

視覚誘発反応と知能との関係

山 本 満 里 子

The Relationship between Visual Evoked Response and Intelligence

Mariko Yamamoto

問 題

知能と脳波の関係を求める試みは、精神薄弱児の脳波がその知能障害を反映して、何らかの異常を示すのではないかという間に端を発して、脳波発見以後多数の研究者によりなされてきた (Lindsley, 1938; Knott, *et al.*, 1942; Shagass, 1946; Kreezer & Smith, 1950; Mundy-Castle, 1958; Gastaut, 1960). しかしながら、知能レベルと脳波の種々の指標間の相関を肯定する結果と否定する結果とが拮抗して、一義的解釈は難かしいと考えられている。

こうした中で、安静時下の定常的脳波特性を指標とするよりも、刺激に対する脳波反応を指標とする方が、心理学的事象との対応づけにはより有効であろうという批判がなされ、刺激に対する脳波反応を指標とした研究の有効性が示唆された (Ellingson, 1966)。

このような刺激に対する脳波反応の1つに誘発反応 (Evoked Response, ER) がある。ER は、外来性感覚刺激により、大脳皮質の感覚野に生じる一過性の電位変動である。これは、頭皮上に達すると減衰して、自発性脳波の中に埋没してしまうため、その検出は非常に困難であった。しかしながら、重ね合わせ法、加算平均法¹⁾とそのための電子計算機 (CAT) 等の開発により、ER の頭皮上からの検出が容易となり、種々の刺激変数を用いて、その特性が検出された。また、このような ER が、高次の精神活動を反映することが示唆された。(Sutton, *et al.*, 1967; John, *et al.*, 1967)。

そこで、Chalke & Ertl (1965) は、視覚誘発反応 (Visual Evoked Response, VER) の late component²⁾ が、情報処理過程の指標になると考えた。そして、biologically efficient organism は、biologically less efficient organism よりも情報処理過程の速度が速いと考え、VER component の潜時が、この efficiency の評価の基準になると考えた。Chalke & Ertl (1965) は、知能レベルの異なる高知能群と低知能群とで VER 潜時を測定したところ、後者は前者より潜時が有意に遅延することを見い出した。さらに、Ertl & Schafer (1969) は、IQ の異なる被験者集団において、VER 潜時を測定したところ、IQ と VER late component の潜時の間で、有意な逆相関が得られたと報告している。

以後、VER と知能との関係はさらに研究され、VER component の潜時と IQ 間で、有意な逆相関を確認する結果が報告されている (Bigum *et al.*, 1970; Galbraith, *et al.*, 1970; Shucard & Horn, 1972; Callaway, 1973)。

一方、これに反して、ccomponent の潜時と IQ 間で、逆相関の見い出されなかった研究も報告されている。(Osborne, 1970; Engel & Fay, 1972; Henderson & Engel, 1974)。

次に、VER component の振幅に関しては、主に左右半球差の観点から研究されてきたが、

IQ と VER 振幅との相関の有無は、研究者により一致していない (Rhodes, *et al.*, 1969; Bigum, *et al.*, 1970; Galbraith, *et al.*, 1970; Richlin, *et al.*, 1971)。

以上の研究は、VER を分析するにあたり、潜時或いは振幅の測定値を用いているが、これとは別に、周波数領域で VER を解析することも考えられよう。

VER の周波数領域において、知能レベルの差を検討した研究として、Bennet (1968) は、IQ レベルの異なる被験者について VER 測定を行い、dominant frequency (Freeman, 1964) が、IQ の高い被験者程高くなることを報告している。また、Weinberg (1969) は、同様に IQ レベルの異なる被験者の VER 測定を行ない、その周波数 spectrum density と知能との相関を求めたところ、12~14 Hz の帯域で、最も高い相関を認めた。

しかしながら、Ertl (1971), Shucard & Callaway (1973) は、先に IQ と VER 潜時との間で有意な相関を認めたが (Ertl & Schafer, 1969; Shucard & Horn, 1972), その VER に周波数分析を試みたところ、maximum spectral amplitude の周波数と IQ との間には、関係を見い出すことが出来なかった。

このように、VER と知能との関係を求める研究においても、結果の不一致がみられた。

筆者は、この原因の一つに、VER の分析における指標選択の問題があると考ええる。即ち、VER 分析法の適切な選択が、データ分析の精度に影響を及ぼす可能性は、十分に考えられる。なかでも、従来より VER 分析の最も問題点と考えられてきた peak identification の問題が考えられよう。

VER component の潜時は、刺激輝度、刺激呈示頻度等の効果を直接受け、再現性は比較的良いが、個人差は大きいと考えられている (山本・苧阪, 1973; 苧阪・山本, 1973; 山本・苧阪, 1977)。そのため、同一個人内において、刺激輝度変化等の効果を測定するには、VER 潜時は有効な指標となるものと考えられるが、IQ レベルの異なる被験者の VER を測定し、その個人差から情報を得ようとするには、他の適切な指標が要求されるのではないだろうか。

特に、精神薄弱児と正常児の間では、正常人間におけるよりも、VER component の潜時差は大となるものと思われる。この点に関して、知能と VER late component の潜時との間で有意な逆相関を認めた Ertl & Schafer (1969) において測定された VER は、Low IQ group と High IQ group では、component の形状が著しく異なっている。即ち、High IQ group では明瞭な peak の出現がみられるのに対し、Low IQ group では、peak が平坦となっている。このため、peak 潜時の測定は非常に難しく、測定点として peak の立ち上がり点、中心点或いは立ち下がり点のいずれをとるかにより、peak 潜時に著しい差が生じるものと思われる。

このように、VER component の形状の差異を無視して潜時測定を行なうことで、適確な情報が得られるのであろうか。High IQ および Low IQ group の VER を比較検討するには、両 group の VER component にみられる形状の差異を、適確に測定できる他の分析方法が望まれるのではないだろうか。

他方、VER により測定される知能は、どのような側面をもつのかが問われるべきであろう。この点に関して、Weinberg (1969) は、知能の機能的側面として、符号化 (encoding)、保持 (retaining)、再生 (retrieving) を考えるならば、neutral³⁾ 刺激により生じた VER は、符号化の過程を反映するであろうと考えた。筆者も、neutral 刺激により生じる VER は、知能の側面のなかでも、以前の情報や獲得能力とは比較的独立な側面であろうと考える。即ち、Weinberg

(1969) が示唆したように, neutral 刺激による VER は, 符号化の過程を反映するものと筆者も考える。

そこで, 脳の神経細胞の集成的活動が, 符号化過程と対応していると仮定するならば, それには, 或る一定の活動周期が存在するのではないだろうか。そして, この活動周期が, VER に特に著しく反映されるならば, それは周波数領域においてであろう。

従って, 符号化過程に最適な特定の活動周期が存在するとすれば, それは, 知能レベルの異なる被験者間では, VER 周波数の差として反映するのではないか。

こうした観点から, 知能レベルの差が, VER の或る特定の周波数に及ぼす影響を検討することを目的として, 本実験では, 知能レベルの異なる 2 つの group に VER 測定を行ない, その周波数領域において検討を行うものである。

方 法

被験者 CA 12~13 才の高知能が予想される group (H-group) 8 名, IQ 55~76 の精神薄弱児 group (L-group) 8 名。前者は京都市内の中学校 2 校より, 後者は京都市内の養護学校よりそれぞれ任意抽出された。なお, 前者の内 1 校については, 生徒の高知能が予想されることが京大 NX-15 知能検査等の他資料から得られている。

実施期日 1972 年 9 月~11 月

実験装置および手続 脳波は皿型電極 ($\phi=9$ mm), Offner paste (Beckman 社製) を用いて, 被験者の後頭 inion から正中線上 3 cm 上部と右耳朶との基準導出法により誘導され (皮膚接触抵抗 15 k Ω 以下), 脳波計 (三栄測器, 1A12-14) で時定数 0.3 秒により増幅記録された。

VER は, 閃光刺激にクセノン放電管 (三栄測器) を用い, 刺激呈示後 500 msec が平均加算処理 (日本光電, ATAC-201) された。各セッション毎に 100 回掃引加算後, VER は平均加算装置に装着された連続撮影装置 (日本光電) により写真撮影された。なお, VER は 500 msec につき 256 点がサンプリングされた。

被験者は電極装着後, 暗室内でソファに座し, 15 分間の暗順応後, 前方 1.5 m の距離に置かれた白色スクリーンを注視しているよう教示された。クセノン放電管は被験者の右側前方に置かれ, そこから前方スクリーンが照射され, その反射光が被験者への閃光刺激とされた。なお閃光刺激は被験者の両眼視野全体を十分に被うものであった。

実験は 5 セッションからなり⁴⁾, 各セッションは閃光刺激 100 回呈示から成った。閃光刺激の呈示間隔はランダムに約 1 sec 前後とし, セッション間には 3~5 分の休憩時間がおかれた。

なお, 脳波に筋電図等の artifact の混入が認められた時には, 直ちに刺激呈示が中断された。

VER 周波数分析 各被験者毎に, 第 1 セッションの VER につき周波数分析が行なわれた。写真撮影された VER は, サンプリングレイト 0.1 kHz で数値化され, 最大おくれ数 (LAGH) 25 でその自己相関関数 (Autocorrelation) が求められた。その後さらに自己相関関数は, Hanning window (Blackman & Tukey, 1958) を用いてフーリエ変換が行われ, 周波数分解能 2.0 Hz で power spectrum が求められた。自己相関関数および power spectrum は XY プロッタにアナログ表示された。自己相関関数および power spectrum 算出は, 京都大学大型計算機センター, FACOM 230-48 により行なわれた。アナログ表示には, FACOM XY プロッタ F6202B が用いられた。なお, 計算プログラムは, 赤池と中川 (1972) の時系列処理計算プログラムを, BOSII FORTRAN に書き換えた。計算過程とチェックについては, 山本と亭阪 (1976),

荻阪 (1975) と同様の方法によった。

以下に自己相関関数 $\phi_N(t, \tau)$ および power spectral density $P_N(f, t)_W$ の計算式を掲げる。

$$\phi_N(t, \tau) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x(t) \cdot x(t-\tau) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P_N(f, t)_W = 2 \int_0^{T_m} \phi_N(f, \tau) \cdot W(\tau) \cdot \cos 2\pi \cdot f\tau \cdot d\tau \quad \dots\dots\dots (2)$$

Hanning window を用いると

$$W(\tau) = \frac{1}{2} \left(1 + \cos \frac{\pi\tau}{T_m} \right) \quad : |\tau| < T_m \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$W(\tau) = 0 \quad : |\tau| > T_m \quad \dots\dots\dots (4)$$

但し, T_m : LAGH

N : データ数

$W(\tau)$: Window 係数

結 果

H, L 両 group とも, 各被験者毎の 5 回の VER 記録は再現性が比較的良好であった。Fig. 1 に H, L-group 各 1 名の被験者について, 5 回の VER の重ね合わせを示す。両被験者とも, 同一個人内においては component の出現がよく一致しているのがみられる。しかしながら, 両者の VER を比較するならば, component の形状が著しく異なっているように思われる。H-group の被験者 NK では, 刺激呈示後第 1 番目の negative peak (N1) に続いて, 100 msec 前後の positive peak (P1), 140 msec 前後の negative peak (N2), 180 msec 前後の positive peak (P2) および 250 msec 前後の negative peak (N3) と比較的良好な peak の出現がみられるが, L-group の被験者 MK では N1 に続き平坦な positive component がみられ, P1, P2 の区別が良好でない。

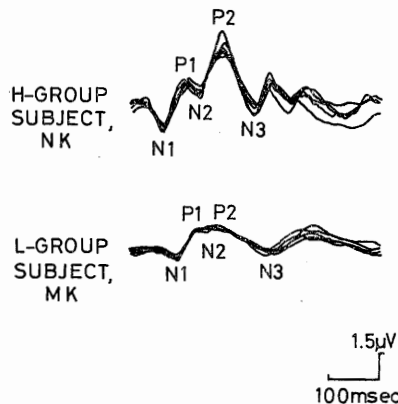


Fig. 1. Visual Evoked Responses (VERs) measured at occiput 3 cm above theinion. Reference leading. Each tracing was an average of 100 responses for 5 sessions of subject NK (H-group) and subject MK (L-group), respectively. 500 msec following flash onset was shown.

なお、H, L-group とともに、5回のセッションで著しい波形の変動が認められた被験者は無く、従って、以後の分析には、第1セッションの VER を用いた。

次に、H, L-group の各々8名の被験者の第1セッションの VER の重ね合わせを、Fig. 2 に示す。H-group では、L-group に比較して、各 component の出現潜時と peak が明確で、特に N1 の潜時が短いことが観察できる。また、振幅変動も、H-group の方が大である。

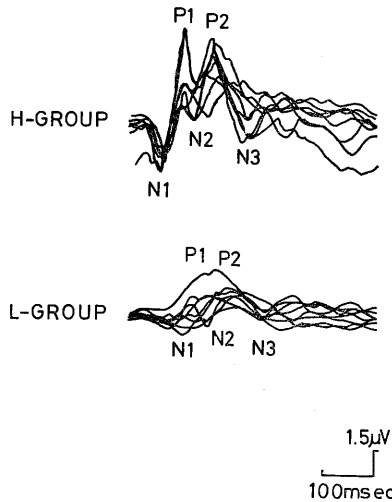


Fig. 2. Visual Evoked Responses (VERs) measured at occiput 3 cm above theinion. Reference leading. Each tracing was an average of 100 responses for 8 subjects extracted from H-, and L-group, respectively. 500 msec following flash onset was shown.

Table 1. Mean latencies (msec) and Amplitude of VER ($\times .25 \mu V$). Standard Deviations are shown in parenthesis.

		N1	P1	N2	P2	N3
Latency (msec)	H-grop	66 (6) **	100 (11)	122 (15)	165 (10)	242 (12)
	L-group	88 (16)	108 (11)	132 (14)	180 (18)	256 (15)
		N1-P1	P1-N2	N2-P2	P2-N3	N3-P3
Amplitude ($\times .25 \mu V$)	H-group	13 (7) *	4 (3)	10 (3)	12 (4) **	12 (4) **
	L-group	2 (1)	4 (2)	7 (2)	6 (3)	6 (3)

U-test * $p < .05$, ** $p < .01$

H-group と L-group の被験者8名の、潜時と振幅の平均値および標準偏差を Table 1 に示す。H, L-group 間で各 peak の潜時の差は、U-test の結果、N1 ($p < .01$) で、振幅の差は、N1-P1 ($p < .05$), P2-N3 ($p < .01$) でそれぞれ有意差が得られた。

VER の周波数分析の結果に関しては、H, L-group で典型的であると思われる例を Fig. 3 に示す。H-group の被験者 NK は、自己相関関数は減衰振動を示し、比較的規則性に乏しい。

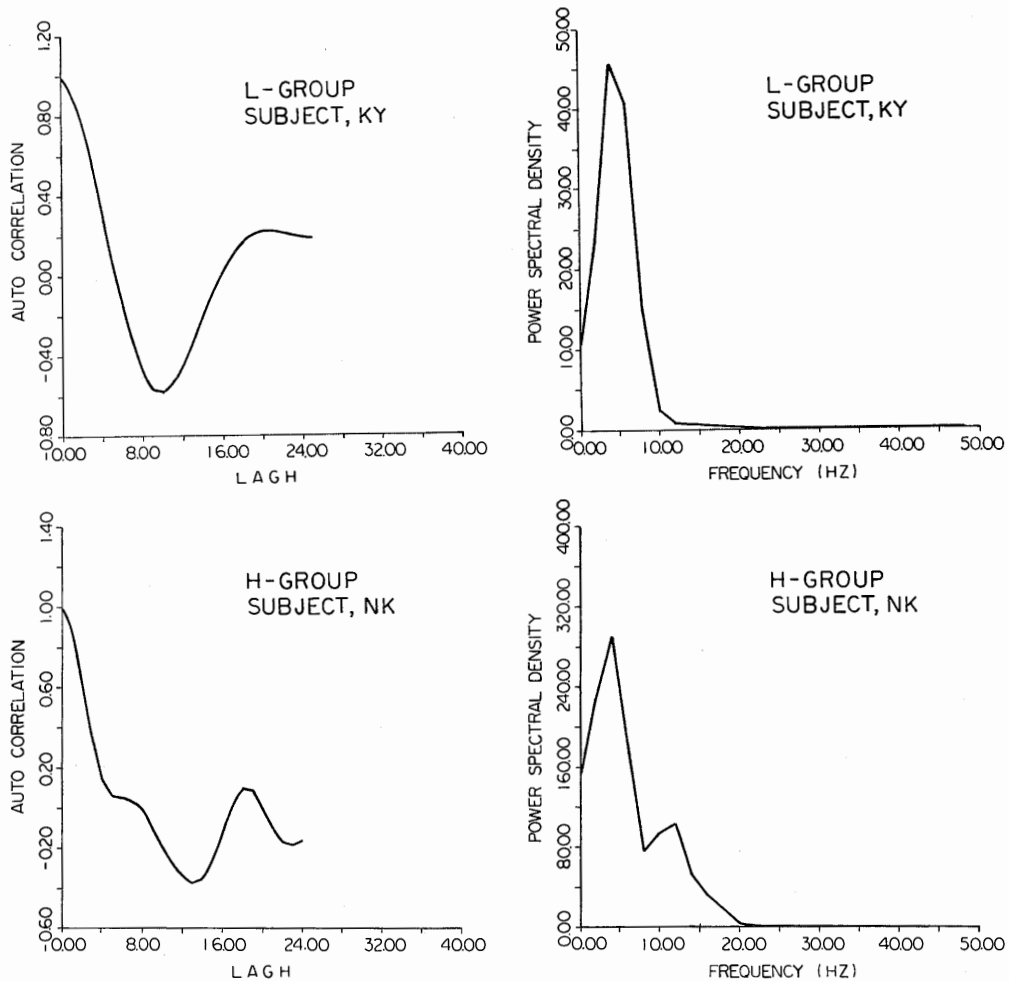


Fig. 3. Autocorrelation and power spectral density functions computed from the VERs of subject KY (L-group) and subject NK (H-group). Spectral resolution is 2.0 Hz.

L-group の被験者 KY は、自己相関関数は比較的規則的な周期性を示し、VER が周期関数に近い形状を示すことが推定される。また、power spectrum⁵⁾ は、H-group の被験者 NK は、5~6 Hz に spectral density の peak がみられると同時に、12 Hz 前後にも peak の出現がみられる。これに対し、L-group の被験者 KY は、6 Hz 前後の peak の出現のみが観察される。

次に、H-group 6名⁶⁾、L-group 8名の VER の自己相関関数および power spectrum を、両 group 共通の同一スケールで重ね合わせたものを Fig. 4 に示す。自己相関関数は、L-group が H-group よりも周期性が強く、また個人差も大きいことが認められる。Power spectrum は、H-group が L-group と比較して、全体的に power density が大である傾向がみられる。さらに、H-group では、ほとんどの被験者に、12 Hz 前後に、power spectral density の peak が出現するのがみられた。しかし、L-group では、このような 12 Hz 前後の peak はみられなかった。また 4~6 Hz の power spectral density の peak は両 group で共通にみられた。

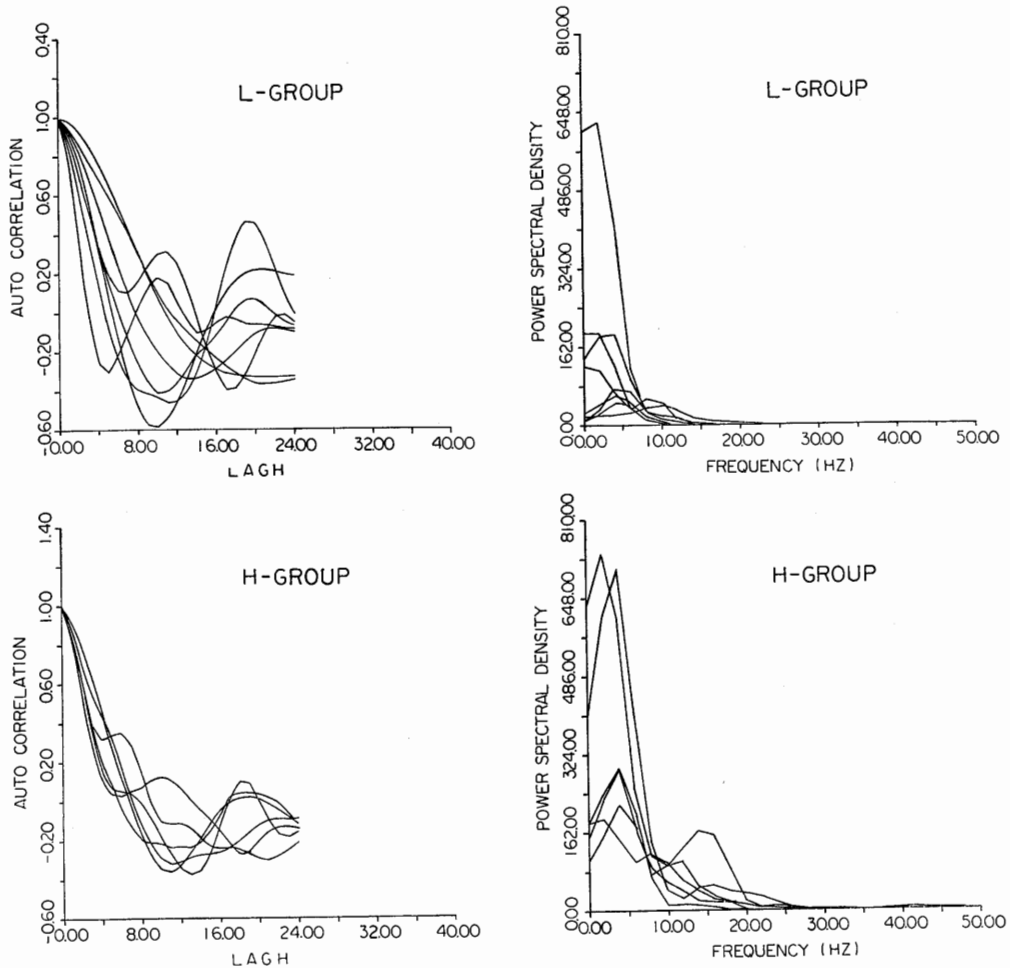


Fig. 4. Autocorrelation and power spectral density functions computed from 8 subjects extracted from H-, and L-group, respectively. Spectral resolution is 2.0 Hz.

考 察

本実験で、H, L-group の被験者の VER 比較から、両 group 間で、VER 潜時は N1 で有意差が得られたが、他の peak では有意差が得られなかった。

この結果は、late component の潜時において、High, Low IQ 両 group 間で有意差を認めた Chalke & Ertl (1965), そして、late component の潜時と IQ 間で有意な逆相関を認めた Ertl & Schafer (1969) のデータとは、一致しないものであった。

この原因として考えられることは、本実験で得られた H-, L- 両 group の VER を比較すると、component の形状に著しい差異がみられたことである。即ち、H-group では、各 peak が明瞭に出現したが、L-group では、peak が不明瞭で平坦であり、その多くが判別が非常に困難であった。

さて、このような L-group の VER に顕著であった、起伏の少ない平坦な component は、問題のところで述べたように、Ertl & Schafer (1969) における Low IQ group の VER にも認められる。Ertl & Schafer (1969) は、component の identification に、zero-crossing 法を併用して、或る一定以上の振幅変動を有する component を順次 E1, E2, E3, E4 としている。そのため、Low IQ group の VER において出現した平坦な component は、1つの component として測定されている。

しかしながら、本実験では、平坦な component の内に、H-group の P1, P2 に対応すると思われる小さな peak の出現を、L-group の3名の被験者に認めたため、それを P1, P2 と判定した。即ち、本実験では、平坦な component は2つの component として測定されたのである。

このような判別基準の相違により、今回の結果の不一致が生じたのかもしれない。

さて、それではこのような平坦な component が出現したこと自体を、両 group の差異とは考えられないであろうか。この点に関しては、VER の用波数分析結果が有効な知見を与えてくれると思われる。

H-, L-group 間で power spectrum を比較すると、H-group では、4~6 Hz の spectral peak が出現すると同時に、12 Hz 前後にも、spectral peak が出現した。しかし、L-group では、4~6 Hz の spectral peak のみが出現した。このような spectral peak の特性から、H-group では、VER に 12 Hz 前後の周波数成分が含まれていたため、その component は明瞭になり、L-group では、VER に 4~6 Hz の低周波成分のみが著しかったため、その component は不明瞭で平坦なものとなったと考えられる。

このように、H-group にのみ 12 Hz 前後の power spectrum の peak がみられたことから、12 Hz 前後の周波数成分が、H-, L-group 間での知能レベルの差を反映していると考えられよう。この点に関して、先に問題に述べたように、neutral 刺激から生じた VER が、知能の機能的側面のなかでも、符号化過程を反映すると考えれば、また、脳の神経細胞の集合的活動がその符号化過程と対応すると考えるならば、VER 周波数は、このような神経細胞の集合的活動の活動周期を反映すると思われる。

このような考え方にたてば、本実験で H-group の被験者にのみ、12 Hz 前後の spectral peak を認めたことは、H-group の神経細胞の活動周期には、12 Hz のものが顕著であったと考えられる。そして、これが知能の符号化の側面を反映するならば、12 Hz 前後の活動周期が、符号化の過程に効率の良い、或いは最適な周期であると考えられないか。H-group では、この 12 Hz 前後の活動周期が顕著であるため、符号化の過程がスムーズであるが、L-group では、この成分が顕著でないため、その過程に障害を生じるのではないだろうか。

このように、本実験結果は、Weinberg (1969) が、12~14 Hz の帯域で、IQ と power spectral density と最も高い相関を得た結果とよく一致する。

しかし、Weinberg (1969) 及び本実験は、いずれも neutral な刺激を用いたものであり、符号化の過程の仮説には、さらに、意味性をもった或る程度の精神負荷を伴う刺激を用いての検証、また、情報摂取量との比較検討が必要となるであろう。

一方、12 Hz 前後の帯域は、脳波の α 波帯域に入り、 α 波が種々の精神作業負荷下で変化することはよく知られているところから (山本, 1976)、自発性脳波活動との比較検討をするならば、さらに有効な示唆を得るであろう。

次に、H-, L-group 内での個人差は、両 group の自己相関関数および power spectrum から、L-group の方が、H-group よりも大である傾向がみられた。この点に関して、Rhodes, *et al.* (1969) は、bright group と dull group の VER を測定したところ、前者は後者よりも homogeneous であると報告している。また、Flinn, *et al.* (1977) は、知能レベルの異なる被験者の VER は、Low group において、High group の約 2 倍のばらつきを示したと報告している。このような報告および本実験結果から、L-group には 2 種のタイプの被験者が含まれていることが考えられる。即ち、Low IQ の被験者の中には、実際は能力がありながら、何らかの理由により、知能テストでは低得点しか獲得できない被験者が含まれていると推定されることである。

このような点に関して、VER を、知能テストの個々の下位検査得点との関連において検討するならば、興味深い知見が得られるのではないかと考える。

要 約

12~13才の知能レベルの異なる H (平均以上或いは高知能)、L (精神薄弱) 両 group それぞれ 8 名の、閃光刺激による occipital 導出 VER が測定された。

刺激呈示後 500 msec の VER は、100 回加算され、潜時、振幅、自己相関関数および power spectrum が求められた。

その結果、潜時は N1 (first negative peak) で、振幅は N1-P1, P2-N3 で両 group 間に有意差が得られ、潜時は L-group の方が遅延し、振幅は、H-group の方が大であった。しかしながら、両 group で component の出現様相が異なっているため、peak identification が困難であるという問題が残された。

周波数解析の結果、L-group では 4~6 Hz の peak のみが出現したが、H-group では、4~6 Hz の peak と 12 Hz 前後の peak が出現した。この結果から、VER の 12 Hz 前後の周波数成分が、両 group の知能差を反映することが示唆された。

また、L-group では、H-group よりも個人差が大きく、被験者の知能レベルが均質でない可能性が示唆された。

引用文献および脚注

- Bennet, W. F. 1968. Human perception: A network theory approach. *Nature*, 220, 1147-1148.
- Bigum, H. B. Dustman, R. E., & Beck, E. C. 1970. Visual and somatosensory evoked responses from mongoloid and normal children. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 28, 576-585.
- Blackman, R. B., & Tukey, J. W. 1958. *The measurement of power spectra*, New York: Dover.
- Callaway, E. 1973. Correlations between averaged evoked potentials and measures of intelligence. *Archives of General Psychiatry*, 29, 553-558.
- Chalke, E. C., & Ertl, I. 1965. Evoked potentials and intelligence. *Life Science*, 4, 1319-1322.
- Cigánek, L. 1961. The EEG response (evoked potential) to light stimulus in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 13, 165-172.
- Ellingson, R. J. 1966. Relationship between EEG and test intelligence: A commentary. *Psychological Bulletin*, 65, 91-98.
- Engel, R., & Fay, W. 1972. Visual evoked responses at birth, verbal scores at three years and IQ at four years. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 14, 283-289.
- Ertl, J. P. 1971. Fourier analysis of evoked potentials and human intelligence. *Nature*, 230, 525-526.

- Ertl, J. P., & Schafer, E. W. P. 1969. Brain response correlates of psychometric intelligence. *Nature*, **223**, 421-422.
- Flinn, J. M., Kirsch, A. D., & Flinn, E. A. 1977. Correlations between intelligence and the frequency content of the visual evoked potential. *Physiological Psychology*, **5**, 11-15.
- Freeman, W. J. 1964. Use of digital adaptive filters for measuring prepyriform evoked potentials from cats. *Experimental Neurology*, **10**, 475-492.
- Galbraith, G. C., Gliddon, J. B., & Busk, J. 1970. Visual evoked responses in mentally retarded and nonretarded subjects. *American Journal of Mental Deficiency*, **75**, 341-348.
- Gastaut, H. 1960. Correlation between the electroencephalographic and the psychometric variables (M. M. P. I., Rosenzweig, intelligence tests). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **12**, 226-227.
- Henderson, N. B., & Engel, R. 1974. Neonatal visual evoked potentials as predictors of psychoeducational tests at age seven. *Developmental Psychology*, **10**, 269-276.
- John, E. R., Herrington, R. N., & Sutton, S. 1967. Effects of visual form on the evoked response. *Science*, **155**, 1439-1442.
- Knott, J. R., Friedman, H., & Bardley, R. 1942. Some electroencephalographic correlates of intelligence in eight-year and twelve-year old children. *Journal of Experimental Psychology*, **30**, 380-391.
- Kreezer, G., & Smith, F. W. 1950. The relation of the alpha rhythm of the EEG and intelligence level in the nondifferentiated familial type of mental deficiency. *Journal of Psychology*, **29**, 47-51.
- Lindsley, D. B. 1938. Electrical potentials of the brain in children and adults. *Journal of General Psychology*, **19**, 285-306.
- Mundy-Castle, A. C. 1958. Electrophysiological correlates of intelligence. *Journal of Personality*, **26**, 184-199.
- Osborne, R. T. 1970. Heritability estimates for the visual evoked response. *Life Science*, **9**, 481-490.
- Rhodes, L. E., Dustman, R. E., & Beck, E. C. 1969. The visual evoked response: A comparison of bright and dull children. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **27**, 364-372.
- Richlin, M., Weisinger, M., Weinstein, S., Giannini, M., & Morgenstern, M. 1971. Interhemispheric asymmetries of evoked cortical responses in retarded and normal children. *Cortex*, **7**, 98-105.
- Shagass, C. 1946. An attempt to correlate the occipital alpha frequency of the electroencephalogram with performance on a mental ability test. *Journal of Experimental Psychology*, **36**, 88-92.
- Shucard, D. W., & Callaway, E. III. 1973. Relationship between human intelligence and frequency analysis of cortical evoked responses. *Perceptual and Motor Skills*, **36**, 147-151.
- Shucard D. W., & Horn, J. L. 1972. Evoked cortical potentials and measurement of human abilities. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **78**, 59-68.
- Sutton, S., Tueting, P., Zubin, J., & John, E. R. 1967. Information delivery and the sensory evoked potentials. *Science*, **155**, 1436-1439.
- Weinberg, H. 1969. Correlation of frequency spectra of averaged visual evoked potentials with verbal intelligence. *Nature*, **224**, 813-815.
- 赤池弘次・中川東一郎 1972 ダイナミックシステムの解析と制御. サイエンスライブラリ. 第9巻, サイエンス社. 東京.
- 宇阪直行・山本満里子 1973 視覚誘発反応 VER のひん度刺激呈示効果, 日変動性および個人差について. その1, occipital potentials. 関西心理学会第85回大会発表論文集, 8.
- 宇阪直行 1975 Computer-graphics による3次元図形の透視射影, 回転処理および関数・乱数ベクトル列の発生. 関西心理学会第87回大会発表論文. 14.
- 山本満里子 1976 精神作業 負荷条件下の脳波変化について (2). 日本心理学会 第40回大会 発表論文集. 65-66.
- 山本満里子・宇阪直行 1973 視覚誘発反応 VER のひん度刺激呈示効果, 日変動性および個人差について. その2. Vertex potential. 関西心理学会第85回大会発表論文集. 9.

山本満里子・芋阪直行 1976 FACOM U-200, 230-35 システムによる Off-Line A/D 変換およびスペクトル計算の精度について. 関西心理学会第88回大会発表論文集. 25.

山本満里子・芋阪直行 1977 視覚誘発反応潜時に及ぼす輝度および視野の効果. 日本心理学会第41回大会発表論文集, 102-103.

注

- 1) 誘発反応の振幅を S , 自発性脳波などのランダムに現われる雑音成分の振幅を N とすると, n 回の加算後, 誘発反応は nS の振幅となるが, 脳波は統計的な取り扱いで $\sqrt{n} N$ の振幅になる。即ち, n 回後の S/N 比は, もとの S/N 比の $\sqrt{n}$ 倍となる。このような原理に基づき, 誘発反応を検出する方法を, 加算平均法と呼ぶ。
- 2) VER は, 潜時 95 msec 前後を境として, それ以前の反応は primary response, それ以後の反応は secondary response と考えられ, 前者は特殊投射系, 後者は非特殊投射系により波及すると考えられた (Cigánek, 1961)。Chalke & Ertl (1965) の late component は, 潜時 142 msec 以上のものであり, secondary response に属すると考えられる。
- 3) 精神作業負荷とは無関係な外来性の感覚刺激。
- 4) 測定時間の延長が, IQ と VER の相関を増すことが報告されている (Shucard & Horn, 1972)。そして, High-IQ の被験者と, Low-IQ の被験者間で, attention レベルの差があり, それが VER に反映する可能性があると考えられている (Shucard & Horn, 1972; Callaway, 1973)。そこで, 本実験では, 5 セッションにわたり VER 測定を行ない, attention レベル等の変化に伴う VER 変化のチェックを行った。
- 5) 両被験者の power spectrum のタテ軸スケーリングが異なる。
- 6) H-group の他の被験者 2 名は, power spectrum density が著しく大きく, 6 名の被験者と同一スケーリングの下で書き得ないため, ここでは省略した。なお, 全体の周波数構造は, 他被験者と同様であった。
(博士課程大学院生)