

双条件文の認知とその意味

Cognition and meaning of biconditional event

横川 純貴^{*1}
Yokokawa Junki

高橋 達二^{*2}
Takahasi Tatsuji

^{*1} 東京電機大学大学院
Graduate School of Tokyo Denki University

^{*2} 東京電機大学理工学部
School of Science and Technology, Tokyo Denki University

"Proportion of cases is assumed rare"(pARIs) that we have advocated is fit to the data of causal induction experiment. In addition, pARIs has also been found that matches the biconditional events in the new paradigm of reasoning psychology. The revealed how humans interpret bi conditional events using cognitive experiments in this study.

1. はじめに

人間の帰納的な因果判断モデルの一つである"稀少と仮定される事例の比率"(pARIs: proportion of Assumed to be Rare Instances) [Takahashi, T. 2010] は因果帰納実験において人間のデータと非常によくフィットすることがわかった。さらに pARIs は推論心理学の新パラダイムにおける双条件事象の形式と合致することもわかっている[Gilio, A.2011]。本研究では、この双条件付事象に着目をし、人間がどのように双条件付事象を捉えているのかを認知実験にて明らかにすることを試みた。

2. 既存研究

2.1 因果帰納モデル

因果帰納とは、着目する結果事象 E と、原因として疑う原因候補事象 C の共起頻度情報を帰納的に観測し、原因 C から結果 E へという因果関係を構築する推論である。この因果帰納には様々なモデルがあるが、共起あるいは共変動情報を入力とした計算が第一歩であるとされている[Hattori, M. 2007]。最も基本的な因果帰納研究では、2×2 分割表(表 1) が用いて、2 事象の共起情報をセル a, b, c, d に記録する。例えば、原因 C が生起し結果 E が生起した場合は、セル a の生起回数に更新される。また、原因 C が生起し結果 E が不生起だった場合は、セル b の生起回数が更新される。セル c, d も同様な手順にて更新されてゆく。

表 1 : 2×2 の分割表

		Effect (E)	
		E	¬E
Cause (C)	C	a	b
	¬C	c	d

上記の表上で pARIs は以下のように定義される:

$$pARIs \triangleq P(p \wedge q | p \vee q) = \frac{P(C \wedge E)}{P(C \vee E)} = \frac{a}{a + b + c} \quad (1)$$

2.2 双条件付事象

先に示した pARIs の形式は「推論心理学の新パラダイム」[Politzer, G. 2010][Over, D. E. 2009] で着目されている無際限な世界での双条件文、双条件付事象、推論心理学では Wason らの発見した defective biconditional [wason 1966]、Tversky の類似性の定義にも一致する [Tversky, A. 1977]。他にも Kosko による集合同一性の確率 [Kosko, B. 2004]、情報工学で多用される Jaccard similarity index と一致し、理論的に正当化できる。

表 2 に現在推論心理学で扱われている一般的な条件文「ならば (if P then Q)」(P⇒Q と Q|P) と双条件事象「if P then Q, and if Q then P」(Q|P) の真理値表を示す。U は、無関係、無効あるいは不確実という意味を表す。表 1 の共起情報について原因 C を前件 P、結果 E を後件 Q とすると表 2 との自然な対応が付き、pARIs が双条件付事象と同等なことが確認できる。即ち、pARIs は原因 C と結果 E が共に不生起だった情報を無視し、同じように双条件付事象も前件 P と後件 Q が共に偽であったなら無効となる、このように pARIs と条件付事象が対応していることがわかる。

表 2 : 各事象における真理値表

		実質含意	条件付事象	双条件付事象	因果帰納セル
P	Q	P⇒Q	Q P	Q P	
T	T	T	T	T	a
T	F	F	F	F	b
F	T	T	U	F	c
F	F	T	U	U	d

3. 認知実験

実際に人間がどのように双条件付事象を捉えているのかを認知実験にて確認をする。本実験はコンピュータを用い、参加者は我々の口頭での説明を聞いた後にモニタ上の説明に従ってコンピュータを操作し実験を行った。実験参加者は東京電機大学理工学部の学生 161 人である。

3.1 実験内容

本実験はタスクが 4 種類あり、それぞれタスク A, B, C, D とする。タスク A, B, C, D は質問の種類が 4, 8, 2, 4 種類ある。参加者は、それぞれランダムな順番にタスクをこな

してゆく。タスク内では 1 種類の質問がランダムに割り振られる。ただしタスク D は すべての質問をランダムな順番で受けるようになっている。本論文ではタスク A, C, D に着目をした。

タスク A の質問は、以下の計 4 種類である。

- (ア) 『「もし写真に写った図形が星ならばそれは黒い」という文の真偽はどうなるか』
- (イ) 『「もし写真に写った図形が白色ならばそれは丸い」という文の真偽はどうなるか』
- (ウ) 『「もし写真に写った図形が星ならばそれは白く、かつ、もしその図形が白ならば、それは星である。」という文の真偽はどうなるか』
- (エ) 『「もし写真に写った図形が黒色ならばそれは丸く、かつ、もしその図形が丸いならば、それは黒色である。」という文の真偽はどうなるか』

タスク C の質問は、以下の計 2 種類である。

- (オ) 『「もし写真に写った図形が長方形ならばそれは黄色く、かつ、もしその図形が黄色ならば、それは長方形である。」という文の真偽はどうなるか?』
- (カ) 『「もし写真に写った図形が紫色ならばそれは矢印で、かつ、もしその図形が矢印ならば、それは黄色である。」という文の真偽はどうなるか?』

これらのタスク A, C は質問に対して参加者は 4 (タスク A) または 9 (タスク C) 枚の写真を一枚ずつ提示され、写真の情報と条件文との関係を「真である」、「真でも偽でもない」、「偽である」のいずれかを選択して答える。これによって参加者の条件文の真理値表を構築することができる。

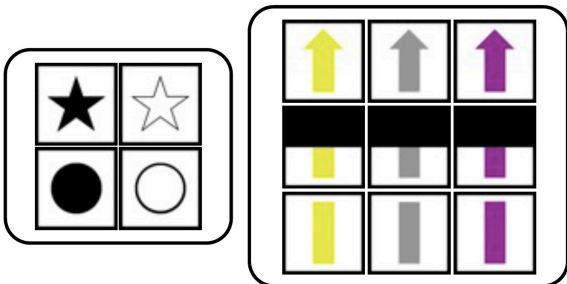


図 2：タスク A (左) と C (右) の写真群

タスク D の質問は、以下の計 4 種類であり、すべての文章の先頭に「写真のようなチップ群がある。その中から一枚をランダムに選ばれます」といった一文が表示されている。

- (キ) 『「もしチップが三角ならオレンジである」という見込みはどのくらいか』
- (ク) 『「もしチップがピンクなら四角である」という見込みはどのくらいか』
- (ケ) 『「もしチップが四角ならオレンジであり、かつ、チップがオレンジなら四角である」という見込みはどのくらいか』
- (コ) 『「もしチップがピンクなら三角であり、かつ、チップが三角ならピンクである」という見込みはどのくらいか』

タスク D は、チップが複数表示されている画像を参照しながら上記の質問に答えるようになっている。確率はコ

ンボボックスを利用し分子と分母の数字を選び答えるようになっている。また、確率が 1 を超えるような分数は答えられないようになっている。

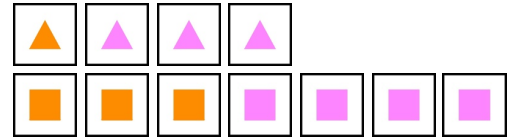


図 1：タスク D で提示されるチップ群の一例

4. 結果

タスク A, C, D の結果を以下に示す。

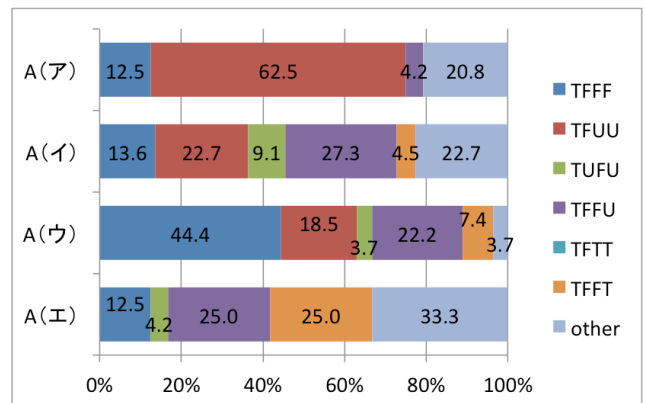


図 3：タスク A の結果 (n = 24, 22, 27, 24)

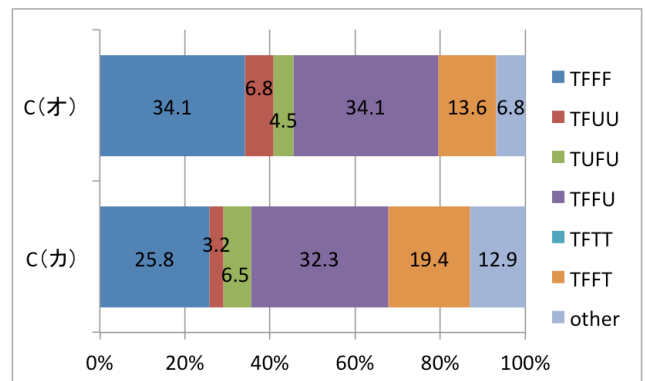


図 4：タスク C の結果 (n = 44, 31)

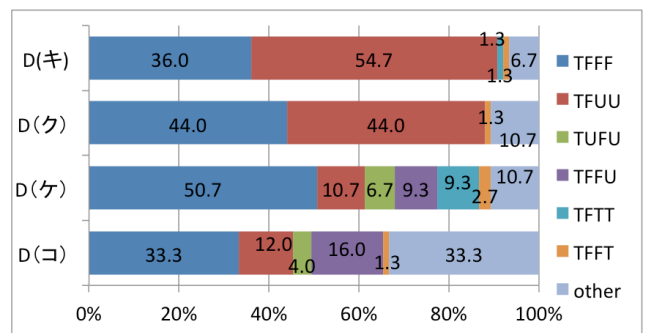


図 5：タスク D の結果 (n = 75)

上記の結果の凡例は表 2 でカテゴライズしたものである。表 2 にて記されていないものは、それぞれ、連言事象 [TFFF]、逆向きの条件付事象 [TUFU]、論理的等値 [TFFT] に相当する。

タスク C の結果は、本来であれば 9 枚のパネルを見て回答するため 9 個の真理値が求められるが、2 × 2 と対応、比較できるように工夫をした。図 6 のように色付きの部分である四隅の真理値を取り出し、その 4 つの真理値を他タスクと対応するようにカテゴライズをした。

		Q		
		T	U	F
P	T	T	U	F
	U	U	U	U
	F	F	U	U

図 6 : 3 × 3 の真理値について

これらの結果は明らかに問題文を理解していない解答や適当な解答を一定の法則で除外して表記してある。

5. 考察

タスク A における、双条件文と通常の単方向な条件文の差としては、TFUU が (ウ, エ) では (ア, イ) に比べて明らかに減少している。TFUU が減少する代わりに、TFFF や TFFT が増加していることが見てわかる。

タスク A では、すべての属性の否定が推論可能になっている。即ち、この環境では「黒いカード」でないものは「白いカード」と決定してしまえば良い。このように考えると、例えば (ウ) の設問内容では、対偶を取り否定を処理する事ができる。即ち、対偶である「白でないなら星でない」という文章の否定部分を処理し「黒なら丸である」といったように理解することができる。このように理解すると、(ウ) の設問はすべてのカードについて言及していることになる。このような手順を踏めば論理的等値である TFFT の考え方は妥当となる。

一方でタスク C の双条件文では TFFU の数が多いことがわかる。こちらの問題では「黄色のカード」でないものは「紫色のカード」と一意に決定することはできない。このような不確実な状況では、設問に書かれていない条件のカードを T や F に分類することは難しい。

次に、確率判断タスクであるタスク D における双条件文と通常の単方向な条件文の差は、これもまたタスク A と同じように TFUU が減少し、TFFF や other が増えた結果になっている。理由としてもタスク A と同様なものを考えているのだろう。ただし、other が増えていることや、他タスクに比べて解答の種類が多いことを考えると、参加者が双方向の質問に戸惑っている、理解しきれていない可能性も考えられる。

また、タスク A, C, D で共通していることは、「形ならば色」という設問より、「色ならば形」の設問の方が結果の精度が芳しくない結果になった。(ア) と (イ) では TFUU が明らかに大幅に減る形になり、(ケ) と (コ) で

は明らかに other の数が増えている。この傾向は本論文と趣旨が違うが非常に興味深い傾向である。

6. おわりに

本論文では pARIs の形式と一致する双条件付事象を人間がどのように捉えているのかを認知実験にて確認した。人間が同じ双条件文でも反応を変えるのは提示した環境の差、特に属性の否定事象を決定できるかどうかに関与するところが大きいということがわかった。

参考文献

- [Takahashi, T. 2010] Takahashi, T., Kohno Y. & Oyo, K., Causal Induction Heuristics as Proportion of Assumed-to-be Rare Instances (pARIs), ICCS2010, 361–362, 2010.
- [Gilio, A. 2011] Gilio, A. and Sanfilippo, G. (submitted manuscript).
- [Hattori, M. 2007] Hattori, M., Oaksford, M., Cognitive Science, 31, 765–814, 2007.
- [Politzer, G. 2010] Politzer, G., Over, D. E., & Baratgin, J. Thinking & Reasoning, 16(3), 172-197, 2010.
- [Over, D. E. 2010] Over, D. E. Thinking & Reasoning, 15(4), 431-438. 2010.
- [Wason, P. C. 1966] Wason, P. C. In B. M. Foss (ed.) New Horizons in Psychology, Penguin Books, Harmondsworth: Middlesex, UK, 135-151. 1966.
- [Tversky, A. 1977] Tversky, A. Psychological Review, 84 (4), 327–352. 1977.
- [Kosko, B. 2004] International Journal of Intelligent Systems, 19, 1151–1171. 2004.