

報酬予測行動中の特徴提示が Value-Driven Attentional Capture を生じさせる

峯 知里
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

Many previous studies report that stimuli associated with reward capture attention (value-driven attentional capture; VDAC). However, little is known about necessary conditions for the formation of the feature-reward association in VDAC. In the present study, we took advantage of the flexibility of the task-irrelevant VDAC paradigm and examined necessary conditions in VDAC. To this end, we manipulated the temporal relationship among feature, response, and reward and presented features (color) associated with reward in a variety of locations in a flanker task (learning phase). After reward learning, VDAC was tested in a subsequent visual search (test phase). Through the five experiments, VDAC was only observed when features associated with reward were synchronized with response selection in the task display. These results suggest that feature-response synchronization at the timing of task display is necessary for VDAC.

Keywords: attentional capture, reward prediction, task-irrelevant stimuli, reward.

問題・目的

報酬と連合した特徴（例：色）は注意を捕捉することが知られている（value-driven attentional capture : VDAC, Anderson, 2016）。しかし、VDACを生じさせる報酬学習（特徴と報酬の連合学習）のメカニズムは明らかにされていない。近年の研究では、強化学習の理論を用いてVDACにおける報酬学習のメカニズムが検討された。その結果、VDACの生起には、特徴と報酬の確率的な連合（contingency）が必要であることが示された（Sali et al., 2014）。一般的に、強化学習の枠組みでは、contingencyと報酬予測が学習を生じさせるための基盤となっている。報酬予測とは、自分の反応及び反応と直接関連した要素（特徴）に対して報酬を予測することであり、これは反応が報酬に先行することが前提とされる。実際に、すべて先行研究では反応が必ず報酬に先行しており、報酬予測の前提が満たされていた。この理由として、多くの先行研究では、報酬が課題に関連した特徴（例：ターゲットを定義する特徴）と連合されており、特徴と反応と報酬の時間的な関係性が固定されていたことが挙げられる。そのため、どのような特徴と反応と報酬の時間的な関係性がVDACの生起に必要なかについては明らかにされていない。

そこで本研究では、学習課題で課題非関連な特徴と報酬を連合した（Mine & Saiki, 2015）。報酬を課題非関連な特徴と連合した場合、特徴と反応と報酬の時間的な関係性を柔軟に操作することが可能となる。

実験1で先行研究の追試を行った後（Mine & Saiki, 2015）、以下の三点を検討した。第一に、VDACがcontingencyのみで成立する可能性を検討するため、報酬と連合した特徴（色）を報酬と同時に提示した（実験2）。第二に、報酬予測の前提である、反応が報酬に先行することはVDACが生じるために必要であるか否かを検討した。そのため、報酬と特徴を反応前に提示した（実験3）。最後に、VDACの生起には、特徴

と反応の同期が必要であるか否かを検討するため、特徴を反応前（実験4）、あるいは反応後（実験5）に提示した。VDACは、学習課題後に実施された視覚探索課題において、高報酬条件の反応時間が低報酬条件の反応時間よりも遅延するか否かで評価された。

方法

実験参加者 大学生・大学院生90名が、5つの実験に分類された（実験1：18名、実験2：18名、実験3：18名、実験4：18名、実験5：18名）。

刺激・手続き 実験は、先行研究のパラダイムを用い（Mine & Saiki, 2015）、学習課題（48試行×5ブロック：240試行）とテスト課題（48試行×4ブロック：計192試行）を実施した。各試行は、注視点（400/500/600msのいずれか）、課題（制限時間：フランカー課題800ms、視覚探索課題1500ms）、ブランク（1000ms）、フィードバック（1500ms）を含む4つの画面で構成された（Figure 1, 2）。

学習課題（フランカー課題） 刺激はアルファベット（20文字）であり、4文字×5ブロックに分類された。課題画面では、5つの文字が提示され（例：CCACC）、参加者は中央文字の同定を行い、キーボードで反応した（Figure 1）。報酬の条件は、高報酬（+100円）、低報酬（+10円）、統制（****）の3つであった。この報酬条件は、それぞれ特定の色（マゼンダ・イエロー・シアン）と連合しており、正答試行ではフィードバックで報酬が提示された。実験1では、報酬と連合した色を課題の画面（文字を囲う枠）に提示し、先行研究の追試的検討を行った（Figure 1, 左）。実験2では、フィードバックを囲う枠の色と報酬を連合した（Figure 1, 中央）。実験3では、実験1に加えて、その試行で得られる報酬が課題の画面に提示された。実験4では、反応に先立って、実験5では、反応に続いて、報酬と連合した色（注視点に付加）が提示された（Figure 1, 右）。色と報酬の連合は、参加者に明示しなかった。

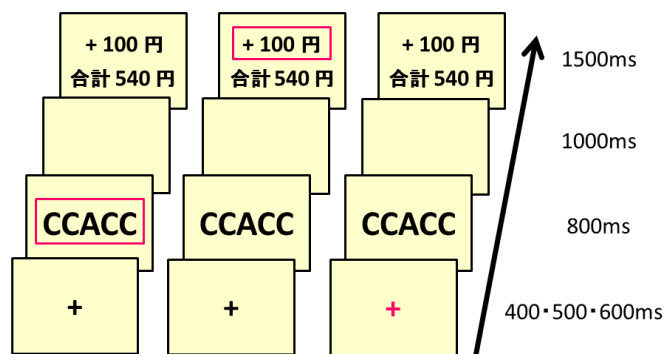


Figure 1. 学習（フランカー）課題1試行の流れ（左：実験1，中央：実験2，右：実験4）

テスト課題（視覚探索課題） 刺激は8種類の数字であり、2種類×4セットに分類された。各試行では、ランダムに選択された数字ペアのうち（例：4と9）、1つがターゲット、もう一方がディストラクタに割り当てられた（例：4がターゲット、9がディストラクタ、Figure 2）。探索画面では、6つの数字が円環状に提示され、参加者はターゲット（数字シングルトン）に対して奇偶判断を行った。報酬に関する3つの条件は、学習課題と対応していた。3分の2の試行では、学習課題で高報酬あるいは低報酬と連合していた色がディストラクタの1つに付加された（それぞれ全体の3分の1）。残り3分の1の試行では、色の付いたディストラクタが出現しなかった（統制条件）。また、テスト課題ではフィードバック画面で報酬の情報が提示されず、参加者に正解または不正解のみを知らせた。

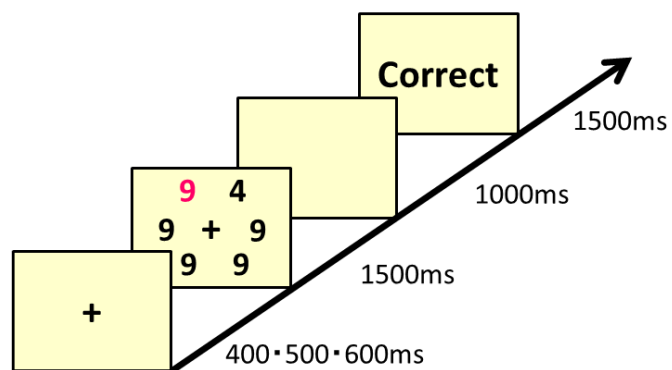


Figure 2. テスト（視覚探索）課題1試行の流れ

結果

実験1で、正答率が低かった参加者1人のデータ（学習課題67.9%、テスト課題54.2%）、平均±3標準偏差を外れた試行は分析から除外された。

学習課題では、多くの先行研究と同様に、報酬の影響がみられなかった（e.g., Mine & Saiki, 2015）。

テスト課題の試行は、学習課題の報酬条件（高報酬・低報酬・統制）をもとに分類された。各報酬条件の反応時間について、参加者内1要因分散分析を行った結果、実験1 ($F(2, 32) = 12.61, p < .001, \eta_p^2 = .441$),

実験2 ($F(2, 34) = 4.60, p = .017, \eta_p^2 = .213$), 実験4で報酬の主効果が確認された ($F(2, 34) = 5.34, p = .010, \eta_p^2 = .239$)。一方、実験3と5では、報酬の主効果が示されなかった ($F(2, 34) = 3.07, p = .060, \eta_p^2 = .153; F(2, 34) = 1.83, p = .176, \eta_p^2 = .097$)。報酬の主効果に有意差がみられた実験1, 2, 4について、それぞれRyan法による下位検定を行った。その結果、実験1のみ高報酬と低報酬の条件間に有意な差 (VDAC) が認められた ($t(16) = 2.49, p = .018, \text{Table 1}$)。

Table 1. テスト（視覚探索）課題の反応時間

	高報酬	低報酬	統制
実験 1	814	799	784
実験 2	825	826	803
実験 3	770	781	762
実験 4	839	843	810
実験 5	819	829	817

考察

本研究では、特徴と反応と報酬の時間的な関連性を操作し、VDACの生起はcontingencyのみで十分であるか否か（実験2）、VDACに反応が報酬に先行することは必要であるか否か（実験3）、そして、特徴と反応の同期がVDACに必要であるか否かを検討した（実験4と5）。その結果、報酬と連合した特徴が反応選択と同期し、さらに報酬が反応後に与えられた状況（実験1）でのみ、VDACがみられることを明らかにした。一方、特徴と報酬が同期した場合（実験2）、特徴と報酬が反応に先行する場合（実験3）にはVDACが確認されなかった。さらに、特徴が反応と同期しない場合にも、VDACの生起が認められなかった（実験4と5）。以上の結果から、本研究では、反応が報酬に先行することがVDACの生起に必要なこと、さらに、反応と同期した特徴がVDACを生じさせることを示唆する。

引用文献

- Anderson, B. A. (2016). The attention habit: how reward learning shapes attentional selection. *Annals of the New York Academy of Sciences*. doi: 10.1111/nyas.12957
- Mine, C., & Saiki, J. (2015). Task-Irrelevant Stimulus-Reward Association Induces Value-Driven Attentional Capture. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *77*, 1896-1907. doi: 10.3758/s13414-015-0894-5
- Sali, A. W., Anderson, B. A., & Yantis, S. (2014). The role of reward prediction in the control of attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *40*, 1654-1664. doi:10.1037/a0037267