

視覚探索における低確率効果を軽減するために

——類似性探索の正確性の検証——

伊藤 彩華・小野 楽人・進藤 伊織・横山 和尊

大正大学心理社会学部人間科学科

指導教員：井関 龍太

要旨：視覚探索において、人は高確率で現れるものより低確率で現れるものを見逃してしまう。このような低確率効果を軽減する手段として類似性探索が提案されている。本研究では類似性探索を用いることで標的の認識が曖昧になるのかを検証した。そのために、探索後に標的の形を尋ねる質問を追加した。実験の結果、類似性探索でも標的を十分に認識できることがわかった。しかし、探索方法の操作による低確率効果の軽減はみられず、全般的に標的の見逃しが少なかった。そのため、探索後に標的の形を回答させること自体が視覚探索の精度を上げる可能性が示唆された。

問 題

人力で行う商品の検品作業で不良品を完全に見逃さないようにするのは難しい。この現象はたくさんの商品の中に不良品が入っていることはほとんどないため、何度も検品している内に「この商品も問題ないだろう」と暗に思い込むことなどが原因である。このように、特定の標的を探すことを目的とした視覚探索状況において低確率で出現する標的を見逃しやすくなることを低確率効果という。この現象は不在反応に対する反応バイアスと運動バイアスが原因だと考えられている (Taylor, Hilchey, Weidler, & Pratt, 2022)。反応バイアスは期待効果と反復効果の二つに分けられる。期待効果とは、不在反応が続くことで標的の出現に対する期待が低くなり、標的の検出率が低くなる効果である。反復効果とは、標的出現の反復が標的検出の早さと正確さを向上させる効果である (Kristjánsson, 2008)。つまり、不在反応が続く場合は、標的の出現率が高い時よりも反応時間が早くなり、正答率は下がる。運動バイアスは、不在反応時の反応の動きを繰り返しやすいことである。低確率効果は、現実場面においてリスクの高い対象を見逃さないようにすることや視覚探索のメカニズムの理解において

重要であるため、様々な研究が行われた。まず、眼球運動を計測することでなぜ標的の見逃しが起こるかを明らかにする研究が行われた。その結果、標的が低頻度で出現する場合には、標的を固視する可能性が低いこと (Hout, Walenchok, Goldinger, & Wolfe, 2015)、参加者は標的を固視してもそれと認識しづらいこと (Godwin, Menneer, Riggs, Cave, & Donnelly, 2015) が示された。また、運動バイアスを統制した研究 (Gotwin, Menneer, Cave, Helman, Way, & Donnelly, 2010) において、運動バイアスを統制しても低確率効果は残ることが明らかになった。このため、低確率効果の主な原因は反応バイアスであると考えられた。さらに、反応バイアスの期待効果と反復効果を分離することを目的とした研究 (Godwin, Menneer, Riggs, Taunton, Cave, & Donnel, 2016) では、1 試行の内に低頻度で標的が出現する探索と高頻度で標的が出現する探索を行わせることで期待効果を固定し、標的の色を変化させることで反復効果を操作し、反応時間や眼球運動を計測した。その結果、反復効果の方が期待効果よりも低確率効果に大きく影響することが示された。

低確率効果の軽減を目的とした研究では、低確率効果に対する影響が小さかったり、低確率効果を軽減する作用があってもミスが増えたりと効果的な方法がなかった。これに対して Taylor et al. (2022) はそれまでの研究よりも効果的に低確率効果を緩和する方法を示した。低確率効果は標的の不在が続くと、また標的はないだろうと期待することや、同じ判断や動作を繰り返すようになり探索が雑になることが原因である。そのため、Taylor et al.は標的不在時にも回答させることで不在によるまた標的はないだろうという期待を統制することで、同じ判断や動作の繰り返しを緩和しようとした。彼らは標的としてアルファベットの T を用いて、標的が画面内にあるかないかを探索し、標的の有無探索と画面の中で最も T に似ている項目 (ニア T) を探索する類似性探索の 2 つの条件でミス率が変化するかを検証した。3 つの実験全てで高頻度ブロックの標的出現率は 50%、低頻度では 10% に設定された。実験 1 の標的の有無探索では T を探索し、存在していれば P キーを、不在であれば A キーを押した。類似性探索では刺激の中からニア T を探索した。見つけたら P キーを押し、その刺激をマウスカーソルでクリックした。実験 2 では、標的の有無探索でも存在試行では標的を見つけたらその項目をマウスカーソルでクリックさせることで反応の仕方を類似性探索と同じにした。不在試行では P キーを押した後でマウスカーソルを画面の端へやることとした。実験 3 では類似性探索において参加者がニア T の形のテンプレートを思い浮かべて探索している可能性を検討した。ニア T のテンプレートを使って探索しているのだとしたら、不在試行でもニア T を標的とする探索がなされているのであって、類似性探索においてミス率が減少したことは低確率効果の緩和によるものとは言えない。そのため、実験 3 では不在試行のときニア T の形をランダムにしてテンプレートを使えなくした。結果として、すべての実験で標的の有無探索よりも類似性探索でミス率が低く、低確率効果を緩和することができた。

Taylor et al. (2022) では低確率効果を緩和させる結果が見られたが、一つ疑問が残った。それは、類似性探索では本当にどの試行でも標的をそれと正しく認識していたのかということである。標的が明確である標的の有無探索と異なり類似性探索では実験参加者は呈示された刺激の中からニア T に近い形を探しているだけで、それが標的か

どうか（指定された T そのものであるか）は認識していないのではないか。つまり、存在試行において正しく回答しているように見える場合でも、たまたま回答と正答が一致しただけであり標的が T であるという認識が成立していない可能性がある。もしそうなら、本来の目的である探索ができているとは明言できないのではないか。そこで、Taylor et al. (2022) の類似性探索には実験参加者の標的の認識について検討する余地がある。そのため本研究では標的発見後に標的が T・L・どちらでもないのいずれであったかを問い、標的を認識できているかを検証する。Taylor et al. (2022) の実験 2 に基づいて、標的の認識についてよりくわしく検討できるようにするため、T とニア T の他に L と L によく似たニア L を新たに標的として加えた。さらに、見つけた項目をクリックするのではなく標的発見後に現れた選択肢をマウスでクリックして回答させる。探索条件（標的有無探索・類似性探索）と出現頻度条件（低頻度・高頻度）の 2 つの要因を独立変数とし、反応時間、標的識別率、ミス率を従属変数とする。本研究では類似性探索は標的有無探索に比べて、標的の認識が曖昧であるという仮説を検証する。この仮説が正しいとすれば類似性探索では標的有無探索よりも、標的発見後の質問の正答率である標的識別率が低くなることが予測される。

方 法

実験参加者

大学生 38 名が実験に参加した。参加者の性別は女性が 22 名、男性が 16 名であった。参加者全体の平均年齢は 20.53 歳 ($SD = 0.91$) であった。参加者の視力は全員正常、もしくは矯正済みであった。2 名の参加者のデータは不完全であったため、分析前に除外された。

刺激と装置

刺激呈示は、実験参加者各自の所有する PC を用いて行われた。刺激の例を図 1 に示す。一つの刺激は長さ 20 ピクセルの棒を 2 本垂直に組み合わせたものであった。刺激の色は灰色で刺激ごとに RGB 値が 100~160 の間でランダムに濃淡が異なった。刺激条件ごとに縦棒と横棒が接する、もしくは交差する位置がランダムに異なった。刺激条件は、完全な T、完全な L、ニア T（T の縦棒が 3 ピクセル外側へずれる）、ニア L（L の片棒が 3 ピクセルずれて接する）、妨害刺激（+ に似た交差）であった。標的刺激は完全な T か完全な L のどちらかであった。刺激表示領域の大きさは 800×600 ピクセルであった。刺激は黒色（RGB 値 0 : 0 : 0）の背景上に呈示された。刺激は非表示の仮想 9×9 のグリッド上に 16 個ランダムに配置され、妨害刺激は画面上に 15 個存在した。各グリット間の間隔は 50 ピクセルであり、各刺激はグリットの範囲内で最大 20 ピクセル分ランダムに配置が変動した。すべての刺激は 0° 、 90° 、 180° 、 270° の 4 種類のいずれかの角度でランダムに回転させて配置した。

実験はウェブサーバー上に lab.js (Henninger et al. 2022) を用いて作成したプログラムをアップロードして行った。

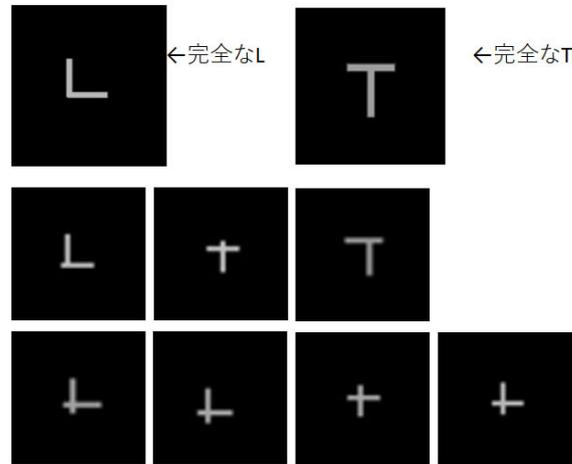


図1 呈示される標的刺激と妨害刺激

手続き

実験には、参加者間で操作した標的有無探索と類似性探索の探索要因と、参加者内で操作した高低の標的出現頻度の出現要因があり、2×2の混合要因計画であった。それぞれの探索条件で存在試行は24回と等しく、不在試行の数によって出現率を操作した。高頻度群では50%、低頻度群では10%の出現率を予定していた。しかし、プログラムのミスにより、高頻度群では存在試行は24回であり、出現頻度は50%であった。また、低頻度群では存在試行は48回であり、出現頻度は16.6%であった。各参加者は高頻度と低頻度のどちらの条件も行うが、順序が高→低の順か低→高の順で行うかを参加者間でカウンターバランスした。

実験ではまず教示画面を表示した。試行の順序を図2に示す。16個の記号の中からアルファベットのTかL（類似性探索の場合にはこれに加え、他よりTかLに似たもの）を探し、探し終わったら素早くキーボードのスペースキーを押し、切り替わった後の画面では、刺激呈示画面で呈示された標的刺激に対応する選択肢（TとL、どちらでもないの3択）をマウスでクリックするよう指示した。この時の回答時間を計測していることを事前に参加者に伝えた。教示画面の後に、図3のような刺激呈示画面を例示した。T形状がある画面、L形状がある画面、標的がない画面の3つを例示し、標的の位置を赤い円で強調した。その後、練習試行を20試行行い本試行に移った。各試行では、まず注視点が500ms表示され、その後刺激呈示画面が参加者がスペースキーを押すまで表示された。その後の回答画面では参加者はT、L、どちらでもないの3つの選択肢からひとつを選び、マウスクリックした。マウスクリック後にフィードバックとして回答の正誤が1,000ms画面に表示された（正しければ「正解」、誤れば「不正解」と表示）。フィードバックの後、注視点が表示され次の試行が開始した。高低どちらからの出現頻度で試行を行った後再び20試行の練習試行を挟み、その参加者が行っていない出現条件で本試行を行った。したがって、参加者は練習試行を20×2試行、本

試行を 48 + 288 試行行った。練習試行は本試行の標的出現頻度を参加者に体験させることが目的であったため、予定していた本試行と同じ頻度で標的が出現した。低頻度条件の本試行では 48 試行ごとに 30 秒間の休憩時間を設けた。各刺激は条件内で参加者ごとにランダムな順序で呈示された。

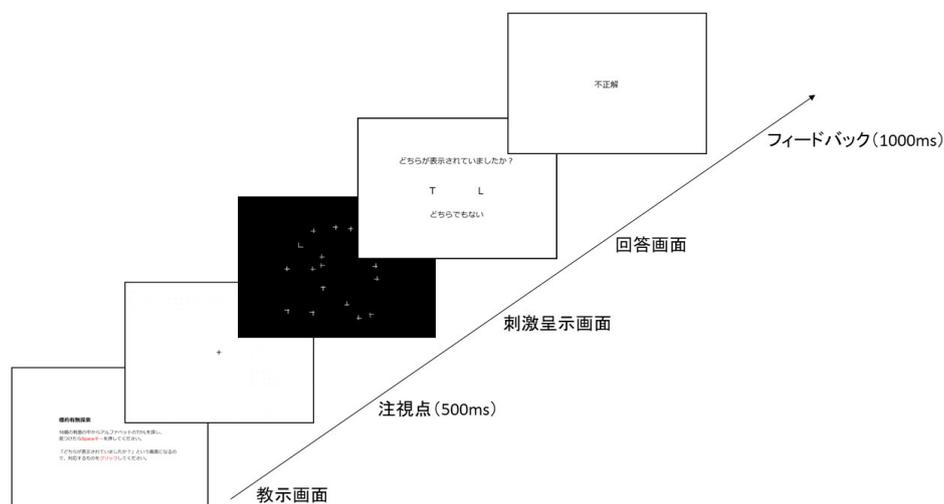


図 2 試行順序の模式図

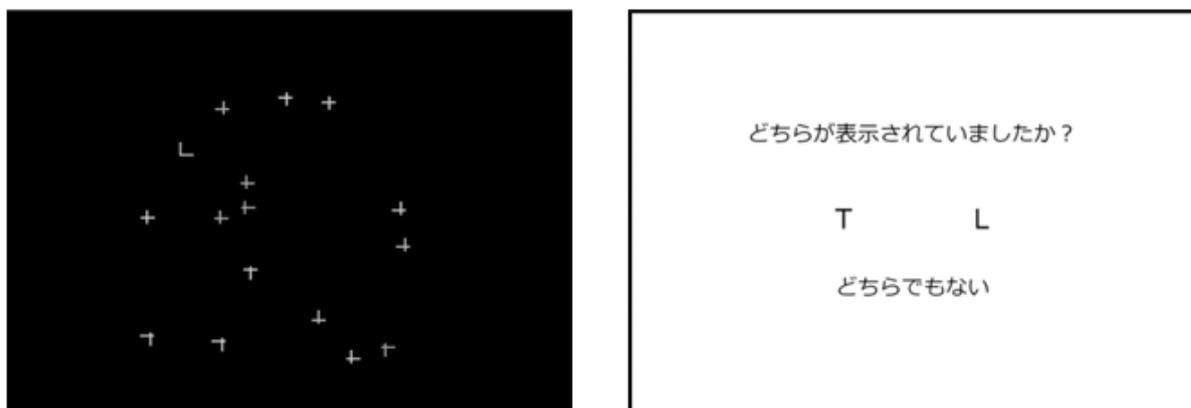


図 3 刺激呈示画面と回答画面

結 果

反応時間

図 4 は刺激が呈示されてからスペースキーを押すまでの時間を反応時間とし探索条件と出現条件ごとの平均反応時間を示した。回答時間が 5,000 ms 以上の反応は外れ値とみなして除外した。全体データの 10%に当たる。以下の分析では有意水準を 5%に設定した。平均回答時間について、探索条件（標的有無，類似性）と出現条件（高頻

度、低頻度)を要因とした2×2の混合要因の分散分析を行った。この結果、探索条件の主効果は有意でなく($F(1, 34)=0.60, p=0.44$)、出現条件の主効果が有意だった($F(1, 34)=0.60, p=0.05$)。探索条件×出現条件の交互作用は有意でなかった($F(1, 34)=0.06, p=0.80$)。このことから、探索条件では回答時間に差がなく、出現条件では低頻度条件の時には高頻度条件よりも回答時間が長くなり、探索条件と出現条件の組み合わせの効果はなかったことが示された。

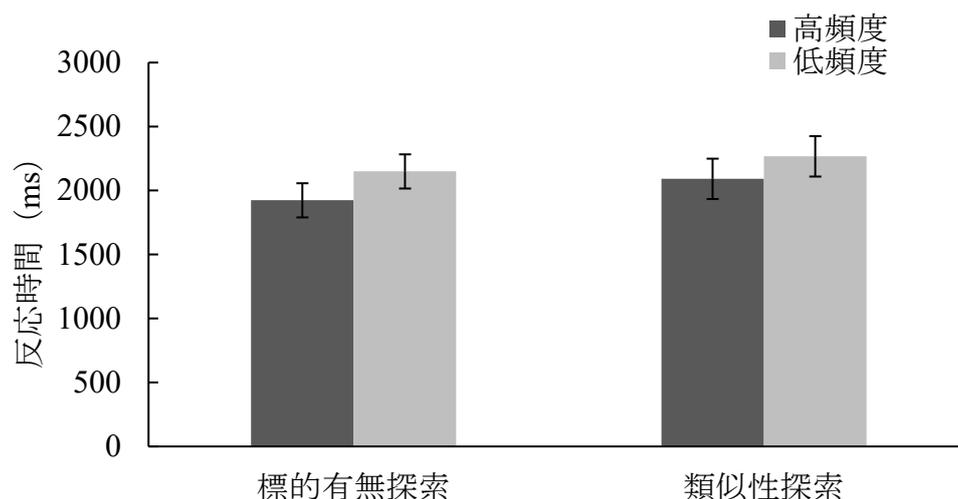


図4 探索条件と出現条件ごとの平均反応時間 (エラーバーは95%信頼区間)

標的識別率

全試行の質問の正答数を分子、全試行数を分母として標的識別率を計算した。図5は探索条件と出現条件ごとの標的識別率を示した。以下の分析では有意水準を5%に設定した。正答率について、探索条件(標的有無, 類似性)と出現条件(高頻度, 低頻度)を要因とした2×2の混合要因分析を行った。この結果、探索条件の主効果が有意でなく($F(1, 34)=0.13, p=0.72$)、出現条件の主効果も有意ではなかった($F(1, 34)=0.58, p=0.45$)。探索条件×出現条件の交互作用は有意でなかった($F(1, 34)=1.20, p=0.28$)。このことから、どちらの条件も正答率に差がなく、組み合わせの効果もなかったことが示された。

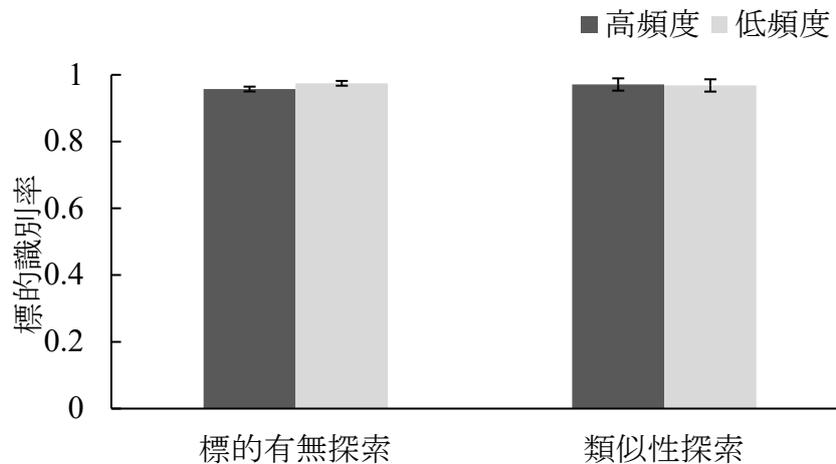


図5 探索条件と出現条件ごとの標的識別率（エラーバーは95%信頼区間）

ミス率

標的存在試行において「ない」と回答した割合をミス率として計算した。図6に探索条件と出現条件ごとのミス率を示した。以下の分析では有意水準を5%に設定した。平均回答時間について、探索条件（標的有無，類似性）と出現条件（高頻度，低頻度）を要因とした2×2の混合要因の分散分析を行った。この結果，探索条件の主効果が有意でなく（ $F(1, 34) = 0.15, p = 0.70$ ），出現条件の主効果が有意だった（ $F(1, 34) = 8.40, p = 0.01$ ）。探索条件×出現条件の交互作用は有意でなかった（ $F(1, 34) = 0.36, p = 0.55$ ）。このことから探索条件には差がなく，ミス率は低頻度のときに高くなることが示された。

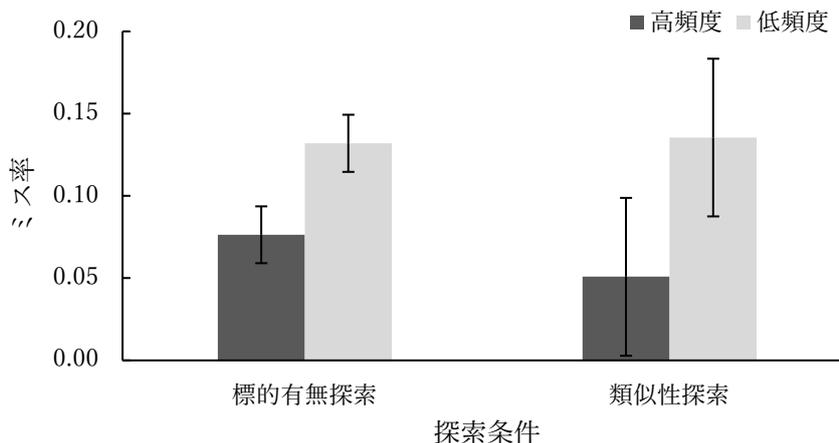


図6 探索条件と出現条件ごとのミス率（エラーバーは95%信頼区間）

考 察

本研究では，Taylor et al. (2022) を手がかりとして，類似性探索においても標的を見分けられているかを明らかにすることを目的とした。そこで，類似性探索では標的の

識別ができていないという仮説を検証した。探索終了後に画面上にあったものが標的だったかを問う質問を追加した実験を行い、反応時間と標的識別率を計測し標的存在時の誤答をミス率として算出した。類似性探索では、標的有無探索に比べ、低確率効果は軽減されるが標的識別率は低下することが予想された。実験の結果、反応時間では探索条件による違いがなく、低頻度条件では高頻度条件よりも長くなった。ミス率では探索条件による違いはなく、低頻度条件のときに高頻度条件よりも高くなった。また標的識別率はどの条件間でも有意な差は見られなかった。このことから探索条件に関係なく標的の識別はできていることが示唆された。この結果は、予想と一致しなかった。このような結果が見られた原因として、本研究ではプログラムのミスにより本来の設定より低頻度条件の標的出現確率が予定より 6.6%高かったために、課題の難易度が低かった可能性が挙げられる。また、探索終了後に標的を問う質問を設けたことで、実験参加者が後に標的が尋ねられると考え慎重に区別し標的を覚えようとしていた可能性が挙げられる。探索終了後に標的を問う質問を追加したことで、標的をよく探索するようになり、どの条件間でも標的識別率が高くなりミス率が低くなったと考える。そのため、探索条件の違いによって低確率効果を軽減できなかったが、後で標的について尋ねることが視覚探索の精度を上げる方法として有効である可能性が考えられる。

引用文献

- Godwin, H. J., Menneer, T., Cave, K. R., & Donnelly, N. (2010). Dual-target search for high and low prevalence X-ray threat targets. *Visual Cognition, 18*, 1439–1493. (Godwin, Menneer, Riggs, Taunton, Cave, & Donnel, 2016 の引用による)
- Godwin, H. J., Menneer, T., Cave, K. R., Helman, S., Way, R. L., & Donnelly, N. (2010). The impact of relative prevalence on dualtarget search for threat items from airport X-ray screening. *Acta Psychologica, 134*, 79–84. (Godwin, Menneer, Riggs, Taunton, Cave, & Donnel, 2016 の引用による)
- Godwin, H. J., Menneer, T., Cave, K. R., Thaibsyah, M., & Donnelly, N. (2015). The effects of increasing target prevalence on information processing during visual search. *Psychonomic Bulletin & Review, 22*, 469–475. (Godwin, Menneer, Riggs, Taunton, Cave, & Donnel, 2016 の引用による)
- Godwin, H. J., Menneer, T., Riggs, C. A., Taunton, D., Cave, K. R., & Donnel, N. (2016). Understanding the contribution of target repetition and target expectation to the emergence of the prevalence effect in visual search. *Psychonomic Bulletin & Review, 23*, 809-816.
- Henninger, F., Shevchenko, Y., Mertens, U. K., Kieslich, P. J., & Hilbig, B. E. (2022). lab.js: A free, open, online study builder. *Behavior Research Methods, 54*(2), 556–573. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01283-5>
- Hout, M. C., Walenchok, S. C., Goldinger, S. D., & Wolfe, J. M. (2015). Failures of perception in the low-prevalence effect: Evidence from active and passive visual search. *Journal of*

- Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41, 977–994. (Godwin, Menneer, Riggs, Taunton, Cave, & Donnel, 2016 の引用による)
- Kristjánsson, Á. (2008). “I know what you did on the last trial”—Aselective review of research on priming in visual search. *Frontiers in Bioscience*, 13, 1171–1181. (Godwin, Menneer, Riggs, Taunton, Cave, & Donnel, 2016 の引用による)
- Taylor, J. E. T., Hilchey, M. D., Weidler, B. J., & Pratt, J. (2022). Eliminating the low-prevalence effect in visual search with a remarkably simple strategy. *Psychological Science*, 33(5), 716–724. <https://doi.org/10.1177/09567976211048485>