

認知活動と脳波の左右半球差

— α 波の power density と peak frequency について —

亭 阪 満 里 子

Cognitive Activity and EEG Hemispheric Asymmetry

— Power Density and Peak Frequency of Alpha Waves —

OSAKA Mariko

認知活動と脳波 (Electroencephalogram, EEG) との関連は, EEG の power spectrum, 事象関連電位 (Event Related Potential, ERP) や随伴陰性変動 (Contingent Negative Variation, CNV) 等を指標として研究されている。また, 脳の機能的半球優位性により, 認知活動が EEG の左右半球差を生じさせることも知られている。しかし, 認知活動の質と difficulty level の統制や, 被験者の performance level の統制など再考されるべき問題が残されている。

本稿では認知活動と関連した EEG 研究の内, 主に EEG の power spectrum に関連した研究について, 近年の研究の概要を述べ, 筆者自身の研究結果との比較を行なう。

Power density の比較

認知活動による EEG power spectrum の効果を探索するのに, 多くは指標に power density の測定を行なっている。そこで先づ, EEG power spectrum の power density の左右半球差を問題とした研究についてみる。

認知活動による EEG 左右半球差に関して多くの実証的研究報告を行った Galin とその共同研究者による一連の研究は, Galin と Ornstein (1972) に始まる。この研究は, 以下に述べる新しい見地に立つ点に特徴づけられる。先づ第 1 に, EEG の左右半球差を検討するのに, 安静状態でなく task を遂行中の EEG について分析を試みている。第 2 には, 認知 task を選定するのに, 臨床例の報告に基づき左右いずれかの半球の活動を促進する task を求めている。第 3 には, EEG の導出部位を, 解剖学的, 臨床的所見から最も機能的左右半球差が著しいと考えられている側頭と頭頂の左右対称部位としている。Galín と Ornstein (1972) では, 1—35 Hz の whole band について平均 power density を測定しているが, power density の右半球/左半球の比率は, verbal task で $1.3 (P_4/P_3)^{1)}$ と $1.01 (T_4/T_3)^{2)}$, spatial task では $1.15(P_4/P_3)$ と $0.83 (T_4/T_3)$ であり, verbal task の方が spatial task よりも値が大きい。task は verbal task に書字テスト, spatial task には block design テストを実施している。block design テストは, その後も Galin の研究の中では実施されているが, 2 次元の幾何学図形を記憶し多色ブロックでその図形を再構成するテストである。verbal task で R/L 比が spatial task より大きい傾向がみられたことは, verbal task により左半球で power density

の減少即ち左半球の活動増強が、一方、spatial task では逆に右半球における power density の減少即ち右半球の活動増強がうかがわれる。そして、verbal task の左半球処理、spatial task の右半球処理がそれぞれ推察される。このように Galin と Ornstein (1972) では whole band の power を比較した。これを更に power spectrum 分析により α , β , θ , δ の各周波数成分について比較したのが Doyle, *et al.* (1974) である。Doyle 等は、認知課題の差による EEG の左右半球の非対称性は、EEG の周波数成分の中でも α 波の非対称性によるところが大きいと指摘している。

図1にみられるように、spatial task では頭頂および側頭部位ともに右半球で α 波 power の抑制が大きい。また、verbal task では左半球で α 波 power の抑制が強い傾向がある。このような α 波 power density の左右半球差は Galin と Ornstein (1972) の whole band の左右半球差の2～5倍に及ぶものであった。これは、task に対応した半球における α 波変化の強さを示唆するものであろう。更に、Galin と Ellis (1975) は、認知 task による EEG の α 波 power density の変化を、誘発電位 (Evoked potential, EP) の振幅変化と比較検討した。この研究では、Koh の Block design テストと記憶した文章を書くテストの二種類の task が行われた。EEG の α 波 power density の R/L 比は、verbal task で 1.35 (P_4/P_3) と 1.24 (T_4/T_3) であるが、spatial task では 0.88 (P_4/P_3) と 0.62 (T_4/T_3) であった。このように α 波 power density の R/L 値が、verbal task で大きい結果は、彼らの先行研究と一致する。また、この研究では EP を測定するため、task 遂行中に白色光を3秒毎に10 msec の持続時間で照射している。この光刺激により駆動された EP は各 task 毎に30回加算された³⁾。EP の power, EP の late component (潜時 250-350 msec) 振幅, early component (100-180 msec) 振幅についてそれぞれ R/L 比を求めたところ、いずれも verbal task の方が spatial task よりも大きい結果であり、task 処理の laterality 効果を受けることが知られた。しかしながら、被験者によっては逆に spatial task の方が R/L 比の値が大きい場合もあり、 α 波 power density に比較すると laterality 効果が安定していないことも知られた。

このように Galin 等の一連の研究では task の種類と対応した半球において α 波抑制がみられるものであった。同様の結果は、他の研究者の報告にもみられる。

Morgan, *et al.* (1971, 1974) および Dumas と Morgan (1975) は、task による α 波の左

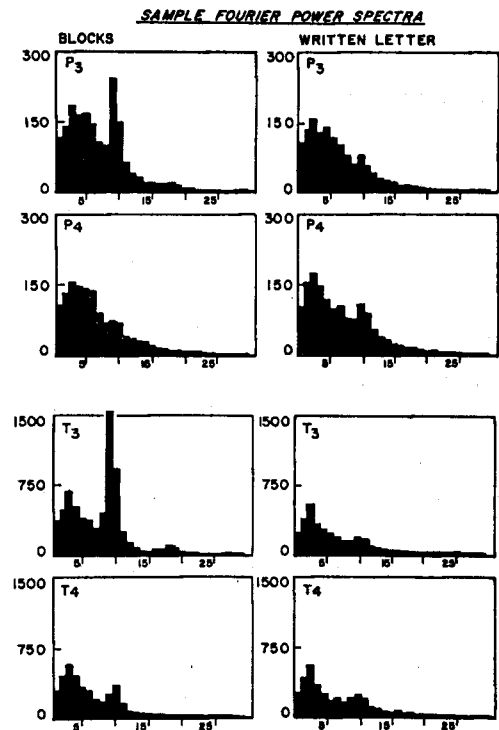


図1 Block 課題(左)と文章構成課題(右)時の power spectrum. 上2段は頭頂、下2段は側頭導出 EEG. (Doyle, *et al.* 1974)

右半球差を, laterality score を指標として検証した。Morgan, *et al.* (1974) は, laterality score を以下とした。

$$\text{Laterality Score} = 100 \times \frac{\text{RH} - \text{LH}}{\text{RH} + \text{LH}}$$

但し, RH, LH はそれぞれ, 左右半球の α 波振幅値。

task は, verbal task には計算課題と言語連想課題, spatial task には心像課題と作曲課題が適用された。更に, 被験者の催眠暗示効果と EEG との関連をも検討した。この結果, α 波活動は全体として, 催眠にかかりやすい被験者群の方がかかりにくい被験者群より優位であった(催眠中にある時およびそうでない時においても)。しかし, 催眠にかかりやすさの指標は α 波の laterality には有意な効果をもたらしていない。一方, task による効果は有意であり, laterality score は, verbal task の方が spatial task よりも有意に大きい値が得られている。ただここで問題になるのは, spatial task の心像課題は verbal task に比較して "より易しい" と感じられることである。仮に, 心像課題の difficulty level が他の課題と異なっていたとすれば, task difficulty の効果が spatial と verbal の両 task 間の差をもたらしていることも考えられる。

このように, task difficulty の差違が task の差による EEG の左右半球差に影響を与え解釈をあいまいにすることは留意すべき問題であると思われる。なお difficulty level に関して, Mckee, *et al.* (1973) は, verbal task と musical task について, α 波の L/R⁴⁾ 値を測定した。更に, verbal task は difficulty level により 3 段階に分けられた。その結果, α 波の L/R 値は musical task で最も大きく, verbal task では difficulty level が強くなる程値が減少する傾向がみられた。しかし, Mckee 等の raw データについては, task の差にかかわらず右半球で α 波が優位であった。そして, この raw データの左右半球差は, musical task で最大となり, verbal task の difficulty level が最も高い task の場合に最小となった。

さて, 認知活動による EEG 左右半球差を利手との関連でとらえる研究例もある。

Butler と Glass (1974) は, 右利手および左利手の被験者について, 計算課題下で EEG 測定を行なった。なお, 計算課題を task に選んでいるのは Berger の EEG 発見以後多数の研究者により計算課題により α 波が抑制されることが報告され, また Glass 自身も 60 年代初頭から主として計算課題による α 波変動を検証してきたことによるとと思われる。Butler と Glass が用いた α 波指標は α 波の振幅ヒストグラムである。開眼, 閉眼とも安静時には α 波振幅の左右半球差はほとんどみられなかったが, 計算下では左半球の α 波振幅に抑制が強かった。この傾向は, 開閉眼とも同様であったが閉眼時には特に安静下と計算下との間で有意差が得られた。しかし, この傾向は右利手の被験者についてのみ得られ, 左利手の被験者では後頭では主に左半球が, 頭頂と中心部位では右半球で抑制が強い場合があり, 結果に一貫性が無い。また, Butler と Glass の研究では計算課題以外の spatial task を行っていないので, task の効果について更に検討の余地が残る。

このように, EEG の power density を測定して認知活動の laterality をみる研究は, 多くが R/L 比を指標としている。しかし, Donchin, *et al.* (1977) が指摘するように, R/L の変化は, EEG α 波の非対称な変化を暗示してはいるが, そのことがそのまま優位な活性半球での α

波の抑制であることを証明している訳ではない。というのは、R/L 比の変化を、それぞれ右半球、左半球のデータの変化に直結はできないのである。重要なのは、task 下の R/L 比は常に安静時の一定の R/L 比の上に重複したものであり、全く左右対称の基線との比較ではないという事である。また、task difficulty との関連を混えて、task と左右半球の EEG の interaction を更に検討する必要がある。

Peak frequency の比較

α 波の power density や振幅値については多数の左右半球差に関する研究報告がなされている。しかし、task による α 波の周波数変動に関するものは少ない。ここでは、認知活動による EEG power spectrum の peak frequency 変化について考察したい。

task 負荷による α 波の周波数変動については、 α 波の視察分析から Knott (1938) や Hadley (1941) が周波数が高くなることを報告している。また、Walter (1959) は、toposcopic 的手法により、安静時には比較的安定している α 波周波数が計算時には周波数が高くなると指摘している。Giannitrapani (1971) は、EEG の位相関係を手がかりとして左右半球間で比較を行い、計算課題と空間課題にそれぞれ特徴的な変化を示す α 波周波数成分のあることを報告している。また、Giannitrapani (1981) は、EEG power spectrum の因子分析を行い、計算課題と関連した α 波の周波数成分があること、また 13 Hz の周波数が verbal 処理に強い関連をもつことを示唆している。

さて、EEG power spectrum の α 波 peak frequency に関して、荳阪(1979)は、task 負荷の下で高い周波数方向へ移行することを報告した。この研究で行われた task は計算課題であった。また、peak frequency の移行は 0.25~0.50 Hz に及び、頭皮上の後頭と前頭部位について測定したところ両部位において確められた。更に、Osaka (1983) は、verbal task と spatial task について、peak frequency の比較を行った。

図2は、verbal task (simple addition task, SA と complex addition task, CA) と spatial task (visual imagery task, VI と mental rotation task, MR) について task 下の peak frequency から安静時の peak frequency を引いた peak frequency の shift value である。

SF : shift frequency value

$$SF = PF_t - PF_r$$

PF_t : task 下の peak frequency

PF_r : resting 下の peak frequency

この図にみられるように、peak frequency は安静時に比較して task 下では高い周波数の側へ移向している。また、計算課題では主に左半球で、空間課題では右半球で移行が大きい傾向がみられた。この傾向は、task difficulty が大きくなる程 (SA より CA の方が、VI より MR の方が) 顕著にみられた。

α 波 peak frequency の変動については Rebert と Low (1978) や Rebert と Mahoney (1978) にも報告されている。Rebert と Low では、spatial task は対呈示した3次元図形の同異判断を、verbal task ではテクニカルレポートの一節を読むことであった。 α 波の power density は spatial task では右半球で抑制が強く、verbal task では左半球で抑制が強い結果が得られ、task 処理の左右半球非対称性を表わしている。一方、 α 波 peak frequency の変化は

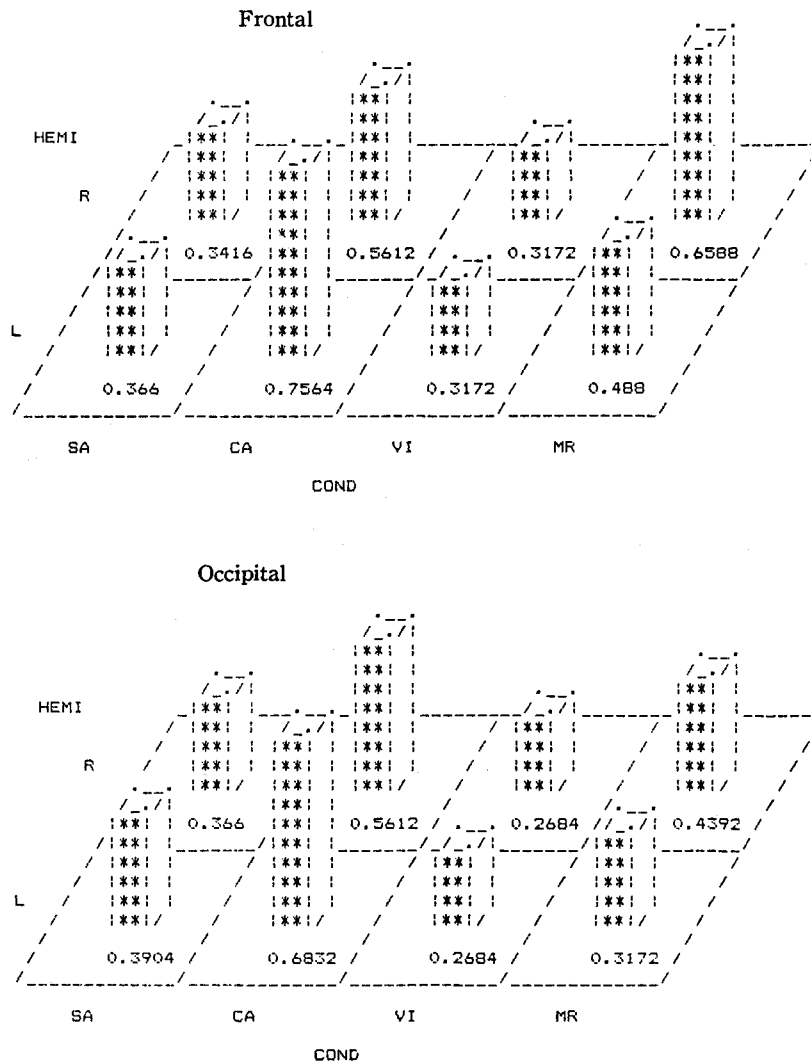


図2 整数加算: SA, 素数加算: CA, 心像: VI, 心的回転: MR 時の peak frequency の変位。上図は前頭, 下図は後頭について, 左右半球差 (L, 左半球, R, 右半球) を示す。数字は変位値 (Hz)。 (Osaka, 1983)

power density とは逆に, 安静時に最も peak frequency が低く, task 下では高い傾向を示した。また, verbal task では, peak frequency は左半球の方が右半球より高く, この結果は Osaka (1983) と一致する。しかし, spatial task では, Rebert と Low の peak frequency は左半球の方が高く Osaka (1983) の結果と一致しない。一方, Rebert と Low の研究ではダイナミックな spatial task として, テレビゲームの操作を行わせ, EEG の左右半球差をみている。ゲーム操作中の α 波 peak frequency は, 安静時には左半球の方が右半球より高いのとは反対に, 右半球でより高い傾向がみられた。この傾向は中心および側頭部位において確められた。また, resting 下と比較しても, 右半球では peak frequency は高いことが, 中心および側頭部位で確

認された。このように、spatial task で右半球に peak frequency が高くなる傾向がみられたことは Osaka (1983) と一致する。また、Rebert と Mahoney (1978) では言語と図形の弁別作業を行わせ、RT、正当率および EEG α 波を手がかりとして左右半球差を検討している。各々の条件について慣れの効果をみるため、前半 (SET 1) と後半 (SET 2) について、RT、正当率および EEG α 波を分析したところ、RT と正当率は SET 2 でそれぞれ短縮および増加傾向がみられた。EEG の α 波 power density は平均 $16 \mu\text{V}$ 、 α 波 peak frequency は 0.1 Hz それぞれ SET 2 で増強と減少がみられた。また、反応のキー押し作業が task 処理と反対側の手 (即ち、手運動コントロールはその反対側の半球で統制されているため、従って task 処理と運動コントロールが同側半球において行われている) で反応させた場合は、task performance は悪いと考えられているが、Rebert と Mahoney でも、言語刺激の場合には右手反応時に、図形刺激の場合には左手反応時に反応時間の延長と正当率の減少傾向がみられた。しかし、EEG の power density と peak frequency に対する task の効果は有意ではなかったが、set $\times$ Hand $\times$ task の interaction は有意であった。即ち、SET 1 から SET 2 への移行において、peak frequency の減少が両半球でみられたが、task 処理と反対側の手で反応した場合の方が変化が小さい傾向がみられた。即ち、言語刺激では右手反応時に、図形刺激では左手反応時に peak frequency の減少が小さかった。これは、同一半球において、知覚的、認知的処理と運動コントロールとが同時に行われる方が、脳の活性化が強く従って順応への抑制が強く働くためであろう。また、負荷が大きく活性化の強い場合に peak frequency の値が大きく、逆に負荷の小さい場合に値が小さいことは、peak frequency と脳の活性化との関連が示唆され興味深い。

一方、Glass と Kwiatkowski (1970) は、計算課題遂行中の EEG power spectrum について、 α 波成分の中でも特に低周波成分の抑制が大きいことを指摘している。Glass と Kwiatkowski の研究では power spectrum の分解能は 2.5 Hz と非常に低く、従って 2.5 Hz 以内の周波数の変動については知ることができない。しかし、開眼と計算の両条件を閉眼安静下と比較したところ、 α 波の低周波成分 (7.5 Hz) は開眼よりも計算で抑制が大きい、高周波成分 (12.5 Hz) は計算よりも開眼で抑制が強い。被験者の中には power spectrum のピークが 10 Hz 付近に 1 つ出現する場合と、 8 Hz および 12 Hz 付近に双峰性のピークの出現がみられる場合とがある。後者の場合には、低周波成分の抑制に伴う peak frequency の移行が特に明瞭である。Glass と Kwiatkowski の結果にみられる周波数の移行は Osaka (1983) や Rebert と Low (1978) の結果と一致する。

さて、 α 波 power spectrum の peak frequency の移行は power density の抑制と同期して生じるのだろうか。

Kawabata (1974) は、左右後頭部 (O_1-O_2)⁵⁾ の双極導出で測定された EEG の周波数分析を行い、閉眼暗算 (2^N) 時の α 波の変動を検討した。

図 3 は、暗算を行っている間の EEG の瞬時 power spectrum (2.5 秒間のデータで、前後 0.5 秒間の重複) を power density を高さとした等高線図である。図にみられるように、計算開始の合図 “start” の後 1 ～ 1.5 秒の潜時で α 波の power density が減少している。この開始前 3.25 秒から 0.25 秒までの 3 秒間の power spectrum と開始後 1.75 秒から 4.75 秒までの 3

秒間の power spectrum を比較したのが図4である。

この図にみられるように、計算時には α 波 power density が減少し、power spectrum の中心周波数 (peak frequency) が高い周波数の側へ移行している。Kawabata の周波数分解能は 0.5 Hz でやや低いように思われるが、図4からは約 0.5~1.0 Hz の peak frequency の移行が測定される。

先に川端(1973)は、開閉眼に伴う α 波の変動を分析した。開眼から閉眼に移行する α 波の回復過程では、先づ α 波の振幅が増加し、次にその中心周波数が徐々に低くなる。一方、閉眼から開眼への移行における α 波抑制過程では、閉眼への移行に比較して急激に変化することを指摘している。また、川端(1973)は、計算中の α 波変化は開眼と同期して生じる変化ほど顕著ではないが、power spectrum は α 波中心周波数のまわりで非対称であり、 α 波の低周波成分 (8~10 Hz) は高周波成分 (10~12 Hz) より強く抑制されることを示唆している。また、 α 波 power の抑制と α 波 peak frequency の移行に関して以下のように述べている。計算時には、 α 波の優勢区間が減少する。そして、この優勢区間の α 波は、先ず振

幅が増大し、その周波数を低下させようとするが、周波数の移行が十分に行われる前に再び抑制される。従って、計算時の α 波の peak frequency は抑制区間のものから有意に移動していない。この故に、計算時の α 波 power spectrum の特徴は、開眼などによる抑制区間に比較すると power density は強くなるが peak frequency はほぼ等しい。また、安静時と比較すると、power density は低く peak frequency が高い様相となる。Kawabata (1974) の結果は、Glass と Kwiatkowski (1970) の結果と、低周波成分の抑制の点で一致する。なお、task 下で α 波出現率の低下することは、Glass (1966), Lorens と Darrow (1962) にも述べられている。また、

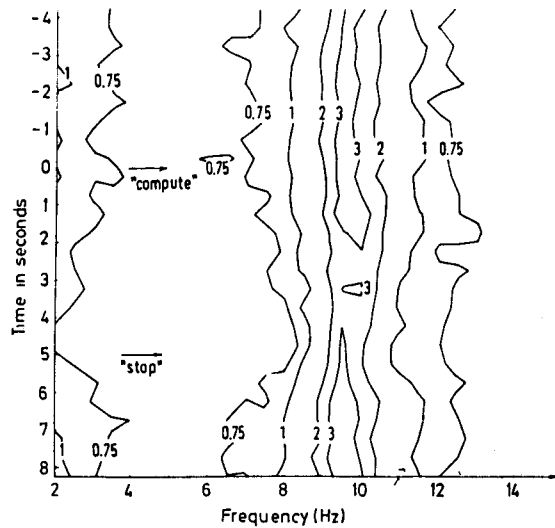


図3 計算時の power spectrum の等高線図 (Kawabata, 1974)

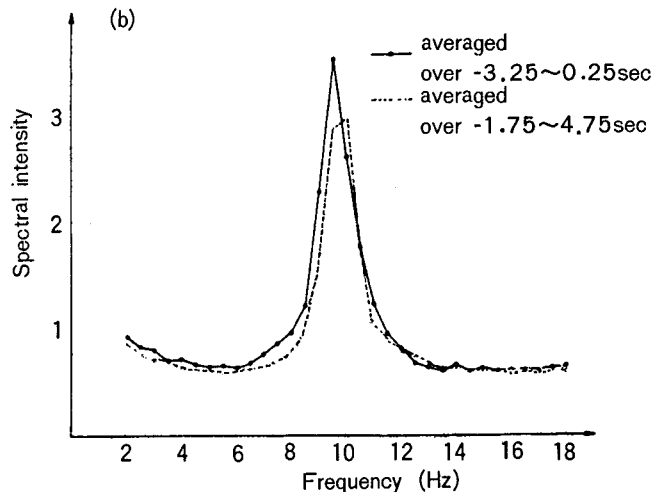


図4 計算時と安静時の power spectrum の比較 (Kawabata, 1974)

Kawabata の研究では EEG の導出部位を O_1-O_2 としているが、一般に task の影響を受けにくいと考えられている後頭葉で task 効果がみられたのは注目すべきである。

さて、Kawabata (1974) では peak frequency の変動を power density の変化で説明しようとしているが、両者の生起に時間的ずれが生じていることを考えると、必ずしも説明できるとはいえない。peak frequency と power density の関連をみた研究に、Pfurtscheller (1977) がある。Pfurtscheller は、視覚刺激と聴覚刺激により、それぞれの感覚野と対応した後頭部位と側頭部位において局所的に α 波 peak frequency の増加 (0.1~0.8 Hz) を見出した。また、 α 波 power density の 50 % の減少が、peak frequency の 5 % の増加をもたらすと報告している。そして peak frequency について、 α 波の power density よりも測定誤差が少なく、部位差やその他のアーチファクトによる影響も少ないと指摘し、この点から、認知活動に伴う EEG 変化をみるには利点をもつと述べている。一方、Pfurtscheller (1976) は、安静時の左右半球差の変動を調べたが、peak frequency に有意差が得られた。このように、 α 波 peak frequency の左右半球差が有意に存在することは、 α 波発生機構を thalamic のペースメーカーとする説 (Andersen と Andersen, 1968) に疑問を投げかける。しかし、左右半球差は存在するものの両半球での時間的相関は .84~.93 でかなり高いところから、Pfurtscheller は発生機構を subcortical thalamus から reticular activation system にあると考えている。

task difficulty について

今まで認知活動に関連した EEG power の左右半球差を概観したが、そこにおいて、task difficulty の効果が見逃がせないものと考えられた。そこで以下に、task difficulty の効果をもつ研究例をみえてみる。

Galin, *et al.* (1978) は、 α 波 power density の左右差に及ぼす task difficulty の効果を調べた。task は Bloch design テストであるが、14種類の複雑さの異なる図形から成る。それぞれの図形の構成に要する時間と被験者の主観的 difficulty 評定を測定した。また、この二つの尺度間には有意な正の相関が得られた。task 下の EEG power density と task difficulty との相関を求めたところ、task difficulty と C_3 , C_4 , P_4 および $\log C_4/C_3$ との間で正の相関 (.66, .76, .67, .68) が得られた。即ち、task difficulty が増すと、EEG の α 波 power density が高くなる傾向がみられた。また、個人毎の分析でも16名中10名の被験者について、EEG の α 波 power density と difficulty との間で有意な正の相関が得られた。この結果は、task 処理が行われている半球で α 波 power density の抑制が強いという従来の研究と相反する。というのは、task を行う半球で抑制が大きいならば、task difficulty の増加に従って α 波抑制が促進され、従って、 α 波 power density と task difficulty との間に逆相関が存在すると予想されるからである。なお、Galin, *et al.* (1978) では task の差異による EEG 左右半球差をも測定している。この結果は従来の研究報告と一致した。このような結果の混乱の一因として、task difficulty の統制の難しさがあげられる。たいていの場合、task difficulty の尺度は被験者の performance level (速度、正確さなど)に基づいている。Galin, *et al.* (1978) で指摘されているように、difficulty が増すということは、より多くの操作が必要とされる、時間あたりの負荷が増える、一度により多くのことが統合される、或いは異なる操作が要求されるなどの側面をもつ。このような

difficulty の様相のすべてが一様に EEG の α 波の非対称性をもたらすとは考えられないにしろ、一応の検討の必要はあろう。

Furst (1976) は、三次元図形の同異判断を行わせ、EEG 左右半球差を調べた。そして、 α 波の power density と判断時間との間に正の相関を得た。即ち、 α 波 power が、右半球で抑制されている被験者が problem solving 速度が速いことが示唆された。また、Tucker (1976) は、左半球のみの導出であったが、 α 波の非対称性と、verbal および non-verbal task performance 間に有意な正の相関を得た。さらに、Dumas と Morgan (1975) は、occupational カテゴリーを Cognitive ability の基準として、EEG α 波の左右半球差を検討した。結果、performance と EEG 非対称性との間に有意な相関は見い出せなかった。この場合、occupation を cognitive ability の指準としているのは幾分再慮の余地を残そう。また Glass と Butler (1977) は、左半球の α 波抑制が強い被験者ほど、計算課題の performance 速度が速い結果を得た。

一方、McCarthy と Donchin (1978) は、structural matching と functional matching 課題の下で、EEG 左右半球差を検討した。課題刺激は3つ同時に呈示されるが、その内の2つは structural に等しく、また他の2つは functional に等しい。従って、図形の内1つは、両方のカテゴリーに属するのである。被験者は予め報告されたカテゴリー (functional か structural か) により反応する。この時同時に、RT と正当率が測定された。performance データから、functional な matching 課題の方が structural な matching 課題よりも difficulty level が高いことが知られた (RT については 950 : 1469 msec, 正当率については 93 : 75%)。EEG power density の結果を図5に示す。

図5にみられるように、matching type の効果は有意であり、functional matching 時には、structural matching 時よりも α 波抑制が大きかった。この傾向は、 α 波帯域の 8, 10, 12, Hz の各周波数について同様であった。しかし、task の差異による EEG の左右半球差は得られなかった。Donchin *et al.* (1977) は、task による左右半球差がみられなかった理由として、分析時間が task 刺激呈示前1秒間を含んでいた事と、task difficulty の効果が大きく左右半球差を不明瞭にした事とをあげている。そしてこの事実から、task difficulty の統制の重要性を指摘している。

一方、Chartock *et al.* (1975) は、verbal と spatial 刺激の対連合学習課題で、EEG の左右半球差をみようとした。しかし、task の差異による α 波 power density の左右半球差はみられなかったが、 α 波 power density は、task performance (学習率) の効果を受けて減少した。この Chartock らの結果は McCarthy

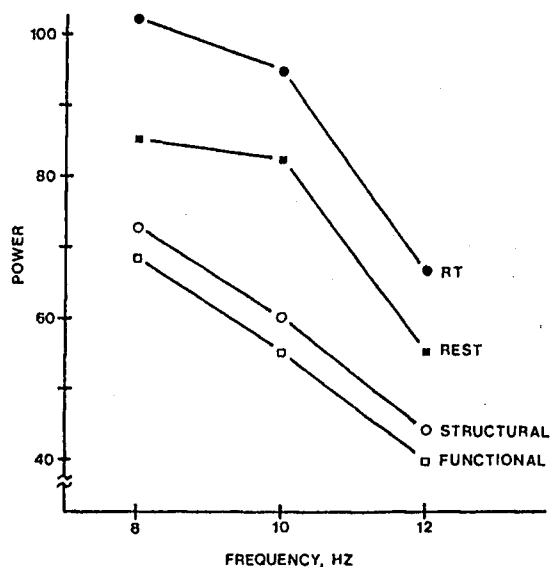


図5 structural matching と functional matching 課題時の power density, (Donchin, *et al.*, 1977)

と Donchin の結果と一致する。

Osaka (1983) では、verbal task は spatial task のそれぞれについて、task difficulty が異なると考えられる2種の task を行い、EEG power spectrum の α 波 peak frequency の左右半球差を測定した。verbal task は整数加算と素数加算であった。前者は、整数を単純に加える操作が要求されるのに対して、後者は加算を行う前にその整数が素数か否かの判別が必要である。一方、spatial task は心像課題と心的回転課題である。前者は試行前に30秒間呈示された図形を心像に描く操作が要求されるが、後者は、図形を心像に描きかつそれを心的回転させる操作が要求される。このように、task difficulty level は、多くの操作を同時に処理するか否かにより決定された。結果、計算課題では、整数加算の方が素数加算より performance level は高く、誤りも少なかった。spatial task では、心像課題の方が心的回転課題よりも、試行後の図形描写に誤りが少なかった。また、被験者の評定も、筆者の期待していたものと一致した。Osaka の結果から、task difficulty の有意な効果が得られ、task と peak frequency の左右半球差との交互作用も統計的有意差が得られた。また、peak frequency の左右半球差は、task difficulty level の高いとき、即ち、素数加算と心的回転下において、より明瞭であった(図2参照)。これは、Rebert と Low (1978) の研究で、図形の同異判断時には peak frequency の増加がみられなかったが、より複雑で具体的な spatial task であるテレビゲーム操作時に有意な peak frequency の増加がみられた事と共通するように思われる。

このように task difficulty は EEG の左右半球差に様々な効果を与えることがわかった。そして、task difficulty の統制の重要性が示唆されるだろう。

さて最後に、Donchin, *et al.* (1977) は、task による EEG の左右半球差を多様にする一因として、resting の統制の難しさをあげている。Sugerman, *et al.* (1973, Goldstein と Harnad, 1977 による) は、EEG の R/L 比は正常人67名について測定したところ 0.8~1.2 間にあり、58%が1.0以上であったと報告している。このように、resting 時に R/L 比が1.0以上になる理由は、被験者が verbally な思考形式にあったためと指摘している。また、被験者の試行後の内省によれば多くが verbally な思考活動をしていたことが知られた。このように、安静時にも EEG α 波に非対称性性がみられることは、task の効果をみる場合に留意すべきであろう。

Grawbow, *et al.* (1979) は、resting 下と、4種の spatial task, 3種類の verbally task 遂行中の EEG power spectrum を測定した。そして、EEG 左右半球差に及ぼす task の効果を次の3つの方法に基づき検討した。第1は左右半球差、第2は resting 下との差の左右半球差、第3は各試行の直前の試行との差の左右半球差であった。結果、第3の方法による場合に最も task による左右半球差が明瞭であった。この結果から、task による効果は次の試行にも影響を及ぼすことが示唆され興味深い。

以上、認知活動に伴って生じる EEG 変化について、power density と peak frequency に関する文献の整理を行なった。また、しばしば問題になる task difficulty の効果が大きいことを述べた。従って、以前のように task を与えるのみでなく、その performance に関して指標とのかかわりにおいて研究が進められることが期待される。

註

- 1) P₄: parietal right (右頭頂), P₃: parietal left (左頭頂)。国際電極配置法 (10/20 electrode system) による。
- 2) T₄: temporal right (右側頭), T₃: temporal left (左側頭)。
- 3) EP は加算し S/N 比を高めることにより自発性脳波から検出することが可能となる。詳細は山本 (1978) を参照。
- 4) Galin 等の研究で用いられた指標は R/L 値で逆である。従って, spatial task 時に verbal task 時より値が大きい結果となっている。
- 5) O₁: Occipital left (左後頭)
O₂: Occipital right (右後頭)

References

- Andersen, P., & Andersen, S.A. 1968. *Physiological bases of the alpha rhythm*. Appleton-Century-Crofts. New York.
- Beaumont, J.G., Mayes, A.R., & Rugg, M.D. 1978. Symmetry in EEG alpha coherence and power: Effects of task and sex. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **45**, 393-401.
- Butler, S.R., & Glass, A. 1974. Asymmetries in the electroencephalogram associated with cerebral dominance. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **36**, 481-491.
- Chartok, H.E., Glassman, P.R., Poon, L.W., & Marsh, G.R. 1975. Changes in alpha rhythm asymmetry during learning of verbal and visuospatial task. *Physiology & Behavior*, **15**, 237-239.
- Donchin, E., McCarthy, G. & Kutas, M. 1977. Electroencephalographic investigations of hemispheric specialization. In J.E. Desmedt (Ed.), *Language and hemispheric specialization in man: Cerebral event-related potentials. Progress in Clinical Neurophysiology*, Vol. 3, Krager, Basel.
- Doyle, J.C., Ornstein, R., & Galin, D. 1974. Lateral specialization of cognitive mode: II, EEG frequency analysis. *Psychophysiology*, **11**, 567-578.
- Dumas, R., & Morgan, A. 1975. EEG asymmetry as a function of occupation, task, and task difficulty. *Neuropsychologia*, **13**, 219-228.
- Furst, C.J. 1976. EEG α asymmetry and visuospatial performance. *Nature*, **260**, 254-255.
- Galín, D., & Ellis, R.R. 1975. Asymmetry in evoked potentials as an index of lateralized cognitive processes: Relation to EEG alpha asymmetry. *Neuropsychologia*, **13**, 45-50.
- Galín, D., Johnstone, J., & Herron, J. 1978. Effects of task difficulty on EEG measures of cerebral engagement. *Neuropsychologia*, **16**, 461-472.
- Galín, D., & Ornstein, R. 1972. Lateral specialization of cognitive mode: An EEG study. *Psychophysiology*, **9**, 412-418.
- Giannitrapani, D. 1971. Scanning mechanisms and the EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **30**, 139-146.
- Giannitrapani, D. 1981. The electroencephalogram of mental abilities. In A.W. Wilkinson (Ed.), *Investigation of brain function*. Plenum, New York.
- Glass, A. 1966. Comparison of the effect of hard and easy mental arithmetic upon blocking of the occipital alpha rhythm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **18**, 142-152.
- Glass, A., & Butler, S.R. 1977. Alpha EEG asymmetry and speed of left hemisphere thinking. *Neuroscience Letter*.
- Glass, A., & Kwiatkowski, A.W. 1970. Power spectral density changes in the EEG during mental arithmetic and eye-opening. *Psychologische Forschung*, **33**, 85-99.
- Goldstein, L., & Harnad, S.R. 1977. Quantitated EEG correlates of normal and abnormal interhemispheric relation. In J.E. Desmedt (Ed.), *Language and hemispheric specialization in man: Cerebral*

- event-related potentials. Progress in Clinical Neurophysiology*, Vol. 3, Krager Basel.
- Grabow, J.D., Aronson, A. E., Greene, K. L., & Offord, K. P. 1979. A comparison of EEG activity in the left and right cerebral hemispheres by power-spectrum analysis during language and non-language tasks. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **47**, 460-472.
- Hadley, J.M. 1941. Some relationships between electrical signs of central and peripheral activity. II. During 'mental work'. *Journal of Experimental Psychology*, **28**, 53-62.
- 川端信男 1973. 脳波の統計的解析, 電子技術総合研究所研究報告第740号
- Kawabata, N. 1974. Dynamics of the electroencephalogram during performance of a mental task. *Kybernetik*, **15**, 237-242.
- Kinsbourne, M., & Cook, J. 1971. Generalized and lateralized effects of concurrent verbalization on a unimanual skill. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **23**, 341-345.
- Knott, J. R. 1938. Brain potentials during silent and oral reading. *Journal of General Psychology*, **18**, 57-62.
- Morgan, A. H., Macdonald, H., & Hilgard, E. R. 1974. EEG alpha: Lateral asymmetry related to task, and hypnotizability. *Psychophysiology*, **11**, 275-282.
- Morgan, A. H., McDonald, P. J., Macdonald, H. 1971. Differences in bilateral alpha activity as a function of experimental task with a note on lateral eye movements and hypnotizability. *Neuropsychologia*, **9**, 459-469.
- Lorens, S. A., & Darrow, C. W. 1962. Eye movements, EEG, GSR and EKG during mental multiplication. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **14**, 739-746.
- McCarthy, G., & Donchin, E. 1978. Brain potentials associated with structural and functional visual matching. *Neuropsychologia*, **16**, 571-535.
- Mckee, G., Humphrey, B., & McAdam, D. W. 1973. Scaled lateralization of alpha activity during linguistic and musical tasks. *Psychophysiology*, **10**, 441-443.
- 芋阪満里子 1979. 精神作業時の脳波のスペクトル分析. 心理学研究, **50**, 45-48.
- Osaka, M. 1983. Peak alpha frequency of EEG during mental task, : Task difficulty and hemispheric difference. In Preparation.
- Pfurtscheller, G. 1976. Spectral parameter estimation of alpha-activity means of the autoregressive model. *Biomedical Computer Technology*, **1**, 7-12.
- Pfurtscheller, G., Marecch, H., & Schuy, S. 1977. Inter-and intra-hemispheric differences in the peak frequency of rhythmic activity within the alpha band. *Electroencephalography, & Clinical Neurophysiology*, **42**, 77-83.
- Rebert, C. S., & Low, D. W. 1978. Differential hemispheric activation during complex visuomotor performance. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, **44**, 724-734.
- Rebert, C. S., & Mahoney, R. A. 1978. Functional cerebral asymmetry and performance, II. Reaction time as a function of task, hand, sex, and EEG asymmetry. *Psychophysiology*, **15**, 9-16.
- Tucker, D. M. 1976. Sex differences in hemispheric specialization for synthetic visuospatial functions. *Neuropsychologia*, **14**, 447-454.
- Walter, W. G. 1959. Intrinsic rhythms of the brain, In J. Field et al. (Ed.), *Handbook of Physiology, Section 1*. American Physiological Society, Washington D. C., **1**, 279-296.
- 山本満里子 1978. 視覚誘発電位と知能との関係, 京都大学教育学部紀要. **24**, 172-182.

(本学部助手)