

自然画像の視覚探索における色情報と運動情報の役割

杉山珠美

序 論

視覚情報は脳内で「運動」と「色」のそれぞれの経路で処理される。この二つの経路は互いに独立しているので、色の処理機構は運動の検出ができないという説（ゼキ, 1992; Livingstone & Hubel, 1987）がある。しかし、運動情報と色情報を処理する機構の間には相互作用がある可能性も指摘されている（Takeuchi, De Valois & Hardy, 2003）。

今回の実験の目的は動きの方向の違いに基づく視覚探索課題において、色が役割を持つか否かを調べることである。視覚探索課題とは、複数の妨害刺激（ディストラクタ）の中から、目標刺激（ターゲット）を見つける課題である。もし、運動と色の処理が独立ならば、色は動きに基づく視覚探索に影響しないだろう。

使用した刺激、方法

本研究ではこのような視覚探索課題を用いて運動するパターンの探索における色の効果を検討したが、視覚刺激としては自然映像を用いた。視覚の実験を行う場合には格子パターンなどが一般的に用いられてきた。しかし、単純な格子パターンは普段のわれわれの生活

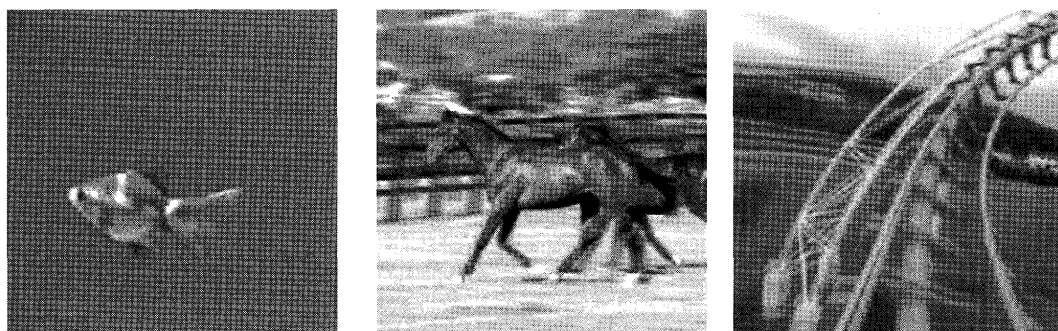
には馴染みのないものである。日常では格子パターンよりもより複雑な刺激パターンにさらされている。では、その複雑なパターンを用いて視覚探索を行うとどのような結果が得られるのだろうか。

今回使用した刺激は自然映像（ランダムドット映像や等輝度映像等の人工的な映像でないもの）であった。映像の種類は金魚、インパラ、鷺、馬（速さは2種類）、ジェットコースター、水鳥、車、街路樹、あひるの10種類であった。映像の一例を図1に示す。

刺激は、モニタの画面を9分割し、刺激が重ならないように分割した領域にランダムに示した（図2）。刺激のサイズは256ピクセル×256ピクセル（視角3.9×3.9度）の正方形とした。刺激はモニタの表示可能領域内に試行ごとにランダムに表示した。刺激は連番の静止画像であり、画像1枚の提示時間は4フレーム（0.05秒）もしくは2フレーム（0.026秒）とした。刺激は80フレーム（1.07秒）提示された。

今回の実験では特定の特徴をもつターゲットをあらかじめ被験者に教えるのではなく、モニタに提示された複数の刺激のうち他の刺激とは逆方向に運動している刺激をターゲットとし、ターゲットの有無と位置の同定課題を行った。

各試行において、ターゲット刺激は一つ存在するか、



(A) 金魚の映像

(B) 馬の映像

(C) ジェットコースターの映像

図1 実験で使用した自然映像の1フレーム。実際はすべてカラー映像。

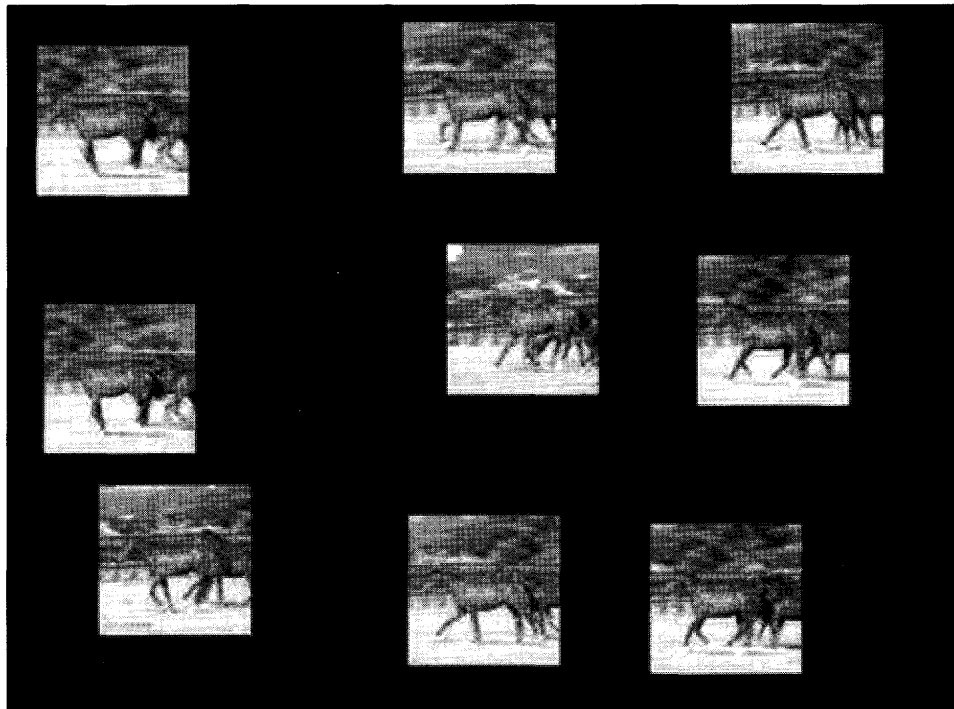


図2 刺激布置の一例

あるいは存在しないかの二つの可能性があった。ターゲット刺激の運動方向は「順方向」か「逆方向」(ビデオの逆回しに相当)の二通りであり、ディストラクタ刺激はターゲット刺激と常に反対方向に運動した。

1 試行でモニタに提示される刺激の数(セットサイズ)は4もしくは9とした。当該の試行でターゲット刺激が存在したと思った場合には、モニタ上で自由にうごかすことのできるカーソルを刺激提示領域上に動かし、ターゲットであると考えた刺激領域をマウスのボタンをクリックすることにより選択した。また、ターゲットが存在しないと思った場合の試行では、刺激が提示されていない黒色の領域にカーソルを動かしマウ

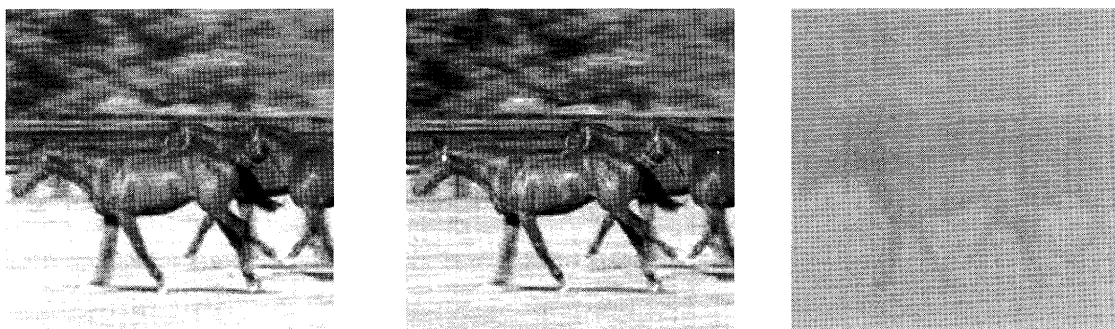
スボタンのクリックを行った。

今実験には二名のナイーブな被験者(NA, SS)と二名の実験の目的を知っている被験者(TT, TS)が参加した。各被験者ともに、正常な色覚を有していることを事前に確かめた。

実験 1

実験1では元の刺激を白黒(輝度)刺激と色刺激にわけて、視覚探索において色情報が果たす役割を調べた。各刺激の一例を図3に示す。

視覚探索課題により、ターゲットが画面内に存在し



(A) 元の映像

(B) 輝度映像

(C) 色の映像

図3 馬の映像の各映像の1フレーム。実際は(A)、(C)はカラー映像。

たか否かを判断する正答率（ターゲットの「有無」の正答率）と、ターゲットが存在したと被験者が判断した場合、複数の刺激のうちのどれがターゲットであったかを判断した時の正答率（ターゲットの「位置」の正答率）が得られた。

図4に実験1の結果を示す。図4(A)はターゲットの有無の正答率、図4(B)はターゲットの位置の正答率である。

色刺激の視覚探索結果は他の刺激の結果よりも低かった。また、輝度刺激と元の刺激の結果は変わらなかった。すなわち、色情報の存在の有無は視覚探索のパフォーマンスに影響を及ぼさなかった。ターゲットの「有無」の正答率、ターゲットの「位置」の正答率ともに同様の傾向が見られた。

等輝度色運動はその見かけの質が輝度運動と比べて劇的に劣化することから、色を処理する経路は動きを処理する経路とは全く別であるという仮説も提案されたが(Livingstone & Hubel, 1987)、ある条件下では等輝度色運動は劣化するにせよ、ある程度の運動印象をもって知覚されるという結果が得られており、色を処理する経路が運動に対して全く感度を持たない、というわけではない(Cavanagh & Anstis, 1991; Cropper & Derrington, 1996)。実験1の結果は、これらの先行研究からの知見と一貫しているといえる。

実験 2

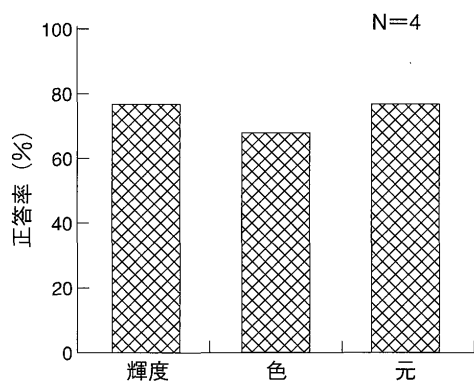
実験1では、色情報は動きの方向に基づく視覚探索課題において、動きの方向の弁別に影響していないと

いう結果が得られた。実験2ではこの点をさらに検討することを目的とした。

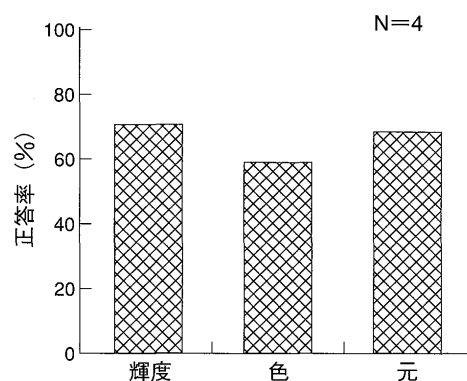
実験刺激として、順方向（あるいは逆方向）に動く輝度刺激に、逆方向（あるいは順方向）に動く色刺激を足し合わせた刺激を用いた。つまり輝度成分が左に動く場合には、色成分は右に動く刺激である。これらの刺激を用いて視覚探索課題を行った。実験1で示されたように、もし色が動きの方向の弁別に影響しないならば、順方向に動く輝度刺激に逆方向に動く色刺激を足し合わせた刺激を用いた視覚探索課題を行っても、その成績は低下しないことが予測される。しかしながら、もし視覚系が色情報を輝度情報と同様に視覚探索課題において利用できるのであれば、色情報と輝度情報はそれぞれ異なる運動方向により同じターゲットを指し示すため、視覚探索のための手がかりが増えることにより被験者のパフォーマンスは実験1と比べて向上する可能性もある。

図5(A)は実験1と実験2におけるターゲットの有無の正答率、図5(B)は、実験1と実験2におけるターゲットの位置の正答率を示している。色情報の運動方向が輝度情報の運動方向とは逆転している時も、視覚探索課題のパフォーマンスは実験1と変わらないことがわかった。しかし例外もあり、背景が静止していて対象のみが運動するような刺激の場合には、実験1と比較して実験2のパフォーマンスが低下した。

図6に背景が静止していて対象のみが運動する刺激の例として、画面内では金魚のみが運動している刺激を示す。また、背景と対象が運動している刺激の例として、馬が牧場で走っている刺激を示す。



(A) 実験1のターゲットの有無の正答率



(B) 実験1のターゲットの位置の正答率

図4 実験1のセットサイズ9の結果。縦軸は正答率（被験者4名の平均）、横軸は映像の種類（輝度映像、色映像、元の映像）を示す。正答率は使用した全映像（被験者NA, TS, TTは9種類、被験者SSは3種類）の平均。エラーバーはSE±1。

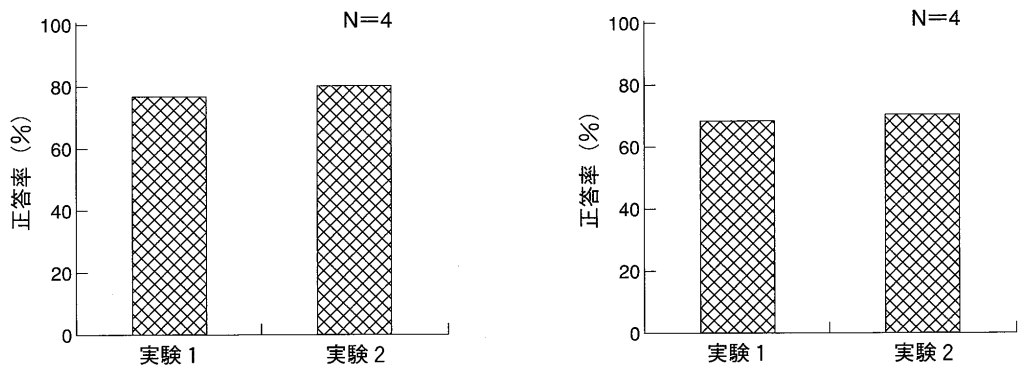
背景と対象が運動する刺激の場合(図6(A)、(B))には、実験1と実験2の正答率には差がなかった(図6(C))。しかし、背景が静止していて対象のみが運動する刺激の場合(図6(D)、(E))には、実験1に比較して実験2のパフォーマンスが低下した(図6(F))。

以上のことから、動きに基づく視覚探索において、一般に色の役割は小さく、色の方向を逆転させても影響がないことが示された。これは、動きの検出に色情報の寄与は小さいという従来の説を支持する結果となった。

た。しかしながら、色と輝度の空間的な位置が異なる場合には、色情報による抑制的な効果が生じることもわかった。

まとめと考察

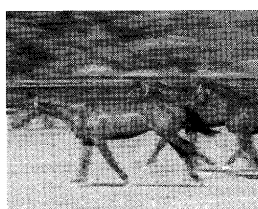
実験1では、動きに基づく視覚探索課題によって、色運動を検出するメカニズムは、輝度運動を検出するメカニズムに比べて動きに対して感度が低いということ



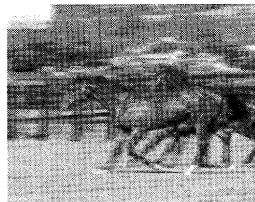
(A) 実験1と実験2のターゲットの有無の正答率

(B) 実験1と実験2のターゲットの位置の正答率

図5 実験1と実験2の元の映像(セットサイズ9)の結果。縦軸は正答率(被験者4名の平均)、横軸は実験の種類を示す。正答率は使用した全映像(被験者NA, TS, TTは9種類、被験者SSは3種類)の平均。エラーバーはSE±1(値が小さかったので見えなかった)。



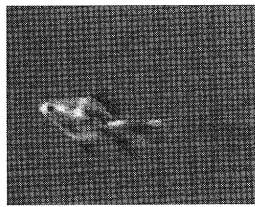
(A) 順方向の輝度映像に逆方向の色映像を重ねた馬の映像



(B) 逆方向の輝度映像に順方向の色映像を重ねた馬の映像



(D) 順方向の輝度映像に逆方向の色映像を重ねた金魚の映像



(E) 逆方向の輝度映像に順方向の色映像を重ねた金魚の映像

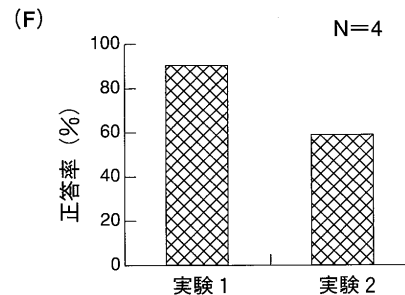
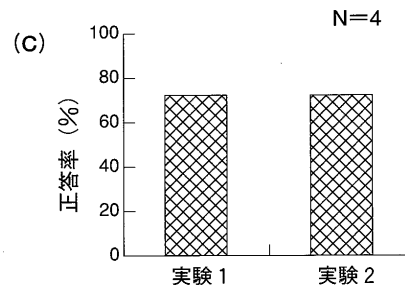


図6 背景が静止していて対象のみが運動する映像と背景と対象が運動している映像の例。上段は馬が牧場を走る映像、下段は金魚が泳いでいる映像。縦軸はターゲットの有無の正答率(被験者4名の平均)、横軸は実験の種類を示す。セットサイズ9の結果である。エラーバーはSE±1。エラーバーは小さいため、図では見えない。

がわかった。ただし色情報のみの動きに基づく視覚探索課題がまったくできない、というわけではなかった。その結果から、色情報は、運動方向に基づく自然映像の視覚探索には大きく寄与しないことがわかった。輝度刺激と元の刺激の正答率間に差が見られなかったからである。しかしながら、色情報だけでも視覚探索は可能であった。

実験2では、色情報の方向を逆転させて作成した映像での視覚探索において、そのパフォーマンスの低下が見られなかった。しかし、例外も見られた。このことは、動きに基づく視覚探索課題では、輝度情報が主要な役割をし、色情報の寄与は小さいことを示している。

以上のことから、色成分は基本的には運動の検出に対して強い効果を持たないが、色成分が際立つような空間構造を映像が持つ場合には、その効果が輝度成分の動きを抑制するような形で現れるといえる。

参考文献

- Cavanagh, P., & Anstis, S. 1991 The contribution of color to motion in normal and colordeficient observers. *Vision Research*, 31, 2109-2148.
- Cropper, S. J., and Derrington, A.M. 1996 Rapid colour-specific detection of motion in human vision. *Nature*, 379, 72-74.
- Livingstone, M., & Hubel, D. 1987 Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement and depth. *Journal of Neuroscience*, 7, 3416-3468.
- Takeuchi, T., De Valois, K. K., & Hardy, J. L. 2003 The influence of color on the perception of luminance motion *Vision Research*, 43, 1159-1175.
- ゼキ, S. 赤瀬英介訳 1992 脳と視覚. 日経サイエンス 11月号, 38-49 (Semir Zeki 1992 The Visual Image in Mind and Brain *SCIENTIFIC AMERICAN*).