

因果条件文の主観的確率における文化差の検討

Cultural Differences in Subjective Probability of Causal Conditionals

中村 紘子*

Hiroko Nakamura

要 旨

本研究では、因果推論の文化差について、因果条件文「もし A が生じるなら B が生じる」を用いて検討を行った。西洋人の認知は分析的で因果関係を狭く捉えやすく、一方、東洋人は全体的な認知を行いやすく因果関係をより広範に捉えやすいことが明らかになっている。このことから、西洋人は原因 A が生じた場合に焦点を当てやすく、 A の場合に結果 B が生じるかをもとに因果条件文の真偽を判断すると考えられ、因果条件文が真である確率は、 A の場合に B が生じる条件付き確率 $P(B|A)$ と等しくなると予測される。一方、東洋人は原因をより遡って考えやすいことから、原因となる A が生じる確率 $P(A)$ も考慮に入れて因果条件推論を行うと考えられる。よって、東洋人では因果条件文が真である確率は $P(A) * P(B|A)$ と等しくなると予測される。日本人とアメリカ人を対象としたオンライン実験を行った結果、因果条件文が真である確率は、アメリカ人では $P(B|A)$ による予測の当てはまりが良く、日本人では $P(A) * P(B|A)$ による当てはまりが良いことが示された。このことから、因果条件推論においても文化差が見られ、日本人はアメリカ人よりも広範な因果の認知を行いやすいことが明らかとなった。

キーワード：因果条件推論、認知の文化差、条件推論の確率モデル

1. はじめに

「もし気温が下がれば道路が凍結する」、「もし CO_2 が増加すれば温暖化になる」など、私たちは日常的に因果関係についての推論を行っている。こうした「もし A が生じれば B が生じる」という条件文の形で因果関係を記述する文を因果条件文と呼び、 A を条件文の前件、 B を後件と呼ぶ。

演繹推論の認知心理学的研究では、人が条件文の真偽をどのように推論しているかについて、多くの議論がなされている。代表的な条件推論の理論として、人の推論は抽象的な規則に基づくとするメンタルロジック説 (Braine & O'Brien, 1991)、意味論的過程に基づくとするメンタルモデル説 (Johnson-Laird & Byrne, 2002) などがある。近年では、条件文が真であると思う主観的確率に基づいて、条件文の真偽を判断しているという確率論的な説明がなされるようになってきた。

条件推論の確率説は、人が「もし A ならば B である」という条件文について推論する際、 A が生じたと仮定した上で B が生じるかについて考え、条件文が真であるとの主観的確率は、前件 A が与えられた時の後件 B の条件付き確率 $P(B|A)$ と等しいとしている (Evans, Handley & Over, 2003; Oaksford, Chater & Jakin, 2000)。確率説に基づけば、「もし CO_2 が増加すれば、温暖化になる」といった条件文が真である確率

* 愛知淑徳大学人間情報学部

を判断する際、まず CO₂が増加していると仮定し、その際に、温暖化が生じる確率から真偽判断を行うといえる。よって、条件推論の際に焦点を当てるのは前提となる A が生じている場合であり、A が生じない場合は条件文の真偽とは無関係とみなされる。

Over らは、確率論的アプローチを因果条件推論に拡張した実験を行い、因果条件文が真である確率の判断は、条件付き確率による予測が最も良く当てはまることを示している (Over, Hadjichristidis, Evans, Handley & Sloman, 2007)。彼らの実験では、Plymouth 大学の学生 40 名に「もし石油価格が上がれば、渋滞は改善されるだろう」といった因果条件文が真・偽である確率と、前件 A と後件 B の 4 つの組み合わせ $A \& B$, $A \& \text{not-}B$, $\text{not-}A \& B$, $\text{not-}A \& \text{not-}B$ 事例が生じる確率を判断させ、各参加者の事例の生起確率の回答をもとに、条件付き確率 $P(B|A) = P(A \& B) / [P(A \& B) + P(A \& \text{not-}B)]$ や連言確率 $P(A \& B)$ 、実質含意の確率 $P(\text{not-}A \text{ or } B) = P(A \& B) + P(\text{not-}A \& B) + P(\text{not-}A \& \text{not-}B)$ を計算し、因果条件文が真である確率に対する各確率モデルの当てはまりの良さを検討している。その結果、因果条件文が真である確率に対しては条件付き確率の当てはまりの良さが最も高く ($\beta = .90$)、因果条件文についての信念は、主観的条件付き確率と等しいという主張を支持する結果となった。

条件推論の確率説を支持する研究は多くなされているが、その大部分が欧米の参加者を対象としたものであり、東洋人における条件推論過程が西洋人と同様かは不明な点が多い。認知の文化差についての研究は、西洋人は相互独立的な自己観を持ち、分析的、形式的、脱文脈的で要素に焦点を当てた認知を行いやすく、一方、東洋人の自己観は相互協調的であり、全体的、文脈依存的な認知を行いやすく、矛盾に寛容であることが示されている (Markus & Kityama, 1991; Nisbett & Miyamoto, 2005, Peng & Nisbett, 1999)。

原因帰属といった因果関係の認知においても文化差が見られ、東洋人は比較的広範で、複雑な原因帰属を行いやすく、西洋人はより狭い原因帰属を行いやすいことが示されている (Choi, Nisbett, & Norenzayan, 1999)。Choi, Dalal, Kim-Prieto & Park (2003) による実験では、韓国人参加者はアメリカ人参加者に比べて、ある出来事の原因となる事象をより多く挙げやすく、出来事の原因を行為者だけではなく行為者のおかれた背景まで遡って説明しやすいことが示されている。また、Maddux & Yuki (2006) は、東洋人は西洋人に比べて、ある出来事がより多様で複雑な結果を生じさせると考えやすいことを示している。これらの知見から、原因帰属だけではなく、因果条件推論においても文化差が生じる可能性が考えられる。

本研究は因果条件推論においても文化差が見られるかを、米国人と日本人参加者の比較から検討していく。西洋人は特定の要素に焦点を当てやすく、因果関係をより狭く捉えることから、「もし A が生じるなら B が生じる」という因果条件文の真偽を推論する際、前件 A が生じた場合に焦点を当て、その上で後件 B が生じるかどうかをもとに真偽を判断すると考えられる。よって、Over et al., (2007) が示したように、西洋人における因果条件文が真である確率は、A が生じた場合に B が生じるという条件付き確率 $P(B|A)$ と等しくなると予測される。一方、東洋人は因果関係をより広範に捉え、出来事の原因をより複雑に認知しやすいことから、因果条件推論においても原因となる前提 A についてより複雑に認知する可能性が考えられる。そこで、本研究では東洋人は因果条件推論においても原因を遡って捉えやすく、前提である A が生じるかも考慮に入れ因果条件文の真偽を判断するとの仮説を検証する。仮説に基づけば、東洋人は A が生じる確率 $P(A)$ を考え、その際の、A の場合に B となる条件付き確率 $P(B|A)$ から、因果条件文が真である確率を判断すると考えられる。よって、東洋人における因果条件文が真である確率は $P(A) * P(B|A)$ と等しくなることが予測される。

実験では、Over et al., (2007) の手続きを用いて、因果条件文が真である確率の判断は、アメリカ人参加者では条件付き確率 $P(B|A)$ による予測が良く当てはまり、日本人参加者では A が生じる確率も考慮した $P(A) * P(B|A)$ による予測が良く当てはまるかを検討していく。

2. 実験

実験計画 1 要因 2 水準の参加者間計画（国籍：アメリカ，日本）の実験を行った。

参加者 参加者募集はクラウドソーシングサービス（Crowd Works: <https://crowdworks.jp/>; Crowd Flower: <https://www.crowdflower.com/>）を用いて行い，参加の報酬としてアメリカ人には1ドル，日本人には100円を支払った。募集した参加者数は，アメリカ，日本ともに100名であった。参加者のうち，回答に不備がなかったアメリカ人50名（女性24名，男性26名， $M_{Age}=33.9$, $SD_{Age}=11.3$ ），日本人54名（女性32名，男性22名， $M_{Age}=38.3$, $SD_{Age}=12.0$ ）のデータについて分析を行った。

材料 因果条件文は Over et al., (2007) で用いられた因果条件文をもとに作成した。条件文の英文・和文の内容について，英語・日本語のバイリンガル話者によるチェックをうけ，16種類の因果条件文を実験刺激として用いた（e.g., もしCO₂の排出量が増えれば，平均気温が高くなる）。参加者には，このうち8種類の条件文をカウンターバランスして提示した。

手続き 実験はオンライン調査サイトの Survey Monkey (<https://jp.surveymonkey.com/>) を用いて行われた。参加者は8種類の条件文それぞれについて，次の2つの確率判断課題を行った：

真偽の確率判断：因果条件文（例：もしCO₂が増加すれば，平均気温が高くなる）が真・偽である確率を，それぞれ判断するように求めた。

事象の生起確率判断：A & B（CO₂の排出量が増え，かつ，平均気温が高くなる）と A & not-B（CO₂の排出量が増え，かつ，平均気温が高くなる）がそれぞれ生じる確率を判断するように求めた。

Over et al., (2007) では事象の生起確率判断課題において，not-A & B, not-A & not-B の生起確率も尋ねているが，本研究で検討する $P(B|A)$ と $P(A) \times P(B|A)$ のモデルは A & B, A & not-B の確率から求められるため，not-A & B, not-A & not-B の生起確率は尋ねないこととした。

3. 結果

事象の生起確率判断課題の結果をもとに，各参加者の各条件文に対する $P(B|A)$ と $P(A) \times P(B|A)$ を以下の式から求めた。

$$P(B|A) = \frac{P(A \& B)}{[P(A \& B) + P(A \& \neg B)]}$$

$$P(A) \times P(B|A) = P(A \& B)$$

上式をもとに，因果条件文が真である確率の判断は，アメリカ人参加者では条件付き確率 $P(B|A)$ による予測が良く当てはまり，日本人参加者では A が生じる確率も考慮した $P(A) \times P(B|A)$ による予測が良く当てはまるかを検討した。

Figure 1a, 1b は各参加者の各条件文に対する条件文が真である確率の判断結果を y 軸，各条件文に対する $P(B|A)$ を x 軸にプロットした散布図であり，Figure 2a, 2b は各参加者の各条件文に対する条件文が真である確率の判断結果を y 軸， $P(A) \times P(B|A)$ を x 軸にプロットした散布図である。

条件文が真であるという確率判断について， $P(B|A)$ と $P(A) \times P(B|A)$ のどちらのモデルの当てはまりが良いかを比較するため，日米それぞれにおいて Bayesian Mixed Model Analysis を行い，各モデルの Bayes Factor (BF) の比較を行った。分析には R (R Core Team, 2015) の Bayes Factor Package (Morey, Rouder & Larkin, 2015) を用いた。結果変数を条件文が真である確率，説明変数を $P(B|A)$ または $P(A) \times P(B|A)$ とし，ランダム切片

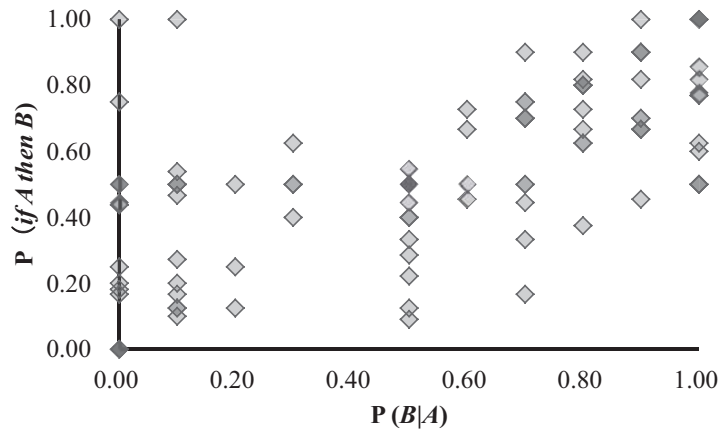


Figure 1a. Scatterplot showing relation between $P(\text{if } A \text{ then } B)$ and $P(B|A)$ in American participants
 ※濃色の点ほど反応数が多い

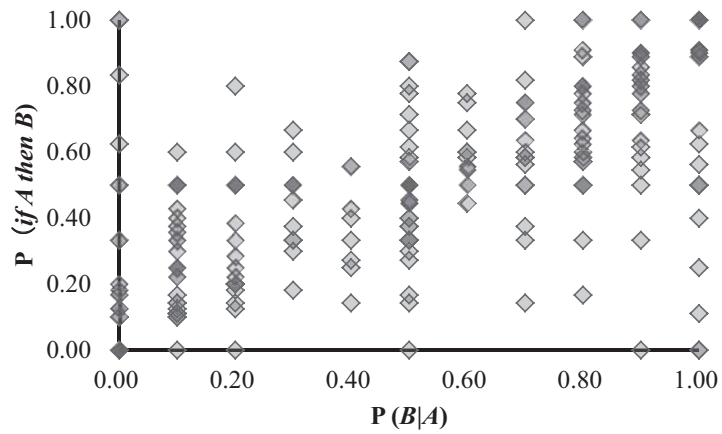


Figure 1b. Scatterplot showing relation between $P(\text{if } A \text{ then } B)$ and $P(B|A)$ in Japanese participants

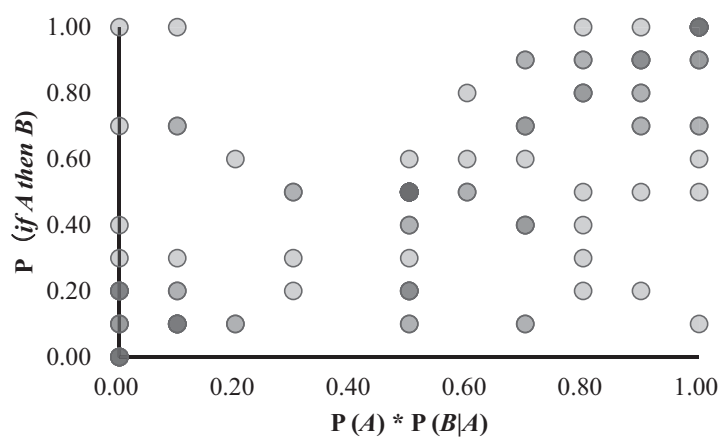


Figure 2a. Scatterplot showing relation between $P(\text{if } A \text{ then } B)$ and $P(B|A)$ in American participants

因果条件文の主観的確率における文化差の検討

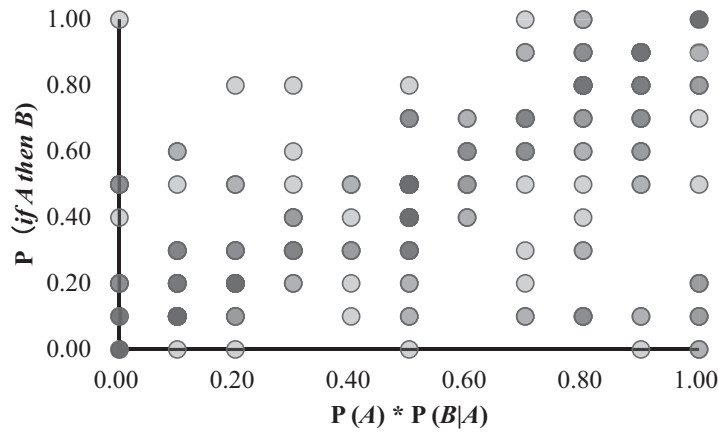


Figure 2b. Scatterplot showing relation between $P(\text{if } A \text{ then } B)$ and $P(B|A)$ in Japanese participants

を参加者、条件文として分析を行った。また、 BF を求める際の基準となるモデルを、参加者と条件文のランダム切片のみのモデルとした。Table 1は日米それぞれの $P(B|A)$, $P(A) * P(B|A)$ モデルの BF である。

Table 1. Results from the Bayesian Mixed Model Analysis

| Nationality | Fixed effect | BF | $\log(BF)$ |
|-------------|-----------------|------------------|------------|
| Americans | $P(B A)$ | $6.07 * 10^{20}$ | 20.78 |
| | $P(A) * P(B A)$ | $1.59 * 10^{18}$ | 18.20 |
| Japanese | $P(B A)$ | $3.48 * 10^{56}$ | 16.54 |
| | $P(A) * P(B A)$ | $3.71 * 10^{57}$ | 57.57 |

Note. All models are compared against the denominator model with only the random intercept for participants and items model.

BF の解釈は Kass & Raftery (1995) の基準に従い、モデル1のモデル2に対する BF の比 ($BF_{1,2} = BF_1 / BF_2$) が3以上であれば、モデル1はモデル2よりもデータが支持する程度が明らかに高いとする。アメリカでは $P(B|A)$ の方が $P(A) * P(B|A)$ よりもモデルの当てはまりが良く $BF_{P(B|A), P(A) * P(B|A)} = 381.76$, 日本では $P(A) * P(B|A)$ の方が $P(B|A)$ よりもモデルの当てはまりが良かった $BF_{P(A) * P(B|A), P(B|A)} = 10.67$ 。

4. 考察

本研究の結果、因果条件文「もし A が生じるなら B が生じる」が真である確率は、アメリカ人では Over et al., (2007) らの先行研究と同様、条件付き確率 $P(B|A)$ による当てはまりが良いことが示され、一方、日本人では $P(A) * P(B|A)$ による当てはまりが良いことが示された。このことから、アメリカ人は A が生じるという前提のもとで因果条件文について推論を行い、一方、日本人は前提である A が生じるかどうかも考慮しながら推論を行っているといえる。これらの結果は、東洋人は比較的広範で、複雑な原因帰属を行いやすく、西洋人はより狭い原因帰属を行いやすいとする、因果認知の文化差の知見 (e.g., Choi et al., 1999) を支持するものである。

原因帰属の文化差の先行研究では、参加者にある結果に対する原因を記述させる (Choi et al., 2003) といった手法を用いて因果関係の認知を検討している。そのため、参加者が意図的に努力し、日常的に考慮するよりも多くの原因や結果を挙げている可能性が考えられる。一方、本研究では、直接的に原因や結果を尋ねず、因果条件文の真偽の確率と各事象の生起確率から、因果関係を推論する際に考慮する対象の範囲を検討してい

る。よって、今回の結果は、日常的な因果関係の認知においても、東洋人は西洋人よりも広範に因果関係を認知しやすいことを示唆している。

日本人参加者において、 $P(A) * P(B|A)$ の当てはまりが良いことから、日本人は前提 $P(A)$ が生じるかも考慮した上で、因果条件文の真偽を推論していると考えられる。ただし、 $P(A) * P(B|A)$ は連言確率 $P(A \& B)$ と等しいことから、因果条件文「もし A が生じるなら B が生じる」を、連言「 A が生じ、かつ、 B が生じる」と解釈していた可能性も考えられる。Evans, Handley, Neilens, & Over (2007) は、条件文の連言解釈は認知容量の少なさや心的ショートカットを反映しているとしている。本研究では参加者の認知容量を測定していないため、 $P(A) * P(B|A)$ という回答が $P(A)$ を考慮した上で $P(B|A)$ を評価する過程か、認知資源を節約し連言 $P(A \& B)$ として判断する過程のどちらを反映しているかが不明瞭である。今後、参加者の認知容量と因果条件推論との関連の文化差を検討していくことが必要である。

本研究は条件推論において文化差が生じることを明らかにしており、条件推論の確率説による、条件文が真である確率は条件付き確率と等しい、 $P(\text{if } A \text{ then } B) = P(B|A)$ 、という主張は西洋人において成り立つものであり、東洋人では別の規則に基づいて条件推論を行っていることを示している。ただし、Norenzayan, Smith, Kim, & Nisbett (2002) は演繹推論における文化差は具体的な内容の課題で生じ (e.g., すべての運動選手は足が大きい)、抽象的な材料を用いた演繹推論課題 (e.g., すべての A は B である) では文化差は見られないとしている。具体的な内容の因果推論においては参加者の持つ因果関係についての知識が影響することが知られており、Cummins, Lubart, Alksnis, & Rist (1991) は因果条件推論において前件 A 以外の代替原因が考えられる場合、 A と B の因果関係が弱いと判断しやすくなることを示している。知識の利用可能性に関わる要因 (e.g., 教育水準) が因果条件推論のパフォーマンスにどのように関わるか、また、抽象的な因果条件文において文化差が見られるかについては今後の検討課題だといえる。

参考文献

- Braine, M. D., & O'Brien, D. P. (1991). A theory of if: A lexical entry, reasoning program, and pragmatic principles. *Psychological review*, 98, 182-203.
- Choi, I., Dalal, R., Kim-Prieto, C., & Park, H. (2003). Culture and judgement of causal relevance. *Journal of personality and social psychology*, 84, 46-59.
- Choi, I., Nisbett, R. E., & Norenzayan, A. (1999). Causal attribution across cultures: Variation and universality. *Psychological bulletin*, 125, 47-63.
- Cummins, D. D., Lubart, T., Alksnis, O., & Rist, R. (1991). Conditional reasoning and causation. *Memory & cognition*, 19, 274-282.
- Evans, J. S. B., Handley, S. J., Neilens, H., & Over, D. E. (2007). Thinking about conditionals: A study of individual differences. *Memory & Cognition*, 35, 1772-1784.
- Evans, J. S. B., Handley, S. J., & Over, D. E. (2003). Conditionals and conditional probability. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 321-355.
- Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. (2002). Conditionals: a theory of meaning, pragmatics, and inference. *Psychological review*, 109, 646-678.
- Kass, R. E., & Raftery, A. E. (1995). Bayes factors. *Journal of the american statistical association*, 90, 773-795.
- Maddux, W. W., & Yuki, M. (2006). The "ripple effect" : Cultural differences in perceptions of the consequences of events. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 32, 669-683.
- Markus, H. R., & Kitayama, S. (1991). Culture and the self: Implications for cognition, emotion, and motivation. *Psychological review*, 98, 224-253.
- Morey, R. D., Rouder, J. N., & Jamil, T. (2015). BayesFactor: computation of bayes factors for common designs. R package version 0.9.12-2.

- Nisbett, R. E., & Miyamoto, Y. (2005). The influence of culture: holistic versus analytic perception. *Trends in cognitive sciences*, 9, 467–473.
- Norenzayan, A., Smith, E. E., Kim, B. J., & Nisbett, R. E. (2002). Cultural preferences for formal versus intuitive reasoning. *Cognitive Science*, 26, 653–684.
- Oaksford, M., Chater, N., & Larkin, J. (2000). Probabilities and polarity biases in conditional inference. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 883–889.
- Over, D. E., Hadjichristidis, C., Evans, J. S. B., Handley, S. J., & Sloman, S. A. (2007). The probability of causal conditionals. *Cognitive psychology*, 54, 62–97.
- Peng, K., & Nisbett, R. E. (1999). Culture, dialectics, and reasoning about contradiction. *American psychologist*, 54, 741–754.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R, Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.