



継時呈示におけるポジティブおよびネガティブ コントラスト刺激の識別特性

中 嶋 芳 雄

聖マリアンナ医科大学物理学教室 〒213 川崎市宮前区菅生 2095

(1986年5月9日受理)

Contrast Discrimination Characteristic of Successively Exposed Positive and Negative Contrast Stimuli

Yoshio NAKASHIMA

Department of Physics, School of Medicine, St. Marianna University,
2095, Sugao, Miyamae-ku, Kawasaki 213

Contrast discrimination was investigated as a function of ISI, which was varied from 0 to 8,000 ms. Reference and test fields were exposed on CRT display successively but separately in space. Contrast between a test to a reference field was changed randomly, keeping luminance of the reference constant. Two subjects with normal colour vision and visual acuity participated in this experiment. Contrast discrimination threshold changed from 16 to 48% for positive contrast stimuli, while it changed from 6 to 26% for negative contrast stimuli. Both of the subjects reported the easiness of discrimination for the negative contrast stimuli. These results suggest that it is easy to discriminate the negative contrast stimuli compared to the positive ones.

1. は じ め に

視覚系におけるコントラスト識別特性を検討する場合、視覚情報を呈示する手法としては、同時呈示と継時呈示の2種類がある。前者では固視点を自由に移動させながら視覚情報を十分に認識し、比較・検討することが可能であり、これに関する研究は以前より数多く行なわれている¹⁻⁶⁾。たとえば、Blackwell⁷⁾は背景光をいろいろと変化させたときの、背景光 L と刺激光の閾値 ΔL との関係、つまりコントラスト識別閾 $\Delta L/L$ を求めている。また最近では中嶋⁸⁾が、呈示持続時間を関数として、コントラスト識別特性を求めている。一方、後者では、継時呈示された視覚情報同士の比較に際しては、たとえば記憶という要素も大きな影響をおよぼすことになり、これに関する研究はきわめて少ない^{9,10)}。そこで本研究では、明るさの異なる参照光とテスト光に対する識別特性を、inter stimulus interval (ISI) の関数として測定し、継時呈示における視覚系の識別特性について検

討、考察を試みた。使用した呈示刺激はポジティブコントラスト刺激とネガティブコントラスト刺激であり、それぞれの刺激に対する識別の難易が比較・検討された。これらの結果は、オフィス・オートメーション化に伴い、近年その普及が目覚ましい visual display terminal (VDT) 等の表示方法に、なんらかの有益な基礎的データを提供するものと期待している。

2. 方 法

測定装置は、ホストコンピュータ (SORD 243 MARK III) と、これにオンラインで接続されている高解像度白黒 CRT 画像表示装置 (CHUOMUSEN MODEL TPM-340 B) およびプリンタ (EPSON, MP-100) 等より構成されている。装置についての詳しい説明は他で紹介しているので^{6,8,11)}、ここでは省略する。被験者に呈示する刺激パターンを Fig. 1 に示す。刺激パターンは、背景となる順応視野 ($9^\circ \times 11^\circ$) とその中央に呈示される参照視野 (左側) およびテスト視野 (右側) (いずれも

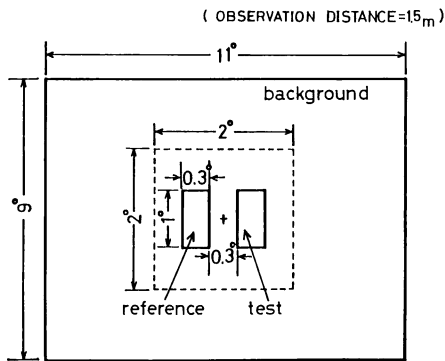


Fig. 1 Pattern for test stimulus.

1°×0.3°), それに刺激呈示位置を示す指示枠 (2°×2°) より構成されている。なお, 指示枠と中心の固視点 “+” は背景視野が呈示される順応期間中のみ呈示され, 参照光およびテスト光の呈示期間中は呈示されない。刺激パターンは, ポジティブコントラスト刺激とネガティブコントラストテスト刺激に大別される。ポジティブコントラストテスト刺激の呈示手順を Fig. 2 に示す。参照光およびテスト光の呈示持続時間はいずれも 2,000 ms であり, セッション内においては前者の輝度 (cd/m²) は一定に保たれ, 後者の輝度のみがランダムに変化した。ISI は 0, 500, 1,000, 2,000, 4,000 および 8,000 ms の 6 種類である。被験者は先に呈示された参照光と, その後に呈示されるテスト光の “明るさ” に注目し, 両者の “明るさ” が等しいか否かを判定する。応答は手元のキーボードコマンドスイッチを用いて行なう。なお, 各試行間隔は 10 s である¹²⁾。

一方, ネガティブコントラストテスト刺激の呈示手順を Fig. 3 に示す。刺激がネガティブコントラストであること以外は, Fig. 2 の場合と同様である。なお, ポジティブおよびネガティブコントラスト刺激における順応視野の輝度はそれぞれ 12 と 154 cd/m² であり, 参照光

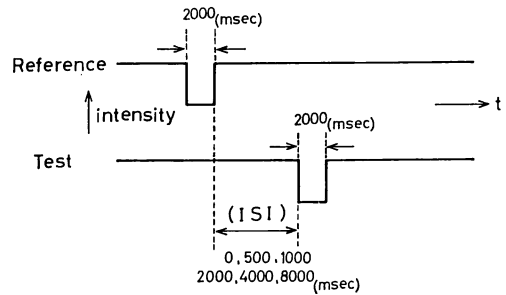


Fig. 3 Same as Fig. 2 but for negative stimulus.

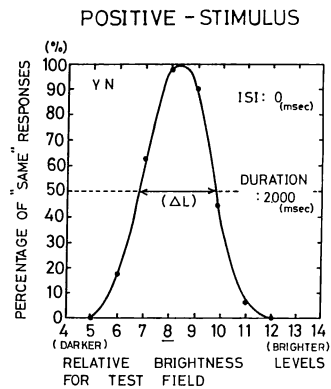


Fig. 4 Relation between percentage of “SAME” responses and relative brightness levels for test field.

はいずれも 88 cd/m² である。またテスト光は 12~154 cd/m² の範囲を 9.5 cd/m² ステップで分けた, 16 段階の値である。被験者は色覚正常者 2 名 (YN, NN) であり, それぞれ 30 代と 20 代である。

3. 結果および考察

ポジティブコントラスト刺激に対する, コントラスト識別確率特性曲線の一例を Fig. 4 に示す。ISI が 0 ms

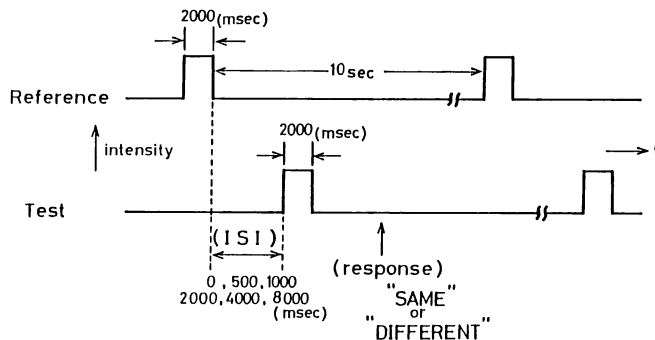


Fig. 2 Time sequence of positive stimulus exposure.

の場合の被験者 YN の結果である。横軸は、テスト光の輝度を相対値として表示したもので、縦軸は、参照光とテスト光の“明るさ”が等しいと応答した確率を示したものである。黒丸はデータ点を示す。特性曲線は各点にフィットするように引いたものである。特性曲線は参照光の明るさに相当する、横軸 8 レベルの近傍でピークをもつ正規分布を示している。ところで、本実験では各被験者に、『参照光とテスト光の“明るさ”に注目して、両者の差の有無を判定して下さい』という指示を与えた。また実験を通して、参照光の明るさはつねに一定に保たれ、テスト光の明るさのみがランダムに変化した。したがって、各被験者は参照光の明るさを基準にして、テスト光がそれよりも明るい、または暗いかを判定することになる。そこで、本研究では前述した実験条件を踏まえて、(1)式で表現される ΔC を便宜上、コントラスト識別閾値と定義した。

$$\Delta C = \frac{\Delta L}{2L(r)} \times 100 \quad (1)$$

ただし ΔL は、Fig. 4 における特性曲線が、縦軸 50% となる点に対応する横軸のテスト光の輝度 (cd/m^2) 差であり、 $L(r)$ は参照光の輝度 (cd/m^2) である。ここで、各 ISI に対して得られる識別確率特性曲線と (1) 式より ΔC を求め、ISI と ΔC との関係を図示したものが Fig. 5 および Fig. 6 である。前者はポジティブコントラスト刺激、後者はネガティブコントラスト刺激に対するものである。ポジティブコントラスト刺激では、コントラスト識別閾値は ISI の増加とともに上昇し、とくに 0~2,000 ms の範囲で著しい上昇を示している。また、4,000 ms 以上で再び上昇を示していることも大きな特徴である。これは ISI が大きいために、先に呈示された参照光の記憶が不正確になったり、疲労等により識別能が低下し、閾値が上昇したものと考えられる。全体的には、両被験者とも比較的類似した傾向を示している。

一方、ネガティブコントラスト刺激では、コントラスト識別閾値は、ISI が約 2,000 ms までは急激に上昇しているが、その後は両被験者とも、一定値を示している。これは、ポジティブコントラスト刺激に比べ、記憶が比較的正確に保持されやすいことを示唆している。また被験者 NN では、ポジティブコントラスト刺激に比較して、ネガティブコントラスト刺激では低い識別閾値を示している。さらに両被験者より、ネガティブコントラスト刺激のほうが見やすいという内観報告を得た。これらの実験結果は、ポジティブコントラスト刺激に比べて、ネガティブコントラスト刺激の識別が容易であると

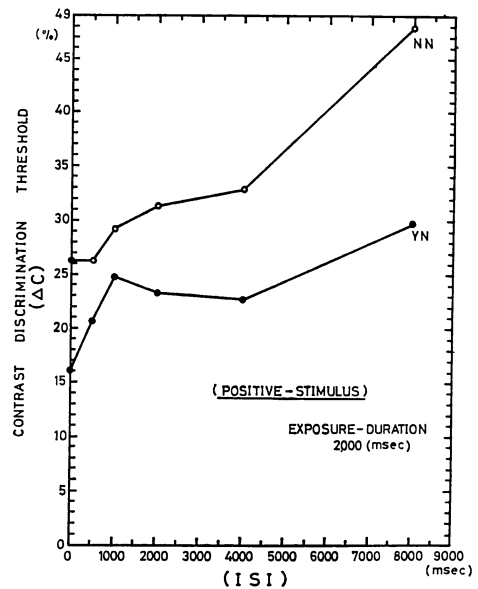


Fig. 5 Relation between ISI and contrast discrimination threshold for positive stimulus.

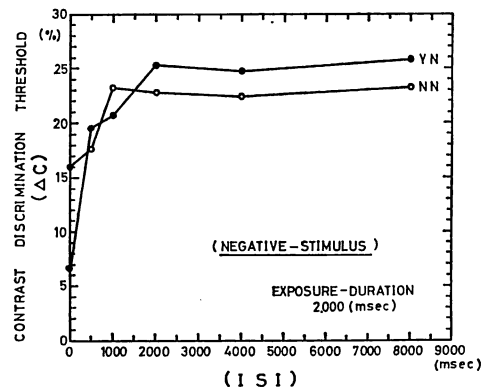


Fig. 6 Same as Fig. 5 but for negative stimulus.

いうことを示唆していると思われる。ただし、両コントラストに対する識別特性を比較する場合、問題点も残されている。たとえば、被験者 YN に関しては、両識別閾値に顕著な差は見られない。また、ポジティブコントラスト刺激とネガティブコントラスト刺激の順応視野の輝度値に差があり、これによる識別閾値への影響が存在していることも考えられる。したがって今後は、被験者数を増すと同時に、識別閾値に対する順応レベルの影響についての検討も必要と考えられる。

4. おわりに

コントラスト識別特性は、ポジティブコントラスト刺

激, ネガティブコントラスト刺激にかかわらず, ISI が 0~2,000 ms の範囲の, 初期の段階で大きな上昇を示し, その後は比較的緩やかな変化を示す¹³⁾. また被験者 NN は, ネガティブコントラスト刺激に対して低い識別閾値を示した. さらに, ポジティブコントラスト刺激と比較して, ネガティブコントラスト刺激では識別が容易であるという両被験者の一致した内観を得た. 以上, 得られた結果は今後, VDT 画像表示装置の時間特性, または継時呈示に関係した表示方法の改善に対してなんらかの有益な示唆を与えるものと期待する.

文 献

- 1) H.B. Barlow: "Temporal and spatial summation in human vision at different background intensities," *J. Physiol.*, **141** (1958) 337-350.
- 2) G.E. Legge: "A power law for contrast discrimination," *Vision Res.*, **21** (1981) 457-467.
- 3) J.M. Foley and G.E. Legge: "Contrast detection and near-threshold discrimination in human vision," *Vision Res.*, **21** (1981) 1041-1053.
- 4) G.E. Legge and D. Kersten: "Light and dark bars; Contrast discrimination," *Vision Res.*, **23** (1983) 473-483.
- 5) A.R. Biondini and M.L. de Mattiello: "Suprathreshold contrast perception at different luminance levels," *Vision Res.*, **25** (1985) 1-9.
- 6) 中嶋芳雄: "コントラスト識別の時間特性", *Med. Imaging Technol.*, **4** (1986) 305-313.
- 7) H.R. Blackwell: "Neural theories of simple visual discrimination," *J. Opt. Soc. Am.*, **53** (1963) 129-160.
- 8) 中嶋芳雄: "刺激呈示持続時間とコントラスト識別", *光学*, **15** (1986) 396-401.
- 9) M.A. Bouman and G. van den Brink: "On the integrate capacity in time and space of the human peripheral retina," *J. Opt. Soc. Am.*, **42** (1952) 617-620.
- 10) 中嶋芳雄: "コントラスト識別いき値の時間特性", 秋季応用物理学会予稿集 (1984) p. 89.
- 11) 中嶋芳雄: "明るさ識別と刺激呈示持続時間", 照明学会全国大会論文集 (1985) pp. 69-70.
- 12) J.L. Dannemiller: "The early phase of dark adaptation in human infants," *Vision Res.*, **25** (1985) 207-212.
- 13) E.R. Caianiello: "Outline of theory of thought processes and thinking machines," *J. Theor. Biol.*, **2** (1961) 204-235.