

主観的確率が視覚探索に与える影響

石橋 和也
喜多 伸一

神戸大学大学院文学研究科
神戸大学大学院人文学研究科

We examined the effect of subjective probability on search termination in visual search. In order to examine that observers search visual targets effectively relying on subjective probability, we conducted a conjunctive visual search experiment. For the setting of subjective probability, we manipulated posterior probability which was defined with the combination of prior and conditional probability. We defined prior probability by setting present-trial ratios to 20 and 80%, and conditional probability by setting “positive” and “negative” cue appearing in 80% and 20% of the present-trial, respectively. The results of the experiment showed that increasing prior and conditional probability brought about slower response times for “no” responses and a remarkable shift of the criterion value towards the peak of “yes” responses. These results suggest that subjective probability in visual search can be approximated with great precision by taking into account both prior and conditional probability and that search termination times rely on the probability information.

Keywords: subjective probability, visual search, search termination

問題・目的

ヒトは不確実状況下において確率判断を誤ってしまうことがたびたびある。確率判断の錯誤の代表的な例としては、事前確率と条件付き確率から事後確率を算出する場合に、事前確率を無視し条件付き確率を答えてしまう「事前確率の無視」(Tversky & Kahneman, 1974)という現象があげられる。その一方で、時間順序判断・空間的な情報の推定などの認知・知覚課題では、事前確率を用いてベイズ推定を行うことで判断の正答率を効率的にあげていることが知られている(Koerding & Wolpert, 2004; Miyazaki, Yamamoto, Uchida, & Kitazawa, 2006)。

視覚的な探索行動はヒトの重要な認知行動のひとつであり、その認知行動にも事前確率と条件付き確率が重要な働きを果たす場合がある。しかし、視覚探索課題における事前確率の影響が調べられている一方で(Wolfe, Horowitz, Van Wert, Kenner, Place, & Kibbi, 2007)、条件付き確率の影響はあまり調べられていない。そこで本研究では、ヒトが視覚的な探索を行う場合に、事前確率と条件付き確率から適切な主観的確率を表象し、その確率情報をもとに効率良く探索を行うことが可能であるかを検討する。

方法

実験デザイン (事前確率：20%・80%)×(条件付き確率：positive cue・negative cue)×(試行タイプ:目標存在試行・目標不在試行)の3要因の実験参加者内の実験計画とした。

実験参加者 正常な視力(矯正を含む)、および色覚を有する日本人大学生・大学院生8名(女性2名、22歳から27歳)であった。

実験課題 実験課題は、色と形によって刺激図形が定義される結合探索課題であった。予備実験の結果、

この課題を用いた場合の探索効率 d' は31.5ms/itemであった。

手続き 実験参加者には、ディスプレイに提示された複数の刺激の中から「なかまはずれ」をなるべく速く正確に探しだすことを求めた。実験は事前確率の条件ごとにブロック化して行い、それぞれの条件を300回ずつ行った。この際に、目標存在試行の80%でpositive cueが、また目標不在試行の80%でnegative cueが提示された。最初にそれぞれのcueが出現した場合の条件付き確率を学習するために、事前確率が50%の条件を行った。その後2つの事前確率の条件をランダムな順番で行った。

1試行の流れをFigure 1に示す。各試行が始まる前には画面の中央にどちらかのcueが提示された。その後、課題画面がキーボードに何らかの反応があるまで提示され続けた。実験参加者には各条件の終了後にそれぞれのcueが出た場合と、条件全体でどれくらいの割合で目標が出現したかを答えてもらった。

分析方法 すべての試行で「ある」反応、「ない」反応を記録した。300回の試行のうち最初の50回の試行は、練習試行として分析から除外した。エラー率から、信号検出理論における d' の値と C (Criterion)の値を算出した。

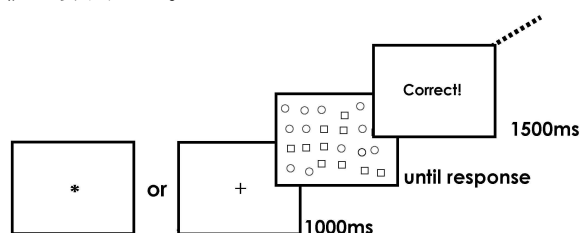


Figure 1 Schematic representation of the procedure of this experiment.

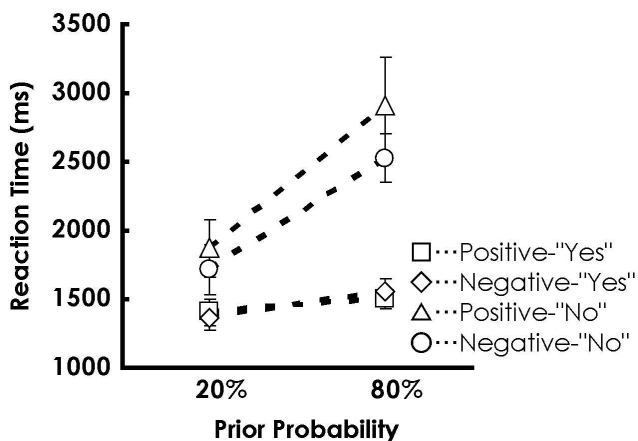


Figure 2. Reaction times in this experiment. Error bars represents \pm S.E.M. for 8 participants.

結果

主観的確率 各条件における実験参加者が報告したそれぞれのcueに対する主観的確率は、Positive-20%条件(事後確率は50%, 以下同じ)で37%($SD=.25$), Negative-20%条件(6%)で8%($SD=.03$), Positive-80%条件(94%)で90%($SD=.05$), Negative-80%条件(50%)で49%($SD=.15$)であった。

反応時間 反応時間の結果を Figure 2 に示す。

「ある」・「ない」反応時間それぞれについて、参加者内2要因の分散分析を行った。その結果、「ある」反応時間に関して事前確率の主効果 ($F(1, 7)=3.11, n.s.$), 条件付き確率の主効果 ($F(1, 7)=0.01, n.s.$), および事前確率と条件付き確率の交互作用は見られず ($F(1, 7)=1.76, n.s.$), それぞれの確率の変化に従った反応時間の増減は見られなかった。

「ない」反応時間に関しては事前確率の主効果 ($F(1, 7)=68.31, p<.01$), および条件付き確率の主効果が見られ ($F(1, 7)=6.25, p<.05$), どちらの確率が高くなった場合も反応時間が長くなった。事前確率と条件付き確率の交互作用は見られなかった ($F(1, 7)=1.63, n.s.$)。

d' , C d' , C の値をFigure 3に示す。

d' ・ C の値それぞれについて、参加者内2要因の分散分析を行った。その結果、 d' の値に関して事前確率の主効果 ($F(1, 7)=1.66, n.s.$), 条件付き確率の主効果 ($F(1, 7)=3.18, n.s.$), および事前確率と条件付き確率の交互作用は見られず ($F(1, 7)=0.85, n.s.$), それぞれの確率の変化に従った d' の値の増減は見られなかった。

C の値に関しては事前確率の主効果 ($F(1, 7)=81.58, p<.01$), および条件付き確率の主効果が見られ ($F(1, 7)=7.87, p<.05$), どちらの確率が高くなった場合も C の値が小さくなった。また、事前確率と条件付き確率の交互作用に有意な傾向が見られた ($F(1, 7)=5.15, p<.10$)。

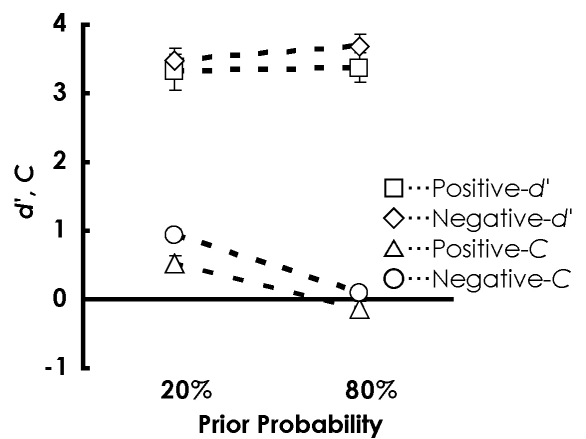


Figure 3. d' and C in this experiment. Error bars represents \pm S.E.M. for 8 participants.

考察

本研究では、事前確率と条件付き確率を操作した視覚探索実験を行い、それらの確率情報の影響を調べた。実験の結果、視覚探索では事前確率と条件付き確率の情報から目標の発生確率を適切に表象することが可能で、またその情報を用いて探索を「止める」までの時間を決定していることが示唆された。

本研究では、Positive-20%条件とNegative-80%条件の事後確率はそれぞれ50%と等しくなるため、これらの条件の「ない」反応時間と C の値は等しくなると考えた。しかし、Positive-20%条件に比べてNegative-80%条件のほうが「ない」反応時間が長く、また C の値もNegative-80%条件のほうが小さくなった。これらの結果は条件付き確率よりも事前確率のほうが、「ない」反応時間や C の値に強く影響を与えたことを示唆する。今後の研究では、実験参加者に条件付き確率を確実に学習させた場合も、同じように事前確率を重視するのかを調べる予定である。

引用文献

- Kording, K.P., & Wolpert, D.M.(2004)Bayesian integration in sensorimotor learning. *Nature*. **427**, 244-247.
- Miyazaki, M., Yamamoto, S., Uchida, S., & Kitazawa, S. (2006) Bayesian calibration of simultaneity in tactile temporal order judgment. *Nature Neuroscience*. **9**, 875-877.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974) Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*. **185**, 1124-1131.
- 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.