

## 刺激の持つ方位と主観的な見えが Collinear Facilitation 効果に及ぼす影響

林 大輔・村上 郁也

東京大学 大学院総合文化研究科  
〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1

### 1. はじめに

Collinear Facilitation (CF) 効果とは、上下に高コントラストの縦縞（フランカー）があると、中心視野の低コントラストの縦縞（ターゲット）が検出しやすくなるという現象である（図1）<sup>1)</sup>。この現象には、刺激の縞が同一線上にあることが重要である<sup>2)</sup>。また、視覚処理過程の比較的初期の段階がかかわっていると考えられている。これまでの研究では、フランカーの方位情報が常に知覚できる形で実験が行われてきた。そこで本研究では、フランカーの方位を主観的には見えないように操作することで、CF効果と方位の主観的な見えとの関係について検討した。

そのために、今回の実験ではD2図形を用いた。D2図形は、方位情報を持ち、互いに直交するD2図形同士を数学的に加算すると同心円になるという性質を持っている<sup>3)</sup>。この図形を用いることで、刺激の持つ方位情報が主観的には見えないような条件で実験を行うことができる。

今回の実験の目的は、主観的には方位が見えないようなフランカーを用いた時に、CF効果が起こるのかを調べることである。

### 2. 方 法

#### 2.1 被験者

正常あるいは正常な矯正視力を有する男子大学生9名（うち1人が著者）が実験に参加し

た。著者以外は、実験の目的を知らなかった。観察距離は95cmであり、両眼で観察を行い、暗室内で実験を行った。

#### 2.2 装置

刺激はコンピュータ（アップルコンピュータ社製、PowerMac G5）で制御し、CRTモニター（iiyama社製、HM204D）に呈示した。モニターの空間解像度は1600pixel×1200pixel、リフレッシュレートは60Hzであった。

#### 2.3 刺激

D2図形は次の式で定義された。

$$L(x, y) = L_{\text{mean}} \left[ 1 + c \left\{ \frac{(x \cos \theta + y \sin \theta)^2 - \sigma^2}{\sigma^4} \right. \right. \\ \left. \left. \times \exp \left[ \frac{-(x^2 + y^2)}{2\sigma^2} \right] \right\} \right] \quad (1)$$

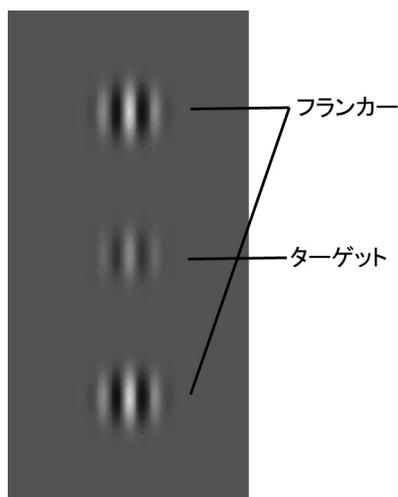


図1 collinear facilitation 効果の刺激付置の例。ターゲットが検出しやすくなる。

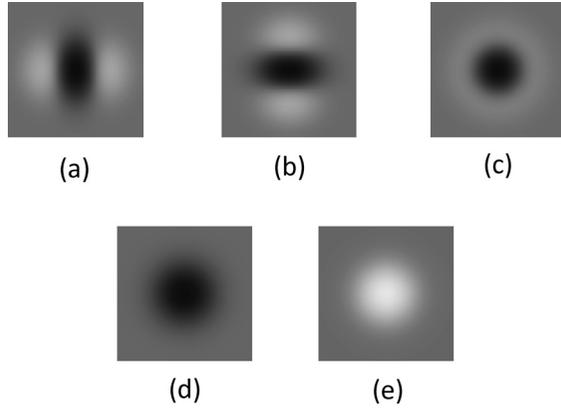


図2 実験で用いた刺激。(a) 縦縞のD2図形。(b) 横縞のD2図形。(c) aとbのような、互いに直交するD2図形同士の線形加算によってできる同心円。(d) 中心が黒のガウシアン図形。(e) 中心が白のガウシアン図形。

$L_{\text{mean}}$  は背景の平均輝度 (40 cd/m<sup>2</sup>),  $c$  はコントラスト (フランカーは9, ターゲットは可変),  $\theta$  は方位,  $\sigma$  は空間定数 (2.7 min) であった。このD2図形は、互いに直交するもの同士を交互に高速継時呈示すると、主観的には同心円に見える (図2a-c)。D2図形の大きさは0.30°, 波長は0.15°であった。また、コントロール条件では、輝度変調が次の式で定義されるガウシアン図形を用いた。

$$G(x, y) = \exp\left(\frac{-(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

その最大輝度は、D2図形の最大輝度と一致するようにした。中心が黒のものと同白のものを両方用いた (図2d, e)。大きさは0.30°であった。コントロール条件では、黒が中心のものと同白が中心のものがランダムに呈示された。

#### 2.4 手続き

1 試行の流れは、次のようなものであった。2肢強制選択法を用いて、ターゲットの検出閾を測定した。各試行の始めには画面中央に注視点が呈示され、被験者は試行中その位置を見ているよう教示された。被験者がボタンを押すと、注視点が消え、500 ms 後、2度の刺激呈示部が200 ms ずつあり、刺激間の時間は一様な背景が1000 ms 呈示された。その後は、被験者の回答まで一様な背景が呈示された。2度の刺激呈示

部のうち、フランカーは両方に呈示されるが、ターゲットはどちらかのみ呈示された。被験者の課題は、どちらの刺激呈示部にターゲットが呈示されたかをボタン押しで回答するものであった。回答が間違っていると、ビープ音でフィードバックが行われた。ステップサイズが0.1 log units の4-down-1-upの階段法を用いたので、階段は正答率84%のコントラストに収束した。階段が8回繰り返したら終了で、終わり6回の繰り返し点の平均をそのブロックの検出閾とした。

フランカーのコントラストは72%で、ターゲットとフランカーの距離は0.45° (=3波長) であった。

フランカーは刺激呈示の間常に呈示され (12フレーム = 200 ms), ターゲットは奇数フレームのみに呈示された。ターゲットは常に縦縞のD2図形で、フランカーはその上下に呈示された。フランカーには、縦条件、横条件、同心円縦条件、同心円横条件、同心円条件、ガウシアン条件の6条件があった。縦条件と横条件では、それぞれ縦縞のD2図形、横縞のD2図形を用いた。同心円縦条件と同心円横条件は、どちらも縦縞のD2図形と横縞のD2図形を1フレームごとに交互に呈示することで、主観的には同心円に見えるような条件であった。同心円縦条件では、縦縞のD2図形がターゲットと同じ奇

数フレームに呈示され、同心円横条件では横縞のD2図形が呈示された。同心円条件は、数学的に加算して作った同心円そのものを呈示する条件であった。ガウシアン条件は、前述したガウシアン図形を呈示する条件で、コントロール条件として用いた。1ブロックに6条件のうち3条件がランダムに含まれ、それぞれの条件が独立した段階で実験を行った。2ブロックで1セッションとし、十分な練習ののち、1人の被験者につき4セッションずつ実験を行った。

CF効果の程度は、コントロール条件に対しての検出閾の変化として次の式で定義した。

$$\text{検出閾の変化} = \log_{10} \left( \frac{\text{各条件の検出閾}}{\text{コントロール条件の検出閾}} \right) \quad (3)$$

この値が0より小さければ、コントロール条件よりも検出閾が低くなっている、つまりCF効果が起こっていることになる。この値を、セッションごとに求めた。

### 3. 結果

全被験者の全セッションの、検出閾の変化の平均値を結果の記述に用いた。

結果を図3に示す。1要因反復測定分散分析を用いた結果、条件の主効果が有意であった

( $F(5,175)=9.49, p<.05$ )。下位検定として多重比較を行った結果、縦条件、同心円縦条件、同心円横条件、同心円条件の検出閾が、横条件、コントロール条件よりも有意に低くなっていた( $p<.05$ )。その他の条件間に、有意な差は見られなかった。

### 4. 考察

今回の結果から、主観的には刺激の方位情報が見えなくとも、CF効果が起こることが示唆された。これは、見えない方位刺激によって活性化された方位選択性の神経細胞が、視覚処理の初期段階で促進的な相互作用を起こしていることを示している。またこのことは、CF効果に重要な同一線性、というものが、知覚的な見えや物理的なものではなく、神経活動的な関係であることを示唆している。

しかし、CF効果は、フランカーによってターゲットの時空間的な不確かさが減少するためだとする研究がある。だが、今回の実験では、コントロール条件としてガウシアン図形を用いており、コントロール条件と同心円条件との間で、ターゲットの時空間的な不確かさの減少に差があるとは考えられない。よって、今回の結果は不確かさの減少からは説明できないものであると考えられる。

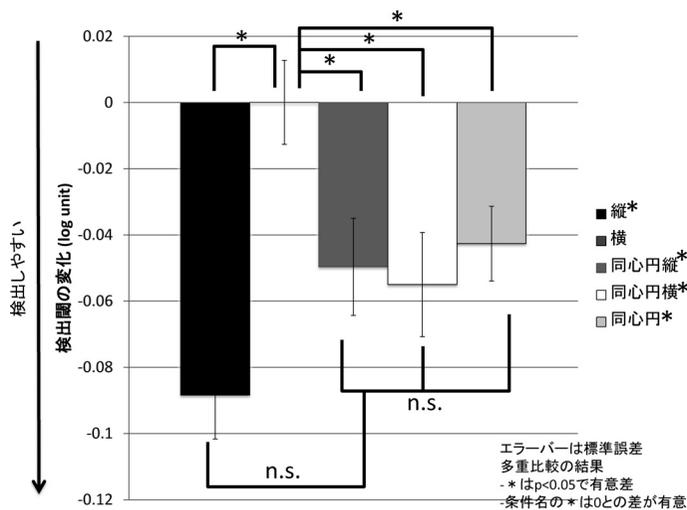


図3 実験結果のグラフ。

では、今回の結果から考えられる CF の特性とはなんだろうか。まず、同心円縦条件と同心円横条件との間で検出閾に差がなかったことから、縦縞のフランカーを厳密にターゲットと同じフレームに呈示する必要はないことになり、時間的には比較的緩いチューニングを持っているのではないかと考えられる。次に、ガウシアン条件も同心円条件も見えない縦の方位を持っているにもかかわらず、同心円条件のみで検出閾の低下が見られたことから、空間周波数には比較的狭いチューニングを持っているのではないかと考えられる。

それでは、CF 効果のメカニズムについて考える。CF 効果のメカニズムに関しては、まだ議論があるところである。しかし、今回の結果から、見えない方位情報によって方位選択性神経細胞が活性化した後であり、かつそれらの活動が他の方位に選択的な神経細胞の活動によって標準化される前の段階がかかっていることが示唆された。

今後は、ターゲットとフランカーの距離を変

えたり、刺激の位相を変えたりすることで、よりメカニズムの詳細に迫ることができると考えられる。また、フランカーの方位だけではなく、フランカーそのものが見えないような条件で実験を行えば、フランカーの方位の見えと CF 効果の関係についてより調べることができると考えられる。

## 文 献

- 1) U. Polat and D. Sagi: Lateral interactions between spatial channels: Suppression and facilitation revealed by lateral masking experiments. *Vision Research*, **33**, 993–999, 1993.
- 2) U. Polat and D. Sagi: The architecture of perceptual spatial interactions. *Vision Research*, **34**, 73–78, 1994.
- 3) I. Motoyoshi and S. Nishida: Temporal resolution of orientation-based texture segregation. *Vision Research*, **41**, 2089–2105, 2001.