

不確実性下の合理的な推論が生み出す記憶に基づく判断の誤り

Memory-based erroneous judgments by rational inference under uncertainty

本田 秀仁¹, 白砂 大¹, 川口 潤^{2,3}, 松香 敏彦⁴, 植田 一博⁵

Hidehito Honda, Masaru Shirasuna, Jun Kawaguchi, Toshihiko Matsuka, Kazuhiro Ueda

¹追手門学院大学, ²名古屋大学, ³山形大学, ⁴千葉大学, ⁵東京大学

¹Otemon Gakuin University, ²Nagoya University, ³Yamagata University, ⁴Chiba University, ⁵The University of Tokyo
hitohonda.02@gmail.com

概要

本研究では、人間が示す記憶に基づく誤った判断の性質について分析を進めた。具体的には、誤った判断は、全知全能ではない人間が記憶に不確実性がある場合に、環境から得られる手がかりに基づいて合理的な推論を行った結果生じているという仮説を立て、計算機シミュレーション、ならびに認知実験を実施して検証を行った。結果として、人間が示す誤った判断のパターンは合理的推論から生み出される誤りのパターンと極めて一致することが示された。よって、人間は合理的に推論を行う結果として、記憶に基づく誤った判断に至っている可能性が示された。

キーワード: 記憶に基づく判断、生態学的合理性、記憶の誤り、不確実性下の推論

1. はじめに

人間の記憶には、忘却や誤りといった制約が存在する。これらの制約はしばしば負の側面として理解される。しかし、制約を人間の認知システムが有する所与の性質と見なした場合、「制約下で人間はどのような情報処理を行っているか?」という問いから「負の側面」について新たな理解が進むことがある。Andersonらは忘却について、人間がアウトプット情報の性質から分析した時に、今後アウトプット確率が低い情報を忘却していくという特徴を明らかにした(Anderson et al., 2023; Anderson & Schooler, 1991)。この知見は、忘却という一般的に負の側面と解釈される記憶の性質について、情報の整理という適応的な視点から異なる解釈を与える。また、人間の認知の性質を考える際に、環境との相互作用を踏まえて分析することで新たな理解が進むことが古くから指摘されているが(Hertwig et al., 2021; Simon, 1990)、記憶の性質を考える上でもこのような視点により、新たな理解が進むことを強く示す知見である。

本研究では記憶の制約のもう一つの側面である誤りについて焦点をあてる。具体的には Roediger and DeSoto (2016)が報告した実世界の事象に関する記憶に基づく判断について扱う。この研究では、アメリカ人の実験参加者に対して人名を提示し、「アメリカ大統領であったか?」という判断を求めた。実験参加者は全体的に非常

に正確な判断を行っていた(全体の正答率は約90%)。しかしながら、重要な歴史的人物ではあるものの、実際には大統領ではない Alexander Hamilton に関して、強い確信度を持って不正確な判断を行い、71%の実験参加者が大統領と誤って判断した。同様の誤りは、Honda et al. (2016)が日本人を対象として実施した研究でも観察された。この研究では、日本の都市(市)に関する属性について質問が行われ、88.9%の人が横浜市に高等裁判所が存在すると判断した(実際には存在しない)。Alexander Hamilton や横浜市の例は、事実ではないものを「事実」と判断する false positive の誤りである。Honda et al. (2016)では同じ高等裁判所の判断について、高松市(実際に存在する)に存在すると判断した人の率は68.6%、つまり事実であることを「事実ではない」と判断する false negative の誤りをする人の率が31.4%であり、逆のパターンの誤りも高い率で観察された。

これらの知見をそのまま解釈すれば、私たちの記憶に基づく判断は時として不正確になる非合理的な側面を持つ、といった結論に至るかも知れない。しかし、本研究では、全知全能ではない人間が明確な知識がない場合に、環境から得られる手がかりに基づいて合理的な推論を行うと、誤った判断が生じるという仮説を立てる。つまり記憶に基づく判断の誤りは、人間の認知の非合理的な性質を示しているのではなく、合理的な性質を示しているという仮説である。

2. 不確実な状況下の合理的推論モデル

正確な事実を顕在的に認識した場合(例:横浜市に高等裁判所はないことを事実として知っている)それに基づいて判断すればよい。問題は、横浜市に高等裁判所があるのか確信がない場合、つまり記憶に不確実性が存在する場面で人間はどのような判断を行っているのかという点である。このような状況では、人間は代替的な手がかりに基づいて判断しなければならない。つま

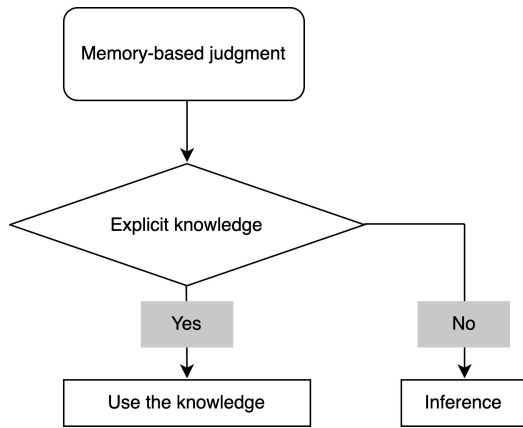


図 1. 記憶に基づく判断のプロセスの概念図。

本研究で焦点をあてるのは図 1 において、顕在的な知識を人間が持たない際の推論である。このような状況では人間は一般的にヒューリスティックをはじめとする代替的な方略で判断することが知られている。このような判断は時に誤りを生むこともあるが (Kahneman & Tversky, 1996)、人間は不確実な状況において適切な手がかりを見つけ、生態学的に合理的な判断を行うことができる (Hertwig et al., 2021; Todd et al., 2012)。

現実世界では、変数間に相関関係が存在する場合がある。例えば、都市の人口数とその都市名が新聞などのメディアに登場する頻度には強い相関関係がある (Goldstein & Gigerenzer, 2002)。以後この関係を、現実世界における統計的規則性と呼ぶ。人間は統計的規則性を利用することで (よく目にする都市は人口数が多い)、判断対象に関して不確実性が高い場合でも (人口数について知識が全くない)、かなり正確な判断を行うこと

ができる。よって、ターゲットとなる問いについて (例: 「アメリカ大統領」、「高等裁判所」)、ある対象 i がターゲットにあてはまるか否かについて、記憶状態に不確実性を伴う場合は、統計的規則に基づいて確率的な推論を行うのが合理的な判断方略の一つである。

そこで、日常生活で「どの程度目にするか」という変数とターゲット間の統計的規則について考えてみよう。対象 i を実世界で目にする頻度を $freq_i$ とすると i がターゲットにあてはまる確率は $p_{target}^{reg.}(i)$ 以下のように記述することができる。

$$p_{existence}^{reg.}(i) = \frac{1}{1 + \exp(-E_i)} \quad (1)$$

$$E_i = \alpha freq_i + \beta$$

E_i は統計的規則を頻度 $freq_i$ で記述するための関係式であり、パラメータ α と β で表現するものとする。この関係式は従属変数がターゲットにあてはまるか、そして独立変数を $freq_i$ とするロジスティック回帰分析のモデルと同値である。つまり、統計的規則に基づく合理的推論の一つのベンチマークである。

それでは式(1)で現実世界における統計的規則はどのように記述できるであろうか。図 2(A)に Roediger and DeSoto (2016)ならびに本研究の認知実験で用いた刺激 (都市の属性)における統計的規則について記す。なおここでは、Google で対象をキーワードとして用いて完全一致検索した際の検索ヒット数を日常生活で目にする程度の指標として用いて分析を進めた。図からわかるように、現実世界でよく目にする対象はターゲットである確率が高いという関係性が存在している。

本研究では、人間は記憶に不確実性が存在する際には、実世界における統計的規則を用いた合理的な推論

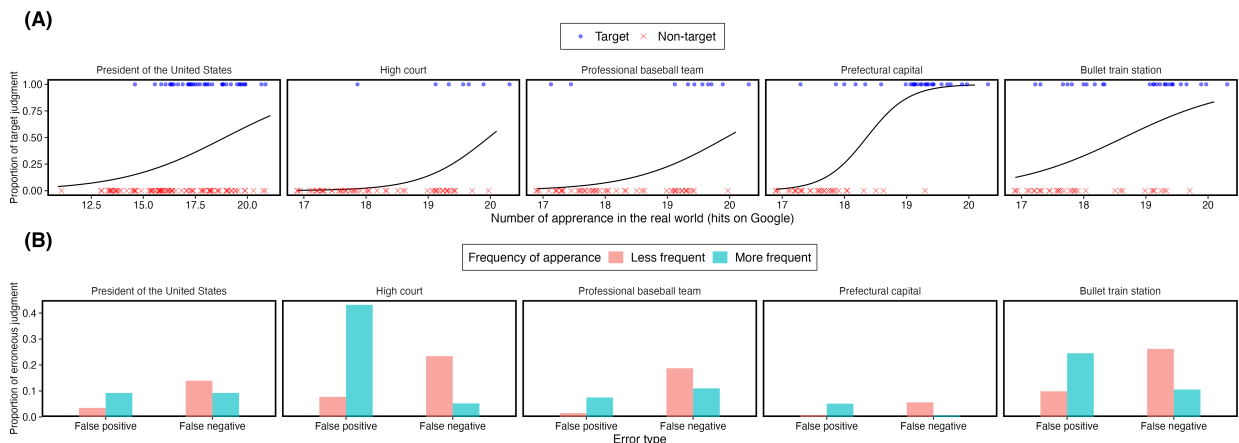


図 2. (A) 統計的規則(実世界での出現頻度とターゲットとなる属性を有する確率の関係)。(B)誤判断の割合についての合理的推論モデルの予測。

を行い判断するという仮説を立てる。先行研究において人間は環境情報の統計的規則に非常に敏感であるということが知られている(Griffiths & Tenenbaum, 2006; Hertwig et al., 2005)。これらの知見に基づけば、(1)で記述される統計的規則を頭行的に理解していなくとも、少なくとも直感的には理解し、そしてそれを判断時に用いている可能性がある。一方で人間は認知は一定のバイアスを示すことも事実である(Jayles et al., 2021)。以上を踏まえ、人間が記憶に不確実性が存在する場面で環境情報の統計的規則を用いて判断を行う合理的推論モデルでは、対象 i がターゲットにあてはまると判断する確率 $p_{\text{target}}^{\text{judg.}}(i)$ は以下で記述できるとする。

$$p_{\text{existence}}^{\text{judg.}}(i) = \frac{1}{1 + \exp(-E_i - B)} \quad (2)$$

基本的に(1)と同じであるが、バイアスを表現するパラメータ B が加わる。つまり、人間はターゲットを過大または過小に判断するバイアスを持つ場合があると仮定する。

このモデルが予測する記憶の誤りのパターンを図2(B)に記す。ここでは、対象を目にする頻度で二分し、頻度の大小に応じて誤判断率がどのように変化するかを算出した。図からも明確なように、合理的推論モデルでは特徴的な誤りのパターンを予測する。具体的には false positive についてはよく目にする対象でより誤りが生じやすい “more is more” のパターン、一方で false

negative についてはあまり目にしない対象でより誤りが生じやすい “less is more” のパターンが観察されると予測する。またターゲットの違い、つまり判断文脈の違いによる誤判断率の定量的な違いも予測する（一例を挙げれば、ターゲットが県庁所在地である場合、誤判断率は相対的に低いと予測する）。

3. モデルの検証(1): Roediger and DeSoto (2016)のデータの分析

Roediger and DeSoto (2016)が公開している実験データを用いて、計算機シミュレーションならびに観察された記憶の誤りについて分析を行った。結果として、ターゲットであると判断された割合は合理的推論モデルから非常によく説明ができた [$r = 0.625$ (CI, 0.504-0.722), 図3(A)左端]。また観察された誤判断率について、対象の出現頻度(頻度に基づいて人名を2分割し、less または more frequent とした)と誤りのパターンを要因とする2要因の分散分析において交互作用が有意となり、下位検定の結果、予測される方向で誤判断率に有意な差が観察されていた[図3(B)左端]。

4. モデルの検証(2): 認知実験

続いて、日本人($n = 529$ 名)を対象とした認知実験を実施してモデルを検証した。実施した課題は合計60の

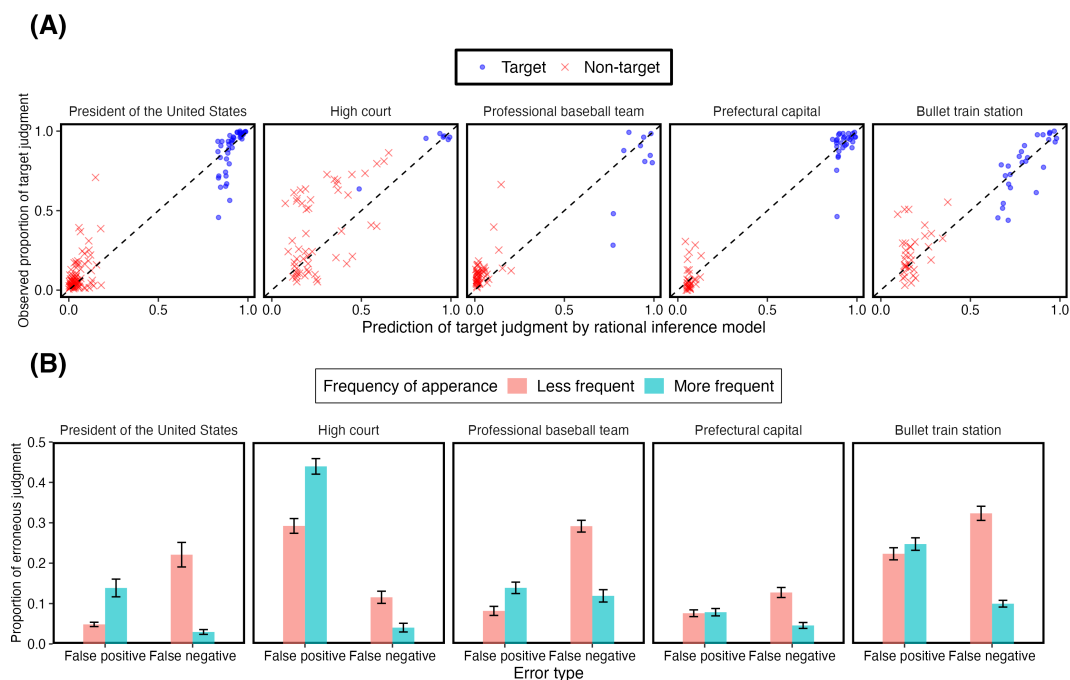


図3. (A) ターゲットと判断される確率についてのモデル予測(横軸)と観察されたデータ(縦軸)の関係。(B)観察された誤判断率。誤差バーは標準誤差を示す。

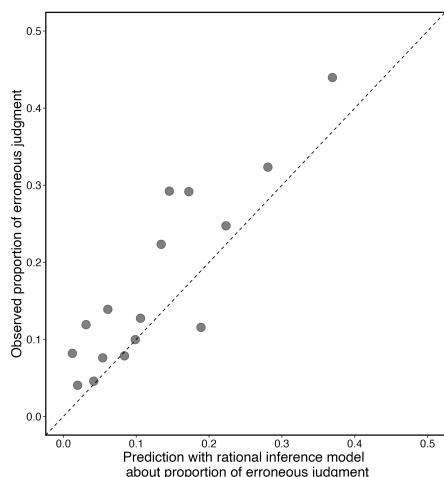


図4. 認知実験の4属性への問いにおける誤判断率に関する合理的推論モデルの予測率と認知実験で観察された割合。

都市（2022年12月の時点で人口が多い上位60都市、都市単位は市とした）、がターゲットとなる属性を有するかかの判断である。尋ねた属性は高等裁判所、プロ野球の球団、県庁所在地、新幹線が止まる駅、以上4属性である。各実験参加者はいずれかの属性に関する質問に対して回答を行った(i.e., 合計60都市へ回答を行った、各属性それぞれ回答者は約130名)。

結果の概要は以下の通りである。まずターゲットであると判断された割合は合理的推論モデルから非常によく説明ができた[高等裁判所 $r=0.689$ (CI, 0.528-0.803), プロ野球の球団 $r=0.762$ (CI, 0.630-0.851), 県庁所在地 $r=0.442$ (CI, 0.212-0.626), 新幹線の止まる駅 $r=0.639$ (CI, 0.460-0.768, 図3(A))。また観察された誤判断率について、対象の出現頻度(頻度に基づいて都市を2分割し、less または more frequent とした)と誤りのパターンを要因とする2要因の分散分析を実施した結果、4属性すべてにおいて交互作用が有意となった。誤りのタイプごとの誤判断率の平均値はすべて予想される方向で差異があり、また下位検定の結果、8項目6項目において、差異は統計的に有意であった[図3(B)]。

また合理的推論モデルは判断文脈の違いによって誤判断率に違いが生じることも予測する。この点を検証するために、4属性それぞれで生じた誤判断率とモデルの予測率の関係についても分析を行った。その結果を図4に記す。図からもわかるように、モデルの予測率と観察された誤判断の率の間には強い相関が観察され ($r=0.886$, CI 0.696-0.960)、合理的推論モデルは文脈の違いによる誤りのパターンも非常によく説明できること

が示された。

5. 結論

現実世界の環境には不確実性を伴うが統計的な規則性も存在する。統計的規則に則り判断を行うのはスマートな方略である。しかし、スマートな判断方略であっても完全無欠ではなく、誤った判断に至ることがある。人間が示す記憶に基づく判断の誤りは、記憶の不確実性が高い状況で、人間の認知がスマートな推論を行った結果生じている可能性が示された。

文献

- Anderson, J. R., Betts, S., Byrne, M. D., Schooler, L. J., & Stanley, C. (2023). The environmental basis of memory. *Psychological Review*, *130*(5), 1137–1166.
- Anderson, J. R., & Schooler, L. J. (1991). Reflections of the environment in memory. *Psychological Science*, *2*(6), 396–408.
- Goldstein, D. G., & Gigerenzer, G. (2002). Models of ecological rationality: The recognition heuristic. *Psychological Review*, *109*(1), 75–90.
- Griffiths, T. L., & Tenenbaum, J. B. (2006). Optimal predictions in everyday cognition. *Psychological Science*, *17*(9), 767–773.
- Hertwig, R., Leuker, C., Pachur, T., Spiliopoulos, L., & Pleskac, T. J. (2021). Studies in ecological rationality. *Topics in Cognitive Science*, *14*, 467–491.
- Hertwig, R., Pachur, T., & Kurzenhäuser, S. (2005). Judgments of risk frequencies: tests of possible cognitive mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*(4), 621–642.
- Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2016). On the adaptive nature of memory-based false belief. In A. Papafragou, D. Grodner, D. Mirman, & J. C. Trueswell (Eds.), *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 223–228). Cognitive Science Society.
- Jayles, B., Sire, C., & Kurvers, R. H. J. M. (2021). Crowd control: Reducing individual estimation bias by sharing biased social information. *PLoS Computational Biology*, *17*(11), e1009590.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1996). On the reality of cognitive illusions. *Psychological Review*, *103*(3), 582–591.
- Roediger, H. L., & DeSoto, K. A. (2016). Recognizing the presidents: Was Alexander Hamilton president? *Psychological Science*, *27*(5), 644–650.
- Simon, H. A. (1990). Invariants of human behavior. *Annual Review of Psychology*, *41*, 1–19.
- Todd, P. M., Gigerenzer, G., & Group, The ABC Research. (2012). *Ecological rationality: Intelligence in the world*. Oxford University Press.