

反応時間による脳の分割と laterality

柏 原 恵 龍

1 序

人間よりも下等な動物の脳半球が機能的に左右対称であるのに対して、人間の脳半球は laterality, あるいは左右非対称性を示している。その生起因に関しては思弁の域を越えてはいけなくとも、言語において特に顕著である。左右非対称性は解剖学的にもいえ、Geschwind & Levitsky (1968) によると、100 人の剖検の結果、左の planum temporale (Heschl's gyrus の後部) が大きい人は 65 % であったのに対して、右のそれが大きい人はわずかに 11 % であった。この領域は言語野にあたり、その重要さは失語症の剖検や皮質刺激によっても明らかにされている。

機能の laterality は脳損傷患者などによって明らかにされてきた。Morgan (1965) は左半球

Table 1. 各半球症状の比較 (大橋博司, 1967)

	左 半 球 症 状	両 側 症 状	右 半 球 症 状
言 語	失 語 失 読 失 書		失 書 (準 空 間 的)
計 算	失 算		失算 (準空間的)
行 為	観念運動失行 観 念 失 行 構 成 失 行	構成失行 (視覚失調)	視 覚 構 成 失 行 着 衣 失 行
身体認知	手 指 失 認 左 右 障 害	身体部位失認	半 側 身 体 失 認
聴覚認知	聴 覚 失 認		
視 覚 失 認	対 象 失 認 純 粋 失 読 色 彩 失 認 同 時 失 認 (物 体 失 認)	物体失認 相貌失認	(相貌失認)
	視 空 間 失 認 (地誌的失見当) (地誌的記憶障害)	Balint 症状	空間知覚障害(「時間知覚」障害) 半側空間失認 地誌的失見当 地誌記憶障害
		Anton 症状	

損傷によって失語症が生じやすいこと、右半球損傷では構成課題などで成績が落ちることから、片方が言語的活動で優位であり、他方が非言語的知的機能で優位であるといっている。大橋(1967)は失語・失認・失行患者200人をもとに、行為と認知の半球優位性を図式的にTable 1のように表わしている。より直接的に右と左の半球の機能を問題にした人にGeschwind及びGazzaniga & Sperryがいる。Geschwind & Kaplan(1962)は神経膠腫の治療のため、膨大部を残した脳梁の前半と左前頭葉の吸引を受けた患者を対象にし、Gazzaniga, et al.(1965, 1967)は半球間を切断されたテンカン患者を対象にして研究している。このテンカン患者は極めて重症であったが、もし焦点のある半球から他方の半球へ発作が移行しなければ、発作はおこっても他方の半球によって意識状態が保たれるのではないかという仮説にもとづいて、脳梁、(corpus callosum), 前交連(anterior commissure), 後交連(posterior commissure)などを切断された患者であった。切断の結果、各半球は驚ろくほど独立性をもっていること、また今まで問題にされていなかった右半球の言語能力など新しい知見を与えてくれた。しかしこれらの被験者は長年障害と戦ってきた重症の患者であって、正常者での機能状態とは幾分異なっていることが考えられる。Lashleyは、人間の脳には人の顔程個人差があるといっており(Morgan 1965), 母集団の大きな正常者での研究が期待される。

正常者でのlateralityの研究は、視覚では認知閾による研究(Bryden, 1964; White 1969; etc.), 聴覚ではdichotic listeningによる研究(Kimura, 1964; Satz, 1968; etc.), 脳波による研究(Eason, et al. 1967; Buchsbaum, 1969; etc.) 反応時間による研究(Poffenberger, 1912; 柏原, 1973; etc.) 眼球運動による研究(Day, 1964; Bakan, 1969; etc.) などがある。だが途について間がなく、みるべき成果をあげているとはいいいがたい。本稿では反応時間による実験を三人の被験者を対象にして通覧した。

論文は三つの部分から成り立っている。まず第一に右あるいは左側への皮膚感覚刺激、聴覚刺激、視覚刺激に対する右手あるいは左手による反応から、半球を分割しようとした。第二に人間における主要で特徴的な反応手段である言語表出機能のlateralityを検討し、最後に左右の半球における単語認知能力をみようとした。

2 反応時間による脳の分割

問題

半球の機能的な相異を比較するためには、左右の半球を分割しなければならない。脳梁などで結合されている正常者の半球を実験操作によって分割することの可能性は、感覚野と運動野が各々の半球にあることによって示唆される。感覚野と運動野の組み合わせをFig. 1に示した。Jeeves & Dixonは、脳の後部にある二つの丸印を視覚野として図示したのであるけれども、ここでは体性感覚野、聴覚野も含めた感覚野とみなすことにする。四種類の組み合わせのうち2と3

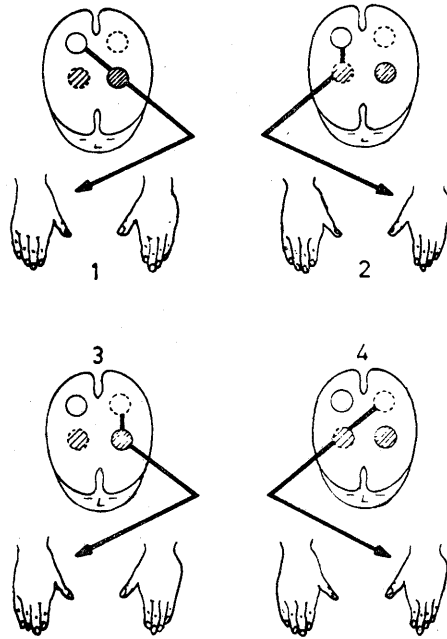


Fig. 1. Combinations of sensory area and motor area. (from Jeeves & Dixon, 1970)

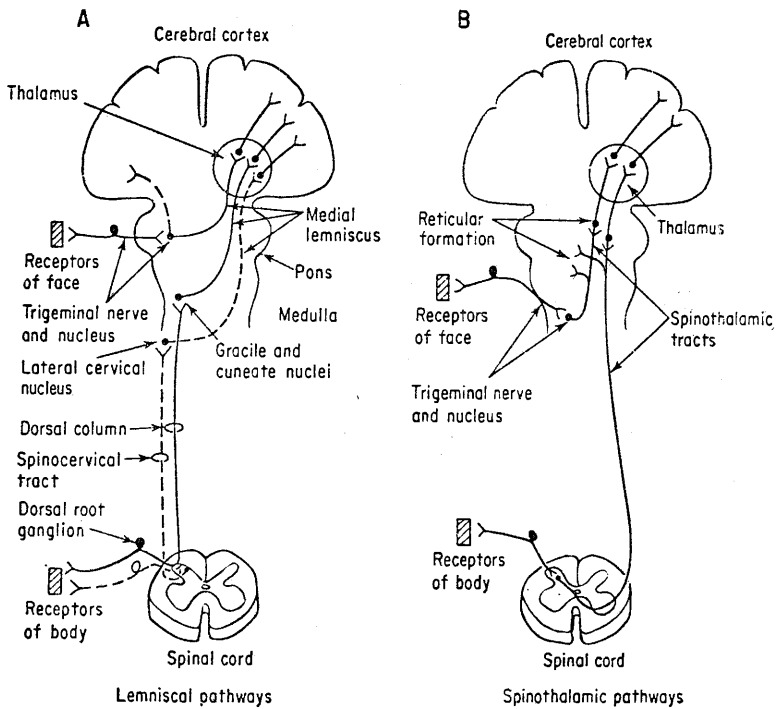


Fig. 2. The lemniscal and spinothalamic pathways. (From Thompson, 1967)

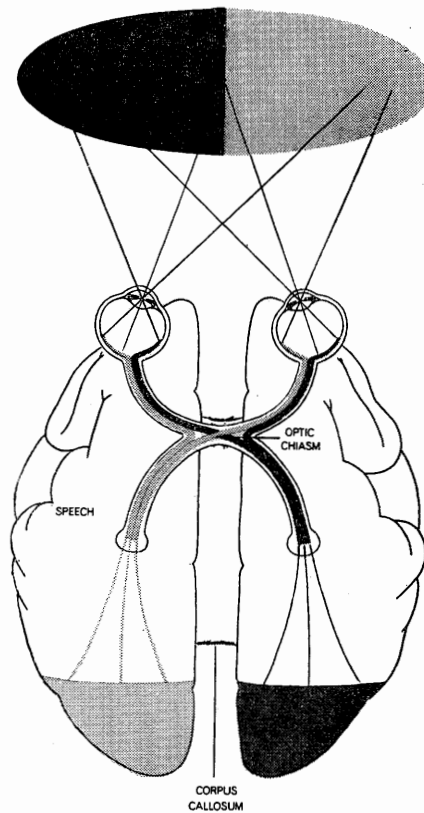


Fig. 3. The relation of visual fields and cerebral hemispheres. (Modified from Gazzania, 1967)

は片半球でことたりるのに対し、1と4は両側の半球を必要とする。情報は神経を伝わり、それには時間がかかると考えられるけれども、もしそうであったら2及び3での情報処理は1及び4での情報処理よりも速いはずであり、その差は情報が半球を横断するのに必要な時間であると考えることができる。ここでは半球の機能的な差異にできるだけ抵触しない単純刺激を使い、この半球移行に要する時間が測定できるものなのか否か、また測定できるとしたらそのベース・タイムはどの程度のものなのかをみようとした。

感覚野・運動野は Fig. 1 のように左右の半球にあるとしても、その特定の感覚野へ限局して刺激を投射し、また特定の半球による反応が引き出されねばならない。反応の側からみてゆくと、解剖学的には垂体外路 (extrapyramidal pathways) の一部に同側 (ipsilateral) 支配神経路があるけれども、垂体路 (pyramidal pathways) はほとんどが左右交叉している (Grossman, 1967)。機能的にみた場合、Gazzaniga, et al. (1967) による半球分離患者では半球の同側の手支配がある程度可能であった。しかしこれは体幹を伴った場合であり、体幹や腕の動きを抑制すると極めて困難になった。これらのことから、反応時間のように速さを問題にする場合には特にそうで

あるけれども、右手を左半球、左手を右半球による反応とみなすことができる。

次に刺激の側をみてみよう。皮膚感覚神経路は Fig. 2 のようになっている。顔面を除く求心神経路の内、主要なものである毛帯路 (lemniscal pathways) や背髄視床路 (spinothalamic pathways) は左右交叉して反対側の半球へ投射される。Gazzaniga, et al. (1965) はこれを利用し、右半球へ刺激を投射するために左手へ刺激を呈示している。次に聴覚であるが、聴覚神経路は Fig. 4 のように両側性の投射である。従って片方の半球へ限局して刺激を投射する方法はない。ではあるのだが White (1969) は Kimura 達による脳損傷患者での結果から、聴覚器管と半球を結ぶ神経路のうち交叉路は同側路よりも優位であるといっており、dichotic listening による多くの研究 (Kimura, 1964; Satz, 1968; etc.) もこれを支持している⁽¹⁾。視覚神経も聴覚同様に両側性の投射である。だが網膜部位と半球との対応関係は整然としており、Fig. 3 のように右視野 (注視点の右) に呈示された刺激は左眼の外側 (temporal) 神経路と右眼の内側 (nasal) 神経路を通して右半球へ投射され、左視野の場合はその逆になっている。

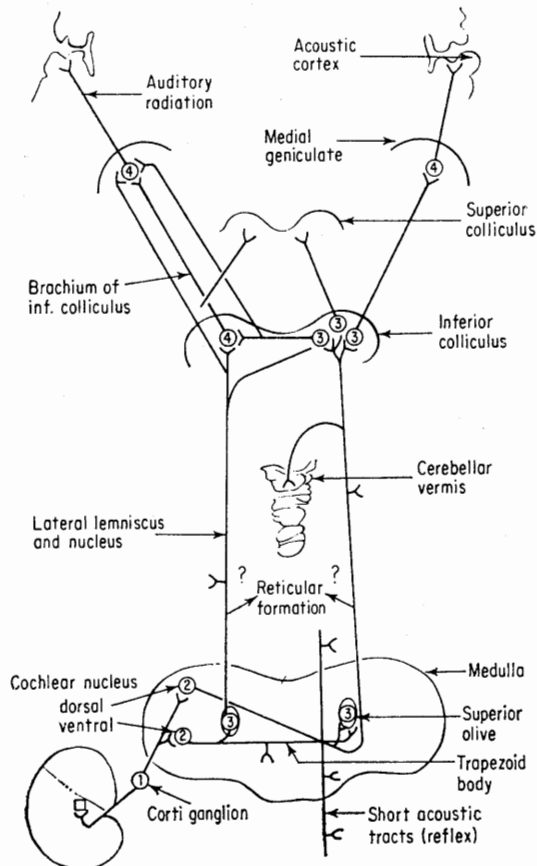


Fig. 4. Auditory pathways. (From Davis, 1951)

(1) 以下聴覚の場合も優位性の観点から、皮膚感覚及び視覚同様に Fig. 1 のシエマでとりあつかう。

刺激と半球は左右交叉しており、また半球と反応の関係も左右交叉していることがわかった。この関係を視覚を例にとって図示したのが Fig. 5 である。つまり刺激と反応が同側であれば Fig. 1 の 2 と 3 にあたり片方の半球で処理されるけれども、反対側であれば 1 と 4 にあたり情

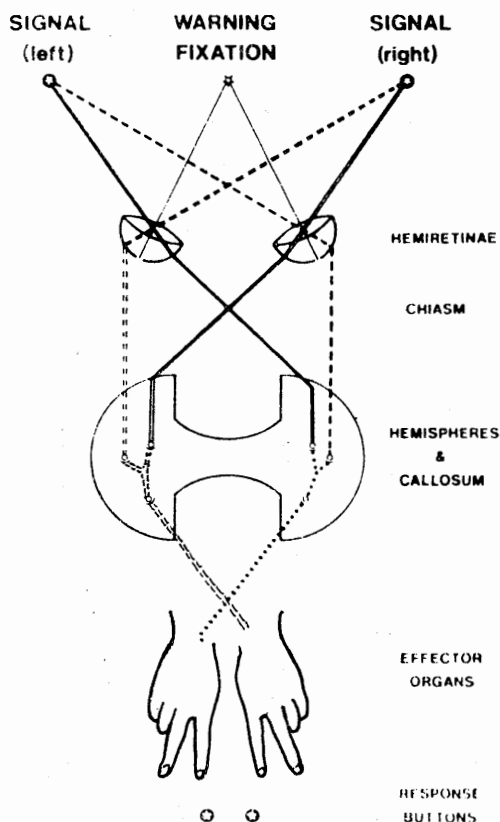


Fig 5. The relation of stimulus and response. (Bradshaw & Perriment, 1970)

報は半球間を横断しなければならない。半球移行時間の測定には、Fig. 1 の 1 と 3, 2 と 4, 1 と 2, 4 と 3 のいずれか一つの組み合わせでことたりるように思えるけれども、半球優位性、あるいは利手や利目などの要因の介入が考えられるために、ここではすべての組み合わせで行なわれた。

方法

＜被験者＞大学生及び院生 3 名 (S_1 S_2 S_3)。すべて右手利であったが、 S_1 は左眼優位であり、兄弟中に左手利がいた。以下本稿での実験はすべてこの三人の被験者を対象に行なわれた。＜実験条件＞皮膚感覚及び視覚での実験は暗室で、聴覚での実験は防音・暗室中で行なわれた。＜刺激＞皮膚刺激：右あるいは左手の第二指の指尖へ、45 V で 50 msec の持続時間をもつパルスが、脳波用の円盤電極によって、電子管刺激装置（日本光電製）よりアイソレーターを通して加えら

れた。予備刺激は被験者の直前 1 m の位置より呈示される音刺激であり、皮膚刺激に 1.5 秒先行した。刺激強度は皮膚抵抗値によって左右されるので、左右の指の抵抗値はあらかじめそろえておかれたけれども、GSR 成分による変動はみられた。聴覚刺激：audiometer（リオン製）により、1000 c/s、100 db の純音が 50 msec 間レシーバーを通して呈示された。予備刺激はクリック音であり前方 1 m の位置から刺激に 1.5 秒先行して呈示された。聴覚刺激の立ち上りはクリック音防止のためにならせてあったので、持続時間との関係から 刺激強度は 100 db もなく、中程度の強さの音であった。レシーバーの左右は実験途中で変えられ、左右がカウンターバランスされた。視覚刺激：予備刺激を兼ねた注視点を凝視させておき、予備刺激の点滅後 1 秒して、右あるいは左の視野で、視角 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ になる前方 30 cm の位置へネオン管により 50 msec 間呈示された。刺激呈示箱の左眼と右眼の視野は完全に分離されていて、各々の眼の視野に注視点があり、その左右にネオン管があって、各々の眼の同側視野のネオン管が同時に点滅したが、両眼の視野はプリズムで完全に輻輳されており、注視点及び右か左の光刺激は一つにみえた。刺激の左右は実験途中でかえられ、左右がカウンターバランスされた。〈反応〉右あるいは左手の第一指によるテレグラフ・キー押し反応であった。反応に体幹が伴なわぬように、キーは被験者の前方 40 cm の位置におかれた。〈系列〉各系列は右あるいは左側へランダムに呈示される 20 試行から成っており、右手、左手、言語(後述)の順に、皮膚感覚では 9 回、聴覚と視覚では 10 回繰り返され、各々は 3 日間、合計 9 日に分けて行なわれた。〈反応時間〉1/1000 秒まで測定可能な digital counter で測定された。

結果

Table 2. 感覚刺激への運動反応時間 (msec)

被験者 様相 反応 刺激		S ₁		S ₂		S ₃	
		右	左	右	左	右	左
皮膚感覚	右	160 (8.3)	167 (13.0)	152 (5.2)	159 (7.5)	173 (14.5)	179 (15.7)
	左	165 (12.6)	153 (12.5)	153 (7.9)	147 (8.3)	182 (16.8)	165 (16.9)
聴覚	右	167 (10.7)	165 (10.8)	148 (16.5)	156 (12.5)	159 (8.3)	160 (9.8)
	左	163 (9.5)	158 (11.2)	152 (14.5)	152 (14.0)	163 (15.5)	167 (9.5)
視覚	右	193 (11.3)	193 (10.0)	189 (10.0)	201 (15.6)	193 (15.3)	193 (24.3)
	左	190 (9.6)	186 (13.6)	192 (12.8)	200 (17.5)	195 (13.5)	189 (18.3)

Table 2 に被験者毎の平均反応時間と標準偏差が、様相及び刺激と反応の左右に分けて示してある。この数値は 10 試行毎の平均値における平均と、その標準偏差である。Fig. 6 は長路 (long pathway) となる Fig. 1 の 1 と 4 の平均反応時間から、短路 (short pathway) となる 2 と 3 の平均反応時間を引いた差を被験者毎に示してあり、数値が大きい程長路よりも短路での反応が速いことを示している。S₁ と S₃ の聴覚以外ではすべて短路での反応が速かったけれども、

10試行毎の平均値のU検定で有意差のみられたのは皮膚感覚の場合のみであった ($S_1, S_2 - P < 0.002, S_3 - P < 0.001$)。右手と左手に分けて長路と短路の差を示したのが Fig. 7 であり、右手でプラス、左手でマイナスになれば長路よりも短路の反応時間が速いことを意味する。

考察

Fig. 6 をみると、 S_1, S_3 の聴覚では聴覚器官と手が同側の場合よりも、反対側での反応の方が速かった。これには統

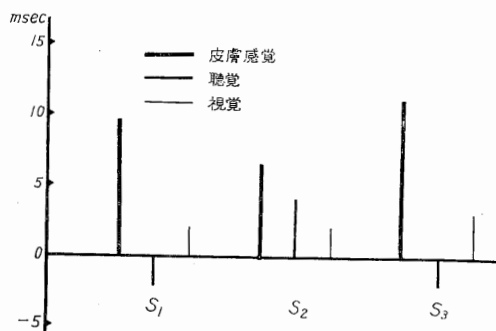


Fig. 6. 長路と短路の差。プラスは短路の反応時間が長路よりも速いことを示している。(聴覚は両側性投射だが、優位性の観点から皮膚感覚及び視覚と同様に扱った)

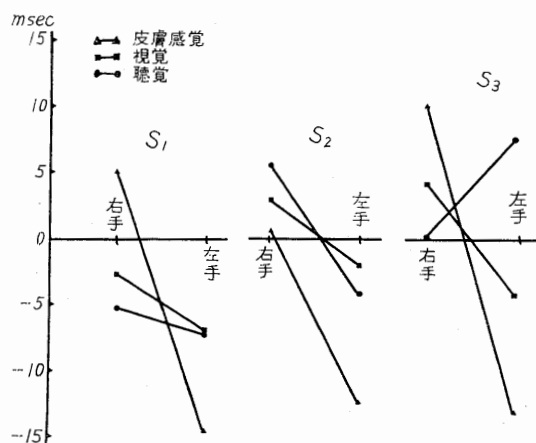


Fig. 7. 右手及び左手による反応での反応時間における長路と短路の差。右手でプラス左手でマイナスになれば長路よりも 短路の反応時間が速いことになる (聴覚に関しては Fig. 6. と同様に扱ってある)。

計的な有意差はなかったけれども、Kimura 達のいう反対側聴覚路優位とは矛盾するものであった。dichotic listening の場合には、左右の耳へ異なった刺激が同時に呈示されるために、刺激は互に競合し合い、認知閾が高まることによって微妙な左右非対称性が現われてくることが考えられる。だが刺激強度が充分強く、競合する刺激のないこのような事態では両側性投射の特徴がそのまま現われ、しかも距離的には同側半球への投射路の方が近いことなどから、左右差がいまいになってきたと考えられる。

片半球へ限局して刺激を呈示できる皮膚感覚、視覚では Fig. 6 のように長路

よりも短路での反応時間が速かった。これは反応時間による脳分割の可能性を示すものといえよう。つまり単純刺激への反応においては、半球の非対称性、あるいは感覚系や運動系での非対称性の要因は、半球移行路の要因よりも反応時間へ与へる影響が小さいことを意味している。しかし Fig. 7 の S_1 における右手反応では短路よりも長路での反応の方が速かった。これは感覚系における左右非対称性の要因の大きさ (両眼視状況で刺激は呈示されたが、視神経は交叉路の方が同側路よりも優位であるといわれているので、左右非対称性は介入し得る。), あるいは単純視

覚刺激に対しても半球の非対称性が現われることを意味している。感覚系の非対称性が問題になるとしたら、反応時間による脳分割に疑問が生じてくる。しかしこの場合にも右下りであったことから、右半球の表出手段としては右手よりも左手の方が、左半球の表出手段としては左手よりも右手の方がよいということはいえる。従って運動反応によって機能の laterality を検討するには、片手のみによる反応では不十分であり、両手が使われねばならない。

皮膚感覚では統計的に有意な差がみられたけれども、視覚ではみられなかった。この点に関してまず考えられることは、皮膚感覚の場合電極の位置が固定しており、刺激の投射される半球は保障されているけれども、視覚の場合には注視の失敗があればその刺激半球の布置がこわれることが考えられる。Filbey & Gazzaniga (1970) が視角 1° の位置へ刺激を呈示して期待される結果を得ていることからすると、 $5^\circ \sim 7^\circ$ の位置へ呈示されたこの実験の場合では、注視の失敗によって意図したとは逆の半球へ刺激が投射されることはまずなかったと考えてよからう。しかし Poffenberger (1912) によると、刺激の投射される網膜の部位が中心から左右にずれるに従って、その刺激への反応時間が遅くなっている。このような実験事態においては、 $5^\circ \sim 7^\circ$ が完全に保障されていたとはいえない。弁別の必要な Filbey & Gazzaniga (1970) と異なり、このような簡単反応事態においては注視の誤差がそのまま出現し、分散が大きくなり結果があいまいになったということも考えられる。次に視覚においては刺激の呈示されたとは逆の半球においても付随的な目の調節による自己受容機構による手係りがあり、それによって反応が生起される cross-cuing strategy も考えられる。確かに刺激呈示時間は 50msec であり、眼球運動の潜時以下におさえられていたけれども、単純刺激への単純反応事態であり、しかもすでに数百試行も反応を繰り返していることから、きわめてわずかな手係りが反応を生起させうることが考えられる。次にこれと多少関連するが、皮膚感覚の場合には感覚野と運動野が極めて近接しているのに対して、視覚野は後部にあるために運動野からある程度離れている。近接していれば反応時間は短縮され、従って半球移行路は相対的にみてクローズアップされることになる。最後に視覚の場合は常に左右の半球が統合される必要があるのに対して、皮膚感覚の場合にはその必要性は比較的少ない。このことから脳梁神経繊維に、視覚と皮膚感覚では質的、あるいは量的なちがいがあるということも考えられる。

3. 言語表出機能の laterality

問題

人間における外界への特徴的な応答手段として言語反応があげられる。言語表出に關与する声帯、口唇、舌などは両側 (bilateral) 器官であり、体の片側のみでなく、両側にまたがっている。これらは片側だけ使われるのではなくて両方同時に使われるのであるけれどもこの場合脳の両側が使われるのか、あるいは片方の半球だけが統合的な役割をもつかということが問題になる。

言語表出に関してはブローカー以来左半球と運動性の言語野の関係が論じられている。Gazzaniga & Sperry (1967) は脳梁切断患者の左右の半球へ刺激を呈示して、それへの言語応答を求めたが、その結果左半球へ投射された刺激に対しては全く何の困難もなしに読みや命名ができたけれども、右半球へ投射された刺激に対しては全く不可能であった。これは触覚刺激にもあてはまり、視野外にある右手に呈示されたスプーンとか鉛筆などの触認知による命名は簡単になされたが、左手の場合にはできなかった。Gazzaniga (1967) は heart という文字を e と a の間に注視点がくるように瞬間露出したところ、被験者は art とのみ答えた。つまり右視野にあり、左半球へ投射される art にのみ反応がなされたわけだが左手で選択させると he の方を選んだことから、これは右半球における文字認知の不能を示すものではなかった。Gazzaniga & Sperry (1967) は単語レベルの理解力は右半球にもあるけれども、言葉による表出はほとんど左半球のみで構成されるらしいといっている。

もし言語表出機能が左半球に lateralize しているとしたら、右視野あるいは右手へ呈示した刺激は、左視野あるいは左手へ呈示した刺激へよりも速く反応を生起するはずである。また聴覚においても両側性投射の聴覚路のうち反対側路の方が優位であるとしたら、左耳よりも右耳へ呈示される聴覚刺激への方が、左耳へ呈示されたそれへの反応よりも速いことが考えられる。

ここでは右側あるいは左側へ呈示された皮膚感覚、聴覚、視覚及び文字刺激への言語反応時間を測定することによって、言語表出機能と半球との関係が検討された。

方法

被験者及び皮膚感覚、聴覚、視覚の各感覚刺激は前述の 2 と同じものであり、文字刺激は 10 個の単語であった(文字の種類は後述)。文字はゴシック体で横書きであり、スライドの透過光によって被験者の前方 30cm の位置へ呈示された。刺激は視感覚の場合同様に、左眼と右眼の視野が完全に分離され、各々の視野に注視点があって、その各々の右か左で、視角 $3^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の位置へ同じ刺激が 2 枚呈示されたが、両眼の視野はプリズムによって完全に輻輳されており、右か左の視野へ呈示され刺激は一個にみえた。刺激呈示時間は眼球運動の潜時以下の 150 msec にされた。〈反応〉皮膚感覚、視覚、聴覚刺激の場合には「はい」、文字刺激の場合には「読み」の反応であり、voice key によってとらえられた。

結果

反応時間の平均値及び標準偏差が Table. 3 に示された。感覚刺激への反応時間は 200 msec 以下であった。刺激の心理的な強度が様相間では異なっていると思われるので、直接比較に大きな意味はないけれども、皮膚感覚と聴覚ではほぼ似た反応を示し、視覚への反応は遅かった。文字への反応は同じ視覚刺激でありながら、視感覚刺激の倍以上もの時間を要している。これは単に刺激が文字に変わったこと、及び弁別が必要になったことだけによるものではなく、操作上の違

Table 3. 言語反応時間 (msec)

被験者 刺激 様相	S ₁		S ₂		S ₃	
	右	左	右	左	右	左
皮膚感覚	183 (6.2)	173 (6.6)	172 (12.2)	160 (8.0)	138 (11.7)	135 (11.6)
聴覚	159 (14.4)	155 (9.8)	158 (6.6)	162 (10.7)	150 (15.1)	153 (10.6)
視覚	188 (14.2)	178 (8.5)	200 (16.4)	195 (12.0)	186 (17.3)	184 (19.8)
文字	529 (63.9)	512 (66.8)	527 (51.6)	546 (56.3)	482 (44.8)	522 (49.0)

いをも示している。視感覚刺激としてはネオン管が使われ、光の立ち上り時間は無視できたが、文字の場合には光源としてタングステン球が使われた。点燈しない程度に事前に最大限の電圧をかけておくことによって、立ち上り時間は相当改善されてはいるが、ネオン管ほど速くないと考えられる。また光源による明るさの斑がいく分みられ、文字の鮮明度がある程度減少していることがあげられる。文字への反応はこれらの要因によって遅くなったと考えられるけれども、ここでは視野間の相対的な反応時間の差を問題にする。

左側刺激への反応時間から、右側刺激への反応時間を引いた差が Fig. 8 へ、被験者別に図示してある。S₁ ではすべての刺激で左側刺激の方が速かったが、S₂ S₃ の聴覚及び文字刺激は右側呈示の方が速かった。U検定の結果、有意な差がみられたのは S₁ (P<0.02), S₂ (P<0.05) の皮膚感覚と S₃ の文字 (P<0.02) であった (サインテストでは S₂ の文字も有意であった)。

考察

Gazzaniga & Sperry (1967) のいうように右半球が啞であるなら、左側へ呈示された刺激へよりも右側へ呈示された刺激への反応の方が速いはずであるけれども、皮膚感覚及び視覚の場合にはすべての被験者で、左側呈示への反応の方が速かった。これによるとこれらの被験者は右半球が優位であることになる。だが S₂ S₃ の文字への反応では右側呈示への反応の方が、左側呈示へのそれよりも速いことから、それには問題がある。これは単調な刺激であり、反応が単調な「はい」の繰り返しであったことと関係がありそうである。Gazzaniga & Sperry (1967) は言語表出機能が左半球に局在しているとはいいいながらも、少数の簡単な、情動的、音調的 (tonal)、あるいは身近な単語が、右半球 (minor) によって表出される可能性までも否定しているのでは

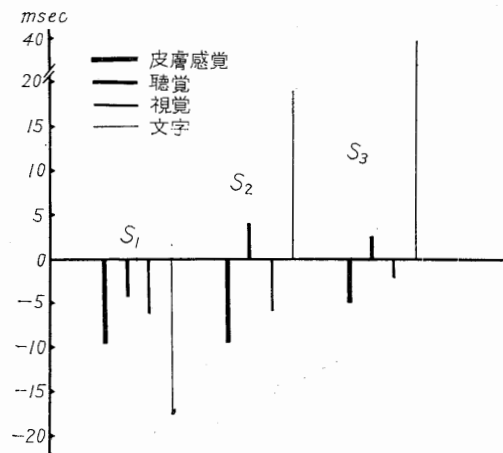


Fig. 8. 言語反応における左右差。プラスは右側への刺激呈示の方が左側への刺激呈示よりも反応が速いことを示している。

ない。ペンフィールドとロバーツ（1970）も、左右どちらの運動野、あるいは補足運動野を刺激しても発声現象がおこることを見出している。

次に文字への反応であるが、 S_2 S_3 は左半球優位の様相を示しているのに対して、 S_1 は逆になっている。この被験者は右手利ではあったけれども左眼優位であり、兄弟中に左手利がいたこと、利目と関係のある視感覚や文字刺激だけでなく聴覚においても左側刺激への反応が速かったことから、優位半球が右ではないかと思われる。従来半球の優位は利手によって推測されてきたがこの結果や文化的背景などから利手の矯正なるものがしばしば行なわれていることを考えると、優位半球の推定には他の運動系や感覚系の優位性もあわせて考慮する必要があるように思える。感覚系や運動系の非対称性と、このような反応時間との関連をみることも残された課題である。

4. 左右の半球と言語能力

左半球と言語との関係が Broca や Wernicke 以来強張されてきた。しかし Gazzaniga & Sperry (1967) は、個人差はあるけれども、右半球にもかなりの程度の言語能力があることを見出している。半球を分割された患者の左視野にスプーンの絵を呈示すると、左手の触感覚によって一連のシリーズの中からスプーンを捜し出すことはもちろん、その単語を呈示されて文字を指摘することもできた。またタバコという文字を左視野に呈示して、タバコは入っていない一連のシリーズの探索を行なわせると、最も関係の深い灰皿をさがし出すこともできた。患者の中には、実験者の言語的な指示によって左手でプラスチックの文字を組み合せ、how とか what, the などの描象的な単語まで綴れるものもいた。右半球は単なる物と文字の対応づけただけでなく、簡単な定義も理解できた。used to tell time という指示の後に左視野へ呈示された一連のシリーズの中から watch を指摘できた。これらのことから、左右の半球の違いとしては、右半球が言葉を表出できないだけなのかという疑問が生じてくる。Gazzaniga & Hillyard (1971) は、右半球における言語能力の上限を問題にしようとした。彼等は左視野へ絵を瞬間露出し、その絵に関して二者択一的な質問をするという手法をとった。つまり右半球のみが答を知っている状況でテストしたのだが、その結果右半球には、態、時制、単数・複数を区別する能力はないようであり、唯一の高次な言語能力は肯定と否定であった。単語の場合にも、名詞の対象認知はできたが、「笑え」とか「眉をしかめよ」という単語による教示へは反応できず、またこれを示す絵との対応づけもできなかった。この動詞の認知不能は、動詞から派生した名詞にも及び、同じ-er 名詞でも water や butter は理解できたが、trooper や teller は理解できなかった。これらのことから右半球の言語能力は発達途中で lock されるのではないかと推測される。もし右半球の言語能力が発達の途中で lock され、それ以後の言語機能の発達が左半球へ lateralize してゆくとしたら、習得時期の早い文字は左半球同様右半球でも認知できるけれども、遅い文字は左半球でのみ認知が可能である、ということが考えられる。

ここでは習得時期の異なる平仮名、片仮名、漢字、ローマ字、英語を左右の視野へ呈示して、それへの言語反応時間から、左右の半球における単語認知能力のちがいをみようとした、

方法

＜刺激＞「あか」及び「あお」を意味する平仮名、片仮名、漢字、ローマ字、英語の文字刺激、及びあか色とあお色の色彩刺激の計12種類が使われた。(4での実験と3の文字への反応は同一の実験である)。＜反応＞「あか」及び「あお」という読み及び命名反応であり、反応は voice key によってとらえられた。＜試行＞注視点をかねた予備刺激呈示後2秒して、刺激は左右の視野へランダムに呈示された。1系列は12種類の刺激が左右の視野へ呈示される24試行から成り、1日に6系列ずつ、4日にわたって行なわれた。

結果

Table 4. 習得時期の異なる文字及び色彩への言語反応時間 (msec)

被験者 刺激 文字・色		S ₁		S ₂		S ₃	
		右	左	右	左	右	左
あ	か	494 (95.7)	470 (66.2)	519 (42.2)	538 (68.2)	452 (39.3)	509 (59.2)
あ	お	539 (94.2)	502 (63.3)	514 (45.6)	514 (38.8)	457 (44.3)	518 (43.7)
ア	カ	464 (55.8)	448 (40.4)	487 (36.5)	519 (37.8)	458 (36.1)	484 (50.6)
ア	オ	518 (68.5)	501 (68.9)	508 (33.8)	525 (42.5)	456 (44.1)	518 (58.2)
	赤	465 (53.7)	444 (34.8)	483 (24.8)	489 (32.6)	442 (31.8)	469 (36.0)
	青	484 (48.6)	495 (59.9)	496 (41.0)	507 (31.9)	470 (44.2)	502 (32.1)
	AKA	529 (99.3)	483 (41.5)	512 (36.0)	546 (62.0)	486 (25.3)	503 (31.6)
	A O	504 (79.0)	507 (78.4)	494 (17.0)	514 (25.6)	464 (28.8)	494 (47.3)
	RED	654 (94.9)	610 (99.4)	625 (54.9)	638 (53.1)	547 (85.9)	575 (66.4)
	BLUE	642 (73.4)	664 (79.6)	630 (68.8)	669 (88.2)	587 (72.0)	645 (68.7)
	あか色	478 (44.2)	448 (48.8)	467 (45.2)	491 (36.6)	473 (41.5)	469 (27.9)
	あお色	508 (69.8)	508 (54.0)	515 (35.6)	524 (43.6)	487 (53.1)	474 (31.3)

Table 4 に被験者毎の各視野へ呈示された文字及び色彩に対する、24試行の平均値と標準偏差が示してある。文字の種類毎に、右あるいは左の視野に呈示された刺激への平均反応時間が Fig. 9 に示された。Fig. 10 は左視野へ呈示された刺激への反応時間から、右視野のそれを引いた差を図示したものである。プラスは右視野呈示の方が、マイナスは左視野呈示の方が、それぞれ反応時間が速いことを意味している。どの文字においても、反応時間における視野差に統計的な有意差はみられなかった。

考察

Fig.9 の反応時間をみてみると、英語以外はほぼ同じ程度の速さである。英語への反応が遅い

のは、外国語で弁別しにくいということよりも、日本語に翻訳しなければならないこと、また英語による読みとの間に競合がおこることなどによるものとみれる。英語への反応には誤反応が多かったが、その内容は英語による発音であった。

Fig. 10は被験者別の、各文字における反応時間の視野差を示しているが、 S_2 及び S_3 では、色彩以外はすべて左半球へ投射された方が、 S_1 では逆に右半球へ投射された方が速い反応を示している。この結果は、 S_2 S_3 は左半球が、 S_1 は右半球がそれぞれ言語に関して優位な半球であることを示しているのではないと思われる。

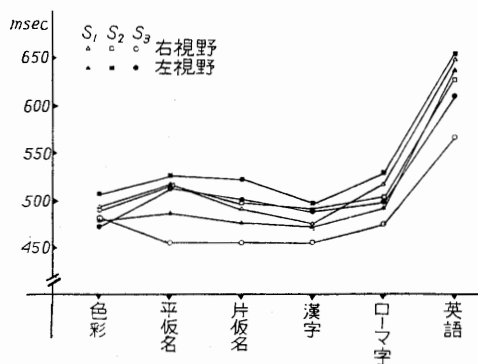


Fig. 9. 各視野及び各文字毎の平均反応時間

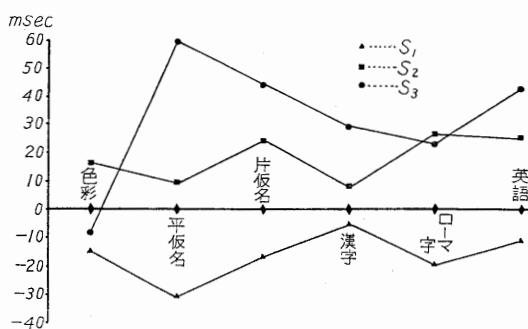


Fig. 10. 各文字毎の反応時間における視野差

文字の習得時期と視野差に関してだが、Fig. 10の S_3 の場合右下りである。しかし S_1 S_2 では、ほぼ平行しており、文字の習得時期と半球の間の交互作用は推測できなかった。つまり文字の種類と反応時間の左右差からは lateralization の痕跡をとらえることはできなかった。しかしこの結果から、言語機能が左半球へ lateralize してゆくのではないと結論するには早すぎる。

交互作用の見出せなかった原因としていくつかのことが考えられる。まず第一に操作上の問題点があげられる。文字への反応には 500 msec も要しており、反応の遅さが目につく。この原因に関しては前述したが、光源の立ち上り時間や斑による影響が考えられる。これには認知閾の左右差という要因が介入して、反応時間の左右差を拡大するという積極的な意味も考えられなくはない。しかしわずかな左右差の中で、さらに細かい差を問題にする場合には、半球移行時間を正確にとらえる方がよく、そのためには単に反応時間を一定時間遅らせるだけにとどまらず、分散までも拡大させている光源を改良しなければならない。

第二点として反応の要因が認知の要因を凌駕していることが考えられる。Fig. 8の左半球優位とみられる S_2 S_3 の場合に、感覚刺激では右半球へ投射した方が速く、文字の場合には左半球へ投射した方が速かったことから、文字での左右差から視覚刺激での左右差をひくと、反応の要因がなくなり、認知の左右差がでると一応は考えられる。しかし両者の違いは単に文字認知の必要性だけではすまされれない。両者は刺激だけでなく、反応の方も異なっている。感覚刺激の場合には単純な言語反応の繰返しであり、何を口頭で発するかよりも、反応する、しないが主要な課題であるのに対して、文字刺激の場合には、弁別反応であるとともに選択反応であり、反応を

する、しないよりも、何と反応するかが主要な課題となる事態であった。Penfield & Roberts (1970) は、声を制御する作用こそ、人間の脳皮質と他の哺乳類のその間にある最も顕著な相異である、といっていることなどから、刺激とは離れて反応だけの選択にどの程度左右差がみられるかも確かめておかねば、Fig. 10 の結果を単語認知能力の左右差でかたづけけるわけにはゆかない。

第三に（第二とも関連するが）言語反応の場合には、両方の半球で認知可能な文字であっても、反応に左半球が必要であれば、左半球へ投射された刺激への方が右半球へ投射されたそれよりも反応が速く、その結果左半球で認知されるような様相を示してしまう。従ってこのような認知の側を重視する場合には、手による反応、それも片手だけでなく、両方の手による運動反応を行ない、各々の左右差を比較対照して検討すべきであろう。

5. 結 び

三人の被験者を対象に over all な実験をした結果、以下のことがわかり、また問題になった。

脳分割に関しては皮膚感覚では可能であるといえた。しかし視覚では消極的な形でしか支持されず、聴覚の場合には逆の結果もみられている。視覚の場合、平均値では長路よりも短路の反応の方が速かったけれども、 S_1 の右手では逆の結果がみられている。文字への反応から S_1 が右半球優位であるとする、感覚系、あるいは半球の非対称性がこのような単純な刺激への反応にも介入しうることを示している。聴覚の場合であるが、反対側への聴覚路が優位であったのは S_2 だけであった。 S_1 、 S_3 が dichotic listening でどのような結果を示すかには興味ももてる。Fig. 7 をみると、 S_3 の聴覚以外はすべて右下りであったことから、右半球と左手、左半球と右手の関係が、逆の場合よりも密接であり、左右の手を使って、各々の左右差を考慮するなら視覚においても脳の分割は可能であるといえよう。

言語反応の場合には、すべての刺激で右半球へ投射されるよりも左半球へ投射される方が反応は速いと期待されたけれども、感覚刺激の場合、両側性投射の聴覚以外は全く逆になった。文字への反応における左右差から、単純な感覚刺激への反応における左右差をひくことによって、文字の認知的側面の左右差をみようとした当初の意図には問題があることがわかった。言語反応の場合、文字だけでなく感覚刺激の処理にも laterality が現われてきたけれども、これに関しては、優位半球を決定する手段として反応時間がどの程度役立つものかの検討も含めて、さらに多くのデータが必要である。

lateralize の痕跡は、習得時期の異なる文字への反応時間によっては見出せなかった。だがこれは装置の改良、運動反応を使うこと、また低年齢の被験者で、発達を追って検討してみる必要などが必要である。

この研究は個人内で laterality がどのような現われ方をするかに興味をもって計画されたもの

であり、各々の実験はあくまでも三人の被験者での結果である。従って被験者を増してさらに検討を加え、これらの結果の一般性を確かめる必要がある。

引用文献

- Bakan, P. Hypnotizability, laterality of eye-movement and functional brain asymmetry. *Percept. Mot. Skills*, 1969, 28, 927.
- Bradshaw, J. L. & Perriment, A. D. Laterality effects and choice reaction time in a unimanual two-finger task. *Percept. Psychophysics*, 1970, 7, 185-188.
- Bryden, M. P. Tachistoscopic recognition and cerebral dominance. *Percept. Mot. Skills*, 1964, 19, 686.
- Buchsbaum, M. & Fedio, P. Visual information and evoked responses from the left and right hemispheres. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1969, 26, 266-272.
- Day, M. E. An eye movement phenomenon relating to attention, thought and anxiety. *Percept. Mot. Skills*, 1964, 19, 443.
- Eason, R. G., Oden, B. A. & White, C. T. Visually evoked cortical potentials and reaction time in relation to site of retinal stimulation. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1967, 22, 313-324.
- Filbey, R. A. & Gazzaniga, M. S. Splitting the normal brain with reaction time. *Psychon. Sci.*, 1969, 17, 335-336.
- Gazzaniga, M. S. The split brain in man. *Scient. Amer.*, 1967, 217, 24-29.
- Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E. & Sperry, R. W. Observations on visual perception after disconnection of the cerebral hemisphere in man. *Brain*, 1965, 88, 221-236.
- Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E. & Sperry, R. W. Dyspraxia following division of the cerebral commissures. *Arch. Neurol.*, 1967, 16, 606-612.
- Gazzaniga, M. S. & Hillyard, S. A. Language and speech capacity of the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 1971, 9, 273-280.
- Geshwind, N. & Kaplan, E. A human disconnection syndrome. a preliminary report. *Neurology*, 1962, 12, 675-685.
- Geshwind, N. & Levitsky, W. Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, 1968, 161, 186-187.
- Grossman, S. P. A textbook of physiological psychology, John Wiley Sons. 1967.
- Jeeves, M. A. & Dixon, N. F. Hemisphere differences in response rates to visual stimuli. *Psychon. Sci.*, 1970, 16, 249-251.
- 柏原恵龍 認知の機構とラテラルティ —時間的側面— 心理学評論 1973, 15, 289-309.
- Kimura, D. Left right differences in the perception of melodies. *Quart. J. exp. Psychol.*, 1964, 16, 355-358.
- Morgan, C. T. Physiological psychology, New York: McGraw-Hill, 1965.
- 大橋博司 統合機能：意志 時実利彦編集 脳の生理学 医学書院 1967.
- ベンフィールド & ロバーツ 言語と大脳 上村忠雄 前田利男(訳) 誠信書房 1970.
- Poffenberger, A. T. Reaction time to retinal stimulation with special reference to the time lost in conduction through nerve centers. *Arch. Psychol.*, 1912, 23, 1-17.
- Satz, P. Laterality effects in dichotic listening. *Nature*, 1968, 218, 277-278.
- Thompson, R. F. Foundations of physiological psychology. Harper and Row, 1967.

White, M. J. Laterality differences in perception: a review. Psychol. Bul., 1969, 72, 387—405.

＜要 旨＞

三人の被験者を対象にして、脳分割、言語表出機能の laterality、習得時期の異なる文字の認知と lateralization の関係を反応時間によって検討した。脳分割に関しては、皮膚刺激の場合では積極的に、視覚の場合には消極的ではあるけれども、その可能性が示された。言語表出機能に関しては、感覚刺激（皮、視）では右半球投射の方が、文字刺激では左眼優位の S_1 の場合右半球投射の方が、右眼優位の S_2, S_3 の場合左半球投射の方が、他の半球でよりも速い傾向がうかがえた。読み反応での左右差はみられたが、文字の習得時期と半球の交互作用は明白ではなかった。しかし運動反応によって再検討をする必要がある。