areas of the macaque monkey. *J. Neurosci.*, 6 ; 134-144, 1986.
- 11) Saito, H., Yukie, M., Tanaka, K., Hikosaka, K., Fukada, Y. and Iwai, E. : Integration of direction signals of image motion in the superior temporal sulcus of the macaque monkey. *J. Neurosci.*, 6 ; 145-157, 1986.
- 12) Iwai, E., Yaginuma, S. and Mishkin, M. : Acquisition of discrimination learning on patterns identical in configuration in macaques (*Macaca mulatta* and *M. fuscata*). *J. Comp. Psychol.*, 100 ; 30-36, 1986.
- 13) Iwai, E., Nishio, T. and Yamaguchi, K. : Neuropsychological basis of K-B sign in

- Klüver-Bucy syndrome produced following total removal of inferotemporal cortex of macaque monkeys. in *Emotion — Neural and Chemical Control*. (ed. by Y. Oomura) Japan Scientific Society Press, Tokyo, pp. 299-311, 1986.
- 14) Yaginuma, S. and Iwai, E. : Effect of small cue-response separations on pattern discrimination in macaques. *J. Comp. Psychol.*, 100 : 137-147, 1986.
 - 15) Iwai, E., Aihara, T. and Hikosaka, K. : Inferotemporal neurons of the monkey responsive to auditory signal. *Brain research*, 410 : 121-124, 1987.
 - 16) Iwai, E. and Yukie, M. : Amygdalofugal and amygdalopetal connections with modality-specific visual cortical areas in macaques (*Macaca fuscata*, *M. mulatta* and *M. fascicularis*). *J. Comp. Neurol.*, 261 : 262-387, 1987.
 - 17) Iwai, E., Yukie, M., Suyama, H. and Shirakawa, S. : Amygdalar connections with middle and inferior temporal gyri of the monkey. *Neurosci. Lett.*, 83 : 25-29, 1987.
 - 18) Kikuchi, R., Yukie, M. and Iwai, E. : Anatomical organization of pulvinar projections from parastriate cortex (area V2) in the macaque monkey. *Tohoku Psychol. Folia*, 46 : 13-22, 1987.
 - 19) Iwai, E. and Yukie, M. : A direct projection from hippocampal field CA1 to ventral area TE of inferotemporal cortex in the monkey. *Brain Research*, 444 : 397-401, 1988.
 - 20) Yukie, M. and Iwai, E. : Direct projections from the ventral TE area of the inferotemporal cortex to hippocampal field CA1 in the monkey. *Neurosci. Lett.*, 88 : 6-10, 1988.
 - 21) Yukie, M., Niida, T., Suyama, H. and Iwai, E. : Interaction of visual cortical areas with the hippocampus in monkeys. *Neurosciences*, 14 : 297-302, 1988.
 - 22) Hikosaka, K., Iwai, E., Saito, H. and Tanaka, K. : Polysensory properties of neurons in the anterior bank of the caudal superior temporal sulcus of the macaque monkeys. *J. Neurophysiol.*, 60 : 1615-1637, 1988.
- C) その他の引用論文
- 23) Gardner, B. T. and Gardner, R. A. : Two-way communication with an infant chimpanzee. in *Behavior of Nonhuman Primates*, Vol. 4, (ed. by A. M. Schrier and F. Stollnitz), Academic Press, New York, pp. 117-184, 1971.
 - 24) 室伏靖子 : チンパンジーの言語の習得とその脳内機構に関する研究. 京都大学霊長類研究所, pp. 1-37. 1980.
 - 25) Newman, J. D. and Wollberg, Z. : Responses of single neurons in the auditory cortex of squirrel monkeys to variants of a single call type. *Exp. Neurol.*, 40 : 821-824, 1973.
 - 26) Nielsen, J. M. : *Agnosia, Apraxia, Aphasia: Their Value in Cerebral Localization* (2nd Ed./completely revised). Hafner, New York, 1965.
 - 27) Premack, D. : On the assessment of language competence in the chimpanzee. in *Behavior of Nonhuman Primates*. Vol. 4, (ed. by A. M. Schrier and F. Stollnitz) Academic Press, New York, pp. 185-228, 1971.
 - 28) Wilson, M. and Wilson, W. A., Jr. : Intersensory facilitation of learning sets in normal and brain operated monkeys. *J. comp. physiol. Psychol.*, 55 : 931-934, 1962.

A model regarding the central mechanism of comprehending human visual language

—A model based on neuropsychological findings in monkeys—

Eiichi Iwai

Division of Clinical Neurology, Tokyo Metropolitan Institute for Neurosciences

It is attempted, as a first approximation, to discuss on the fundamental mechanism of comprehending visual language on the basis of the neuropsychological findings obtained from the monkey studies. In this manuscript, firstly, a model regarding functional localization in the monkey cortex (a functional map of monkey cerebral cortex) is presented (Fig. 1). Then, a model regarding the mechanism of comprehending visual language is proposed on the basis of the above functional map (Table 1). It is hypothesized as follows: (1) The primary visual (or area OC) and prestriate (or areas OB and OA) cortices are more intimately concerned with feature detection of the components of letters than other cortical areas are; (2) The posterior inferotemporal cortex (or area TEO), with perception of letters; (3) The anterior infero-

temporal cortex (or area TE), with recognition of words and sentences; (4) The inferior parietal cortex (or area PG), with exocentric spatial perception of the configuration of letters and the arrangement of letters as a word; (5) The lateral frontal cortex, particularly the frontal eye field, with egocentric perception of the temporal sequence and spatial arrangement of words and sentences; (6) The hypothalamus and substantia innominata, with grasping biological value involved in words such as rice, bread, etc.; (7) The amygdala, with understanding symbolized but concrete meaning involved in words and sentences such as food, fruit, etc.; and (8) The orbital frontal cortex, with comprehending highly symbolized and metaphysical assessment involved in words and sentences such as good, evil, etc.