

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年3月1日現在

機関番号：13904

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700214

研究課題名（和文）

仮現運動刺激にみる物体認識と明るさ・色知覚との関係

研究課題名（英文）

Relationship between object recognition and color perception on apparent motion stimuli

研究代表者

永井 岳大（NAGAI TAKEHIRO）

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：40549036

研究成果の概要（和文）：運動知覚の強弱と色弁別特性の関連性という観点から、物体認知が色知覚に与える影響について検討した。実験結果から、運動知覚に基づく物体認識の度合いが強い場合には、その物体に対する色弁別感度が減少することが明らかになった。この結果は、刺激運動に沿った色信号の統合が原因であると解釈できる。この色信号の統合は同一物体に関する色などの内部情報は不変であるという仮定に基づく視覚系の色信号計算負荷の削減方略であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：I investigated the effects of object recognition on color perception based on the relationship between the strength of motion perception and color discrimination properties. In the results, the color discrimination sensitivities were low under conditions where motion perception was strong. These results can be induced by color signal integration along a motion path, suggesting a strategy of the human visual system to save computational resources for color signal processing based on the assumption that internal information regarding an object is invariant.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学（感性情報学・ソフトコンピューティング）

キーワード：感性認知科学、心理物理学、色知覚、物体認知

1. 研究開始当初の背景

ヒトの視覚系の処理資源は有限であるため、視覚系はその処理資源を節約する多くの戦略を持つ。その戦略の理解は視覚系処理解明への重要なキーとなるはずである。そのような戦略の一つに「物体」の活用があげられる。

我々の周囲にある物体は、その意味や形、色などの属性はあまり変化しないため、同じ物体に関する情報を網膜像から逐一更新することは冗長な処理と考えられる。文字認識に関する過去の研究では、同一物体と認識される視覚対象には、その物体に関して以前獲得

した情報（この実験例では文字）が object file と呼ばれる仮想的な一時記憶に保持され、その後はその object file 内の情報が物体認知に寄与するという考えが提案されている（Kahneman et al., 1993）。この考えは絵の認識等、様々な認知課題において支持されている。

それでは、この物体に基づく戦略は色のような基本的な視知覚にも適用されるのだろうか。実際に色や明るさの処理に重要な役割を果たす V1 ニューロンに高次領野からのフィードバックがある（Pascual-Leone & Wwalsch, 2001）ことを考慮すると、物体認知に基づく高次処理が単純な視知覚にも影響を及ぼすことは十分考えられる。この問題に対し、Nishida ら(2007)は、緑と赤に交替する仮現運動刺激において、緑と赤が混色されて知覚される現象を報告している。この現象は運動による同一物体認識が色知覚に与えた例である可能性がある。しかし、彼らの仮現運動刺激は空間的に隣接した領域に呈示されるバーで構成されていたため、比較的低次元の皮質メカニズム、すなわち方向選択性を持ちサイズが小さい時空間受容野（Churchland, Priebe, & Lisberger, 2005）内における単純な色情報平均化で説明できる可能性は排除できていない。

2. 研究の目的

本研究では、第一の目的を、物体認識が色知覚に与える影響を明らかにすることとする。実験では、明るさや色が変化する時空間的に離れた円から構成される刺激（図1）における色弁別感度を測定する。この刺激では、8つの円が一つずつ反時計周りに順に呈示されるが、このとき円呈示の時間間隔が適切な場合のみ、8つの円が仮現運動知覚を生起し、運動する単一物体として認識される。したがって、もし物体に基づいた戦略が色知覚に影響するならば、図1のようにステップ幅の大きな仮現運動刺激においても、一時記憶に格納された色情報の影響により色変化が統合され、物体運動に沿った知覚的な色の違いが過小評価されるはずである。この刺激では、円間の空間距離が離れているため、V1細胞等の小さな受容野を持つメカニズムは関与しないはずである。

さらに、第二の目的を、上記現象が見られるのなら、それが本当に物体認識という高次認知が直接関与しているのか、それとも、色情報処理と運動情報処理の直接の相互作用という知覚処理レベルで説明可能なのかを明らかにすることとする。図1の刺激で色変化が知覚的に過小評価されたとしても、それが仮現運動に基づく物体認知からのトップダウン的処理であるという証拠にはならないためである。

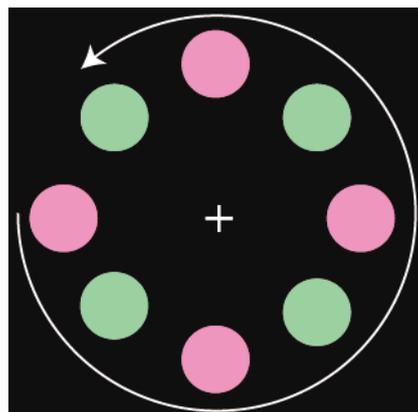


図1：実験刺激

3. 研究の方法

本研究では、運動刺激に対する色弁別感度を心理物理学的に測定する。このとき運動知覚の強さを様々な方法で統制することにより、運動知覚に起因する物体認識と色弁別感度の関係を検討する。

実験は大きく3つに分かれる。実験1では、運動刺激の強さと色弁別感度の関係を明らかにするため、図1に示した刺激の色変化に対する色弁別感度を測定した。この刺激では、円呈示間の時間間隔（SOA）により、単一運動物体知覚の強さを調整可能であった。実験中、この円に色の変化が生じる場合と生じない場合があり、被験者はその色の変化の有無を判断した。色が運動方向に沿って統合されるのであれば、運動物体知覚が強い場合に、色弁別感度が低下するはずである。

実験2では、より直接的に運動情報が色知覚に与える影響を調べることを目的とした。刺激として、図1の刺激において円を二つつつ同時呈示するものを用いた。円の呈示順に関して、円の位置が反時計回りとなる条件（運動条件）とランダム順となる条件（非運動条件）を設定した。加えて、色に関して、運動方向に沿って同じ色が連続呈示される条件（運動色同一条件）と、同一位置で同じ色が連続呈示される条件（位置色同一条件）を設定した。運動条件に着目した場合、色情報が運動方向に沿って統合されるのであれば、位置色同一条件よりも運動色同一条件において、運動方向に沿って常に同じ色が呈示されることにより色に対する感度が高くなると予想される。

実験3では、運動知覚（および付随する単一物体知覚）そのものが色知覚に与える影響を検討する。図1において等間隔に配置されている4つの円が同時呈示される刺激を用いた。このとき、水平垂直方向の4つの円と斜め方向の4つの円を交互に呈示することにより、知覚的な運動回転方向が時計回りと反時計回りの間で曖昧となる状況を作り出すことができる。しかし、時計回りまたは反

時計回りに滑らかに回転する刺激に順応させた後に、その曖昧運動刺激を見せると、順応刺激と反対方向へ知覚的運動が一意に決定されるフリッカー運動残効と呼ばれる現象がある。このフリッカー運動残効を用いることで、物理的刺激は同一ながら、知覚的運動方向のみが異なる状況を作り出すことができる。このとき、知覚的運動方向と一致した方向への変化（一致条件）と、一致しない方向への変化（不一致条件）に対する色弁別感度を測定した。運動知覚方向に沿って色情報が統合されるのであれば、不一致条件よりも一致条件において色弁別感度が低くなるはずである。

4. 研究成果

実験1で測定した各 SOA に対する色弁別感度を図2に示す。薄い灰色のバーは、予備実験で測定された運動知覚の強い SOA 範囲を示す。実験1では、SOA が長くなると色弁別の刺激色の記憶への依存度が強くなると考えられ、この影響だけを考慮すれば、SOA が長くなると単純に感度が減少していくことが予想される。しかし、図2の結果では、灰色のバーの付近で感度が減少している。この結果は運動方向に沿って色情報が統合・平均化されることにより、色弁別に必要な円の間の色差が知覚的には過小評価された結果であると解釈できる。また、運動知覚を弱める効果のある等輝度背景上でも全く同じ実験を行ったところ、灰色のバーの付近での感度低下量は図2と比較して小さいものであった。この結果も運動情報とその軌跡に沿った色情報の統合が図2に起きていることを示唆する。

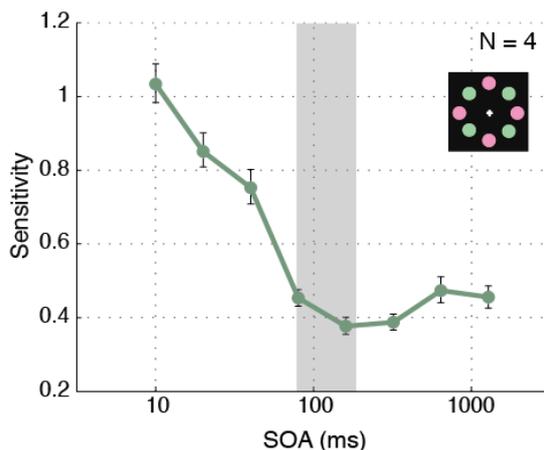


図2：運動知覚と色弁別感度の関係

実験2の結果を図3に示す。まず非運動条件に着目する。この場合、位置色同一条件において運動色同一条件よりも色弁別感度が高くなっている。位置色同一条件では同じ色が同一位置に連続呈示されることにより、そ

の色情報を精度よく知覚できるのに対し、運動色同一条件では、異なる色が同一空間位置に呈示されることにより、それらの色同士の打ち消し合いにより色弁別感度が低下したと解釈できる。次に運動条件に着目する。非運動条件と同様に同一網膜位置における色信号の足し合わせに基づけば、運動色同一条件において感度が低下することが予想される。しかし、図3からわかるように、運動色同一条件でむしろ感度が良い結果が得られた。これは、運動色同一条件では、網膜座標系では同じ位置に異なる色が連続呈示されるが、運動物体基準の座標系では同じ色が同じ位置に連続呈示されるため、運動物体基準座標系における（すなわち物体運動に沿った）同一色信号の足し合わせによる精度よい色情報知覚を反映していると解釈可能である。実験1の結果と合わせ、物体運動情報が色知覚に影響することが確認された。

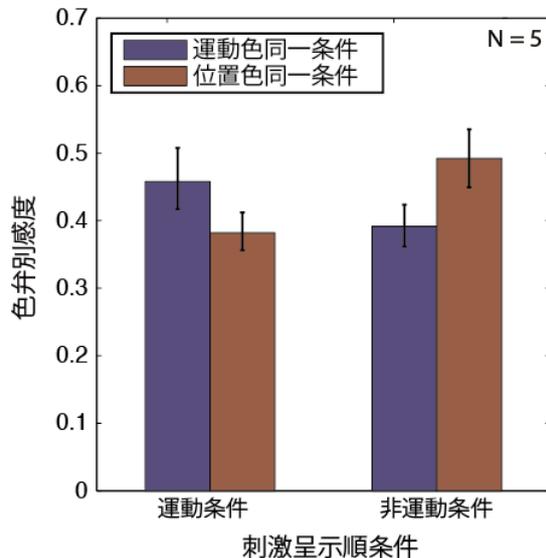


図3：刺激運動の有無と色弁別感度の関係

実験3の結果を図4に示す。このグラフの赤色、緑色の違いは色変化順が赤→緑の場合と緑→赤の場合の違いである。このグラフで着目すべき点は、知覚的運動方向と色変化の方向、すなわち一致条件と不一致条件の違いによる、色弁別感度への影響である。図4からわかるように、一致条件と不一致条件では色弁別感度に大きな違いはなく、また統計的な有意差も認められなかった。この結果は物理的な刺激が同一な場合、知覚的な運動の違いは色知覚に大きな影響を与えないことを示唆している。

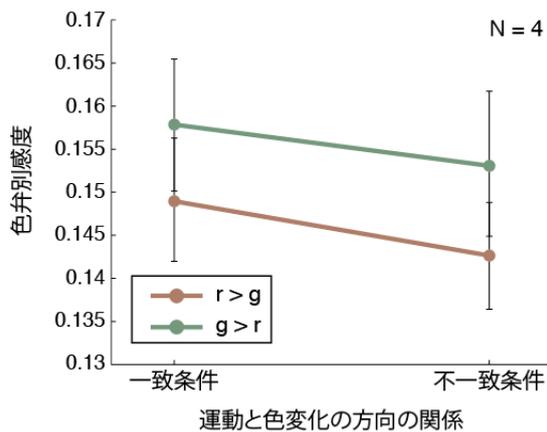


図4: 知覚運動方向と色変化方向が色弁別感度に与える影響

実験1、実験2の結果から、運動を強く知覚できる刺激条件において、刺激の運動に沿った色情報の統合が存在することが示唆された。また、本研究で用いた仮現運動を作り出す円の間の空間的間隔が大きかったことから、実験1と実験2の結果はV1などの運動方向選択性を持つ時空間受容野内の色信号の統合では説明できず、より大きな受容野を持つ運動検出メカニズムが色信号統合に関与すると考えられる。

しかし一方で、実験3の結果では、物理刺激が同一で知覚的運動方向のみが異なる場合、その知覚的運動方向は色弁別感度に大きな影響を与えなかった。したがって、運動方向に沿った色信号の統合は知覚的運動方向や物体認知といった高次認知機構からの信号に基づくのではなく、網膜像から運動信号を抽出する運動視メカニズムの信号に基づくことが示唆された。

このメカニズムは、網膜像から運動信号を抽出する際に、その運動方向に沿って色信号を統合する働きを持つと考えられる。このメカニズムにより、網膜像が持つ色信号の高時間周波数成分を物体運動に沿って削減でき、物体に関する色情報処理量の削減につながると考えられる。さらに、本研究の実験2で示されているように、同一網膜位置における色信号の足し合わせではなく運動方向に沿った色信号を生じさせることで、物体運動による色ぼけを防止することにも寄与すると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Takehiro Nagai, R. Dirk Beer, Erin A. Krizay, & Donald I. A. MacLeod: Spatiotemporal averaging of perceived brightness along an apparent motion trajectory. *Journal of Vision*, 11(7):5, 1-15, 2011.

[学会発表] (計2件)

- ① Takehiro Nagai, Hiroto Kimura, & Shigeki Nakauchi: Sensitivity impairment for detecting color alternation along an apparent motion trajectory. Vision Sciences Society 2011 Annual Meeting, Florida, U.S.A., May 8, 2011. *Journal of Vision*, 11(11):744, 2011.

- ② Hiroto Kimura, Takehiro Nagai, & Shigeki Nakauchi: Detectability of color modulation on isoluminant apparent motion stimuli. The 6th Asia-Pacific Conference on Vision, Taipei, Taiwan, July 23, 2010. *Vision*, 22(suppl), 12, 2010.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永井 岳大 (NAGAI, TAKEHIRO)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 40549036