

時間順序判断にみられる大脳半球機能の非対称性

大 岸 通 孝

Hemisphere Differences in Temporal Order Judgements

OHGISHI Michitaka

言語・非言語という二分法から捉えられてきた人間の両半球機能の非対称性の問題は、最近、別の観点から研究されることが多くなっている。それは、刺激の性質からではなく、課題を解決するにあたって必要とされる情報処理の様式から、半球機能の本質を捉えねばならないと認識されるようになってきたからである。このような観点から、左半球優位性の基本的プロセスを明らかにする試みを最初に行なったのは Efron (1963) である。Efron は左半球が言語の処理に優れているのは、言語のもつ時間的側面を捉える能力が右半球に比べ、まさっているからであると考えた。この研究の方法は、継時的に呈示される2つの刺激のうちどちらが早く呈示されたかを判断させる時間順序判断 (temporal order judgement) であった。時間順序判断の実験は Hirsh (1959) 以来行なわれるようになったが、Efron の実験では、それぞれの視野に呈示される2つの刺激が同時に知覚されるよう刺激間の時間々隔を被験者に調整させる手続で、2刺激間の時間のずれが測定された。この研究では、時間弁別を行なう中枢組織は言語優位半球にあると考え、右半球にはいった情報は時間的分析を受けるためにある経路(恐らくは脳梁)を通して左半球に運ばれるので、左半球に直接投射される右視野もしくは右手よりも、右半球に直接投射される左視野もしくは左手の方に早く刺激が呈示されないと、2つの刺激が同時に呈示されたとは知覚されないという仮説のもとに実験が行なわれた。その結果、正常の右利きの被験者では2つの光(触)刺激のうち、右半球投射刺激が左半球投射刺激よりも数 msec 先行した場合に同時と判断され、2刺激間のずれは、非優位半球から優位半球へ情報が移行するのに要する半球間伝達時間と解釈された。一方、左利きの被験者では逆の結果が得られ、これは左利きの優位半球が右利きとは反対側の半球であるためと考えられた。

時間順序判断に関する仮説はその後、大脳損傷者を被験者に用いた実験データによって支持されている (Carmon & Nachshon, 1971; Swisher & Hirsh, 1972; Carmon, 1978)。これらの研究ではいずれも、左半球に病変のある被験者は正常人や右半球病変の者に比べて時間的な判断が悪くなることを報告している。

しかし、Efron の実験には方法的に問題があることを Newman & Carmon (1977) は指摘している。すなわち、この研究では 7 msec 以上の標準偏差を示す被験者は除くという基準を設けたため、結果として右利き群では55%、左利き群では45%の被験者の結果が分析されていない。このような大きな比率で被験者が除かれたことは手続として妥当であったかどうか疑問として残る。この原因として考えられるのは主に極限法による手続を用いたことと、同時にみえるかどうか

か判断するよいうにという教示を与えたために、同時の基準が実験を通じて安定していなかった可能性があることが挙げられる。

本研究では、大脳両半球間の機能差を時間知覚の面からみる目的で実験が行なわれた。左半球が、右半球と決定的に異なるのは、時間的な処理に優れる点であるという Efron の理論から考えると、右半球は、系列的に情報を処理すると考えられ、時系列に沿わない同時的な処理が行なわれるとみなされ、これを検証する実験が必要である。Cohen (1973) は、このような仮説に立って実験を行ない、左半球機能と右半球機能を情報処理様式から考え、系列的処理と並列的処理という次元から、両半球の機能差を説明している。しかし、Cohen の研究をはじめ、情報処理様式の違いをみた研究では、どのような処理が行なわれたかを決定できるのは被験者の反応時間のパターンからであり、課題自体がある特定の処理を要求するよう操作された実験ではない。

そこで本研究では、刺激処理において継時的処理を必要とする課題と、同時的な処理を必要とする課題とを被験者に与え、それぞれの被験者の詳細による処理の仕方に半球の優位性がみられるかどうかを調べた。継時的課題では、時間順序判断の手続を用いた。Efron の手続には、先に述べたような問題があるので、閾値の測定だけでなく、Hirsh (1959) の用いた手続、すなわち両視野の刺激のうちどちらが早く呈示されたかを被験者に判断させ、その正答数を測定する手続がとられた。次に右半球が優位に処理する場合であるが、Gordon & Borgen (1974) は歌唱能力の半球優位性を調べた研究の中で音楽の知覚で右半球優位性が示されるのは、右半球が情報をパターンとして全体的に捉える能力に優れているからであると説明している。本研究の課題でも、時間的な前後関係ではなく、時間的なパターンを被験者に判断させる手続がとられた。従って本実験では、両課題とも刺激には時間的な操作が加えられている。

本研究では、被験者の反応方法に言語的な成分を含まない電鍵押しの方法が用いられた。これは、口答による反応では言語的なバイアスが左半球にかかり、このために左半球が活性化することが考えられるからである。更に反応することにより、反応の情報が中枢にフィードバックされ刺激弁別が高まるという刺激復帰求心作用 (Anokhin, 1969) についても検討する。そのために、反応に両手を用いる条件と、片手のみの条件とを設定した。なお実験はすべて両眼視によって行なった。

実 験 I

極限法により、同時と判断される時間閾を測定することにより、Efron (1963) の結果を検討した。

方法 (a)被験者・視力の正常な(矯正視力を含む)男子成人23名。右利き16名、左利き7名。尚、本研究ではすべて、利き手は、以下の基準で分類された。①左利きの矯正がないこと、②日常行為(鉛筆、絵筆、歯ブラシ、はさみ、箸、ボールの使用)のすべてに右手を使うこと、③家族に左利きがいらないこと、これら3条件をすべて満たす者は、右利きとし、1つの条件でも満たさない者は左利きとした。ここで特に③の条件を付けたのは、Mckeever & Van Deventer (1977) の研究などで報告されたように、家族における左利きの有無が半球優位性を決定する上で重要な要因であるからである。

(b)刺激・装置・視覚刺激として緑色の円形のネオン管(直径 9 mm, 視角 28', 輝度 2.10 ftL) 4

個、注視点としてタングステンランプにプラスチックをはってオレンジ色の×印に見えるようにしたもの(大きさ 5 mm×5 mm, 視覚 50', 輝度 0.16 ft L) 2 個を図 1 のように刺激呈示箱(縦 110 × 横 270 × 奥行 358 mm) に取り付け, プリズム(倍率 1) で輻輳させて, 被験者には, 注視点は 1 個, 視覚刺激は 2 個見えるようにした。注視点より刺激までの視角は 6° であった。刺激呈示の時間制御は多用途電子管刺激装置(日本光電製 SW-1, MSE-3)によって行ない, 被験者の反応用として電鍵を用いた。

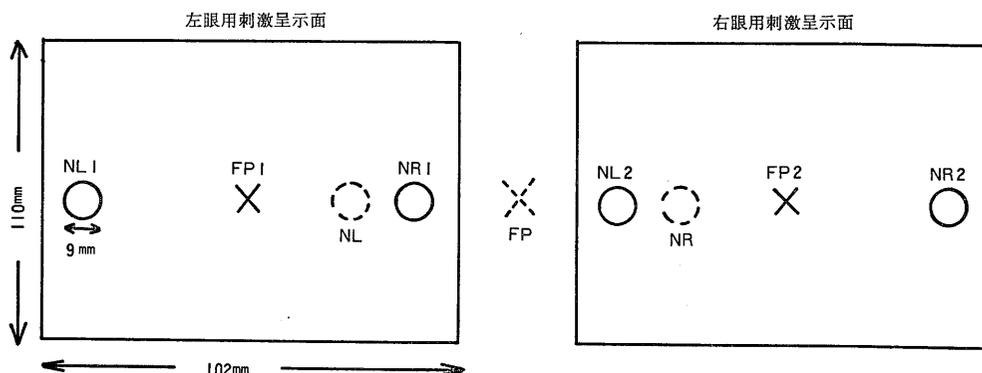


図 1 実験 I で用いられた刺激の配置 (破線はプリズムをとおしてみた場合のみ見え方)

NL₁: 左眼左視野 NL₂: 右眼左視野 NR₁: 左眼右視野
NR₂: 右眼右視野 FP₁: 左眼用注視点 FP₂: 右眼用注視点

(c) 手続. 被験者は暗室において刺激呈示装置の前の chin-rest に顔をのせ, プリズムに両眼をできるだけ密着させて刺激呈示面を見るよう教示された。その際, 右手親指は刺激呈示装置の右下にある電鍵, 左手親指は左下にある電鍵の上に乗せ, すぐに電鍵が押せるような体勢に被験者をおいた。被験者に対する実験の説明として, 「×印の左と右に緑色ランプが各 1 個ずつ必ずごくわずかの時間的ずれを伴って点灯してすぐ消えますから, どちらが早くついたか判断して下さい。もしも, 右側のランプが早くついた場合は右側の電鍵を, 逆に左側のランプが早くついた場合には左側の電鍵を押し, 必ず反応してください。」と教示した。すなわち, 二件法による強制選択反応で, その反応時間は電子カウンターで測定され, 実験者は被験者の反応と反応時間を記録した。被験者に対する注意として, ①できるだけ体を動かさないこと, ②実験中は常に注視点を凝視し, 刺激光が点灯しても目を動かさないこと, ③どちらの光が早くつくかは予測しないこと, の 3 点を挙げた。反応に際しては速く行なうことは特に要求せず, むしろ確実に反応するよう求めた。刺激呈示装置の中には注視点以外は光源がなく, 注視点が一瞬消えてから 1 秒後に, 一方の視野に第 1 刺激を呈示し, 5~95 msec の間隔¹⁾ をおいて第 2 刺激を他方の視野に呈示し(持続時間 10 msec), これをもって 1 試行(試行間々隔約 10 sec)とした(図 2 参照)。

刺激呈示は極限法により行ない, 次の 2 種の系列(各 4 回ずつ, 計 8 系列)を設定した。右視野先行系列: 右視野に第 1 刺激, 左視野に第 2 刺激を呈示する試行から始まり, 次第に刺激間隔が 5 msec になっても判断が変化しない場合には第 1 刺激を左視野, 第 2 刺激を右視野に呈示し, 刺激間隔を 5 msec から次第に大きくしてゆく系列。左視野先行系列: 右視野先行系列と逆の順

大岸：時間順序判断にみられる大脳半球機能の非対称性

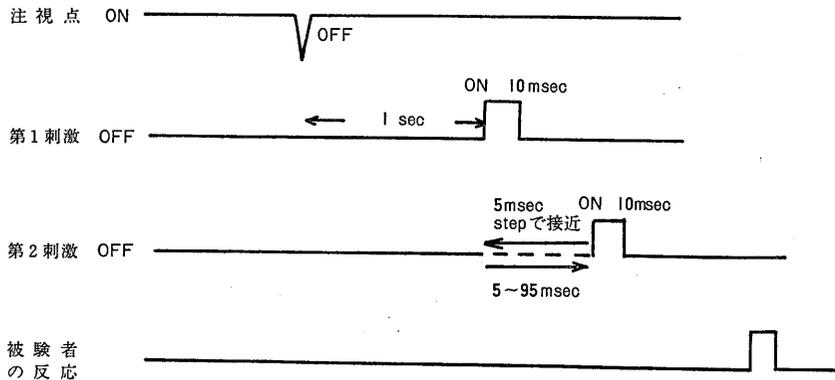


図2 実験Iにおける1試行の刺激呈示順序

序で視野に刺激を呈示。試行数は両系列とも刺激間隔が 95 msec から始まる長系列 2 回と、55 msec から変化する短系列 2 回から成っている。呈示順序は被験者によりランダムで、4 系列終了後、右眼用刺激呈示面と左眼用刺激呈示面を入れ替えて、視野による 4 つの位置をカウンターバランスした。どの系列も、各刺激間隔について 2 回ずつ試行を繰り返す、10 msec ステップで刺激間隔を変化させた。同一刺激間隔でそれまでと逆の反応が 2 回連続されたら、更に同一刺激間隔で 1 試行繰り返す、それでも逆の反応がなされたら系列を打ち切り、その前のステップとそのステップの刺激間隔の平均値を算出し、それを主観的等価値とした。

結果と考察 被験者の閾値の平均値を示したのが表 1 である。母集団の平均を 0 と仮定して t 検定した結果、右利き群のみ有意差がみられた。すなわち右利きの被験者は右視野よりも左視野に刺激が呈示された時に同時判断するのに対し、左利きには先行視野の効果はみられなかった。また、分散の差を利き手群間で比較したところ、左利き群の方が分散が大きい傾向が示された [F(15, 6)=2.71, $p < .10$]。Efron (1963) のデータでは右利き群の閾値は -3.81 msec, 左利き群の閾値は $+1.57$ msec で、本研究の結果は、これとほぼ一致している。従って、この結果は、右利きでは左半球において時間的判断が行なわれるという仮説を支持した。

表1 同時判断閾 (実験 I) (単位: msec)

	N	Mean	SD	t	df	
右利き	16	-3.19	11.97	1.76	15	$p < .05$
左利き	7	+2.42	18.84	0.31	6	n.s.

+ : 右視野刺激先行 - : 左視野刺激先行

また、左利きでは優位性が右利きほどは一定していないことが示唆されるが、被験者数がそれほど多くないために断定はできない。表 1 に示された値は必ずしも半球移行時間を示しているとはいえない。それは、閾値の正負(右視野先行か左視野先行か)がすべての被験者で同じではないので、その値が小さくなっているからである。そこで、各被験者の値の絶対値を平均したところ、右利き群では 10.63 msec, 左利き群では 12.0 msec になった。これは、他の研究と比較してみ

た場合、半球伝達時間としてはやや大きい値である(柏原, 1972)。

実 験 II

時間的にずれて呈示される2つの刺激のうち、どちらが早く呈示されたかを答えさせる時間順序判断の一般的な手続によって、半球優位性が考察された。

方法 (a)被験者・男子成人32名(右利き23名, 左利き10名)。

(b)刺激並びに手続・刺激及び装置は実験Iと同じ。手続で異なる点は、刺激間々隔¹⁾を一定(30 msec)にして2刺激を呈示し(右視野先行刺激と左視野先行刺激とを同数ランダムに呈示), 被験者にはどちらの視野に刺激がより早く呈示されたかを判断させた。反応条件は3種設定されたが、どの条件とも電鍵はできるだけ速く押すよう教示された。①両手反応: 右視野に刺激が速く呈示されたと判断したときは右手で電鍵を、逆の場合は左手で電鍵を押す条件。②右手反応: 右視野刺激が早い場合のみ右手の電鍵を押し、逆の場合は電鍵を押さない条件。③左手反応: 左視野刺激が早く呈示された場合のみ左手で電鍵を押し、逆の場合は電鍵を押さない条件。各条件とも40試行, 計120試行を各被験者に実施。1ブロックは練習試行6回と本試行20回からなり, 1ブロック終了ごとに反応条件を変え, 被験者間で実施順序がカウンターバランスされた。3ブロック終了後5分間休憩した。試行間隔は約10秒であった。

結果と考察 実験Iで示されたように、右半球の情報が時間的分析を受けるためには左半球に送られねばならないと考え、半球間移行時間を x msec とすると、実験IIの右視野先行条件では、被験者に知覚2刺激間の時間々隔は $(30+x)$ msec となるのに対し、左視野先行条件では、 $(30-x)$ msec となる。従って、左半球で時間的判断がなされるならば、左視野よりも右視野に刺激が先に呈示される場合の方が正答が多くなると予想された。尚、本実験では、刺激間隔と実験Iで測定した閾値よりも大きくしたのは、反応が2件法であるため、正答率をチャンスレベルよりも十分大きくする必要があるのである。そのため正答数に天井効果が生じて、刺激の種類による差がみられにくくなった可能性がある。そこで、右視野先行刺激に対する正答数が多い被験者(右視野有利)と左視野先行刺激に対する正答数が多い被験者(左視野有利)の数を比較した(表2参照)。その結果、右利き群においてのみ有利視野による差がみられ、右視野に刺激が先に呈示された時の方が、時間順序判断がうまくゆく被験者の方が多いことが分かった。この結果は、実験Iの結果とも矛盾していない。

表2 時間順序判断における有利視野によって分類した被験者数(実験II)

	右視野有利	左視野有利	
右利き ^a	16	5	$\chi^2=5.76, df=1, p<.05$
左利き	4	6	$\chi^2=.40, df=1, n.s.$

a: 視野差のなかった2名は除かれている。

次に、反応条件間についてみると、まず両手反応と右手反応の比較では、両手反応に優れる者の方が、右手反応に優れる者よりも、人数が多かった(22名対10名, $\chi^2=4.5, df=1, p<.05$)。また、両手反応と左手反応の比較では、同様に両手反応に優れる者の方が、左手反応に優れる者よりも多い傾向がみられた(21名対11名, $\chi^2=3.15, df=1, p<.10$)。更に、有利視野が反応条件間

でどの程度一致しているかをみるために、右利き群の各被験者について、右視野先行刺激と左視野先行刺激の正答数の差を算出し、反応条件間の積率相関をみた。その結果、両手反応と左手反応間には10%の有意水準の相関傾向がみられた ($r=.352$, $df=21$) が、両手反応の右手反応、右手反応と左手反応間には有意な相関はみられなかった ($r=.002$; $r=-.083$)。この結果を Anokhin の復帰求心作用説に沿って考えるならば、両手反応の方が全体的に良くなるはずであり、結果はほぼこれを支持している。反応条件のもつもう一つの意味は、半球活性化である。Kinsbourne (1973) が考えるような注意の活性化が、手を反応に用いることによっても起こると考えるならば、両手反応では両半球が活性化される。右手反応では左半球が活性化されるだけである。また、左手反応では、右半球が活性化されるだけであるが、右利きにおいては左半球は常に右半球よりも活性化していることが知られている (Bakan, 1971) ので、両半球間の活性化の差は、右手反応よりも少ないと考えられる。従って、両半球間の活性化の程度からみた場合、両手反応と左手反応の間に相関の傾向がみられたと解釈できる。反応条件が持つ効果については実験Ⅲでさらに検討することにする。

実 験 III

実験Ⅱでは右視野先行刺激の方を正しく再認する被験者が多かったが、右視野の刺激が先行すると判断した場合には常に右手で反応させるよう教示されていた。このため何らかの利き手の効果が働いて、右手の電鍵を押す反応傾向が高まり、その結果として右視野先行という反応が多くなっただけかもしれない。そこで実験Ⅲでは先行刺激の視野と反応する手との対応関係を逆にする手続がとられた。

方法 (a)被験者。実験Ⅱで用いた被験者と同じ被験者であるが、左利き群は1名少なくなったので計32名(右利き23名、左利き9名)である。

(b)手続。刺激呈示方法に関しては実験Ⅱと同じであり、反応条件も3種設けたが、被験者には刺激光があとに呈示される視野と同じ側の電鍵を押すよう教示した点が実験Ⅱと異なる。したがって、右視野先行と判断する場合は左手で電鍵をできるだけ速く押し(両手反応、左手反応条件)、左視野先行と判断する場合は右手で電鍵を押す(両手反応、右手反応条件)よう被験者は求められた。

結果と考察 表3に示されているように、実験Ⅱと同じく有利視野によって被験者を分けた結果、右利き群では右視野先行刺激の方が左視野先行刺激よりも正しく時間順序判断ができる者、即ち右視野有利者の方が多かった。左利き群は被験者数が少ないことにもよると思われるが、有利視野に差はみられなかった。実験Ⅱと異なる有利視野を示したのは左利き群の1名だけであり、この結果から、反応に用いる手の影響よりも、刺激がどちらの半球に投射されるかが重要であるこ

表3 時間順序判断における有利視野によって分類した被験者数 (実験Ⅲ)

	右視野有利	左視野有利	
右利き ^a	16	5	$\chi^2=5.76$, $p<.05$
左利き	3	6	$\chi^2=1.00$, n. s.

a: 視野差のなかった2名は除かれている

とが示された。すなわち、時間順序判断には左半球が優位の者が多いことがこの実験でも明らかにされた。

次に反応条件による正答数の差を被験者全体についてみると、両手反応の比較では、両手反応の方が正答の多い者と右手反応が正答の多い者との間に人数の有意差はなかった(17名対12名)。また両手反応と左手反応の比較でも、有意差はなかった(12名対15名)。この結果は反応にかかわる手が両手のときの方が片手のときよりも刺激の弁別力が高まることを示しておらず、復帰求心作用説を支持していない。一方、右利きの被験者について、右視野先行刺激と左視野先行刺激との間の正答数の差を値として積率相関係数を算出したところ、両手反応と左手反応間には有意な相関がみられた ($r=.485, df=21, p<.01$)。しかし両手反応と右手反応の相関は低く ($r=.028$)、右手反応と左手反応の間には負の相関が示された ($r=-.521, df=21, p<.01$)。この結果は実験Ⅱの結果の解釈を支持しており、手を用いることにより、反対側の半球が活性化することと関係があると考えられる。

実験ⅡとⅢでは共通の被験者が用いられたので、両実験の正反応数を合計した値について、利き手×刺激(右視野先行か左視野先行か)×電鍵を押す手の3要因分散分析を行なった(表4参照)。その結果、有意差がみられたのは利き手の主効果だけで、右利きの方が左利きよりも時間順序判断にすぐれていることがわかった。これは右利きの被験者では、実験Ⅰの結果からも推測されるように、時間的的判断に関して左半球優位性が認められるのに対し、左利きでは両半球にはいつてくる刺激を時間的に統合する半球が右利きほどには定まっていないので、判断を効率よく行なえないのではないかと解釈できる。また、傾向がみられただけであるが、利き手×刺激の交互作用から、左利きでは右利きとは異なる半球優位性がみられることが示唆される。

表 4 時間順序判断の正反応数についての分散分析 (実験Ⅱ, Ⅲ)

要 因	自 由 度	平 均 平 方	F	
被験者間	31			
利き手(A)	1	537.3	11.70	p<.005
残 差	30	45.9		
被験者内	96			
刺 激(B)	1	173.5	2.15	p<.10
A×B	1	333.5	4.13	
残 差	30	80.8		
手 (C)	1	1.4	.09	
A×C	1	28.8	1.87	
残 差	30	15.4		
B×C	1	29.0	.79	
A×B×C	1	2.5	.07	
残 差	30	36.9		

実 験 Ⅳ

時間順序判断の実験では一次元上の変化に被験者は注目しなければならない。これに対し、実験Ⅳでは刺激の数をふやして、被験者が一度に注目しなければならない次元の数を増加させたが、

ターン弁別の正答数について、時間順序判断の有利視野×視野×電鍵を押す手の3要因分散分析を行なったところ、時間順序判断の有利視野×視野の交互作用がみられた [F(1, 28)=7.52, p<.05] (表6参照)。つまり、実験Ⅱで右視野有利の者は実験Ⅳでは左視野有利であることが多く、実験Ⅱで左視野有利の者は実験Ⅳでは右視野有利となることが多い。この結果から、時間順序判断を優位に司る半球とは反対側の半球で、時間パターン弁別が処理されることが考えられる。つまり時間パターン弁別では刺激間の時間関係がより散漫な形でとらえられ、全体的な判断が必要とされると考えられる。被験者の内観にも、どちらが先に点灯したかという時間関係はわからないが、全体としてはパターンが同方向か異方向かがわかるという答えが多かった。

表6 時間パターン弁別(実験Ⅳ)における正反応数の分散分析

要 因	自 由 度	平均平方	F	
被験者間	29			
時間順序判断の有利視野(A)	1	.1	.00	
残 差	28	33.2		
被験者内	90			
視 野(B)	1	43.2	2.64	
A×B	1	123.0	7.52	p<.05
残 差	28	16.3		
電鍵を押す手(C)	1	.9	.12	
A×C	1	.7	.10	
残 差	28	7.3		
B×C	1	.1		
A×B×C	1	12.7	.01	
残 差	28	8.5	1.47	

結 論

視覚刺激の時間的順序判断の手続を用いた本研究の実験結果は、左半球が時間的処理にすぐれるという説を支持している。これは、言語がごく短い時間に多くの情報を送るのに対し、受け手の人間は情報間の時間的な前後関係をとらえねばならないことから考えても、言語優位半球が時間的処理にすぐれると十分考えられる。Hirsh (1967) や Natale (1977) などの研究は時間的要因の重要性を指摘しているが、これは言語機能の文脈の中に限られている。左半球がすべての時間的処理を司っていると考えている研究は多くはない。むしろ、時間順序判断と半球優位性の関係を認めていない、Sekuler, Tynan, & Levinson (1973) の研究では、読書習慣からくる内的に備わった走査機構が存在し、これによって刺激が左から右へ呈示されているような錯覚生みだすと考えている。この説に対し Newman & Albino は、同一視野内で左の刺激が先に呈する場合と右の刺激が先に呈する場合とを比較したところ、両者の間に時間順序判断の差を認められず、走査説を否定している。第2の立場では、時間判断が右半球で行なわれると考える。Newman & Albino (1977) の実験では全く同時に2つの刺激を呈示しておいて、どちらが早く呈示されたかを被験者に答えさせた。その結果には、左視野の刺激の方が早いという反応が多く、左半球に時間中枢があるとする Eforon (1963) の仮説からは解釈しにくい。確かに継時的な性質

を持つ聴覚刺激の処理においても、刺激が音楽の場合には右半球優位となることが知られている (Kimura, 1964)。したがって右半球が時間的な処理を行なえないとはいえないのであるが、Halperin, Nachshon, & Carmon (1973) や Robinson & Solomon (1974) などの最近の研究が報告しているところでは、音楽を構成する1つの成分にだけ注目させたときには左半球優位性がみられる。本研究の結果からも、刺激が時間的に変化する場合にも、全体的なパターンとして刺激をとらえるときには、時間順序判断で機能する半球とは反対側の半球で課題の処理が行なわれることが示唆された。このように時間的処理課題といっても様々な要因が含まれており、本研究でも問題となった半球活性化の問題など、半球優位性を規定する様々な要因を考慮していくべきであろう。

註

- 1) 刺激間隔は、第1刺激の初めから第2刺激の初めまでの時間である。

引用文献

- Bakan, P. 1971 The eyes have it. *Psychology Today*, April, 64-67.
- Anokhin, P.K. 1969 Cybernetics and integrative activity of the brain. In M. Cole and I. Maltzman (Eds.) *A handbook of contemporary Soviet Psychology*, New York: Basic Books Pp. 830-856.
- Carmon, A. 1978 Spatial and temporal factors in visual perception of patients with unilateral cerebral lesions. In M. Kinsbourne (Ed.) *Asymmetrical function of the brain*. Cambridge, England: Cambridge University Press, Pp. 86-98.
- Carmon, A., and Nachshon, I. 1971 Effects of unilateral brain damage on perception of temporal order. *Cortex*, 7, 410-418.
- Cohen, G. 1973 Hemispheric differences in serial versus parallel processing. *Journal of Experimental Psychology*, 97, 349-356.
- Efron, R. 1963 The effect of handedness on the perception of simultaneity and temporal order. *Brain*, 86, 261-284.
- Halperin, Y., Nachshon, I., and Carmon, A. 1973 Shift of ear superiority in dichotic listening to temporally patterned nonverbal stimuli. *Journal of Acoustical Society of America*. 53, 46-50.
- Hirsh, I.J. 1959 Auditory perception of temporal order. *Journal of Acoustical Society of America*, 31, 759-767.
- Hirsh, I.J. 1967 Information processing in input channels for speech and language: The significance of serial order of stimuli. In C.H. Millikan and F.L. Darley (Eds.) *Brain mechanisms underlying speech and language*, New York: Grune and Stratton. Pp. 21-38.
- 柏原恵龍 1972 認知の機構とラテラルリテーター —時間的側面— 心理学評論, 15, 289-309.
- Kimura, D. 1964 Left-right differences in the perception of melodies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16, 355-358.
- Kinsbourne, M. 1973 The control of attention by interaction between the cerebral hemispheres. In S. Kornblum (Ed.) *Attention and performance IV*. New York: Academic Press, Pp. 239-256.
- Mckeever, W.F. and VanDeventer, A.D. 1977 Visual and auditory language processing asymmetries: Influences of handedness, familial sinistrality, and sex. *Cortex*, 13, 225-241.
- Natale, M. 1977 Perception of nonlinguistic auditory rhythms by the speech hemisphere. *Brain and Language*. 4, 32-44.
- Newman, S., and Albino, R.C. 1977 Temporal order perception of two physically simultaneous light flashes. *Journal of Behavior Science*, 2, 203-209.

- Newman, S., and Albino, R. C. Hemisphere differences and judgements of simultaneity of brief light flashes. *Unpublished paper*.
- Robinson, G. M., and Solomon, D. J. 1974 Rhythm is processed by the speech hemisphere. *Journal of Experimental Psychology*, **102**, 508-511.
- Sekuler, R., Tynan, P., and Levinson, E. 1973 Visual temporal order: A new illusion. *Science*, **180**, 210-212.
- Swisher, L., and Hirsh, I. J. 1972 Brain damage and the ordering of two temporally successive stimuli. *Neuropsychologia*, **10**, 137-152.