

色情報の活用と有効性

石田 泰一郎

今日の社会、特に都市で活動する人間の周囲には多様で大量の情報が溢れている。街路、駅、地下街、役所、工場、デパート、オフィス、そして自宅においてさえ、およそいたるところで様々な視覚表示が目にはいる。われわれの活動は、生活環境に満ちているこのような情報を整理し、必要に応じた情報の選択や抽出を行うことなしには成り立たないと言ってもよい。したがって、こういった行動を人間が自然に確実に行えるように環境を整えることが、われわれの生活の快適さや安全性を高めることになる。

そのための手段のひとつとして色が活用されている。色という人間の感覚の属性を標識などの情報媒体に付加することによって、それらを分類したり、特定の要素を目立たせたり、さらには付加された色自体に情報を担わせることもできる。交通信号、案内標識、色による分類やラベリング、色による領域の区分、操作スイッチや画面における色使い、配管や配線の色などがその例である。このように、今日の社会にあっては、色は視覚的な探索、分類、同定といった行動を助ける符号的な情報として広く活用されている。本稿ではこのような目的で使用される色を色情報と呼ぶことにする。

この色情報を有効に活用するためには、人間の色覚特性はもちろん、視覚的探索や分類を行う際の特性をよく理解し、それらを考慮した設計が必要である。本稿では、このような色情報を適正に活用するために考慮すべき人間の色覚、視覚特性について解説を試みる。

1. 色情報の有効性

色情報が視覚的探索や分類といった作業の手がかりとして広く活用されているのは、色という属性がそれに対してきわめて有効であるからに他ならない。つまり、色という属性を手がかりとして用いると、明るさ、大きさ、形、記号、文字といった属性を使用するよりも、視覚的探索や分類作業をより効率的に行うことができるのである¹⁾。では、なぜ色がそういった用途に有効であるのか、その理由を人間の視覚特性との関連で考えてみたい。

一般に視覚的探索や分類作業の有効な符号となるためには、その属性が次のような性質を満たす必要があると思われる。まず、(1)人間が、その符号を瞬時に質的に異なったクラスに区分して認識可能であること。さらに、(2)その符号を広い視野範囲にわたって認知可能であること。これらの性質によって、広い視野からある特定の特徴に着目した探索が可能となる。

まず、(1)の性質の必要性は自明といってもよい。多くの要素を分類する場合や、ある要素を特定する場合に用いる手がかりは、質的、絶対的に区別されて認識されなくてはならない。大きさや明るさはどうだろう。それらを変化させることによって、確かにいくつかの段階を設けることはできるが、大きいか小さいか、あるいは明るいか暗いかは、比較の問題であり相対的にしか決定できない。つまり、その変化は基本的に連続であり、ある境界を挟んで質的に異なったものとして認識されることはない。一方、色は(1)の性質を満たしている。色の見えは明度(明るさ)、彩度、色相が局所的には連続的に変化するが、ある程度離散的に色を選択した場合、それらの見えは質的に異なったクラスに属するものとして区

京都大学大学院工学研究科生活空間学専攻(〒606-01 京都市左京区吉田本町)
E-mail: ishida@archi.kyoto-u.ac.jp

別することが可能である。例えば、赤、黄、緑、青のように、さらに、カテゴリカル基本色^{2,3)}といわれる色については、色の見えが11の領域に分割されており、その領域は個人間でもかなりの一致をみる。また、その領域を表す色名があり、その対応関係が多くの言語において一貫していることがわかっている。すなわち人間は、互いに混同されることのないカテゴリーに分割された色を認識しているのである。これらの色が探索や分類の手がかりとして望ましい性質を備えていることは明らかである。

(2)の要件は広い視野内から瞬時にある特徴に着目するために必要となる。質的に区分できる特徴であっても、それが視点を中心としたごく狭い範囲でしか識別できないものであれば、視覚的な探索の手がかりとしては役に立たない。形や記号、文字といった属性はどうだろう。これらは質的に異なる特徴を有している。ただし、これらの認識は空間的なパターンの解像度に依存するため、周辺視野での識別性は著しく低下すると思われる。なぜならば、人間の視覚の空間解像度(視力)は網膜中心部が特に優れているが、少し視線からはずれると解像度は著しく低下するからである。色はどうか。色の見えを周辺視野で測定すると、確かに色みの低下や色相の変化が見られる⁴⁻⁶⁾。ただし、その低下の程度は視力に比べてと穏やかであり、特に、大きな刺激サイズであれば周辺視でも色の認識は可能である⁶⁾。さらに色情報ということであれば、色の見えが多少劣化しても、もともとの色として同定できれば有効である。このことに関して、視角4°の色刺激を周辺視野でカテゴリカルカラーネーミングした研究で、周辺70°の位置においても中心で見た場合とほぼ同様の結果が報告されている⁷⁾。つまり色は、かなり広範囲の視野にわたって、その認識・同定が可能であるといえる。

さらに、色の有利な点をひとつ付け加えるならば、色は物体表面の性質、あるいは光の性質として認識される属性であるので、対象物の形状や大きさといったデザインの変更を施すことなしに、その一部、あるいは全体に色だけを付加することができることが挙げられるだろう。

さて、このように探索、分類、同定といった行為の手がかりとして有利な性質をもち、実際に広く活用されている色情報であるが、その有効性はもちろん無条件に保証されるものではない。色情報が有効であるためには、まず第1に、それが意図された色として観察者に正しく認識されることが必要である。緑と意図された色が青と

認識されたり、黄色がオレンジに認識されたりすればかえって混乱が生じるだろう。色の見えは様々な条件によって影響を受けるが、特に照度レベルによる影響が大きい。よって、色情報の有効活用のためには、様々な照度レベルにおける人間の色認識の特性を知り、利用が想定される光環境に応じた適正な色の選択が必要である。また、色情報の有効性を確保するための第2の条件として、目標となる色情報が容易に分離、あるいは検出されることが必要である。色情報として無計画に多数の色を使用したり、周囲に無秩序に色が存在していれば、必要な情報の検出は困難となるだろう。

以下、照度レベルと色の見えの問題、色情報の色選択と周囲の色彩環境の問題について順に述べる。

2. 照度レベルと色情報

2.1 照度レベルと色の見え

照度レベルは色の見えに大きく影響する。照度が高いときには鮮やかに見えた色でも、照度が低くなると色みが低下し、明暗だけの見えに近づいていく。また各色の相対的な明るさも変化し、明るい環境で明るく見えた赤は暗い環境では暗い色となり、青系の色のほうが明るく見えてくる(プルキンエ現象)。これらの色の見えの変化は、光環境の変化に伴う錐体系から桿体系への移行に起因する現象である。照度によって色の見えは変化するので、明るい環境で有効であった色情報が低い照度の下でも有効であるとはかぎらない。系統的に塗り分けられた配管や配線であっても、暗い環境に設置されたならば、その色情報は意味をなさないだろう。

低照度レベルでの表面色の見えに関しては、これまでも様々な研究がなされている。例えば、低照度での表面色の見えがカラーネーミング法⁸⁾や両眼隔壁等色法⁹⁾によって測定されており、知覚される色相の変化などが検討されている。また、様々な照度レベルでの表面色の明るさの変化^{10,11)}や目立ちの変化¹²⁾も調べられている。CRT上に色刺激を呈示しカテゴリカルカラーネーミングを行った実験では、特に周辺刺激を呈示した場合(物体色モードに見えやすい)に、輝度の変化に伴って色の見えのカテゴリーが変化することが示されている¹³⁾。

2.2 照度レベルと色の同定

色情報として色を活用する際に必要な知識としては、ある色の見えそのものよりも、各照度レベルでどのような色として認識されるか、すなわち色の同定特性がより重要であると思われる。そこで各照度レベルでの色の同定特性を評価した筆者らの研究を紹介する¹⁴⁾。実験で

は、ある照度の下で、被験者にあらかじめ探すべき色（ターゲット色）を色名で指定しておき、複数の色を含む多数の色票を呈示する。被験者はそのなかから指定された色を特定する。このとき、観察者は色名とそれによって想起される色だけを手がかりに、色票を取り上げることになる。照度レベルが高いときには、この作業は容易であるが、照度を段階的に低くしていくと、いずれかの段階で被験者は指定された色と他の色票を混同したり、指定された色の色票を取り残すケースが生じる。

この実験で採用した色票は、赤、黄、緑、青とその中間の色、橙、黄緑、青緑、紫の計8色を選択した。実際に選択したマンセル色票の記号は図1の凡例に示す。一度に配置される色票は20枚であり、含まれる色は上記8色の他にN4とN6のグレー色票の計10色である。

図1はこのようにして求めた各ターゲット色ごとの正答率（正答試行数を全試行数で割った値）を示す。ここで正答試行とは、指示されたターゲット色のみを過不足なく取り上げた場合を意味する。100 lxにおいてはすべてのターゲット色の正答率は1.0であり、8色のサンプル色は十分明るい環境下においては、それぞれ正しく同定されている。照度が低下してくると正答率は著しく低下する。ただし、正答率の低下の特性は色によって異なっている。緑から青の系統の色は1 lxから正答率の低下が始まり、0.1 lxにおいては正しく同定することがほとんど不可能である。一方、赤から黄色の系統の色は、0.1 lxであってもほとんど誤答試行が発生せず、0.03 lxに至ってようやく正答率の大きな低下が見られる。

誤答試行を分析してみると、緑から青系統の場合は1 lxから相互の混同がかなりの頻度で発生しており、この照度では各色が類似した見えとなっていることが示唆される。これは追加実験のカラーネーミングの結果にも示されており、照度の低下に伴って、緑、青緑、青の色

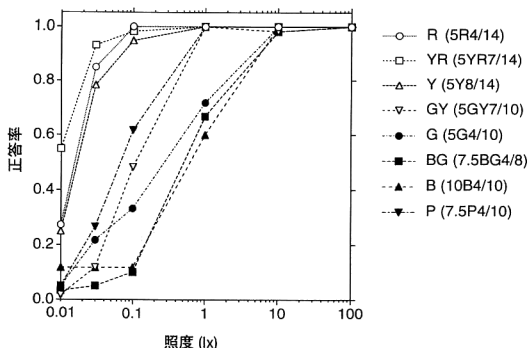


図1 照度レベルと色同定の正答率（被験者4名）。

票の見えは色みの減少と共に、色みの構成比に変化が生じ、知覚される色相の上での質的な区別がなくなっている。このような傾向は以前の研究によっても得られている^{8,9)}。一方、赤、橙、黄については照度低下に伴って色み成分の低下が生じるが、0.1 lxであっても各色相を特定づける色みの構成は維持されており、色相の区別が可能だったと思われる。

ただし、この研究で使用した色は限られており、今後、系統的な研究によって、照度レベルと色の同定特性のデータを蓄積していく必要があるだろう。また、この問題は現在、国際照明委員会で調査課題となっている。

3. 色情報の色選択と周囲の色彩環境

3.1 色情報の色選択

色情報がわれわれに効率よく確実に情報を伝達するためには、そこで使用された色とその組合せが、人間の視覚探索や分類の特性に適合していなくてはならない。

人間の視覚探索の特性として、並列的な処理と継時的な処理がある¹⁵⁾。並列的な処理とは広い視野内からターゲットが瞬時に、また容易に認知される（ポップアウトする）場合であり、視野内の要素数を増やしてもターゲットの検出時間はほとんど増大しない。それに対して、継時的な処理とは、視野内のターゲットを検出するために、視点移動を伴った能動的で継時的な探索処理が必要となる場合であり、視野内の要素数の増大に伴って検出時間も増大する。

色による視覚的探索課題は、色だけの属性でターゲットと他の要素が区別された場合には、並列的な処理となり得る。黒い基石の中に白い基石が混じっていたとしても、それは瞬時に発見できるのである。しかし、これにも適応限界はあり、Nagyの研究¹⁶⁾によれば、ターゲットと他の要素の色差が小さい場合には、ターゲットの発見に継時的な探索が必要となる。この研究では妨害刺激を白色とし、ターゲット刺激は8つの色相方向について段階的に彩度を変化させたものを用いて視覚的探索の実験を行っている。その結果ターゲット刺激がポップアウトするために必要な臨界色差は、MacAdamの弁別楕円¹⁷⁾のおおよそ20倍の大きさに相当することを報告している。この値自体は妨害刺激の色や探索画面の大きさによって変化すると思われるが、色ターゲットを瞬時に発見させるためには、色差弁別閾よりかなり大きな差が必要なることは明らかである。有効な色情報を与えたいが色の存在をあまり強調したくない場合には、ここで求められたような臨界色差を設定するのがよいことになる。

全要素を、明確に区別される2色によって塗り分けた場合には、それらの要素が瞬時にグルーピングされ知覚的な分離が成立することは、基石の例を持ち出すまでもなく、明らかだろう。では、色情報の効率的な分離のためには、何色まで使用することができるだろうか。次にこの問題を検討する。このような問題に関する研究は、おそらくカラーディスプレイの普及と関係して、1970年代頃からさかんになっているようである。CahillとCarterの研究¹⁸⁾を例に挙げる。この研究では探索画面内の要素数とそれを塗り分ける色の数が、ターゲットの探索時間にどのような影響を与えるか検討している。具体的にはスクリーンに投影された最大50個の3桁の数字が探索対象となる。被験者には探すべきターゲットの上2桁の数字が知らされるとともに、探索画面横にターゲットの色が表示される。ターゲットとなる数字列自体はポップアウトしないので、被験者は各数字列に眼を動かしてターゲットを探すことになる。実験では、50個の要素を塗り分ける色数を1色から10色まで設定し、探索時間の変化を調べている。色の分離が効果的であれば、ターゲット色の要素のみを探索対象とすればよいので、色数の増加と共に探索時間は減少するはずである。実験の結果、探索時間の低下が見られた色のおおよそ7色までであった。10色を用いた場合には、逆に探索時間の増大が見られた。ところで、この研究で選択された色はISCC-NBCという色空間上で最大限の間隔をもつように選択された。色空間は何であれ、このような色の選択が色の分離に最適であるとは限らないだろう。

SmallmanとBoynton¹⁹⁾は、認識上、明確に区分される11のカテゴリカル基本色を用いれば、色の分離がもっと効果的になるのではないかと考えた。その結果、カテゴリ色ごとの要素数が一定であれば、他のカテゴリ色の導入によって全体の要素数が増加しても、探索時間はほぼ一定であり、カテゴリカル基本色によって良好な色の分離効果が得られることが示された。ただし、カテゴリカル基本色の各領域の中間にある色を用いた場合でも、同様に良好な色の分離効果があることも示されている。色情報の色の選択の最適化には、カテゴリカル基本色以外の可能性もあることを示唆している。

3.2 一般の色彩環境における色情報の探索

われわれを取り囲む色彩環境は、多くの色が多様な配置を持つ複雑なものから、ほとんど単色の単調なものまで様々である。一般の色彩環境における色標識(色ターゲット)の検出効率を定量的に評価する手法があれば、適正な色彩環境を整備するための指針となり得るだ

う。以下では、この目的のために筆者らが進めている研究²⁰⁾を紹介する。

この研究では、都市の繁華街や自然景観などの現実の光景を撮影した写真をもとに、その画像をデジタル化し、2次元の色配列(40列×32行)に変換した色モザイク画像を色彩環境刺激として用いた。色ターゲットは赤、緑、白の3色あり、色モザイク画像の1つのセルをターゲット色で置き換え、マークとしてセルの中央に縦か横向きの灰色のバーを付した。ターゲットの見つけやすさは、ターゲット色と背景のモザイク画像の色の何らかの関係によって決まるはずである。被験者は各試行の前に、次のターゲット色を色名で知らされており、探索画面はカラーモニター上に呈示される。予想通り条件によって結果は異なり、平均探索時間は1秒以内から約5秒に及んだ。

ターゲット色とモザイク画像のどのような特徴が、このような探索効率の違いを生じさせているのだろうか。ここで色ターゲット探索時の被験者の作業を考えてみる。まず、ターゲット色を頼りにターゲットを探す場合、被験者はターゲット色に類似した色をもつ領域に視点を移動してターゲットを順次確認していくものと思われる。当然、ターゲット類似色の領域数が多いほど探索には時間がかかるだろう。また、ターゲット類似色の領域数が同じだとしても、他の背景部分が均一な色の場合と多様な色が複雑に配置している場合を考えてみれば、後者の方がターゲット類似色領域の視覚的な分離に手間がかかり、探索は困難になるものと思われる。つまり画面の色彩構成の複雑さが色ターゲットの探索効率に影響を及ぼす可能性がある。

そこでターゲット色の類似色領域数と色彩構成の複雑さをモザイク画像から数値化し、探索時間との相関を調べてみた。図2はこのターゲット類似色領域数と探索時間の関係を示したものである。赤のターゲット色については、きわめて高い相関を示し、ターゲットの探索がターゲット類似色領域数に強く依存していたことが示されている。しかし、緑ターゲットについては、ターゲット類似色領域数との相関が見られなかった。この緑はかなり暗い色で、またマークの視認性が高かったこともあり、色が探索の優先的手がかりとならず、形の手がかりが優先したと思われる。

色彩構成の複雑さの指標値については、モザイク画像に含まれる色の数が多いほど、また、それらが画像中に分散して分布しているほど、高い値になるようにした。図3はこの色彩構成の複雑さ指標値と探索時間との関係

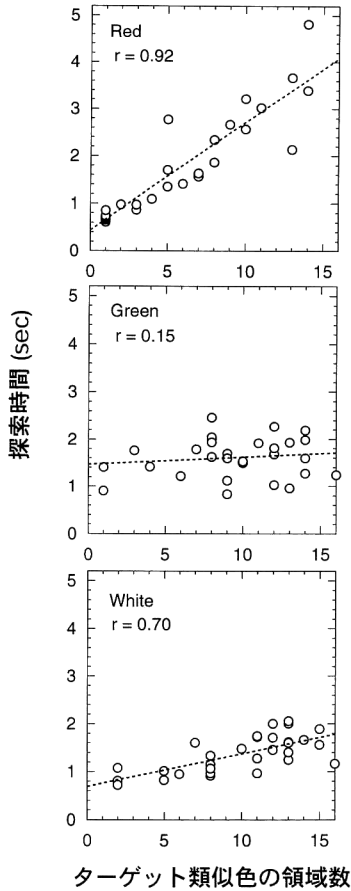


図2 ターゲット類似色領域数と探索時間（被験者6名）。

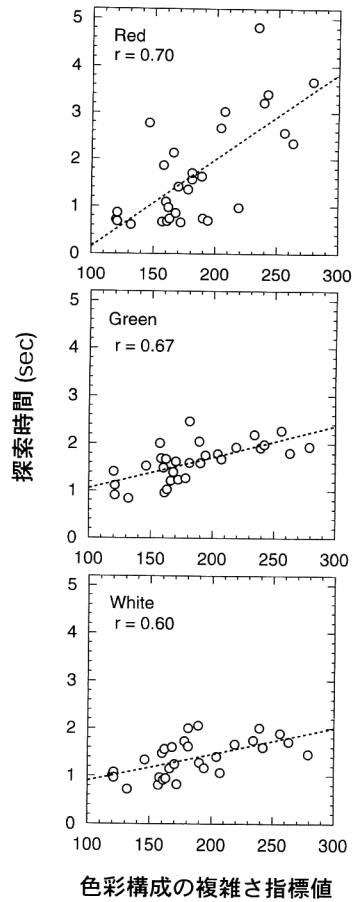


図3 色彩構成の複雑さの指標値と探索時間（被験者6名）。

を示したものである。どのターゲット色についても、この値との正の相関が見られ、背景の色彩構成が複雑なほど探索効率が低下する傾向を示している。

このことから、ターゲット類似色の領域数と色彩構成の複雑さが、一般の色彩環境での色ターゲットの探索効率の定量化の指標として有効であると思われる。今後、ターゲット類似色や色彩構成の複雑さの算出法、ターゲットの視認性との関係など、さらに検討が必要である。

本稿では、われわれの生活環境で重要な役割を担っている色情報について、それが有効である理由と、その有効性を確保し適正に色情報を活用するための要件について、人間の色覚や視覚探索の観点から解説を行った。われわれの生活の質を高めていくうえで色情報の適正な活用が望まれるが、そのためには、照度レベルと色の同定、色情報の色の選択、一般の色彩環境評価など、色情

報の活用の指針となり得る基礎的データと手法の確立が必要である。

また、本稿では色情報の有効性を強調してきたが、色情報の活用にあたって配慮すべき点を付け加えておきたい。まず、私たちの少なからぬ割合を占める色覚異常者の存在を忘れてはならない。また高齢化社会に向けて、高齢者の色覚特性にも配慮が必要だろう。重要性の高い情報については、色覚特性が多かれ少なかれ異なっているそういった人々とも、有効性を共有できるような設計が望まれる。また、現実の場面で標識などをわれわれが探すときには、「それがどこに位置していそうか」といった一種の文脈効果が働く²¹⁾。もともと（文脈から）わかりにくい位置に設計された対象を、色によって強制的に目立たせようというのは本末転倒であろう。特に公共の場では、色彩環境の快適性の観点から、あるいは色覚異常者への配慮からも、色情報の乱用と過度の依存は慎

んだほうがよいと思う。色に依存しなくても人間が自然に行動できる環境を、より効率よく確実に、またより安全にするために色情報が活用されることが本来の姿ではないだろうか。

文 献

- 1) R. E. Christ: "Review and analysis of color coding research for visual displays," *Hum. Factors*, **17** (1975) 542-570.
- 2) R. M. Boynton and C. X. Olson: "Locating basic colors in the OSA space," *Color Res. Appl.*, **12** (1987) 94-105.
- 3) K. Uchikawa and R. M. Boynton: "Categorical color perception of Japanese observers: Comparison with that of Americans," *Vision Res.*, **27** (1987) 1825-1833.
- 4) M. Ikeda, N. Sekiguchi and S. Shioiri: "Color perimeter with a color naming method," *Proceedings of the 6th Int. Visual Field Symposium* (1985) pp. 273-277.
- 5) 高瀬正典, 阿山みよし, 池田光男: "網膜周辺における色度図全域にわたる色光の色の見えの変化: 一人の被験者についての測定", *光学*, **20** (1991) 420-429.
- 6) I. Abramov, J. Gordon and H. Chan: "Color appearance across the retina: effects of a white surround," *J. Opt. Soc. Am. A*, **9** (1992) 195-202.
- 7) 瀬川かおり, 栗木一郎, 内川恵二: "中心窩と周辺視野のカテゴリカルカラーネーミングの比較", *カラーフォーラム JAPAN '96 論文集* (1996) pp. 49-52.
- 8) 湯尻 照: "照度レベルによる表面色の色の見えの変化: 刺激サイズの影響", *光学*, **19** (1990) 97-104.
- 9) 門馬智春, 本間園乃枝, 矢口博久, 塩入 諭, 羽石秀明, 三宅洋一: "両眼隔壁等色法による薄明視における表面色の見えの測定", *光学*, **22** (1993) 273-280.
- 10) M. Ikeda, C. C. Huang and S. Ashizawa: "Equivalent lightness of colored objects at illuminances from the scotopic to the photopic level," *Color Res. Appl.*, **14** (1989) 198-206.
- 11) M. Ikeda and S. Ashizawa: "Equivalent lightness of colored objects of equal Munsell chroma and of equal Munsell value at various illuminances," *Color Res. Appl.*, **16** (1991) 72-80.
- 12) 芦澤昌子, 池田光男: "色の目立ちの照度レベルによる変化—ブルキンエ移行の影響—", *照明学会誌*, **71** (1987) 612-617.
- 13) H. Shinoda, K. Uchikawa and M. Ikeda: "Categorized color space on CRT in the aperture and the surface color mode," *Color Res. Appl.*, **18** (1993) 326-333.
- 14) 石田泰一郎, 清水友恵, 池田光男: "照度レベル変化に伴う表面色の同定特性", *日本色彩学会誌*, **19** (1995) 121-129.
- 15) A. Treisman and G. Gelade: "A feature-integration theory of attention," *Cognit. Psychol.*, **12** (1980) 97-136.
- 16) A. L. Nagy and R. R. Sanchez: "Critical color differences determined with a visual search task," *J. Opt. Soc. Am. A*, **7** (1990) 1209-1217.
- 17) D. L. MacAdam: "Visual sensitivities to color differences in daylight," *J. Opt. Soc. Am.*, **32** (1942) 247-274.
- 18) M. C. Cahill and R. C. Carter: "Color code size for searching displays of different density," *Hum. Factors*, **18** (1976) 273-280.
- 19) H. S. Smallman and R. M. Boynton: "Segregation of basic colors in an information display," *J. Opt. Soc. Am. A*, **7** (1990) 1985-1994.
- 20) 石田泰一郎: "生活環境と色彩", *カラーフォーラム JAPAN '96 論文集* (1996) pp. 65-70.
- 21) I. Biederman, A. L. Glass and E. W. Stacy: "Searching for objects in real-world scenes," *J. Exp. Psychol.* **97** (1973) 22-27.

(1997年1月23日受理)