

# 盲点におけるフィリングインの刺激特性

キーワード： 刺激特性, 異方性, 受容野, ミスマッチ

行動システム専攻

蘭 悠久

## 1. はじめに

盲点 (blind spot) は、網膜上にある解剖学的には視神経乳頭 (optic disc) とよばれる部位であり、視細胞が存在しない。しかし、単眼視条件では、盲点に提示された視覚情報が脳に送られないにもかかわらず、視野の一部が欠けて見えることはない。これは視覚系が盲点周辺の情報に基づいて知覚的フィリングインを行っているからである (Ramachandran, 1992)。

脳には視覚情報の欠如を補う知覚的補完という機能がある。盲点におけるフィリングインは、先天的に存在する情報の完全な欠如を補うという点で独特であり、これを検討することは、補完機能の解明へとつながるものと考えられる。しかし、盲点におけるフィリングインを規定する刺激特性やそのメカニズムについては、十分に解明されているとはいえない。

本研究では、盲点における知覚的フィリングインの刺激特性とその異方性について線分刺激を用いて検討することを目的とした。

(※実験1については省略。論文を参照されたい。)

## 2. 実験2

盲点におけるフィリングインが方位によって系統的に変化するのかどうかを数量的に検討した。

### 方法

**被験者** 9名。

**刺激と装置** 刺激線分が右眼の盲点領域に、基準線分が他眼の盲点对応領域に提示された (Fig.1)。独立変数は線分の方位 ( $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$ ) であった (Fig.2)。

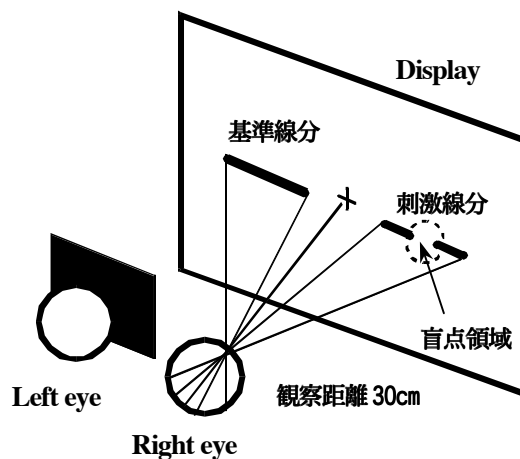


Fig.1. 実験条件

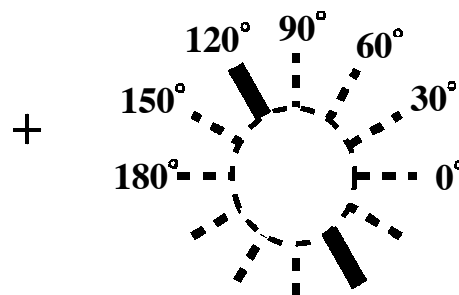


Fig.2. 実験2の刺激

線分は、(視角)幅  $1.7^\circ$  で、200msec 提示された。実験は暗室で行われ、刺激の輝度は、 $0.28\text{cd/m}^2$ で、背景の輝度は、 $78.1\text{cd/m}^2$ であり、99.3%のコントラストであった。刺激はCRTディスプレイに提示され、コンピュータで作成、制御された。

**手続き** 実験の前に、各被験者の右眼の盲点領域が測定された。被験者は刺激線分が基準線分と同様に1本のつながった線分として知覚されたときを判断した。

## 結果と考察

1 要因分散分析の結果、方位の主効果が統計的に有意であった ( $F(5, 40) = 4.056, p < 0.05$ )。単純主効果の検定を行ったところ、 $0^\circ$  と  $60^\circ$ 、 $0^\circ$  と  $90^\circ$ 、 $0^\circ$  と  $120^\circ$  の間でそれぞれ有意な差が得られた。Fig.3 にフィリングインに必要な線分の長さの平均値を方位別に示す。

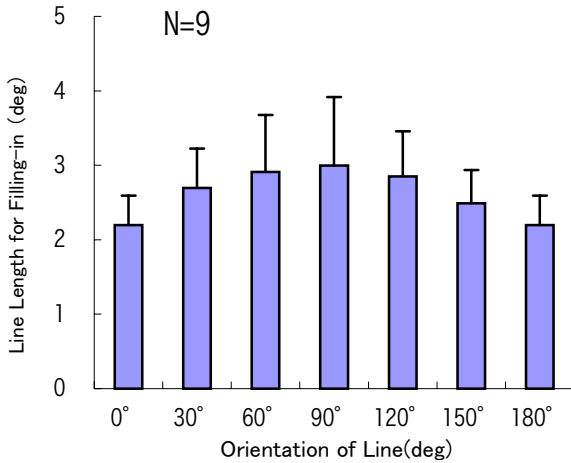


Fig. 3. 方位別フィリングインに要する線分の長さ

この結果から線分が水平方位から垂直方位へと傾くにつれて、フィリングインに必要な線分の長さは長くなることが明らかになり、盲点におけるフィリングインは方位によって系統的に変化すると結論できる。

### 3. 実験3

盲点におけるフィリングインの異方性が網膜偏心度による皮質拡大係数によるものかどうかを検討した。

#### 方法

**被験者** 7名。

**刺激** 刺激線分と基準線分の長さや幅は、盲点中心の偏心度による皮質拡大係数の値 (Virsu & Hari, 1996) を基準に計算された。独立変数は線分の方位 (水平, 垂直) であった。

**手続き** 試行数は方位2水準を12回繰り返し、計24試行であった。

#### 結果と考察

1 要因分散分析の結果、方位の主効果が統計的に有意であった ( $F(1, 6) = 7.025, p < 0.05$ )。Fig.4 にフィリングインに必要な V1 皮質上での線分の長さの平均値を方位別に示す。

この結果から、V1 に投影される線分の幅、長さを統制しても、異方性が生じることが示され、偏心度による皮質拡大係数はフィリングインの異方性の原因ではないことが明らかとなった。

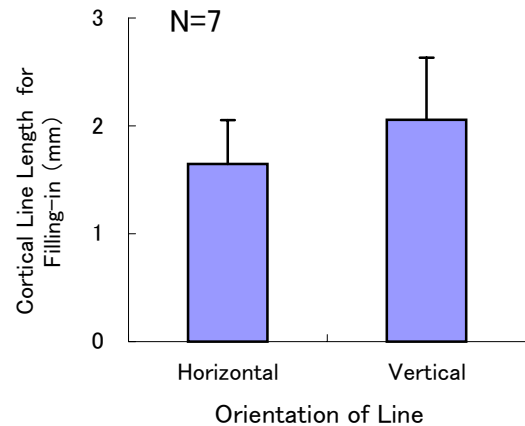


Fig. 4. 方位別フィリングインに要する V1 皮質上での線分の長さ

また、被験者ごとにフィリングインに要した線分の水平・垂直比と盲点の水平・垂直比を V1 皮質上での長さを用いて算出 (Fig.5) し、被験者群内で積率相関係数を求めた結果、異方性は V1 における盲点の形状によるものではないことが明らかにされた ( $r = .27$ )。

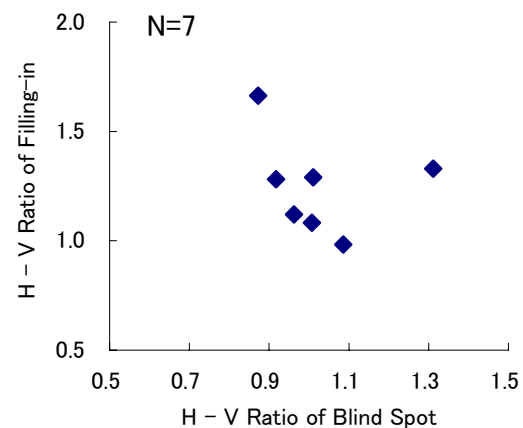


Fig. 5. V1 皮質上での線分の水平・垂直比と盲点の水平・垂直比。

#### 4. 実験4・5・6

盲点を挟む2本の線分の位置と方位と輝度のミスマッチのフィリングインに対する影響を検討した。

#### 方法

**被験者** 4名, 5名 (輝度条件のみ).

**刺激** 線分は, 長さ H:  $3.0^\circ$ , V:  $3.6^\circ$  で, 200ms 提示された. 線分の幅は, 位置条件 ( $1^\circ$ ,  $0.5^\circ$ ), 方位条件 ( $0.8^\circ$ ), 輝度条件 ( $1.7^\circ$ ) であった. 独立変数は線分の方位 (水平, 垂直) と線分幅 (位置条件のみ) であった. 刺激の輝度は, 黒  $0.20\text{cd/m}^2$  で, 背景の輝度は  $77.1\text{cd/m}^2$  であった (輝度条件のみ).

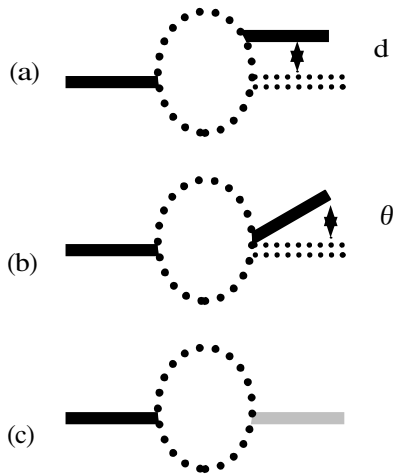


Fig. 6. 実験4, 5, 6の刺激.dは空間偏位量,  $\theta$ は角度差を示す.

**手続き** 被験者は, 刺激線分が1本のつながった線として見えなくなったときと見えたとき (輝度条件のみ) を判断した.

#### 結果と考察

位置条件では, 分散分析の結果, 方位の主効果が統計的に有意であった ( $F(1, 3) = 16.317, p < 0.05$ ). 線分幅の主効果は有意ではなかった.

方位条件では, 分散分析の結果, 方位の主効果が統計的に有意であった ( $F(1, 3) = 14.351, p < 0.05$ ).

輝度条件では, 分散分析の結果, 方位の主効果が統計的に有意であった ( $F(1, 4) = 8.056, p < 0.05$ ). Fig. 6, 7, 8に

フィリングインが生じる最大の空間偏位量 (線分のズレ幅), 角度差, 輝度の平均値を方位別に示す.

これらの結果は, フィリングインは, 位置と方位のミスマッチ条件では水平方位より垂直方位のほうが生じやすく, 輝度条件では水平方位より垂直方位のほうが生じにくいことを示す.

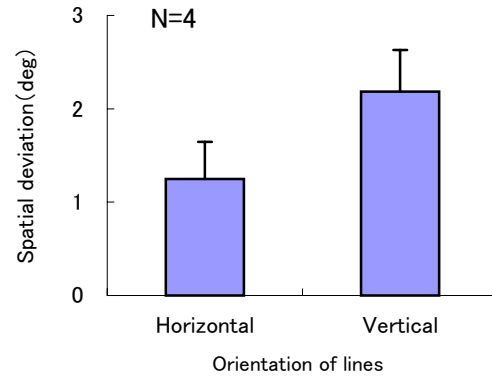


Fig. 7. 方位別フィリングインが生じる最大空間偏位量.

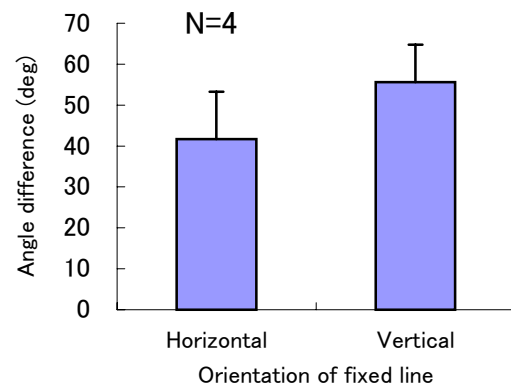


Fig. 8. 方位別フィリングインが生じる最大角度差.

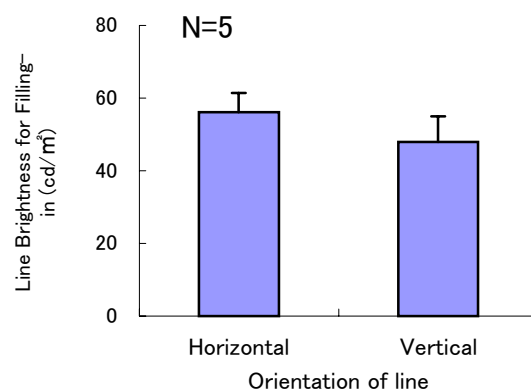


Fig. 9. 方位別フィリングインが生じる最大輝度.

## 5. 実験7

盲点におけるフィリングインに要する線分の長さとその異方性に対する色の影響を検討した。

### 方法

**被験者** 7名。

**刺激と手続き** 色刺激は、交照法を用いて主観的等輝度に統制した。独立変数は、色（赤、緑、青、灰）と方位（水平、垂直）であった。その他は、実験2と同様であった。

### 結果と考察

2 要因分散分析の結果、方位の主効果が統計的に有意であった ( $F(1, 6) = 10.382, p < .05$ )。色の主効果は有意ではなかった。Fig.10 にフィリングインに必要な線分の長さの平均値を方位別に示す。

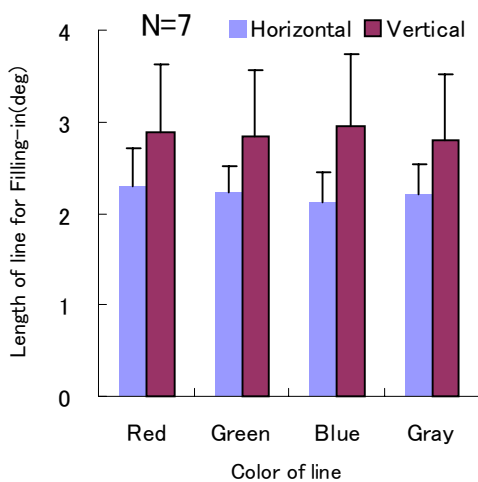


Fig. 10. 方位別色によるフィリングインに要する線分の長さ。

この結果は、フィリングインに要する線分の長さが色によらないこと、および水平方位よりも垂直方位でフィリングインに要する線分の長さが長くなる傾向は色に依存しないことを示す。

## 6. 総合考察

6 つの実験より、盲点におけるフィリングインに要する線分の長さは、水平から垂直へと線分が傾くにつれて、系統的に長くなること、その異方性は網膜偏心度による皮質

拡大係数に依存しないこと、盲点を挟む2本の線分の位置と方位のミスマッチ条件では、水平方位のほうが垂直方位よりもフィリングインが生じにくく、輝度のミスマッチ条件と色では、水平方位よりも垂直方位のほうが生じにくいこと、さらにフィリングインに要する線分の長さは、色に依存しないことが示された。

これらの結果は、盲点におけるフィリングインのメカニズムが方位によって異なることを示唆する。位置と方位のミスマッチ条件ではその他の刺激特性と結果が異なることから、2本の線分が整列していない場合に、フィリングインの異方性の傾向が変わると考えられる。

この異方性の傾向の違いは、フィリングインの際に反応するV1の6層のニューロンの受容野の形状によるものかもしれない。そのニューロンの受容野は水平方位に盲点領域を越えるような横長の楕円形あるいは円形であり、これが水平結合 (Komatsu et al., 2002) に影響し、異方性をもたらしていると考えられる。また、2本の線分が整列していない場合には、水平方位ではミスマッチが検出されやすく、垂直方位では検出されにくいことから異方性が生じるものと考えられる。

本研究では、盲点におけるフィリングインへのV1の関与が示唆された。更なるメカニズムの解明のために、今後、線分刺激の運動、形態特性や複雑な面刺激を用いて、V1以降の高次視覚野の関与を検討することが必要である。

## 7. 引用文献

- Komatsu, H., Kinoshita, M., & Murakami, I. 2002 Neural responses in the primary visual cortex of the monkey during perceptual filling-in at the blind spot. *Neuroscience Research*, 44, 231-236.
- Ramachandran, V.S. 1992 Filling in gaps in perception: Part I. *Current Directions in Psychological Science*, 1, 199-205.
- Virsu, V., & Hari, R. 1996 Cortical magnification, scale invariance and visual ecology. *Vision Research*, 36, 2971-2977.