色の両眼融合とその限界に関する基礎的研究

○ 高松 衛、中嶋芳雄（富山大学工学部）

The Study of Limits of Binocular Color Fusion

Mamoru Takamatsu and Yoshio Nakashima (Faculty of Engineering, Toyama University)

1. はじめに

我々は、外界情報の多くを視覚から収集している。視覚情報収集のための視覚機能すなわち眼は、わずかに水平方向に離れて位置している。そのため、左右の眼から収集される映像は多少異なっている。通常、取り込まれた2つの異なる映像は相関が大きいため統合され、奥行きを伴った1つの知覚像として我々は認識している。

しかし人工的に左右の眼に異なるパターンを呈示した場合、パターンの差によっては左右の網膜パターンが融合するとは限らず、一方のパターンが抑制されて左右のパターンが交互に知覚されたり、左右のパターンが部分的に闘争して知覚されたりすることが知られている。またパターンが同じでも左右の眼に呈示する刺激光の波長差が大きい場合でも、視野闘争(Rivalry)と呼ばれる知覚現象が生じる¹⁾。

一方、この両眼融合の限界に関する研究は両眼視メカニズムを解明する上においても、また両眼顕微鏡に代表されるところの両眼視用の光学器機的设计をする上においても、大変有用であると考えられる。

そこで本研究では、特に両眼に呈示される刺激光の色差に着目し、『色の両眼融合限界』について定量的に測定することをその目的とした。

2. 方法

本実験では、刺激呈示装置として3Dディスプレイを使用した。ディスプレイ上の円形の呈示刺激光は、任意の視差をもって左右の眼に各々呈示される(図1)。

実験方法を示す。まず左眼に呈示される刺激光波長を λ_L として、450~650nmの範囲で10nm毎に選んだ21点の色光の中から任意に1点を選ぶ。次に右眼に呈示される刺激光の波長を λ_R として先の21点より1点選択する。

被験者のタスクは、観測視野が融合していたか、あるいは非融合であったかを答える。一つの λ_L に対してこのような呈示と応答を他の λ_R

図1 実験概要図

についてそれぞれ実行する。そしてまた、 λ_L を別の波長に変え、以下同様にして測定を行う。

なお、輝度レベルは3cd/m²、7.5cd/m²、15cd/m²、30cd/m²の4段階とした。また刺激光の視角サイズは2°及び10°であり、被験者は色覚正常者5名である。実験はすべて暗室にて行った。

3. 結果

結果の一部を図2に示す。これは基準となる左眼呈示刺激光波長 λ_L が540nmの場合における結果である。横軸には右眼呈示刺激光波長である λ_R を、縦軸に融合確率をとっており、パラメータには呈示刺激光の輝度をとった。

結果より、 λ_R が λ_L の近傍では融合確率は100%を示し、 λ_R と λ_L との波長差が大きくなる

図2 $\lambda_L=540\text{nm}$ における融合確率曲線

とその値は急激に低下する。すなわち長波長側では λ_R が570nm以上で融合確率は減少し、620nm以上では融合しなくなる。一方短波長側では λ_R が490nm以下になるとやはり融合確率は減少し、450nm以下では融合しなくなることが示された。これらの傾向は、基準波長 λ_L が異なっても同様に示された。

また、輝度による影響についても、輝度レベルの上昇と共に融合確率が減少することも明らかとなった。

図3は、図2において融合確率が50%となるところの λ_R と λ_L との波長差（両眼融合限界 $\Delta\lambda$ ）を求めたものである。両眼融合限界 $\Delta\lambda$ は輝度 3cd/m^2 において $\Delta\lambda_+$ 、 $\Delta\lambda_-$ ともおよそ25~80nm、 7.5cd/m^2 においては、21~75nm、 15cd/m^2 においては、17~70nm、 30cd/m^2 においては、15~65nmの範囲で分布している。輝度レベルが高くなると、両眼融合限界 $\Delta\lambda$ は減少することが明らかとなった。また、 $\Delta\lambda_+$ 側の場合は λ_L が470及び580nmにおいて、 $\Delta\lambda_-$ 側の場合は λ_L が600nm近傍において、両眼融合限界 $\Delta\lambda$ が最小値をとることが明らかとなった。

図4は、円形刺激光のサイズを 10° として同様に測定を行い、 2° 視野の場合の結果と比較したものである。 10° 視野での実験結果が 2° 視野での実験結果より内側に位置しており、視野によっても融合確率は影響されることを定量的に示した。

4. 考察

本研究結果より、右眼刺激波長 λ_R が左眼刺激波長 λ_L の付近では融合確率は100%を示すこと、 λ_R が λ_L から離れるにつれ融合確率は減少すること、そしてさらに波長差が大きくなると融合確率は0%になることが明らかとなった。また、色差に関する両眼融合限界が存在すること、さ

図3 融合確率50%における両眼融合限界

図4 図3と同様、但し円形呈示刺激光の視覚サイズが 2° 及び 10° の場合

らに融合から非融合へ移り変わる時の一般的傾向を示すものとして、図3および図4の曲線を得ることが出来た。

図3および図4は融合確率50%における両眼融合限界を要約したものであるが、これらの図より明らかなように融合限界 $\Delta\lambda$ は $\Delta\lambda_+$ 側、 $\Delta\lambda_-$ 側ともおよそ10~80nmと広く分布する傾向を示している。このことは、単眼であれば明らかに弁別可能な2色の色光であっても、両眼に別々に呈示すると融合して安定した一様な色に見えてしまい、その色差は感じられなくなる色の組み合わせが存在することを意味している。また融合限界は $\Delta\lambda_+$ 、 $\Delta\lambda_-$ とも、極小値が2箇所存在する極めて特徴的な曲線となることも明らかとなった。さらに、輝度レベルや刺激視野サイズが増加すると、両眼融合限界 $\Delta\lambda$ は減少することも明らかとなった。

参考文献

- 1) M. Ikeda and Y. Nakashima: "Wavelength difference limit for binocular color fusion", Vision Res., Vol.20, 693-697, 1979