

# 評価状況が因果的説明の選好に与える影響についての実験的検討

## An Empirical investigation of Effects of Evaluation Situation on Preference of Causal Explanation

下條 朝也<sup>†</sup>, 三輪 和久<sup>†</sup>, 寺井 仁<sup>‡</sup>  
Asaya Shimojo, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai

<sup>†</sup>名古屋大学, <sup>‡</sup>近畿大学  
Nagoya University, Kindai University  
shimojo@cog.human.nagoya-u.ac.jp

### Abstract

What makes an explanation better than another explanation? Previous studies have suggested that explanatory virtues, such as Simplicity and Latent scope, affect individuals' evaluation of the explanatory goodness. Although almost all of these studies have focused on the effect of each factor, there is some possibility on that we use both these factors simultaneously. In this research, we conducted an experiment to investigate the degree of effects by Simplicity and Latent scope to estimate subjective posterior probability in causal explanation.

**Keywords** — causal explanation, simplicity, latent scope, probability, inference to the best explanation

### 1. はじめに

人間は説明をする生き物である[1]. 「説明」とは、観察された事象と、それを引き起こしたと考えられる原因の組み合わせを指す[2]. 観察事象を説明する能力は、人間の合理性の特徴であり (Harman, 1965), 世界を理解する重要な手段である (Lombrozo, 2007).

それでは、我々はどのような説明を良いと感じるのか。科学哲学において、説明の良さを測る基準をめぐって、対立する2つの立場が存在する[5]. ひとつは、Likeliness という確率論的な基準に従う Bayesianism という立場である[6]. もうひとつは、Loveliness という価値論的な基準に従う Explanationism という立場である[7]. 具体的には、前者は、原因となる事象  $E_i$  の生起確率  $P(E_i)$  と、事象  $E_i$  を観測したとき、 $E_i$  が原因  $C_i$  によって引き起こされた確率  $P(C_i|E_i)$  に基づいて、その説明の良さを評定すると考える。後者は、説明の美しさ (explanatory virtues) に基づいて、その説明の良さを評定すると考える。また、explanatory virtues の要素として挙げられるもののうち、特に研究されているのは Simplicity と Scope である。

近年、Lipton (2005) の「人間は、Likeliness の導出に Loveliness を用いる」という主張について様々な

実験的検討がなされ、それを支持する結果が見られている[7]. たとえば、Douven and Schupbach (2015) は、参加者が説明の良さ (Loveliness) を考慮して事後確率 (Likeliness) を推定していることを明らかにした[8]. さらに、explanatory virtues の各要素の効果を検討した研究もある。Lombrozo (2007) は、比較的 simple な (仮定する原因の数が少ない) 説明を選好する傾向があることを明らかにした。また、説明の Scope, 特に Latent scope (原因によって引き起こされることが予測されたが、結果的に未観測となった事象) の効果についての検討もなされてきた。主に、Latent scope を含まない説明は、含むものと比べて事後確率が高く見積もられる傾向についての報告が見られる [9, 10, 11].

上述のように、従来の研究において、explanatory virtues の要素 (Simplicity, Latent scope) が、説明の選好や確率の推定に影響を及ぼすことが示されてきた。しかし、それらが推定に影響する程度の比較や、相互作用の有無については検討されてこなかった。そのため、本研究では、Simplicity と Latent scope のそれぞれが説明の確率推定に与える影響の程度、並びに、それらの相互作用の有無を検討する。

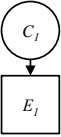
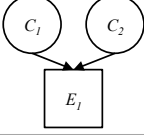
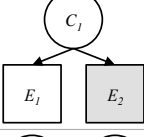
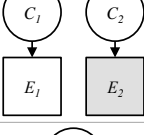
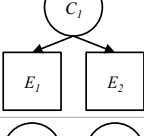
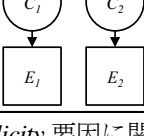
### 1.1. Explanatory virtues の定義

本論文における全ての実験において、Simplicity および Latent scope を以下のように定義する。Simplicity は、説明に用いる原因の数を指す[4]. Latent scope は、未観測の事象を指す[11]. 本論文で設定・使用した説明の構造を、表1に示す。

### 2. 実験 1A & 1B

本実験では、Simplicity と Latent scope が説明の事後確率の推定に及ぼす影響の程度と、その相互作用について検討する。

表1 本研究で用いる説明の構造

Structure	Cause(s)	Effect(s)	Unobserved Effect
	1	1	0
	2	1	0
	1	2	1
	2	2	1
	1	2	0
	2	2	0

*Simplicity* 要因に関して、説明に用いる原因の数が1つの説明を *Simple*、原因の数が2つの説明を *Complex* と呼ぶ。次に、*Scope* 要因に関して、原因が引き起こす事象の数が1つの説明を *Narrow*、事象の数が2つの説明を *Wide* と呼ぶ。最後に、未観測の事象が0の説明を *Manifest*、未観測の事象が1つの説明を *Latent* と呼ぶ。

## 2.1. 方法

### 2.1.1. 参加者

実験 1A には、名古屋大学に通う学部生 66 名 (男性 49 名・女性 17 名、平均年齢 19.88 歳、 $SD = 0.88$ ) が、実験 1B には、同大学に通う学部生 66 名 (男性 50 名・女性 16 名、平均年齢 19.59 歳、 $SD = 0.94$ ) が参加した。

### 2.1.2. 実験計画

独立変数は、2 (*Simplicity*: Simple, Complex)  $\times$  2 (*Scope*: Manifest, Latent)  $\times$  3 (事前確率: 10%, 20%, 30%) で、事前確率のみ参加者間要因とした。また、従属変数として、主観的事後確率を用いた。

### 2.1.3. 課題 & 手順

医療診断場面を扱った文章課題を作成した。具体的には、架空の症状と、その症状を引き起こしたと

考えられる架空の病気の情報 (*Simplicity*, *Scope*, 事前確率) をシナリオで提示し、その病気が症状を引き起こした確率 (主観的事後確率) を問うた。本実験において、各説明の事前確率は、その説明が用いる全ての原因の同時確率を提供した。

また、実験 1A では、原因が引き起こす事象の数は同じだが、観測される事象の数が異なる説明対を 2 組、計 4 つの説明 (SNM & CNM; SWL & CWL) を用いた。一方、実験 1B では、観測される事象の数は同じだが、原因が引き起こす事象の数が異なる説明対を 2 組、計 4 つの説明 (SWM & CWM; SWL & CWL) を用いた。

実験は、6 ページからなる質問紙を用いて実施された。1 ページ目で、参加者は、医師として架空の村に赴任し、訪れる各患者を診察し、それぞれが病に罹患している確率を評価することが役目であると伝えられた。その際、与えられた情報からは数理的

に正確な確率を計算することはできないことも伝えられた。

その後、2～5 ページの各ページで *Simplicity, Scope*, 事前確率の情報が文章で提示された。以下に、例として、SWM 説明 (事前確率 30%) のシナリオを示す。

診断を受けたのは、ワトソンさんです。流行っている病気のひとつは、「橙血病」という病気だと言われています。橙血病に罹患した人は、症状 E, 症状 F の両方が観測されます。また、橙血病に罹患する確率はおおよそ 30%だとされています。ワトソンさんを診察したところ、症状 E と症状 F の両方が見られました。

次に、CWM 説明 (事前確率 30%) のシナリオを示す。

診断を受けたのは、ウィリアムさんです。流行っている病気のひとつは、「金血病」と「銀血病」という病気の併発だと言われています。金血病と銀血病を併発した人は、症状 U, 症状 V の両方が観測されます。また、金血病と銀血病を併発する確率はおおよそ 30%だとされています。ウィリアムさんを診察したところ、症状 U と V の両方が見られました。

次に、SNM 説明 (事前確率 30%) のシナリオを示す。

診断を受けたのは、ジョンさんです。流行っている病気のひとつは、「黒血病」という病気だと言われています。黒血病に罹患した人は、症状 S が観測されます。また、黒血病に罹患する確率はおおよそ 30%だとされています。ジョンさんを診察したところ、症状 S が見られました。

次に、CNM 説明 (事前確率 30%) のシナリオを示す。

診断を受けたのは、マイケルさんです。流行っている病気のひとつは、「灰血病」と「紫血病」という病気の併発だと言われています。灰血病と紫血病を併発した人は、症状 X が観測されます。また、灰血病と紫血病を併発する確率はおおよそ 30%だとされています。マイケルさんを診察したところ、症状 X が見られました。

なお、*Latent scope* を含む説明では、患者から観測される 2 症状のうち、片方の症状のみ観察され、もう一方の症状は発症しているかどうかはわからなかったことが参加者に伝えられた。以下に、例として、SWL 説明 (事前確率 30%) のシナリオを示す。

診断を受けたのは、ジェームズさんです。流行っている病気のひとつは、「青血病」という病気だと言われています。青血病に罹患した人は、症状 A, 症状 B の両方が観測されます。また、青血病に罹患する確率はおおよそ 30%だとされています。ジェームズさんを診察したところ、症状 A が見られました。しかし、診察設備が足りず、症状 B を発症しているかどうかはわかりませんでした。

次に、CWL 説明 (事前確率 30%) のシナリオを示す。

診断を受けたのは、ロバートさんです。流行っている病気のひとつは、「緑血病」と「黄血病」という病気の併発だと言われています。緑血病と黄血病を併発した人は、症状 P, 症状 Q の両方が観測されます。また、金血病と銀血病を併発する確率はおおよそ 30%だとされています。ロバートさんを診察したところ、症状 P が見られました。しかし、診察設備が足りず、症状 Q を発症しているかどうかはわかりませんでした。

各文章を読んだ後、シナリオと同ページにおいて、参加者は「このとき、 $\alpha$  さん (対応する人名) が  $\beta$  病 (対応する病名) に罹患している確率は何の程度だと思いますか?」と問われ、各患者がその病気に罹患している確率 (主観的事後確率) をメモとして記した。そして、4 人の患者に対する文章 (2-5 ページ) を読み終えた後、全ての文章を参照して、各主観的事後確率について評価した (6 ページ目)。

## 2.2. 結果

### 2.2.1. 記述統計

実験 1A, 1B の基礎統計量を示す (表 2 参照)。表 2 の上段の値は平均値を、括弧内の値は標準偏差を示す。後述する通り、事前確率要因は、他の 2 要因との交互作用が見られなかったため、要因として考慮せず、平均値のみを掲載した。

表 2 実験 1A, 1B における平均値と標準偏差

	SNM	CNM	SWL	CWL	SWM	CWM
1A	63.35 (28.16)	57.73 (28.19)	33.45 (18.85)	32.26 (19.45)	-	-
1B	-	-	35.15 (17.68)	31.39 (16.21)	65.08 (25.86)	61.23 (26.83)

上段の値は平均値を、括弧内の値は標準偏差を示す。

### 2.2.2. 実験 1A における 3 要因分散分析

3 要因混合計画の分散分析によって, *Simplicity* (Simple, Complex) と *Latent scope* (Manifest, Latent), 事前確率 (10%, 20%, 30%) によって, 単独提示された説明の主観的事後確率が異なるかを検討した.

その結果, *Simplicity* ( $F(1, 65) = 4.968, p = .029, \eta^2 = 0.003$ ) と *Scope* ( $F(1, 65) = 98.494, p < .001, \eta^2 = 0.258$ ) において, 主効果が有意だったが, 事前確率 ( $F(2, 64) = 3.063, p = .054, \eta^2 = 0.027$ ) においては有意傾向だった. さらに, どの 2 要因間の交互作用も有意でなかった ( $p_{all} > .050$ ).

Cohen (1988) の提唱した基準値に基づくと, *Latent scope* が主観的事後確率の推定に与えた影響は大の基準値を上回っていた[12]. 一方, *Simplicity* の効果量は小の基準値を下回っており, かつその検定力が 1 に近い ( $power = 0.950$ ), 標本数の影響が強く見られた可能性があり,  $p$  値の解釈を行う意義が薄いと判断した.

### 2.2.3. 実験 1B における 3 要因分散分析

*Simplicity* ( $F(1, 65) = 7.857, p = .007, \eta^2 = 0.005$ ), *Scope* ( $F(1, 65) = 206.564, p < .001, \eta^2 = 0.366$ ), 事前確率 ( $F(2, 64) = 3.964, p = .024, \eta^2 = 0.087$ ) のいずれも主効果が有意だった. どの 2 要因間の交互作用も有意でなかった ( $p_{all} > .050$ ).

Cohen (1988) の目安に従うと, *Latent scope* が主観的事後確率の推定に与えた効果は大の基準値を上回っていた. 一方, *Simplicity* の効果量は小の基準値を下回っており, かつその検定力が 1 に近い ( $power = 0.954$ ),  $p$  値の解釈を行う意義が薄いと判断した.

## 2.3. 考察

実験 1A, 1B において, 効果量を見る限り, ともに *Latent scope* の影響が強く見られた. このことから, *Latent scope* を含まない説明は, 含む説明と比べて, より高く事後確率を見積もられたと言える.

一方, *Simplicity* の影響は, 両実験とも極めて限定的なものだった. この結果は, 説明が並列提示された状況を扱った Lombrozo (2007) の結果とは異なるものだった. 本実験で, *Simplicity* 要因の効果が極めて限定的にしか見られなかった理由は, 評価基準である *Simplicity* に注意が向かなかつたことが考えら

れる. そこで, 実験 2 では, 本実験と同様の状況において, *Simplicity* と *Latent scope* の概念を教示され, それらが説明の評価基準であるという観点を持つとき, 2 基準, 特に *Simplicity* が説明の事後確率推定に及ぼす影響の度合いが本実験で得られた結果とどのように変化するかを調べる.

## 3. 実験 2A & 2B

本実験の目的は, 説明の良さの評価における Joint-Separate Effect を検討することである. そのために, 説明を並列提示し, *Simplicity* あるいは *Scope* の異なる候補説明と比較できる状況において, どちらの説明がより高い割合で受容されるかを調べた. 比較の結果, *Simplicity* の良し悪しを相対的に判断できるようになり, その影響が前実験よりも強く見られるようになり, 先行研究と同様, より Simple な説明が好まれるようになると予測した[4].

### 3.1. 方法

#### 3.1.1. 参加者

実験 2A には, 名古屋大学に通う学部生 62 名 (男性 50 名, 女性 12 名, 平均年齢 19.77 歳,  $SD = 0.71$ ) が, 実験 2B には, 同大学に通う学部生 61 名 (男性 45 名, 女性 16 名, 平均年齢 20.05 歳,  $SD = 0.92$ ) が参加した.

#### 3.1.2. 実験計画 & 課題 & 手順

実験計画は, 実験 1 と同様のものを用いた. 課題は, 実験 2A は実験 1A と, 実験 2B は実験 1B と同様のテキストを用い, 各テキストの下に, 対応する説明の Structure を記載した.

参加者に, *Simplicity* と *Latent scope* の概念についての教示を行った後, 同様の手続きで実験を行った. 以下に, *Simplicity* の概念教示に用いたシナリオを示す.

「腹痛」という症状が観測されたとき, その原因を「盲腸」とする説明と, 原因を「寝不足」と「強い緊張」とする説明が提示されるとします. このとき, 後者よりも前者の方が, より少ない数の原因で説明できるため, *Simplicity* が高い説明であると考えます.

次に、*Manifest scope* の概念教示に用いたシナリオを示す。

「頭痛」と「発熱」という症状が観測されたとき、その原因を「風邪」とする説明が提示されるとします。そして、「風邪」が「頭痛」と「発熱」を引き起こす病気だった場合、そのどちらもが観測されています。原因によって起きることが予測された事象のうち、すでに観測されているものを *Manifest scope* と呼びます。

最後に、*Latent scope* の概念教示に用いたシナリオを示す。

「倦怠感」という症状が観測されたとき、その原因を「熱中症」とする説明が提示されるとします。そして、「熱中症」が「倦怠感」と「痙攣」を引き起こす病気だった場合、「痙攣」は未観測です。原因によって起きることが予測された事象のうち、未観測であるものを *Latent scope* と呼びます。

## 3.2. 結果・考察

### 3.2.1. 記述統計

実験 2A, 2B の基礎統計量を示す (表 3 参照)。表 3 の上段の値は平均値を、括弧内の値は標準偏差を示す。後述する通り、事前確率要因は、他の 2 要因との交互作用が見られなかったため、要因として考慮せず、平均値のみを掲載した。

表 3 実験 2A, 2B における平均値と標準偏差

	SNM	CNM	SWL	CWL	SWM	CWM
2A	54.69 (25.91)	42.04 (25.18)	29.39 (20.17)	22.63 (22.63)	-	-
2B	-	-	30.99 (28.27)	23.71 (20.47)	59.74 (23.48)	51.05 (16.04)

上段の値は平均値を、括弧内の値は標準偏差を示す。

### 3.2.2. 実験 2A における 3 要因分散分析

3 要因混合計画の分散分析によって、*Simplicity* (Simple, Complex) と *Latent scope* (Manifest, Latent), 事前確率 (10%, 20%, 30%) によって、単独提示された説明の主観的事後確率が異なるかを検討した。

*Simplicity* ( $F(1, 61) = 22.291, p < .001, \eta^2 = 0.026$ ) と *Latent scope* ( $F(1, 61) = 54.919, p < .001,$

$\eta^2 = 0.148$ ), 事前確率 ( $F(2, 60) = 6.795, p = .002, \eta^2 = 0.106$ ) のいずれも主効果が有意だった。また、交互作用はいずれも有意でなかった ( $p_{all} > .050$ )。

Cohen (1988) が提唱した効果量  $\eta^2$  の目安をもとに考えると、*Latent scope* が主観的確率の推定に与えた効果は大の基準値を、*Simplicity* のそれは小の基準値を上回っていた。

### 3.2.3. 実験 1B における 3 要因分散分析

*Simplicity* ( $F(1, 60) = 5.210, p = .026, \eta^2 = 0.026$ ) と *Latent scope* ( $F(1, 60) = 54.919, p < .001, \eta^2 = 0.064$ ), 事前確率 ( $F(2, 59) = 4.12, p = .021, \eta^2 = 0.041$ ) のいずれも主効果が有意だった。また、交互作用はいずれも有意でなかった ( $p_{all} > .050$ )。

Cohen (1988) が提唱した効果量  $\eta^2$  の目安をもとに考えると、*Latent scope* は主観的確率の推定に与えた効果は中の基準値を、*Simplicity* のそれは小の基準値を上回っていた。

## 4. 総合考察

### 4.1. Explanatory virtues の効果

#### 4.1.1. Simplicity の効果の限定性について

実験 1 において、*Simplicity* の効果は極めて限定的なものであった。しかし、この結果は先行研究の知見と異なる。たとえば、Lombrozo (2007) は、比較的単純な (仮定する原因の数が少ない) 説明を選好する傾向があることを明らかにした。ただし、この結果は各説明の事前確率の推定が必要となる状況下でのみ観察される。一方、説明の尤度を推定する必要がある場合、より *Simplicity* が低い説明の尤度が高く見積もられるという報告もある[13]。これらの知見に基づいて考えると、実験 1 は事前確率が明らかで、且つ、尤度に関する不確実性を持たなかったために、*Simplicity* の効果が極めて限定的なものであった可能性がある。

#### 4.1.2. Scope の効果について

本研究では、全実験に一貫して *Latent scope* の影響が確認された。この結果は、*Latent scope* を含まない説明は、含むものと比べて事後確率が高く見積もられる傾向についての報告と一致する[19, 10, 11]。より詳細には、事前確率と尤度の推定が必要ない状況下で、事前確率が同等な 2 説明 (*Latent scope* を含む

説明と含まない説明)を比較した場合, *Latent scope* を含まない説明をより好んで選択する傾向があることを示した報告がある[10(exp.3), 11(exp.1d)]. この結果は, *Latent scope* は事前確率や尤度の推定ではなく, 事後確率の推定に直接的に影響することを示唆している. これらの結果は, 主観的事後確率の推定に対する *Latent scope* の効果が強く見られたことを支持する.

#### 4.2. 教示の効果

実験1では, 主観的事後確率に対して, *Latent scope* の影響のみが強く見られた. 一方, *Latent scope* と *Simplicity* の概念を教示した上で実験1の条件のものを実施した実験2では, *Latent scope* に加えて *Simplicity* の影響も少なからず見られた. この結果から, 事前確率や尤度に対する不確実性がない状況下で実験2で *Simplicity* の影響が見られた理由は, その概念の教示によって, *Simplicity* に対する注意が働き, 評価基準として用いたからであると考えられる.

先述したように, Douven & Schupbach (2015) は, 参加者が説明の良さ (Loveliness) を考慮して事後確率 (Likelihood) を推定していることを明らかにした. また, Lombrozo (2007) は, *Simplicity* は事前確率の推定に影響すると強調したが, 事前確率が明記された状況であっても, 少なからずその効果は確認された. そのため, 概念を教示することで, *Simplicity* を事後確率を推定するための基準として用いるようになった可能性がある.

#### 4.3. Explanatory virtues の独立性

いずれの実験においても, *Simplicity*, *Latent scope*, 事前確率のいずれの間における交互作用も見られなかった, あるいは見られてもその効果量が非常に小さかったことから, *Simplicity* と *Latent scope*, 事前確率は, それぞれ独立して説明の良さの評価に影響を与えていることが示された.

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H02717 の助成を受けたものです.

#### 参考文献

- [1] Norman, D. A. (1988). *The Design of Everyday Things*, Basic Books.
- [2] Salmon, W., (1984). *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton: Princeton University Press.
- [3] Harman, G. H. (1965). The inference to the best explanation. *Philosophical Review*, 74(1), 88-95.
- [4] Lombrozo, T. (2007). Simplicity and probability in causal explanation. *Cognitive Psychology*, 55, 232–257.
- [5] McGrew, T., (2003) “Confirmation, heuristics, and explanatory reasoning”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 54, 553–67.
- [6] Johnston, A. M., Johnson, S. G. B., Koven, M. L., & Keil, F. C., (2016), “Little Bayesians or little Einsteins? Probability and explanatory virtue in children’s inferences”, *Developmental Science*, 1–14.
- [7] Lipton, P., (2004) “*Inference to the Best Explanation*”, Second edition. London and New York: Routledge.
- [8] Douven, I., & Schupbach, J. N. (2015). The role of explanatory considerations in updating. *Cognition*, 142, 299–311.
- [9] Johnson, S.G.B., Johnston, A.M., Toig, A.E., & Keil, F.C. (2014). Explanatory scope informs causal strength inferences. In P. Bello, M. Guarini, M. McShane & B. Scassellati (Eds.), *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2453–2458). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- [10] Johnson, S.G. B., Rajeev-Kumar, G., & Keil, F.C. (2016). Sense-making under ignorance. *Cognitive Psychology*.
- [11] Khemlani, S.S., Sussman, A.B., & Oppenheimer, D.M. (2011). Harry Potter and the sorcerer’s scope: latent scope biases in explanatory reasoning. *Memory & Cognition*, 39, 527–535.
- [12] Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [13] Johnson, S.G.B., J. J. Valenti, & Keil, F.C. (2018). Simplicity and Complexity Preferences in Causal Explanation: An Opponent Heuristic Account. *SSRN*.
- [14] Schooler, J. W., Ohlsson, S., & Brooks, K. (1993), “Thoughts beyond words: When language overshadows insight”, *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 166-183.