

# 報酬不確実性に基づく注意捕捉の変調は探索文脈に依存する

山崎 好純  
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

京都大学大学院人間・環境学研究科

報酬随伴性を学習した刺激には注意選択が促進される。近年、この効果は固定的報酬と結びついた確実な刺激よりも、変動報酬と結びついた不確実な刺激でより顕著に表れることが報告されている (Uncertainty modulated attentional capture : UMAC)。先行研究は UMAC を刺激 (色) と報酬の随伴性に基づく自動的注意と位置付けるが、報酬経験が目標指向的行動を介するため、随伴性のみで成立するかは不明である。そこで実験 1 では先行研究の課題文脈における UMAC の再現性を検討した。実験 2 では随伴性を維持したまま標的特徴 (円・ひし形) が予期不能に切り替わり、顕著性に基づく探索戦略 (シングルトン検出モード) が有効になる状況においても UMAC が生起するかについて検討した。その結果、実験 1 では UMAC が観察されたが、実験 2 では随伴性が同一でも UMAC は観察されなかった。以上の結果は UMAC が色と報酬の随伴性のみでは一様に生起しない文脈依存的現象であることを示唆している。

Keywords: reward uncertainty, reward contingency, attentional capture, singleton detection mode.

## 問題・目的

変動報酬と関連する不確実な刺激は、固定的報酬と関連する確実な刺激よりも高い注意優先度を獲得し、視覚探索時により多くの眼球運動捕捉を生起する (Uncertainty modulated attentional capture : UMAC, Pearson et al, 2024)。先行研究では、この現象は変動報酬との随伴性を持つ刺激 (色) に対して予測関係を確立するための情報探索が優先的に行われることで生じる、学習を志向した自動的注意として位置付けられてきた。しかし、UMAC が実際に色と報酬との随伴関係のみで成立する自動的な現象かについては十分に検証されていない。UMAC における報酬経験は指定された標的への注視という目標指向的行動によってもたらされるため、UMAC の形成プロセスはその課題文脈における探索戦略と切り離せない可能性がある。

そこで本研究では、まず実験1において、先行研究と同様の視覚探索状況におけるUMACの再現性を検討した。実験2では、色と報酬との随伴関係を維持したまま、標的がシングルトン図形 (円・ひし形) として定義され、標的形状と妨害刺激形状が試行ごとに予期不能に交代する視覚探索状況を設定した。このような探索状況では顕著性に基づく探索戦略 (シングルトン検出モード) がより有効になる (Bacon & Egeth, 1994)。このような顕著性主導の視覚探索状況においても色と報酬との随伴関係に基づいてUMACが生起するかについて検討した。色と報酬との随伴関係に基づき自動的にUMACが生起するならば、いずれの実験においてもUMACが生起し、変動報酬と関連する色刺激への眼球運動捕捉が、固定的な報酬量と関連する色刺激よりも多くなると予測された。

## 方法

**実験参加者** 大学生・大学院生76名 (実験1: 37名, 実験2: 39名) が実験に参加した。

**装置** 参加者の頭部固定に顎台を用いた。SR Research Eyelink 1000を用いて、課題中の左眼の眼球運動をサンプリングレート1000 Hzで計測した。

**刺激・手続き** 視線追従型視覚探索課題(64試行×8ブロック: 計512試行)を実施した。各ブロック開始前に視線計測装置のキャリブレーションを行った。注視点呈示中の視線位置は実験者により監視され、必要に応じてオンラインドリフト補正が適用された。

**視線追従型視覚探索課題** 各試行は注視点、ブランク画面、探索画面、報酬フィードバック画面から構成された (Figure 1)。実験1では探索画面において5つの円と1つのひし形が円環状に呈示され、標的はひし形として定義された。実験2では5つの円と1つのひし形、あるいは5つのひし形と1つの円が呈示され、標的は形状次元におけるシングルトン図形として定義された。参加者の課題は、探索画面において呈示される図形セットの中から標的を見つけてできるだけ速く直接目を動かすことであった。標的に正しく反応できた場合には0, 20, 40ポイントのいずれかが獲得できること、ただし1.2秒以内に反応できなかった場合は報酬が獲得できないこと、このポイントが課題後に支払われる金銭報酬と対応することが事前に参加者に教示された。獲得ポイントの変動がどのようなルールで決まるかについては教示されなかった。いずれの実験においても妨害刺激の内の1つが水色、橙色のいずれかで呈示される色つき妨害刺激であり、他の図形はすべて灰色で呈示された。不確実条件に割り当てられた色つき妨害刺激を含む探索画面が呈示された際に標的への1.2秒以内の正反応がなされた試行では40ポイント、0ポイントのいずれかがそれぞれ50%の確率で獲得された。一方、確実条件に割り当てられた色つき妨害刺激を含む探索画面が呈示された際に標的への1.2秒以内の正反応がなされた試行では20ポイントが100%の確率で獲得された。正反応が1.2秒以内に成されなかった場合、「遅すぎる」という表示とともにその探索画面で獲得可能だったポイントが示された。標的の呈示位置は各試行ランダム、色つき妨害刺激の呈示位置は

標的呈示位置の正反対を除いてランダムであった。探索画面呈示中の標的への注視が正反応として、色つき妨害刺激への注視を眼球運動捕捉として定義された。

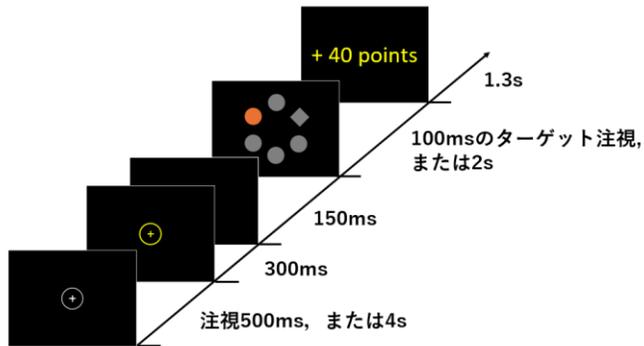


Figure 1. 視覚探索課題 1 試行の流れ (各実験共通)

## 結果

正反応が取得されなかった試行の割合が15%を超えた参加者、および課題から途中で離脱した参加者は分析から除外した。分析対象は実験1で36名、実験2で36名であった。さらに、正反応が取得されなかった試行を分析から除外した(実験1: 2.58%, 実験2: 2.83%)。各試行は、探索画面に含まれる色つき妨害刺激の報酬条件(不確実条件・確実条件)に基づいて分類された。UMACは課題初期には生じにくいことが報告されているため(Chow et al., 2025), その効果検証にはブロック3~8の試行を用いた。各参加者について、報酬条件ごとの色つき妨害刺激への眼球運動捕捉率(捕捉が生じた試行の割合)を算出し、実験1の平均値をFigure 2に、実験2の平均値をFigure 3に示した。実験1において報酬条件(不確実 vs. 確実)を要因とする対応のあるt検定を実施したところ、眼球運動捕捉の割合に有意な差が認められた( $t(35) = 5.37, p < .001, d_z = .895, BF_{10} = 3.75 \times 10^3$ )。不確実条件では確実条件よりも色つき妨害刺激への眼球運動捕捉率が高かった。実験2において同様の分析を行ったところ、有意な差は認められなかった( $t(35) = 0.47, p = .644, d_z = .078, BF_{10} = 0.198$ )。ベイズファクターは帰無仮説を中程度に支持した。

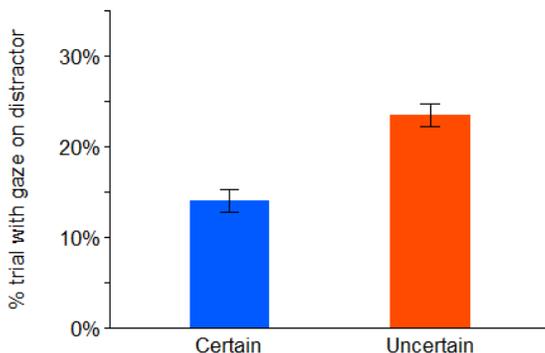


Figure 2. 実験1における報酬条件ごとの眼球運動捕捉率の平均(エラーバーは標準誤差)

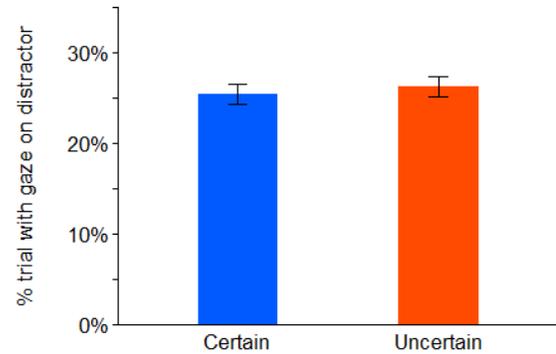


Figure 3. 実験2における報酬条件ごとの眼球運動捕捉率の平均(エラーバーは標準誤差)

## 考察

本研究では、標的特徴が固定された状況(実験1)と、標的がシングルトン図形として定義されることで顕著性に基づく探索が有効になる状況(実験2)において、色と報酬の随伴性に基づきUMACが同様に生じするかについて検証した。実験1では先行研究と同様にUMACが再現された一方、実験2では色と報酬の随伴関係が同一であってもUMACは認められなかった。以上の結果はUMACが色と報酬との随伴関係のみでは一様に生じない文脈依存的現象であることを示している。実験1と実験2の探索状況の違いは探索戦略の自由度の違いとして説明する。標的特徴が固定された実験1では、参加者は標的特徴情報を用いた目標指向的探索を行うことも、顕著性に基づく探索を行うことも可能だった。探索戦略の自由度が高い視覚探索状況においてUMACが生じ、顕著性主導で制御余地性が低い探索状況においてUMACが生じなかったことは、UMACが探索戦略の制御余地性に基づく現象である可能性を示唆しているかもしれない。

## 引用文献

- Bacon, W. F., & Egeth, H. E. (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55(5), 485–496.
- Chow, J. Y. L., Garner, K. G., Pearson, D., Heber, J., & Le Pelley, M. E. (2025). Effects of instructed and experienced uncertainty on attentional priority. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 51(6), 869–880.
- Lee, D. S., Clement, A., & Anderson, B. A. (2024). When detecting a salient target makes search more effortful. *Journal of Experimental Psychology: General*, 153(3), 590–607.
- Pearson, D., Chong, A., Chow, J. Y. L., Garner, K. G., Theeuwes, J., & Le Pelley, M. E. (2024). Uncertainty-modulated attentional capture: Outcome variance increases attentional priority. *Journal of Experimental Psychology: General*, 153(6), 1628–1643.