

Ma, W. J. (20??). Problematic usage of the Zhang and Luck mixture model. *Journal of Vision* ??, 1-?.

報告日：2020 / 3 / 12

報告者：西村 友佳

研究背景

ワーキングメモリ (WM) の実験パラダイムに遅延推定 (delayed estimation) というものがある (次頁参考調整法と呼ばれることもある)。実験参加者の課題は記憶刺激を覚え、1秒程度保持時間を置いたあと、連続的に (近い形で) 並べられた記憶刺激の中から覚えた記憶刺激を再生することである。変化検出課題 (change detection task) のようなカテゴリカルな判断を行う課題とは違い、WM 表象の内容を調べることができるのが遅延推定課題の特徴である。そのため、分析では回答が実際とどれくらい違っていたか (エラーの大きさ) を推定する。その際、エラーのヒストグラムにフォンミーゼス分布と一様分布を合わせた分布を当てはめる (Figure 1)。

これまで、推定には主に Zhang & Luck (2008) のモデル (ZL モデル) が用いられてきた。このモデルでは、記憶精度は個人内で一定、すなわち、どの試行でも同じ精度であることを想定している。一方、variable-precision (変動正確性) モデル (VP モデル) も存在する (Van den Berg, Shin, Chou, George, & Ma, 2012; Fournie, Suchow, & Alvarez, 2012)。VP モデルでは、記憶精度のパラメータが個人内でも変動がある、すなわち、試行ごとに異なる精度になることを想定している。このとき、フォンミーゼス分布のばらつきを示すパラメータがガンマ分布に従うと仮定する。しかし、各モデルがどれほど正確に記憶容量を推定することができるかは、これまで検討されていない。

目的

これまで主に用いられてきた ZL モデルによる推定がどれほど正確であるかを、記憶容量 (ゲスレイト) に注目して明らかにする。

方法

VP モデルを元に生成した遅延推定課題の記憶成績データを、ZL モデルを元に分析し、指定したパラメータの値通りの結果が得られるかを検討する。

VP モデルの平均正確性パラメータは 1、2、4 で設定した。また、スケールパラメータは 0.01 から 10 の間で 10 段階用意した。なお、平均正確性パラメータ、スケールパラメータは、ガンマ分布のパラメータである。そして、各条件で 10 個のデータを生成した。なお、生成したデータはゲスレイトが 0 (記憶刺激を全て正確に記憶できたことを示す) になるように作成された。用意したデータに ZL モデルを当てはめ、ゲスレイトを算出した。

結果

Figure 2 に ZL モデルでの推定結果を示す。横軸は VP モデルで設定したスケールパラメータの値、縦軸は ZL モデルから算出されたゲスレイトの値である。理想は、どの条件でも推定されたゲスレイトが 0 であることである。しかし、推定の結果、ZL モデルで算出されたゲスレイトは 0 よりも大きな値であった。すなわち、ZL モデルではゲスレイトが過大評価

されていた。そして、この傾向は VP モデルで設定した平均正確性パラメータの値が低く、スケールパラメータの値が高いときに顕著であった。VP モデルにおいて、平均正確性パラメータの値が低く、スケールパラメータの値が高いときというのは、フォンミーゼス分布の幅のばらつきが大きく、幅の値自体も大きくなる傾向にあり、WM 表象の正確性が低いことを示す。そのため、ZL モデルで推定するとゲスレイトの値が大きくなったと考えられる。すなわち、ZL モデルでのゲスレイトの値の変化は、真のゲスレイトの値の増減によるものではないことが明らかとなった。このことから、ZL モデルで推測されたゲスレイトは、真のゲスレイトを測定するための信頼できる測度ではないと考えられる。

考察

同様の過大評価は過去にも見られている (Keshvari, Van den Berg, & Ma, 2013) ことから、今回の推定の結果は、ZL モデルでの推定を解釈する際には注意が必要であることを示している。ゲスレイトの過大評価は、ZL モデルとは異なるモデルを持つデータに対して ZL モデルを当てはめたために生じたことであろう (Ramsey, 1969)。つまり、ZL モデルで推定されたゲスレイトはモデルのミスマッチがない場合にのみ信頼できると考えられる。

展望

以上の ZL モデルの課題に対して、5 つの解決方法が考えられる。1 つ目は、仮説検定が難しくなるかもしれないし、ZL モデルを認知プロセスのモデルとしての関連性が低くなってしまいが、潜在的なモデルのミスマッチを認め、ZL モデルの残差を別の要約統計量として捉えることである (Van den Berg et al., 2012, 2014)。2 つ目は、正式に VP モデルと比較することである。ZL モデルの方がふさわしいなら、推定されたパラメータについて分析する。ただ、ZL モデルの方が適切であることは稀で、VP モデルの方がよく当てはまると思われる (Van den Berg et al., 2014, 2017)。3 つ目は、条件間の比較から得られた推定結果がモデルから独立していることを確認することである (Shin et al., 2017)。ただ、この方法はモデル間で一致しない結果をどうやって集計するかを決めないといけないので、面倒である。4 つ目は、ZL モデルも VP モデルも特別なケースとして含んでいるようなハイブリッドモデルを当てはめることである。5 つ目は、モデリングは我慢して、平均絶対誤差、循環標準分散 (角度データの要約統計量)、循環標準偏差 (角度データの要約統計量) のようなモデルフリーの要約統計量のみを条件間で比較することである (Van den Berg et al., 2017; Shin et al., 2017; Rademaker et al., 2012; Pertzov et al., 2017; Emrich et al., 2017)。モデル比較が目的ではなく、WM パフォーマンスにおける独立変数の特徴づけるのが目的であれば、この方法が 1 番おすすめである。

感想

この方法を使っている先行研究で容量について言及しているときは注意が必要だと思った。

图表

(参考) 遅延推定課題

Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453(7192), 233.

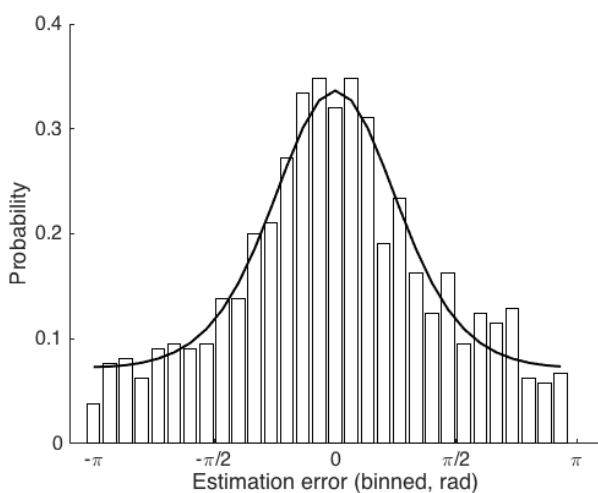
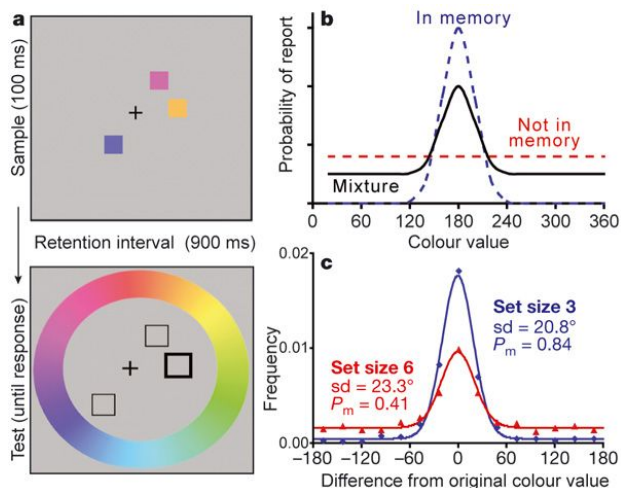


Figure 1: Histogram of estimation errors in a simulated delayed-estimation experiment with 1000 trials (bars), and mixture model fit (solid line). The data were generated from a variable-precision model with $\bar{J} = 1$ and $\tau = 1$. The mixture model estimates the guess rate w as 0.37, even though the true value was 0.

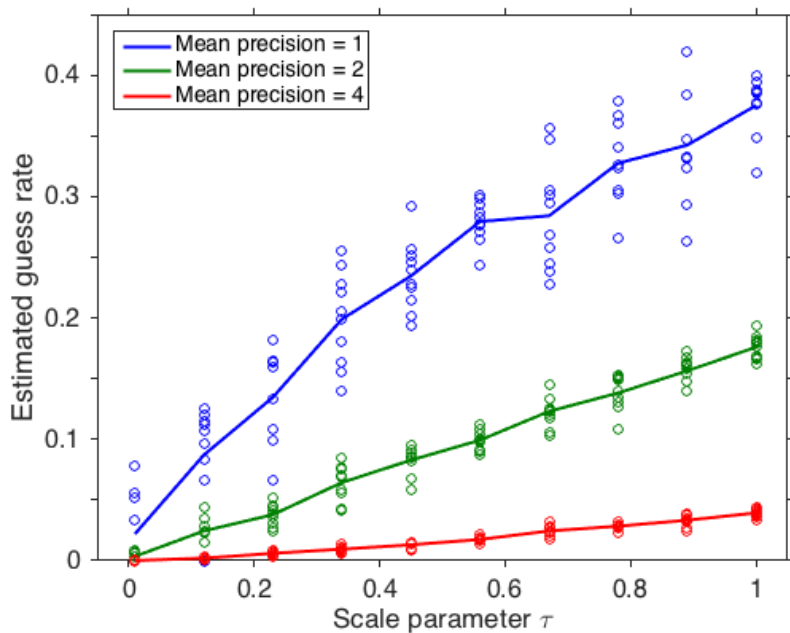


Figure 2: The Zhang and Luck mixture model overestimates the guess rate if the true model is a variable-precision model. The data were generated from a variable-precision model with mean precision \bar{J} equal to 1, 2, or 4, and a variable scale parameter τ . For each parameter combination, I performed 10 simulations. Each simulated data set consisted of 10,000 trials. In every case, the true guess rate was 0.