

色に基づくアンサンブルサブセット選択課題における単色注目方略の寄与の検討

田中 優衣
武藤 拓之

大阪府立大学現代システム科学域

大阪公立大学大学院現代システム科学研究科

人の視覚系は、複数の物体で構成された刺激配列に対して、各要素を個別に処理することなく、全体の要約的特徴を迅速に知覚できる。これはアンサンブル知覚と呼ばれ、刺激配列の中から色など特定の特徵にもとづいて要素を選択するアンサンブルサブセット選択が可能である。本研究では、2色の三角形刺激を用いたアンサンブルサブセット選択課題により、1色のみ注目する方略の有用性を検討した。実験1では教示により遂行方略を操作した結果、単色方略はチャンスレベルを上回ったが、アンサンブル知覚によるサブセット選択の方が有意に正答率が高かった。実験2ではディストラクター配列を操作し、単色方略が有利・中立・不利となる3条件を設定した。その結果、有利条件で正答率が最も高かった一方、中立条件と不利条件の間に有意差は認められなかった。これらの結果は、刺激配列に応じて課題遂行方略が柔軟に切り替えられる可能性を示唆する。

Keywords: visual perception, ensemble perception, visual attention.

問題・目的

視覚系は、複数の物体から構成される刺激配列に対し、個々の要素を詳細に分析することなく要約統計量を抽出できる。この能力はアンサンブル知覚と呼ばれる。近年では、配列内の特定の特徵を共有する要素群（サブセット）のみを選択し、その要約統計量を算出するアンサンブルサブセット選択が可能であることが示されている。Khvostov et al. (2024) は2色の結合で定義された標的においても平均方位判断が可能であることを示したが、標的のうち1色のみ注目する方略（単色注目方略）でも課題に正答できる設計であったため、真に特徴の結合に基づくサブセット選択が行われているかは明確でなかった。

そこで本研究では、2色の結合によって定義された三角形刺激を用いたアンサンブルサブセット選択課題を実施し、単色注目方略の有効性を検討した（実験1）。続く実験2では、ディストラクター配列の方位分布を操作することで、単色注目方略に対する有利・中立・不利条件を設定し、その正答率を比較した。

方法

本研究のプロトコルはOSFに事前登録した（実験1; <https://osf.io/ej5sw>, 実験2; <https://osf.io/wdfe8>）。

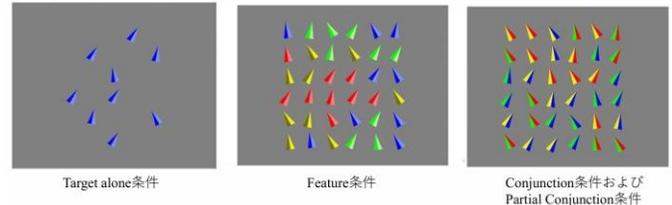
【実験1】

サンプルサイズ設計 G*Power 3.1.9.7 を用いて検出力分析を行ったところ、 $\alpha = .05$, $1 - \beta = .95$ のもとで対応のある t 検定において中程度の効果量（Cohen's $d_z = 0.5$ ）を検出するのに必要なサンプルサイズは 54 であった。除外基準により一部の参加者データ除外される可能性を考慮し、70名の参加者を募集した。

参加者 視力または矯正視力が正常かつ正常色覚を有する日本人の成人 70 名をクラウドワークスで募集し、除外基準に抵触しない 67 名のデータを分析した (30-50 歳, 女性 20 名)。

刺激と手続き 実験は参加者自身の PC を用いてオンライン上で実施された。全ての刺激は灰色の背景上の中央部 12 cm × 12 cm の領域内に提示された (Figure 1)。三角形は角の二等分線を境に左右で異なる色を持ち、Target alone 条件および Feature 条件では赤・青・緑・黄の各色につき明度差のある同系色ペアで構成された 4 種類の三角形を使用した。Conjunction 条件および Partial Conjunction 条件では異なる 2 色 (緑-赤, 黄-赤, 黄-青, 緑-青) からなる三角形を用いた。

Figure 1. 実験1における刺激画像の例



各試行では、異なる色の組み合わせによる4つのサブセット（各9個、計36個）を提示し、そのうち1つを標的とした。4つのサブセットのうち2つは平均方位が 14.4° 、残りは -14.4° となるようにした（内訳は Table 1）。参加者の課題は、標的として教示された三角形の平均方位の傾きが時計回りか反時計回りかをキー押して回答することであった (Figure 2)。

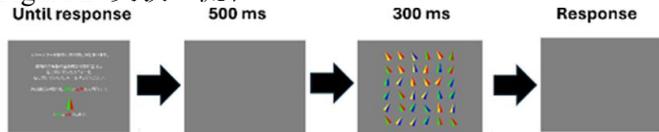
Target alone 条件・Feature 条件・Conjunction 条件では「緑色と赤色の三角形」のように標的刺激を文字と画像で提示した。Partial Conjunction 条件では Conjunction 条件と同様の刺激配列を提示したが、参加者には「赤色を含む三角形」のように標的のうち1色のみを

標的として教示した。したがって、Partial Conjunction 条件において Conjunction 条件と同様の方法で計算した Partial Conjunction 条件の正答率は、Conjunction 条件において単色注目方略を用いたときの成績とみなすことができる。

Table 1. 各サブセットに含まれる刺激の数の内訳

サブセット	30°	10°	-10°	-30°	平均方位
A	5	2	1	1	14.4°
B	1	1	2	5	-14.4°

Figure 2. 実験の流れ



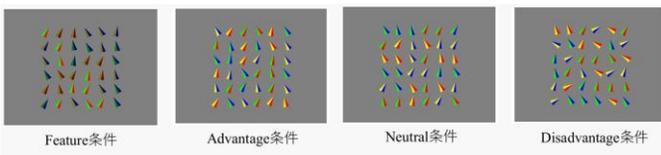
【実験2】

サンプルサイズ設計 pwrANOVA Rパッケージ (Muto, 2025) を用いて事前に検出力分析を行ったところ、 $\alpha = .025$, $1 - \beta = .95$ のもとで対応のあるt検定において中程度の効果量 (Cohen's $d_z = 0.5$) を検出するために必要なサンプルサイズは63名であった。除外基準によるデータ除外の可能性を考慮し、70名を募集した。

参加者 実験1の条件に加え、実験1に参加していない70名をクラウドワークスで募集し、除外基準に抵触しない67名のデータを分析した (30-50歳、女性24名)。

刺激と手続き 実験1と同様のアンサンブルサブセット選択課題を実施した。Figure 3に刺激画像の例を示す。実験2では2色の三角形刺激のみを用いた。Advantage条件では、標的と一方の色を共有したサブセット (同色サブセット) の1つが標的と同方向の平均方位をもつように設した。Neutral条件では、同色サブセットはいずれも標的と逆方向の平均方位をもつようにした。Disadvantage条件では、同色サブセットの1つを除く2つのサブセットが標的と逆方向かつ2倍の角度の平均方位をもつように設計し、単色注目方略を用いると不利になるよう操作した。Feature条件では、ディストラクターとして暗色刺激を用いた。

Figure 3. 実験2における刺激画像の例



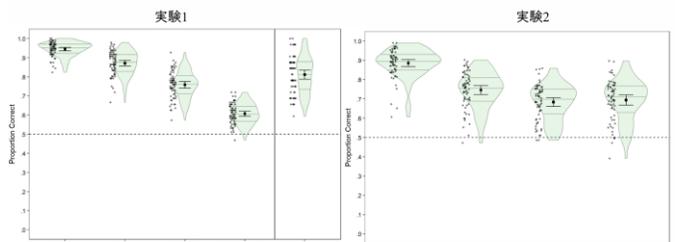
結果

実験1および実験2について、各条件の正答率をFigure 4に示す。

実験1 正答率はすべての条件で有意にチャンスレベルを上回った ($p < .001$, $BF_{10} > 10^{21}$)。Partial Conjunction 条件における教示通りの正答率を除く4条件の正

答率を比較するために1要因反復測定分散分析を行ったところ、条件の主効果が有意であった ($F(2.84, 187.28) = 688.11$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .913$, $BF = 2.70 \times 10^{11}$)。多重比較の結果、Target alone 条件は Feature 条件よりも有意に正答率が高く ($t(66) = 10.53$, $p < .001$, $d_z = 1.29$, $BF = 7.07 \times 10^{12}$)、Feature 条件は Conjunction 条件よりも高かった ($t(66) = 14.60$, $p < .001$, $d_z = 1.78$, $BF = 1.83 \times 10^{19}$)。また、Conjunction 条件と Partial Conjunction 条件との比較においては、結合条件の方が正答率が有意に高かった ($t(66) = 16.75$, $p < .001$, $d_z = 2.05$, $BF = 2.00 \times 10^{22}$)。

Figure 4. 実験の結果 (エラーバーは95%信頼区間)



実験2 正答率はすべての条件で有意にチャンスレベルを上回った ($p < .001$, $BF_{10} > 10^{19}$)。4条件の正答率を比較するために1要因反復測定分散分析を行ったところ、条件の主効果が有意であった ($F(2.81, 187.27) = 226.04$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .43$, $BF = 5.33 \times 10^{59}$)。多重比較の結果、Feature 条件は他の3条件よりも正答率が有意に高かった ($p < .001$, $BF_{10} > 10^{24}$)。Neutral 条件と Advantage 条件の正答率を比較では、Advantage 条件の正答率は Neutral 条件よりも有意に高かった ($t(66) = 8.20$, $p < .001$, $d_z = 1.00$, $BF_{10} = 7.88 \times 10^8$)。一方、Neutral 条件と Disadvantage 条件の間には有意差は認められなかった ($t(66) = -1.20$, $p = .235$, $d_z = -0.15$, $BF_{10} = 0.27$)。

考察

実験1では、先行研究の結果を再現するとともに、単色注目方略においてもチャンスレベルを上回る正答が可能であることを示した。しかしながら、単色注目方略のみでは Conjunction 条件の成績を十分に説明できないことが明らかとなった。実験2でも実験1の結果は概ね再現されたが、Neutral 条件と Disadvantage 条件の間に有意差は認められなかった。この結果は、Disadvantage 条件においてディストラクターの顕著性が高く、単色注目方略の不利性が十分に操作されなかった可能性を示唆する。

参考文献

- Khvostov, A., et al. (2024). Guidance of visual attention by a color - conjunction template. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 86(3), 1060-1076. <https://doi.org/10.3758/s13414-024-02850-5>
- Muto, H. (2025). coglyphr: An R package to compute glyph centers of gravity from image data [Preprint]. *Jxiv*. <https://doi.org/10.51094/jxiv.1531>