

## 課題遂行時の脳波活動に関する考察

橋本圭子\*

(平成8年10月31日 受理)

### Consideration on EEG activity during task-performance

Keiko HASHIMOTO

This paper discusses EEG- $\alpha$  activity during task-performance and its significance, by mainly examining some recent reports on cognitive tasks. Opinions have been divided as to whether  $\alpha$  rhythms could be induced or not by mental activity, which division is seen among the researches introduced in this paper. However, examining the conditions of measurement in detail and considering the factors of performance and concentration, data from these researches are consistent. In addition, a few problems are presented regarding spontaneous rhythms in the brain and relationships between inside and outside factors of organism.

Key word : EEG- $\alpha$ , task-performance, concentration, organization

#### 1. はじめに

脳波(Electroencepharogram : EEG)  $\alpha$ 波と精神活動の関わりが論議されるようになって久しいが、特に瞑想や Biofeedback Control という特殊な状況では  $\alpha$ 波が出現することが報告されて以来、このような  $\alpha$ 波の意味をめぐる議論が行われてきた。ひとつには、Adrian, E.D. と Matthews, H.C. (1934)<sup>1)</sup> 以来の所謂認知活動による  $\alpha$  blocking 説に従って、瞑想等の意識状態は皮質の活動水準の低下や弛緩であるとみなされ、一般には現在もこの傾向が受け入れられている<sup>2),3)</sup> ようである。しかし一方、このような意識状態では皮質活動が決して低下しているのではなく、課題遂行への精神集中が達成されているが故に  $\alpha$ 波が出現するとみる見解もある<sup>4)</sup>。筆者は、課題遂行に伴う注意集中による構えの持続、心身機能の体制化が  $\alpha$ 波の出現をもたらしていると考えている。さらに他の安静リラックス及び催眠トランス状態も含めて  $\alpha$ 波が出現する状況では、共通して適度なレベルを超えた様々な刺激(ストレス)が克服、或は除去されていると、とりわけ課題遂行による注意集中が達成されている状況ではこうした体制化やストレスの克服が主体的、積極的に維持されているものと主張してきた<sup>5)</sup>。このような有機体の諸機能の体制化について明らかにすることは、後述するような本来的諸機能の発揮、最終的には人の本来性と自己実現の問題とも関わってくると思われる。

瞑想や Biofeedback Control は、精神集中や自己の  $\alpha$ 波自体の統制を意図しているという点では特殊な課題状況ではあるが、一般にあらゆる課題状況で構えの持続、つまり一種の体制化が生じ、その達成がスムーズな遂行活動を保証するものと考えられる。本論では、主に認知的課題遂行中の EEG 活動について報告している比較的最近の研究の吟味を通して、この問題を課題状況と  $\alpha$ 波の関係から検討すると共に、脳の機能状態の指標としての  $\alpha$ 波の有効性を探りたい。

#### 2. 課題遂行中の EEG の変動に関する諸研究

##### 2.1 暗算課題中の EEG $\alpha$ 波

Fernández, T ら(1995)<sup>6)</sup>は暗算課題遂行中の EEG を測定し、認知的処理レベルの違いと EEG パターンの関係について報告している。被験者に課された課題は、数や算術符号の簡単な認知から複雑な計算処理を要するものまで、処理レベルの異なる4種の暗算課題で、上位の課題は下位の成分をすべて含み上位のものほど困難度が高くなるように設定されたものであった。EEG は課題が提示されてから被験者

\* 心理学 講師

が反応する直前まで、即ち計算処理中の各6秒間について測定され、平均パワースペクトルから $\delta$ 、 $\theta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ の4つの帯域の各パワーが算出された。その結果、パワーの絶対値及び全帯域に対する相対値共に、 $\delta$ 波が全ての課題で遂行中に休憩期よりも増加し、 $\alpha$ 波は逆に減少した。 $\theta$ 波は最も困難な課題において休憩期との差が有意であったが、記録部位によって増減の傾向は異なっていた。 $\beta$ 波は課題中において休憩期と比べて高まったが、その他の部位では減少した。また課題間の差では $\delta$ 波は後頭部、頭頂部で、下位課題の方が上位課題よりもパワーが大きく、 $\alpha$ 及び $\beta$ 波は逆に上位課題中の方が大きい、などの結果が得られた。これらの結果から彼らは、 $\alpha$ 波が課題時に減少したのは、心的課題中に $\alpha$ 波が抑制されるという Adrian 以来の一般の見解に一致するものであると述べている。一方 $\delta$ 波については彼らは既に言語及び暗算課題に関する実験から、 $\delta$ 帯域に認知活動が反映され得ると主張しているが<sup>7)</sup>、上述の結果からもこのことが確認され、 $\delta$ 波は課題遂行時の内的集中の高まりと関わりのある律動として注目すべきであるという。

内的集中と EEG との関係については、これより前に Ray, W.J. と Cole, H.W. (1985)<sup>8)</sup>が、課題遂行の際の注意の方向性を考慮した実験を行い、 $\alpha$ 波との関連を報告している。彼らは認知的及び情動的課題の遂行中の EEG を測定したが、その際注意の方向性の要因を統制して、文や図形の認知など外的な刺激への注意を要する課題（摂取課題）と暗算や文章作成など内的処理への注意を要する課題（排出課題）の2種を設定した。各々1試行30秒の遂行中の EEG は、FFTによるパワースペクトルから各帯域のパワーが比較された。その結果、左右頭頂部において排出課題遂行時の $\alpha$ 波が摂取課題のそれを上回り、この効果は特に右半球で顕著となった。また、言語的課題や空間的課題による左右半球差や情動性（快、不快）の違いによる効果は $\alpha$ 波には反映されず、これらの要因はむしろ $\beta$ 波に反映されていた。このことから、 $\alpha$ 波は注意の方向性を反映しており、暗算など内的な注意を要する課題の遂行によって増加すると結論している。

この Ray らの研究について、Fernández らは注意の方向性の要因を組み入れたことは評価しているが、 $\delta$ 帯域を分析の対象としていないと指摘し、内的集中はむしろ $\delta$ 波に反映されると主張した<sup>9)</sup>。Fernández らは、内的集中によって $\delta$ 波が増加することの1つの説明として次のように考えている。つまり、 $\delta$ 波の起源は視床にあり、通常外的刺激によって $\delta$ 波は抑制されているといわれるが、内的集中はこの様な外的刺激による $\delta$ 波抑制を解除することになるのである。視床に起源のある $\delta$ 波がこのように活性化されるという視点は、後述する Basar, E. (1991)<sup>10)</sup>の自発的律動の活性化という考えとも関わってくるが、ここでは $\alpha$ 波の変化も無視できない。Ray らは $\delta$ 波を直接分析の対象にしなかったが、そのために $\alpha$ 波に明瞭な結果が得られたのではない。 $\delta$ 波に効果が現れることが、即、内的集中と $\alpha$ 増加の関係を否定する根拠とはいえないだろう。さらに Fernández らは $\alpha$ 波は複雑な計算処理を要する課題中の方が出現量が多いという結果を得ているが、これが考察の対象から外されている。この複雑な計算処理課題は被験者の主観的報告及び誤反応の多さから難易度が高いと判断されたものである。EEG の分析対象とされたのが正反応が得られた期間だけであり、このとき $\alpha$ 波の高まりが観察されたということは注目に値する。何故なら困難な課題にもかかわらずスムーズな遂行が達成されたとき、つまり高度な精神機能の実現に伴い課題遂行性 $\alpha$ 波が出現した可能性があるからである。

## 2.2 認知課題と運動の随伴性

一方、認知課題遂行と運動の随伴性が EEG に及ぼす効果を調べた研究からは、 $\alpha$ 波は認知活動によって必ずしも低下しないことを示す結果が得られている。

De Toffol, B. と Autret, A. (1990)<sup>10)</sup>は、課題の性質が $\alpha$ 波の局在的特性に及ぼす効果について報告している。彼らは認知課題と感覚運動の随伴性の有無の關係に焦点をあて、右利きの被験者に各々2分間の純粋な運動課題、純粋な認知課題、及び両者の混合課題の3種を遂行させた。また、左右半球に対する効果をみるために、運動課題には左或は右手の運動、認知課題には言語的或は空間的なものが準備された。各課題遂行中の $\alpha$ 波について FFT によりそのパワーを求めた結果、中心部、頭頂部では休憩中の方がいずれの課題中に比べても高かったが、この効果は運動性課題で顕著であり、運動成分を含まない純

雑な認知的課題では $\alpha$ の低下は小さく、後頭部では有意差が見られなかった。一方左右差に関しても、運動課題、認知的課題では休憩中と比べて半球差のパターンには変化がなく、左手の運動を含む混合課題でのみ中心部と頭頂部の記録で休憩時と異なる左右差が観察されたという。これらの結果から彼らは、休憩時とは異なる半球差が生ずるには、その認知活動と関連して運動活動が行われていることが必要であり、従って認知的課題遂行中であれば $\alpha$ 波が低下するのではなく、これに関連した運動活動が加わって人が最大の半球活性化を示したときにのみ $\alpha$ 波の低下が起こり得るのだと述べている。

Nashmi, R.ら(1994)<sup>11)</sup>は、手首の運動と関連する課題中の $\beta$ 波と $\mu$ 波\*について論じている。被験者に与えられた課題は、単純な運動や注意を要する運動課題、或は実際の運動を伴わないイメージ課題、運動の準備性を要する課題など数種類で、いずれも1試行は90秒であった。EEGはC<sub>3</sub>の前後の運動皮質と感覚運動皮質のいずれも手の領野に相当する部位から測定され、パワースペクトルが求められた。その結果、30-50Hzの高周波数帯域の $\beta$ 波に課題の影響がみられた。つまり、リラックス期に比べて注意課題やイメージ課題中は $\beta$ 波のパワーが増加し、単純な運動課題では増加しなかった。運動の準備性を要する課題中でも $\beta$ 波はリラックス期に比べて増加する。一方 $\mu$ 波は、実際の運動を要する課題中にはリラックス期よりも低下したが、注意に伴う低下はみられなかった。この $\mu$ 波について彼らは、 $\alpha$ 波の特徴、即ち運動によって抑制されるが、認知的活動だけでは抑制されないという特徴、と一致するものであると説明している。

これらの認知活動と運動の随伴性に関する報告は、精神活動によって $\alpha$  blockingが生ずるのではないことを主張しているが、その言わんとするところは運動の随伴によって皮質が強く活性化することが $\alpha$  blockingにつながるのであって、認知活動のみではこの活性化が弱いのだということにあると思われる。つまり $\alpha$ 波は皮質の非活性化の指標であると考えられていることに変わりはない。一方、De Toffolらの報告の中の、利き手ではない方の手による運動が随伴している時には、他の条件では見られなかった $\alpha$  blockingパターン — 右半球において大きく抑制される — が確認されたことは注目される。このような課題は恐らく被験者にとっては「難しい」課題であり、彼らはこれを皮質の活性化と理解するが、スムーズな遂行が最も阻害されているとも考えられるのである。

### 2.3 事象関連性の $\alpha$ 波変動

事象関連脱同期化(Event Related Desynchronization: ERD)はPfurtscheller, G.ら(1979)<sup>12)</sup>が提唱した $\alpha$ 波の脱同期化に関する測度である。事象関連性の脳電位活動の測度には事象関連電位(Event Related Potential: ERP)があるが、ERDはこれとは異なり、事象前後での主に $\alpha$ 波の振幅の相対的な減少を示すもので、その算出の仕方は次の通りである<sup>12)-14)</sup>。反復される事象に対するEEG反応から、事象前後の各1~2秒間のEEG平均パワースペクトルを求め、その中の $\alpha$ 帯域に相当するパワーのうち事象前のものを基準期間、事象後を活動期間とする。この基準期間の $\alpha$ のパワーを100%としたときの活動期間の相対的な振幅の低下がERDである。従って、 $ERD\% = \frac{\text{活動期間の}\alpha\text{帯域パワー}}{\text{基準期間の}\alpha\text{帯域パワー}} \times 100$ となる。 $\alpha$ パワーの相対的な増加は、負のERDとして、或はその絶対値がERS(Event Related Synchronization)として表されるという。

Pfurtscheller(1991)<sup>13)</sup>はERDを用いたこれまでの研究を検討した結果、ERDによって皮質の活性化を測ることができることを主張している。例えば、彼らが行った指の随意運動に関する実験では、感覚運動皮質に対応するとされる中心部のERDが感覚運動に伴って増加した。また、単語を読む課題中は後頭部のERDが高まり、発話企図中には左半球の言語野と運動皮質の広い範囲で、計時課題中は右頭頂部で、ERDが観察される。運動反応を要しない視覚課題中は視覚皮質でERDが、運動皮質でERSが観察される。さらにこのようなERDの増加が皮質の活性化を示していることは血流の測定結果とも一致

\* 一般に、 $\mu$ 波は $\alpha$ 波とほぼ周波数を同じくするが、中心部に限定され、光刺激によっても抑制されない律動として $\alpha$ 波と区別される。彼らのいう $\mu$ 波は中心部から導出された7-13Hzの律動とされているだけで、後述のようにその解釈の上でも $\alpha$ 波に相当するものとみなされている。

している。などが確認されているという。

Klimesch, W.ら(1994)<sup>14)</sup>は、ERDを用いて、意味記憶とエピソード記憶という異なる記憶過程がEEGにどのように反映されるかという問題を検討した。意味記憶課題は概念語と特徴語の単語対が意味的に一致するかどうか、エピソード記憶課題は提示される単語対が先行して行われた意味課題中に提示されたか単語対であるかどうかについて、それぞれYes-No判断をするものであった。EEGは正しいYes反応がなされた試行についてのみデータとして使用された。このデータを基に彼らは高周波数 $\alpha$ 、低周波数 $\alpha$ 、 $\theta$ の3帯域\*についてERDを求めた。その結果、 $\alpha$ 波は高周波数及び低周波数の両帯域とも課題の遂行に伴ってパワーが減少し、中でも高周波 $\alpha$ は意味記憶処理中の低下が著しく、低周波 $\alpha$ については課題による違いは見られなかった。これに対して $\theta$ 波は課題遂行時に増加し、エピソード記憶処理中の増加が顕著となった。このように $\alpha$ 波と $\theta$ 波のそれぞれの結果について、彼らは次のように説明している。つまり、海馬の活性化は $\theta$ 波の増加に反映されるといわれるが、このような海馬と $\theta$ 波の関係は、新しい刺激をコード化、或いは検索する際に $\theta$ 波が増加するという結果と一致する。そして、特にエピソード記憶の必要性が増すと、この効果がより顕著になるのだという。一方 $\alpha$ 波については、この律動が休憩中や、覚醒と睡眠の移行期の皮質の不活動状態に出現し、その減少は情報を処理する皮質の能力を増加させ、逆に増加は情報処理能力を低下させると一般にいわれている性質から、理解できるという。 $\alpha$ 波のうち、高周波数成分は意味記憶の処理に対してこの効果が明瞭に現れ、低周波成分は課題の性質に関りなく、予期や注意のような認知過程を反映するのであろうと述べている。

ところで、同じく事象関連性のEEGを問題としながらBasarはまったく異なる見解を示している<sup>9)</sup>。Basarらは脳の電気的律動活動について協同現象の見地から捉え、EEGにおける誘発電位(Invoked Potential: EP)とその周波数分析の結果から、その特性を考察している。彼らの考えによれば、人の皮質は約10Hzを中心とした自発的電気的律動を示すが、脳の反応感受性はこのような自発的律動への感受性であり、適切な反応はこの律動の増大として現れるという。彼らは、聴覚刺激や視覚刺激を与えた時の刺激モダリティに一致する脳の部位と一致しない部位の反応を比較してこの問題を明らかにしようとした。EEGはネコでは聴覚及び視覚皮質の、人では頭頂及び後頭部の刺激後1秒間について測定され、EPとその周波数成分が分析された。結果は刺激モダリティの差が明瞭に現れ、刺激はその特性に適応した第1感覚野の $\alpha$ 帯域の振幅を増大させ、適応しない感覚野の $\alpha$ 波を低下させるが、この適切・不適切の効果はその他の帯域にはみられないというものであった。

### 3. 考察

以上に紹介したように、課題遂行時の $\alpha$ 波のふるまいに関しては様々な結果が報告されており、未だこの問題に関しては見解は統一されていないことが分かる。以下に、これらの研究について幾つかの観点から吟味しながらこれらの結果の関係付けを試み、問題点を明らかにしたい。

#### 3.1 $\alpha$ 波の一時的反応と持続的変動

まず、それぞれの研究者が予め想定している $\alpha$ 波と精神活動との関係が研究の方向、結果の解釈を決定づけてしまうようである。所謂 $\alpha$  blocking説に従っている研究では、 $\alpha$ 波はその減少が皮質の活性化を示す測度として用いられる。そして課題遂行等の精神活動時には $\alpha$ 波は休憩期間の基準値よりも減少するはずなので、基準値からの低下の程度でもって課題が要請する皮質の活動の大きさが比較されるのである。従ってこのような場合には、例え課題時に $\alpha$ 波が低下しない結果が得られても、その課題では $\alpha$ を抑制するほどの皮質の活性化を要しなかったとしか理解されず、従って $\alpha$ 波の減少度が小さいほどそのときの脳の活動状態は「休憩状態」に近いとみなされる。また、このような見解に一致しない $\alpha$ 波のふるまいが見過ごされてしまうことが多い。一方、上に紹介した中で「皮質の活性化= $\alpha$ 波の抑制」という図式に従っていないのは、Rayら、Basarらの研究であろう。彼らは内的或は外的注意を要する

\* 彼らはこの3つの帯域の設定の際に、被験者毎のピーク周波数を基に個別に定めるという方法をとっている。

課題、或は刺激と脳部位のモダリティの一致不一致というように、課題間の差を検出することにより、 $\alpha$ 波の出現と対応する課題状況、つまりは認知活動との積極的関連を見出そうとしている。従って彼らの場合は、休憩期の基準レベルとの比較はあまり重視されないが、またこのことが定説ともいべき  $\alpha$  blocking 説との関係を不明確にしているともいえよう。

EEG の測定期間にも研究間に違いが見られる。Fernández らの暗算課題に関するデータは問題提示後 6 秒間の EEG パワースペクトルの加算に基づいたものであり、Ray らは 30 秒間の課題遂行期間を通して平均パワースペクトル、同様に De Toffol ら、Nashmi らは、それぞれ 2 分間、90 秒間の課題期間を通してのパワースペクトルデータであった。従って  $\alpha$  波の抑制が報告された Fernández らの分析データはどちらかといえば事象関連性の性質を持ち、その他のものは持続的な課題遂行に伴う EEG 活動に関するデータとみなすことができよう。事象関連性の EEG を扱った Pfurtscheller, Klimesh らの結果は、課題提示後の  $\alpha$  波は休憩基準値よりも低下するというものであり、Fernández らの結果と一致する。これに対して Basar のデータは事象後のみの EEG を基にしたものであるということ、 $\alpha$  波の増減は休憩期との比較によるものではなく、課題条件間の比較によるものであるという点で上述の ERD によるデータとは意味が異なっている。

このように考えてくると、課題遂行と  $\alpha$  波の変動に関して一見矛盾するようなこれらの研究結果は、EEG 活動について異なる側面から述べたものとみなすことができる。つまり、1 つの側面は課題の提示などの刺激に対する一時的な効果としての  $\alpha$  波の抑制であり、もう 1 つは持続的な課題遂行に伴う集中性の  $\alpha$  波の増加である。実際紹介してきた研究の中で、課題遂行時の  $\alpha$  波の抑制がはっきりと確認できるのは、何れも休憩基準期を基にした事象関連性の変動を追った研究である。従って、刺激に対する一時的効果としての  $\alpha$  波の抑制はもちろん否定しないが、それだけではなく、課題遂行によって低下しない、或は増加し得る  $\alpha$  波の存在を認めることによって、これらの結果のより整合的な理解が可能になるものと思われる。この点に関して筆者は最近、暗算課題を用いて、課題遂行に伴う  $\alpha$  波の増加には、注意集中性の要因と、一時的な  $\alpha$  波の抑制からの回復の要因の 2 つが関与し得ることを確認した<sup>10)</sup>。従って、課題遂行においては集中による  $\alpha$  波の高まりと、その中で生じてくる刺激に対しては一時的な抑制が引き起こされる可能性があり、このことは例えば ERD が観察される場合にあっては、事象前の  $\alpha$  レベルそのものも高まっていたという現象として現れると予想される。

### 3.2 自発的律動の促進

では、課題遂行への集中によって増加するのがなぜ  $\alpha$  帯域の律動なのであろうか。ここで筆者が注目したいのは、脳の自発的律動が増強して現れるという視点である。この様な発想は紹介した文献の中にも見られるが、例えば Fernández らは内的集中と視床の関係に限定した形で  $\theta$  波に、Basar らは大脳皮質の基本的な自発的律動として  $\alpha$  波に根拠をおいている。

既述のように筆者は注意集中状況においては主体的構え、体制化が実現するものと考えているが、これは言い換えれば有機体の諸器官が、今後現れてくるかもしれない課題（それが何か規定されているか否か関わりなく）に対して、一致し、まとまって機能し得る状態、即応可能な状態である。そのためには、器官相互における機能の調整が行われている必要がある。これによって有機体は、本来的に可能な機能を無理なく十分に発揮、即ち本来性を発揮することが可能になるのである。脳の活動過程としてはこの相互調整によって、EEG の律動活動がある周波数周辺に同期化することが推定されるのである。そこで脳の自律的、自発的律動がどのあたりの周波数域となるのかが問題になってくるが、Fernández, Basar の他にも、EEG の自発的律動の促進という意味で  $\theta$  波に注目しているもの<sup>14),10)</sup>もあるように、基本的律動の周波数或は EEG 帯域の点でも、またこの様な基本的律動を大脳皮質全体のものとして考えるか、或は特定の領域に固有のものと考えてゆくかという点でも、今後の検討が期待されるところである。現状としては、有機体本来の活動リズムが脳機能が昂進した状況で増強されるとする主張が、EEG 活動の研究からもなされているところであるといえよう。現段階では筆者は、注意集中状況で出現すると考えられるのが  $\alpha$  帯域の律動であるということ、また一般に覚醒した人の EEG においては安静状

態においてもこの律動が優勢になるという意味で、この帯域に注目したいと思う。

### 3.3 外部刺激と内的要因の関係

こうしてみると、先に述べたような刺激に対する $\alpha$ 波の一時的な抑制とそれによる EEG の速波化は、脳の活動がいわば攪乱された状態と考えることができる。この場合は外部刺激は脳の活性化というよりも、「ストレス」として働いていることになる。このような「ストレス」刺激が持続している状況は、有機体の構え、体制化を当然乱すものであり、脳の機能の十分な発揮を阻害するものとなる。一方、前項で述べた自発的律動は、外的刺激との関係でいえば、適切な刺激によって或は刺激に対する持続的な構えによって促進され得るものである。また、覚醒レベルは適度な刺激による活性化によって保たれている。従って、一言で刺激といっても、「ストレス」として働くもの、或は情動的な快効果をもたらすもの、覚醒を引き起こす或は維持するもの、さらには体制化へのきっかけとなり得るもの、など有機体に対する様々な効果をもつものが考えられる。その上、刺激を受け取る有機体のその時々での内的状態によって、刺激の意味は異なってくるかもしれない。例えば、同じ刺激であっても、極度なストレス状況で与えられた場合、反対に著しく弛緩した状態で与えられた場合では、その効果は異なってくるだろう。

紙数の都合で、この問題についての更なる議論は別の機会に譲りたいが、もし $\alpha$ 波がこれまで述べてきたような脳の活動状態、即ち脳活動の体制化、相互調整過程を反映し得るものであるとすれば、恐らく有機体側の要因と外部刺激との関係は $\alpha$ 活動の差異としてもにも現れるはずである。例えば昏睡は覚醒レベルの著しい低下状態といえるが、昏睡中には光刺激によって $\alpha$ 波は刺激前よりも増加するという通常とは全く逆の活動パターンが生ずることが分かっている<sup>17)</sup>。今後の1つの課題として、 $\alpha$ が出現する状況に関して有機体の内的状況と外的刺激との関係からも考えてみる必要があるだろう。

### 文献

- 1) Adrian, E.D. & Matthews, H.C. 1934 The Berger rhythm : Potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*, **57**, 354-385.
- 2) 堀忠雄, 齊藤勇 編 1992 脳生理心理学重要研究集 1 — 意識と行動. 東京: 誠信書房.
- 3) 堀忠雄, 齊藤勇 編 1995 脳生理心理学重要研究集 2 — 情報処理と行動. 東京: 誠信書房.
- 4) 山岡哲雄, 橋本圭子 1989 課題遂行及び注意集中の生理心理学的研究 I. 金沢大学教育学部紀要 (教育科学編), **38**, 293-302.
- 5) 橋本圭子 1991 所謂「基調的意識」の生理心理学 — 注意集中による意識の変容と EEG alpha 波の構造. 金沢大学大学院教育学研究科平成 2 年度修士論文.
- 6) Fernández, T., Harmony, T., Rodríguez, M., Bernal, J., Silva, J., Reyes, A. & Marosi, E. 1995 EEG activation patterns during the performance of tasks involving different components of mental calculation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, **94**, 175-182.
- 7) Fernández, T., Harmony, T., Rodríguez, M., Reyes, A., Marosi, E. & Bernal, J. 1993 Test-retest reliability of EEG spectral parameters during cognitive tasks: I Absolute and relative power. *International Journal of Neuroscience*, **68**, 255-261.
- 8) Ray, W.J. & Cole, H.W. 1985 EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive process. *Science*, **228**, 750-752.
- 9) Basar, E., Basar-Eroglou, C., Rahn, E. & Schürmann, M. 1991 Synegetics of evoked alpha and theta rhythms in the brain : Topographic and modality-dependent aspects. In Haken, H. & Koepfen, H.P. (Eds.), *Rhythms in Physiological Systems*, Berlin : Springer-Verlag, 237-287.
- 10) De Toffol, B. & Autret, A. 1990 Influence of lateralized neuropsychological activities with and without sensorimotor components on EEG spectral power ( $\alpha$  rhythm). *International Journal of Psychophysiology*, **11**, 109-114.
- 11) Nashmi, R., Mendonça, A.J. & Mackay, W.A. 1994 EEG rhythms of the sensorimotor region during hand movements. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, **91**, 456-467.
- 12) Pfurtscheller, G. & Aranibar, A. 1979 Evaluation of event-related desynchronization (ERD) preceding and following voluntary self-paced movement. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, **46**, 138-146.
- 13) Pfurtscheller, G. 1991 EEG rhythms — Event related desynchronization and synchronization. In Haken, H. & Koepfen, H.P. (Eds.), *Rhythms in Physiological Systems*, Berlin: Springer-Verlag,

- 289-296.
- 14) Klimesch, W., Schimke, H. & Schwaiger, J. 1994 Episodic and semantic memory : an analysis in The EEG theta and alpha band. *Electroencepharography and clinical Neurophysiology*, **91**, 428-441.
- 15) 橋本圭子 1996 課題遂行と $\alpha$ 波の変動性について(1) —  $\alpha$ 周波数内の2つの帯域の比較 — . 日本心理学会第60回大会発表論文集, 立教大学, 456.
- 16) Petsche, H. 1991 The Information content of the human EEG. In Haken, H. & Koepfen, H.P. (Eds.), *Rhythms in Physiological Systems*, Berlin : Springer-Verlag, 257-271.
- 17) Pfurtscheller, G., Schwartz, G., Pfurtscheller, B. & List, W. 1983 Quantification of spindles in comatose patients. *Electroencepharography and clinical Neurophysiology*, **56**, 114-116.