

視野闘争刺激の見える変調現象を用いた色と形の 両眼統合の検討

阿部 悟*・木村 英司**・御領 謙***

* 千葉大学大学院 人文社会科学研究科, ** 千葉大学 文学部

〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

*** 京都女子大学 発達教育学部

〒605-8501 京都府京都市東山区今熊野北日吉町 35

1. はじめに

左右眼の対応部に色、形などが十分に異なる刺激を提示すると視野闘争が生じ、一方の刺激が抑制され他方が優勢となったり、両方の刺激が入り混じってモザイク状に見えたりする。視野闘争時の優勢と抑制がどのように決定されるかについては、提示眼に基づくとする考え（眼間競合）と、刺激属性に基づくとする考え（刺激間競合）があるものの、いまだ不明な点が多い¹⁾。

視野闘争時の優勢と抑制を決定するメカニズムを検討する格好の現象として、見える変調現象が挙げられる。見える変調現象とは、闘争刺激（単独で提示すれば視野闘争を生じさせる刺激）の見えるが先行刺激を提示することによって変わることを指し²⁻⁴⁾、変調の生じ方には提示眼に基づく場合と刺激属性に基づく場合とがある。前者は先行刺激と反側眼の闘争刺激が優勢となる変調であり、後者は先行刺激とは異なる属性の刺激が優勢となる変調である。闘争刺激の一方のみを単眼提示した場合には先行刺激による変調効果が生じないことから、また、提示眼と刺激属性の影響がどちらも認められることから、見える変調現象には視野闘争と同様のメカニズムが関与していると考えられている^{4,5)}。

我々はこれまで色刺激や縞刺激を用いて見え

の変調現象を検討してきたが⁵⁾、刺激属性によって異なる結果が得られている。すなわち、色闘争刺激（赤-緑）を用いた場合には、刺激条件に応じて提示眼に基づく変調と刺激属性に基づく変調の両方が認められ、闘争刺激の提示時間が短いほど提示眼の影響が強く現れた。一方、縞闘争刺激（右斜め縞-左斜め縞）の場合には、闘争刺激の提示時間にかかわらず、刺激属性に基づく変調が生じた。こうした結果は、色や方位といった異なる属性では、闘争刺激の優勢と抑制の決定メカニズムが異なることを示唆している。

本研究では、色と方位に関する見える変調現象の基礎メカニズムをさらに検討するとともに、両メカニズムの関係について、色と方位を組み合わせた色縞刺激を用いて検討を加えた。特に注目したのは、先行刺激と闘争刺激をともに色縞とした場合、刺激属性に基づく変調は色と方位の組み合わせにより決定されるのか、それとも色と方位は個別に影響しうるのかという問題であった。なお、この問題の検討にあたっては、等輝度縞と輝度コントラストの高い色縞刺激のそれぞれを用いて、輝度コントラストの効果についても検討した。

2. 実験 1

先行刺激と検査刺激（闘争刺激）として等輝度の色縞刺激を用いて、見える変調現象を検討した。

2.1 方法

装置 17 インチのカラーディスプレイ 3 台からなるハプロスコープを用いた。被験者はビームスプリッターを通して刺激を観察した。3 台のディスプレイのそれぞれには両眼融合を固定するための十字パターンを提示した。刺激は視覚刺激提示装置 (Cambridge Research Systems, VSG2/5) を用いて作成し、左右のディスプレイ (EIZO, Flex Scan T566) に提示した。左右のディスプレイの空間解像度は 1024×768 ピクセルであり、垂直同期周波数は 100 Hz であった。観察距離は 57 cm で、被験者の頭部はあご台を用いて固定した。

刺激 先行刺激と検査刺激は直径 2 度の円形の等輝度縞刺激であり、一辺が 10 度の正方形の背景野 (0.1 cd/m^2) の中央に提示した。刺激は矩形波を用い、空間周波数が 2 cpd、平均輝度は 4 cd/m^2 であった。検査刺激の一方は右斜めの緑-灰縞、他方が左斜めの赤-灰縞であった。赤と緑としては、DKL 色空間⁶⁾ の (L-M) 方向と -(L-M) 方向の刺激を用い、一方の刺激の見えが極端に優勢にならないよう錐体コントラストを被験者ごとに調整した。

先行刺激の条件としては、色-方位一致条件と色-方位不一致条件の 2 つを設けた。色-方位一致条件とは、色と方位の組み合わせが検査刺激の一方と一致している先行刺激 (右斜めの緑縞もしくは左斜めの赤縞) を単眼提示する条件であった。色-方位不一致条件とは、検査刺激の一方の色と他方の方位を組み合わせた先行刺激 (左斜めの緑縞もしくは右斜めの赤縞) を単眼提示する条件であった。

手続き 1 試行は、先行刺激が 1 秒間提示され、ISI (20, 50, 200 ms の 3 段階) の後に、検査刺激 (30, 200 ms の 2 段階) が提示されるという流れであった (図 1)。被験者には検査刺激の見えを報告するよう求めた。その報告は、ほぼ一方の検査刺激のみが観察された場合を「排他的優勢」、報告された色と形の組み合わせが検査刺激のいずれにも該当しない場合 (たとえば、右斜めの赤、赤-緑縞、赤の格子等) を

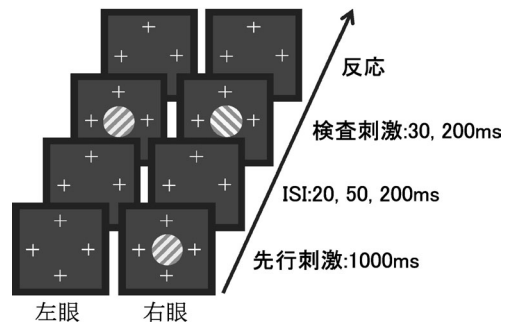


図 1 刺激系列の模式図。

「誤結合」、2 つの検査刺激が混ざり合ったり、重なったりして見えた場合を「piecemeal 闘争もしくは融合」と分類し、各報告の出現率を求めた。

被験者 健康な視力と色覚を有する 4 名 (うち 2 名は著者) が実験に参加した。

2.2 結果と考察

見えの変調の生じ方は、検査刺激の提示時間によって異なっていた。図 2 に、被験者間で平均した排他的優勢の報告率を示す (先行刺激が赤縞でも緑縞でも同様の結果が得られたので、赤縞の場合の結果のみを示す)。まず、検査刺激の提示時間が短い場合 (30 ms) には提示眼に基づく変調が生じた (図 2a, b)。すなわち、色-方位一致条件と色-方位不一致条件のどちらにおいても、先行刺激を右眼に提示した場合には左眼の緑縞が、左眼に提示した場合には右眼の赤縞が知覚されやすかった。これに対して検査刺激の提示時間が長い場合 (200 ms) には、刺激属性に基づく変調がみられた。すなわち、色-方位一致条件で先行刺激が左斜めの赤縞の場合には、提示眼にかかわらず右斜めの緑縞が知覚された (図 2c)。色-方位不一致条件で先行刺激が右斜めの赤縞の場合には、反対の色をもつ右斜めの緑縞が知覚されやすかった (図 2d)。これらのうち特に色-方位不一致条件の結果は、色と方位の組み合わせや方位のみに基づく変調からは予測することができない。したがって、等輝度の色縞刺激では色と方位の結びつきはそれほど強くなく、見えの変調は主とし

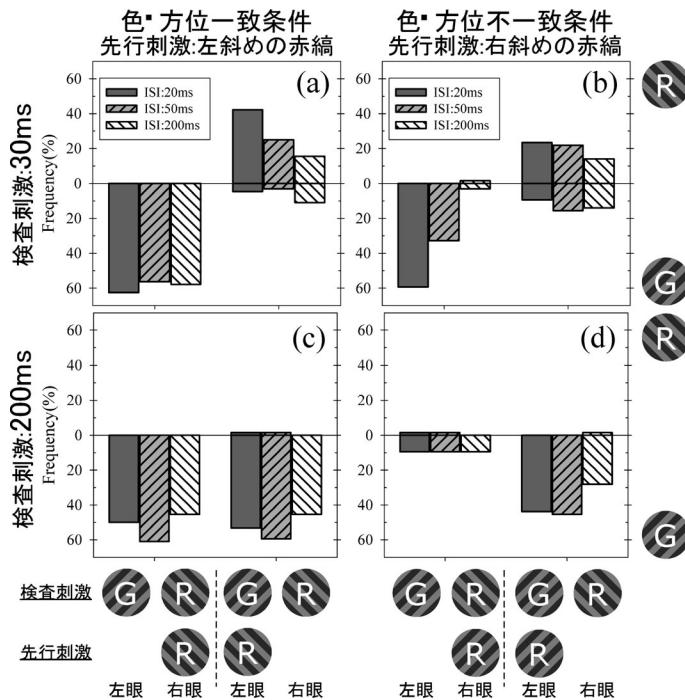


図2 実験1における排他的優勢率.

棒グラフが上方方向に表示されている場合には左斜めの赤縞の報告率を、下方方向は右斜めの緑縞の報告率を示す。なおこれ以降の図で、Rの文字は赤縞を、Gは緑縞を表している。

て色に基づいて生じたと考えられる。

さらに特筆すべき結果として、検査刺激の提示時間が短い場合に、誤結合の知覚が頻繁に報告されたことが挙げられる。その報告率は21.9%にも及び、そのほとんどが反側眼に提示された方位を持つ赤－緑縞という知覚であった。このような誤結合の知覚は、色と方位が両眼間で個別に統合される可能性を示唆する興味深い現象である。

3. 実験 2

実験1では、等輝度の色縞闘争刺激の見えは主に色に基づいて決定され、方位の影響はあまり見られなかった。そこで実験2では、輝度コントラストの高い色縞を用いた場合でも、見えの変調現象に色の影響が強く認められるのかを検討した。

3.1 方法

輝度コントラストを90%とした色－黒縞を用

いたことと、被験者の課題を変更したこと以外は実験1と同様であった。

実験2での被験者の課題は、検査刺激の見える7点尺度で評定することであった。評定は、右斜めの緑縞のみが見えた場合を「-3」、左斜めの赤縞のみが見えた場合を「3」、二つの刺激が半々からなるモザイク状の刺激が見えた場合を「0」とし、大部分が左斜めの赤縞であった場合などは中間の値（たとえば「2」）を選択させた。また、誤結合の知覚が生じた場合には、その都度その見えを報告させた。

3.2 結果と考察

色縞の輝度コントラストが高い場合、見えの変調の生じ方は等輝度縞の場合とは異なり、先行刺激の条件に応じて変化した。図3に、被験者間で平均した評定結果を示す（同様の結果が得られたので、先行刺激が赤縞の場合の結果のみを示す）。まず、色－方位一致条件においては刺激属性に基づく変調が生じた。すなわち、

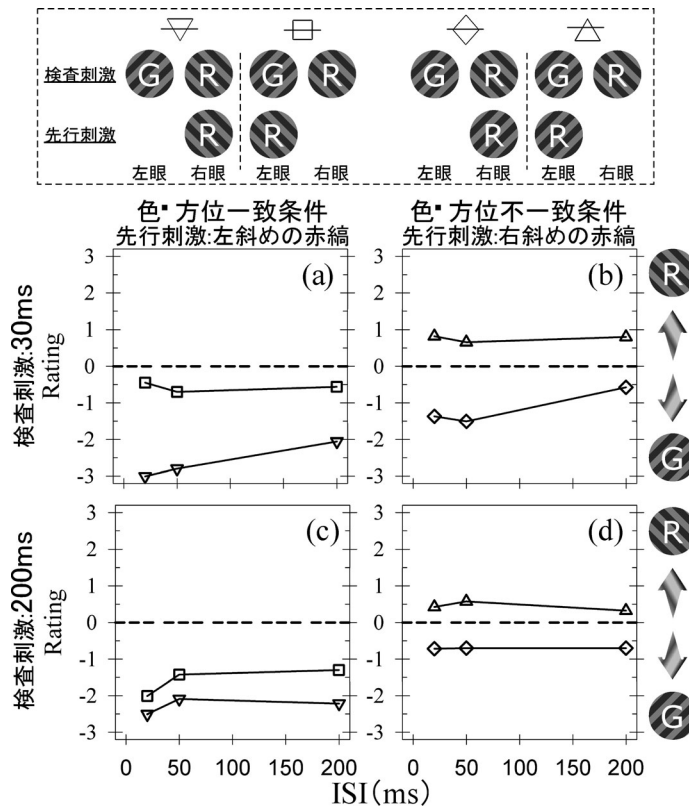


図3 被験者間での平均評定結果.

先行刺激が左斜めの赤縞の場合には、提示眼にかかわらず右斜めの緑縞が知覚されやすかった（図 3a, c）. ただし、先行刺激と検査刺激が同側眼に提示された条件（▽）の方が、反側眼に提示された条件（□）よりも変調効果が大きく、提示眼の影響も多少認められた. 一方、色－方位不一致条件においては、検査刺激の提示時間にかかわらず提示眼に基づく変調が生じた. すなわち、先行刺激を右眼に提示した場合には左眼の緑縞が、左眼に提示した場合には右眼の赤縞が知覚されやすかった（図 3b, d）. 変調効果は、検査刺激の提示時間が短い場合の方が顕著であった. また全被験者に共通して、誤結合の知覚はほとんど生じなかった.

刺激属性に基づく変調に関して注目すると、実験 1 の等輝度縞では観察された色－方位不一致条件での色に基づく変調効果が、輝度コントラストの高い色縞では認められなかった. この

結果は、輝度縞の場合には、見えの変調現象に色と方位の組み合わせが重要な役割を果たすことによるとも解釈できる. すなわち、色－方位不一致条件では、色と方位の組み合わせに基づいて先行刺激と闘争刺激が異なる刺激として処理されたため、刺激属性に基づく変調がうまくはたらかなかったとも考えられる. こうした解釈によって、色－方位一致条件の結果や、誤結合がほとんど生じなくなったという結果も説明することができる.

4. 全体考察

本研究により、色縞闘争刺激における見えの変調現象には、提示眼や色などに基づく複数の抑制過程が関与していることが示唆された. 先行研究⁵⁾の結果も踏まえると、次のような特性をもつ 4 種類の抑制過程の寄与が想定される.

1 番目は、提示眼に基づく抑制過程であり、

先行刺激と同側眼に提示された刺激を抑制する。この抑制は提示時間の短い検査刺激に対して顕著であり、一過性の特性をもつと考えられる。また、色縞では輝度コントラストにかかわらずはたらくが、無彩色の縞刺激に対してははたらかないという特性を持っている。

2 番目は色に基づく抑制過程であり、先行刺激と同色の刺激を抑制する。この抑制は検査刺激の提示時間が短い場合には生じないため、その立ち上がりは遅いと考えられる。また、等輝度縞では方位の影響があまり見られなかったことから、方位選択性をほとんどもたないか、ローパス型の空間周波数特性をもつと考えられる。

3 番目は方位に基づく抑制過程であり、先行刺激と同方位の刺激を抑制する。この抑制は提示時間が短い検査刺激に対しても生じることから、立ち上がりは早いと考えられる。また、色縞の輝度コントラストを 10% にした追加実験の結果から、コントラスト感度は比較的高いと考えられる。

4 番目は色と方位の組み合わせに基づく抑制過程である。これは、本研究の実験 2 の結果からその存在が示唆されたが、その特性に関しては今後の検討を待たなくてはならない。

以上のように抑制過程ごとにその特性は異なり、これらが見えの変調現象にどのように寄与するかは、検査刺激の提示時間や縞の輝度コントラストなどの刺激条件に応じて変化する。このため、闘争刺激の見える決定には、常に中心的な役割を果たす抑制過程があるわけではないと言えよう。さらに、等輝度条件でみられた誤結合の知覚は、各抑制が個別に生じる可能性を示唆するものであり、今後さらなる検討が必要である。

従来の視野闘争研究では単一の視覚属性を用

いた検討が主であり、属性間での闘争の生じ方の違いが取り上げられることはあまりなかった。しかし本研究の結果は、視野闘争時の眼間競合や刺激間競合の生じ方が刺激条件に応じて変化する、さらには、視覚属性ごとに刺激間競合の特性が異なることを示唆するものであった。したがって、今後の視野闘争研究においては、視覚属性間の相違や関連性を考慮に入れる必要がある。本研究で用いた見えの変調現象は、こうした検討にあたってさまざまな視覚属性に適用可能であることから、視野闘争メカニズムの解明に大きな寄与をもたらすことが期待される。

文 献

- 1) R. Blake and N. K. Logothetis: Visual competition. *Nature Reviews Neuroscience*, **3**, 13–21, 2002.
- 2) K. Ikeda and T. Morotomi: Feature-specific priming effects upon short duration binocular rivalry. *Psychologia*, **43**, 123–134, 2000.
- 3) K. Ikeda and T. Morotomi: Color-specific filtering of rival binocular inputs induced by priming. *Japanese Psychological Research*, **44**, 57–65, 2002.
- 4) J. M. Wolfe: Reversing ocular dominance and suppression in a single flash. *Vision Research*, **24**, 471–478, 1984.
- 5) S. Abe, E. Kimura and K. Goryo: Distinct binocular interactions for pattern and color revealed by visibility modulation of rivalrous stimuli. *Journal of Vision*, **7**(9), 372, 2007.
- 6) A. M. Derrigton, J. Krauskopf and P. Lennie: Chromatic mechanisms in lateral geniculate nucleus of macaque. *Journal of Physiology*, **357**, 241–265, 1984.