

静的 random dot stereogram の打点密度の増減に対する VEP 振幅と深径知覚

飯塚 和彦

岩手医科大学眼科学教室

要 約

静的 random dot stereogram の打点密度の増減に対し、VEP 振幅の変動と被験者の深径知覚成立との関係を調査した。Stereogram あるいは uncorrelogram による両眼視差刺激の場合、どちらでも後頭部領域で最大振幅を示す陰性波が記録された。Oz における陰性波の頂点潜時の平均値は 197 msec で、その変動範囲は 160～260 msec であった。また、その振幅は correlogram に対するそれより常に大きかったが、打点密度を増加させても有意な増大を示さず、また、stereogram と uncorrelogram との間で有意な差がなかった。深径知覚成立は打点密度とも陰性波振幅とも明らかな相関を示さなかった。以上の成績は、両眼視差刺激によって誘発される後頭部 VEP は視覚領の両眼視差抽出細胞の trigger feature 様式の応答の集積を反映していることを、さらに、視差抽出段階より高次の深径知覚過程とは直接的には関連していないことを示唆している。(日眼会誌 96 : 985—992, 1992)

キーワード : Random dot stereogram, 視覚誘発電位, 深径知覚, 打点密度, 両眼視差抽出細胞

Depth Perception and Amplitude of VEPs for Variations of Dot Density in Static Random Dot Stereograms

Kazuhiko Iizuka

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Iwate Medical University

Abstract

Relative changes in depth perception and amplitude of VEPs were compared when the dot density in static random dot stereograms was altered. The maximum amplitudes of negative potentials evoked by either stereogram or uncorrelogram were recorded from the occipital region of human scalp. The peak latency was in the range of 160 to 260 msec, averaging 197 msec in 18 subjects. The amplitude of negative potentials evoked by either stereogram or uncorrelogram was always larger than that evoked by correlogram. The amplitudes on either stereograms, uncorrelograms or correlograms did not significantly increase when the dot density was increased, and there was no significant difference in amplitude on either stereogram or uncorrelogram. Depth perception did not closely correlate with the dot density nor with the amplitude of negative potentials. These results suggest that the amplitude of negative potentials may represent activities of disparity-sensitive neurons elicited in a trigger feature manner, but it does not reflect activities of the higher order process of depth perception. (*Acta Soc Ophthalmol Jpn* 96 : 985—992, 1992)

Key words : Random dot stereogram, VEP, Depth perception, Dot density,
Disparity-sensitive neuron

別刷請求先 : 020 盛岡市内丸 19-1 岩手医科大学眼科学教室 飯塚 和彦
(平成3年12月27日受付, 平成4年3月5日改訂受理)

Reprint requests to : Kazuhiko Iizuka, M.D. Department of Ophthalmology, School of Medicine,
Iwate Medical University. 19-1 Uchimaru, Morioka 020, Japan

(Received December 27, 1991 and accepted in revised form March 5, 1992)

I 緒 言

単眼性の深径知覚の手がかり (monocular familiarity cue) をなくして, 両眼視差情報のみによる random dot stereogram (RDS) で鮮明な深径知覚を誘起できるとの Julesz¹⁾の報告以来, 両眼視差が深径知覚を誘起すると推察されている。動物実験において, 視覚領の両眼視差抽出細胞が網膜不一致に関する情報を抽出し, 深径知覚の初期段階の処理を行っていることが明らかとなっている²⁾⁻⁶⁾。一方, ヒトの後頭葉を中心に出現する視覚誘発電位 (visual evoked potential, VEP) が, 両眼視の手がかり (binocular cue) 刺激に応答することが数多くの研究者によって報告されている⁷⁾⁻¹²⁾。このように心理学的に, あるいは, 単一細胞の, または集合電位のレベルにおいて, 両眼視差刺激による両眼視差抽出細胞の興奮が深径知覚の第一段階であることは異存のないところである。集合電位である VEP は輝度, コントラスト, 刺激図形の形状などの多くの刺激要素が複合された刺激に対する応答であるため, この電位に自覚的な深径知覚過程からの要素が反映している可能性がある。VEP と深径知覚との関連を検討する試みは Lehmann ら⁷⁾や大本ら⁸⁾の報告に見られ, 最近では田中ら¹³⁾による静的 RDS 刺激による VEP 振幅と立体視の心理物理学的検討に見られる。

しかし, 両眼視差刺激で誘発される VEP 振幅は両眼視差抽出細胞の活動が主に反映するのか, あるいはこの活動に加えて上位の深径知覚過程に関与する細胞の活動も反映するのかわかりにされていない。今回の実験は RDS の打点密度を増減させたときの, VEP 振幅の変動と被験者の深径知覚成立との関係を調査し, 両眼視差抽出細胞の興奮に加え, 深径知覚過程に関与する細胞の活動も VEP 振幅に影響を与えているのか否かを検討したので報告する。

II 実験方法

1. 対象

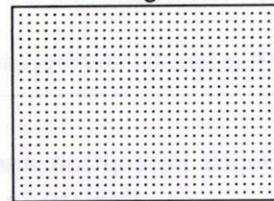
対象は男性 6 名, 女性 12 名の計 18 名, 年齢は 19~26 歳 (平均 21 歳) である。対象者の矯正視力は 0.7~2.0 で, 立体視力は Titmus stereo test で 40~60 arc sec, TNO で 15~240 arc sec である。

2. 刺激画面およびその提示方法

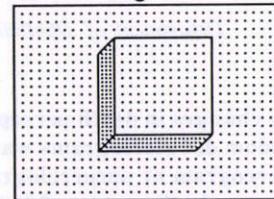
刺激画面は伊藤¹¹⁾と二唐ら¹⁴⁾の方法により, パーソナルコンピュータ (PC-9800 VX, 日本電気) でコン

ピュータディスプレイ (KX-14 HD 14, ソニー) の画面に作成された 3 種類の red-green static random dot pattern である。図 1 に示すように, その 1 つは correlogram で両眼視差刺激を含まない画面であり, その 2 は stereogram で, correlogram の中央の領域に赤色と緑色の dot が規則的に水平にずらされて散布されており, この領域は赤一緑の眼鏡を通したとき深径感を誘起させてディスプレイ画面から浮き出て見える。本実験ではこの stereogram の両眼視差は 8 arc min に固定した。その 3 は uncorrelogram で, correlogram の中央の領域に赤色と緑色の dot が不規則に散布されており, この領域は種々の大きさの両眼視差刺激が含まれているので, 自覚的には深径感が曖昧でだけばだっただけに見える。各刺激画面に散布される random dot の数は, VEP が安定して記録できる 1,000 以上と

A. Correlogram



B. Stereogram



C. Uncorrelogram

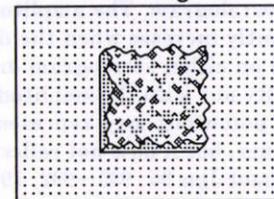


図 1 刺激画面模式図。

Red-green static random dot pattern による 3 種の刺激画面を示す。A. Correlogram は視差刺激を含まず, dot がディスプレイ画面に見える。B. Stereogram は中央の領域に一定の大きさの視差刺激が含まれ, ディスプレー画面から浮き出て見える。C. Uncorrelogram は中央の領域に種々の大きさの視差刺激が含まれ, けだっただけに見える。

し、1,000, 2,000, 4,000, 8,000, 16,000の5段階とした、この random dot の数はディスプレイ画面当りの数で、打点密度 (dot/screen) と称した。

VEP 記録と同時に深径知覚の実験を行うために、stereogram と uncorrelogram のそれぞれの中央の視差刺激領域の形状を円形、三角形、四角形の3種類に変えて、合計6種類の視差刺激を含む画面を作った。これらの視差刺激領域の大きさは等面積になる様にした。すなわち、四角形の面積は視角にして4°×4°に定め、これと同面積を持つ円形と三角形を作った。これら6種の視差刺激画面と correlogram を被験者に提示するには次の様にした。図2に示すように、まずこれら6種の各視差刺激のいずれかを画面に提示し、次いで correlogram を提示したが、これら6種の各視差刺激画面のいずれかと correlogram とによって3組の stereogram-correlogram と3組の uncorrelogram-correlogram の組み合わせを作り、この6組を加算回数に応じて任意に配列し、順次ディスプレイ画面に提示した。

Stereogram-correlogram によって誘発される VEP は topographical analyzer (Brain Atlas, Biologic) 内の1つの記録用のメモリーに、他方の uncorrelogram-correlogram によるそれはもう1つのメモリーに区別され、加算・保存した(図2)。したがって、stereogram あるいは uncorrelogram の視差刺激領域のうち、円形、三角形、四角形の3種類の形状刺激に対する VEP は区別されずに加算されている。Stereogram と uncorrelogram の提示時間は500 msec, correlogram のそれは600 msec, 合計1,100 msec に設定したが、記録装置の制約から VEP の記録保存時間は1,024 msec とした。Stereogram-correlogram の加算回数は64回に固定したが、uncorrelogram-correlogram のそれは、この両刺激画面をランダムに提示させたので約50~70回となった。

3. 記録と検定

図3に実験記録装置の概略を示した。被験者はシート椅子 (EEG 用椅子, 日本光電) に座り、赤一緑の眼鏡を装着して1m前方のディスプレイの刺激画面を注視する。ディスプレイ画面の大きさは、視角にして縦11.1°×横14.3°に相当する。両眼に与える色光の強さは同一に調整した¹⁴⁾。脳波は国際10-20法に従って、頭皮上14か所に設置した電極によって多用途脳波計 (5214, 日本光電) に導出した。脳波記録用電極には銀一塩化銀電極を頭皮上にゴムバンドで固定して用

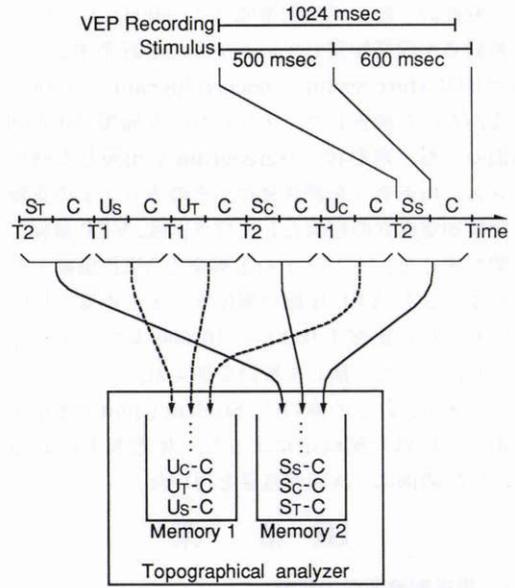


図2 刺激画面の提示とその VEP の記録保存方法。Stereogram (S) と uncorrelogram (U) の中央の視差刺激領域の形状にはそれぞれ円形(c), 三角形(t), 四角形(s)の3種がある。S_Tの記号は三角形状の stereogramであることを示す。T1, T2は2種の trigger pulse を示す。U と correlogram (C) の刺激画面の組み合わせのとき T1 が、S と C の組み合わせのとき T2 が、刺激提示用コンピュータから topographical analyzer にそれぞれ送られ駆動される。U-C による VEP はすべて topographical analyzer の memory 1 に、S-C のそれはすべて memory 2 に加算・保存される。上段に刺激画面の提示時間、VEP 記録時間を示す。

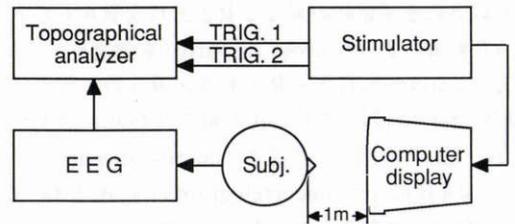


図3 実験装置のブロックダイアグラム。被験者は赤一緑の眼鏡を装着して1m前方のディスプレイ画面を注視する。刺激提示用コンピュータから topographical analyzer に2種の trigger pulse (TRIG. 1, 2) が送られる。

いた(KM 式脳波記録装置, ユニークメディカル)。接地電極はオトガイ部中央に、基準電極は両耳朶に置い

た。脳波計の総合周波数帯域は3~60 Hzとした。

被験者が深径知覚しているか否かを評価するため、測定中に stereogram と uncorrelogram を区別しているか否かを調査した。すなわち、6種類の視差刺激画面のうち三角形の stereogram が出現した時にカウンターのボタンを押させた。そのカウントの正解率を深径知覚成立の指標として打点密度、VEP 振幅との相関を求めた。カウントの正解率と VEP 振幅との相関を求める際、VEP 振幅の個体差による影響を排除するため、打点密度1,000 から16,000 までのすべてのデータについて一括して検討を加えた。

データの統計学的検討は、Student's paired t-test の両側あるいは片側検定によった。有意水準は10%とし、相関関係は一回帰直線を用いた。

III 結 果

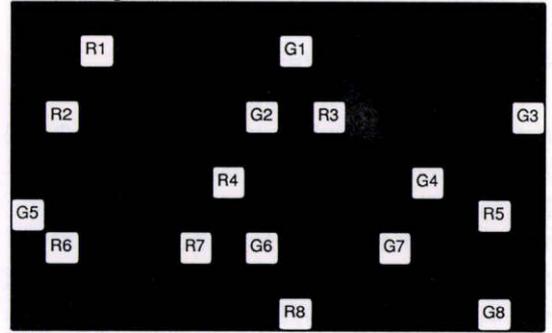
1. 視差刺激画面の解析

被験者についての実験結果を示す前に、stereogram と uncorrelogram の両視差刺激画面に含まれる、視差刺激を構成する dot の組み合わせの数(視差刺激の数)が打点密度によっていかに変化するかを、刺激画面作成に用いたパーソナルコンピュータにて解析した。

視差刺激画面内に形成された視差刺激領域の視差刺激の分布状態を図4に模式的に示した。図4Aに示す stereogram 内の視差刺激領域では R1 と G1, R2 と G2, R3 と G3, …のように左側の赤色 dot と右側の緑色 dot が、水平方向に一定距離(この場合8 arc min)を保って散布されている。これら各々一対の赤色と緑色の dot は浮き出て見える(cross disparity と呼ぶ)。これ以外に水平距離の異なる R2 と G3, R6 と G7 の組み合わせのような cross disparity も含まれていた。一方、このほかに G2 と R3, G5 と R5 のように左側に緑色 dot, 右側に赤色 dot の組み合わせも含まれており、これらは凹んで見える(uncross disparity と呼ぶ)。図4Bに示す uncorrelogram は赤色と緑色の dot が任意に散布されているので、stereogram のように一定の水平距離を保つ cross disparity は極めて少ないが、R2 と G1 または G3 と R4 のような cross disparity と uncross disparity が多数含まれていた。

視差刺激画面に含まれる視差刺激の数が打点密度によっていかに変化するかを解析した結果を図5に示す。打点密度と、30 arc min 以内の大きさの cross disparity あるいは uncross disparity となる dot の組み合わせの総数、およびその中に含まれる8 arc min

A. Stereogram



B. Uncorrelogram

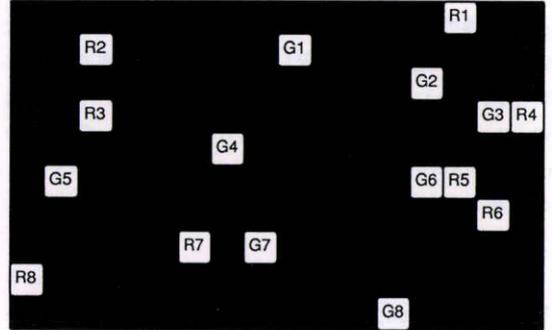


図4 視差刺激領域模式図。

Stereogram と uncorrelogram の視差刺激領域を構成する赤色と緑色の dot の空間的位置関係を示す。R1, 2, 3, …と G1, 2, 3, …はそれぞれ赤色と緑色の dot を示す。

の cross disparity に限った組み合わせの数との関係を示したものである。それらは、両画面ともに、打点密度の増加に伴って指数関数的に増加している。視差刺激の総数に対する8 arc min の cross disparity の数の比率は、stereogram (図5の□に対する■の比率) では打点密度1,000では90.7%, 打点密度16,000では28.7%と変化していたのに対し、uncorrelogram (○に対する●の比率) では打点密度1,000では5.6%, 打点密度16,000では1.6%であり、uncorrelogram においては8 arc min の cross disparity の占める比率は極めて小さい。以上の関係は円形、三角形、四角形の視差刺激領域の形状の違いでは大差はなかった。

2. 視差刺激に対する VEP の頭皮上分布と頂点潜時

図6は、刺激画面の打点密度を1,000 から16,000 に変えた時の stereogram-correlogram 刺激(図6A)と

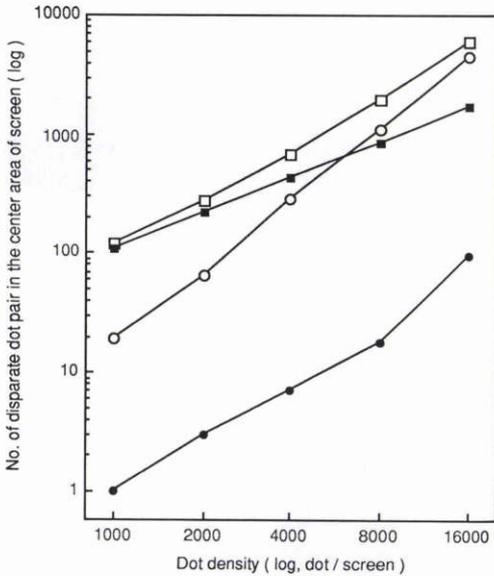


図5 打点密度と視差刺激数。

打点密度と、各視差刺激画面に含まれる視差を構成する dot の pair の数との関係をプロットした。□は stereogram に含まれる大きさ 30 arc min 以内の視差の総数を、■は stereogram に含まれる大きさ 8 arc min の視差の数を示す。○と●は uncorrelogram に含まれるそれらを示す。

uncorrelogram-correlogram 刺激(図 6 B)に対する頭皮上各部位における VEP 波形と、stereogram, uncorrelogram の両視差刺激画面に対して誘発された陰性波のトポグラムの代表例を示す。両視差刺激画面に対して誘発された陰性波は、いずれの打点密度においても後頭部領域 (O_1 , O_z , O_2) で最大振幅を示し、後頭部から頭頂部にかけて安定して出現しており、前方ほど振幅が低下する傾向にあった。図 6 A の打点密度 2,000, 同図 B の打点密度 2,000, 16,000 では、Fpz, Fz で陰性波は認めにくかった。

Stereogram, uncorrelogram の両視差刺激画面に対して誘発された陰性波について、18 名の被験者から得られた O_z での頂点潜時は 160~260 msec (平均 197 msec)であった。一方 correlogram のそれは 100~212 msec (平均 167 msec)であった。図に示した例の correlogram に対する陰性波は台形状あるいは 2 峰性を示していたが、他の多くの例では 1 峰性であった。

3. 刺激画面の打点密度と VEP 振幅

O_1 , O_z , あるいは O_2 で得られる VEP 振幅の大きさは、それぞれの間で大きな差異が認められなかったの

で、 O_z の値を本実験のデータ処理に用いた。振幅測定には trough to peak 値を採用した。

打点密度増大に対する stereogram, uncorrelogram, correlogram の各刺激画面で得られた VEP 振幅の変動を図 7 に示した。打点密度を増大させても各振幅は著明には増大せず、統計学的にも有意な差はなかった(片側検定)。また各打点密度時における stereogram (図 7 の □) と uncorrelogram (○) の両曲線の間、ならびに correlogram_{ST} (■) と correlogram_{UC} (●) (これらの添字の語句は図 7 参照) の両曲線の間にも有意な差は見られなかった(両側検定)。しかしながら、stereogram と correlogram_{ST} (□と■) との間、ならびに uncorrelogram と correlogram_{UC} (○と●) との間の振幅高を比較すると、stereogram と uncorrelogram の振幅が correlogram_{ST,UC} のそれより明らかに大きかった。しかし、stereogram と correlogram_{ST} の間で有意な差を示したのは、1,000, 2,000, 8,000, 16,000 の 4 つの打点密度においてであり、uncorrelogram と correlogram_{UC} の間では、4,000, 8,000 の 2 つの打点密度においてであった(片側検定)。

4. 深径知覚に対する打点密度と VEP 振幅の関係

刺激画面の打点密度と三角形の stereogram を選択抽出する被験者の正解率の関係を図 8 に示した。全体の正解率の平均値は 0.79, 相関係数は $r = +0.077$ であった。打点密度と正解率との間に相関はなかった。

Stereogram に対して O_z から記録された VEP 振幅の大きさと正解率の関係を図 9 に示した。相関係数は $r = +0.33$ であり、両者の間に相関は認めがたい。

IV 考 按

1. 視差刺激画面についての検討

これまで random dot stereogram に含まれる視差刺激についての定量的な検討がなされた報告は見当たらない。今回用いた stereogram と uncorrelogram の両視差刺激画面に含まれる視差刺激の数が、打点密度によっていかに変化するかを解析した結果、uncorrelogram では光点が任意に散布されているだけであるにもかかわらず、打点密度が大きくなると stereogram にも劣らないほど多くの視差刺激を含んでいること、しかし、その視差刺激のうち特定の大きさ(この場合 8 arc min)の視差刺激の占める比率は、stereogram に比較して極めて小さいことがわかった。これらの解析結果を以下の検討に供した。

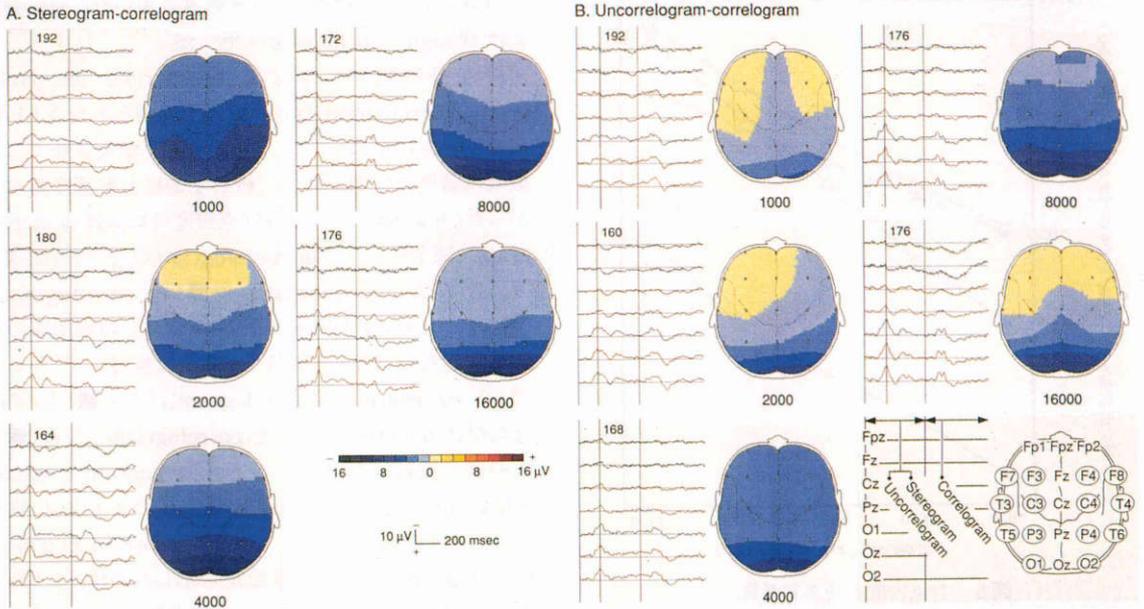


図6 打点密度の増加に対する VEP 波形とそのトポグラム。

A は stereogram-correlogram に対する応答, B は uncorrelogram-correlogram に対する応答. トポグラムの直下の数字は打点密度である. 7 本組の VEP 波形が, 上から Fpz, Fz, Cz, Pz, O₁, Oz, O₂ の順に示されている (Fpz, Fz, Cz, Pz, Oz は補間値である). 7 本組の VEP 波形の上部に示す数字は, stereogram あるいは uncorrelogram に対する Oz の陰性波の頂点潜時 (msec) である. トポグラムはその Oz の頂点潜時における頭皮上の電位分布を示す. 右側最下段に記録電極の位置を丸印で示す.

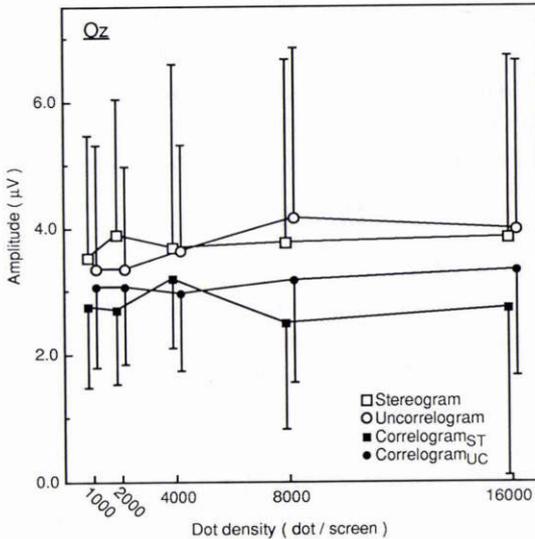


図7 打点密度と VEP 振幅。

Oz で得られた 18 名の VEP 振幅の平均値を示す. Correlogram_{ST} は stereogram と組になっている correlogram の, また, correlogram_{UC} は uncorrelogram と組になっている correlogram の電位振幅を示す. バーは標準偏差を示す.

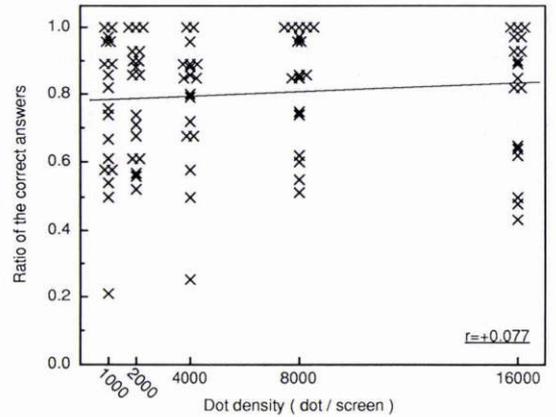


図8 打点密度と深径知覚の相関図。

打点密度と, 三角形の stereogram を選択抽出する正解率との関係をプロットした. 相関係数 $r = +0.077$. 回帰直線 $y = 2.6 \times 10^{-6}x + 7.8 \times 10^{-1}$.

2. 後頭部に記録される陰性波と有視差刺激

Fukai¹⁰⁾や筒井ら¹⁵⁾はトポグラムを用いた検討から, 立体視に対する VEP の応答は中央部あるいは頭

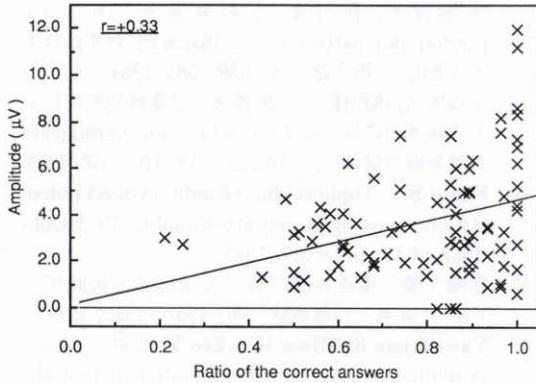


図9 深径知覚とVEP振幅の相関図。

三角形の stereogram を選択抽出する正解率と、VEP 振幅との関係をプロットした。5種の打点密度についてのデータを一括してプロットした。相関係数 $r = +0.33$ 、回帰直線 $y = 4.5x + 0.17$ 。

頂部から後頭部に移行する陰性帯電であるとしているが、今回の記録では後頭部に先行する中央部あるいは頭頂部での陰性波は認められなかった。その原因については明らかにできなかった。必ずしも有意な差を示したわけではないが、いずれの打点密度においても stereogram と uncorrelogram に対する陰性波の振幅は、correlogram に対するそれより大きかった(図7)。このことは、有視差刺激が両眼視差抽出細胞の活動を促し、それが陰性波の振幅を増大させることを示している。今回記録された陰性波は、記録された部位、頂点潜時の範囲などから、これまでに random dot stereogram の刺激によって記録された VEP とは、視差刺激によって振幅が増大する点で共通していると考えられる⁸⁾¹¹⁾¹²⁾¹⁴⁾。

3. 打点密度の増大に対する陰性波の振幅

刺激画面の打点密度が増すにつれて、stereogram と uncorrelogram の両画面に含まれる視差の数は指数関数的に増加するが、Oz から記録された陰性波の振幅は打点密度にかかわらずほぼ一定の大きさを示し、視差刺激の密度の増大が VEP 振幅に影響を与えることはなかった(図5, 7)。同様の成績は無視差画面である correlogram の場合にも見られる。このことは、ある刺激条件下で同じ輝度を持つ光点の数の増加は、陰性波振幅の増大を誘発しないことを意味している。

打点密度に対して陰性波の振幅がほとんど影響を受けなかった理由を考察すると、視覚領の細胞の興奮は trigger feature 様式で応答する²⁾ので、網膜上に光刺

激を与える場合その受容野全体を刺激する必要はなく受容野の一部でよい。このことは受容野全体に落ちている多くの光点が無効刺激に陥りやすいことを推察させる。一方 Hammond ら¹⁶⁾は、random dot 刺激は単純細胞の興奮にはほとんど無効で、複雑細胞を興奮させると報告している。複雑細胞はその受容野が平均 6° と大きく⁴⁾¹⁷⁾、単純細胞よりもさらに多くの光点が無効刺激になる確率を増すことになる。換言すれば、視差抽出は図形状刺激ではなく一部の点状刺激で充分であることを示唆している。

一方、stereogram と uncorrelogram の陰性波の振幅に差異が明白でないことは他の報告にも見られ、今回も同様の成績を得ている⁷⁾⁸⁾¹¹⁾¹⁴⁾。すなわち、図5に示したごとくいずれの打点密度においても stereogram と uncorrelogram で、視差刺激の総数に対する 8 arc min の cross disparity の数の比率がまったく異なるにもかかわらず、両者の間に陰性波の振幅の差は認めがたい。このように、有視差刺激下における陰性波の振幅増大には、ある大きさ(この場合 8 arc min)の視差数とそれ以外の大きさの視差数の比率の差異、cross disparity と uncross disparity の混在比率の差異はほとんど影響を与えないことを示唆している。

4. 打点密度および陰性波の振幅と深径知覚

被験者は打点密度が低いと深径感が把握しにくい画面は見易く、打点密度が高いと深径感は把握し易いと述べ、打点密度の増減は、心理的には深径感の強弱を与えているが、VEP 振幅にも深径知覚成立にもほとんど影響を与えていない(図7, 8)。このことは、上述のごとく打点密度が増加しても無効刺激が増すばかりで、興奮する両眼視差抽出細胞は増加せず、その結果深径知覚成立も促さないものと推察させる。しかし、深径知覚成立は VEP 振幅の大きさに直接つながっておらず(図9)、両眼視差刺激によって誘発される後頭部 VEP は、視差抽出段階より高次の深径知覚過程とは直接的には関連していないことを示唆している。深径感の明瞭な stereogram と深径感が曖昧でけばだて見える uncorrelogram に対する陰性波の振幅に差がなかったこと(図7)も、このことを支持している。

大本ら⁸⁾は深径感の生じない程短時間の視差刺激を与えても陰性波が記録されることから、陰性波は深径感が成立する前段階の視差検出の際に発生すると考えている。今回の成績は彼らの考えを支持し、心理的な効果は後頭部に出現する陰性波の振幅には反映されないことを示唆している。

稿を終えるにあたり、研究の場を与えて下さり、御懇篤な御指導、御鞭撻をいただき、御高聞を賜りました弘前大学医療技術短期大学・二唐東朔教授、ならびに岩手医科大学眼科学教室・田澤 豊教授に深謝いたします。また御協力、御助言をいただいた弘前大学医療技術短期大学作業療法学科、ならびに岩手医科大学眼科学教室の諸兄姉に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Julesz B: Binocular depth perception without familiarity cues. *Science* 145: 356—362, 1964.
- 2) Barlow HB, Blakemore C, Pettigrew JD: The neural mechanism of binocular depth discrimination. *J Physiol* 193: 327—342, 1967.
- 3) Nikara T, Bishop PO, Pettigrew JD: Analysis of retinal correspondence by studying receptive fields of binocular single units in cat striate cortex. *Exp Brain Res* 6: 353—372, 1968.
- 4) Poggio GF, Fischer B: Binocular interaction and depth sensitivity in striate and prestriate cortex of behaving rhesus monkey. *J Neurophysiol* 40: 1392—1405, 1977.
- 5) 二唐東朔: 単眼視, 両眼視の生理. 筒井 純編: 眼科 Mook 4 神経眼科へのアプローチ. 東京, 金原出版, 1—12, 1978.
- 6) 二唐東朔: 両眼視の電気生理. 田澤 豊編: 眼科 Mook 14 眼と電気生理. 東京, 金原出版, 218—229, 1980.
- 7) Lehmann D, Skrandies W, Lindenmaier C: Sustained cortical potentials evoked in humans by binocularly correlated, uncorrelated and disparate dynamic random-dot stimuli. *Neuroscience Letters* 10: 129—134, 1978.
- 8) 大本達也, 初川嘉一, 村井保一: Dynamic random-dot pattern による disparity 刺激に対する VEP. *日眼会誌* 88: 559—564, 1984.
- 9) 小口芳久, 浜田恒一, 河原哲夫: 視覚誘発電位による立体視の研究—static random dot stereogram 刺激装置の試作—. *日眼会誌* 89: 470—475, 1985.
- 10) Fukai S: Topographic visually evoked potentials induced by stereoptic stimulus. *Br J Ophthalmol* 69: 612—617, 1985.
- 11) 伊藤千春: 視差刺激に対する頭頂部と後頭部の VEP の差異. *日眼会誌* 90: 1564—1573, 1986.
- 12) Yanashima K, Miwa M, Akeo Y, et al: Topographical study of stereo-related potentials. *Doc Ophthalmol* 65: 25—33, 1987.
- 13) 田中悦子, 真島行彦, 小口芳久, 他: 静的 random-dot stereogram による立体視の VEP および心理物理学的検討—視力の影響について—. *眼臨* 81: 1223—1228, 1987.
- 14) 二唐東朔, 小山内隆生, 藤井浩美: VEP を指標にした網膜不一致と網膜偏位度との関連. *神経眼科* 7: 75—83, 1990.
- 15) 筒井 純, 田淵昭雄, 石 幸雄, 他: 眼から脳へ, 脳から眼へ. ムービングトポグラフィによる研究. *日眼会誌* 92: 883—908, 1988.
- 16) Hammond P, MacKay DM: Differential responsiveness of simple and complex cells in cat striate cortex to visual texture. *Exp Brain Res* 30: 275—296, 1977.
- 17) Pettigrew JD, Nikara T, Bishop PO: Responses to moving slits by single units in cat striate cortex. *Exp Brain Res* 6: 373—390, 1968.