

## 多色不均一ディストラクタ上の視覚探索における 色カテゴリーの役割

横井健司・内川恵二

東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報システム創造専攻

〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259

(受付 2001 年 11 月 5 日；改訂稿受付 2001 年 12 月 8 日；受理 2001 年 12 月 28 日)

## Role of Color Category for Visual Search on Multi-Colored Heterogeneous Distractors

Kenji YOKOI and Keiji UCHIKAWA

Department of Information Processing, Tokyo Institute of Technology

4259 Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan

(Received 5 November 2001; Received in revised form 8 December 2001; Accepted 28 December 2001)

Visual search was investigated using a color target presented among heterogeneous distractors with several colors within a certain color difference in the OSA uniform color scales. The search time did not depend on color difference between the target and the distractors, but on color categories of the target and distractors. In the conditions that a single color category occupied a large number of distractors search time was longer for the targets in the same category than for the targets in other categories, although the color differences were constant. We proposed a categorical color search model, in which categorical color perception had an important role to determine response time of visual search. Our results suggest that the higher-order color mechanism influences the heterogeneous multi-color visual search.

### 1. はじめに

視覚探索とは、背景視野上の物体（ディストラクタ）の中から目標対象物（ターゲット）を見つけ出す機能のことである。この視覚探索に対してはこれまで主に一様なディストラクタの中からターゲットを探索させる手法が用いられてきた<sup>1)</sup>。不均一で様々な種類の

ディストラクタの中からターゲットを探す方法はあまり用いられてこなかったため、実生活に見られるような複雑な視覚探索の特性を十分に説明することができないのが現状である。

不均一ディストラクタの属性としては、形、大きさ、テクスチャなど様々があるが<sup>2)</sup>、色も重要な属性である<sup>3)</sup>。Bauerらは、複数の色

度からなる不均一刺激を用い、色空間においてターゲットとディストラクタ群の色度が1平面により線形分離できる場合にはターゲットが短時間で探索可能 (pop-out) であるという線形分離モデルを提案した<sup>4,5)</sup>。しかし、彼らの実験では色度条件が色空間全体に対してはかなり限られ、また、ディストラクタ群の色数も少ないため、色空間全域において線形分離モデルが成り立つかどうかは不明である。Nagy らは不均一刺激による視覚探索の処理レベルとして、色チャンネル、輝度チャンネルに着目した。実験の結果、不均一刺激に対する視覚探索では色情報と輝度情報の間に相互作用が存在したことから、より高次の色覚処理の関与を示唆した<sup>6)</sup>。

近年の心理物理学<sup>7,8)</sup>および生理学研究<sup>9,10)</sup>などにより色覚高次レベルにおいてはカテゴリカル色知覚処理が行われていることが強く示唆されている。もし、色の視覚探索が高次元色覚処理に影響されているならば、カテゴリカル色知覚からも何らかの影響が存在する可能性がある。実際、これまでに著者らが行った多色不均一刺激を用いた実験より、ターゲットおよびディストラクタのカテゴリカル色知覚の色視覚探索への関与が示されている<sup>11)</sup>。

本研究では、様々な色相および彩度条件下で多色不均一刺激による視覚探索の色度特性を求めた。その上でカテゴリカル色知覚の多色不均一刺激における視覚探索に対する役割に着目し、視覚探索メカニズムのモデル化を試みた。

## 2. 実験

### 2.1 実験原理

本実験では隣接する色票間の知覚色差が等しい OSA 均等色空間から刺激を選んだ<sup>12)</sup>。各条件でのディストラクタとターゲットの色差の関係は図1のようになっている。ディストラクタ群はある1枚の中心色票Dとそれに隣接する最近傍(色差2)の色票12枚の計13種類から構成されるが、これらは正斜方六面体格子の各頂点にあたる。ターゲットはこのディストラクタ群の中心色票Dの第二近傍(色差 $2\sqrt{2}$ )に位置する色票6種類(同一L面内4枚、L±2面内2枚)の中から選ばれた1枚が呈示される。したがって概念的には、OSA 均等色空間においてある色票Dを中心とした半径2の球体状に分布する多色ディストラクタ群の中から、球体分布外のターゲットを探索することとなる。全条件においてこれらターゲットとディストラクタ群の色差関係を常に一定に保つことで、色差が視覚探索に与える影響を統制している。このディストラクタ群を色空間内の様々な座標に設定することにより、色差構造を一定に保ったまま様々な色相や彩度条件を設定している。

ターゲットは唯一単独の色票として定義することができるため、事前に何色であるかを教示しなくても探索可能である。ターゲットそのものの持つボトムアップ情報が探索に影響することは明らかだが、ターゲットに関するトップダウン情報が探索にいかに関与するのかという点は、特にターゲットが単純には

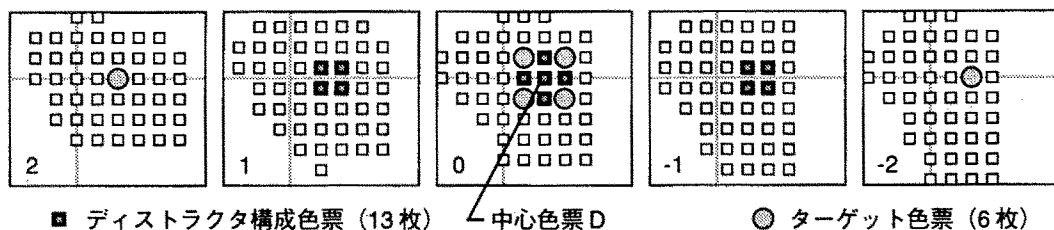


図1 OSA 均等色空間における刺激の色度分布。中心色票Dとその最近傍12枚の計13枚がディストラクタを構成する。ターゲットは中心色票Dの第二近傍6枚の中から1枚が呈示される。図は中心色票Dの色度(L,j,g)=(0,2,0)の場合。

検出できない多色不均一刺激においては重要である。そこで本実験では、唯一単独である色票を探すという探索課題に対し、事前にそのターゲット色票を呈示しトップダウン情報を与える条件と与えない条件を比較することで、トップダウン情報がどのように作用するのかについても検討している。

## 2.2 刺激

刺激はCRT (SONY GDM-2000TC) 上に模擬される。呈示刺激はターゲット1枚とディストラクタ63枚(13種類の各色票に対し4~5枚ずつ)が、8×8の格子上にランダムに配置される。色票1枚は一辺が視角1.6度の正方形、背景は一辺15.8度の灰色背景( $(L,j,g)=(-2,0,0)$ ,  $20\text{cd/m}^2$ )であり、色票間には0.1度の間隔があいている。

用いた色度条件を図2に示す。ディストラクタ群の中心色票Dとして $L=0$ ,  $-2$ 面の27条件、各条件に対してターゲット6条件を用い、全体では155条件(ターゲットがOSA均等色空間外に出てしまう条件は除く)を用いた。

観察距離は100cmで、実験は暗室内で行った。

## 2.3 手続き

実験開始時に灰色背景に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。この後ターゲットの教示有り条件ではターゲットとなる色票が中央に1秒間のみ呈示され、続けて1秒間の背景によるブランクを挟んで刺激が呈示される。教示無し条件では固視後のターゲット呈示は行われない。い

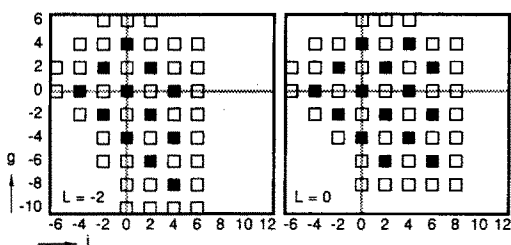


図2 実験で用いたディストラクタ群の中心色票(27条件)。

ずれの場合もターゲットは「他の色票と異なる単独色票」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。ただし教示有り条件においては、色対比などのために教示におけるターゲットの見えと探索時のターゲットの見えが異なる可能性があるが、このような場合にも必ず他の色票と異なる単独色票を探すよう指示した。

被験者はターゲットを見つけた時点でクリックにより応答する。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ターゲット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の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秒経ってもターゲット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。なお、60秒以内に応答できず再呈示された試行は僅かであったため(全試行中(被験者KY)0.77%, (TT)2.21%, (HM)5.14%)再呈示時の応答時間は他と区別せず取り扱った。

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、各条件5回の実験から平均応答時間を求めた。全被験者とも十分な練習試行を行っている。

## 2.4 カテゴリカルカラーネーミング

各被験者のカテゴリカル色知覚特性を調べるため、OSA色票424枚に対しカテゴリカルカラーネーミングを3回行った。色票はターゲット教示時と同様に灰色背景上に1枚ずつ呈示され、被験者は11の基本色(紫, 青, 緑, 黄, 橙, 茶, 赤, 桃, 白, 灰, 黒)にてネーミングを行った<sup>13)</sup>。呈示順序はランダムであり、色票の観察時間の制限はない。

## 2.5 被験者

被験者は20代の男性3名で視力正常、100色相検査により色覚正常であることを確かめた。

### 3. 結果

#### 3.1 応答時間

全条件における被験者KYの平均応答時間を図3に示す。他の2名の被験者の結果も同様であった。グラフの見方を挿入図に示す。グラフの特徴としては、同一L面上のターゲット4条件を結ぶ四角形の大きさが平均的な応答時間に相当し、形状が色差方向に対する応答時間の非一様性を表している。全体として、教示無し条件（点線）に比べ教示有り条件（実線）の方が応答時間が短くなっている傾向がよく現れ、トップダウン情報を与えることにより探索が容易になっていることがわかる。

個々のディストラクタ条件毎に比較すると、 $(j,g)=(0,0)$ の無彩色点から離れるほど、四

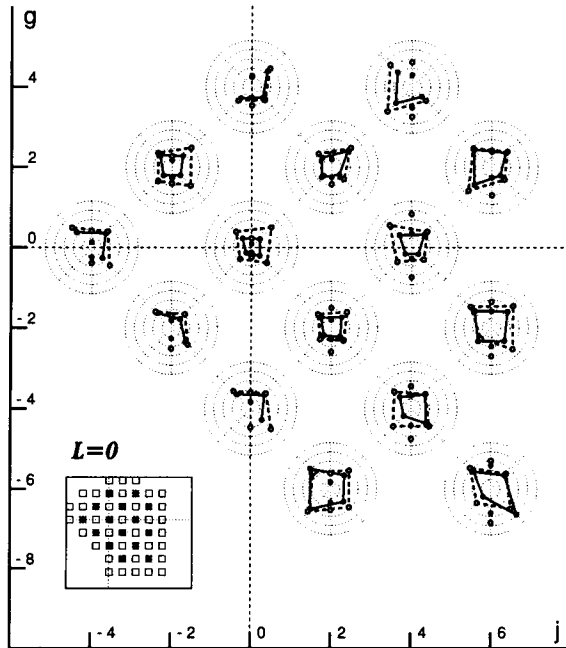
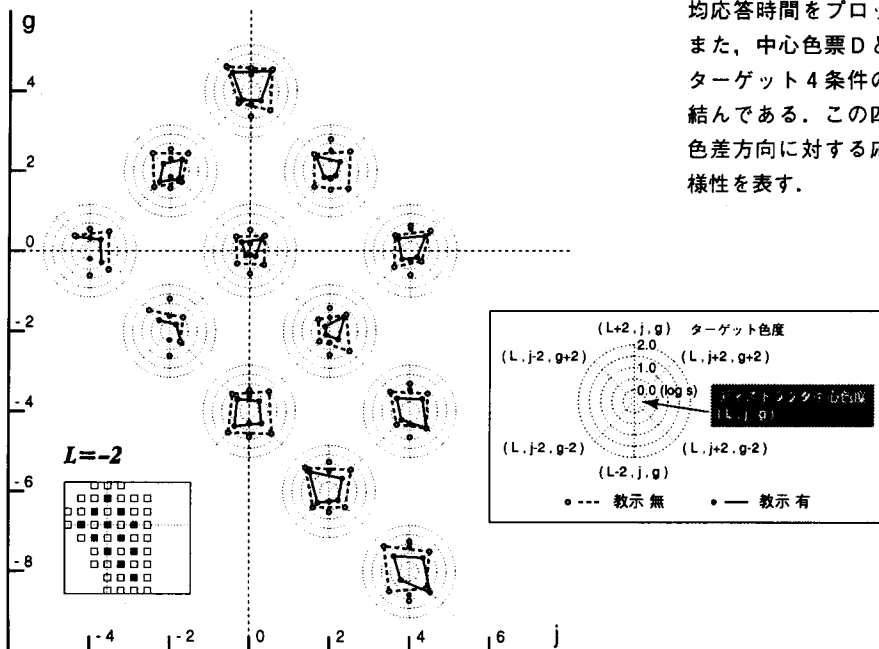


図3 全実験条件における応答時間（被験者KY）。各極座標グラフの中心がディストラクタの中心色票Dの色度を示し、各ディストラクタ条件におけるターゲット6条件の平均応答時間をプロットしてある。また、中心色票Dと同一L面上のターゲット4条件の結果を直線で結んである。この四角形の形が、色差方向に対する応答時間の非一様性を表す。



角形の大きさが大きくなっていく傾向がみられる。そこで各被験者の平均応答時間を、ディストラクタの中心色度の無彩色点からの距離（彩度） $\sqrt{p^2+q^2}$  の関数として図4に示した。どの被験者においても刺激全体の彩度が上がるにつれて応答時間が増加していることが顕著に現れている。今回の実験条件ではターゲットとディストラクタ群の色差関係は常に一定であるため、視覚探索が色差にのみ依存しているならば全条件において一定の応答時間が得られるはずである。本結果からは多色不均一視覚探索を色差だけで説明することはできない。

OSA 均等色空間は隣接する色票間の色差が一定になるように作られているが、色空間全体のような大局的な色差については、必ずしも一定ではない可能性もある。すなわち、色空間の中心（低彩度）部分と周辺（高彩度）部分においては、周辺部ほど隣接する色票間の色差の絶対量が小さくなるために図4のように応答時間が増加する傾向が得られたと考えられなくもない。しかし、仮に色空間全体における絶対的な色差量が異なっていたとしても、隣接する色票間のような局所的な狭い

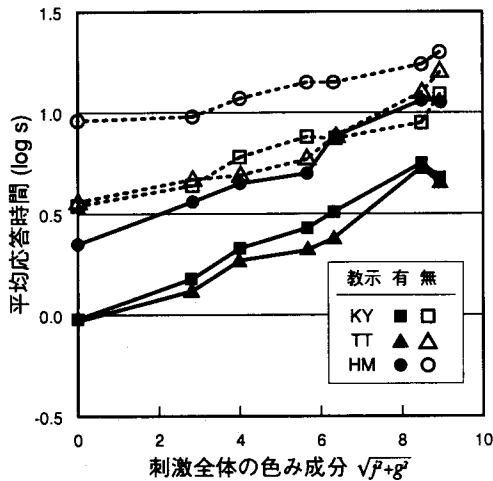


図4 刺激全体の色み成分に対する平均応答時間。全条件について、ディストラクタの中心色票Dの色み成分  $\sqrt{p^2+q^2}$  の関数として平均応答時間をプロット。

範囲での相対的色差関係は十分保たれているはずである。したがって、探索時間が色差にのみ依存しているならば、少なくとも個々の

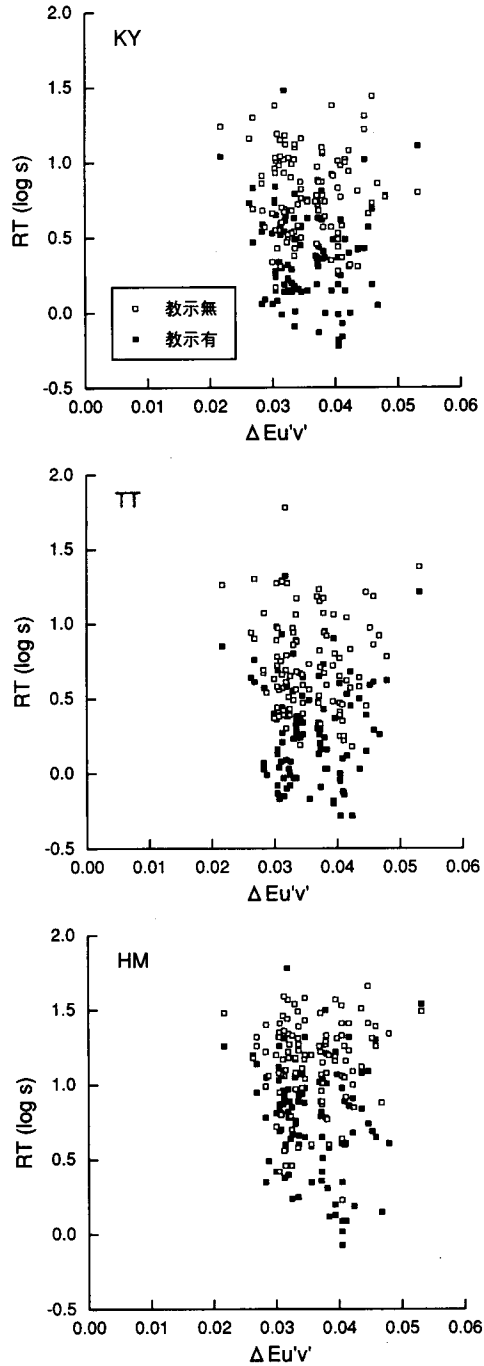


図5  $u'v'$  均等色度図における色差と応答時間。同一L面上のターゲットとディストラクタ中心色度について  $u'v'$  均等色度図上での色差の関数として平均応答時間をプロット。

ディストラクタ条件においてはターゲット条件に関わらず一定の応答時間が得られるはずであり、図3においても個々のディストラクタ条件での応答時間を表す四角形は正方形に近い形状を示すはずである。しかし、実験結果はターゲット条件の違いにより応答時間が異なっており、色差に対する応答時間が一様ではないことを示している。

また、他の色空間での色差との関連についても確認するため、 $u'v'$ 均等色度図において、同一L面上のターゲットとディストラクタ中心色度の色差を再計算し、応答時間との関係を図5に示した。もしも、色差が大きくなるほど応答時間が短くなるのであれば、色差と応答時間の間にも負の相関が得られるはずであるが、表1にある通りどの条件においてもほとんど相関はみられない。このことから、多色不均一視覚探索が色差だけでは説明できないことは明らかである。

次に、全試行における正答時の応答時間のヒストグラムを図6に示す。本実験ではターゲットとディストラクタ群はOSA色空間において常に一平面により線形に分離できる(図1参照)。そのため、Bauerらの線形分離モデルによれば全条件においてターゲットはpop-outし、応答時間の短いところにヒストグラムは局在するはずである。しかし、本実験では応答時間のヒストグラムがかなり広範囲に広がり、全条件においてpop-outが生じるとはいえない。このことからBauerらの線形分離モデルでは今回の結果を説明することができないことがわかり、色空間における単純な色差関係では多色不均一視覚探索を十分に説明することはできないことが示された。

表1  $u'v'$ 均等色度図における色差と応答時間の相関係数

	教示有	教示無
KY	-0.086	-0.036
TT	-0.026	-0.052
HM	-0.160	0.074

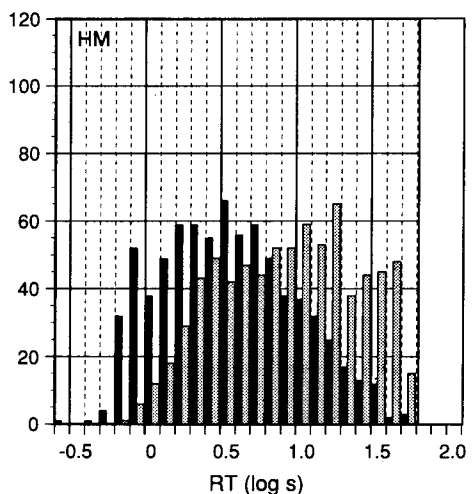
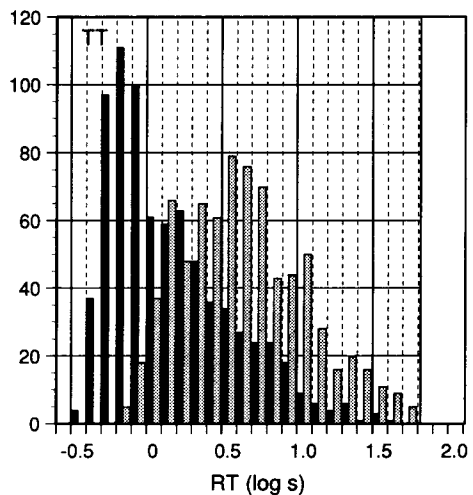
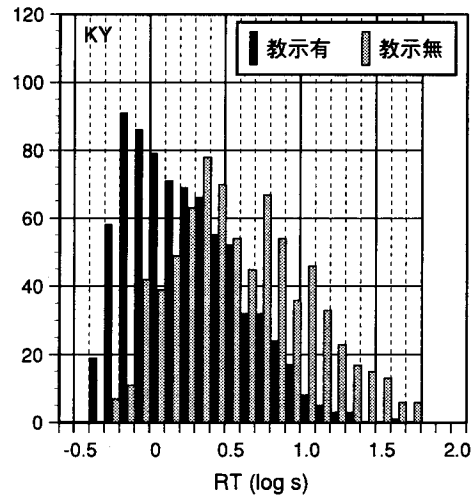


図6 全試行における正答時の応答時間ヒストグラム。

### 3.2 カテゴリカル色知覚との関係

探索時間とカテゴリカル色知覚との関係を調べるために、各条件でのディストラクタとターゲットの色カテゴリーを解析した。結果の一例を図7に示す。左の円グラフは、各条件のディストラクタ群に含まれる13枚の色票に対するそれぞれ3回のカラーネーミング結果を全て累積したグラフである。例えば図7(a)における被験者KYの円グラフでは、ディストラクタ群の中心色票とその最近傍12枚の個々の色票に対する各3回のカラーネーミングの総数39のうち、紫との応答が36回、桃との応答が3回であったことを表している。この比率から被験者KYは探索課題時にはディストラクタ63枚のうち9割以上を紫の色票と知覚していたことになる。

右の棒グラフはディストラクタ群の中心色票と同一L面上にある4ターゲット条件の応答時間とそのターゲット色票に対するカラーネーミング結果の色名を表している。塗りつぶしは教示有り条件、斜線は教示無し条件を示す。各矢印は4ターゲット条件のL面上での色差方向を示している。色名のうち、単独の色名は3回のカラーネーミングとも一致した色名であり、「A/B」で表記されている色名は、A 2回、B 1回の応答が得られた色名である。

ここで教示の有無と応答時間について考える。図7(a)では、円グラフから3人の被験者共ディストラクタ群の大半を紫と知覚していたことが分かる。教示を与えたことにより、灰や桃と知覚されていたターゲットは応答時間が大きく減少しているが、紫と知覚されたターゲットはそれほど短くなってはいない。また被験者KYの最下段のターゲットは、3回のカラーネーミングにおいて2回は紫、1回は桃と答えられ、被験者KYにとって色カテゴリーの境界付近の色票であったと考えられる。このターゲットでは興味深いことに事前に教示した条件の方がわずかではあるが応答時間が長くなっている。このようにカラー

ネーミングが安定しないターゲット条件で応答時間が逆に長くなる結果は被験者TTの最上段にも現れている。

図7(b)では、各被験者ともディストラクタの大半を桃と知覚していたことがわかる。この場合、ターゲットも桃と知覚している条件では、教示の効果があまり現れていない。これに対し、ターゲットを橙と知覚している条件では、教示により応答時間が短くなっている。同様に図7(c)においても、ディストラクタ群の大半を占める緑と同じ色カテゴリーのターゲット条件では、教示による応答時間の差が小さい結果が多くみられる。

ディストラクタの大半を占める色カテゴリーとターゲットの色カテゴリーが同じ場合、応答時間が長く事前にターゲットが教示されても探索に対してあまり効果的ではない。一方、図7(d)に示されるように、ディストラクタ中に様々な色カテゴリーが混在している条件では、ターゲットの色カテゴリーによらず、教示の効果がみられる。このことから、教示というトップダウン情報の有効性は刺激全体における色カテゴリーの分布比率にも依存していると考えられる。

実験結果全体における応答時間と色カテゴリー比率との関係について図8に示す。横軸はターゲットと同じ色カテゴリーがディストラクタ中に占める比率であり、100%はターゲットとディストラクタ全てが同一の色カテゴリーとして知覚されていた条件を示し、0%はターゲットの色カテゴリーがディストラクタ中に含まれていなかった条件である。ただし、ターゲットのカラーネーミングが安定しない条件については比率が定まらないため除いてある。

まず色カテゴリー比率と応答時間の相関については、被験者HMでの教示無し条件を除き、いずれも比較的強い相関がみられる。このことは教示有り条件のみならず教示無し条件においても、色カテゴリーに基づく視覚探索が行われていることを強く示唆している。

また回帰直線の傾きについて、教示有り条件の方が大きくなっていることから、色カテゴリー比率の増加に伴い条件間の応答時間差が

少なくなる傾向がわかる。これによりトップダウン情報の有効性が色カテゴリー比率の影響を受けていることが全体からも示唆

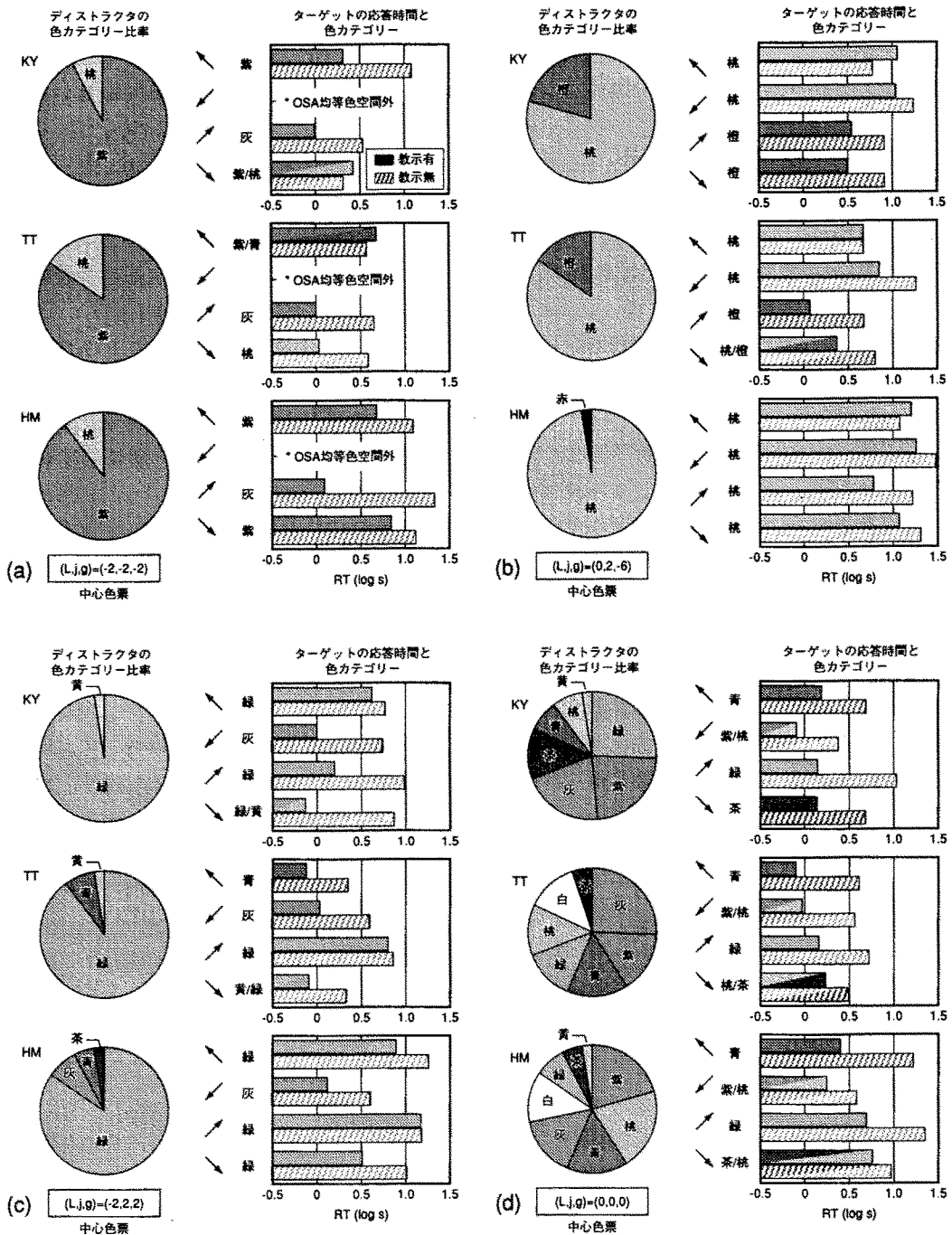


図7 ディストラクタにおける色カテゴリー比率とターゲットの色カテゴリー及び応答時間。円グラフはディストラクタ構成色票に対するカラーネーミングの累積比率。棒グラフはターゲット4条件に対する応答時間とカラーネーミング結果。詳細は本文参照。



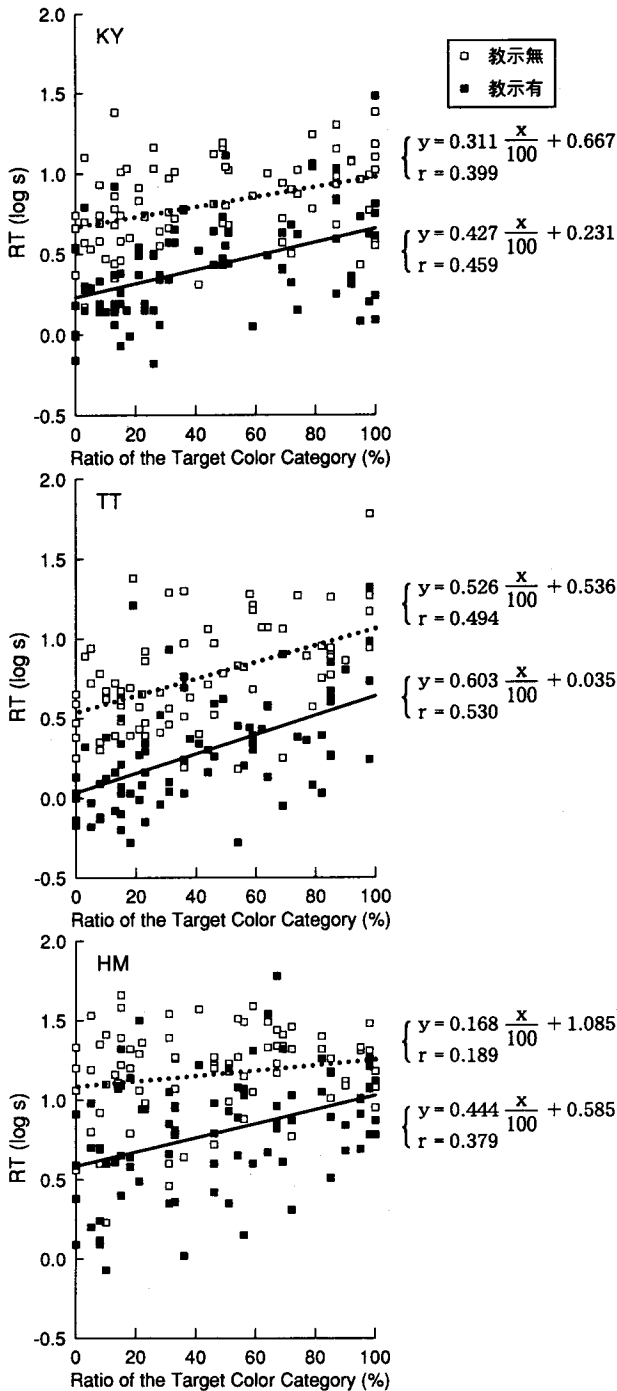


図8 ターゲットの色カテゴリーがディストラクタ中に占める比率と応答時間。各条件におけるディストラクタ全体に対し、ターゲットと同じ色カテゴリーに属するディストラクタの比率の関数としての平均応答時間と相関係数および回帰直線。

される。

### 3.3 カテゴリカルカラー探索モデル

視覚探索においては、ターゲットの向きや形状など様々な特徴量に基づいてターゲットの絞り込みがなされているとするモデルが提案されている<sup>14)</sup>。本実験結果から、多色不均一刺激における視覚探索では、全刺激の中から直接的にターゲットを探索するのではなく、高次色覚処理であるカテゴリカル色知覚を経た段階的な絞り込みが行われていることが示唆される。そこで本論文では、多色不均一刺激に対する視覚探索メカニズムとして、カテゴリカルカラー探索モデルを提案する。本モデルは図9に示すように、まず色カテゴリー空間において対象とする色カテゴリーを選択し絞り込み、その後選択された色カテゴリーに属する刺激内でターゲットの探索を行うとするものである。

図7(a), (b), (c)のようにディストラクタ群の大部分が1つの色カテゴリーとして知覚される場合では、図9(a)のように各色カテゴリーに属する刺激の枚数にかなりの偏りが生じる。ここで、図上部はディストラクタ群に含まれる色カテゴリー、図下部は各色カテゴリーに知覚される刺激の枚数を表している。絞り込む段階において、ターゲットの教示、すなわちトップダウン情報が与えられる場合には適切な色カテゴリーが選択できる。しかしその色カテゴリーに属するディストラクタが多い場合には、セットサイズ効果によりターゲット候補となる刺激をすばやく見つけることができない<sup>15)</sup>。一

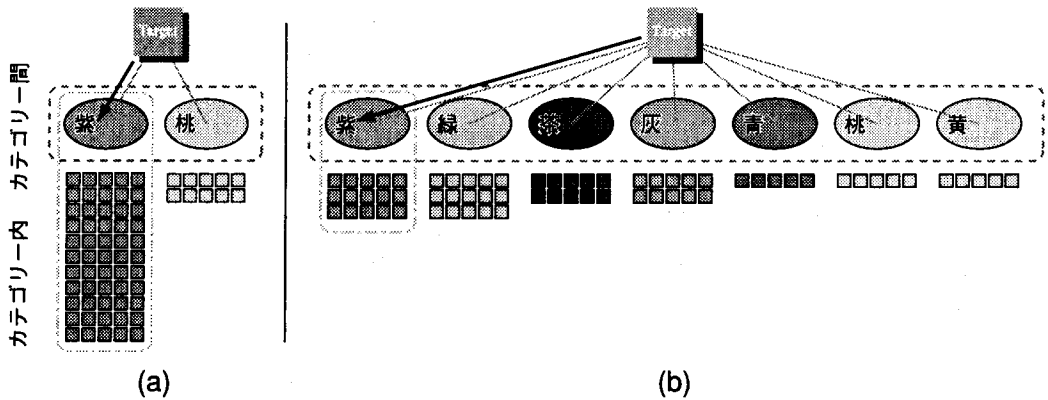


図9 カテゴリカルカラー探索モデル. 色カテゴリに基づく色カテゴリ間探索とその色カテゴリに属する刺激内での色カテゴリ内探索に分けられる.

方, ターゲットの色カテゴリに属するディストラクタが少ない場合には, ターゲット候補を有効に絞り込むことができ, 探索時間が短くなると考えられる.

図7(d)の結果のように, ディストラクタに多くの色カテゴリが混在する場合には, 図9(b)のように各カテゴリに属する刺激の枚数はいずれも少なくなる. そのため, 教示によりターゲットの適切な色カテゴリが選択できれば, 図9(a)での桃カテゴリと同様に短時間でターゲットの探索が可能である. しかし教示が与えられない場合には, 適切な色カテゴリを直接選択することは困難となり, 試行錯誤的に異なる色カテゴリの探索を行ってしまう. ただし, 色カテゴリが多いため色カテゴリ選択を誤る可能性は増加するものの, 各色カテゴリ内の刺激数は少ないためターゲットの有無判断を短時間で行うことができ, 図9(a)紫カテゴリのように膨大なセットサイズの影響は受けにくい.

このように教示無し条件においても色カテゴリに基づく試行錯誤的プロセスを実際に行っている可能性に関して, 多くの色カテゴリが混在している刺激での教示無し条件では, ターゲットを「見落としてしまうことがある」という被験者の内観報告が得られた. 見落とすとは, 一旦ターゲットを見つけてしまうとそれは非常に分かりやすいという印象

を持つが, 探索中にはなかなか見つけることができないという状況である. このことは, 「適切な色カテゴリが見つかるまではターゲットの探索が困難であるが, 一旦適切な色カテゴリが見つければその色カテゴリに属する刺激は少ないため, ターゲットは容易に発見され得る」という, 本モデルの色カテゴリに基づく探索プロセスを示唆していると考えられる.

#### 4. 考察

##### 4.1 色票の見えの変化

図7(c)被験者KYの3段目のように, ディストラクタ群の大半と同じ緑と知覚されているターゲットが教示により短時間で探索されている結果のように, 本モデルでは十分説明できない結果もいくつか見られた. その原因としては, 色票の見えの変化の可能性がある. 本実験では, 教示時やカラーネーミング時には色票は灰色背景上に呈示されているが, 探索時にはターゲットは様々な色票の中に呈示されている. そのため, 色対比や色順応などの要因により, ターゲット色票の見えが, 教示時やカラーネーミング時と探索時とで異なっていることが考えられる.

特に教示有り条件では, ターゲットに関するトップダウン情報は色記憶の処理を受けることになる. 色記憶においては色のカテゴ

り性がより強く影響するとの報告もあり<sup>16)</sup>、図7(a)にみられるようにカラーネーミングが安定しないターゲット条件では、色記憶に基づくターゲットのトップダウン情報と探索時における色対比などの影響を受けたターゲットの色カテゴリーが異なってしまい、応答時間が逆に増加した可能性がある。

ただ、図4にみられるように平均応答時間は刺激全体の彩度に伴い増加している。無彩色背景に比べ有彩色背景における等色誤差が大きくなるとの報告もあり<sup>17)</sup>、色差が等しくとも高彩度の条件においては色対比や色順応により色票の見えが変化し、ターゲットの判断自体が困難になっている可能性は否定できない。しかし、図3に示した通り、ターゲットの色差方向に対して応答時間は必ずしも一様にはなっておらず、また高彩度条件では必然的にターゲットやディストラクタの色カテゴリーが偏りやすいため、今回の実験からではこれらの要因を分離することは難しい。この色票の見えの変化と視覚探索の関連については、今後実験を行う予定である。

#### 4.2 視覚探索における色カテゴリー

本研究では基本11色によるカテゴリカルカラーネーミングを行い、この11カテゴリーに基づき解析を行った。その結果、図8に示されるように基本11色カテゴリーと応答時間の間に比較的高い相関が得られたが、個々のばらつきもみられる。その理由のひとつとして、多色不均一視覚探索においては色知覚における基本11色とはカテゴリーの領域やカテゴリー数などの異なる色カテゴリーが用いられている可能性も考えられる。また、多色不均一刺激の属性としては様々なものがあるため、刺激の条件や課題などによりカテゴリー性が異なる可能性もある。

これらの可能性については、本実験結果だけでは十分な議論を行うことはできないが、ディストラクタ中心色度をより詳細に設定し、またターゲットとの色差関係についても調整することで、応答時間特性の不連続点と

してカテゴリー境界やカテゴリー数を推定する方法などが考えられる。

#### 4.3 視覚探索における色差と多色不均一刺激

視覚探索に対してはターゲットとディストラクタの色差が重要であるとする報告も多い。淵田の実験では、ディストラクタの色度によらずほぼ一定の色差で pop-out しているが、この実験で用いられているディストラクタはそれぞれ単独の色度からなる均一刺激である。一方、ディストラクタの色数を増やした実験では一定の色差に対しても色数の増加に従い検出時間が増加し、特に15色以上の場合には pop-out は困難であると報告している<sup>18)</sup>。均一刺激に対して色差が強く影響することは明らかだが、より日常条件に近い多色不均一刺激に対しても色差だけで説明することはできない。

Bauerらは不均一刺激においても色差の関係が重要であると報告しているが<sup>4,5)</sup>、実際に用いられているディストラクタの色数は2色程度であり、本実験で用いている13色のディストラクタ刺激と比較して不均一ではあるが多色とは言にくい。これらの結果から、不均一刺激における視覚探索については、不均一刺激を構成する色数が色差や色カテゴリーなどの影響を左右する可能性がある。

Smallmanらは、多色不均一刺激のターゲットやディストラクタの色度として基本11色のフォーカル色を用いた場合に視覚探索がセットサイズの影響を受けにくいことを示したが、同様な色差の非基本色においても差がみられなかったことから、基本フォーカル色が色空間において互いに十分な色差を持っているためであるとしている<sup>19)</sup>。しかし、本実験では特に基本フォーカル色を用いているわけではなく、また、個々の色差は全条件で一定である。実験刺激や手続きが異なるため単純には比較できないが、これまでに述べたように本実験により得られた視覚探索の色カテゴリー依存性は色差で説明することはできない。

## 5. むすび

多色不均一刺激を用いて視覚探索の色度特性を調べた結果、カテゴリカル色知覚が色の視覚探索において重要な役割を持っていることが明らかとなった。また、ターゲットに対するトップダウン情報の有効性とカテゴリカル色知覚の関連性も示された。これらの結果をまとめてカテゴリカルカラー探索モデルを提案した。視覚的快適感が刺激中の色カテゴリ数と負の相関を持つといった報告<sup>20)</sup>もあり、より高次の視覚情報処理ではカテゴリカル色知覚が重要な役割を果たしていると考えられる。しかし、刺激が複雑になるにつれ、色の対比や色順応、色記憶などの様々な要因が絡んでくるため、本モデルをさらに改良していく必要がある。

謝辞 本研究は第10回(社)照明学会研究・教育助成を受けて行われました。

## 文 献

- 1) J. Palmer, P. Verghese and M. Pavel: The psychophysics of visual search. *Vision Research*, 40, 1227-1268, 2000.
- 2) H. Pashler: Cross-dimensional interaction and texture segregation. *Perception and Psychophysics*, 43, 307-318, 1988.
- 3) R. E. Christ: Review and analysis of color coding research for visual displays. *Human Factors*, 7, 542-570, 1975.
- 4) 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.
- 5) B. Bauer, P. Jolicoeur and W. B. Cowan: Distractor heterogeneity versus linear separability in colour visual search. *Perception*, 25, 1281-1293, 1996.
- 6) A. L. Nagy and M. Winterbottom: The achromatic mechanism and mechanisms tuned to chromaticity and luminance in visual search. *Journal of the Optical Society of America A*, 17, 369-379, 2000.
- 7) R. M. Boynton and C. X. Olson: Locating basic colors in the OSA space. *Color Research and Application*, 12, 94-105, 1987.
- 8) K. Uchikawa and R. M. Boynton: Categorical color perception of Japanese observers: Comparison with that of Americans. *Vision Research*, 27, 1825-1833, 1987.
- 9) H. Komatsu, Y. Ideura, S. Kaji and S. Yamane: Color selectivity of neurons in the inferior temporal cortex of the awake macaque monkey. *Journal of Neuroscience*, 12, 408-424, 1992.
- 10) T. Yoshioka, B. M. Dow and R. G. Vautin: Neuronal mechanisms of color categorization in areas V1, V2 and V4 of macaque monkey visual cortex. *Behavioural Brain Research*, 76, 51-70, 1996.
- 11) 横井健司, 内川恵二: 不均一多色刺激を用いた視覚探索への高次色知覚の影響. *映像情報メディア学会誌*, 55, 1534-1538, 2001.
- 12) D. L. MacAdam: Uniform color scales. *Journal of the Optical Society of America*, 64, 1691-1702, 1974.
- 13) B. Berlin and P. Kay: Basic color terms: Their universality and evolution. University of California Press, Berkeley, 1958.
- 14) J. M. Wolfe: Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 202-238, 1994.
- 15) J. Palmer: Set-size effects in visual search: The effect of attention is independent of the stimulus for simple tasks. *Vision Research*, 34, 1703-1721, 1994.
- 16) K. Uchikawa and H. Shinoda: Influence of basic color categories on color memory discrimination. *Color Research and Application*, 21, 430-439, 1996.
- 17) W. R. J. Brown: The effect of field size and chromatic-surrounds on color discrimination. *Journal of the Optical Society of America*, 42, 837, 1952.
- 18) 淵田隆義: CRT画像における色識別性と色視標の探索効率. *照明学会誌*, 80, 803-810, 1996.
- 19) H. S. Smallman and R. M. Boynton: Segregation of basic colors in an information display. *Journal of the Optical Society of America A*, 7, 1985-1994, 1990.
- 20) K. Sagawa: Visual comfort evaluated by number of categorical colors in a colored image. *Color Research and Application*, 25, 193-199, 2000.