

## 要 旨

# 時間的な等輝度色変化刺激を用いた R-G チャンネルの独立性の 検討

深田 良尚

現在我々がテレビやディスプレイから得ている色情報は、必ずしも人間の知覚に対応したものではない。これは、これらの表示装置が、必ずしも人間の色覚メカニズムに合わせて作られたものではないからである。従って、より正確な色情報を得るためには、これらの表示装置を人間の色覚のメカニズムに近いものにする必要がある。そのためには、色覚メカニズムを正確に把握し、それをモデル化し応用可能にすることが重要である。

人間の色情報処理は、網膜上の 3 種の錐体、錐体以降の反対色チャンネル、更に高次のレベル (脳) の 3 段階で説明されている。反対色チャンネルには、R(赤)-G(緑)、Y(黄)-B(青) チャンネルが有り、それらはそれぞれ、3 種類の錐体からの入力 of 和や差を取って応答する。例えば R-G チャンネルでの応答は、L, M 錐体からの入力の差を取って  $L-2M$  のように表され、これが正の場合は R、負の場合は G を知覚する。このように R-G チャンネルは、R と G の極性が異なるだけの単一なメカニズムとして説明されている。しかし、R と G が異なるメカニズムであるという説もあり、R-G が対になった単一なメカニズムなのか、それとも、R, G が異なるメカニズムなのかは明らかではない。反対色メカニズムの独立性を知ることは、人間の色覚メカニズムをモデル化する場合の予測の正確性に大きく影響するため、実用的にも重要なことである。そこで、R, G チャンネルが独立かどうかを検討するために、色順応後の色弁別閾値を調べた。もし、R, G チャンネルが独立ならば、赤で順応したときは R チャンネルが、緑で順応したときは G チャンネルがより強く順応して、順応した色方向の色弁別閾値が大きく上昇すると考えられる。

R, G チャンネルを別々に順応するために, 最初に, 白色と順応色 (赤, 緑) が 0.5Hz で色交替する刺激 (矩形波順応刺激) を用いた. しかし, この順応刺激では, 順応色から白色へ色交替するときに, 時間的 OFF 応答の影響により, 順応した色方向とは反対方向も順応してしまう可能性があった. そこで, 時間的 OFF 応答の影響を少なくするために, 順応色から白色への色度変化がなだらかな刺激 (ON 鋸波状順応刺激) を用いた実験を行った. 逆に, 時間的 OFF 応答の影響を見るために, ON 鋸波状順応刺激とは逆の時間的な色度変化を持つ刺激 (OFF 鋸波状順応刺激) を用いた. これらの順応刺激の他に, 錐体レベルでの順応効果を見るために時間的に色度変化をしない定常光順応刺激も用いた. これらの順応刺激の輝度は全て  $2000\text{cd}/\text{m}^2$  で一定であった. テスト刺激には, サイン波状に色度変化する刺激 (サイン波テスト刺激), ON 鋸波状と同じような色度変化をする刺激 (ON 鋸波状テスト刺激) と, それと反対の変化をする刺激 (OFF 鋸波状テスト刺激) を用いた. 実験はこれらの順応刺激とテスト刺激を組み合わせて行われた.

この実験の結果, 順応色が赤の場合は, 赤方向の閾値の方が緑方向の閾値よりも大きく上昇する非対称な閾値上昇が見られたが, 順応色が緑の場合は, その非対称性があまり見られなかった. この結果は, R チャンネルが G チャンネルに対して独立である可能性を示唆している.

キーワード R-G チャンネル, ON 鋸波状順応刺激, OFF 鋸波状順応刺激

## Abstract

### Possible Independence of Red and Green Chromatic Channels Investigated with Temporally-Modulated Chromatic Stimuli

Yoshinao Fukada

The color information from the display or television doesn't suit to a human perception, because these displays were not made as suiting a human color vision mechanism. In order to catch the correct information from these displays, it is necessary that they are suited to the human color vision mechanisms. Thus, it is important for us to understand the human color vision mechanism correctly and make the model that is practicable.

Color information processing of human is explained by the three stages. First stage is three types of cones in the retina. Second stage is the opponent color channels after cones. Final stage is mechanisms in higher levels in human brain. R(Red)-G(Green) and Y(Yellow)-B(Blue) opponent-color channels receive input from three types of cones and they respond sum or subtraction of the input. For example, the response of R-G channel is expressed by  $L-2M$  that is the subtraction between input from L and M cone. Humans perceive red when  $L-2M$  is plus, and green when it is minus. R-G channel is explained as a single mechanism that is only different between a polarity of R and G; however, there is the opinion that R and G channels are different. It is not figured out whether R and G channels are independent of each other or not. It is important to understand the independence of opponent-color mechanisms, because understanding the mechanisms affects the presupposing of making a model of human color vision

mechanisms. We study color discrimination thresholds after a chromatic adaptation in order to investigate this issue. If R and G channels are independent of each other, then it is thought that following. Because R channel adapts strongly more than G when they are adapted by red adaptation stimuli, so the threshold of red direction increases largely more than green direction. And the threshold of green direction increases largely when they are adapted by green.

For that purpose, first we used the stimulus which changes chromatically between white and adaptation color (red or green) (Square-wave adaptation stimulus) at 0.5 Hz in order to adapt R and G channels differently. It might be the case, however, this stimulus adapts not only the color direction of adaptation, but also the opposite direction by the influence of temporal OFF response when the chromatic changed from adaptation color to white rapidly. We used the stimulus that had gradual chromatic modulation from adaptation color to white (ON sawtooth-wave adaptation stimulus) in order to reduce the influence of OFF response. Conversely, a stimulus that had temporal chromatic modulation opposite to ON stimulus (OFF sawtooth-wave adaptation stimuli) was used in order to look into the influence of OFF response. We also used the constant adaptation stimulus which in chromaticity was used to investigate to a stronger adaptation effect at cone level. All adaptation stimuli were in equal-luminance at  $2000 \text{ cd/m}^2$ . As test stimuli, we used the stimulus which had sinusoidal chromatic modulation (Sine-wave test stimulus), ON sawtooth test stimulus and OFF sawtooth test stimulus. The experiments were made by combining these adaptation and test stimuli.

When the adaptation color was red, it was shown that an elevation of threshold of red direction was larger than that of green. This asymmetrical elevation of threshold strongly suggests that the R and G channels are independent of each other.

*key words* Red-Green channel, ON sawtooth-wave adaptation stimuli, OFF sawtooth-wave adaptation stimuli