

刺激項目数が探索終了時間の最適化に与える影響

石橋 和也
喜多 伸一
大坪 庸介

神戸大学大学院人文学研究科
神戸大学大学院人文学研究科
神戸大学大学院人文学研究科

We propose a model to elucidate the underlying mechanism of the phenomena that the target probability modulates the termination time in visual search tasks. Based on the optimal foraging theory, the model assumes the optimization of the item per search time, which evaluation function is determined with the target probability and the hit rate. The model thus predicts search termination times. To confirm the model, we conduct experiments of visual search tasks at three set sizes and compare obtained search termination times and predicted ones. Set size at relatively large yield search termination times matched with the prediction by the model. These results indicate that humans conduct visual search tasks by maximizing the evaluation function of search times. This performance optimization may reflect an evolutionary competence, which human being has acquired through hunting and gathering

Keywords: Visual search, Set Size, Target probability, Search termination time, Optimal foraging theory.

問題・目的

視覚探索における探索終了時間(「ない」反応時間)は、目標の出現確率に応じて変化することが知られているが(Wolfe et al., 2007), この変化がどのようなメカニズムで起きるかは明らかにされていない。そこでわれわれは、行動生態学における最適採餌理論の観点から、目標の出現確率に応じた探索終了時間の変化を説明するモデルを構築した(石橋・喜多, 2008)。

提案したモデルでは、目標の出現確率と探索終了時間、hit率から評価関数である「発見効率」(単位探索時間当たりの目標発見個数)を算出し、その効率が最も良くなる探索終了時間を推定する。

ここで発見効率を R とすると、 R は以下のように定義できる。

$$R = \frac{\text{目標発見個数}}{\text{平均反応時間}} \quad (1)$$

ここで「ある」反応時間(YRT)の分布が以下の対数正規分布に従うとすると、

$$f(YRT) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma} \times YRT} \exp\left(-\frac{(\log(YRT) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

「ない」反応時間(NRT)によって決定されるhit率は以下のような(yesは「ある」反応, presentは目標存在試行)。

$$P(\text{hit}) = P(\text{yes} | \text{present}) = \int_0^{\overline{NRT}} f(YRT) \quad (3)$$

目標の出現確率を、

$$P(\text{prior}) = P(\text{present} | \text{all}) \quad (4)$$

とすると、目標発見個数は以下ようになる。

$$\text{目標発見個数} = P(\text{prior})P(\text{hit}) \quad (5)$$

また、1試行当たりにかかる平均反応時間は、「ある」反応時間と「ない」反応時間の両方から算出され、以下のような $(P(\text{prior})P(\text{hit}))$ は「ある」反応の割合、 $1 - P(\text{prior})P(\text{hit})$ は「ない」反応の割合。

$$\text{平均反応時間} = \frac{\overline{YRT} \times P(\text{prior})P(\text{hit}) + \overline{NRT} \times (1 - P(\text{prior})P(\text{hit}))}{P(\text{prior})P(\text{hit}) + (1 - P(\text{prior})P(\text{hit}))} \quad (6)$$

以上から R は以下の式となる。

$$R = \frac{P(\text{prior})P(\text{hit})}{\overline{YRT} \times P(\text{prior})P(\text{hit}) + \overline{NRT} \times (1 - P(\text{prior})P(\text{hit}))} \quad (7)$$

R は逆U字型の関数となり、この値が最大となる「ない」反応時間が最適「ない」反応時間となる。

石橋・喜多(2008)では、探索効率が異なる視覚探索課題を用いた実験を行い、モデルから推定される「ない」反応時間の予測値と実測値を比較した。その結果、非効率的な課題(結合探索課題)では実測値が予測値と一致したが、効率的な課題(特徴探索課題)では予測値と実測値が一致しなかった。これらの結果から、探索が非効率的な課題でのみ確率による「ない」反応時間の最適化が起きることを示唆した。

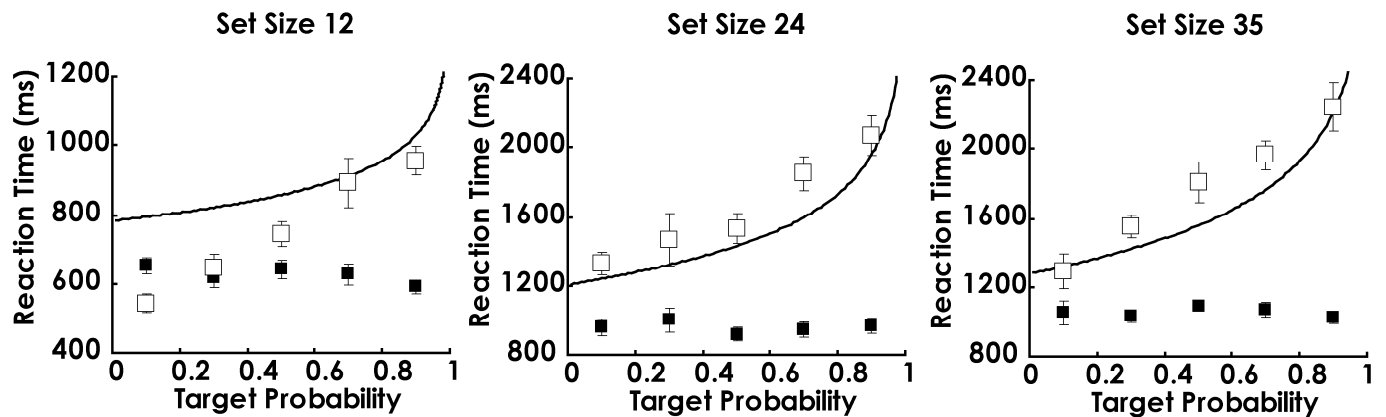
本研究では先行研究を踏まえ、提案したモデルの妥当性をより詳細に検討する。そこで、探索効率が同じであるがセットサイズが異なる視覚探索実験を行い、実測値とモデルから推定される予測値を比較する。

方法

実験デザイン 目標の出現確率(0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9)の1要因の実験参加者内の実験計画。

実験参加者 正常な視力、および色覚を有する大学生・大学院生24名が、各実験課題に8名ずつ参加した。

課題 刺激項目には黒字のLとTを用い、それらを白の背景に提示した。実験課題は目標の有無により二つの試行に分類した(目標存在試行, 目標不在試行)。また、



■…Observed "Yes" Reaction Time, □…Observed "No" Reaction Time, —…Expected "No" Reaction Time

Figure 1 Reaction times in this experiment. Error bars represents \pm S.E.M. for 8 participants.

実験にはセットサイズが12, 24, 35個の3つの課題を用いた。

予備実験の結果, この課題を用いた場合の探索効率
は目標存在試行では26.3ms/item, 目標不在試行では
59.1ms/itemであった。

実験手続き 実験参加者には, 提示された実験課題の
中から「なかまはずれ(目標)」をなるべく速く正確に探
しだすことを求めた。課題後はフィードバック画面が
提示された。実験参加者は目標の出現確率を知らされ
ず, 各条件をランダムな順番で行った。各条件で200
回の試行を行い, 最初の50回の試行は練習試行として
分析から除外した。

結果

モデルの適合性を検定するに当たっては, 各実験参
加者の予測値と実測値の差を t 検定によって検討した。

Set Size 12 セットサイズが12個の場合の反応時間の
結果をFigure 1 左に示す。

「ある」反応時間の平均反応時間は613ms, 標準偏差
は143であり, 各条件でほぼ一定であった。「ない」反
応時間の実測値と予測値を比較したところ, 0.1, 0.3,
0.5の条件で実測値と予測値の間に有意な差が見られ
た($p < .01$)。

Set Size 24 セットサイズが24個の場合の反応時間の
結果をFigure 1 中に示す。

「ある」反応時間の平均反応時間は964ms, 標準偏差
は362であり, 各条件でほぼ一定であった。「ない」反
応時間の実測値と予測値を比較したところ, 0.7の条
件で実測値と予測値の間に有意な差が見られた($p < .05$)。

Set Size 35 セットサイズが35個の場合の反応時間の
結果をFigure 1 右に示す。

「ある」反応時間の平均反応時間は1045ms, 標準偏
差は434であり, 各条件でほぼ一定であった。「ない」
反応時間の実測値と予測値を比較したところ, 0.7の
条件で実測値と予測値の間に有意な差が見られた
($p < .05$)。

考察

本研究では, 探索効率が同じであるがセットサイズ
が異なる視覚探索課題を行い, 「ない」反応時間の実測
値と提案したモデルから推定される予測値を比較した。
その結果, セットサイズが大きい課題(24個, 35個)で
は実測値と予測値の当てはまりが良かった。その一方
で, セットサイズが小さい課題(12個)では実測値と予
測値の当てはまりが悪かった。これらの結果は, 注意
の移動が必要(非効率的な探索課題)で, かつその移動
が長時間必要(セットサイズが大きい課題)な場合に,
提案したモデルによる説明が可能であることを示唆す
る。

提案したモデルの当てはまりの良さが探索効率やセ
ットサイズの違いによって異なる理由は, 各課題の探
索時間の違いから説明できる。効率的な課題やセット
サイズが小さい課題は探索時間が比較的短いため,
「ない」反応時間が変化しても発見効率はあまり変わら
ない。その一方で, 非効率的な課題やセットサイズが大
きい課題は探索時間が比較的長いため, 「ない」反応時
間を変化させることで発見効率が大きく変わる。この
ように探索時間が比較的長い課題では「ない」反応時間
の変化によって発見効率が大きく変わるため, 目標の
出現確率による「ない」反応時間の最適化が起きると考
えられる。

引用文献

- 石橋和也・喜多伸一, 2008, なるべく速く正確に～目標
の出現確率による探索終了時間の最適化～, 電子
情報通信学会技術研究報告, HIP2008-124, 7-12.
- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., Van Wert, M. J., Kenner, N.
M., Place, S. S., Kibbi, N., 2007, Low target
prevalence is a stubborn source of errors in visual
search tasks., *Journal of Experimental Psychology:
General*, 136, 623-638.