

Explanatory Scope Informs Causal Strength Inferences

Samuel G. B. Johnson, Amy E. Toig, Frank C. Keil

Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society, 2014, 2453-2458

<Introduction>

- 原因(Cause)は、構造とサイズを持つ
 - 共変量に関する情報がない状況でも、人間は因果の構造と強さを評価できる
 - しかし、共変量情報が利用できない状況における、因果の構造・強さの推定方法（何を手がかりとして推定しているのか）については知られていない
 - その手がかりのひとつに「**explanatory power**（説明力）」を挙げ、検討する
- 2事象間に因果的つながりを見出すためには、事象 X（原因の候補）が起こるときに事象 Y（結果の候補）も起こる（共変動する）傾向があることを認識する必要がある
 - 2事象を複数回観察しなければならない
 - しかし、原因と結果が一回ずつ発生・観察する（one-shot）場合でも、因果関係の有無・強さを認識することができる。この直感はどこから来るのか？
- 説明力は、因果力（**causal strength**）を推定する有効な手がかりかもしれない
 - 2つの間には相関が見られるため
 - 説明力が因果力よりも容易に評価される場合、因果力を検討するときに効果的
 - 哲学者は、**Simplicity, Scope, Depth** など、人間が説明力を評価する際に使用するいくつかの基準 **explanatory virtues** (Lipton, 2004) を特定した (Lombrozo, 2012)
- 本研究では、**explanatory virtues**（今回は **Scope**）を操作して、one-shot の場合における因果の有無・強さの推定に影響を与えるかどうかを検討した
 - 実験 1A では **Manifest Scope** を操作し、実験 1B では **Latent Scope** を操作した
 - ✓ 根本的な因果関係を変えずに、説明力に直接介入することができた
 - 実験 2 では、実験 1 で用いた（**Scope** を操作した）説明の説明力を直接的に測定し、説明力と因果力の対応を調べた → **Scope** 操作が、知覚される説明力を変えると予想

<Experiments 1A and 1B>

- **Scope**: 説明において、原因が導く結果（予測）のセットを指す
 - ex) フェラロ症 (C) は、脱毛 (E1)、体重増加 (E2)、夜間恐怖症(E3)の 3つの症状を引き起こす。ランディさんの脱毛 (E1) の原因を診断する際、フェラロ症が最良の説明であるかどうかを評価するために、E2, 3 が観察されているかを知ることが大切
 - このように、説明の **Scope** は説明力の決定に用いられる

- 説明の Scope は2つに分けられる
 - Manifest Scope: 観察された予測
 - Latent Scope: 未観測の（観測される可能性はある）予測
 - ✓ ex) ランディに脱毛 (E1) 見られた場合でも, 体重増加(E2) や夜間恐怖(E3) があるかどうかはわからない
 - ✓ この場合, フェラロ症において E1 は Manifest Scope であり, E2 と E3 は Latent Scope であるとする
- 実験者は, Scope を操作して, 説明力の異なる 3 種類の物語を作成した
- 参加者は, 説明構造の特徴を変えた因果関係を描写した 2 種類の物語（「good」なものと「bad」なもの）を読んだ
 - 実験 1A: Good structure (wide manifest scope, Figure1-A)と Bad-Manifest structure (narrow scope, Figure1-B)を対比
 - ✓ Good structure の例:
フェラロ症 (C) は, 脱毛 (E1), 体重増加 (E2), 夜間恐怖症(E3)の 3 つの症状を引き起こす. 3ヶ月前, ランディさんはフェラロ症を発症した. そのせいで, ランディさんは髪を失い(E1), 体重を増やし(E2), 夜に恐怖を覚えることが増えた(E3)
 - ✓ Bad-Manifest structure の例
Ferraro 症 (C)は, 脱毛 (E1)を引き起こす. 3ヶ月前, ランディさんはフェラロ症を発症した. そのせいで, ランディさんは髪を失った (E1). ランディさんは体重が増え(E2), 夜に恐怖を覚えることが増えた(E3)が, その理由はわからない.
 - ✓ 予測: 説明力が Good structure > Bad-Manifest structure となる
 - 実験 1B: Good structure (wide manifest scope)と Bad-Latent structure (wide latent scope, Figure1-C)を対比
 - ✓ Good 説明と同数の effects を予測する Bad-Latent 説明とを比較した. ただし, Bad-Latent 説明が予測した effects の一部(E2, E3)は manifest だった
 - ✓ Bad-Latent structure の例:
フェラロ症 (C) は, 脱毛 (E1), 体重増加 (E2), 夜間恐怖症(E3)の 3 つの症状を引き起こす. 3ヶ月前, ランディさんはフェラロ症を発症した. そのせいで, ランディさんは髪を失った(E1). ただし, 彼が体重を増やしたのか(E2), 夜に恐怖を覚えることが増えたのか(E3)はわからない.
 - ✓ 予測 1: 説明力が Good structure > Bad-Latent structure となる

- ✓ 予測 2: 説明力が Bad-Latent structure > Bad-Manifest structure となる
 どちらの説明も観測数が同じ(E1のみ). それに加えて, Bad-Latent は E2
 と E3 を予測するが, Bad-Manifest は予測しない. つまり, Bad-Latent は
 潜在範囲が広いだけで, 観測数が同じでも説明力が弱い(Khemlani et al., 2011)

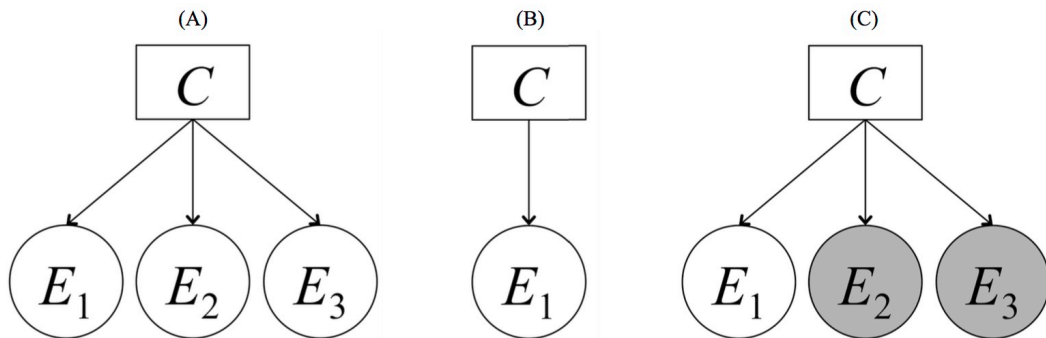


Figure 1: Explanatory structures used in Experiments 1 and 2. (A) *Good* structure (wide manifest scope), (B) *Bad-Manifest* structure (narrow scope), (C) *Bad-Latent* structure (wide latent scope). White circles indicate observed predictions and gray circles indicate latent predictions.

- Method

- Participants: 1A, B ともに 100 人ずつ(1B では 1 人除外)

Amazon Mechanical Turk にて募集

- Design:

- ✓ 日常的・科学的トピック 8 個 * 各トピックの類似項目 2 個 = 16 項目
- ✓ 操作: Scope 2 種類 (Good& Bad-Manifest or Bad-Latent)を 16 項目にランダムに振り分け (各トピックにおいて Good と Bad をひとつずつ)
- ✓ 毎回, Good 説明ともうひとつの説明 (非 Good 説明) が同時に提示された. (ただし, トピックや内容は Good 説明と異なるものを選んだ)

- Procedure:

1. 参加者は, 各項目において, 回答する前に対応する説明文を読んだ
2. (参加者が因果関係の存在を認めたことを確実にするために) 因果の有無に関する質問①に回答した (ex「ランディは, フェラロ症を患ったのが原因で髪の毛を失ったのだと思いますか?」)
3. 各因果力②を 9 件法で回答した (「1: 非常に弱い」から「9: 非常に強い」). (ex「フェラロ症とランディの抜け毛の間の因果関係力はどのくらい強いと思いますか?」) → 7 回繰り返す

- Results and Discussion

- ①Scope の操作は因果力の評価に影響し, この効果は実験 1A よりも実験 1B で大きかった (Figure2 参照)

- ✓ 因果の有無についての質問（「あなたは[C]が[E1]を引き起こしたと思いますか？」）に対して、参加者が「はい」と回答した項目数を条件毎に平均
- ✓ 実験 1A, B の両方共、予測に沿う結果となった
 - 1Aの予想: 説明力が Good structure > Bad-Manifest structure となる
結果: Good[M = 7.89, SD = 0.99] vs. Bad-Manifest[M = 7.74, SD = 1.08]
 $t(99) = 2.28, p = .025, d = 0.23$ [小]
 - 1Bの予想: 説明力が Good structure > Bad-Latent structure となる
結果: Good[M = 7.98, SD = 0.92] vs. Bad-Latent[M = 7.41, SD = 1.17]
 $t(98) = 6.22, p < .001, d = 0.62$ [中]
- ✓ ②Good と Bad-Latent の項目間の因果力の差は、Good と Bad-Manifest の項目の差よりも大きく、項目の種類(good/bad)と操作(non-latent/latent)の間に相互作用が見られた($F(1,198) = 13.37, p < .001, \text{partial-}\eta^2 = .06$)

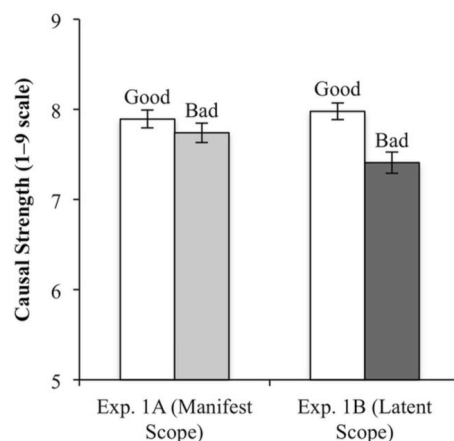


Figure 2: Results of Experiment 1. Bars represent ± 1 SE.

- また、最初の因果の有無についての質問に「はい」と答えた参加者の各項目の平均値に対して項目分析を行った
 - ✓ 1A(Good vs. Bad-Manifest): $t(15) = 2.82, p = .013, d = 0.70$ [中]
 - ✓ 1B(Good vs. Bad-Latent): $t(15) = 9.84, p < .001, d = 2.46$ [大]
 - ✓ Scope が、因果関係の有無&その強さの判断に影響することを示している
 - ✓ 観察(observations)は同じであったが scope は異なっていた実験 1A(Good と Bad-Manifest の対比)と、scope が同じだが観測が異なる 1B(Good と Bad-Latent の対比)、どちらにおいても同じパターンが見られた。
→ 因果力の推定には説明力が用いられるという考えと一致

<Experiment 2>

- 目的: 実験 1A と同じ課題を用いて説明力を測定し、因果力との相関を検討する

- Method

- Participants: 60 人ずつ(2 人除外)

Amazon Mechanical Turk にて募集

- Procedure: 参加者は、実験 1 で使用したのと同じ物語対を読み、C は E1 の説明としてどの程度満足できるかの評価した (ex 「ランディが髪の毛を失った原因がフェラロ症であることに、どの程度満足してしまか?」 という質問に対して、1 (「非常に不満足」) ~9 (「非常に満足」) で回答) → 7 回繰り返す

- Results and Discussion

- 説明力は、操作間で異なっていた (予測通り)

- ✓ Good(M = 7.69、SD = 1.09) > Bad-Manifest(M = 7.43、SD = 1.27)

$t(57) = 2.18, p = 0.034, d = 0.29$

- ✓ Good > Bad-Latent(M = 6.68、SD = 1.64)

$t(57) = 3.54, p = 0.001, d = 0.46$

- Manifest Scope の操作による影響 > Latent Scope の操作による影響

- ✓ Latent 操作が因果力の評価に比較的大きな影響を及ぼした

→実験 1 の結果と一致している (Manifest 操作は効果が小さかった)

- また、実験 1 の説明力評価と因果力の評価の間の相関を調べた

- ✓ Good の因果力の評価は、実験 1A と 1B の間で平均化した

- ✓ 説明力と因果力との間の相関関係は非常に強かった($r(46) = .65, p < .001$)

- ✓ 操作毎に見ると、Bad-Manifest では有意($r(14) = .70, p = .002$)で、Good ($r(14) = .19, p = .48$) および Bad-Latent ($r(14) = .42, p = .11$) では有意でなかった (ただし、どちらも正の傾きではあった)

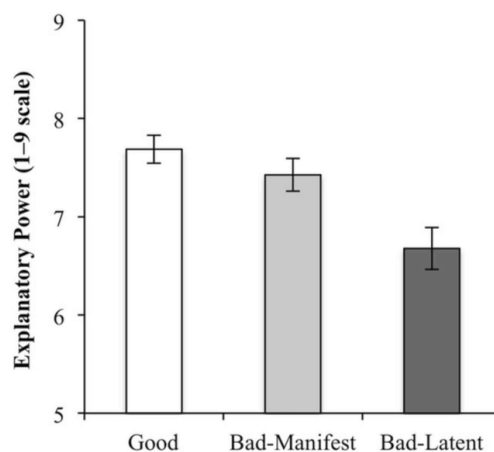


Figure 3: Results of Experiment 2. Bars represent ± 1 SE.

<General Discussion>

- 人間は確率的情報をうまく処理できないことがあるが、個々のケースから因果関係を推測することができる
 - explanatory virtues (Scope)のみを操作し、因果力の評価に影響があるかどうかを検討した
- Manifest Scope を操作した実験 1A では、Scope がより広い Good 説明のほうが、狭い Bad-Manifest 説明よりも因果力が高く判断された
- Latent Scope を操作した実験 1B では、Manifest のみで構成された Bad-Manifest 説明のほうが、Latent を含む Bad-Latent 説明よりも因果力が高く判断された
- 実験 2 では、上記と同じ操作が説明力の評価にも同様の効果をもたらし、項目間の説明力の差が因果力の差と正の相関を示した
- これらの結果は、共変量情報が利用できない場合、因果力を推定するために説明力が使用されることを示唆している