日本人の脳機能のユニークさと文化

東京医科歯科大学 難治疾患研究所 角 田 忠 信

ひとの左脳は知的、言語的な情報処理を担当するが、右脳は非言語活動を担当している。日本人では母音の音韻構造が特殊であることから感情音や自然音が左脳に偏り、これによって左脳が情動に関与するようになる。西欧人や他のアジア人では情動は右脳が主役を演じている。日本人では母音や自然音に含まれる僅かのFM音に対して鋭敏に左脳で応じるが、他の国民は子音の音形に対応した形にのみ左脳で応じる。日本の文化の特徴は脳の働きからも説明できると結論した。

1. ま え が き

日本語と西欧語の持続母音の脳の認知様式には差があり、これが源点となって、われわれを包む多くの自然音の処理様式に日本人独特の反応のしかたがあるといったら異様な感じをもたれる方も多いに違いない。

いままでの脳研究は精神神経科学、脳外科、神経生理学の領域で行われてきたが、人間を研究する前二者では、感覚を使って研究する手段がとられていなかったし、後者では言葉を持たない動物実験から得られた知見を扱っていた。医学の領域では耳鼻咽喉科学が末梢の耳、鼻の治療、研究などに当たっていたが、担当する役割のうちに聴覚、嗅覚、味覚、音声言語、平衡感覚が含まれ脳機能と密接な関係を持つという特徴をもっている。感覚の研究が進んで、感覚を通して脳機能を研究する立場がとられると、いままでの研究手段では見ることのできなかった世界がみられるようになる。今回の記述のなかには読者の関心の深い視覚については実験的に日本人の特徴を捕えるまでには至っていないが、将来、視覚認知における日本人のユニークさが見出されるに違いない。

2. 左右の脳の働き

左右の脳の間に脳梁という大きな神経線維の束があって両者を連絡している。脳梁の働きはいままで不思議なほど知られていなかった。数年前の日本の医学書にも脳梁の働きについては、ほとんど記載されていなかった。

脳梁の下に松果体があり、かつてデカルトが精神の座

と推定していた器官でもある。松果体に腫瘍ができた場合には脳を上から割って、脳梁を左右に切断して腫瘍をとり出す手術は1930年代から盛んにやられてきた。手術のあとでも、はっきりした後遺症がないので、脳梁には特別な働きがないものとみなして安心して切断してきた。松果体の手術以外にも、たとえば、てんかん発作があって、右脳に発作を起す原因があった場合、放置すると左脳の方にも及んでくるので、左右の脳の神経の連絡を脳梁で切断することも行われた。切断しても、見かけ上は普通の人とまったく変わりがなかったために、長い間、分割症状というかくれた障害はきづかれなかった。

それが偶然のことから、脳梁が左右の脳の働きを統合

図1 分割脳患者の視覚の認知機構：左右の視野が視交叉で部分的に交叉を行い、それぞれ左右の視覚野に投射される経路を示す。

同じように聴覚は大部分その入力に際し交叉するが嗅覚は交叉しない (Sperry, 1970, 科学44: 5号 p. 270 より引用)

"The Uniqueness of Japanese Brain Function and Culture" by Tadanobu Tsunoda (Medical Research Institute, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo)

するのに非常に重要であることがわかってきた。かつてこの手術をうけて脳梁が切れ、左右の脳の働きが普通に近い人がいるので、これらのひとを研究対象としてアメリカでスペリー、ガザニガなどが、最近の10年間の間に精細な報告をしてきた。脳梁の研究については、それまでも動物実験は行われていたが、左の脳に言語機能が局在した人間の研究がはじめられてから左右の脳の働きの差が非常に鮮明になってきた。図1は視覚の実験の模写図を示す。

言語機能が左脳にある例では、正中方向を注視させておいて、右側の視野に画や図形、文字を瞬間露出器を使って見せると、患者は文字や物品の名前を流暢に読みあげ、右手を使って名称を書きとることもできる。しかし、左視野におかれた場合には、患者は音読することも、左手で名称を書くこともできないが、示された文字に対応する物品を左手で手探りで選び出すことは可能であった。

左半球には言語中枢があるために、文字を読んで理解し、書き、口答で正確に答えられるが、右半球では、ある程度の理解は可能であっても、言葉や文字を使って表現することはできない。脳梁の健全な人が左視野に示された文字を正確に読み上げられるのは、右脳に伝わった刺激が、脳梁を通して左の言語中枢に伝えられるからである。

文字の代りに情動刺激として左の視野にヌードを瞬間的に見せると、患者はクスクス笑うが、自分では何も見えず、何で笑ったのかわからないという。難しい算数の問題は左の脳では普通の人と同じ位に解けるが、右脳ではきわめて簡単なものしかできない。

このような左脳は知的でより分析的な仕事を分担するが、右脳は言葉を使わない知覚・理解・記憶にすぐれている。例えば、外形輪郭、触覚、空間的把握、顔識別のように、細かな分析よりは、大ざっぱに全体を把握する能力に特徴を発揮している。

左右の脳が機能的に分離した分割脳の患者が30年以上も症状が気づかれずにいたのは、日常生活では両方の脳を同時に働かせているために、例えば、左視野のもの

は眼球を動かして眺めることができたためである。脳梁が切断された患者でも、左右の脳の機能を分けて見つけることが容易でなかったのであるから、正常な人について左右の脳の働きを見つけ出すことは決して容易なことではない。

表1は西欧人を対象として得られた左右の脳の働きの比較を示している。

3. 聴覚の左右差

図2に脳と耳との関係を示した。この図は非常に簡略化しているが、左右の耳から外耳、中耳、内耳、蝸牛神経を経て延髄から脳幹に入り、オリブ核で左右の神経線維の大部分が交叉する。聴神経も運動神経や視神経のように対側支配が主で、右耳-左脳、左耳-右脳との結びつきが主になるが、一部は同側の脳に向う。右耳は左の言語半球（言語脳、優位半球）と対応しているが、右耳で聴いた場合にだけ言葉がわかって、左耳ではわからないということとはあり得ない。左耳からの言葉は右脳-脳梁を経て左脳の言語中枢に照合できるし、また同側の線維を経て言語脳に達している。このため聴覚を使って、言葉の機能の局在側を証明することは、視覚検査による以上に難しいことになる。

ひとつの解決法として、両方の耳から同時に違った言葉を与えておいて、両方のことばをできるだけ答えさせるという方法が最も普及している。

この方法はカナダのキムラが実用化した方法であるが、右耳-左脳（言語脳）と左耳-右脳（非言語脳）の結びつきを競争させて、どちらの耳（脳）が優位であるかを調べる。これを、dichotic listening test というが、日本では分離能テストと呼ばれている。この方法でことばの左右の耳の正答率を調べると、正常な人では言語半球がどちらにあるにせよ、言語半球と反対側の耳との結びつきの方が成績が良いことが知られている。したがって大部分の人では右耳が優勢となる。

図2 聴覚経路と言語中枢

表1 優位半球と劣位半球の機能差

優位（左）半球	劣位（右）半球
意識への連絡脳	左半球のような連絡脳はない
言語的	ほとんど非言語的で音楽的
観念構成的	絵画的および図形的感覚
分析的	合成的
時間連鎖的	全体論的
算術的および計算機類似的	幾何学および空間的

(J. C. Eccles「運動の制御と自由意志」『科学』p. 270, 図9, 1974, 岩波書店より引用)

同じ方式で非言語音である音楽のメロディーを使って調べると、この場合は言葉と逆に左耳-右脳の結びつきが優位になる人が多くなる。このように、われわれのもつ2つの脳は音楽に秀でた右脳と左の言語脳とに分けることができる。これからは、2つの脳を言語脳と音楽脳と呼ぶことにする。

4. 日本人の脳機能のユニークさと文化の特質

日本人や日本文化を特徴づけるものとして、自然性、情緒性、非論理性などがあげられる。一方、西欧人や西欧文化は論理性という言葉で表現されるように、自然と対決してものごとを知的優位に処理する志向がみられる。このような文化、国民性についての問題は、いままで主として人文系の人々によって提起され、研究されてきた。しかしながら、これに見合うような医学的なデータは提出されたことはなかった。

われわれは生れてから絶えずいろいろな音に包まれて生活している。言葉や自然音の混在したなかで、感覚器を通して自然を認知しているのであるが、最近、著者は日本人や日本文化の原点と考えられるような脳の認知の様式を日本人で見出すことができた。著者は電鍵打叩によるDAF（遅延聴覚フィードバック）効果を利用した検査法を開発した。検査法は図3に示す。

被検者の一定パターンの電鍵打叩によって発生された短音を、片耳に聴かせ、これに注意を集中させる。この状態はひとの言語活動で口腔、舌、口唇などの構音器

図3 電鍵打叩法による優位性テスト

電鍵打叩で発生された同期音をモニターしながら打叩を続ける。途中で反対耳から打叩を妨害する遅延音を出し、打叩の乱れたときの域値を求める。左の第1のテストでは、右耳の遅延音は左耳より20dB大きい。左右のチャンネルを入れ換えて第2のテストをすると、左耳からの遅延音を与えた場合には、右耳より40dB大きい。この2回のテストの差の20dBが優位差となる。

を動かして発声した音を耳でモニターすることのモデルに近いもので、口の動きを指先の細かなパターン運動に置換したことになる。この状態で、途中で反対耳から電鍵打叩を妨げる遅延音（0.2秒）を呈示する。電鍵打叩に同期してきかれる音に注目していると、遅延音は邪魔にならないが、十分に大きくすると正しい打叩ができなくなる。どちらの耳が妨害音に対して鋭敏であるかによって優位脳（耳）が決定される。

著者はこの方法を多数の日本人、西欧人に応用してその特性を比較し、その間にきわめて注目すべき差が存在することを明らかにした。

日本人は単純な「あー」と長く延した持続母音であっても、子音と同様に言語脳が優位であるのに対し、西欧人では子音を含み音節単位の音やこれに似た音は言語脳優位であるが、持続母音だけでは音楽脳が優位となる。日本人が母音を言語脳優位に処理しているのは、言語音としての自覚なしに、母音のもつ基本的な構造、すなわちホルマント構造に原因が求められる。

ホルマント構造は、日本語も西欧語も大差はないが、日本語では子音は必ず母音を伴うという特徴や、各母音が単独で意味をもち、さらに母音だけの組合せて豊富な有意語を作り得る言語音でもありうる。西欧人とは違った機構にしたものと考えられる。

さらに日本人と西欧人の脳の分担を比較すると、虫の音、鳥のさえずり、蛙、犬、猫、牛などの動物の鳴声、人間の感情音（ハミング、泣声、笑い声、うめき、嘆声）などは、日本人ではすべて言語脳優位となるが、西欧人ではこれらの音はすべて音楽脳優位となる。これらの特徴は図4のように表わされる。

西欧人では言語脳優位の音は言語音に限られ、計算とともに知的な働きを分担し、音楽脳では、自然界の音、人間の感情音、雑音、機械音を分担する。ところが日本人では、言語脳に知的な働きに加えて、感性的な音、動物の鳴声、さらに最近の実験によって波の音、風の音、雨、小川のせせらぎなどの音などが優位に処理されるのである。

図4 日本人と西欧人の言語音、自然音、楽器音の脳優位性パターンの比較

る。

この形は、日本文化の特徴、すなわち自然性、情緒性、非論理性と暗合する。このような日本人にみられる特徴は遺伝因子と環境因子の何れによるものであろうか。北米、南米生れの日系 2, 3 世について調べると、10 才までの言語環境によって左右されることがわかってきた。

西欧人以外のアジア人にもテストを行ったが、日本人のような型は見出すことができなかった。世界の言語は子音、持続母音が言語脳優位な単脳言語（日本語）と子音は言語脳、持続母音は音楽脳優位である複脳言語（西欧語）とに大別することができる。ポリネシア語は母音の音韻構造が日本語に酷似しているといわれているが、最近、著者は東サモア、トンガ、ニュージーランド、ラロトンガの現地人について検査を行い、ポリネシア語で生育したひとでは日本語型の優位性パターンをもつことと、ニュージーランド北島の都市周辺で育って英語を母国語としたひとでは西欧語型を示すことを発見した。

西欧文化圏、日本以外のアジア諸国（朝鮮、中国、ベトナム、タイ、カンボジア、バングラディシュ等）の人人と日本人の間にみられる自然音、言語音の認知機構の差は、聴覚を通じての自然との関わり方の相違を意味し、これが自然音の聴き方、感じ方のちがいとなり、ひいては両者の精神構造を特徴づける原点となっているのではなかろうか。そして、これが幼児の言語環境によって決定されるとすれば、日本人の「こころ」の特徴は日本語がつづく限り持続し続けるものと考えられる。

5. 脳内スイッチ機構

—子音型と母音型の作動範囲—

母音の認識は、母音のもつスペクトルのやまに当るホルマントの振動数に基づくことが知られているが、人工母音をつかってその第 2 ホルマントの始まりの振動数が変化するとき p, t, k のように聴えてくることが知られている。図 5 はハスキンス研究所で行った成績の模写図である。平坦な第 1 ホルマント 480 Hz と、いろいろな第 2 ホルマントを組合せて第 2 ホルマントの音節の始まりの変移部 (transition) で上向きの FM, 下向きの FM が加えられたときにいずれも t という子音に聴える。このように破裂子音の特徴は、平坦な F_1 と FM を含む F_2 によって代表される。

角田はいろいろな周波数比からなるバンドノイズの組合せ音を作って日本人に応用した結果、2 つ以上の構成音の周波数比が倍音関係にあるもの、および奇数倍音にあるものでは音楽脳が優位となるが、非倍音関係にある組合せ音では言語脳優位となる知見を得ている。すなわち、日本人の脳は harmonic brain (音楽脳) と inhar-

図 5 t という破裂子音に聴こえる第 1, 第 2 ホルマントの位置と、第 2 ホルマントの FM 部

monic brain (言語脳) とに分けられるが、これは言語脳優位の母音のホルマントの周波数比は inharmonic であることと対応している。これによって上述の特徴が説明される。

著者はこのような知見に加えて、第 2 ホルマントの FM 成分の大きさ (%) が優位性にどのような影響を与えるかを知る目的で次のような実験を行った。

5.1 実験の概要

周波数変調のない平坦なバンドノイズ F_1 と、 F_1 の 2 倍の中心周波数をもつ周波数変調音 F_2 を組合せて、2 つのホルマント様のスペクトルをもった複合音を作った。このうち、 F_1 のバンドノイズは共通にして、 F_2 の FM 音の変調度をいろいろに変えた音を作製し、FM の変調度と優位性との関係を調べた。検査音の持続時間は 50 ms とした。試験音の構成と組合せを図 6 と表 2 に示す。

図 6 試験音の構成

表 2 試験音の組合せ

	F ₁	F ₂
1	中心 900Hz 帯域幅 100Hz の狭帯域雑音	1800Hz 純音
2	中心 907Hz のバンドノイズ $\left(\frac{1827+1803}{2} \div 907\right)$	1803~1827Hz 間で 1.25% 上向, 下向 FM ワーブル音
3	中心 912Hz のバンドノイズ	1803~1845Hz 2.5% FM 音
4	" 922 "	1800~1890Hz 5% "
5	" 945 "	1800~1980Hz 10% "
6	" 990 "	1800~2163Hz 20% "
7	" 1080 "	1801~2522Hz 40% "

以上, 7 種の組合せ音は純音・FM 音とバンドノイズの組合せであるから, 音の印象は異様に断続する雑音に聴えて, 言語音という特性はまったくない。

5.2 実験の結果

(a) 日本人の成績 (図 7(a))

FM 変調度が 0%, 1.25% では音楽脳優位であるが, 変調度が 2.5% を越えと言語脳優位となり, 5%, 10% では更にこの傾向が明瞭になってくる。

(b) 西欧人および日系 2 世の成績 (図 7(b))

FM 変調度が 5% 以下では音楽脳優位であるが, 10% を越えと言語脳優位になり, 20% を越えとこの傾向が著明になってくる。

(c) 韓国語を母国語とする人の成績 (図 7(c))

韓国生れの 4 名の成績は FM 変調度が 40% に近くはと言語脳優位になる。検査対象が少ないから結論的なことはいえないが, 西欧人と同様の傾向を示しており, 西欧人以上に言語脳優位となる傾向は少ないようである。

5.3 自動スイッチ機構の作動範囲について

日本人では, 西欧人, 日系 2 世, 韓国人に比べて 2.5%, 5% という僅かの FM 音に対して言語脳優位となっているのが著しい特徴であるが, これはひとの言語音や環境音のどのような性質を反映しているのであろうか。

日本人だけが多くの環境音, 邦楽器音, さらに西洋楽器音であってもフラッター化させて FM 音にすると言語脳優位となることが著者の別の実験によって知られている。われわれが真直に発声した持続母音であっても正常の人では 6% 以下の FM 音が含まれていることが知られている。

人の声を合成しようと思って, 目的とする母音に含まれる周波数成分を組合せてみると, だいたい似た声にはなるが, いかに金属的な声になって不自然に聴えるという。この場合, 声楽のビブラートのように, 周波数が

(a) 日本人

(b) 西洋人および日系二世

(c) 韓国人一世

図 7 FM 音とバンドノイズ組合せ音の優位性

変動する FM の形にすると, 明瞭度には関係はないが, 自然性が得られて, 人声という印象に近いものになってくる。この場合の変調度は 5% 以内のもので自然母音に含まれるピッチのゆらぎに近い。

日本人が 2.5% という僅かの FM 音に含まれた複合音を鋭敏に言語脳優位とするのは、母音に含まれる僅かの FM 音に対応しているに違いない。日本語の母音の有意性という特徴が言語脳優位となる最も有力な原因と考えられるが、脳幹にある自動選別機構は、母音のもつ特徴（2つ以上のホルマント構造をもち、その周波数比が倍音関係にないこと、および構成音の1つ以上が FM 音であること）を捕えてこれを言語脳へ振り分ける。

実験的に日本人だけが言語脳優位となる、人声、虫の音、動物の鳴声、邦楽器音も母音の持つスペクトルの特徴を備えているはずである。西洋楽器のフルートやリコーダは普通は非言語音として扱われるが、フラッター奏法として FM 化することによって日本人では言語脳優位となることからみても、西洋楽器音にくらべて複雑な音色をもつ邦楽器音にも FM 音が含まれていることが予測される。

日本を代表する作曲家として著明な武満徹氏は“洋楽の音は水平に歩行する。だが、尺八の音は垂直に樹のように起る”と日本楽器の特徴を捕えているが、尺八に限らず、その他のすべての邦楽器音でも日本人のスイッチにひっかかるような FM 音という特徴をもっているはずである。安藤由典氏の三味線の音の分析によると FM 音が含まれていることがわかるが、将来、自然界に存在するいろいろな音に含まれているであろう FM 音を実測してみたいものである。

西欧語と韓国語を母国語とする人では、日本人と違って人声や環境音に含まれる僅かの FM 音や倍音関係にない複合音に対しては言語脳では応じない。これらの言語の母音が日本語やポリネシア語のような豊富な有意性を持っていないことから、持続母音は非言語音として扱われることを対応している。10% 以上の FM 音が含まれるようになって言語脳優位となる傾向があるが、これは破裂子音で代表される子音の特徴を反映していると考えられる。すなわち日本人の持つ自動スイッチ機構は日本語の母音のもつ特徴を含む広い作動範囲を持つが、西欧語、韓国語では子音のもつ特徴に応じて言語脳に振り分ける働きを持つことになる。

このスイッチ機構はそれぞれの母国語の特徴を反映させた作動範囲を持つはずであるから、将来、日本語以外の言語間にもいろいろな細かな差が見出される可能性がきわめて大きい。

図8は脳の音の受容域とスイッチ機構を概念的に示したものであるが、検査音のスペクトルに応じて左右の脳に振り分けるスイッチ機構は大腦の手前の脳幹に存在すると想定される。動物を対象とした電気生理学的手法によって FM 音のみに応ずる単一神経細胞が、聴神経を

図8 脳の音受容とスイッチ機構

聴く、読む、話す、書く、などの言語が働くとき、図右のように皮質からスイッチに指令が伝わり、スイッチは言語脳にひらく。

上に辿るにつれて増し、下丘で最大に達するといわれるが、ここが複合音の特徴抽出に重要な部分と考えられる。下丘はまた左右から入った聴神経が最後に交叉する場所でもあるから、私のいうスイッチ機構というものがあるとすれば、この部分を含む脳幹にあると考えられる。

このスイッチは、ひとが入ってきた情報を言語音と感じようが感じまいが、そのスペクトルから自動的に左右に振り分けるところであろう。別に、言語的な情報に応じる高位の系は左の言語脳にあって、話を聴く、本を読む、話す、書く、構音運動をするなどのときには下位の自動スイッチを言語脳に向ける働きをしているのではないかと想像している。

以上の考え方は、私の人間についての実験結果から、その存在を想定しているもので、生理解剖学的にその所在が証明されたわけではない。今後の重要な研究課題となるであろう。

6. む す び

日本語を母国語とすることによっておこる聴覚の認知機構の特徴を説明したが、このように後天的に決定された左右の脳機能の分担のなかで最も著しいのは、情動に関与する脳の違いということである。

日本人では左の言語脳、西欧人や他のアジア人では右の音楽脳が情動機能に主役を占める。この差が日本文化や日本人のこころのユニークさの原点になっているといえよう。著者は嗅覚の中枢機構においてもこの見解に適した差を見出したが視覚についても著しい差のあることを証明するべく準備を進めている。（昭和52年11月30日受付）

〔参 考 文 献〕

- 1) 小倉 朗：日本の耳，岩波新書（1977）
- 2) 高木貞敬：記憶のメカニズム，岩波新書（1976）
- 3) 角田忠信：日本人の脳，大修館（1978）