

盲点の計測と知覚的補完の時空間特性

大隈 峰人*・二瀬 由理**・中溝 幸夫*・近藤 倫明***

* 九州大学大学院 人間環境学研究所

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-19-11

** 学術振興会特別研究員／東北大学 文学部

〒980-7725 仙台市青葉区川内

*** 北九州大学 文学部

〒802-8577 北九州市小倉南区北方 4-2-1

1. はじめに

網膜上、視細胞が存在しない盲点領域 (blind spot) に対応する視野およびその周辺部位に提示された刺激の特性と知覚的補完 (“フィリングイン”) との関係についてこれまで多くの研究が行われてきたが^{1,2)}、補完を規定する刺激特性や補完の機構に関してはまだよく理解されていない。本研究の目的は、盲点の計測法を確立し、同方法の妥当性をテストすること、線分刺激を用いて線分方位、線分の提示時間、線分幅と盲点における知覚的補完との関係を調べることであった。

2. 盲点の計測とその妥当性

2.1 方法

視野内で盲点計測 (マッピング) を行うため、被験者は点滅しながら単眼視野を水平、垂直方向にスキャンする刺激が視野から消失 (および出現) した時点でキー押し反応を行った。その時の刺激位置の集合から視野内での盲点領域がマッピングされた。刺激の作成、提示、制御にはパーソナルコンピュータ (シャープ X68030) とディスプレイ (SHARP CZ621D 縦 31.2 cm×横 41.2 cm) を用いた。刺激は、直径 0.2° の白色ドットで、ディスプレイ画面上を毎秒 0.5° の速度、200 2000年夏期大会ポスター発表 (7月27日)

ms の時間間隔で点滅しながら、水平あるいは垂直方向に移動した。画面中央には白色十字形の注視点が提示 (各眼の第 1 眼位での真正面) され、試行中、被験者は常に単眼で注視することが要求された。被験者の眼から画面までの観察距離は、40 cm であった。最初、刺激は注視点の高さを注視点からディスプレイの水平、外枠方向に移動した。次に、このスキャンライン上、刺激の消失点と出現点の中央点を、垂直方向にスキャンした。このラインの消失点と出現点によって、盲点の垂直方向の最大径 (垂直軸) を求めた。次に、垂直軸の中央点を水平方向にスキャンし、このライン上、消失点と出現点によって盲点の水平方向の最大径 (水平軸) を求めた。視野のスキャンラインは、図 1 に示すように、合計 6 本であり、それぞれのライン上で刺激は往復

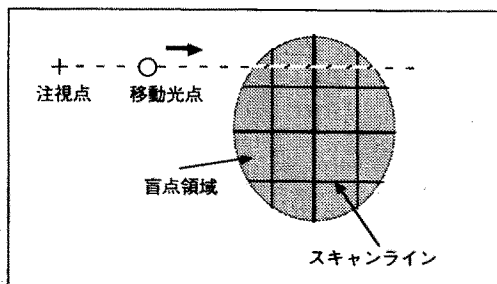


図 1 盲点マッピングのための視野のスキャンラインとマップされた盲点領域の概略図。

移動した。

被験者は、正常視力をもつ成人11名であった。

2.2 計測結果

盲点の水平軸と垂直軸の交点を盲点の中心と定義した。11名の被験者の平均値について、結果をまとめると、視野座標（注視点を座標原点）における盲点中心の座標値の平均は、左眼(-16.9°, -1.9°), 右眼(17.4°, -1.2°)であった。水平径と垂直径は、それぞれ左眼(7.1°, 7.4°) 右眼(6.5°, 7.4°)であった。統計的分析の結果、X座標値については左眼と右眼の間で統計的な有意差はなく($t(10) = 1.855, ns$)、一方、Y座標値については有意傾向があった($t(10) = 2.008, p < .10$)。このことは、視野における左眼の盲点領域のほうが右眼のそれより下部（網膜上は上部）に位置することを意味する。Y座標値について11名の被験者のうち、8名は左眼盲点のほうが右眼盲点より対応視野領域が低く、残りの3名のうち2名だけは右眼のほうが低かった。一方、水平径は、両眼差が統計的に有意であり($t = 3.604, p < .05$)、垂直径については有意差はなかった($t = 0.228, ns$)。とりわけ、盲点位置のY座標値の差が興味深いのが、この形態学上の差が何を意味するかは、今のところ不明である。

2.3 計測法の妥当性テスト

本計測法の妥当性をテストするために、盲点周辺のさまざまな位置に提示された刺激の

検出率を調べた。直径0.2°の白色ドットを、被験者ごとにマッピングされた盲点領域の内部、境界、外部（図2a参照）からランダムに選ばれた位置に200ms提示した。1セッションにつき、ドット刺激は3領域（内部、境界、外部）にそれぞれ9回、12回、9回ずつランダムな順序で提示された。各被験者は、合計4セッション120試行を行った。図2bは、11名の被験者の検出率の平均を盲点内部、境界、外部および左眼、右眼別に示す。内部に提示された刺激の平均検出率は、0.026であり、境界のそれは0.683であり、外部のそれは0.966であった。統計的分析の結果、これらの検出率の平均値間には有意差があった($F(2, 20) = 325.901, p < .001$)。もし盲点のマッピングが正確であるならば、検出率は内部0%、境界50%、外部100%であると予測できる。平均検出率は、これらの値に近いので、われわれの用いた計測法は妥当であると判断した。（境界の検出率は予測よりもわずかに高いが、これは被験者の検出戦略によると解釈される。）

3. 実験1

線分刺激を用いて、盲点における知覚的補完の空間特性を調べることが目的であった。線分の方角（水平、垂直）、線分幅、提示法の補完に及ぼす効果を調べた。

3.1 方法

刺激の作成、提示、制御にはパーソナルコ

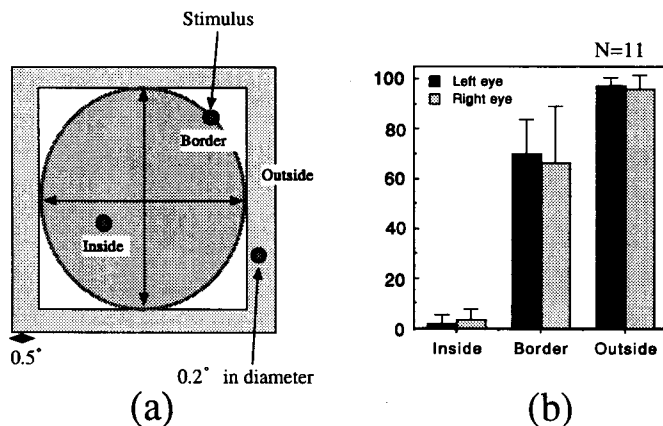


図2 (a) 盲点計測法の妥当性を調べるために盲点内部、境界、外部に提示した検出光の提示位置。(b) 光点の提示位置例の関数としての検出率の平均。

ンピュータ (シャープ X68030) とディスプレイ (SHARP CZ621D) を用いた。刺激線分は、図 3 に示すように、盲点領域 (鼻側網膜) を挟むようにして水平軸上、あるいは垂直軸上に 200 ms 提示された。刺激と同一の幅で、両端点の長さと同じ長さの 1 本の線分 (基準線分) が“颯かみ側”網膜の盲点对应部位に提示された。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見えたときにキーを押した。刺激線分は、上昇法 (短い方から長い方へ) と下降法 (長い方から短い方へ) の 2 種類の方法で提示された。独立変数は、方位 (垂直, 水平方向), 線分幅 ($0.2^{\circ} \sim 1.0^{\circ}$) および提示法 (上昇, 下降) の 3 つであった。

実験は、準暗室 (1.52 lx) でおこなわれ、刺激の輝度は 0.14 cd/m^2 , 観察距離は 40 cm であった。左眼, 右眼は別々に測定され, 試行中, 片眼が常に遮蔽された。被験者は, 正常視力をもつ成人 7 名であった。

3.2 結果と考察

各被験者が線分刺激を基準線分と同様に 1 本の連続した線分として知覚したときの線分の長さを“知覚的補完”の指標として用い, 統計的分析の単位とした。3 要因繰返し分散分析の結果, 方位の主効果が統計的に有意であった (左盲点, $F(1, 6) = 9.830, p < .05$; 右盲点, $F(1, 6) = 23.712, p < .005$)。線分幅と提示法は有意ではなかった。図 4 に知覚的補完に必要な線分の長さの平均値を左眼, 右眼

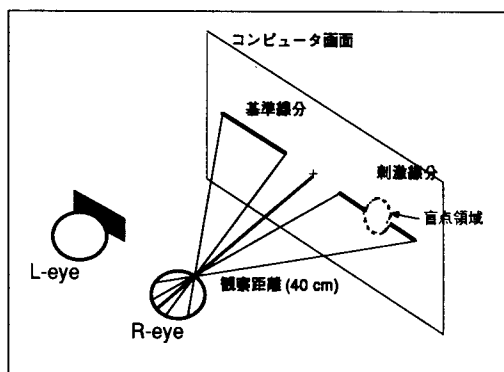


図 3 盲点における知覚的補完を調べるために提示した刺激線分と基準線分の位置。

別, 方位別に示す。これらの結果から, 盲点の知覚的補完は, “線分の方位 (orientation) によって異なる”と結論できる。

方位の差と盲点の水平径, 垂直径との関係を調べるため, 各被験者ごとに補完に必要な線分の長さの水平—垂直比と盲点の水平径—垂直径の比を算出し, 被験者群内での積率相関係数を求めたところ, 左眼については $r = 0.011$, 右眼については $r = 0.083$ であり, どちらの相関係数も統計的に有意ではなかった。したがって, 補完に必要な線分の長さの方位の違いによる差は, 盲点の垂直径と水平径の長さの差によるものではないと言える。

4. 実験 2

実験 1 と同様に線分幅, 線分方位を変数にし, さらに提示時間の変数を加えて, それらの知覚的補完に及ぼす効果を調べた。線分幅は, 実験 1 よりも変数のとる範囲を広くした。

4.1 方法

実験 1 と異なる箇所のみについて述べる。独立変数は, 線分方位 (水平, 垂直), 線分幅 ($0.2^{\circ} \sim 3.2^{\circ}$), 提示時間 (100, 200, 500 ms) の 3 つであった。実験は, 右眼の盲点のみについて調べた。被験者は, 正常視力を持つ 8 名の成人であった。

4.2 結果と考察

実験 1 と同様に刺激線分が 1 本の連続した

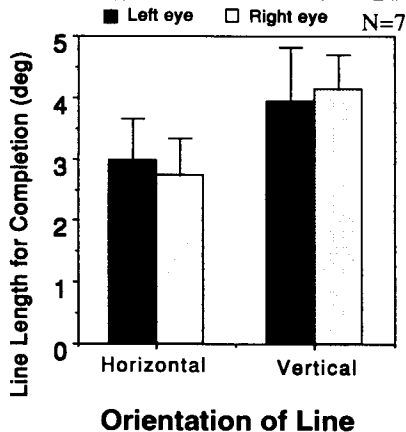


図 4 線分方位の関数としてプロットされた知覚的補完に必要な線分の長さの平均。左眼, 右眼別にプロットされている。

線分として知覚されたときの線分の長さを補完の指標として用い、統計的分析の単位とした。3要因繰返し分散分析の結果、方位、線分幅、提示時間の主効果が統計的に有意であった(方位, $F(1, 7) = 13.197, p < .01$; 線分幅, $F(2, 14) = 19.780, p < .001$; 提示時間, $F(2, 14) = 5.070, p < .05$)。線分幅と提示時間の交互作用が有意であった($F(4, 28) = 3.443, p < .05$)ので、単純主効果の検定を行った結果、線分幅のWide(2.2~3.2°)条件とSmall(0.2°), Middle(1.2~1.7°)条件との間で有意な差が得られた。また、提示時間では、100 ms条件と200, 500 ms条件との間で有意な差が得られた。図5と図6には、知覚的補完に必要な線分の長さの平均が線分幅、提示時間の関数として、方位別にプロットされている。これらの結果から、補完には線分の方位によって違いがあるという実験1の結果が確認され、さらに線分幅が2.2°~3.2°以上に広くなると、また提示時間が100 ms以下になると、補完に必要な線分が長くなることがわかった。

5. 全体的考察

本実験結果から以下のことを結論することができる。(a)本実験で用いた盲点計測法は妥当であること、(b)盲点領域を挟む線分を提示した場合、知覚的補完が起るためには、水平

方向より垂直方向のほうがより長い線分を必要とすること、(c)これらの方位による差と盲点の垂直径、水平径の長さの差とは相関がないこと、(d)補完には、線分幅、提示時間が一定の効果をもつことの3点である。もっとも興味深い結果は、(b)である。線分方位の差の原因について、われわれは次の3つの可能性を考えている。一つは、網膜偏心度(eccentricity)に依存した空間分解能力による差、もう一つは、cortical magnification factorによる差³⁾、最後は盲点に対応する視覚皮質V1における神経細胞の結合構造による差である⁴⁾。これらの可能性について、現在、検討を行っている。

文献

- 1) F. H. Durgin, S. P. Tripathy and D. M. Levi: On the filling in of the visual blind spot: some rules of thumb. *Perception*, 24, 827-840, 1995.
- 2) N. Kawabata: Global interactions in perceptual completion at the blind spot. *Vision Research*, 23, 275-279, 1983.
- 3) J. C. Horton and W. F. Hoyt: The representation of the visual field in human striate cortex. *Archives of Ophthalmology*, 109, 816-824.
- 4) S. P. Tripathy, D. M. Levi, H. Ogmen and C. Harden: Perceived length across the physiological blind spot. *Visual Neuroscience*, 12, 385-402, 1995.

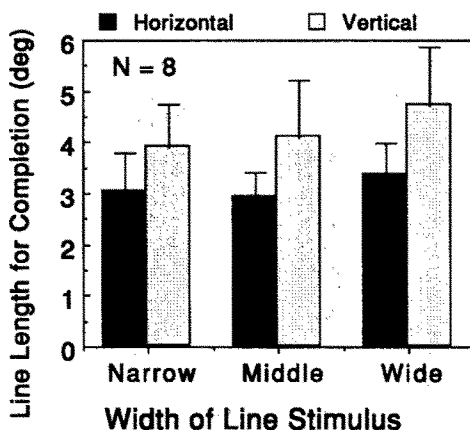


図5 線分幅の関数としてプロットされた知覚的補完に必要な線分の長さの平均。

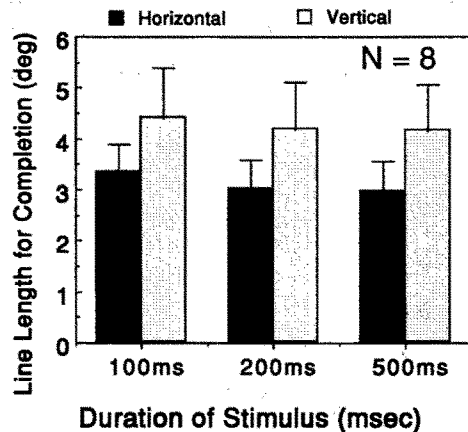


図6 刺激線分の提示時間の関数としてプロットされた知覚的補完に必要な線分の長さの平均。