

視覚的注意の色チャンネル・輝度チャンネル選択性

西 智裕・栗木一郎・内川恵二

東京工業大学 工学部 像情報工学研究施設

〒226 横浜市緑区長津田町 4259

1. はじめに

視覚的注意（以下、注意）は視覚情報の取捨選択の機能を持つと考えられている。注意の性質はよくスポットライトやズームレンズに例えられて説明される^{1,2)}。つまり、注意はスポットライトの様に視野の中を視線とは独立に向けることができ、注意を向けた領域では処理の促進が起こる。さらにズームレンズの様に注意を向ける領域の大きさが変化する。その処理の促進は領域が小さいほど大きいことが言われている。これは、注意によって処理できる量には限界があるため、処理の促進と領域の大きさにはトレードオフの関係が成立するためだと考えられている。

注意を向けた領域の大きさによって視覚系の感度が増える仕組みは、まだ詳しくはわかっていない。本研究では視覚系の初期段階での注意の情報の選別に着目した。視覚系の初期段階では、視覚情報は色チャンネルと輝度チャンネルという2つ経路に分けられて処理される。注意がこの初期段階での2つの経路の感度に異なる変化を起こし、情報の重要度に応じた選別を行う可能性も考えられる。

本研究では、注意の強度分布を変化させた場合の分光感度を測定することによって、注意による色・輝度チャンネルに対する経路選択的な感度変化がありうるかを検証する。

2. 実験方法

2.1 原理

増分閾値による分光感度曲線の形状は、その測定条件で変化し、背景光強度、呈示時間、刺激の大きさの増大とともに440, 530, 600 nm 付近の3つのピークが顕著になり、それらの変数の減少とともに560 nm 付近に1つのピークをもつ視感度関数 $V(\lambda)$ の形状に近づく^{3,4)}。3つのピーク型は色チャンネルの感度、 $V(\lambda)$ 型は輝度チャンネルの感度が増大したことを示していると考えられている。この特性を利用し、刺激に与える注意の強度を変化させて一定の刺激条件にして分光感度曲線を測定し、その形状の変化から色チャンネル、輝度チャンネルに注意による相対的な感度の変化が発生するのかを調べる。

2.2 装置

実験装置は被験者の入るブースと、背景光、分光感度を測定するための検出刺激を呈示する光学系および固視点、注意を制御するためのタスク刺激を呈示するCRTから構成される。被験者は、スクリーンの前に座り、顎台によって頭部を固定される。光学系はキセノン光源を用いた3光路で構成され、スクリーン後方から2光路により背景光、1光路より検出刺激を照射する。CRTは被験者の左側に置かれ、固視点、タスク刺激をスクリーン前方に設置された小さな鏡により背景の中

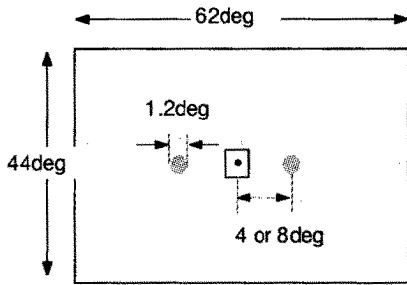


図1 刺激の全体図。中央に固視点を呈示。検出刺激は左右どちらか一方に呈示。

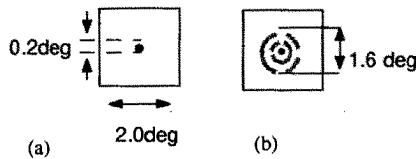


図2 中心部の刺激。(a) 固視点と固視棒 (b) タスク刺激呈示時の例。この場合のタスク課題の正答は1である。

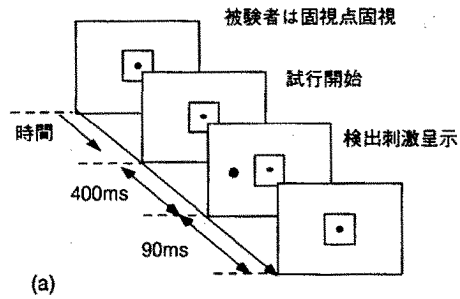
心に見えるように呈示する。

スクリーンまでの視距離は25 cm, 左眼での単眼固視とした。被験者の応答はキーボードへの入力で行う。

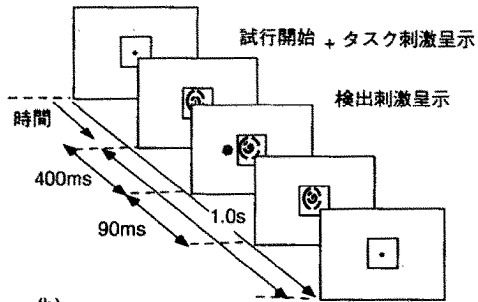
2.3 刺激

被験者が観察する刺激の構成を図1に示す。中央に固視棒と固視点が呈示される。白色背景画面の大きさが62 deg × 44 deg, 輝度値145.5 cd/m²である。検出刺激は、単色光で構成される直径1.2 degの円形であり、固視点から左右4 degか8 degの位置に呈示される。単色光は半値幅の平均が11 nmの干渉フィルターにより作られる。

タスク刺激の例を図2に示す。タスク刺激は2つの同心円で構成されている。外側の円の大きさは直径1.6 deg, 内側の円の直径は0.8 degである。タスク課題は、2つの円の中で2ヶ所だけ欠けている円の数を0, 1, 2で答えることである。円が欠ける位置はそれぞれ0, 90, 180, 270 degの位置であり、欠ける確率は50%である。タスク刺激の輝度コントラストは、被験者MS, TNの場合とも



(a)



(b)

図3 刺激呈示の流れ。(a) no task条件 (b) task条件。

9%である。タスク課題の正答率はそれぞれ81%, 72%であった。

2.4 手続きおよび被験者

被験者の注意の領域の大きさを、タスク課題の有無により制御する。タスク課題が有る場合は注意の領域は狭くなり、無い場合には広くなると考えられる。ここでは、タスク課題を行わない場合をno task条件、タスク課題を行う場合をtask条件と呼ぶ。

図3(a)にno task条件での刺激呈示の流れを示す。被験者は固視点を見つめる。試行が開始されて400 ms後に検出刺激が固視点から左右4 degもしくは8 degの位置に90 ms呈示される。その後、被験者は検出刺激が左右どちら側に呈示されたかを2者強制選択的に応答する。

図3(b)にtask条件の刺激呈示の流れを示す。試行の開始と同時にタスク刺激が1 s呈示され続ける以外は、no task条件と同じである。被験者はタスク課題に応答した後に検出刺激の応答を行う。被験者はタスク課に正解することを最優先とするよう指示されている。

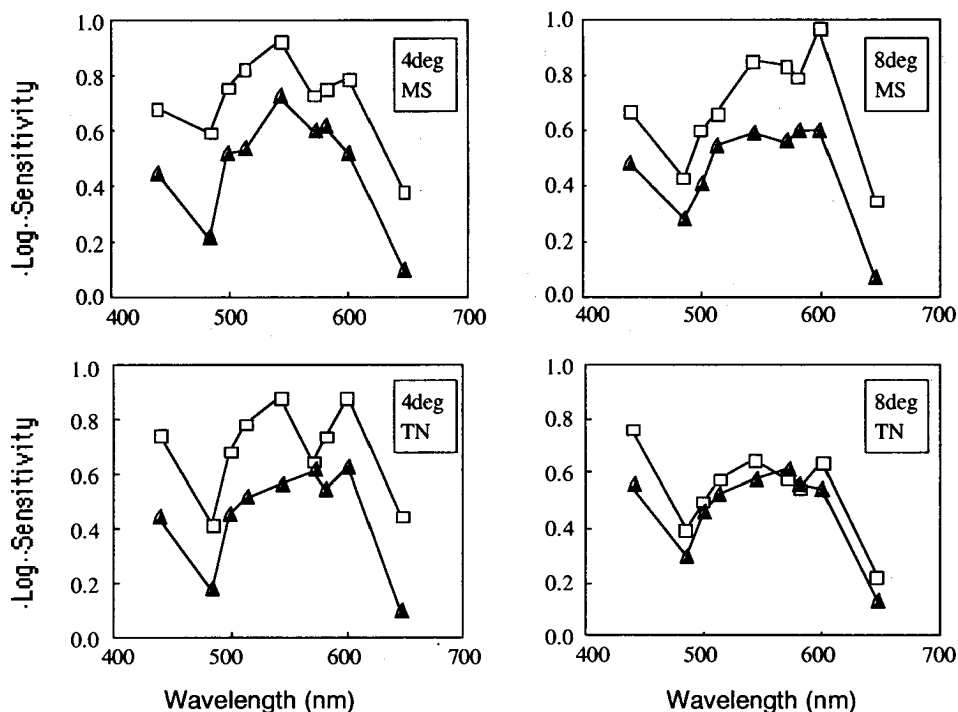


図4 分光感度曲線。□：no task条件，▲：task条件。

1セッション中，刺激の呈示位置の大きさは固定であり，no task条件とtask条件は1試行ごとに行う。ただし，タスク課題が正解しなかった場合は，そのデータを採用せずに再びtask条件を行った。438, 483, 498, 512, 543, 570, 581, 599, 645 nmの9つの波長の検出刺激を用いて測定を繰り返した。

被験者は，MS（23歳，男性），TN（24歳，男性）の2名であり，ともに色覚正常である。

3. 結果と考察

検出刺激の強度を変えて測定すると知覚確率曲線を得られる。正答率75%の強度を閾値とした。各波長での増分閾値の逆数をとって分光感度を求めた。図4に呈示位置4degと8degでの分光感度曲線を示す。上側が被験者MS，下側が被験者TNの結果である。□がno task条件，▲がtask条件を示す。ほとんどの実験条件においてno task条件がtask条件よりも感度が優れている。これらは，タスク課題の有無によって注意の向けられた領域の大

きさが変わったため周囲での検出感度が変化したと考えられる。

4degと8degでの感度変化は，被験者MSとMSともに呈示位置4degの方が8degよりも大きかった。これは，注意を向けた領域に近いほど注意の効果が大きいという過去の研究と一致する⁵⁾。

波長ごとの変化を見てみると，一様な変化ではなく，短波長側と長波長側での感度の変化が大きく，560nm付近での感度の変化が小さいことがわかる。つまり，分光感度曲線がピークを3つ持つ「色型」からピークを1つ持つ「輝度型」へと変化している。

より詳細に色チャンネル，輝度チャンネルの感度変化を見るためにL，M，S錐体の分光感度関数 $L(\lambda)$ ， $M(\lambda)$ ， $S(\lambda)$ ⁶⁾を用いてフィッティングを行った結果を図5に示す。輝度チャンネルのフィッティングは比視感度関数 $V(\lambda)$ を用いた。色チャンネルは短波長側はS錐体の出力を用い，中波長，長波長側はL錐体からM錐体の感度に係数 k を掛けて差分の絶対値を用いた。実線が輝度チャ

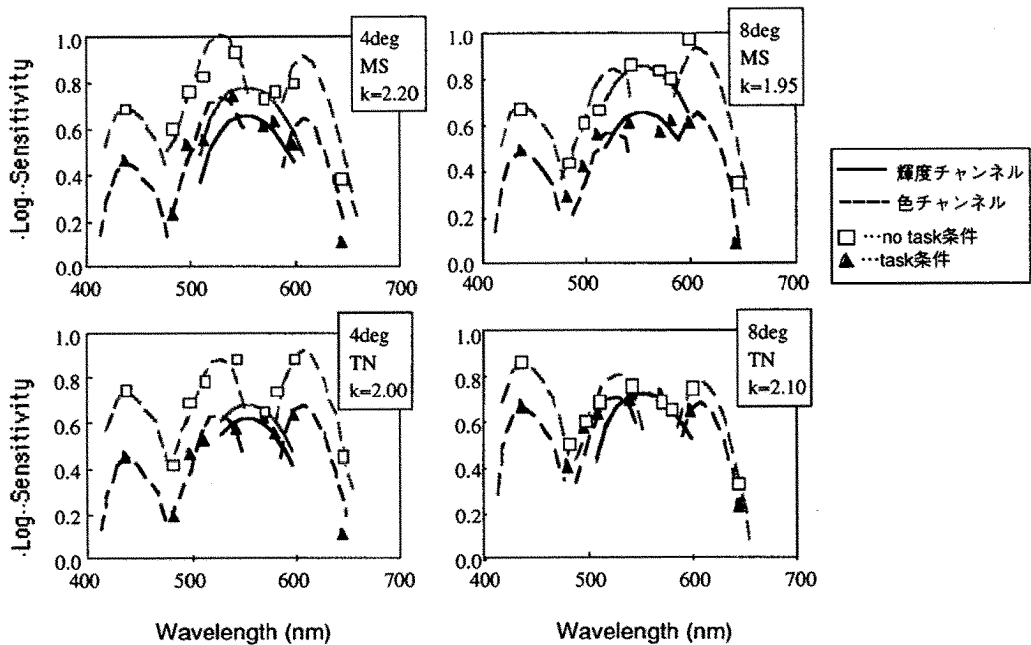


図5 L, M, S錘体の分光感度関数を用いたフィッティング。色チャンネルには $S(\lambda)$ と $L(\lambda) \cdot kM(\lambda)$ 、輝度チャンネルには $V(\lambda)$ を使用。

ンネル，点線が色チャンネルである。輝度チャンネルの変化に対して色チャンネルの変化量が大きいことがわかる。

また，今回の実験の結果で得られた特性がタスク課題の内容に依存しているのかなども検討する必要があると考えている。

4. まとめ

本研究では，注意の強度分布による感度変化は輝度チャンネルに比べて色チャンネルの方が大きいという結果が得られた。処理系への負担という観点からすると早い段階から情報の選別を行うことは効率的であり，初期段階で色，輝度チャンネルの感度を変化させることによる情報の取捨選択が存在することは十分あり得るであろう。色チャンネルの感度変化が相対的に大きいことは，色チャンネルが形態の知覚に関わると言われていることとの関連が強いと思われる。

心理物理学で得られた機能的な分類である色チャンネルと輝度チャンネルとの関係は構造的な分類である Magnocellular 経路，Parvocellular 経路の関係との類似が指摘されているが，本研究の結果が生理的な構造に対応づけられるかは今後の課題としていきたい。

文献

- 1) M. I. Posner, C. R. R. Snyyder and B. J. Davidson: Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174, 1980.
- 2) C. W. Eriksen and J. D. St. James: Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception and Psychophysics*, 40, 225-240, 1986.
- 3) P. E. King-Smith and D. V. Norren: Two-band model of heterochromatic flicker. *Journal of the Optical Society of America*, 67, 1081-1091, 1977.
- 4) R. S. Snelgar, D. H. Foster and M. O. Scase: Isolation of opponent-color mechanisms at increment threshold. *Vision Research*, 26, 1815-1824, 1987.
- 5) B. Steinman, S. Steinman and S. Lehmkuhle: Visual attention mechanisms show a center-surround organization. *Vision Research*, 35, 1859-1869, 1995.
- 6) V. C. Smith and J. Pokorny: Spectral sensitivity of foveal cone pigments between 400 and 500 nm. *Vision Research*, 15, 161-171, 1975.