論 説

言語認知と思考

本 庄 巖

Recognition of Language and Thinking

Iwao Honjo

(Kyoto University, Graduate School of Medicine)

Language appears to be the basis for both individual thinking and cultural exchange inside nations and among nations. However, our knowledge of the mechanism of language recognition, especially at the level of the central nervous system is quite limited because of difficulties in conducting experimental study in human beings.

Recently, several modalities that can visualize brain activities during language recognition have been developed. Positron Emission Tomography (PET) has provided considerable important information about cortical activities related to language. On the other hand, Magnetoencephalography (MEG) provides more precise identification of the activated area in the auditory cortex along with data on the sequence of activation. From these studies, we determined specific activation in the auditory association area for language stimulation, in addition to that in the primary auditory cortex.

Cognitive brain activity for language is ready to be elucidated using these modern technologies, and academic advances in this field would contribute greatly to the management of patients with disturbances in the recognition of spoken language.

Key words : language recognition, brain imaging, auditory context

はじめに

新約聖書ヨハネ伝の冒頭は「はじめに言葉ありき、言葉は神と共にありき」という文章で始まる。これは思考が言葉とは不可分のものであること、言葉から思想が生まれ、それによってのみ思想が伝えうることを示すものといえる。それぞれの言葉は意味を持ち、意味をつなげることで思想が生じ、思想を持つことがヒトのヒトたるゆえんになるのである。人類の起源と共に言葉があったのであろうし、これを道具にしてヒトは宗教をはじめとする多くの文明を築いて来たともいえる。

従来耳鼻咽喉科学はそのカバーする器官が、言葉の情報を受け手である聴器と、その発信器である発声、構音

器官とにわたっているため、言葉の認知や形成に関する基礎的な研究と共に、それらの障害とも深くかかわってきた。言語認知の面では感音性難聴例のほか失語症をはじめとする中枢性の障害例も対象としてきた。一方言語の表出面では、各種の機能的、あるいは器質的な構音障害例があり、これには末梢性障害だけではなく中枢性の障害例も含まれている。

しかしながら、言語の認知、あるいは言葉の情報処理が中枢レベルでどの様に行われているかについては、我々の知見はなお乏しい状況にあるといわざるをえない。すなわち、それらは戦傷による脳障害例や脳血管障害例の示す欠落症状からの部位の推定、あるいは Penfield¹⁾

のてんかん患者の手術に際して病巣確認のために行われた皮質刺激で患者が告げる知覚体験からの類推にとどまっていた。しかし近年脳の機能画像の著しい進歩によって、この分野の観察が非侵襲的に正常のヒトの脳を対象に行えるようになった。

そこで本稿では、PET (Positron Emission Tomography) や MEG (Magnetoencephalography) による言語認知プロセスの知見を、自験例もまじえて紹介し、中枢で言葉の聴覚像と概念とがどのようにかかわっているのかについて考えてみたい。

言語の形成

言語はヒトに特有の機能である。幼児はある年齢に達すると自然に言葉をしゃべりはじめる。丁度それまで這っていた幼児がつかまり立ちをし、或る日二本の足で歩き始めるのに似ており、ヒトの発達、成長に組み込まれたヒト固有の活動の一つと考えられる。では何故、ヒトはこれほど自然に言葉をしゃべり始めるのだろうか。それは勿論、母親の間断のない幼児への語りかけが基盤となり、これらの言葉のおうむ返し模倣の段階はあるものの、有意味言語という観点からみると、言葉の核になる思考が幼児の脳内で形成され、これが一定水準に達したから言葉が出現したのに他ならない。脳での「考え」の成育がまず起こり、これに附随して、あるいはこの表現の手段として言葉が生まれたとみるべきである。その意味では Chomsky²⁾ が提唱したように、言語の表出はヒトの脳にあらかじめ組み込まれた遺伝情報といえなくもない。

幼児は2歳過ぎると自分と相手という一人称と二人称の概念、あるいは目の前に居ない母親を求めるなど三人称の概念も形成される。また物の名前や色、数や左右の抽象概念もできてきて、これを表す言葉をその母国語で話すようになる。これは自己の想念を周囲にある言語という媒体の中から探し出し、最も適切なものに当てはめてゆく作業ともいえる。ここまでは賢いチンパンジーならできるとされている。彼等は構音器官の解剖学的制約のため表出言語を持たないが、その反応様式からかなりの数の言葉を理解していることがわかっている。又イルカ同志の高度のコミュニケーションもよく知られている。

しかしこれらはヒトの持つ言語とは隔絶していると考えた方がよい。ヒト以外の動物が行っているコミュニケーションは、いわば信号の発信と受信とに限られてい

るのである。遠足を前にした子供は「あした、天気になるとよいなあ」とよくいう。これは5歳を過ぎないといえない言葉であるが、この中には「明日」という時間の概念、「天気」という抽象概念、そして「なるとよいなあ」という願望の三つの高次の概念が含まれているのである。これは動物にはない言語であり、思考である。これはその子の脳の思考機構の中で、この様な高次の概念が生成してはじめて、表出が可能となる言語なのである。

言語発達遅滞という疾患がある。原因としては勿論難聴や構音器官の障害もあるが、その原因の大部分が知能の発達遅滞と関係していることはよく知られている。これはいかに中枢での概念の形成が言語の表出に深くかかわっているかを示すものといえる。逆に幼小児の表出言語をチェックする事でその子の精神発達をほぼ正確に知る事もできるのである。個体の進化には種の進化が内在しているといわれるが、幼児の言葉の表出過程もこれを示すものと考えることができよう。

更に言語と民族の観点から言語の形成を考えることもできる。世界中には数千の言語があるといわれるが、そのどれをとっても言語としての優劣をつけがたいとされている。これはいわば当然の事であり、たとえば死者を葬る形式は違っても、その死を悼む気持ちは人類に共通のものである。また死後の世界を含めた宗教の形式は民族間で異なったとしても、基盤となる宗教観は共通している。この様に、我々人類の思考のパターンが共通である以上、ヒトの言語はいわば1種類であるといってもよいのである。その意味でアフリカでサルがはじめてヒトになった頃の言語を再現しようという試みは全く無意味なものとはいえないし、少なくともその言語の基となる思考は我々現代人と大きな差はなかったものと考えられる。勿論ベドウィンがラクダの名前を10種類以上持っているとか、英語では食肉とそうでない場合の動物の名称に違いがあるなど民族による言語差はあるが、これは言語としてみた場合、根本的な違いとはならない。

我々の人類の祖先とは違った系列に属するとされるネアンデルタール人も死者を葬る特別の様式を持っていたとされている。もしこの様な一定レベルに達した文化を持つ集団であれば、その文化を維持し、そして次の世代に伝えるためにその文化にふさわしい言語が確実に存在した筈である。はじめにも述べた様に言葉と共に人類は発生し、逆に人類の発生に言葉は二足歩行と同じく不可欠のものであったと考えられる。

言語の認知

language の基盤となるのは高次の脳活動であり、思考を基にして language が形成されると同様に、一方では language を基盤とした思考の形成があり、これらの相互作用によって言語が成立し、更にはこの言語によって高次の思想が形成されてゆくのである。

language と speech との違いについてみると、language は日本語では言語と訳されるが、いわば一定の思想を種々の媒体を介して表出するものと定義することができる。多くは音声を紹介するものであるが、他に body language, 手話による sign language, あるいは written language など音声を伴わないものもある。一方、speech は「話」であり、音声による表示という前提がある。しかし鳥のさえずりや動物の鳴き声も広義の speech に入れることができる。しかし今考えを進めているのはあくまでも一定の思想を表現する language についてであり、これがまさにヒトのヒトたるゆえんのものなのである。

ここで言語の理解のための中枢活動を考えてみると、Saussure³⁾の指摘を待つまでもなく、まず言葉の聴覚像が概念につながる。これは言語の特性であり、例えば「イス」という聴覚像はその個人がたくわえた辞書の中からその人にとって最も近い犬の概念、多くはイメージを伴った概念を惹起させる。ここで言語の理解に視覚野の参入が起こるのである。

さて言葉は音声信号の複合体であり、かつ時間的に連続性を持つ特徴がある。これは動物実験などで使われる純音、クリック音あるいはホワイトノイズとは全く次元の異なるものといえる。言葉の持つこの極めて複雑な周波数と時間の情報は、蝸牛や聴覚路である程度の処理を受けたのち、脳の一次聴覚野に至る。この音声信号の処理はこれをおこむ聴覚連合野に広がり、最終的な言語の認知に至るものと考えられる。このような処理が単なる音韻 (phoneme) の処理法とは大きく異なるであろうことは、言語の性質を考えてみた時、その特徴の一つである一定スピードを持つ情報が次々と聴覚中枢に投げ込まれてゆき、これを処理する上で反応の遅れが許されないという事実からも推測される。

言語は単語から成り立っているが、言語の理解のプロセスを考えた場合、まずそれぞれの単語の持つ意味を理解し、そしてそれぞれの意味を加算したあとで生じる一定の思想を認知するという過程が考えられる。しかし現

実は極めて短時間のうちにこれらを認知選別し、同時に次に来る情報に対処しなければならない。そのためには、入力された情報を即時的に処理してゆく、あるいは複数の場所で同時に処理する、などの効率のよい方式がとられているものと考えられる。これは従来の言語の一方方向の処理過程という考え、すなわち一次聴覚野→聴覚連合野→Wernicke 中枢、と順を追った言語処理方式というよりは、相互に連絡しあうことによって複数の情報の中から必要な情報を pick up し、最終的な意味の認知を行っているともた方がよい。脳の画像診断が威力を発揮するのはまさにこの分野の解析であり、今後の成果が期待される分野でもある。

そこで、これまでに得られた脳の機能画像による言語認知に関する知見をまとめてみたい。はじめに登場したのは脳血流の増加を指標にして脳の活動状態を検知する PET である。1988年、Petersen ら⁴⁾はこれを用いて、言語の聴覚および視覚刺激、単なる発語と連想による発語などの条件下に脳皮質の活動部位を調べ、聴覚刺激では左の側頭葉が、視覚刺激では両側の後頭葉の活動が起こり、また発語では口に相当する運動野といわれる Broca 野が、連想による発語では左前頭前野に著明な活動が起こることを確認した。そしてこれらの活動に際しては、異なる皮質の部位が同時に活動するという並列処理の概念を支持した。

その後幾つかの PET による報告が続いているが、近年、我々^{5,6)}は人工内耳装用患者の PET による観察で、言語習得期後の失聴者では言語聴取能の獲得と共に、一次聴覚野のみならず聴覚連合野の活動が著明になることを見出し、内耳の電気刺激という非生理的条件下でも、正常人と同様にこの部の活動が言語認知に必須であることを明らかにした(図1)。更に従来言語認知には左側頭葉の活動が重要であるとされてきたが、我々は一側耳ごとの個別刺激により、刺激耳とは対側の上側頭回の活動が言語刺激で有意に高まる事を見出し、まず両側の側頭葉で言語認知のための処理が行われ、これが最終的に有意半球である左側頭葉で認知される可能性を示した(図2)。

一方 MEG は脳の活動で励起される微弱な脳電流を脳磁気として検出し、脳内での活動部位の精密な同定と時間的解析に優れた方法である。これについては1987年 Kaukoranta ら⁷⁾が単音節の刺激で、100 msec の潜時でみられるいわゆる N100 m で語音に特有な反応波形が生

雑音刺激

右耳刺激

語音刺激

左耳刺激

図1 人工内耳装用者のPET像

言語習得後失聴者で右耳に人工内耳を入れている。血流増加部分をオレンジで示す。

a (上段)：雑音を入力すると主に反対側の一次聴覚野が賦活される(矢印)。

b (下段)：語音の入力で一次聴覚野(矢印)に加え聴覚連合野が活動する(矢尻)。

図2 一側耳刺激による脳の賦活化

正常人(各6名)の一側耳刺激で有意に血流が増加する領域を矢状面、冠状面、水平面に投影している。

a (上段)：右耳刺激では左側頭葉の血流増加が優位(矢尻)。

b (下段)：左耳刺激では右側頭葉の血流増加が優位(矢尻)。

SPM : statistical parametric map.

ることを報告した。また1994年, Salmelin ら⁸⁾は、視覚刺激としての絵の提示により、後頭葉の視覚野からはじまった脳活動が、順次側頭葉から前頭葉へ波及してゆくことを明らかにした。

一方我々⁹⁾は122チャンネル全頭型MEG装置を用い、雑音と語音とに対する側頭葉の反応をくらべた結果、雑音と語音とではその反応が大きく異なり、N100 m 以前に雑音に対して何らかのふい分けが中枢で行われ、これが語音弁別能の向上に役立っているものと考えた(図

3)。更に一側高度難聴例のMEGによる観察¹⁰⁾で、本来対側優位(短潜時)を示す母音「あ」に対するN100 m 潜時の差が、失聴期間が長くなると共に減少してゆく傾向を認め、一側耳からの入力消失により中枢での聴覚神経路の変化の可能性を示した(図4)。

さて言語の理解という点からみると、言語を受ける側の聴皮質がその言語認知のための神経回路を有していることが必須条件になる。そしてこの神経回路は、運動性

図3 音刺激中の頭部表面の等磁界線図 (contour map)

雑音刺激(上段)と語音 /ア/ による刺激(下段)中の左右頭部表面の等磁界線図と、これを惹起する電流双極子ベクトル(矢印)。

語音刺激の方がより大きな電流を側頭葉に引き起こしている。

言語野とも密接な連絡を持っていることが予想される。これは我々がまだしゃべった事のない言葉の理解は困難であること、全く発音のできない外国語の子音や中間母音の聴き取りは、たとえ音響学的な相異は理解できても、言葉としての違いを認知できないことからわかる。言語の入力があった場合、我々の脳は運動性言語野の構音のための神経回路も駆使しながらこれを弁別している可能性が考えられる。

この観点から我々¹¹⁾が以前に行ったX線映画の分析による構音結合の所見は示唆に富むものといえる。すなわち VCV 音節発語時の構音運動において、先行母音が後続母音に影響を与えるだけでなく、後続母音が子音を越えて先行母音の舌運動をも制御している事実である。これは言語の表出に際しては最も効率のよい構音軌跡がとられる事を示すものであるが、言語の聴取に際しても同様に構音軌跡を手掛かりに、例えば先行母音のフォルマントの移行部の段階で後続母音の種類を推定認知している可能性が考えられる。

さて reversed speech あるいは受け手の理解できない異言語を入力した場合、意味を持つ言葉と同じく聴覚連合野での処理は受けることになるが、意味の理解に至らない場合、言語認知の中核での処理は中止される可能性

がある。このような有意義言語とそうでない言語の中核における処理の違いを正確に分析してゆくことは、言語認知のための最重要部位を知る大きな手掛りになるものと考えられる。

聴覚と視覚

language にはヒトに特有の written language がある。しかしこれは言語の本来の姿ではない。言語とはあくまでも音声と聴覚とを介してやりとりされるものである。しかしこれが後に記録にとどめる必要が生じ、文字 (written language) が発生した。現代でも文字を持たない民族は稀ではないが、その民族の言語が劣っているとは決していえない。わが国でも六世紀の飛鳥朝に佛教と共に千字文がもたらされ、漢字という文字言語を獲得するまでは spoken language のみであった筈である。ただ現代人は文字言語とは不可分の状況にあるといえる。我々が視覚を介して文字言語の意味を理解する場合、同時にそれらは中核で聴覚言語に変換されて認知されるものと考えられる。また手話や盲人の点字などの言語でも文字言語と同様、最終的には中核において聴覚像を惹起し意味の認知に至るのであろう。

言語と思考との問題を考えてゆく場合、どうしてもこ

図4 一側高度難聴者の聴性誘発脳磁場 (N100 m) の大脳半球間の潜時差

上段：同側と対側の N100 m 潜時の差(縦軸)と失聴期間(横軸)との関係。

失聴期間と共に対側と同側の潜時差が減少して行く。

下段：短期失聴と長期失聴のそれぞれの代表例の N100 m 波形。

のような聴覚と視覚の相互作用を考えざるをえない。written language の目読に際して励起されるのは言葉の聴覚像であり、聴覚領の励起なしには文字言語の認知は困難である。平均的日本人が映画の日本語字幕にはついてゆけるが、英語その他の言語の字幕にはついてゆけないのは、視覚言語の辞書となるべき聴覚言語の語彙が少ない、いいかえれば聴皮質にこれら異言語に対応する神経回路の数が少ないことに起因するものと考えられる。一方我々が一定のテーマについての思考を進行させる場合でも、思考は通常言葉を土台として進行してゆくものであり、聴覚像を基にした中枢活動が主体をなすものと考えられる。

これとは逆に、聴覚言語を視覚言語に変換する作業も

中枢で行われている。特に象形文字に基づく written language を多用する中国、日本ではこの作業を無視することはできない。耳から入った熟語や人名を瞬間的に文字に直して理解することはしばしばあり、この変換を間違えると文意がとれなくなる。この際聴覚刺激が視覚言語を励起させ、これを介して、あるいは視覚と聴覚野を同時に使って意味の理解に至るものと思われる。

今後言語の認知機構の解明に際しては、既知の脳地図に基づく聴覚皮質の概念にとらわれることなく、広義の視覚皮質、更には視覚野と聴覚野をつなげて成立する記憶にかかわる皮質の活動などについても、細心の注意を払ってゆくことが必要であろう。

言語の表出

言語の表出という一見単純に見える作業においても、中枢における言語概念の形成、運動性言語の活動と同時に、表出された言語を聴取し、この妥当性をチェックしてゆく作業が不可欠である。この聴覚によるフィード・バックのシステムは、例えば聴覚が廃絶した人の会話の場合でも同様であり、この場合は喉頭からの feed back だけでなく、発語のための運動中枢、更にはこれで励起される聴覚中枢の活動などによって聴覚情報として逐一再生されているのであろう。いずれにしても言葉の認知とその形成との間には中枢での緊密な連絡がなければならず、かつ会話という一定の時間的な流れの中ではこれらが絶えず同時進行の形をとらなければならない。

このように言語の表出においても運動性言語野の活動だけでなく、中枢での運動野と感覚野の統合が必須であり、これを制御している、あるいはこれに関与している機構が真の言語中枢といえる。

おわりに

思想の媒体である言語が中枢でどのような認知の過程をとるかは、従来極めて大まかにしかわかっていなかった。これは言語がヒトに個有の高次の脳機能であり、動物での実験結果を演繹し難いこともあり、前述のように我々の知識は脳損傷や脳手術例などの特殊例に基づく類推の域にとどまっていた。

しかし、近年の脳機能の画像化の長足の進歩によって、聴皮質をはじめとする言語にかかわる脳活動の客観的表示が可能となり、これらと末梢の蝸牛レベルでの言語情報の処理法とを重ね合わせることで、言語認知機構の解

明が可能となってきた。脳画像という新しい武器によって、ヒトのゆえんである言語の研究が、大きな転回期を迎えようとしているのである。

21世紀は脳の時代であると共に情報の時代といわれる。そしてこれら両者に深くかかわっているのが言語の形成とその認知機構といえる。幸い我々耳鼻咽喉科医は聴器と発声構音器の両者を専門的にとり扱う立場にあり、この問題にアプローチする上で豊富な経験と観察対象とをもっている。この分野の研究はまだ緒についたばかりであり、今後しばらくは基礎的データの収拾に終始すると思われるが、やがてはこれらが臨床に還元され、たとえば感音性難聴者に特有の言語理解の乏しさの解明や、より効果的な補聴器や人工内耳システムの改良などへつながるものと思われる。耳鼻咽喉科学の将来の発展という観点からも、今後のこの分野への耳鼻科医の取り組みを期待したい。

参考文献

- 1) Penfield W: 脳と心の正体(塚田裕三, 山河 宏訳). 法政大学出版局. 1987.
- 2) Chomsky N: ことばと認識(井上和子, 神尾昭雄, 西山佑司訳). 大修館書店. 1984.
- 3) Saussure F: 一般言語学講義(小林英夫訳). 岩波書店. 1940.
- 4) Petersen SE, Fox PT, Posner MI, et al: Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single word processing. *Nature* **331**: 585~589, 1988.
- 5) Naito Y, Okazawa H, Honjo I, et al: Cortical activation with speech in cochlear implant users; a study with positron Emission Tomography. *Proceedings of Intn'l Conference on Spoken Language Processing* **94**: 2035~2038, 1994.
- 6) Naito Y, Okazawa H, Honjo I, et al: Cortical activation with sound stimulation in cochlear implant users demonstrated by Positron Emission Tomography. *Cognitive Brain Research* **2**: 207~214, 1995.
- 7) Kaukoranta E, Hari R, Lounasmaa OV: Responses of the human auditory cortex to vowel onset after fricative consonants. *Exp Brain Res* **69**: 19~23, 1987.
- 8) Salmelin R, Hari R, Lounasmaa OV, et al: Dynamics of brain activation during picture naming. *Nature* **368**: 463~465, 1994.
- 9) 藤木暢也, 平野 滋, 塩見洋作, 他: 複合音による聴性誘発脳磁図. 第3回 MI 研究会抄録集. 8頁, 1995.
- 10) 藤木暢也, 内藤 泰, 塩見洋作, 他: 一側高度難聴の聴性誘発脳磁図に及ぼす影響. 第40回日本聴覚医学会抄録集. 1995.
- 11) 一色信彦, 本庄 巖: 構音運動に関する研究. 第1報: 正常構音運動軌跡について. *耳鼻臨床* **60**: 1129~1136, 1967.

別刷請求先: 本庄 巖
〒606-01 京都市左京区聖護院川原町54
京都大学大学院医学研究科感覚運動系病態学講座
聴覚・言語病態学領域