

# 環境の滞在時間配分についての 最適採餌理論と対応法則を用いた検討

小林 穂波  
松井 大

関西学院大学文学部  
大阪大学大学院人間科学研究科

あらゆる行動は瞬間的なものではなく、時間的な広がりを持つ。生きることは行動することであり、有限の時間を複数の行動に分割して配分することである。行動への時間配分は、対応法則によって説明できる。対応法則とは、複数の選択肢があるとき、その選択肢の強化率が高いほど反応率も高くなるという法則である。本研究では、滞在時間の配分を説明する対応法則が最適採餌理論から導出できることから、得点獲得率が異なる複数の環境への滞在時間配分を採餌課題と対応法則によって調べた。採餌課題では、一つの環境に長く滞在するほど得点は増えていくが、その増加速度は徐々に低下した。実験の結果、対応法則と一致して画面の得点獲得率が高いほど滞在時間も長かった。しかし対応の程度は完全ではなく、得点獲得率の違いによらず二種類の画面への滞在時間が等しくなりがちな過小対応であることがわかった。目先の成果を最大化する戦略の結果であると考えられる。

Keywords: foraging, matching theory.

## 問題・目的

「見る」という行為は、環境への働きかけを通じて「何を見ているのか？」を探る探索行動である。このような視覚による探索は本来、瞬間的な行為ではなく、複数の時空間的スケールを持つ。例えば「新発売のお菓子を探す」という行為は、目の前のコンビニで探す局所的な行為と、街の様々な場所にあるコンビニの中から売っていきそうな店に目星を付ける大域的な行為に分割できる。現実世界の視覚探索の全容を理解するためには、大域的な環境の情報を学習して実行する過程を明らかにする必要がある。

そこで、視覚による探索の学習過程を大域的な環境の学習による探索効率の最大化として理解するため、行動分析学の対応法則 (matching theory) に注目した。対応法則とは、複数の選択肢があるときに、その選択肢の強化率が高いほど反応率も高くなるという法則である。目先の成果ではなく、長期的に見たときの成果を最大化する行動の結果生じると考えられている (Rachlin et al., 1976)。

本研究では、この対応法則が、動物が餌を探すときの最適な方略を表す最適採餌理論から導出できることから、動物の採餌行動研究から取り入れた逐次採餌課題と視覚採餌課題を用いて、環境への滞在時間の配分が対応法則に従うかを調べることを目的とした。

## 方法

**実験 1 (逐次採餌課題)** 14名の大学生が参加した。参加者の課題は、画面上に表示される長方形をクリックして点数を獲得することであった (Figure 1a)。長方形

をクリックしている間は点数が獲得できるが、クリックする時間が長くなるにつれて獲得できる点数は減っていくように設定した。

**実験 2・3 (視覚採餌課題)** 14名の大学生がそれぞれ参加した。参加者の課題は、画面上に呈示される視覚刺激をクリックして点数を獲得することであった (Figure 1b)。クリックすると5点が獲得できる加点刺激と、3点が減点される減点刺激を呈示した。刺激はすべて青色で呈示した。刺激の青色の明るさが点数と対応しており、明るい刺激であるほど加点刺激である確率が高く、暗い刺激であるほど減点刺激である確率が高かった。

対応法則は長期的に見たときの成果を最大化する法則であるから、各画面における報酬量そのものは対応法則のパラメータに影響しないはずである。そこで、実験3では、実験2に比べて多数の刺激を呈示した。画面上の刺激数は実験2では72個から80個、実験3では236個から268個で、画面ごとに無作為に決定した。

**対応法則の操作** どちらの実験でも、1つの画面で十分に点数を獲得したと思ったら、参加者は次の画面に移動することができた。画面の移動には8秒かかるように設定した。これまでに獲得した点数は次の画面にもすべて引き継がれた。制限時間内であれば、移動回数に制限はなく、何回でも移動することができた。

新しい画面に移動してから次の画面に移動するまでの時間を滞在時間と呼ぶ。対応法則と一致して、画面の得点獲得率が高いほど滞在時間が長くなるのかを調べるため、得点獲得率が異なる2種類の画面で構成される10分間のセッションを6回実施した。

各セッションでは2種類の得点獲得率が異なる画面を無作為な順序で呈示した。2種類の画面のうち、一方は固定条件の画面で、この画面の得点獲得率はすべてのセッションで同じであった。もう一方は変動条件の画面で、この画面の得点獲得率はセッションによって異なっていた。6回のセッションのうち3回は変動条件の方が固定条件よりも得点獲得率が高く、残りの3回は固定条件の方が変動条件よりも得点獲得率が高くなっていた。

**対応法則と採餌課題** 滞在時間に関する対応法則は、動物の採餌行動における環境への最適な滞在時間を表す最適採餌理論の限界値の定理 (marginal value theorem) から導出できる (Staddon, 2016)。それぞれの環境における累計報酬を、環境での滞在時間 $t$ の関数として $C_1(t_1)$ 、 $C_2(t_2)$ と表す。この関数の比を、累計獲得点数との関係で表現すると、対応法則と一致して次のように書ける。

$$\log \frac{t_1}{t_2} = \beta_1 \times \log \frac{C_1(t_1)}{C_2(t_2)} + \beta_0 \quad (1)$$

パラメータ $\beta_1$ が1のとき画面の報酬獲得率と滞在時間の比が完全対応する状況、 $\beta_1$ が0のとき報酬獲得率に関わらずランダムに選択する状況を表している。

## 結果

各実験におけるセッションごとの固定条件と変動条件の画面の滞在時間 $t_1$ と $t_2$ の比と、固定条件と変動条件の画面で獲得した得点 $C_1(t_1)$ と $C_2(t_2)$ の比の関係を Figure 2a に示す。図の点線は完全対応の場合を示す。折れ線とマーカーは各参加者の成績、灰色の範囲は対応法則のパラメータから推定した事後予測分布を示す。

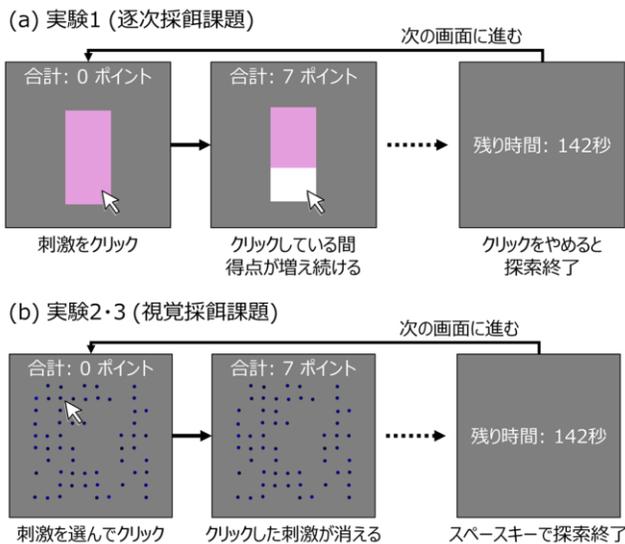


Fig 1. 逐次採餌課題 (a) と視覚採餌課題 (b) の手続き

ベイズ階層モデリングを用いて、各実験の対応を示すパラメータ $\beta_1$ とバイアス $\beta_0$ を推定した。すべての実験で $\beta_1$ は0よりも大きかったため、画面の得点獲得率が高いほど滞在時間が長くなることがわかった (Figure 2b, 実験 1:  $\beta_1 = 0.58$  (95%CI = [0.43, 0.72]); 実験 2:  $\beta_1 = 0.45$  (95%CI = [0.36, 0.47]); 実験 3:  $\beta_1 = 0.66$  (95%CI = [0.56, 0.76])). 一方で、 $\beta_1$ は1よりも小さかったため、対応の程度は完全ではなく、得点獲得率の違いによらず2種類の画面への滞在時間が等しくなりがちな過小対応 (undermatching) であった。

バイアス $\beta_0$ の事後分布の95%信頼区間は0を含んでいるため、一方の画面に対する判断の偏りはないことがわかった (Figure 2c)。

## 考察

逐次採餌課題と視覚採餌課題の両方で過小対応の傾向がみられた一方で、対応は常に成立した。視覚採餌課題では画面上に呈示される刺激の数によらず同様の結果であったことから、画面で得られる得点の量ではなく、画面に滞在すると減少していく得点率によって滞在時間の配分が決定されていると考えられる。

## 引用文献

Rachlin, H., Green, L., Kagel, J. H., & Battalio, R. C. (1976). In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 10, pp. 129–154). Elsevier.

Staddon, J. E. R. (2016). *Adaptive behavior and learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

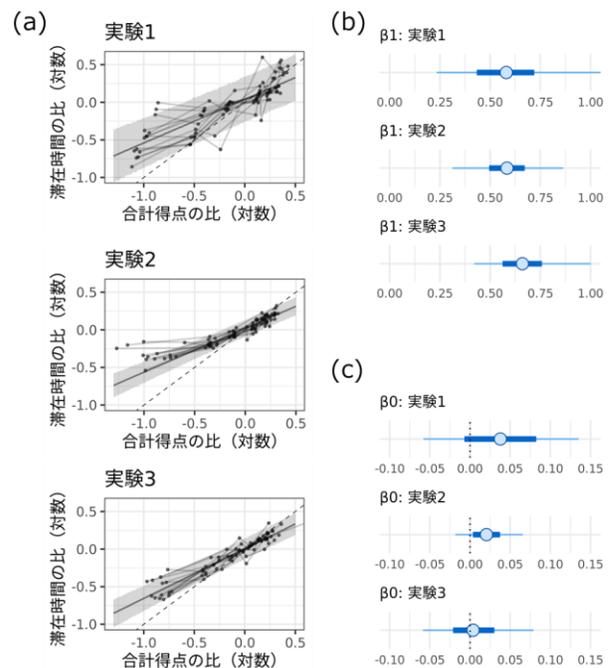


Fig. 2. 合計得点と滞在時間の比の関係 (a) と、対応法則パラメータの推定結果 (b)(c)