

Determinants and Consequences of the Need for Explanation

Emily G. Liquin & Tania Lombrozo

<Introduction>

- 人間の学習の大部分は、質問をすることによって達成される
 - ex) なぜ月は潮を引くのか？なぜ大陸は動くのか？なぜあくびは私たちの耳に影響を与えるのか？
- 子供は2歳になる前から情報を求める質問をし始め、2歳から3歳の間に説明を求める質問をするようになる (Chouinard, Harris, & Maratsos, 2007; Hickling & Wellman, 2001)
 - 2歳から6歳の間に、子供たちは推理をするように説明を自己生成するようになる (Legare, 2012)
- 説明は、学習や推論に対して重要な要素であるにもかかわらず、説明検索 (explanation-seeking) の引き金となるものを特定しようとする試みはほとんどない
 - 説明の探索は、実験によって捉えるのが難しいため
- Grimm (2008) および Wong and Yudell (2015) に基づき、説明の必要性 (Need For Explanation; 以後「NFE」), つまり、与えられた出来事・現象・主張が説明を要求することを提案する
 - Study 1: NFE に対する人々の判断は、説明探索行動を予測する
 - 説明の必要性が高いと判断された質問は、回答のサブセットを明らかにするオプションが与えられたときに参加者が選択する可能性が高い
 - Study 2: NFE と一般的な好奇心を区別し、説明の必要性についていくつか説明する
 - これらの説明は、説明の必要性に関する哲学における先行研究、帰属および好奇心に関する心理学における先行研究、ならびに説明および学習に関する先行研究から

Potential Determinants of NFE

- 説明の必要性に直接取り組んだ理論は2つだけ (いずれも哲学的議論)
 - Grimm (2008) は、「代替案がある限りにおいて、事象は説明を必要としている」と主張
 - 彼は、fact と foil の間の対比を考慮することによってこの理論を提起
 - fact: 実際に起った事象
 - foil: fact の代わりに起こり得た事象
 - NFE は fact と foil の対比によって決定される
 - foil とは対照的に、事実の発生に何が変わったのかを特定する場合、説明はこの必要性を満たす
 - Wong and Yudell (2015) は、「出来事が現存の理論 ("map") に合わない限り、出来事は説明を必要としている」と主張
 - 説明は、驚きや期待からのズレと結びついているという心理学的証拠がある
 - 人々は、自分の仮説と矛盾する出来事についての説明を生成しようとする (Legare, Gelman, & Wellman, 2010; Weiner, 1985)
- 哲学や心理学における多くの研究が、Simplicity (Bonawitz & Lombrozo, 2012; Lombrozo, 2007; Pacer & Lombrozo, 2017) や、Breadth (Johnson, Johnston, Toig, & Keil, 2014; Preston & Epley, 2005) の原則によって、説明が生成・評価されることを示している
 - 説明を求めるプロセスが、これらの説明的な嗜好によって調整されている場合、より単純な、あるいはより広い説明が利用可能であると思われるときに、NFE が引き起こされる可能性がある
 - 同様に、説明の機能が実現される可能性が高いとき、NFE が引き起こされる可能性がある
 - 説明の機能の1つは、学習を促進し、理解を深めること (Gopnik, 2000; Lombrozo, 2006; 2016)
 - 説明対象から学ぶべきことを検出したときに NFE が引き起こされる？
- 説明検索のプロセスを考慮することによって、別の提案を導き出すことができる
 - 多くの場合、質問は関連する専門知識を持つ人に向けて行われる
 - このような説明検索のパターンは、認知的分業 (a division of cognitive labor) という考えと一致している (Keil, 2003; Keil, Stein, Webb, Billings, & Rozenblit, 2008; Lutz & Keil, 2002)
 - NFE がこの分業に敏感であるならば、与えられた質問に手持ちの専門知識で答えられるとき、NFE が引き起こされる可能性がある
- NFE は好奇心と強く関連しているように思われるが、すべての好奇心が説明の獲得に向けられているわけではない (e.g., Berlyne & Borsa, 1968; Nicki, 1970)
 - したがって、好奇心の決定要因が NFE の決定要因になる可能性がある

- ただし、現存するいくつかの好奇心に関する理論で、合意のものはない (Kidd&Hayden, 2015)
 - 情報内容が好奇心を呼び起こす説 (Loewenstein, 1994)
 - 新規性が好奇心を呼び起こす説 (e.g., Pavlov, 1927; Smock&Holt, 1962)
 - 手持ちの知識の価値を高める有望性が好奇心を呼び起こす説 (Dubey&Griffiths, 2017)

Present Research

- 本研究で取り組むことは以下の2つ
 1. NFE が説明探索を予測することの検証
 - 「説明を最も必要としている」と判断した質問に対する回答（説明）を優先的に検索すると期待
 2. NFE がどのような要因によって生起するかを検討
 - fact-and-foil, map, 驚き, Simplicity/Breadth, 予想される学習, 専門知識, 情報内容, 新規性, 有用性
 - また、これらの潜在的な決定要因がNFEと好奇心を区別して予測することを明らかにする

<Study1>

- 目的: 説明の必要性判断（NFE）が、説明の探索を予測するかどうかを調査する

Method

Participants

- 72名 (男性 38名, 女性 34名, 年齢 19-69, $M_{age}=37$)
- 米国内の IP アドレスを持つ登録者に限定された
- アテンションチェックに合格しなかった参加者は分析から除外（後述）

Materials

- 「なぜ」を問う質問と、それについての回答 30 組を使用
 - それらは、Reddit が運営する Web ページの Web ページ “Explain Like I’m Five” から抜粋
 - Reddit のユーザが質問を送信し、それを受けた他のユーザが説明を提供する
 - 30 の質問と回答は、文法と読みやすさのために軽く編集された（以下、質問の例）
 - 「なぜ、ほとんどの鉛筆は黄色に塗られているのですか？どうして違う色じゃないのですか？」
 - 「なぜ、氷の入ったコップに液体を注ぐと、氷がパチパチ音をたてるのですか？」
 - 「なぜ、ボウルはいつも電子レンジの食べ物よりも熱くなるのですか？」

Procedure

1. 各参加者は、30 個の質問から無作為に選択された 8 つの質問が与えられた
2. 各質問に対して、どの程度説明を要求する質問であるかを評価するように求められた（NFE）
 - 「間違いなく説明を要求しない」「間違いなく説明を要求する」が両端の 7 スケールで回答
3. 各質問の状況を受容する程度（「次の事象について、どの程度同意できるかを評価してください：液体を注いだとき、コップ内の氷がパチパチと音をたてる」）および回答を知っているという自信の程度（「この質問に対する答えを知っているという自信はどれだけありますか？」）を評価するよう求められた
 - 上記 2 質問はランダムな順序で提示した
 - 説明検索に対する NFE の影響を、前提となる状況の受け入れや、手持ちの知識によって解釈できないようにするために、これら 2 つの測定値を用いて操作した
4. 単純なタスク（アテンションチェック）に取り組んだ
 - 簡単な算術問題を含む
 - このタスクにおいて、3 つ以上の誤った参加者は分析から除外した
 - このタスクの後、評価した 8 つの質問が提示され、最も回答したい 3 つを選択するよう求められた（従属変数）
5. 選択した 3 つの質問に対する説明が 1 つずつ提示され、それぞれを読んだ後に満足度を評定した
6. 参加者は、自身の年齢と性別を回答した

Results

- NFE と説明検索の関係を調べるために、GLMM（リンク関数: logit）でモデリング
 - 固定効果（説明変数）：NFE, Procedure3 の質問で取った測定値 2 つ
 - 被説明変数: 最も回答したいと思った説明 3 つ
 - 変量効果（誤差項）：参加者, タスク内容
- NFE の係数は有意 ($b = 0.18$, 95%CI [0.09, 0.29], $z = 3.59$, $p < .001$)
 - 各質問についての知識の係数も有意 ($b = -0.10$, 95% CI [-0.19, -0.01], $z = -2.21$, $p = .03$)
 - NFE のみを含むモデルとフルモデル（Procedure3 で測定した 2 値を含むモデル）の間には有意差なし
 - したがって、説明探索の予測因子は NFE のみで良いと考えられる（NFE が重要な要因）

Discussion

- Study1 は、NFE が説明探索行動の予測であることを示した
 - ある質問に対して説明を受けることを選択する確率は、その質問が説明を要求すると判断された範囲によって予測された
 - NFE のこの機能的影響を確立したので、次に NFE の潜在的な決定要因を調査する

<Study2>

- 目的: NFE 判断の潜在的な決定要因を検討する
 - 我々は参加者にいくつかの質問を提示します。彼らは NFE を判断し、さらに序文で概説した仮説に関連する完全な評価を行います
 - 次に、どの格付けが NFE の判断を最もよく予測するかを評価する
 - また、NFE と好奇心の関係を明らかにします
 1. NFE と好奇心は事実上同等である
 2. NFE が好奇心のサブタイプである
 3. NFE と好奇心は別要素から構成される

Method

Participants

- 74 名（男性 40 人, 女性 33 人, その他 1 人; 年齢 18-60 歳、 $M_{age} = 33$ ）
- 米国内の IP アドレスを持つ登録者に限定された
- アテンションチェックに合格しなかった 5 名は分析から除外

Materials

- Study1 で用いなかった 54 の新しい質問を使用
 - Reddit が運営する Web ページの Web ページ “Explain Like I’m Five” から抜粋

Procedure

1. 各参加者は、53 個の質問から無作為に選択された 10 個の質問が与えられた
2. 各質問に対して、どの程度説明を要求する質問であるかと、「この質問に対する回答についてどの程度興味を持っていますか」という好奇心を評価するように求められた
 - 追加で、Table1 にまとめられた 11 の次元で各質問を評価した（次ページに掲載）
 - これらの 13 の評価はランダムな順序で求められた
3. 10 の質問が与えられた（アテンションチェック）
 - これらの質問のうち、4 つは Procedure1 で見た質問で、残り 6 つは Answers.com の「科学」カテゴリから抜粋した新しい質問である
 - Procedure1 で見た質問を選択するように求められ、3 つ以上の誤りを犯した参加者は除外

Table 1: Potential determinants of NFE and their relationship with NFE in Study 2 and Study 2 replication.

Potential Determinant	Item (answered on a seven-point scale)	Study 2	Replication
Fact-and-Foil	How easily can you imagine a world in which it is not the case that [premise]?	-0.04	-0.007
Map Mismatch	How well does the claim that [premise] fit in with your current beliefs about the world?	0.08*	0.05
Surprise	To what extent do you think it is surprising that [premise]?	0.34**	0.33**
Negative Valence	To what extent do you think the main claim of the question (that [premise]) is negative, positive, or neutral?	-0.08*	-0.02
Simplicity	Do you think the answer to this question is likely to be simple or complex?	-0.43**	-0.38**
Breadth	Do you think the answer to this question would tell you something that applies only to what is being explained, or would it tell you something that applies more broadly to other cases that are similar?	0.14**	0.12**
Anticipated Learning	To what extent do you think the answer to this question would teach you something new?	0.43**	0.47**
Expertise	Do you think that answering this question requires special expertise in some domain?	0.44**	0.43**
Information Gap	How much do you know about the topic of this question?	0.16**	0.17**
Novelty	How novel for you is the claim that [premise]?	0.27**	0.26**
Future Utility	To what extent would knowing the answer to this question be useful to you in the future?	0.39**	0.40**

* $p < .05$; ** $p < .001$

Results

- 各測定値間に相関関係はない
 - 12 の関心測定値と NFE の一般的な関係を調査するために、12 の回帰モデルを立てた
 - 各モデルの回帰係数は標準化され、変数間の比較を可能にした
 - (表 1 参照) これらの結果は、いくつかの測定値の重要性を明らかにした
 - 特に、fact-and-foil の値は NFE を予測しなかった
 - 同様に、map と負の感情価も NFE を予測しなかった
- NFE と好奇心に及ぼす影響の差異について
 - 変数の多くが相関していたため (r は 0.60 程度)、探索的因子分析を実行して少数の直交次元を見つけ、それを使用して単一の回帰分析で NFE と好奇心を予測
 - 最初の 4 つの因子の初期固有値は 1 を超えており、それぞれ分散の 27%、17%、10%、9% を説明した
 - 3 つの潜在的な共通因子 (fact-and-foil, 負の感情価, Breadth) は、因子負荷 (共通因子の目的変数への影響力) が 0.4 を超えなかったため排除
 - これら 3 つの項目を除く、バリマックス回転を使用した 4 因子は、合計分散の 59% を説明
 - 「事前知識」 (驚き, マップの不一致, 新規性)
 - 「専門知識」 (単純さ, 負の因子負荷, 専門知識)
 - 「情報内容」 (予想される学習, 情報内容)
 - 「将来性」 (将来の効用)
- NFE と好奇心を予測する同時回帰
 - 同時回帰: 2 条件を説明する同一モデルの因子負荷の差異を検討
 - 固定効果: 事前知識, 専門知識, 情報内容, 将来性
 - 従属変数: NFE/好奇心
 - 変量効果: 参加者, 課題
 - この分析により、以下の 3 つの要因について、因子と測定値 (NFE/好奇心) の間の有意な相互作用が明らかになった
 - 専門知識 ($b = -0.12$, 95%CI [-0.19, -0.05], $t(1351) = -3.26$, $p = .001$)
 - 情報内容 ($b = 0.20$, 95%CI [0.11, 0.28], $t(1351) = 4.42$, $p < .001$)
 - 将来性 ($b = 0.18$, 95%CI [0.08, 0.27], $t(1351) = 3.64$, $p < .001$)
- これらの結果 (図 2 参照) は、専門知識は NFE をより良く予測する因子であり、情報内容と将来性は好奇心をより良く予測する因子であることを示した

Table 2: Factor loadings for final four-factor solution.
Loadings over 0.4 are printed in bold.

Potential Determinant	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Surprise	0.776	0.133	0.161	0.184
Map Mismatch	0.565	-0.051	0.121	-0.169
Information Gap	0.244	0.084	0.558	-0.103
Novelty	0.667	0.094	0.289	0.147
Future Utility	0.024	0.184	0.021	0.674
Anticipated Learning	0.258	0.258	0.736	0.364
Expertise	0.064	0.515	0.189	0.307
Simplicity	-0.049	-0.985	-0.109	-0.103

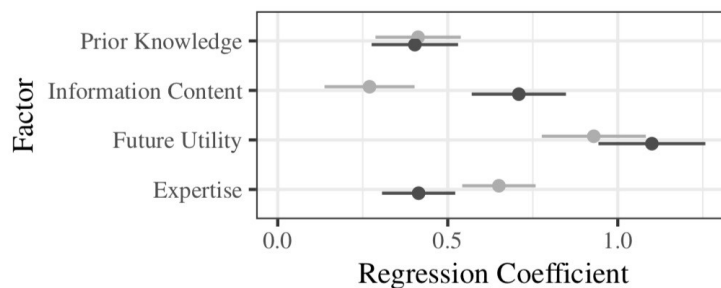


Figure 2: Study 2 model coefficients ($\pm$ 95% CI) for each factor, from regression analysis predicting NFE & curiosity.

Discussion

- NFE の決定要因のいくつかは他のものよりも重要であることを示唆
 - fact-and-foil 説 (Grimm, 2008), 負の感情価説 (Weiner, 1985) および map 説 (Wong & Yudell, 2015 年) は, NFE をほとんど予測しない
- しかし, 因子スコアの回帰分析により, NFE にとって重要な予測因子が明らかになった
 - 将来性 (将来の効用のみで構成) および専門知識 (専門知識と単純さで構成) は NFE を予測
 - 事前知識 (驚き, マップの不一致, 新規性で構成) および情報内容 (予想される学習および情報内容で構成) も控えめに予測
- これらの結果は, NFE と好奇心は密接に関連しているが, NFE は好奇心と同等ではないことも示唆
 - 好奇心の判断は, 情報内容と将来の有用性によってより良く予測されたが, NFE の判断は専門知識によってより良く予測された (認知的分業の概念と一致)

<General Discussion>

- この研究では, 説明の必要性を調査
 - なぜいくつかの出来事は説明を必要とするのに, 他はそうではないのか
 - 説明の必要性に関する 3 つの質問に答える
 1. NFE は実際の説明を求める行動を予測しますか?
 - Yes. NFE は, 説明を求める行動を高度に予測し, 関連する交絡を制御する
 2. NFE の判断を決定する要因は何ですか?
 - NFE は, 事前の知識, 専門知識, 情報コンテンツ, および将来性によって予測できる
 3. NFE は好奇心とどのように区別されるか?
 - 専門知識によってよりよく予測できる点で, 好奇心とは異なる

- 本研究の限界
 - 課題として実際に提起された質問で構成されていたこと
 - これらの質問は、誰かの NFE の閾値をすでに満たしていると想像できる
 - 特定の種類の質問・説明に限り提示したこと
 - 事実関係の問題に関する質問・説明に限定して提示した
 - ドメインによって説明の形式や内容が異なるように、NFE も同様に異なる可能性がある