

大脳半球差に及ぼす課題情報のモダリティの影響に関する研究

堀 忠雄・林 光緒・藤原武弘

広島大学総合科学部人間行動研究講座

(1990年10月31日受理)

Effects of the information modalities of cognitive tasks on the EEG asymmetry

Tadao HORI, Mitsuo HAYASHI and Takehiro FUJIHARA

Abstract

This study examined the effects of information modalities of cognitive tasks on the EEG laterality. The EEGs were recorded from six scalp areas (P₃, P₄, W₁, W₂, O₁ and O₂) and analyzed the power spectra and intra-hemispheric coherence (P-W, P-O, W-O) for the alpha band. The subjects were 12 male students, and all of them were entirely right-handed. Tasks were two types of the verbal tasks, which were (1) memorizing a set of 9 Chinese words and (2) squaring a double figures, and two types of the spatial tasks, which were (1) imaging and memorizing an unfamiliar picture and (2) imaging a famous picture. The instructions and task stimulus were presented by two types of information modalities. One was visually displayed on the TV monitor without audio-channel, and the other was presented by the audio monitor without display.

Task-related EEG asymmetries were observed in each task and in each modality condition. There were, however, regional differences in the EEG asymmetry among the scalp areas. When the information modality was the audio, the parietal-, Wernicke's area- and even occipital EEG power showed the significant task-related asymmetries. However, when the modality was the video, the significant asymmetry was observed only in the occipital area. These results suggest that the audio-information were processed on more wider hemispheric area than the video-information. Therefore, the audio-tasks may demand more cognitive striving than the visual tasks.

There was no effect of cognitive task and information modality on the alpha band coherence. From the analysis of the individual differences, however, it is plausible to think that there is the preference of information modality for the cognitive processing.

Keyword:

EEG asymmetry, information modality, power spectra, coherence, cognitive processing.

はじめに

認知課題の遂行中にみられる脳波の左右差を、大脳半球機能差と関連づけて検討する報告はすでにかかなりの数にのぼっており、すぐれた総説 (Glass 1984, French & Beaumont 1984) もなされている。左右差は言語的、論理的課題で左半球活性が、空間的、情緒的課題で右半球活性がみられるというものが一般的であるが、全ての研究が大脳半球機能差との対応関係を認めているわけではない。Gevins et al. (1979 a, b) は、7つの空間と言語に関する課題を遂行中の脳波を検討し、脳波の左右差は認知よりも手足の動作など非認知的な現象に起因したものであろうとして、大脳半球機能差と関連づけて解釈するのに否定的である。Glass (1984) はその総説でこの論文をとり上げ、書字課題の吟味において書字動作と書字に関連した認知活動が分離されていない点を指摘し、否定的な結論は性急にすぎると批判している。一方、課題による左右差が明瞭に認められた Rebert et al. (1978) の実験が、言語課題では音声で課題を呈示し、空間課題では図形を呈示していることを指摘して、課題情報のモダリティ効果の制御が不十分であると述べている。

課題遂行に動員される処理系と入力刺激の情報モダリティが同じ場合は、情報の型変換や翻訳過程が不用であるから、より正確で迅速な処理が可能であると考えられる。一方、大脳の機能局在を考慮に入れると、入力刺激のモダリティが変われば、当然、処理される部位も変わるので記録部位によって左右差の表れ方も影響を受けることが考えられる。従ってモダリティの効果は困難度ばかりでなく、機能局在に関連したトポグラフィ的な領域にも影響してくることが想定されるが、この点について吟味した報告は、これまでなされていない。

そこで今回は、課題内容 (言語的・空間的)、情報モダリティ (音声・映像) および脳波の α 帯域成分の左右差と部位差 (頭頂・ウェルニッケ領・後頭) の交絡関係を調べ、情報モダリティが課題遂行中の脳波活動に及ぼす影響を検討することにした。

方 法

被験者：男子大学生 12 名 (19 ~ 22 才) で、強い右利きの者 [HN 利き手テスト (八田 1984) で 9 ~ 10 点] を選んだ。

実験手続き：被験者はポリグラフィ用電極を装着した後、防音室に入り、肘掛け付きの椅子に座った。実験中の教示と刺激呈示は、被験者の前方 1.5 m に置いたカラー TV で行った。情報のモダリティが音声条件の時は、教示と課題を VTR の音声モニターから、また映像条件の時には VTR 静止画像により提示した。課題は言語的課題として単語記憶と計算課題を、空間的課題として絵画記憶とイメージ想起の計 4 課題とし、音声用と映像用の 2 種類をそれぞれ 2 組用意した。

試行順序は 60 sec 間の閉眼安静 (rest 1) の後いずれか一方の刺激条件 (音声・映像) を行ってから、90 sec 間の閉眼安静 (rest 2) をはさんで、もう一方の刺激条件を行った。刺激条件の順序と 4 つの課題の順序はシュードランダムとし、被験者全体で順序効果が相殺されるように配置した。各課題とも教示・課題提示・課題遂行・再生 (再認) の順序で行い、課題遂行時間は 60 sec 間とし、その間は閉眼条件とした。

課題：(1) 言語的課題 (a) 単語課題 (V1) : 脳研式記銘検査法で用いられる単語から、一漢字単語 4 個と二漢字熟語 5 個の計 9 単語 (例：冬・娘・蛙・袋・石炭・巡査・電話・行列・書生) を 1 組として、音声または映像で 30 sec 間提示した。映像条件の画面の大きさは 90 × 220 mm で、3 行 3 列で呈示した。提示終了の合図 (ピーブ音) で被験者は 60 sec 間眼を

閉じて9単語を繰り返して想起して保持に努めた。保持（リハーサル）期終了の合図で開眼し、質問紙による再認テストを行った。

(b) 計算課題 (V2) : 任意の2桁の数に同じ数を掛ける問題 (例: 28×28) を音声又は映像で15 sec間提示した。合図で閉眼し、60 sec間で暗算し、次の合図があるまで検算を繰り返した。合図で開眼し、解答用紙に計算結果を記入した。

(2) 空間的課題 (a) 絵画記憶 (S1) : 劇画雑誌から人物が4人描かれている絵を任意に選び、音声条件ではその絵の構図や人物などの特徴を説明した。説明時間は65 sec間であった。映像条件では、その絵を190×200 mmの画面に40 sec間提示した。提示期終了の合図で60 sec間閉眼して、音声条件では説明内容から絵をイメージし、映像条件では絵を想起し続けた。次の合図で開眼し、質問紙による再認テスト〔原画に修正を加えた図を用い、誤り(修正)箇所を検出する〕を行った。

(b) 絵画想起 (S2) : 予め実験前に「笛を吹く少年」と「モナリザ」の写真を題名とともに提示して記憶させた。映像条件では題名を文字の静止画像で10 sec間、音声条件では音声で提示した。被験者は60 sec間閉眼して絵をできるだけ鮮明に想起するように努め、合図で開眼し質問紙により“足(手)はどちらが前(上)になっていましたか”等の質問に答えた。

測定・記録: (1) 脳波の記録: 脳波は左右同側耳朶 (A_1, A_2) を基準部位として、左右の頭頂 (P_3, P_4)、後頭 (O_1, O_2) 及びウェルニッケの領野 (W_1, W_2) の6部位から導出した。ウェルニッケの領野は Inoue et al. (1980) に準じて、頭頂、後頭、側頭 (T_3, T_4) の重心の位置とした。記録は紙記録(日電三栄製1A57)するとともに磁気記録(TEAC製SR-50)した。

(2) スペクトル分析: 課題遂行期(60 sec間)の前半部を対象として、アーチファクトのない区間を5 msec間隔でA/D変換し、1024点をFFT処理した後hanning windowを用いて平滑化し、これを6区間について単純加算平均してパワースペクトルを求めた。従って標本長は30.72 sec、周波数分解能は0.195である。パワースペクトルの演算と平行して、同じ標本脳波を用いて同側半球内コヒーレンス ($P_3-W_1, P_3-O_1, W_1-O_1, P_4-W_2, P_4-O_2, W_2-O_2$) を計算した。演算はシグナルプロセッサ(日電三栄製7T18A)によった。

(3) 左右差指数: オートパワ及びコヒーレンスは、今回 α 帯域での変動に着目し、7.5~12.5 Hzの合計パワと平均コヒーレンスを各部位毎に計算した。左右差指数は $(L-R)/(L+R)$ の式で計算した。 α 帯域の合計パワは半球活動が活発である程 α 減衰を反映して低減すると仮定されているので、左右差指数は正の値が大きい程右半球活性が強く、負の値が大きくなるほど左半球活性が強い状態を示す。一方、コヒーレンスについては、活性半球で半球内コヒーレンスが上昇する(Beaumont et al. 1979)から、パワとは逆に左右差指数が大である程相対的に左半球活性状態を示すと解釈される。

課題遂行の自己評定: 課題遂行に関与する心理的要因を調べるために全課題に対して(1)親しみやすさ(-3~3点)、(2)難しさ(-3~3点)、(3)どの程度できたか(0~6点)、(4)遂行中の眠気(0~6点)を毎回の解答終了時に7点の直線尺度を用いて評定させた。空間課題では、(5)絵が頭の中で浮かんだか(0~6点)についても評定させた。

結 果

1. パワの左右差指数による検討

刺激モダリティ(聴覚・視覚)、課題(言語・空間)および脳波部位(頭頂・ウェルニッケ

領・後頭)の3要因に関して α 帯域パワの左右差指数を Table 1. にまとめた。分散分析の結果, 課題 [F (3,11) =3.85, $p < 0.05$] と部位 [F (2,11) =6.92, $p < 0.025$] の主効果に有意差が認められたが, モダリティの主効果とその他の交互作用については有意差はみられなかった。下位検定の結果, 課題差は聴覚刺激では全ての部位で, 視覚刺激では後頭部で有意であった。いずれの部位も有意差は課題のカテゴリー間(言語-空間)にみられ, 同じカテゴリー内(V1-V2, S1-S2)には認められなかった。部位差はどの条件間の比較でも, ウェルニッケ領>頭頂>後頭の順で左右差が小さくなりウェルニッケ領では常に左半球パワ (W_1) が高く, 逆に後頭部では右半球パワ (O_2) が常に高い。頭頂部は左右のパワが比較的接近した値をとり, 左右差が僅少であることがわかった。

Table 1. The average laterality index scores (LIS)[†] of alpha band power for stimulus modalities (Audio vs. Visual), tasks (Verbal vs. Spatial) and EEG areas (N=12).

Task	V1	V2	S1	S2
Area	Audio			
P	0.05	0.05	0.08	0.10
W	0.14	0.19	0.21	0.26
O	-0.22	-0.25	-0.17	-0.17
	Visual			
P	0.05	0.07	0.08	0.05
W	0.17	0.23	0.20	0.19
O	-0.22	-0.24	-0.17	-0.15

$$\dagger LIS = (L - R) / (L + R)$$

V1 : memorize Chinese (kanji) words,

V2 : square of double figures,

S1 : visual imagery of an unfamiliar picture,

S2 : visual imagery of a famous picture,

P: parietal,

W: Wernicke's area,

O: occipital.

同じカテゴリー内の課題間には差がなかったので, V1とV2, S1とS2をそれぞれ平均してグラフで示したのが Fig.1. である。Table 1. からもわかるように, 今回の結果で見られた課題差は, 従来よく報告されるような符号の反転が生じるような激しいものではなく, いずれも相対的なものである。そこで, それぞれの部位と刺激のモダリティ条件で課題間の平均をとり, その平均からの偏差で相対的な右半球活性あるいは左半球活性を表現することにした。図の黒棒が言語的課題, 白棒が空間課題を示しており, 下向きが相対的な左半球活性, 上向きが右半球活性を示している。聴覚刺激ではどの部位でも言語的課題で相対的な左活性, 空間的課題で右活性が起きているのが認められる。両モダリティをこみにした課題差(偏差)の平均

は頭頂で0.020, ウェルニッケ領で0.034, 後頭で0.033で, この差は有意 [F (2,11) =5.12, p<0.05] であった。下位検定の結果, 頭頂<ウェルニッケ領=後頭の関係が認められた。視覚刺激では, 課題差が見られたのは後頭部のみであるが, その変化方向は聴覚刺激と全く同様であり, 偏差の平均も0.036でほとんど変わらない。

以上の成績から, α 帯域のパワを指標とした場合, 聴覚刺激条件では頭頂から側頭, 後頭にいたる広範囲の半球間で著明な左右差を示す。一方刺激条件が視覚系の場合はこれが後頭部に局限するのが特徴である。

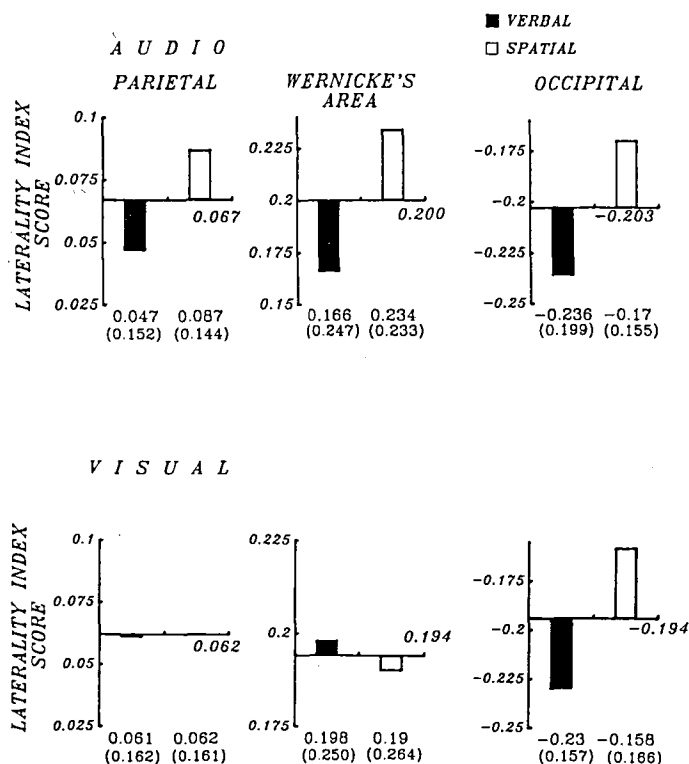


Fig.1. Comparisons of EEG laterality among the cognitive tasks, the information modalities and the scalp areas.

2. 半球内コヒーレンスの左右差指数による検討

Table 2. は刺激モダリティ, 課題及び半球内コヒーレンスの組合せの3要因に関して, α 帯域平均コヒーレンスから求めた左右差指数をまとめたものである。分散分析の結果, 組合せの主効果に傾向差 [F (2,11) =3.48, p<0.10] がみられたが, ほかの主効果と交互作用には有意差はみられなかった。

3. 課題遂行の自己評定と左右差指数の対応関係に関する検討

Table 3. は刺激モダリティ, 課題, 評定尺度に関連させて, 評定得点の平均を表にまとめたものである。各尺度毎に分散分析した結果, いずれの尺度にも刺激モダリティの主効果には有意差がみられなかった。「親しみやすさ」の尺度には課題差も認められなかった。一方, 「難しさ」 [F (3,11) =7.76, p<0.01], 「どの程度できたか」 [F (3,11) =9.33, p<0.01],

Table 2. The average laterality index scores (LIS) of alpha band coherence for stimulus modalities, tasks and EEG areas (N=12).

Task	V1	V2	S1	S2
Pair * Audio				
P - W	-0.16	-0.17	-0.17	-0.14
P - O	0.12	0.10	0.09	0.11
W - O	0.15	0.18	0.16	0.20
Pair * Visual				
P - W	-0.16	-0.17	-0.19	-0.15
P - O	0.09	0.10	0.10	0.09
W - O	0.14	0.15	0.18	0.14

*Pair: (e. g. P-W: intra-hemispheric coherence between Parietal and Wernicke's area)

LIS: (left intra-hemispheric coherence-right intra-hemispheric coherence) / sum of left and right intra-hemispheric coherence.

「遂行中の眠気」[F(3,11) = 4.44, p < 0.05] の3つの尺度には、課題の主効果に有意差がみられた。下位検定の結果、「難しさ」はV1とその他の課題との間に有意差が認められた。つまり、単語の記憶課題は他の3つの課題よりも比較的簡単であったことを示している。「どの程度できたか」は聴覚刺激ではV1とその他の課題との間に有意差がみられたが、視覚刺激では言語課題(V1・V2)と空間課題(S1・S2)の間に差がみられた。「眠気」の尺度はV2(暗算)が他の課題遂行時よりも有意に眠気が低いことがわかった。記憶保持やイメージ想起に比べ、暗算はより高い覚醒をもたらすことを示している。空間課題の「絵が頭の中に浮かんだか」には刺激モダリティと課題のいずれにも差がみられなかった。平均点は尺度の中央付近にあり、比較的明瞭な視覚心像が得られていたことを示している。

課題遂行中の心理的要因が、パワの左右差指数と相関関係を持つかを検討するために、Table 1. の左右差指数と Table 3. の評定値からスピアマンの順位相関係数を調べた。有意な相関関係は、聴覚刺激の条件ではウェルニッケ領の指数と「難しさ」(rs = -0.85) 及び「どの程度できたか」(rs = -1.00) に逆相関がみられた。一方、視覚刺激では後頭部の指数と「どの程度できたか」(rs = -1.00) に逆相関がみられた。その他の尺度と指数の間には有意な相関係数(rs > ±0.811) は得られなかった。課題が難しく感じられ、実際に遂行した結果もあまりうまくいかなかったという印象が強い課題ほど、左右差指数は大きな値をとる傾向があることを示している。今回の結果では空間課題がやや難しく達成度も低く評価されている。従って、困難度と達成度が影響して指数が増大したのか、空間課題の課題遂行(右半球活性)が指数を大きくしたのか、その変化方向が重なっているために区別が難しくなっている。そこで、困難度と達成度が指数の大きさを決定する主要因であるかを確かめるために、上記の部位と尺度に関して各被験者毎にその評定点の最大値と最小値の課題を選び、平均左右差指数を計算した。評定点と指数の間には逆相関関係があるので、もし困難度と達成度が主要因であるなら課

Table 3. Average self rating scores for five scales.

Task	V1	V2	S1	S2	F (3, 11)/
Scale [†]	Audio				t (11)
familiarity (+3 ~ -3)	0.58	1.00	-0.17	-0.08	3.34
difficulty (+3 ~ -3)	1.25	-0.33	-0.67	-1.25	7.76**
achievement (0 ~ 6)	4.83	3.17	2.92	2.92	9.33**
vividness (0 ~ 6)	-	-	3.75	3.83	2.60*
sleepiness (0 ~ 6)	1.92	0.67	1.42	1.67	4.44*
	Visual				
familiarity (+3 ~ -3)	0.16	0.75	-0.33	-0.25	1.81
difficulty (+3 ~ -3)	0.83	-0.75	-1.17	-1.50	7.12**
achievement (0 ~ 6)	5.08	3.59	3.00	1.67	8.69**
vividness (0 ~ 6)	-	-	3.58	4.25	0.25
sleepiness (0 ~ 6)	1.17	0.83	1.33	1.33	1.16

**p < 0.01, *p < 0.05

†very familiar (+3), very difficult (-3), perfect (6), very vivid (6), very sleepy (6).

題の種類を無視した集計でも、評定値が最大の時に指数は最小となり、評定値が最小の時に指数は最大となって、両者には有意差がみられるはずである。集計の結果、聴覚刺激の条件では、「難しさ」の尺度の最大値の平均左右差指数（ウェルニッケ領）は0.196（SE=0.081），最小値では0.261（SE=0.070）で、有意差はみられない（ $t=1.965$, $df=11$, $p=0.075$ ）。「どの程度できたか」では最大値の時の平均指数は0.161（SE=0.072），最小値では0.209（SE=0.078）で、これにも有意差はなかった（ $t=1.539$, $df=11$, $p=0.149$ ）。視覚刺激の条件では、「どの程度できたか」の最大値の平均左右差指数（後頭部）は-2.197（SE=0.048），最小値では-0.178（SE=0.053）で、有意差はなかった（ $t=1.977$, $df=11$, $p=0.071$ ）。以上の結果をまとめると、課題の難易度と達成度が指数の大きさに影響を及ぼしていることがうかがわれるが、その影響が指数の大きさに決定的な役割を占めているとはいえない。従って今回の課題間にみられた指数の差は、課題内容のカテゴリ-差（言語的-空間的）に起因したものと、みなしてよいであろう。

考 察

認知課題の遂行中にみられる脳波の左右差は言語的、論理的課題で左半球活性が、空間的、情動的課題で右半球活性がみられている。半球の活性状態は α 帯域の積分値（Ehrlichman &

Weiner 1980) やパワ (Rebert et al. 1984, Marquis et al. 1984) の減少, あるいはピーク周波数の上昇 (荻坂 1983) として認められる。今回の成績は α 帯域のパワに課題差がみられ, 従来の知見と原則的な一致がみられた。この課題差は情報のモダリティーとは直線的な交互作用はみられなかったが, 部位差の表れ方に音声条件と映像条件の間で違いがみられた。音声条件では頭頂から側頭, 後頭に至る広範な領域で課題差が認められたが, 映像条件ではこれが後頭部に限局していた。課題遂行中の脳波の左右差をトポグラフィ分析した牧野 (1987) によれば, 言語的課題は側頭後頭部から頭頂下部の角状回を中心として左右差を示す部位が分布するのに対し, 空間課題では後頭部を中心に分布し, その分布様相は課題遂行に動員される処理機能と脳の機能局在によく対応していることが指摘されている。この研究では言語的課題はテープによる音声呈示が, 空間課題ではスライドによる映像呈示が行われており, 情報モダリティーの制御がなされていないが, 言語的課題を音声条件, 空間的課題を映像条件とすると, 今回の結果の特徴とよく対応していることが分かる。

今回の成績を脳の機能局在と関連づけて検討すると, 視覚系情報で後頭部が著名な左右差を示したことは, この部位が視覚野であることを考えると, 十分理解のいくことである。また, 聴覚系情報が頭頂部からウェルニッケの領野で有意差を示したことは, これらの部位が連合野あるいは言語理解や計算の中枢と考えられていることを考えると, 納得のいく結果である。しかし, 視覚系情報でなぜ頭頂部やウェルニッケの領野で左右差を生じなかったのか, また, 聴覚系情報で後頭部に左右差が生じたのはなぜかという疑問に対しては, 脳の機能局在だけでは説明できない。空間的なイメージ想起やそのイメージに基づいた処理が, 直接, 後頭部の視覚野を活性化するという証拠は報告されていない。そこで聴覚系情報で後頭部に差がみられたことを, 言語から映像へと変換する過程の反映と解釈することは難しい。むしろ, 鈴木(1974)の指摘する広汎性 α 活動が活性半球で強く抑制されたためと考える方が妥当であろう。これらの知見では α 活動は主として2つの成分からなり, 1つは頭皮上の広範囲に分布する広汎性成分であり, もう1つは後頭部に限局した局所成分である。視覚系情報で左右差が後頭部に限局してみられたことは, この考えを裏づけているように思われる。他方, 視覚系情報では頭頂部やウェルニッケの領野で課題差がみられなかったかについては, α 活動の複数振動体仮説だけでは説明できない。左右差の程度は困難度が高くなるとより明瞭になる (Earle 1985, 荻坂 1983) という報告を考慮すると, 聴覚系情報の方が視覚系情報よりも処理の負担が大きく, 困難度が高かったことが考えられる。Table 3. の困難度や到達度の自己評価は, このことと対応しているように思われる。Earle (1985) によると, 難易度と脳波の左右差の間には逆U字形の関数関係がみられ, 難易度が高くなると差は広がるが, 難しすぎると差がなくなるといふ。この研究では頭頂部の脳波しか記録していないので, 他の部位へも布延できるかは不明であるが, 少なくとも今回の聴覚系情報で頭頂部の左右差が最も小さかったことを説明するには役立つように思われる。

今回, コヒーレンス関数について検討した成績には, ほとんど見るべき結果が得られなかった。コヒーレンス・スペクトルを用いた従来の知見では, 空間的課題で右頭頂-側頭コヒーレンスが, 言語的課題では左頭頂-側頭コヒーレンスがそれぞれ高くなる (Beaumont et al. 1978)。また有意味音声 (ニュース放送) に選択的に左半球のウェルニッケ領から対側半球の対応部位に情報の流れが大きい (有向コヒーレンス: Inoue et al. 1981)。困難度との関係では, 困難な課題ほどコヒーレンスは高くなる (Busk & Galbraith 1975)。このような傾向はパワの半球差に関してみられるものと, よく対応しているのがわかる。今回の成績では左右差指数の平均が課題間でほぼ等しくなり, 条件差も課題差もみられなかった。個人データにもどって比

較すると、課題差の表れ方が全く逆向きの被験者が半数ずつおり、このため課題差が相殺されてしまった。パワの場合には困難度が高い時と低い時で左右差の表れ方の程度が変わったり、優位活性半球が逆転したり (Marquis et al. 1984) することが報告されている。そこでコヒーレンス、スペクトルから求めた指数と困難度や到達度との関係を調べたが、一定の関係を見出すことができなかった。なぜ約半数の被験者には仮説に対応した結果が得られ、残る半数には矛盾した結果が得られたかは不明である。一つの可能性として、情報処理に際し情報モダリティの偏好性が存在し、その人が日常に視覚系と聴覚系のどちらの情報を好んで処理するかという、個人差が関与しているのかもしれない。この点に関しては今後の課題として残された。

本研究の一部は昭和 63 年度文部省科学研究補助金 (一般研究 C No. 63510062, 代表 藤原武弘) の援助を受けて行ったものである。記して感謝の意を表したい。また実験に際し片岡康彦君の協力を得た。あわせて謝意を表したい。

引用文献

- Beaumont, J. G., Mayes, A. R. & Rugg, M. D. 1978 Asymmetry in EEG alpha coherence and power: effects of task and sex. *Electroencephal. clin. Neurophysiol.*, 45:393-401.
- Busk, J. & Galbraith, G. C. 1975 EEG correlates of visual motor practice in man. *Electroencephal. clin. Neurophysiol.*, 38:415-422.
- Earle, J. B. B. 1985 The effects of arithmetic task difficulty and performance level on EEG alpha asymmetry. *Neuropsychologia*, 23:233-242.
- Ehrlichman, H. & Wiener, M. S. 1980 EEG asymmetry during covert mental activity. *Psychophysiology*, 17:228-235.
- French, C. C. & Beaumont, J. G., 1984. A critical review of EEG coherence studies of hemisphere function. *International Journal of Psychophysiology* 1:241-254.
- Gevins, A. S., Zeitlin, G. M., Doyle, J. C., Yingling, C. D., Schaffer, R. E., Callaway, E. & Yeager, C. L. 1979 a Electroencephalogram correlates of higher cortical functions. *Science*, 203:665-668.
- Gevins, A. S., Zeitlin, G. M., Yingling, C. D., Doyle, J. C., Dedon, M. F., Schaffer, R. E., Roumasset, J. T. & Yeager, C. L. 1979 b EEG patterns during 'Cognitive'tasks. I. Methodology and analysis of complex behaviors. *Electroencephal. clin. Neurophysiol.*, 47:693-703.
- Glass, A. 1984 Cognitive and EEG asymmetry. *Biological Psychology*, 19:213-217.
- Inoue, T., Yagasaki, A., Takahashi, H. & Shinosaki, K. 1981 The dominant direction of interhemispheric EEG changes in the linguistic process. *Electroencephal. clin. Neurophysiol.*, 51:265-275.
- 牧野章 1987 トポグラフィによる高次脳能局在の検討。臨床脳波, 29:429-438.
- Marquis, F. A., Glass, A. & Corlett, E. N. 1984 Speed of work and EEG asymmetry. *Biological Psychology*, 19:205-211.
- 荻坂満理子 1983 精神作業と α 波ピーク周波数の関連, task difficulty の効果について。脳波と筋電図, 11:248-254.
- Rebert, C. S., Low, D. W. & Larsen, F. 1984 Differential hemispheric activation during complex visuomotor performance: alpha trends and theta. *Biological Psychology*, 19:159-168.
- 鈴木宏哉 1974 α リズムの頭皮上分布と部位間関係, 日本生理誌, 36:203-217.