

不均一多色刺激における視覚探索の色度特性

横井 健司・内川 恵二

東京工業大学 大学院 理工学研究科 像情報工学研究施設

〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259

1. はじめに

視覚探索とは、我々人間の持つ巧妙かつ多彩な視覚機能のひとつであり、視野内の様々な対象の中から目標とする対象を見つけ出す能力のことである。この視覚探索に関しては古くから多数の研究が行われてきたが、用いられる刺激は比較的単純で一様な場合が多く、「様々な本の並ぶ本棚から青い本を探す」などといった我々が日常的に用いている高度で複雑な視覚探索メカニズムを説明するには十分ではない。

近年、探索刺激における色度の不均一性に着目した研究が Bauer らなどにより報告されているものの、用いられた色度は限られており、その特性については不明な点が多い。複雑な刺激構成が必然的に有する様々な要因をコントロールすることは決して容易ではないが、より高次で複雑な視覚探索メカニズムの解明には詳細な検討に加え大局的に様々な特性を検討する必要があると思われる。

このような立場から著者らは多種多様な色度条件をもつ不均一多色刺激での視覚探索について実験を行い、2000年冬季視覚学会発表においては、Bauerらのモデルにあるような目標刺激と妨害刺激の色度空間内での単純な色差関係のみが探索の難度を決めるのではなく、より高次のカテゴリカルな色知覚が探索に影響する可能性があることを報告した²⁾。

一方、視覚探索における大きなトピックスの1つに目標刺激に対するトップダウン情報

の影響が挙げられる。刺激そのものの持つボトムアップ情報が視覚探索に影響することは疑うべくもないが、「青い本」といったような目標刺激のトップダウン情報がどのように影響するのかということは、日常的な高次の視覚探索を探る上で重要である。

そこで本研究では、カテゴリカル色知覚との関連性に加え、トップダウン情報の影響を調べることで、不均一多色刺激における視覚探索の色度特性について検討した。

2. 実験

2.1 実験原理

刺激の選定に本実験では隣接する色票間の色差が等しくなる OSA 均等色空間を採用した。妨害刺激群と目標刺激の OSA 均等色空間内での関係は図1のようになっている。妨害刺激として、OSA 均等色空間におけるある1枚の色票(妨害刺激中心○)とそれに隣接する最近傍(色差2)の色票12枚の計13種類

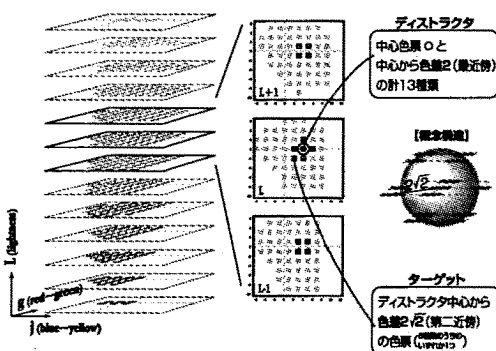


図1 OSA 均等色空間と妨害刺激群・目標刺激の空間的關係。

が各4～5枚ずつランダムに並べられ、不均一な妨害刺激群を構成する。目標刺激は色票○の第二近傍（色差2.8）に位置する色票6種類（同一L面4枚・L±2面2枚）の内いずれか1枚のみが呈示される。すなわち概念的には、OSA均等色空間において色票○を中心とした球体状に分布する不均一な多色妨害刺激群から、やや色差の大きな目標刺激を探索することとなる。ここで妨害刺激の中心色票○を様々な色度に設定することで、種々の色度条件に対する探索特性を検討する。

トップダウン情報の影響については、刺激呈示前に目標刺激を教示する条件と教示しない条件との比較を行うことで検討する。両者間で探索特性に違いが見られれば、それがトップダウン情報の影響として考えられる。

2.2 刺激条件

刺激の構成を図2に示す。CRT上に模擬されたOSA色票64枚のうち、目標刺激は1枚、妨害刺激は13種類の色票が各4～5枚ずつ計63枚である。色票の大きさは視角 1.6° で周囲は灰色背景(L, j, g) = (-2, 0, 0), 20 cd/m²で囲まれている。

実験では、OSA均等色空間における明度L = 0, -2の2平面上に27種類の妨害刺激中心を取り(図3)、各妨害刺激群に対してさらに6種類の目標刺激を用意した。観察距離は100 cm、実験は暗室内にて行われた。

2.3 手続き

実験開始時にまず灰色背景に3分間の明順応を行う。各試行では最初に固視点が呈示され、被験者は固視した時点でマウスをクリックする。この後、目標刺激の教示有り条件では目標刺激となる色票が中央に1秒間のみ呈示され、続けて1秒以下のランダムなインターバルを挟んで図2のように刺激が呈示される。教示無し条件ではマウスクリック後の目標刺激呈示は行われない。なお、いずれの場合も目標刺激は「他の色票と異なる単色色票」であり、被験者はこれを素早く正確に見つけ出すよう指示された。被験者は目標刺激

を見つけた時点でクリックにより応答する。この刺激呈示からクリック応答までが応答時間(RT)となる。次に色票が消え、確認のため被験者は目標刺激の在った位置をマウスで応答する。位置が正しく応答された試行の応答時間のみデータとして記録される。最後に被験者に対し信号音による正誤のフィードバックが与えられ、5秒間の再順応の後、次の試行に移る。ただし、刺激呈示から60秒経っても目標刺激が見つからない場合、その試行はキャンセルされる。誤試行やキャンセルされた試行は、そのセッション内にランダムな順序で再呈示される。

教示有り条件と教示無し条件は別々のセッションで行い、被験者毎に各条件5回の実験から平均応答時間を求めた。被験者は2名(20代男性)で視力正常、100 Hue-Testにより色覚正常であることを確かめている。

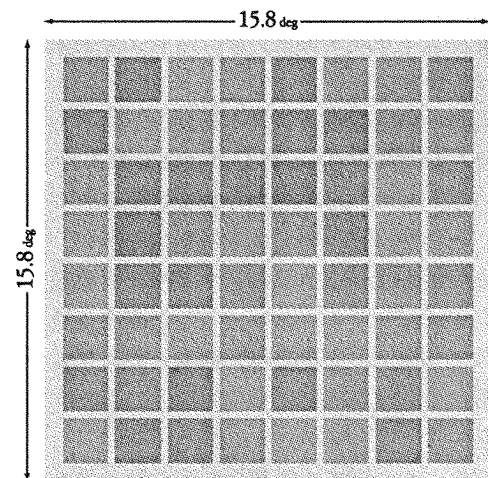


図2 妨害刺激群は明度・色相・彩度の僅かに異なる13種類の色票により構成される。

デストラクタの中心色票座標 (L = -2.0)

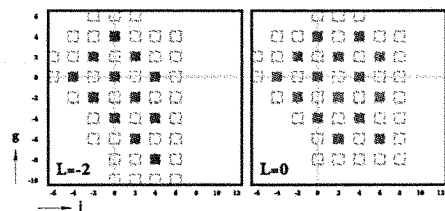


図3 使用した妨害刺激の中心色票(27条件)それぞれに対して6種類の目標刺激が設定される。

3. 結果・考察

3.1 刺激彩度による影響

最初に、各被験者毎に妨害刺激の中心色票と無彩色点 $(j, g) = (0, 0)$ 間の距離の関数として平均応答時間をプロットしたものを図4に示す。点線は目標刺激の教示無し条件、実線は教示有り条件である。各条件とも無彩色点からの距離に比例して応答時間が増加していることが顕著に現れているが、この無彩色点からの距離は刺激全体の彩度と見ることでもできる。図1にあるように全条件における妨害刺激と目標刺激の色差関係は全く等しいにも関わらず、刺激の彩度が上がるにつれて探索が難しくなることは、単純な色差のみが探索に影響するのではなく、より高次の色知覚が影響する可能性を示している。

また目標刺激の教示有無の違いを比較すると、教示無し条件に比べ教示有り条件では全体を通してほぼ一定の割合で探索が容易になっていることを示している。このことは、目標刺激に関するトップダウン情報が不均一視覚探索に対して有効に働いていることを表している。

3.2 カテゴリカル色知覚との関連性

次にカテゴリカル色知覚との関連性を調べるために、実験に用いた全色票に対してカテゴリカルカラーネーミング実験を行い、妨害刺激や目標刺激がどのカテゴリーに属しているのか検討した。図5(a)は妨害刺激群が少数のカテゴリーに分けられる条件の例である。左側の円グラフは妨害刺激群を構成する13種類の色票が属するカテゴリーの割合、右側棒グラフは同一の妨害刺激群に対する目標刺激4種類の条件6種類の内、同一L面上の目標刺激4種のカテゴリーと探索時間である。一番上の例(妨害刺激中心 $0, 6, 2$)では、妨害刺激群の大部分が緑に属し、わずかに黄色のカテゴリーが混ざっている。これに対し目標刺激の内3種類は同じ緑に属しており、黄色に属する目標刺激は1種類である。明らかに分かるように、緑の目標は探索に時間がかかるのに

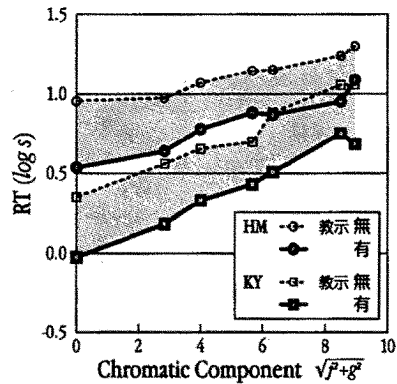


図4 無彩色点 $(j, g) = (0, 0)$ と妨害刺激の中心色票までの距離に対する応答時間の平均。

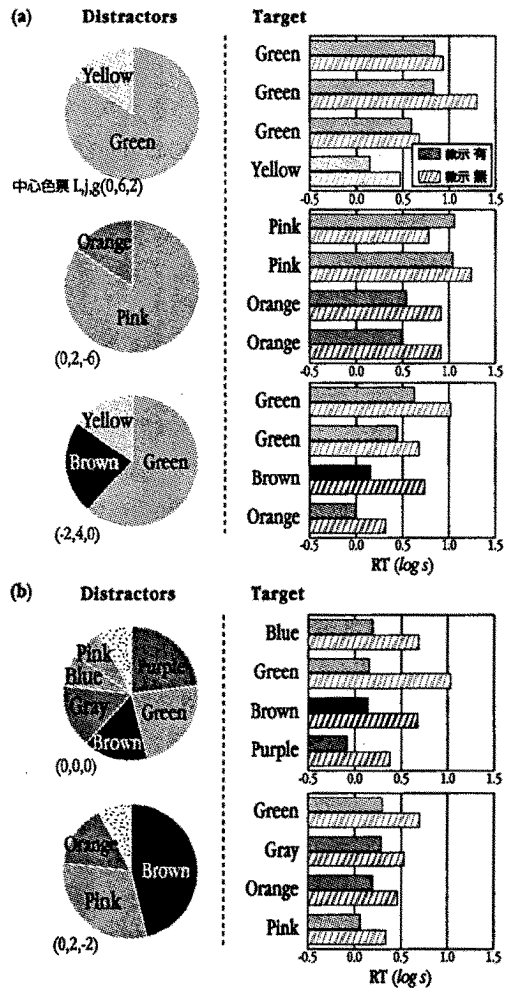


図5 カテゴリカルカラーネーミングと探索時間(被験者 KY)。(a) 妨害刺激を構成するカテゴリーの数が少ない場合と (b) 多い場合。

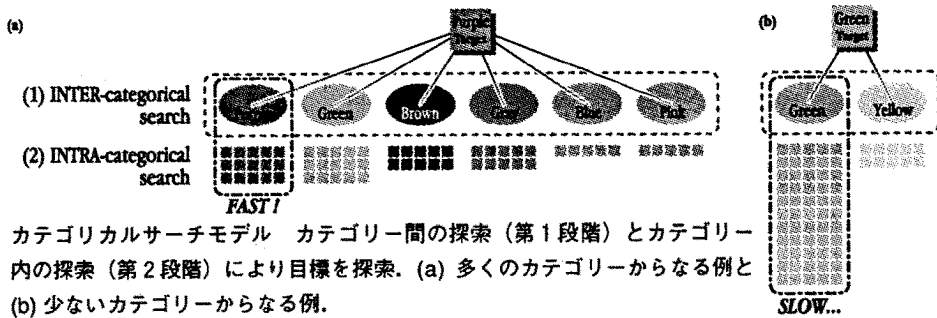


図6 カテゴリカルサーチモデル カテゴリ間の探索（第1段階）とカテゴリ内の探索（第2段階）により目標を探索。(a) 多くのカテゴリからなる例と (b) 少ないカテゴリからなる例。

対し、黄色の目標は短時間で見つかっている。また、教示の有無に関しても、黄色の目標では教示の効果が現れているが、緑の目標ではあまり効果のない条件も見られる。この傾向は他の例にも同様に見られることから、カテゴリカルな色知覚による影響が考えられる。

一方図5 (b)は比較的多数のカテゴリが含まれる条件である。特に中心色票(0, 0, 0)の条件では、目標刺激の教示がある場合にはカテゴリによらず全て短時間に探索できていることが分かる。

3.3 カテゴリカルサーチモデル

高次の視覚探索に対するトップダウン情報とカテゴリカル色知覚の関連性について、本実験をもとにカテゴリカルサーチモデルを提案した。これは図6に示すように(1)カテゴリ空間内で目標カテゴリを選択し(2)そのカテゴリ内にある色票から目標を探索する、というモデルである。

図6 (a)のように多数のカテゴリが含まれる場合(図5 (b)参照), まず最初に6種のカテゴリから1カテゴリを選択する必要があるが、教示有り条件ではすぐに紫を選択することが可能である。次に紫カテゴリ内での探索が生じるが、ここに属する色票は少ないため、比較的短時間に目標が見つかると思われる。一方、教示無し条件では6種のカテゴリから適切なカテゴリを選択することは容易ではなく、誤ったカテゴリに対しても目標刺激の無いことが確認されるまで2段階の探索が行われてしまい探索時間を延ばしてしまうと考えられる。また被験者の内観と

して、教示無しでかつ多数のカテゴリがある条件では、見つけてしまうと明瞭だが探索中はなかなか分からない「見落とし」が生じやすいと報告しているが、このことは上記のようにカテゴリに依存した2段階の探索が行われていると考えれば説明可能である。

次に図6 (b)のように色票の大部分が同一カテゴリに属する場合(図5 (a)参照), 緑に属する色票は膨大な数となるため、この中から目標刺激を探索することは容易ではない。加えてカテゴリの種類は2つしかないため、教示の有無による影響が出にくいと考えられる。結果として、教示有りで目標刺激が黄色の場合にのみ図6 (a)の条件と同様に短時間で探索できることが予測できる。

4. まとめ

より日常的な不均一多色刺激における視覚探索について検討した結果、高次の視覚探索とそれに対するトップダウン情報はカテゴリカル色知覚に大きく依存している可能性が示唆されたが、引き続き様々な条件により実験を続けると共に、本モデルの定量的評価や高次の色知覚に関わる順応、対比、記憶などの影響についても検討する必要がある。

文献

- 1) B. Bauer, P. Jolicoeur and W. B. Cowan: Visual search for colour targets that are or are not linearly-separable from distractors. *Vision Research*, 36, 1439-1466, 1996.
- 2) 横井健司, 内川恵二: 不均一背景における色探索特性. *Vision*, 12, 89-92, 2000.