The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	色光検出における色相コントラストと輝度コントラストの役割
Author(s)	中島, 義明; 川村, 智
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1997, 23, p. 49-67
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/9828
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

色光検出における色相コントラストと輝度コントラストの役割

中　島　義　明

川　村　　智

目　次

1 色相情報処理系と輝度情報処理系
2 各実験の概要と装置
3 実験 1
4 実験 2
5 実験 3
6 実験 4
7 まとめ及び結論

色光検出における色相コントラストと輝度コントラストの役割

中島　義明・川村　智

色光は信号，標識として一般に多く利用されているが，安全な適用のためには，人間の色情報処理の特性について確かなデータを得る必要がある．本研究は，色情報について色相情報と輝度情報という側面から，それらが色光の検出においていかなる働きを有するか，また，色相情報と輝度情報がいかなる相互作用を有するかについて基礎的データを提供するものである．

1 色相情報処理系と輝度情報処理系

色相と輝度が人間の視覚系に与える効果の違いは，種々の側面について報告されている．これらの効果の根底にはまず，網膜における色情報処理機構が関与していると考えられる．現在，網膜における色情報処理には，３色過程と反対色過程の２段階のコード化が存在すると考えられている．外界からの色刺激はまず第一段階として，網膜上にある波長感度の異なる３種の受容体（S-cone，M-cone，L-cone）の興奮量としてコード化される（３色過程）．このＳ，Ｍ，Ｌ-coneの興奮は，次に，（Ｍ＋Ｌ）とＳの相対量，ＬとＭの相対量，Ｍ＋Ｌの絶対量の３つの量として再コード化され中枢に伝達される（反対色過程）．これらは，それぞれ順に，黄色，青，赤，緑，明るさに相当する．すなわち，外界の色情報は，青/黄チャンネル，赤/緑チャンネル，明るさチャンネルの３つの独立したチャンネルの情報量としてコード化されると考えらている．

ある波長の光により網膜を刺激し続けると，その波長の光に対する感度が低下するが，その色味を相殺する光をさらに加えると感度の低下は減少する（Ahn & MacLeod, 1993）．このことは，上述２過程が存在し，それぞれに選択的に感度の低下が生じていることを示している．また，輝度の境界にみられるMach効果（エッジの強調効果）は，等輝度の色相の境界にはみられないとする知見が多い（Green & Fast, 1971）．また，近年では，視覚的対象の運動の検知プロセスにおいて，輝度と色相の違いを示す研究が多い（Derrington & Badcock, 1985; Webster et al., 1992; Cavanagh, 1992; Culham & Cavanagh, 1994）．これらの研究は，いずれも，色情報の基礎的な処理段階において，色相と輝度が独立した処理を受けていることを示すものである．

さらに高次の処理過程においてはこれら色と輝度の働きあるいはその相互作用は必ずしも明らかではない．色コードの有効性は一般に指摘されるところであり，このような

考え方に基づいて，多くの現実場面において色による信号，標識が用いられることとなっているのであるが，必ずしも人間の高次の色情報処理の特性に関する確かなデータに基づいているわけではなく，経験的あるいは慣習的な理由により適用されている場合が多い．

2 各実験の概要と装置

2．1 各実験の概要

本研究は，複数の視覚的対象の中から，色相または輝度の情報に基づいてターゲットを検出するという課題における反応時間を測定し，色相情報，輝度情報の働きおよびその相互作用について考察することを目的とする．4実験を行なったがそれらはすべて，ＣＲＴに呈示される多数の色パッチ（楕円又は長方形）の中から，1つだけ他のパッチ（非ターゲット）と色相，輝度，又はその両方が異なるパッチ（ターゲット）を検出するという課題を被験者に行なわせ，その検出速度を測定するという方法を用いるものであった．実験1では，ターゲットが非ターゲットと色相のみ又は輝度のみにおいて異なる刺激を用い，ターゲットと非ターゲットの色相コントラスト又は輝度コントラストを操作変数とし，両属性の検出における有効性を比較した．実験2では，実験1の結果がターゲット-非ターゲット間のコントラストではなく背景とターゲットとのコントラストによるターゲット単独での検出のされやすさに基づいている可能性を否定することを目的として，ターゲットが単独で呈示されたときの検出速度を測定した．実験3では，実験1の条件に，ターゲットが非ターゲットと色相と輝度の両方において異なる条件を加えて同様の実験を行い，色相情報と輝度情報の結合効果を調べた．実験4では，さらに刺激パターンの複雑性，ターゲットの呈示位置を操作変数に加え，色のコントラストの効果が刺激の複雑性や視野位置によってどのように変化するかを調べた．

2．2 装置

実験室内の条件，装置はすべての実験（実験1～4）において共通であった．刺激の制御および，被験者の反応の記録に用いたパーソナルコンピュータは，ＮＥＣ製ＰＣ９８Ｘｔ，また，刺激の呈示に用いられたＣＲＴは，αＤＡＴＡ製ＡＣＭ３１７であった．実験は完全な暗室内において行われた．いずれの実験においても，各被験者には，実験室入室後実験開始まで１０分の暗順応をさせた．

3 実験1

実験1は，複数同時に呈示される色パッチの中から，色相または輝度が周囲のパッチ（非ターゲット）とは異なるもの（ターゲット）を検出するという課題を用いて，色光

ターゲット検出における輝度情報と色相情報の有効性を比較するものであった．非ターゲットーターゲット間の輝度コントラスト，色相コントラストを操作変数とした．また，この実験は後述の実験の準備として，色光ターゲット検出における色相と輝度の働きの等価点を求める目的を兼ねていた．

３．１ 方法

【被験者】 被験者として大学生及び大学院生１６名が実験に参加した．年齢は，２１才から２６才であった．１６名のうち，２名は色覚異常であるとの自己申告があったが，異常の種別については不明であった．

【刺激】 図1に示すように環状に呈示される１８個の楕円弧パッチからなる刺激パターンを用いた．１８個のパッチのそれぞれは一様な色で塗られてたものであった．１８個のうちの１７個（非ターゲット）は互いに等色（等色相，等輝度）であり，残りの，１個（ターゲット）だけが色相，または輝度が非ターゲットと異なるものであった．ターゲットは１８箇所の位置からランダムに選ばれた．楕円弧のサイズは，実験時の視距離において，縦径が視角１．４°，横径が１．１°であった．円弧の欠けた部分の中心角は４０°であった．また，円弧の呈示される位置は，注視点（画面中央）からの離角が上下には視角８．３°，左右には７．１°であった．

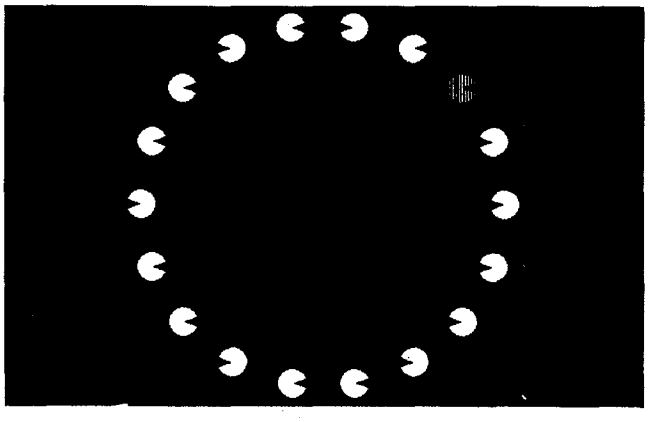

図１ 【実験１で用いた刺激パターン例】
黒の背景に環状に配置される１８個の円弧（色光）からなる。１個だけ（ターゲッド）が他の１７個（非ターゲット）と、色相または輝度が異なる。円弧のサイズは、縦径が視角１．４°、横径が１．１°である。また、欠けた部分の角度は円中心から４０°である。円弧の位置は、凝視点からの離角が上下には視角８．３°、左右には７．１°である。

表１ 実験１で用いた８種の色光の色属性．実験４におけるＬＲ，ＨＲ，ＬＧ，ＨＧはそれぞれR，R+++，G，G+++に相当する．

刺激種	輝度(L-value)	色度(x, y)
R	1.15	(.6148, .3626)
R+	2.68	(.6151, .3592)
R++	4.11	(.6159, .3582)
R+++	5.89	(.6156, .3583)
G	1.18	(.2702, .6042)
G+	3.04	(.2753, .5999)
G++	4.35	(.2777, .5990)
G+++	5.90	(.2774, .5982)

ターゲット，非ターゲットとして，輝度の異なるそれぞれ８種の赤（R）と緑（G）の色光を用いた．それらの測光データは表１の通りであった．なお，図形の背景部分は黒（輝度０）であった．非ターゲットには表１中のＲ及びＧを用いた．また，非ターゲットＲにはターゲットとして，Ｇ，Ｒ+，Ｒ++，Ｒ+++の４種，非ターゲットＧに対し

てはターゲットとしてR，G+，G ++，G+++の４種の計８種の刺激パターンを用意した．これらは，ターゲットが非ターゲットに対して等輝度で色相のみ異なるパターン，ターゲットが非ターゲットに対して等色相で輝度のみが異なるパターンを構成するものであった．

【手続き】 １試行においては，まず，ＣＲＴ画面の中央に，注視点が呈示された（×印，図１参照）．２秒間の注視点の呈示後，上記の８種の刺激パターンのうちの１つが呈示された．被験者は，１個だけ異なる刺激（ターゲット）を検出し，それが左向き（円弧の左が欠けたもの）か右向き（円弧の右が欠けたもの）かを，できるだけ速く正確に，反応キーを押すことにより答えるよう要求された．左ならキーボードの１のキーを右手の人差し指で，右なら２のキーを右手の中指で押すよう指示された．刺激が呈示されてから被験者が反応キーを押すまでの時間（反応時間），及び被験者の反応肢がコンピュータの制御によって記録された．

各被験者について，１６の条件（刺激パターン８×反応肢２）についてそれぞれ１８試行の計２８８試行の測定を行った．被験者の反応後２秒間のブランクを置いて次の試行が行われた．３２試行ごとに中断し，被験者が十分休憩をとった後再開された．また，本試行に先だって，３０試行の練習が行われた．被験者の眼から，ＣＲＴ中央までの距離（視距離）は７０ｃｍであった．両眼視により行われた．

３．２ 結果

前処理としてとして誤反応，各被験者各条件における平均値から３ＳＤを越えるデータを除いた．また，色覚異常のあった２名の被験者のデータはここでは除外した．誤反応率はいずれの被験者においても３％以下であった．この前処理の後，各被験者，各条件における平均値を求め基礎データとした．反応肢（１または２のキー押し）の条件はプールした．

図２は，刺激パターンごとの，反応時間の全被験者平均を示すものである．ただし，色覚異常者２名は含まれていない．非ターゲットがＲの場合と，Ｇの場合とでほぼ同じ傾向がみ

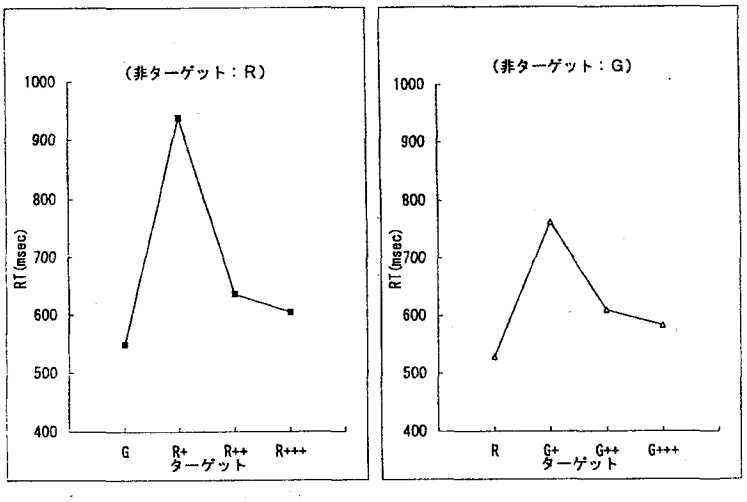

図２ 【ターゲット検出における輝度差と色相差】

られる．色相の違いに基づく検出が常に速く，また，輝度の違いに基づく検出においては，非ターゲットとターゲットとの輝度コントラストが大きくなると検出が急速に速くなり，色相の違いに基づく検出速度に近づくことが示される．統計的には，色相コントラストに基づく検出（非ターゲットR-ターゲットG，および，非ターゲットG-ターゲットR）と，輝度コントラストが最大の時の検出速度(非ターゲットR-ターゲットR+++，非ターゲットG-ターゲットG+++）との間で有意差がみられなかった．これらより，色光の検出においては，色相の働きが有効であり，本実験で用いられた反対色の色相コントラストに相当する働きを輝度によってもたらすためには輝度コントラストが数倍以上でなければならないことが示される．

4 実験2

実験2では，実験1の妥当性を検討した．実験1では，ターゲット検出における，非ターゲットとターゲットとの関係を調べたが，ターゲットの色属性が単独でこの結果に作用している可能性が残る．すなわち，実験1に用いられた8種の色光同士で，背景（黒）からの検出のされやすさに違いがある可能性である．この実験2では，実験1の結果が実際に非ターゲットとターゲットとの関係によるものであり，ターゲット単独の検出のされやすさやターゲットそのものの見やすさによるものではないこと，を検証する．実験は，実験1における18箇所の色光呈示位置のうちの1個所に8種類（表1）の色光のいずれかを呈示する単独呈示課題と，画面中央にこの8種類の色光のいずれかを呈示する中央単独呈示課題の2課題からなるものであった．もし，単独呈示課題において色光間で反応時間に差があるならば，検出されやすさにおいて違いが生じていることになる．また，中央単独呈示課題において反応時間に差があるならば，色光そのものの見やすさに違いが生じていることになる．

4．1 方法

【被験者】 実験1と同一の16名について実験を行った．この16名の被験者は，単独呈示課題（実験2－A），中央単独呈示課題（実験2－B）の両方の課題を行なった．

【刺激：単独呈示課題】 図3に示すように，実験1の刺激事態から非ターゲットを除きターゲットのみを単独で呈示する刺激パター

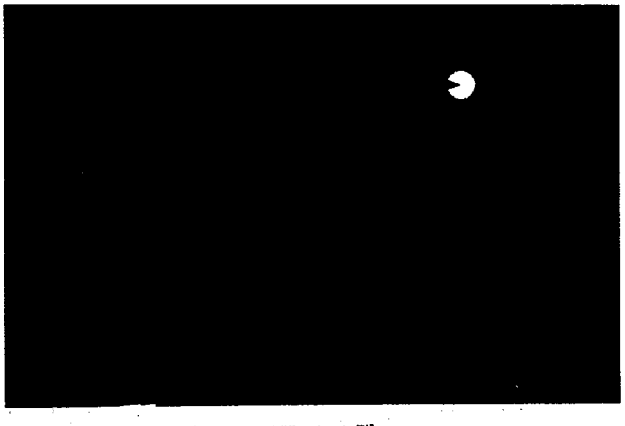

図3 【実験2－Aで用いた刺激パターン例】
実験1で用いた刺激パターンのうち、ターゲットを単独で呈示するものである。呈示位置は、実験1のパターンで用いられた18箇所のいずれかであ

ンを用いた．すなわち，実験１で用いられた８種のターゲット（R，G+，G++，G++，G，R+，R++，R+++）を単独呈示した．呈示位置は，実験１において非ターゲット，ターゲットが呈示された１８箇所のいずれかの位置であった．

【刺激：中央単独呈示課題】刺激は，単独呈示課題において，ターゲットの呈示位置を中央にしたものであった．すなわち，実験１で用いられた８種のターゲット（R，G+，G++，G++，G，R+，R++，R+++）を単独で中央に呈示するものであった．

【手続き】 単独呈示課題，中央単独呈示課題は独立に行われたが，手続きは同一であった．被験者の課題が，複数の色光からターゲットを検出するのではなく，単独で呈示されるターゲットを検出すること以外は，反応法，記録法，注視点の条件については実験１と同一であった．すなわち被験者は，呈示された色パッチに対して，それが左向き（円弧の左が欠けたもの）か右向き（円弧の右が欠けたもの）かを，できるだけ速く正確に，反応キーを押すことにより答えるよう要求された．

両課題において，各被験者に対し，１６の条件（刺激パターン８×反応肢２）についてそれぞれ１８試行の計２８８試行の測定を行った．被験者の反応後２秒間のブランクを置いて次の試行が行われた．３２試行ごとに中断し，被験者が十分休憩をとった後再開された．また，本試行に先だって，３０試行の練習が行われた．被験者の眼から，ＣＲＴ中央までの距離（視距離）は７０ｃｍであった．両眼視により行われた．

４．２ 結果

実験１と全く同様に，前処理としてとして誤反応，各被験者各条件における平均値から３ＳＤを越えるデータを除いたのち，各被験者，各条件における平均値を求め基礎データとした．また，色覚異常のあった２名の被験者は除外した．

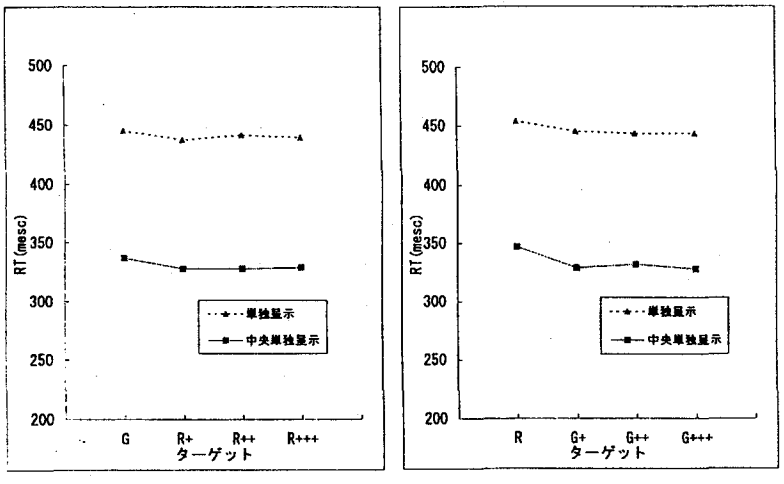

図４ 【単独呈示における反応時間】

図４は，単独呈示課題および中央単独呈示課題で求められた基礎データについて，各条件における平均値を示したものである．いずれの課題においても，反応時間がターゲット種によってほとんど差がないことが示されるが，統計的にはターゲットＲ，Ｇとそ

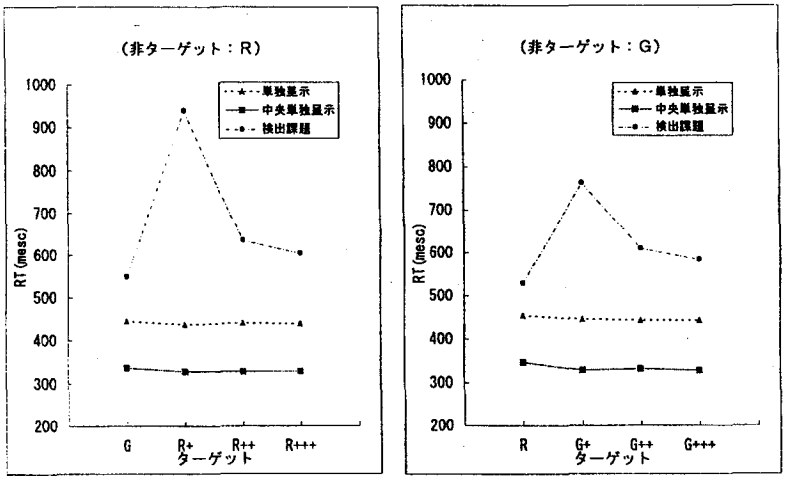

図5　【単独提示と検出課題の比較】

の他の6条件との間で有意差がみられた．

図5は，実験1の結果と実験2の結果を重ね合わせたものである．上述のように，実験2において一部他の刺激と有意差のあるものがみられたが，図5において実験1と実験2の反応時間の変動の大きさを比較すると，実験1において現れた効果はターゲット単独での検出されやすさや見やすさの効果ではなく，主にターゲットと非ターゲットの相対的関係による効果と考えられる．

4．3 実験1及び2についての色覚異常者と正常者との比較

図6は実験1について，色覚異常者も含めて，各被験者の各条件における反応時間の平均を示したものである．異常者は正常者とは明らかに異なる傾向を有することが示された．異常者の色相コントラストに基づく検出は正常者よりもかなり遅いことが示された．一方，輝度コントラストに基づく検出では異常者と正常者との間に明確な違いはみられなかった．なお，用いた刺激の色属性と色覚異常者と正常者との反応の違いから見て，2名は第2色覚異常であると考えられる．

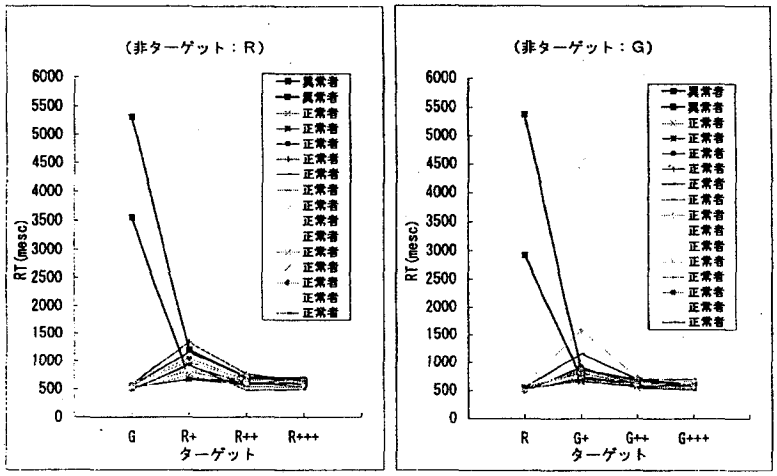

図6　【色覚異常者の特性（検出課題）】

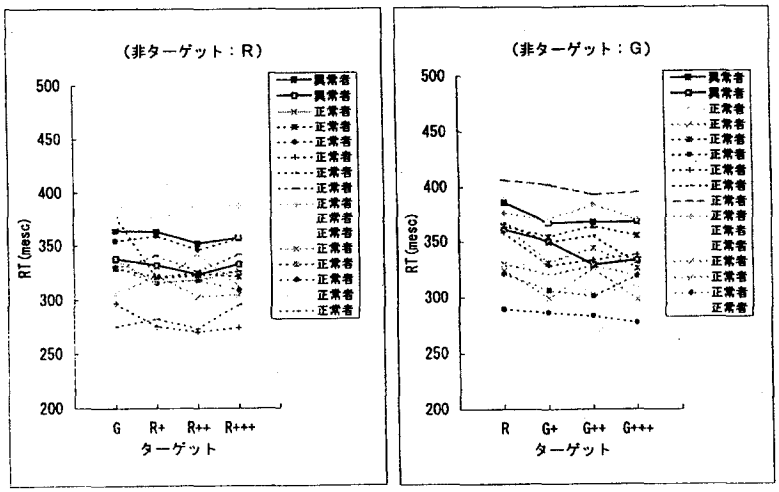

図7　【色覚異常者の特性（中央呈示）】

図7は，実験2の中央単独呈示課題について，異常者も含めて，各被験者の各条件における反応時間の平均を示したものである．これによれば，刺激の色相にかかわらず正常者と異なる傾向がないことが示される．

以上の結果により，輝度のみに基づいた検出，および単独刺激の検出においては刺激の色相によらず，色覚異常者と正常者には違いがないと結論づけられる．すなわち，色相に基づいた情報が課題に関係しない事態においては，色光刺激に対して色覚異常者は正常者と異ならないパフォーマンスを示すといえる．

5 実験3

実験3では，実験1の実験事態にさらに，ターゲットの色相と輝度の両方が非ターゲットと異なる条件を加え，ターゲット検出における色相と輝度の情報の結合効果を調べた．

5．1 方法

【被験者】 被験者として大学生及び大学院生１５名が実験に参加した．年齢は，２１才から２６才であった．１５名のうち，２名は色覚異常であったが，この２名は，実験１および実験２に参加した被験者であった．

【刺激】 ターゲットが非ターゲットと，色相と輝度の両方が異なる刺激パターンが加わること以外は，実験１と全く同一であった．実験１で用いた８種の色光（表１）を用いて，非ターゲット，ターゲットの組合せとして以下の１４種の刺激パターンを用意した．非ターゲットとしてＲ及びＧを用いた．非ターゲットＲにはＧ，Ｒ+，Ｒ++，Ｒ+++，Ｇ+，Ｇ++，Ｇ+++の７種をターゲットとし，非ターゲットＧにはＲ，Ｇ+，Ｇ++，Ｇ+++，Ｒ+，Ｒ++，Ｒ+++の７種をターゲットとするもので，刺激パターンは計１４種であった．

これらは，ターゲットが非ターゲットに対して等輝度で色相のみ異なるパターン，ターゲットが非ターゲットに対して等色相で輝度のみが異なるパターン，および，ターゲットが非ターゲットに対して，色相と輝度の両方が異なるパターンを構成するものであった．

【手続き】 刺激パターンが１４種に増える以外は，刺激の呈示法，被験者の反応法，被験者の反応の記録法は実験１と全く同一であった．

各被験者について，２８の条件（刺激パターン１４×反応肢２）についてそれぞれ１８試行の計５０４試行の測定を行った．被験者の反応後連続的に次の試行が行われた．５６試行ごとに中断し，被験者が十分休憩をとった後再開された．また，本試行に先だって，３０試行の練習が行われた．被験者の眼から，ＣＲＴ中央までの距離（視距離）は７０ｃｍであった．両眼視により行われた．

5．2 結果

実験１と全く同様に，前処理としてとして誤反応，各被験者各条件における平均値から３ＳＤを越えるデータを除いた．

図８は，刺激パターンごとの，反応時間の全被験者平均である(ただし，色覚異常者２名は含まれていない)．輝度コントラストが不十分であっても色相の違いが加われば反応時間が短くなり，色相の違いによる検出の速度に近づくことが示される．しかし，その場合も統計的には色相のみによる検出の以上に反応時間が速くなることは示されず，

色相と輝度の結合効果はこの結果による限り見出されなかった.

5．3 実験3についての色覚異常者と正常者の比較

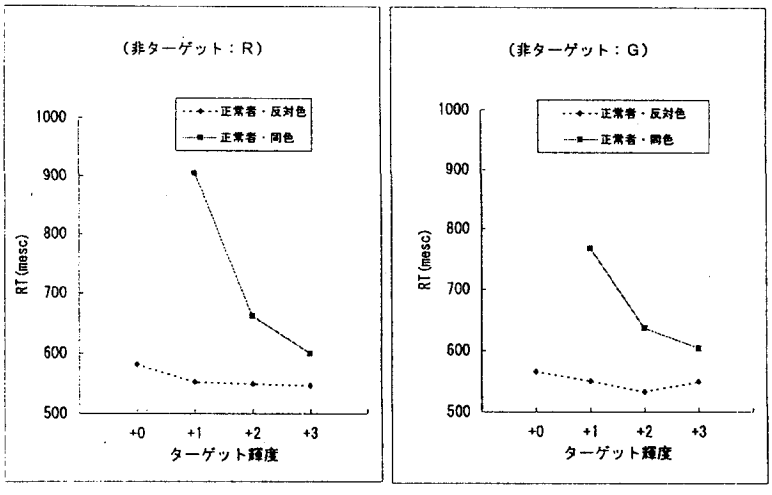

図8 【色相と輝度の加算の効果】

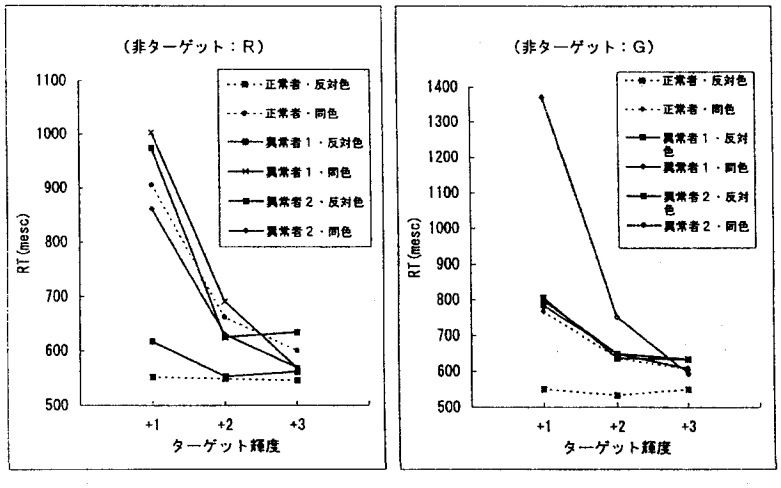

図9 【色覚異常者の加算の効果】

図9は，色覚異常者2名の実験3における各条件の平均値を図8（全被験者の平均）に重ねたものである．色覚異常者は，輝度コントラストが不十分な場合には，正常者のように色相コントラストを加える効果はないことが示される．しかし，正常者においても輝度コントラストと色相コントラストの結合の効果がないのであるから，輝度コントラストが十分であれば，異常者は正常者と同等のパフォーマンスを示すものと考えられる．

6 実験 4

実験４は，刺激の呈示位置，刺激の複雑さの条件を変化させ，実験１～３において示されたことが，一般性をもつものか，あるいは，それらの条件により色相と輝度の効果の方向が変化するかどうかを調べることを目的とするものであった．具体的には，１）色属性，２）パターンの複雑さ，３）ターゲット位置を操作変数とし，それらがターゲット検出に及ぼす効果と相互作用について調べた．

６．１ 方法

【被験者】 被験者として，大学生及び大学院生８名が実験に参加した．年齢は，２１才から２４才であった．すべての被験者は，色覚正常者であった．すべての被験者が２つの課題（低複雑性課題，高複雑性課題）を行なった．

【低複雑性課題の刺激】 刺激として，図１０に示すような格子状に配置される３５個の楕円からなる刺激パターンを用いた．楕円のサイズは縦径が視角１．９°，横径が１．７°であった．また，３５箇所の刺激要素は，仮想的な７×５の格子点上に配置されたが，格子点同士の距離は，縦方向に４１ｍｍ，横方向に３７ｍｍであった．

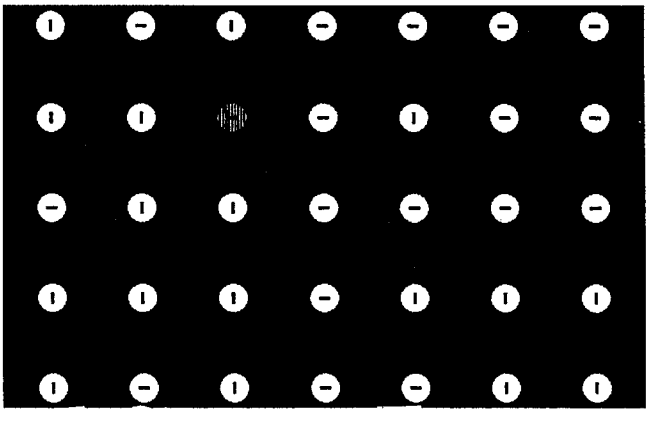

図１０　【実験４で用いた刺激パターン例（低複雑性課題）】
黒の背景に格子状に配置される３５個の円（色光）からなる。１個だけ（ターゲット）が他の３４個（非ターゲット）と、色相または輝度またはその両方が異なる。各刺激要素の中央に縦または横の線分（黒）が描かれている。

【高複雑性課題の刺激】 刺激として，図１１に示すような，楕円と長方形が半数ずつランダムに配置される３５個の図形からなる刺激パターンを用いた．ダミー刺激のターゲットには長方形も含まれるが，分析には楕円ターゲットのデータのみを用いた．楕円のサイズは縦径が視角１．９°，

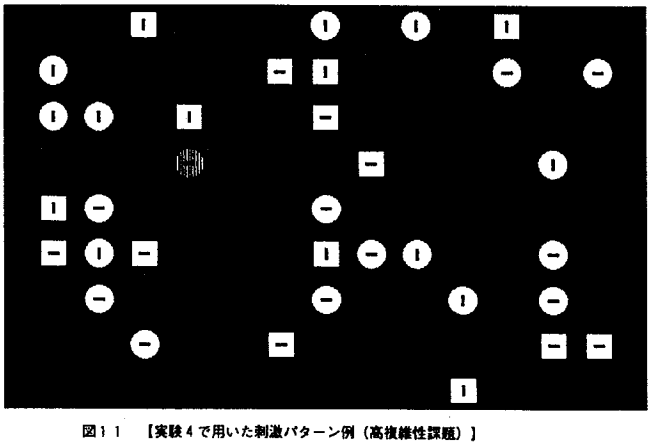

図１１　【実験４で用いた刺激パターン例（高複雑性課題）】
黒の背景にランダムに配置される３５個の円と正方形（色光）からなる。その他の構成は低複雑性課題と同一である。

横径が１．７°，長方形のサイズは縦に視角１．６°，横に１．５°であった．また，３５箇所の刺激要素の位置は，仮想的な１３×９の格子点からランダムに選ばれたが，格子点同士の距離は縦方向に２３mm，横方向に２１mmであった．

【両課題に共通の刺激内容】 ３５個の刺激要素（楕円又は長方形）のそれぞれは一様な色で塗られていた．３５個のうちの３４個（非ターゲット）は互いに等色（等色相，等輝度）であり，残りの，１個（ターゲット）だけが色相，または輝度，またはその両方が非ターゲットと異なるものであった．刺激要素の中央は縦又は横の線分により中抜きされてあった．

本実験では，１）非ターゲットの色属性，２）ターゲット種（非ターゲットとターゲットとの色属性の関係），３）ターゲットの呈示位置を操作変数とした．ターゲットの位置はランダムに変化させた．

ターゲット，非ターゲットとして４種の色光（ＬＲ，ＨＲ，ＬＧ，ＨＧ）を用いた．ここで，ＬＲ，ＨＲ，ＬＧ，ＨＧはそれぞれ実験１において用いたＲ，Ｒ+++，Ｇ，Ｇ+++（表１参照）にあたるものであり，実験１の結果より，これらの組合せによる，刺激パターンは，ターゲットの検出における色相コントラストと輝度コントラストの効果が等価であるとみなすものとした．なお，刺激パターンの背景部分，および楕円内の中抜き部分は黒（輝度０）であった．

上記の４種の色光を用いて，非ターゲット，ターゲットの組合せとして以下の６種の刺激パターンを用意した．非ターゲットにはＬＲ及びＬＧが用いられた．非ターゲットＬＲには，ＨＲ，ＬＧ，ＨＧの３種のターゲット，非ターゲットＬＧには，ＨＧ，ＬＲ，ＨＲの３種のターゲットが用いられた．これらは，ターゲットが非ターゲットに対して等輝度で色相のみ異なるパターン，ターゲットが非ターゲットに対して等色相で輝度が異なるパターン，および，ターゲットが非ターゲットに対して，色相と輝度の両方が異なるパターンを構成するものであった．

ターゲットの呈示位置についてであるが，ターゲットは３５ヶ所のすべての位置に呈示されたが，分析の対象になるのはそのうち，ターゲットが，注視点（画面中央）の水平線上の，注視点からの視角が，左右に１６°，１１°，５．４°，及び０°（注視点上）の７箇所のものであり，他の位置に呈示されるターゲットはダミー刺激として扱った．

【手続き】 低複雑性課題，高複雑性課題は独立に行われたが，手続きは両課題において共通であった．まず，ＣＲＴ画面の中央に，注視点が呈示された（×印）．２秒間の注視点の呈示後，６種の刺激パターンのうちの１つが呈示された．被験者は，１個だけ異なる刺激（ターゲット）を検出し，ターゲット内の中抜きの線分が縦か横かを，できるだけ速く正確に，右手の人指し指と中指により反応キーを押すことにより答えるよう要求された．線分の方向と反応肢の対応は，カウンターバランスするよう設定した．刺激が呈示されてから被験者が反応キーを押すまでの時間（反応時間），及び被験者の反

応肢がコンピュータの制御によって記録された．

各被験者について，４２の条件（非ターゲット種２×ターゲット種３×呈示位置７）についてそれぞれ１０試行の計４２０試行，及び，２３０試行のダミー刺激（７箇所以外の位置に呈示）の計６５０試行を行なった．被験者の反応後連続的に次の試行が行われた．５０試行ごとに中断し，被験者が十分休憩をとった後再開された．また，本試行に先だって，３０試行の練習が行われた．

被験者の眼から，ＣＲＴ中央までの距離（視距離）は４３ｃｍであった．右目による単眼視（左眼は眼帯により遮断）により行われた．

６．２ 結果

前処理として誤反応ははぶいたのち，極端値が散在するため，各被験者各条件におけるメジアンをとって基礎データとした．また，ターゲットの呈示位置が右１６度のデータは他の条件のデータとの分布がまったく異なった（反応時間が長くかつ分散が大きい）ため，分析から除外した．右１６°のデータが特異であるのはちょうど盲点に対応する位置であるからであると考えられる．

刺激の色属性については実験１のデータをもとに，非ターゲットがＲである場合とＧである場合とがなるべく等価であるように選択したが，完全な等価性は保証されないので，非ターゲットがＲである場合とＧである場合を分けて，それぞれに

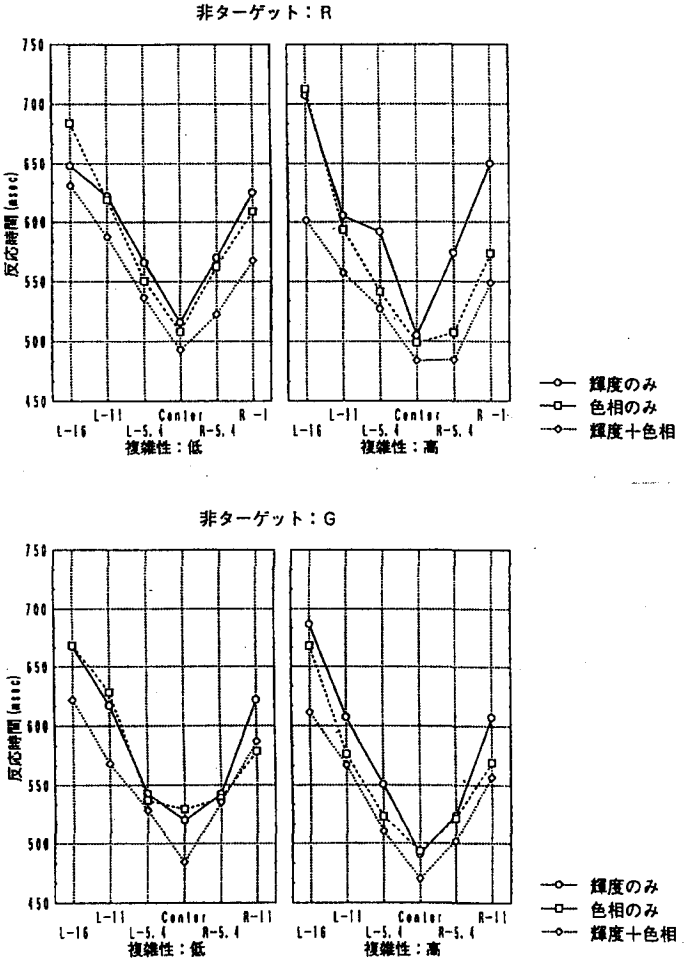

図１２　［ターゲット検出における色属性、網膜位置、刺激の複雑性の効果］
各グラフの横軸は網膜位置を示す。Ｌは左、Ｒは右、数字は凝視点（画面中央）からの視角である。

おいて，ターゲット種，複雑性，呈示位置の効果とその相互作用を調べた．

図１２は，刺激パターンごとの，反応時間の全被験者平均である(上段が非ターゲットがＲの場合，下段が非ターゲットがＧの場合)．まず，呈示位置の効果についてであるが，非ターゲットとターゲットとの関係，パターンの複雑性のいかんにかかわらず，周辺視野にターゲットが呈示される程反応時間が長いことが示される．注視点からの視線の移動時間がその主な要因と考えられ，検出されやすさという点ではここに現われている効果が単独で意味を有するものではない．

次に，ターゲット種の効果についてであるが，色相のみの場合と輝度のみの場合との間には，明確な違いがみられなかった．全体的に輝度のみの条件の方が，色相のみの条件に比べて反応時間が短いが，パターンの複雑性やターゲット呈示位置の影響に関しては，傾向に違いが示されない．すなわち，この実験において操作した変数に関しては，色相と輝度で働きの違いがみられないということである．一方，色相と輝度の結合効果については特徴的な結果が得られている．低複雑性課題において，また，高複雑性課題の中心視野においては結合の効果がわずかであるが，非ターゲットがＲである場合もＧである場合も高複雑性課題の周辺視野条件において結合効果が大きくなっている．この結果は，複雑な状況において広い視野の中から色光ターゲットを検出しやすくするためには，色相と輝度の変化を組み合わせるのが効果的であることを示唆するものである．

7 まとめ及び結論

本研究は，複数の視覚的対象の中から，色相または輝度の情報に基づいてターゲットを検出するという課題における反応時間を測定し，色相情報，輝度情報の働きおよびその相互作用について考察することを目的とするものであった．

実験１では，ターゲットと非ターゲットが色相又は輝度のみにおいて異なる刺激を用い，ターゲットと非ターゲットの色相コントラスト又は輝度コントラストを操作変数とし，両属性の検出における有効性を比較した．結果は，色相の違いに基づく検出が常に速く，また，輝度の違いに基づく検出においては，非ターゲットとターゲットとの輝度コントラストが大きくなると検出が急速に速くなり，色相の違いに基づく検出速度に近づくことが示された．色光の検出においては，色相の働きが有効であり，反対色の色相コントラストに相当する働きを輝度によってもたらすためには輝度コントラストが数倍以上でなければならないことが示された．実験２では，実験１の結果がターゲット-非ターゲット間のコントラストではなく背景とターゲットとのコントラストによるターゲット単独での検出のされやすさや見やすさに基づいている可能性を否定することを目的として，ターゲットが単独で呈示されたときの検出速度を測定した．反応時間はターゲット種によって有意差が認められたが実験２の反応時間の変動の大きさは実験１のそれに対して非常に小さいものであり，実験１において現れた効果はターゲット単独での検出

されやすさや見やすさの効果ではなく，主にターゲットと非ターゲットの相対的関係による効果と考えられる．実験１と２の結果は，ターゲット検出において，色相が有効な働きをもっていることを示すものである．実験は極めて単純な事態を扱ったものであるが，このような事態に相当する実際場面においても，色相が信号，標識などに一般に用いられることは妥当であると考えられる．

実験３では，色相と輝度の情報の両方が同時にターゲット検出のための指標となるような事態を設定し，色相と輝度の情報の結合効果を調べた．輝度コントラストが不十分であっても色相の違いが加われば反応時間が短くなり，色相の違いによる検出の速度に近づくことが示されたが，その場合も色相のみによる検出の以上に反応時間が速くなることは示されず，色相と輝度の結合効果は見出されなかった．すなわち，輝度の情報を加えても，色相のみによる検出以上には速くならないということである．実験３は実験１と同様の単純な課題設定であったが，ここにおいても，単純な事態においては色相情報が効果的であることが示されている．

実験１～３では，色覚異常者２名についても調べたが，予想される通り，色相のみによる情報では，正常者に比べて検出が相当に遅くなることが示された．しかし，一方，ターゲットが単独で呈示される場合，および，輝度の情報が十分である場合は，色光をターゲットとして用いても正常者と異なる反応を示すことはなかった．色覚異常者が利用する可能性のある信号，標識においては，色相によるコードとともに輝度によるコードも合わせて用いることが有効であると考えられる．

実験４では，さらに刺激パターンの複雑性，ターゲットの呈示位置（ターゲットの視野位置）を操作変数に加え，色相，輝度のコントラストの効果及びその結合効果が刺激の複雑性や視野位置によってどのように変化するかを調べた．ターゲットの呈示位置，パターンの複雑性がターゲットの検出に及ぼす効果は，色相の処理と輝度の処理とでは違いがないことが示された．先行研究において示されている基礎レベルにおける色相と輝度の処理の特性の違いは，本実験で用いた課題状況においては示されなかった．この結果が高次の処理にかかわるものであることに原因があるのか，変数操作に不十分な点があるのかはさらなる検証が必要である．色相と輝度の違いは確認されなかったが，色相と輝度の結合効果については，刺激パターンが複雑で周辺視野でターゲットを検出する事態において結合効果が大きいことが示された．すなわち，刺激パターンが複雑でかつ周辺視野条件においては両属性を結合することによって反応時間が短くなることが示された．この結果は，複雑な状況において広い視野の中から色光ターゲットを検出しやすくするためには，色相と輝度の変化を組み合わせるのが効果的であることを示唆するものである．一般に信号，標識等が，複雑な状況下で，しかも周辺視野で処理すべき場面は多く，このような場面においては，色相情報と輝度情報を適切に組合せて用いるのが効果的であるといえるであろう．

本研究で得られた結果は，極めて限定された状況のもとでのものであり，ここで示唆

されたことをより確実な知識とし，現実場面に適用するためには，さらに詳細なデータを得なければならない．

注

本研究は㈱原子力安全システム研究所・社会システム研究所が1994～1996年に開催した色彩の心理学に関するワークショップの一部として遂行された。

引用文献

Ahn, A. J., & MacLeod, D. J. A. (1993) Link-specific Adaptation in the luminance and Chromatic channels. *Vision Research,* 33, 2271-2286.

Cavanagh, P. (1993) Attention-based motion perception. *Science*, 257, 1563-1565.

Culham, J. C.., & Cavanagh, P. (1994) Motion capture of luminance stimuli by equiluminous color gratings and by attentive tracking. *Vision Research*, 34, 2701-2706.

Derrington, A. M., & Badlock, D.R. (1985) The low-level motion system has both chromatic and luminance input. *Vision Research*, 25, 1879-1884.

Green, G. A., & Fast, M. B. (1971) On the appearance of Mach Bands in gratings of Varying color. *Vision Research,* 11, 1147-1155.

MacLeod, D. I. A. (1978) Visual sensitivity. Annual Review of Psychology, 29, 613-645.

Mollon, J. D. (1982) Color vision *Annual Review of Psychology*, 33, 41-85.

Webster, W. R., Day, R.H., & Cassel, J. F. (1992) Two Movement Aftereffects: Evidence for luminance- and color- movement pathways. *Vision Research*, 11, 2187-218.

Roles of hue contrast and luminance contrast in detection of colored lights

Yoshiaki Nakajima and Satoru Kawamura

The purpose of this study was to investigate the roles of hue and luminance , and their interaction in detection of colored lights. For the purpose, a reaction time of a task in which the subject detected a target among nontargets based on hue or luminance contrasent 2 was significantly smaller than that in Experiment 1. This indicates that the effect found in Experiment 1 was based not on the detectability or visibility of the individual target but on the relationship between the target and the nontargets.

Experiment 3 investigated the effect of the combination of hue and luminance by using the condition in which hue contrast and luminance contrast could be simultaneously available as a cue for detection It was found that, even if luminance contrast was insufficient, by adding hue contrast to luminance contrast, the reaction time was shortened and drew near the reaction time in detection by only hue contrast. However, even in this case, the reaction times in detection by the combination did not become shorter than the reaction times in detection by only hue contrast. This suggests that the combination of hue and luminance does not fasten the detection of lights compared with the condition in which there is only hue or luminance contrast. Both Experiments 1 and 3 show that hue contrast is effective for detection of lights at least in simple situation like these experiments.

In Experiments 1, 2, and 3, two subjects with abnormal color vision also participated in the tasks. As expected, the detection based on only hue by the subjects with abnormal color vision was slower than the detection by the subjects with normal color vision. On the contrary, when the target was presented individually or when the luminance contrast was not sufficient, colored lights were detected as fast by the subject with abnormal color vision as by the subjects with normal color vision.

In Experiment 4, the complexity of the stimulus pattern and the eccentricity of the target were added as the manipulated variables. The effect of both the eccentricity and the complexity of stimulus pattern on detection did not differ between in hue processing and in luminance processing. In contrast, as to the effect of the combination of hue and luminance, the effect of the combination became larger when the stimulus pattern was complex and the target was detected in the peripheral vision. This suggests that the combination of hue information and luminance information is efficient when a colored light target is detected from a wide visual field in a complex situation

Because the result of this study was obtained only in highly limited conditions, it is necessary to obtain further detailed data in order to confirm the implication of this study and to apply it to actual situations.