

潜在スコープバイアスは全員に生起するか？ —主観確率データとベイズ統計モデリングによる検討— Does latent scope bias occur in everyone?: A study from subjective probability data and Bayesian statistical modeling

塚村 祐希[†], 若井 大成[†], 下條 朝也[‡], 植田 一博[†]

Yuki Tsukamura, Taisei Wakai, Asaya Shimojo, Kazuhiro Ueda

[†] 東京大学, [‡] コニカミノルタ株式会社

The University of Tokyo, Konica Minolta, INC.

tsukkacogsci@gmail.com

概要

本研究では、潜在スコープバイアスの生起において個人差がどの程度見られるのかを分析した。Web 実験で得られたデータを認知モデルに基づいて分析した結果、すべての参加者の推論にバイアスが生じているわけではなく、規範的な推論を行っている者も相当数存在することが示唆された。回答の生成過程を数理的に表現し、パラメータの解釈やモデル比較を行ったことではじめて、潜在スコープバイアスの個人差について検討できた点が本研究の意義である。

キーワード：潜在スコープバイアス, 因果的説明, 確率推論, ベイズ認知モデリング, 個人差

1. 背景と目的

観測された事象の原因が何であるかに関する説明を因果的説明と呼ぶ [2]。人間は、日常生活から科学的思考に至るまで様々な文脈で、観測された事象に対して因果的説明を生成し、それを評価している。一方、人間が因果的説明を評価する際、いくつかのバイアスが存在することが知られている。

本研究では、そのようなバイアスのうち、潜在スコープバイアス (latent scope bias) と呼ばれるものに着目する。例えば、ある患者が発熱を訴えており、その原因として、発熱のみを引き起こす病気と、発熱と血糖値の上昇を引き起こす病気が考えられるとする。しかし、患者が血糖値の検査を行っていないなどの理由で、血糖値が上昇しているかどうかかわからないとする。2つの病気が等しい確率で生じるならば、2つの病気を弁別する証拠が得られていないため、2つが発熱の原因である確率は等しい。一方で、このような状

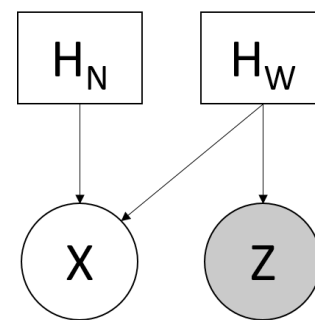


図 1 1 節の例における因果構造のグラフ表現。原因を四角で、事象を丸で表している。また、観測された事象を白、未観測事象をグレーで表している（以降の図表でも同様）。

況において人間は「発熱のみを引き起こす病気」による説明を好みやすい。このように、観測できない事象が存在する時、観測できない事象を引き起こさない原因による説明の方が、引き起こす原因による説明よりも好まれるというバイアスを潜在スコープバイアスと呼ぶ [3]。

潜在スコープバイアスの生起過程に関して、Johnson ら [4] は証拠推論説 (inferred evidence account) を提唱した。これは、人間が未観測事象の生じる確率を過小推定することによって潜在スコープバイアスが生じているとする仮説である。今、事象 X が観測されており、事象 Z については観測できていないとする。そして図 1 の通り、 X と Z の 2 つを引き起こす原因 H_W と、 X だけを引き起こす原因 H_N が候補として存在する状況を考える。事象 X が生起している状態を「 X 」で、事象 Z が生起している状態を「 Z 」、生起していない状態を「 $\neg Z$ 」、生起が観測できていない状態を「 I 」で表すとき、原因が与えられた下で X と I が条件付き独立であると仮定すると、ベイズの定

本稿は、『認知科学』に掲載予定の論文 [1] のうち、潜在スコープバイアスの個人差に関する分析のみを報告するものである。より詳細な内容については元論文を参照のこと。

理を用いて、2つの説明の事後確率の比は(1)式のよう
に計算できる。

$$\frac{P(H_N|X,I)}{P(H_W|X,I)} = \frac{P(H_N)}{P(H_W)} \cdot \frac{P(X|H_N)}{P(X|H_W)} \cdot \frac{P(Z|H_N)f^{+Z} + P(-Z|H_N)f^{-Z}}{P(Z|H_W)f^{+Z} + P(-Z|H_W)f^{-Z}} \quad (1)$$

(1)式によれば、 $P(H_N) = P(H_W)$ などが仮定できるならば、 $P(Z|I) < P(Z)$ のとき、かつそのときに限り潜在スコープバイアスが生じると考えられる。Johnsonら[4]は、 $P(Z|I)$ の規範的な計算は計算コストが高いことを指摘し、既有知識に基づいて計算されたと考えた。例えば病気の症状は生じていないことの方が多く、このような経験に基づいて推測した結果、 $P(Z|I)$ が過小推定され、潜在スコープバイアスが生じると考えられている。

しかし、先行研究ではリッカート尺度などによって回答を取得している[3, 4]。これに対し、説明の尤もらしさについて主観確率による回答を得ることで、(1)式に基づくモデリングが可能となる。また、先行研究では個人差を潰して分析しているものが多く、潜在スコープバイアスの生起にどの程度個人差があるのかについては検討されていない。本研究では、証拠推論に基づいて回答の生成過程を数理的に表現し、パラメータの解釈、およびモデル比較を通じて潜在スコープバイアスの個人差について検討した。

2. 方法

クラウドソーシングサービスを通じて集められた19歳から66歳の参加者100名(男性55名、女性42名、回答しない3名;平均年齢41.3, $SD = 9.4$)に対して実験を行った。課題はKhemlaniらの実験2[3]を参考に、医療診断を想定した文章を用いて作成された。参加者は図2のような課題文を読み、いずれかの病気に罹患している確率をスライダーを用いて回答した。実験では、このような課題24項目(うち半数では図1における病気 H_W について、残りでは病気 H_N についての回答を得た)に加え、教示に従って回答していない参加者を検出するための質問(DQS, [5])が2項目提示された。

3. 結果と考察

分析に先立ち、実験中のDQSに誤答した参加者21名のデータを除外した。さらに、分析で用いる対数オッズが発散することから、課題で一度でも0%あるいは100%と回答した参加者9人のデータも除外した。その結果、19歳から61歳の参加者70名のデータを

今から、ロベスさんを診察してもらいます。なお、ロベスさんがかかっている病気は、ヤラバ病かフデケ病のどちらかだと考えられます。

ヤラバ病にかかると、血液内のヌフエ、シオキ、アモヴという3つの物質が必ず損傷します。一方、フデケ病にかかると、必ずヌフエとシオキが損傷するが、アモヴは決して損傷しません。なお、ヤラバ病とフデケ病は、同じ確率で生じることがわかっており、ヌフエ、シオキ、アモヴを損傷させる病気は他に知られていません。

ロベスさんを診察したところ、ヌフエとシオキが損傷していることがわかりました。しかし、アモヴが損傷しているかどうかはわかりませんでした。このとき、ロベスさんはどのくらいの確率でヤラバ病にかかっていると思いますか?0%から100%で回答してください。

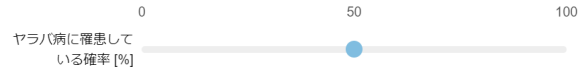


図2 本研究で用いられた課題の例

対象として分析した。分析にあたって、 H_N についての回答を処理し、すべての回答を H_W への罹患確率 p_{ij} に変換した。

まず、(1)式において各個人 i の $P(Z|I)$ の推定値を α_i と置き、測定誤差を加えることによって(2)式で表されるモデルが導かれる。(ただし $0 < \alpha_i < 1, \sigma > 0$)

$$\log \left(\frac{p_{ij}^{(ml)}}{1 - p_{ij}^{(ml)}} \right) \sim \text{Normal} \left(\log \left(\frac{\alpha_i}{1 - \alpha_i} \right), \sigma^2 \right) \quad (2)$$

得られたデータを用いて、このモデルのパラメータ α_i, σ をベイズ推定した。事前分布は $\alpha_i \sim \text{Uniform}(0, 1)$, $\sigma \sim \text{Normal}^+(0, 5)$ (半正規分布)とした。その結果、 α_i の推定結果は図3の通りとなった。95%信用区間が0.5を含まなかった参加者は全70名中18名であり、うち17名は95%信用区間の上限が0.5よりも低い値であった。これらの参加者については十分な大きさの潜在スコープバイアスが生起していると言えるが、これは全体の24%程度であった。逆に、全体の7割超にあたる52名の参加者においては95%信用区間に0.5が含まれていたため、必ずしも多くの参加者が $P(Z|I)$ を過小推定しているとは言えず、また潜在スコープバイアスが生起しているとは言えないことが示唆された。

推定値と信用区間による推論では「規範的に推論している」ということに対する積極的な証拠を提供できないことから、次に、(2)式で表されるモデルと、以下の(3)式で表される規範的推論のモデルを用いて各参加者についてベイズファクターを用いた適合度比較を実施した。ここでは、 σ の値を各モデルのパラメータ推定におけるEAPに固定してベイズファクターを計算した。

$$\log \left(\frac{p_{ij}^{(ml)}}{1 - p_{ij}^{(ml)}} \right) \sim N(0, \sigma^2) \quad (3)$$

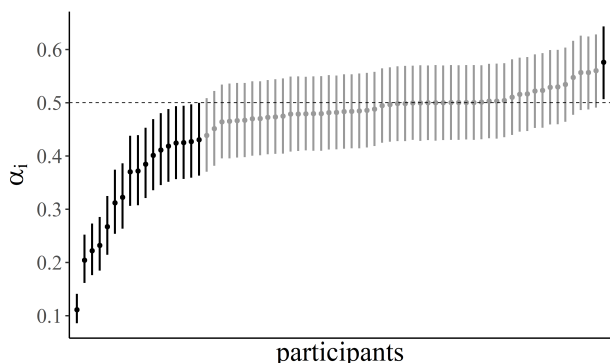


図3 各参加者についてのパラメータ α_i の推定結果

その結果, (2) 式で表されるモデルの, (3) 式で表されるモデルに対するベイズファクターは図4の通りになった¹. ベイズファクターが $1/3$ 以下であった参加者は70名中21名であったことから, 参加者は比較的規範的に推論をしていたと考えられる. 一方, ベイズファクターが3以上であった参加者も25名いることから, やはりバイアスの生起において一定の個人差があることが示唆される.

以上のことから, 必ずしも潜在スコープバイアスが必ずしも多くの参加者で生じるとは言えず, 一定数の参加者は規範的に推論していることが示唆された. 今後は, 潜在スコープバイアスの個人差がどのような過程で生じるのか, どのような要因によって説明されるのかについて検討する必要がある.

謝辞

本研究は, JSPS 科学研究費補助金 (課題番号 JP-22H03911), JST CREST (課題番号 JP-MJCR19A1) による支援のもとに実施された. ここに謝意を記す.

文献

- [1] 塚村 祐希・若井 大成・下條 朝也・植田 一博, (2022) “潜在スコープバイアスの認知モデリング: 因果的説明についての確率推論過程の検討” 認知科学, Vol. 29, No. 3. (in press)
- [2] Salmon, W., (1998) “Causality and explanation”, Oxford University Press.
- [3] Khemlani, S. S., Sussman, A. B., and Oppenheimer, D. M., (2011) “Harry Potter and the sorcerer’s scope:

¹ここでは一つの解釈の目安として, Kass と Raftery の提唱している基準 [6] を採用した. この基準によれば, モデル M_1 のモデル M_0 に対するベイズファクター BF について, $BF < 3$ なら, M_0 より M_1 を支持する傾向があるとは言えても実質的な意味があるとは考えにくい, 3 よりも大きければその支持に実質的な意味があり (positive evidence), 20 よりも大きければ M_1 が強く支持されていると言え (strong evidence), 150 より大きければ M_1 が非常に強く支持されていると言える (very strong evidence). BF の逆数を取れば M_0 の M_1 に対するベイズファクターになることから, 1 未満に関しても同様に考えることができる.

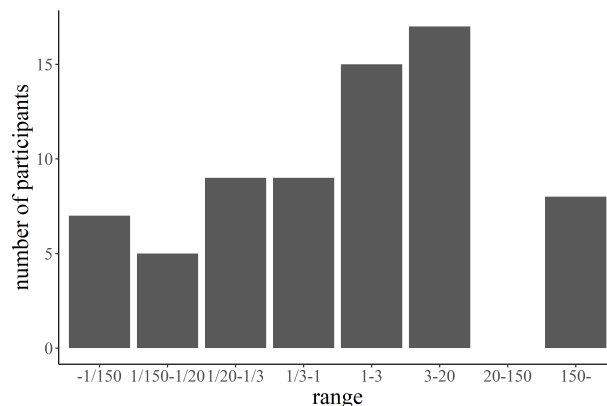


図4 各参加者について計算したベイズファクターを, 一つの基準 [6] に従って分類したもの. 値が大きいほどバイアスのあるモデル (2) を支持し, 小さいほど規範的推論のモデル (3) を支持すると解釈できる.

- latent scope biases in explanatory reasoning”, *Memory & Cognition*, Vol. 39, No. 3, pp. 527-535.
- [4] Johnson, S. G. B., Rajeev-Kumar, G., and Keil, F. C., (2016) “Sense-making under ignorance”, *Cognitive Psychology*, Vol. 89, pp. 39-70.
 - [5] Maniaci, M. R., and Rogge, R. D., (2014) “Caring about carelessness: Participant inattention and its effects on research”, *Journal of Research in Personality*, Vol. 48, pp. 61-83.
 - [6] Kass, R. E., and Raftery, A. E., (1995) “Bayes factors”, *Journal of the American statistical association*, Vol. 90, No. 430, pp. 773-795.