計算論的関連性理論に基づく反事実条件文の解釈*

松井 理直

Computational Relevance-theoretic Approach to an Interpretation of Counterfactuals

Michinao F. MATSUI

Abstract

For solving complex problems in our real world, it is important not only to get explicit information, but also to identify appropriate information by selecting it from a huge amount of knowledge stored in memory. The most important process is to select appropriate knowledge which is essential to interpretation of current information, and to ignore inappropriate knowledge which is irrelevant. In Relevance Theory, it is claimed that an optimal relevance gives the most appropriate interpretation by means of deductive inference. This paper provides a computational method and a quantification of the cognitive relevance based on Relevance Theory and proposes a system of an interpretation of both counterfactual conditionals and 'because'-type sentences.

1. 序論

我々認知主体の周囲に存在する情報は極めて多様であり、かつ流動的に変化する無限の可能性を秘めたものである。一方、認知主体の持つ知覚・思考・伝達といった情報処理能力には限界がある。したがって、認知主体は周囲に存在する多彩な情報の一部分しか処理することができない。こうした限界によって引き起こされる問題を**フレーム問題**という。認知主体は、フレーム問題を少しでも回避するため、部分情報を手がかりに、可能な限り安定した体制化と推論を行おうとする。スペルベルとウィルソンによって提案された**関連性理論** (Sperber & Wilson, 1986) は、こうした体制化や推論がどのように行わ

*本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (A)「日常的推論の論理と言語形式: 量化表現、条件文、モーダル表現を中心として」(平成 15 年度〜平成 18 年度、研究代表者: 郡司 隆男、課題番号 15202009) の援助を受けている。

Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin 7, 83–101, 2004.

れるかという問題に対し、フレーム問題を可能な限り回避するために、認知主体は関連が持つと思われる情報のみを処理することにより、実時間における効率的な情報処理を実現していると主張する。ここで、関連性を持つ情報は次のように定義される。

(1) a. ある事実や刺激を持つ状況が認知主体に表象され、その表象を「真実あるいは真実であろう」として受理可能である時、その状況を **顕在的** (*manifest*) であるという。

b. ある認知主体における顕在的事実の総体を **認知環境** (*cognitive environments*) と呼ぶ。

c. 認知環境の改善をもたらす作用を **認知効果** (*cognitive effects*) という。認知効果は (a) 新しい顕在的事実 (想定: assumption) の獲得、(b) 不確実な顕在的事実の確定、(c) 誤った顕在的事実の棄却、によってもたらされる。

d. 不必要なコストを払うことなしに認知効果をもたらす情報のことを、**関連性** (*relevance*) を持つ情報という。

この考え方は、人工知能の設計にも重要な示唆を与えるものである。しかし、そのためには関連性理論の形式化が必要不可欠である。関連性理論自身は、言語学・人類学・心理学ほか様々な分野に応用されつつあるが、その形式化、特に連続的な程度を持つ「想定」や「信念」を扱うための定量的な形式化の研究は始まったばかりであり、その詳細はまだ確定していない。

本稿は、計算論的関連性理論における推論計算の方法を提案すると共に、その計算法の日常的推論への応用例として、反事実条件文における数学的性質について議論を行ったものである。

2. 推論に関する確率論的計算の背景

2.1 計算論的含意関係の表現

Marin (1999), Marin (2003) は、関連性理論の定量的形式化に、確率論に基づく意思決定理論を導入している。意思決定理論は、条件付き確率を用いた情報量計算の一手法であり、この条件付き確率の技法は Lo, Sides, and Osherson (2002) による帰納推論のモデル化にも用いられている。以下では、松井 (2003) で議論された一般推論に関する条件付き確率の概要を見る。

x→y という条件表現の最も基本的な意味は、要因 x が要因 y の生起にどのように影響するかというものである。こうした 2 要因の関係を定量的に表す方法として、数理統計学で用いられる回帰直線の概念がある。回帰直線とは、x と y のデータのペアがいくつか与えられた時、なるべく誤差の少ない形で $y = \alpha + \beta x$ という関係式に当てはめた時の直線のことをいい、この式の β を回帰係数と呼ぶ。回帰係数は回帰直線の傾きを表す係数であり、x が y にどの程度影響を及ぼしているかを示す係数でもある。図 1 に回帰直線 $y = \beta x$ の回帰係数 β を変化させた時の直線を示す。回帰係数が小さければ x 軸に近づき、回帰係数が大きくなるに従って y 軸に近づくことがわかる。

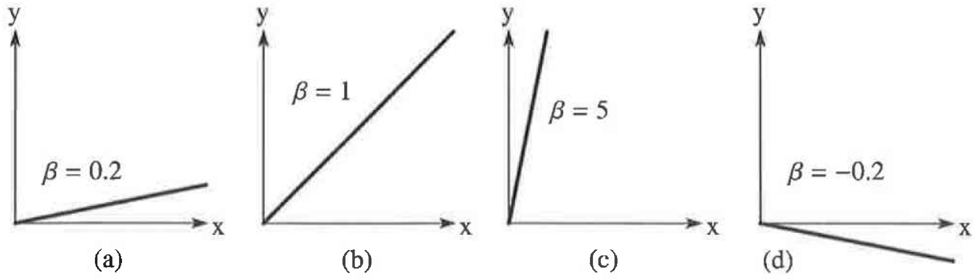

図 1: 回帰係数と要因の関係

この回帰直線の性質を条件文 x→y に合わせて考えてみると、回帰係数が 0 より大きい場合は、程度の差こそあれ、含意関係 x→y が成立していると考えることができる。また、$\beta = 1$ の状態では、図 1-b から分かる通り、要因 x と要因 y のバランスの完全に取れており、x から予測される y の値と、y から予測される x の値が一致する—すなわち x→y と y→x を同時に満たし、同値関係 x↔y が成立する。一方、回帰係数がマイナスになれば、要因 x が強くなるにつれて、要因 −y が起こりやすくなるため、これは x→¬y の関係と解釈できる。なお、回帰係数が 0 ならば、要因 y は生起しないことになり、単に x の真理値が 0, すなわち前件が偽であることと等価である。

回帰係数が 1 以上になった場合あるいは −1 以下になった場合は、各々y→x, ¬y→x という条件文における真理値計算となる。これは図 1-c を裏返して 90 度回転させ、横軸に y 軸を、縦軸に x 軸を持ってくれば直感的に分かるであろう。数学的には、これは図 1-a と 図 1-c のグラフは逆関数の関係にある。この数学的性質は、条件文の量的計算においても保存されている。すなわち、図 1-a は x→y の計算であり、図 1-c はこれの「逆」の関係である y→x の計算を表している。

2.2　含意の想定における確信度の計算

推論の一般形は、前件と後件の真理値に応じて、推論全体が正しいか偽であるかを判断することである。こうした前件・後件に関する確信度を確率と見なした場合、推論の基本型がどのような回帰直線で表現できるかを計算してみよう。

今、2 つの外的要因[1] X, Y が存在する時、各外的要因が成立する場合 (x, y)、および不成立の場合 (¬x, ¬y) に対応して、表 1 のような認知環境が構成可能である。なお、否定に関し, ¬ は外的要因の不成立を示し、それに対応する想定は上線を用いることとする。ここで、$\mathcal{A}_x$ は外的要因 X が成立するであろうという想定、 $\mathcal{A}_{\bar{x}}$ は X が不成立であろうという想定、$\mathcal{A}_y$ は外的要因 Y が成立するであろうという想定、$\mathcal{A}_{\bar{y}}$ は Y が不成立であるという想定を表す。$\{\mathcal{A}_x, \mathcal{A}_{\bar{x}}, \mathcal{A}_y, \mathcal{A}_{\bar{y}}\}$ は、各々 0 から 1 までの数値を取り、その数値は各想定の「相対的」な確信度を示す。同様に、$\{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\}$ は全て 2 つの事象が共

[1]関連性理論では、認知主体が受け取るこうした外界情報を顕示的情報 (ostensive information) と呼ぶ。顕示的情報とは、実在する事象や事物あるいは言語形式による明示的な表現などにより、何らかの形で外界に実在として現れる情報などである。

表 1: 構成可能な全認知環境

		後件 (Y)		
		y	¬y	合計
前件 (X)	x	$\mathcal{A}_{xy}$	$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$	$\mathcal{A}_{x}$
	¬x	$\mathcal{A}_{\bar{x}y}$	$\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$	$\mathcal{A}_{\bar{x}}$
	合計	$\mathcal{A}_{y}$	$\mathcal{A}_{\bar{y}}$	1

起した場合の想定に関するもので、各々、前件・後件が共に成立する想定、前件のみが成立する想定、後件のみが成立する想定、前件・後件ともに成立しない想定を意味する。$\{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\}$ の値も、0〜1 までの数値を取り、各想定の「相対的」な確信度を表している。いずれの値も、相対的な確信度であるため、各想定の値が 0 より大きい場合には、強さの程度の違いはあれ、その想定に対応する外的要因が何らかの形で「正しそう」であることを意味し、0 の場合はその想定に対応する外的要因が「絶対に偽であることを確信」していることを示す。[2]

2 つの外的要因が存在する場合、各事象に対して認知主体が持つ想定は、$\{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\}$ の集合で全ての可能性を満たすため、$\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1$ が成り立つ。また、タイプレベルの事象 x に対応する想定 $\mathcal{A}_x$ と、個別のトークンレベルの想定 $\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}$ との間に $\mathcal{A}_x=\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ が成り立つ。同様に $\mathcal{A}_{\bar{x}}=\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$, $\mathcal{A}_y=\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}$, $\mathcal{A}_{\bar{y}}=\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ も成立する。[3]

次に回帰係数、すなわち条件の想定における確信度を実際に計算してみよう。この表の元で、「x ならば y である」という言語表現によりもたらされる想定 $\mathcal{A}_{x\to y}$ の強さ (Y の X への回帰係数) は、変数 X, Y の共分散 $Cov(X, Y)$ を X の分散 $V(X)$ で割ることによって求められる。今、事象 x と y が顕示的であるので、x に確率変数 $X = 1$, ¬x に確率変数 $X = 0$, y に確率変数 $Y = 1$, ¬y に確率変数 $Y = 0$ を当てはめると、各変数の確率は

$$P(X=1) = \mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}, \quad P(X=0) = \mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}},$$
$$P(Y=1) = \mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}, \quad P(Y=0) = \mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$$

となり，ここから変数 X, Y の期待値

$$E(X) = \mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}, \quad E(X^2) = \mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}},$$
$$E(Y) = \mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}, \quad E(Y^2) = \mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y},$$
$$E(XY) = \mathcal{A}_{xy}$$

が得られる。したがって，変数 X の分散 $V(X)$ および X, Y の共分散 $Cov(X, Y)$ は,

[2] 一般的に、ある仮説や想定が絶対的に正しくなる (想定の確信度が 1 である) 場合は希である。我々は、世界に存在する全ての事象を知ることはできないため、いくら肯定証拠を集めたところで、考慮されなかったデータの中に否定証拠が存在するかもしれないからである。一方、誤りを確信する (想定の確信度が 0) ことは、否定証拠が 1 つでもあればよいため、容易である。

[3] これらの性質から、$\{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\}$ は、2 つの事象が同時に生起することに関する「主観的確率」を表すと考えてもよい。

$$
\begin{aligned}
V(X) &= E(X^2) - (E(X))^2 \\
&= (\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})-(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})^2 \\
&= (\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})\,((1-(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})) \\
&= (\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})\,(\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}})
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
Cov(X,Y) &= E(XY) - E(X)\cdot E(Y) \\
&= \mathcal{A}_{xy}-(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})\,(\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}) \\
&= \mathcal{A}_{xy}\,(1-(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}))-\mathcal{A}_{x\bar{y}}\mathcal{A}_{\bar{x}y} \\
&= \mathcal{A}_{xy}\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}} - \mathcal{A}_{x\bar{y}}\mathcal{A}_{\bar{x}y}
\end{aligned}
$$

となる。これらの値を用いて，x の y への回帰係数 β, すなわち「x ならば y」という条件文に対応する想定 $\mathcal{A}_{x\rightarrow y}$ の確信度は次のように求められる。

(2)
$$
\begin{aligned}
\mathcal{A}_{x\rightarrow y} &= \frac{Cov(X,Y)}{V(X)} \\
&= \frac{\mathcal{A}_{xy}\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}} - \mathcal{A}_{x\bar{y}}\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})\,(\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}})} \\
&= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} \\
&= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{x}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}}}
\end{aligned}
$$

2.3 条件付き確率に基づく解釈

(2) において、$\frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ の部分 (すなわち $\frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{x}}$ の部分) は、分母が前件が真である想定であり、分子が前件が真でありかつ後件が真となる想定となっている。これは条件付き確率の計算—すなわち、前件が真になるという条件を「前提」にした場合に、後件が真になる確率がどのくらいあるかを求める確率計算そのものである。この性質は、全認知環境を対象に含意計算を行うのではなく、関係のある認知環境に状況を狭めて計算を行っていると言い換えることもできる。同様に、(2) 式の残りの部分も同様で、$\frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ (すなわち $\frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{\bar{x}}}$) の計算は、前提が偽になる条件を前提にした場合、後件が真になる時の条件つき確率を求めていることになる。ここで、a という条件の元で b が起こる条件付き確率を $P(b|a)$ と表すなら、$\mathcal{A}_{x\rightarrow y}$ は

(3)
$$
\begin{aligned}
\mathcal{A}_{x\rightarrow y} &= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} \\
&= P(\mathcal{A}_{y}|\mathcal{A}_{x}) - P(\mathcal{A}_{y}|\mathcal{A}_{\bar{x}})
\end{aligned}
$$

とも表現できる。換言するなら、想定 $\mathcal{A}_{x\rightarrow y}$ の値は、後件の生起に関し、前件がどの程度の制限を掛けているのかを定量的に計算したものだと考えてよい。もちろん、他の含意

関係も同様の計算式で計算可能であり，例えば，$\mathcal{A}_{\bar{y}\to\bar{x}}$ は，$\mathcal{A}_{\bar{y}\to\bar{x}} = P(\mathcal{A}_{\bar{x}}|\mathcal{A}_{\bar{y}}) - P(\mathcal{A}_{\bar{x}}|\mathcal{A}_{y})$ と表現できる。

3. 計算論的関連性理論における推論演算

3.1 認知計算におけるバイアス

人間の行う推論が論理学の含意計算とは異なる性質を持つことはよく知られた事実である。中でも、P. C. Wason によって見いだされた **Wason 選択課題** は、人間の推論過程を考える上で最も重要な心理実験の一つであり、「もし x ならば y」という条件命題の真偽を判断する際、人間が条件文の x (前件) や y (後件) の情報をどのように処理しているのかを調べる実験である。典型的な Wason 選択課題の例を以下に示す。

> ある工場では、次の規則に従って、表に文字、裏に数字を印刷したラベルを製造しています。
>
> - ラベル製造規則：表に "A" を印刷するなら、裏は "7" を印刷しなさい。
>
> 今、この工場で作られた次のような 4 枚のラベルがあります。ラベル 1, 2 は表が見えており、ラベル 3, 4 は裏が見えています。この 4 枚のラベルについて、上の規則が守られているかどうか確かめる時、最低限どのカードをひっくり返して調べる必要がありますか。

(表)	(表)	(裏)	(裏)
A	G	7	2

条件文を論理学の「含意 (implication)」として捉えた場合、A と 2 のカードを選択すると正解になる。しかし、実際にはかなりの被験者が A と 7 のカードを選択してしまう。[4] このタイプの Wason 選択課題における正答率は大学生でも極めて低く、ほぼ 20% 前後の正答率しか得られないことが多い。しかし、興味深いことに、ほぼ同じような Wason 選択課題であっても、実験事態により正答率が劇的に上がることもよく知られており、例えば松井 (2003) は、与えられるカードの種類や提示された文章の中に、前件肯定・後件否定の情報が顕示的情報として現れている場合、カード選択の正解率が大きく上昇することを実験的に示している。

こうした心理実験は、認知主体に与えられた情報により推論過程に偏りが生じることを意味している。これまでにこのような偏りを生じさせる認知的バイアスとして、確証バイアス (Wason, 1966) やマッチングバイアス (Evans & Lynch, 1973)、関連性のバイアス (Sperber, Cara, & Girotto, 1995) などが提案されている。

[4] 後述するように、条件文を「同意 (equivalent)」として解釈した場合は、全てのカードを選択するのが正解になる。

3.2 認知的バイアスを持つ推論計算の一般形

これらのバイアスの意味するところは互いに異なってはいるが、いずれのバイアスも、世界に明確に現れた顕示的情報[5]が人間の推論行為に影響を与えるという点で共通している。そこで、こうした人間の持つ認知的バイアスの影響を、(3) 式に係数として付加した**推論計算の一般形**を以下のように定義する。

(4)
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{x\to y} &= k_x \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - k_{\bar{x}} \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})\\ &= k_x \cdot \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - k_{\bar{x}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}\end{aligned}$$

(4) 式において、k_x は x が成立する場合の顕示的情報をどの程度考慮にするか、$k_{\bar{x}}$ は x が成立しない場合の顕示的情報をどの程度考慮するかというバイアスを意味する係数である。フレーム問題におけるフレームの大きさを決定するものといってもよい。いずれの係数も、$0 \leqq k_x \leqq 1$, $0 \leqq k_{\bar{x}} \leqq 1$ を満たし、値が 1 の時は関連情報を完全に考慮することを、値が 0 の時は情報を参照しないことを意味する。

3.3 論理空間の充足と分割

x の係数と同様に、y に関する情報の参照度数を表す係数 $k_y, k_{\bar{y}}$ を導入すると、2 つの外的要因に関する 8 種類全ての推論計算を表現できる。(5) に全ての演算を示す。

(5) 1.
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{x\to y} &= k_x \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - k_{\bar{x}} \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})\\ &= k_x \cdot \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - k_{\bar{x}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}\end{aligned}$$

2.
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{y\to x} &= k_y \cdot P(\mathcal{A}_x|\mathcal{A}_y) - k_{\bar{y}} \cdot P(\mathcal{A}_x|\mathcal{A}_{\bar{y}})\\ &= k_y \cdot \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}} - k_{\bar{y}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{x\bar{y}}}{\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}\end{aligned}$$

3.
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{y\to \bar{x}} &= k_y \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{x}}|\mathcal{A}_y) - k_{\bar{y}} \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{x}}|\mathcal{A}_{\bar{y}})\\ &= k_y \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}} - k_{\bar{y}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}{\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}\end{aligned}$$

4.
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{\bar{x}\to y} &= k_{\bar{x}} \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}}) - k_x \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x)\\ &= k_{\bar{x}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} - k_x \cdot \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}\end{aligned}$$

5.
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{\bar{x}\to \bar{y}} &= k_{\bar{x}} \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{y}}|\mathcal{A}_{\bar{x}}) - k_x \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{y}}|\mathcal{A}_x)\\ &= k_{\bar{x}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} - k_x \cdot \frac{\mathcal{A}_{x\bar{y}}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}\end{aligned}$$

6.
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{\bar{y}\to \bar{x}} &= k_{\bar{y}} \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{x}}|\mathcal{A}_{\bar{y}}) - k_y \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{x}}|\mathcal{A}_y)\\ &= k_{\bar{y}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}{\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} - k_y \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}}\end{aligned}$$

[5]実際の刺激や事物、言語表現など、認知主体に受け取られた実在物と考えてよい。

7. $$\mathcal{A}_{\bar{y}\to x} = k_{\bar{y}} \cdot P(\mathcal{A}_x|\mathcal{A}_{\bar{y}}) - k_y \cdot P(\mathcal{A}_x|\mathcal{A}_y) = k_{\bar{y}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{x\bar{y}}}{\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} - k_y \cdot \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}}$$

8. $$\mathcal{A}_{x\to\bar{y}} = k_x \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{y}}|\mathcal{A}_x) - k_{\bar{x}} \cdot P(\mathcal{A}_{\bar{y}}|\mathcal{A}_{\bar{x}}) = k_x \cdot \frac{\mathcal{A}_{x\bar{y}}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - k_{\bar{x}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$$

(5.1)〜(5.8) 式の形から、これらの式は 2 要因 x, y から構成される心的論理空間を反時計回りで分割しており、この 8 種類で全論理空間を完全に充足していることが分かる。その様子を図 2 に示す。45 度の斜め線上にポイントされる想定 $\mathcal{A}$ は、それが完全に「真」であると確信できるものであることを意味し、X 軸・Y 軸上に乗る想定は推論における前件そのものが成立し得ていない境界事例であり、推論として「偽」であることを示す。それ以外の空間にポイントされる想定は、何らかの形で「真である可能性を持つ[6]」と考えられるものであり、45 度線に近いものほど、「真にちがいない」という確信度の高い想定であり、軸に近いものほど「真かもしれない」という確信度の低い想定となる。

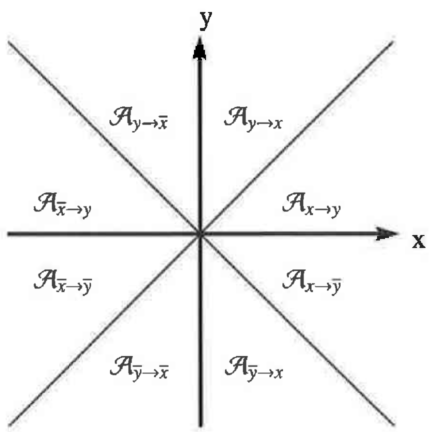

図 2: 論理空間の完全充足と分割

3.4 論理への適用 (1)：完全性解釈と可能性解釈

形式論理学における推論形式には、含意 (implication) および同値 (equivalence) の 2 種類がある。(5) 式に示した人間の推論計算の一般式は、ある特殊な条件下において、この含意あるいは同値を表現することができ、それに対して妥当な意味解釈を与えることが可能である。(5.1) 式を例として取り上げ、推論計算式から論理を導出する過程を見てみよう。

[6] X 軸・Y 軸を越えた事象から見ると、「程度の差こそあれ後件が偽であると見なされる」と解釈することもできる。

まず、含意と同値の違いは、真理表2からも分かる通り、前件が偽で後件が真の場合に現れる。このことは、**論理空間を全て見渡した場合**に、含意と同値における「真」の意味に違いがあることを示している。すなわち、前件の真偽値に応じて後件の真偽値が一意に決定できる同値計算は、「正しいか誤っているか」という絶対的な意味を持つ完全解釈であるのに対し、前件が偽の場合には後件の真理値が「真の**可能性**がある (あるいは偽であるとはいえない)」という意味を持つ含意計算は、可能性解釈を行う演算ということができる。

表2: 含意および同値の真理値

x	y	x→y	x↔y
真	真	真	真
真	偽	偽	偽
偽	真	真	偽
偽	偽	真	真

この可能性解釈／完全解釈の違いを、(5.1) 式によって表現すると以下のようになる。まず、含意計算であれ、同値計算であれ、真理表の「真／偽」の意味が可能性を含むものか、あるいは絶対的なものかを知るには、真理表全体の構成を完全に見渡す必要がある。これは、バイアス係数 $k_x, k_{\bar{x}}$ が $k_x=1, k_{\bar{x}}=1$ でなければならないことを意味する。したがって、(5.1) 式は、$\mathcal{A}_{x\to y} = P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}}) = \dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ となる。

ここで、**可能性解釈**である含意計算が成立するためには、$\mathcal{A}_{x\to y}>0$ であればよい。各 $\mathcal{A}$ の値は 0〜1 までの値を取り、$0 \leqq \dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} \leqq 1$, $0 \leqq \dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} \leqq 1$ が成立するため、$\mathcal{A}_{x\to y}>0$ を 常に 満足するためには、$\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} = 1$, すなわち $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ であればよい。言い換えるならば、x かつ ¬y に対応する想定が偽である時に含意解釈が成立し、これは真理表の意味するところと合致する。

一方、**完全解釈**である含意計算は (5.1) 式が $\mathcal{A}_{x\to y}=1$ でなければならない。したがって、$\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} = 1$ かつ $\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} = 0$ であることが求められ、これは $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ かつ $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$ の時にのみ成立する。言い換えるなら、x かつ ¬y, および ¬x かつ y に対応する想定が偽であることになり、これも真理表の解釈と一致する。

3.5 論理への適用 (2)：前件の関与とバイアス係数

ところで、形式論理における含意計算と同値計算の違いは、可能性解釈／完全性解釈とは別の見方をすることもできる。すなわち、真理値を決める際に、どのような情報を考慮するかというフレームの範囲の違いが、両者の違いを生み出しているという見方である。この立場から見ると、含意は前件が真の場合のみを考慮する形式であり、同値は前件・後件のいずれの真理値をも考慮する形式であるということができる。なお、この立場では、含意計算は前件が真である場合を見ることになり、この時に限って後件の真

理値が一意に決定できているため、後件の真／偽の違いは絶対的なものであり、含意計算であっても**完全解釈**が行われていることに注意されたい。

この参照フレームの違いは、(5.1) 式におけるバイアス係数の操作によって形式的に捉えることができる。まず、含意表現は、前件が偽となる場合を考慮しない形式であるため、バイアス係数 $k_{\bar{x}}$ は $k_{\bar{x}}=0$ でなければならない。一方、前件が真である顕示的情報は全て考慮されるため、バイアス係数 k_x は $k_x=1$ に設定される。したがって、(5.1) 式は、$\mathcal{A}_{x\to y} = P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) = \dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ となる。ここで、$\mathcal{A}_{x\to y}$ が成立する (すなわち $\mathcal{A}_{x\to y}=1$)[7] ためには、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ であればよく、結果的に 3.4 節の演算結果と一致する。

一方、同値の計算においては、前件が真である場合も偽であるも考慮されるため、バイアス係数 $k_x, k_{\bar{x}}$ は $k_x=1, k_{\bar{x}}=1$ となる。この結果、同値計算における (5.1) 式は、3.4 節の演算と全く同一の式 $\mathcal{A}_{x\to y} = P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}}) = \dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ となり、$\mathcal{A}_{x\to y}=1$ が成立するには $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ かつ $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$ となることが必要である。

3.6 バイアス係数の制限

3.5 節の議論で、バイアス係数が $\{k_x=1, k_{\bar{x}}=0\}, \{k_x=1, k_{\bar{x}}=1\}$ の時に、含意／同値の違いが生じることを見た。論理の場合は、基本的に二値の値しか取らないが、自然言語のような文脈に依存して解釈が行われる場合には、$0\leqq k_x\leqq 1$, $0\leqq k_{\bar{x}}\leqq 1$ の範囲でバイアス係数が設定され、その結果 (5) 式の演算が中間値を持つことになり、それが「かもしれない」「ちがいない」といった言語表現のモダリティに反映されていくと考えられる。

しかし、言語表現においても、設定され得ないバイアス係数の組があると思われる。例えば、$\{k_x=0, k_{\bar{x}}=0\}$ というバイアス係数は、推論において、前件に関する一切の情報を考慮しないということを意味しており、ナンセンスなペアである。もちろん、こうした係数の設定も可能ではあるが、(5) 式の演算結果は常に 0 となり、推論演算としての価値がない。では、バイアス係数が $\{k_x=0, k_{\bar{x}}=1\}$ といった k_x が 0 になるような設定はどうか。これは、推論過程において前件肯定の事態をフレームから除外し、前件否定の情報のみから何らかの結論を引き出すことを意味するため、形式論理上はあり得ないパラメータ設定である。では、自然言語の表現ではどうか。確かに多くの場合にはあり得ない表現であるが、極めて特異的な状況においてのみ、設定されることがあり得るように思われる。この点については、4.5 節で議論を行う。

以上、計算論的関連性理論における推論の演算方法と、その形式論理への適用過程を見た。次に、この演算の自然言語への適用について考察してみよう。具体例として、いくつかの形式論理上の問題点を持つ「反事実条件文」を取り上げ、関連性理論の立場に立つと、そういった問題点が解消可能であることを論じる。

[7]前述したように、フレームの違いという見方を取ると、含意計算における「真／偽」の違いは絶対的で、完全解釈が行われているため、3.4 節のような $\mathcal{A}_{x\to y}\geqq 0$ ではなく、$\mathcal{A}_{x\to y}=1$ の計算となる。

4. 反事実条件文の解釈

4.1 ゼロを巡る演算

反事実条件文の解釈を考察する前に、その議論を行う際に必要となるゼロの割り算に関る性質を整理しておく。一般に $a = \frac{b}{c}$ という演算において、c がゼロであることは避けられる。これはゼロの除算がいくつかの不安定な性質を持つためである。

まず、$a = \frac{b}{0}$ において、b≠0 の場合を考えてみよう。$a = \frac{b}{c}$ は $a \cdot c = b$ と等価でなければならないが、b≠0, c=0 の時、$b \neq 0$ と $a \cdot 0 = 0$ が同時に成立することになってしまい、矛盾する。したがって、割られる数がゼロでない場合、ゼロによる除算は不能 (演算ができない) となる。一方、$b = 0$ の時は、c=0 であっても、$b = 0$ と $a \cdot 0 = 0$ は同値となり、成立し得る。したがって、$0 \div 0$ の演算は、どのような場合でも常に成立し、その答えは無数にある、すなわち演算は不定であるということになる。また、解が不定であっても、それに再びゼロを掛けると、ゼロの積算結果は常にゼロであるため、$0 \cdot \frac{0}{0} = 0$ が成立する。

ここで (5) 式について見てみると、例えば、$\mathcal{A}_{x \to y} = \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy} + \mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y} + \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ において、$\mathcal{A}_{xy}$ などの想定の確信度が 0 以上の実数であることから、分母がゼロになる時には、常に分子もゼロになることが分かる。すなわち、(5) 式の演算は、最悪の場合に解が不定になることはあっても、演算が不能になることは決してない。常に演算が実行可能であるという点は、言語の意味解釈を行う上で、一つの重要な性質である。[8]

4.2 反事実条件文の性質

反事実条件文の興味深い性質は、前件か後件かのいずれかが成立していないことが明確な文であるという点にある。例えば、日本語の反事実条件文でも、(6a) のような文脈から前件が成立しないことが分かるもの、(6b) のように常識などの知識レベルから前件が成立しないことが明確なもの、(6c) のように後件が成立しないことが明確なものが存在し、いずれも (7) のようにパラフレーズ可能である。

(6) a. 結局、奈緒美は来なかった。彼女が来ていれば、チョコをもらえたのに。
b. 私が鳥だったら、今すぐ奈緒美に会いにいけるのに。
c. あの薬を飲んでいたら、今ごろ死んでいたところだ。

(7) a. 奈緒美は来なかったし、チョコももらえなかった。
b. (鳥ではないし) 今は奈緒美に会いに行けない。
c. 薬は飲まなかったし、現在も生きている。

[8] 意味解釈という場面を考えるなら、演算結果が不定であるという状態も困難を伴う。いってみれば、これはエントロピー最大の状態であり、「非文ではないが、その意味は全く分からない」という、認知環境の改善をもたらさない事態である。もし、認知主体がこういう演算結果に遭遇した時、なんらかの coercion を働かせてでも、最適な意味が導出できるような処理を行わなければならない。この不定問題については、また別稿で改めて議論を行う。

また、文の自然性に多少の違いはあるものの、前件を「ので」節に置き換えた理由文 (8) にパラフレーズすることも可能である。

(8) a. 奈緒美が来なかったので、チョコももらえなかった。
b. (鳥ではないので) 今は奈緒美に会いに行けない。
c. 薬を飲まなかったので、現在も生きている。

田窪 (1993) は、状態形の条件文が反事実解釈に結びつきやすいことを指摘し、これは状態形が既に決定している現実を指し、それにも関らず、強制的に仮定が行われることで、反事実性が生じると述べている。この「既に決定している」という点は、想定の確信度が 0 か 1 に限りなく近くなっていると捉えなおすことができる。同様に、郡司 (2004) は、(9) の違いを説明するメカニズムとして、アスペクトの縮退という性質を提案し、事態がすでに完了したものという前提の元で出来事を全体として捉える見方が可能であれば、反実仮想解釈が成立すると述べている。

(9) a. あの時、あと 30 分待ってい {たら／れば}、彼に会えただろう。(反実仮想)
b. 30 分待ってい {たら／れば}、彼に会えた。(進行形)

この「完了したものとして全体として捉える見方」は、想定の確信という点から捉えなおすと、その想定に対応する事態が既に決定済みであり、想定の確信度が安定している (確信度が 1 か 0 に近い) 状態といえるであろう。一方、反実仮想解釈が進行形解釈の時に生じない理由は、事態が安定していないため、それに対応する想定の確信度が不安定である (真理値の決定ができない) ためといってよい。

4.3 反事実条件文における論理上の問題点

反事実条件文の解釈が成立するのに、表出された前件あるいは後件のいずれかを偽であると確信できることが必要であるという性質は、形式論理上の問題点を引き起こす。

まず、後件が偽である (6c) の場合を考えてみよう。真理表 (表 2) からも分かる通り、後件が偽である場合には、前件が真である限り、含意演算にせよ同値演算にせよ、文全体が偽になり、そのままの形で受理することはできない。そこで再解釈として、前件も偽であるとすると、文全体が真となり、認知主体はこの条件文を反事実的解釈として受理可能である。しかし、どのみち再解釈を行うのであれば、なぜ後件を偽のままで置いておく必要があるのだろう。後件に関する信念を変更し、後件を真であると見なせば、前件も真・後件も真、文全体も真という極めて安定した解釈を得ることができるはずである。

もちろん、これに関する回答として、再解釈のコストを挙げることができる。後件が偽と確信している認知主体にとって、その確信を変更するよりも、真か偽か明確ではない前件に関する信念を変更するほうが、より再解釈のコストが低くて済むという説明である。確かにこれは妥当な考え方であるが、それでもいくつかの問題が残る。まず根本的に、反事実条件文の意味理解とはどういうことかという問題がある。確かに、「前件・

後件ともに偽」という解釈は現実世界に対応させることが可能なので、安定した理解といえる。では、言語で表現された内容そのものは、どう扱われるべきなのか。そもそも反事実条件文全体を「真」として受理しようとしているのだろうか。近年の比喩理解の心理学的研究で、比喩の理解は再解釈を必要とするような時間のかかるものではなく、直接理解に近い極めて高速な処理であることが明らかにされてきている。反事実条件文に関しても、同様のことがいえる。と同時に、反事実条件文の理解は、明らかにパラフレーズの解釈を引き起こし、その条件文自体を「真」であるとして受理しようとしているのか、疑問が残る。

前件が偽である (6a), (6b) の場合、さらに別の問題が起こる。真理表 (表 2) より、前件が偽の場合、少なくとも含意演算においては、後件が真であっても、文全体を真として受理可能である。すなわち、反事実条件文として理解しなくてもよい。同値演算では、後件が偽でない限り、文全体を真として受理できないため、反事実条件文としての再解釈が強制されることがいえるが、ではなぜ、前件が偽である場合、同値演算 (すなわち双条件解釈) を行わなければならないのであろう。

次節では、計算論的関連性理論における推論演算 (5) を用いて、なぜ反事実条件文の解釈が生起し得るのかを論じる。議論のポイントとして、反事実条件文の解釈において、再解釈は必ずしも必要がないこと、また含意演算・同値演算という区別を持ち出さなくても自然に解釈が生じうることを主張する。

4.4 推論演算に基づく反事実条件文の解釈

関連性理論の一つの重要な主張に、ある状況で与えられた顕示的情報 (外的情報) は、想定に何らかの形で影響を与えるというものがある。例えば、前件 X が成立しないような状況においても、「もし X ならば～」という明示的表現が与えられた段階で、前件の可能性をわずかでも考慮するような想定が生じる。以下の議論において、否定的な状況にも関らず顕示的情報によりわずかに生じる想定値を ε として表す ($\varepsilon \approx 0$ かつ $\varepsilon \neq 0$)。

想定の確信度 ε は、反事実条件文を考える上で重要な数値となる。田窪 (1993) や郡司 (2004) が述べるように、反事実解釈が起きるのは、状態形やアスペクトの縮退により、言明された自体が既に決定していると見なしうる (その言明についてほぼ何らかの信念が持てる) 時に限られるからである。ただし、本稿で主張する重要な点は、反事実条件文において、現実に違反する言明に対して持たれる想定は、完全な誤りとして棄却されるようなもの (想定の確信度が 0) ではなく、限りなく誤りに近いと見なされるようなもの (想定の確信度が ε) というところにある。

こうした点を明確にするために、まず前件が成立しない反事実条件文 (6a), (6b) の解釈過程を、(5.1) 式：$\mathcal{A}_{x\to y} = k_x \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - k_{\bar{x}} \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}}) = k_x \cdot \dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - k_{\bar{x}} \cdot \dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ にしたがって考察してみよう。まず、「彼女が来ていれば／私が鳥だったら」という前件に関する顕示的情報が与えられた時点で、文脈から得られていた情報「奈緒美は来なかった」や常識「人間は鳥ではない」に関する想定を僅かながらでも変更しなければならないため、$\mathcal{A}_x=\varepsilon$, すなわち $\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}=\varepsilon$ が設定される。次に、「チョコをもらえたのに／奈

緒美に会いに行けるのに」という後件情報が与えられた時点で、後件に関する真の想定 $\mathcal{A}_y>0$ $(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}>0)$ という想定を持つ。また、文全体が顕示的情報として認知主体に受理されたため、推論に関する真の想定 $\mathcal{A}_{x\to y}>0$ も成立する。同時に、前件と後件が共起しているため、$\mathcal{A}_{xy}>0$ も成立する。ここで、$\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}=\varepsilon$ および $\mathcal{A}_{xy}>0$ より、$0<\mathcal{A}_{xy}\leqq\varepsilon$, $0\leqq\mathcal{A}_{x\bar{y}}\leqq\varepsilon$ になることに注意されたい。

この状況下で、認知主体は関連性理論における「最適な関連性」にしたがって、$\mathcal{A}_{x\to y}$ の最適値を探索することになる。今、$\mathcal{A}_{x\to y}>0$ であるため、$\mathcal{A}_{x\to y}$ は「どのようなバイアス係数においても、$\mathcal{A}_{x\to y}$ が最大値になる」ような状態であればよい。すなわち、$k_x\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ は最大で、$k_{\bar{x}}\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ は最小の値となればよい。ここで、$0<\mathcal{A}_{xy}\leqq\varepsilon$ より、$k_x\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ は不定にならないことが保証されるため、この部分を最大にするには、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ であればよい (これは $0\leqq\mathcal{A}_{x\bar{y}}\leqq\varepsilon$ の条件に違反しない)。また、$k_{\bar{x}}\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ を最小にするには、$\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq0$ であればよい。以上のことから、$\mathcal{A}_{xy}=\varepsilon$, $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1-\varepsilon\ (\approx 1)$ の状況下で、$\mathcal{A}_{x\to y}$ は最適値 $k_x\cdot\varepsilon\ (>0)$ となる。なお、k_x は 1 以下の正の実数値であるので、$0\leqq k_x\cdot\varepsilon\leqq\varepsilon$ となり、$\mathcal{A}_{x\to y}$ の想定値は ε を越えない。定性的にいうならば、文脈や常識からおかしな文だとわかっていても、条件文の想定 $\mathcal{A}_{x\to y}$ を一応「偽ではない」として受け入れた場合 (ごくわずかな正の想定値を持った場合)、そこから得られる結論は、

(10) a. 「前件が真かつ後件が真」の想定がわずかに得られる (偽ではない)。
b. 「前件が真かつ後件が偽」の想定は棄却される。
c. 「前件が偽かつ後件が真」の想定は棄却される。
d. 「前件が偽かつ後件が偽」の想定値は最大である (ほぼ絶対的に真である)

となる。この結果、最も強い想定として、反事実条件文の解釈 :「奈緒美は来なかったし、チョコももらえなかった」「鳥ではないし、今、奈緒美に会いに行けない」を得る。なお、上記の過程において、一般に $\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1$ が成立するため、$\mathcal{A}_{xy}$ の値 (および前件自体の想定 $\mathcal{A}_x$) が ε よりはるかに大きな値 τ に設定された場合、$\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ の確信度は $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1-\tau$ となり、1 よりもはるかに小さな値になるため、「反事実」の解釈が支配的でなくなる点にも注意されたい。このことから、反事実解釈が生じるためには、あくまで前件に対する想定値が微小なものでなければならず、前件の想定値が大きくなるのに伴って、反事実の解釈は生じにくくなること (すなわち反事実の解釈は前件の想定度に連動して生起すること) が分かる。

後件が成立しない反事実条件文 (6c) の解釈過程もほぼ同様である。まず、「あの薬を飲んでいたら」という前件の顕示的情報が与えられた時点で、$\mathcal{A}_x>0$ $(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}>0)$ が設定される。次に、後件「今ごろ死んでいただろう」という後件の顕示的情報が出現した時点で、「今現在、話をしている人間は生きている」という常識に反するため、僅かな想定値 $\mathcal{A}_y=\varepsilon$, すなわち $\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}=\varepsilon$ が設定される。さらに条件文全体を顕示的情報として認知主体が受理した時点で、推論に関する真の想定 $\mathcal{A}_{x\to y}>0$ も成立し、また前件と後件の

共起想定 $\mathcal{A}_{xy}>0$ も成立する ($\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}=\varepsilon$ および $\mathcal{A}_{xy}>0$ より、$0<\mathcal{A}_{xy}\leqq\varepsilon$, $0\leqq\mathcal{A}_{\bar{x}y}\leqq\varepsilon$ も成立する)。この条件下で、$\mathcal{A}_{x\to y}$ が最適関連性の値を得る (すなわち、バイアス係数に関らず $\mathcal{A}_{x\to y}$ を最大にする) ためには、やはり $k_x\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ が最大で、$k_{\bar{x}}\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ は最小の値となればよい。ここでも、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ の時、$k_x\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ の部分は最大になり、$\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$ (これは $0\leqq\mathcal{A}_{\bar{x}y}\leqq\varepsilon$ に違反しない), $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq0$ の時、$k_{\bar{x}}\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ は最小になる。以上のことから、$\mathcal{A}_{xy}=\varepsilon$, $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1-\varepsilon\ (\approx 1)$ が得られ、後件が成立しない場合も、反事実条件文の解釈:「薬は飲まなかったし、今、死んでもいない」が最もよい想定として得られる。

以上が、計算論的関連性理論による反事実条件文の解釈過程である。ここでは再計算という過程は含まれておらず、また含意が同値かという形式論理上の問題も生起しない。反事実条件文の真理値については、二値論理では扱いようもないが、関連性理論にしたがうと、限りなく偽に近いが、その言明は棄却されておらず、認知主体に受け入れられた (とりあえず真かもしれないという想定を持ちうる) という形で表現でき、4.3 節で見た形式論理上の問題を解消できる。

4.5 偽の想定値が変更されない場合

前節で説明した反事実条件文解釈のプロセスでは、反事実条件文が表現された時点で、偽と思われていた想定 (すなわち想定値 0) が想定値 ε に変更され、その結果、反事実条件文も一応認知主体に受理され、かつ反事実の強い理解を産み出すというものであった。では、もし認知主体が偽の想定を強く持ちつづけ、想定値を変更しなかった場合にはどのようなことが起こるのだろうか。前件が偽である場合の反事実条件文を例にこの計算過程を考えてみよう。

まず、前件が偽であるという想定は変更されないため、$\mathcal{A}_x=0$, すなわち $\mathcal{A}_{xy}=0$ かつ $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ が成立する。この時、(5.1) 式の $k_x\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ の部分が $k_x\cdot\dfrac{0}{0}$ となり、演算の解が不定となってしまう。この不定状態を解消する方法はただ一つ、バイアス係数 k_x を $k_x=0$ と設定することである。これは、前件肯定の関与を保留するということに他ならない。この結果、$k_x\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ の部分は $0\cdot\dfrac{0}{0}=0$ となる。ここで、(5.1) 式の残りの部分:$-k_{\bar{x}}\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ は、0 から -1 までの間の値を取るため、$\mathcal{A}_{x\to y}\geqq0$ が成立するためには、$-k_{\bar{x}}\cdot\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}=0$ でなければならない。すなわち、$k_{\bar{x}}=0$ あるいは $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$ が成立しなければならない。しかし、既にバイアス係数 $k_x=0$ が設定されているため、$k_{\bar{x}}=0$ は成立しえない (3.6 節参照)。したがって、$\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$ が成り立たなければならない。ここで、前提が偽であるということから $\mathcal{A}_{xy}=0$ かつ $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ が, また演算の妥当性より $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$ が得られたため、$\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1$ より、$\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1$ が成立する。なお、この時、$\mathcal{A}_{x\to y}=0$ である。

以上の流れを定性的に解釈すると、前提が成立しない条件文があった場合、前件肯定

をフレームから除外し、前件否定かつ後件否定のみが完全に真であり ($\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$=1)、かつ条件文全体の真理値は偽である ($\mathcal{A}_{x\to y}$=0) という結論を得る、ということになる。すなわち、反事実の解釈を得ると同時に、表現された条件文自体は棄却されるのである。3.6 節で見たように、推論過程において、前件肯定の情報をフレームから除外するというのは、形式論理ではあり得ないプロセスである。しかし、自然言語においては、こうしたパラメータ設定も可能なのではないかと思われる。こうした操作も可能であるからこそ、認知主体がある強固な信念を持っており、偽の信念を全く変更しなかった場合でも、反事実の解釈は安定して行い得ると考えられるからである。しかし、この点については、反事実条件文の意味理解とは何かという哲学的問題も含めたさらに深い議論が必要であり、また稿を改めて議論を行うことにしたい。

4.6 理由文解釈へのパラフレーズ

(6), (8) に示したように、反事実条件文はある種の理由文にパラフレーズすることが可能である。坂原 (1985) では、「X なので Y」という理由文は、例外はあるにせよ、基本的に真理関数的でなく、かつ前件が真と見なしうるような条件文「X なら Y」が基底にあると述べている。この坂原の立場を採用した時、計算論的関連性理論において、理由文の性質がどのように仮定できるのかを考えてみよう。

まず、理由文が同型の条件文を基底に持つということから、理由文の計算も (5) 式で可能なはずである。ただし、同型の条件文を基底に持つため、「X なので Y」の理由文の計算式は、(5.1), (5.4), (5.5), (5.8) 式に限定される。(5.1) 式に限定されないのは、前件・後件の真理値によっては、他の式も成立し得る可能性を残しているからである。一方、形式論理上は等価な対偶表現に相当する (5.6) 式は、前件と後件が入れ代わっており、「同型」とはいえないため、排除される。[9]

次に、前件が真と見なしうるような条件文が基底にあるいうことから、前件に関する認知バイアス $k_x, k_{\bar{x}}$ が関与すると考えられる。すなわち、顕示的情報が「X ならば～」であれば、前件真の認知バイアス k_x の値が大きく、偽の認知バイアス $k_{\bar{x}}$ が小さいことが求められる。顕示的情報が「X で ない ならば～」であれば、前件真の認知バイアス $k_{\bar{x}}$ の値が大きく、偽の認知バイアス k_x が小さいということになる。このことは、基本的に真理関数的でないという性質も説明する。例えば、「X ならば Y」を前提にして「X なので Y」を得る場合、(5.1) 式における認知バイアス k_x の値が大きく、$k_{\bar{x}}$ の値が小さければ、バイアスが任意の値を取っている時よりも、演算結果はより正の値になりやすい。

ここで問題になるのは、理由文における認知バイアスの値がどのように決まるかということである。Lo et al. (2002) は、前提確率原理という考え方を提案し、一般的に前提の分散が大きいほど、確証度が上昇するという点について議論している。本稿でも、この考え方に従い、理由文の認知バイアス値について、単純な分散を計算する式 (11) を仮定する。なお、$|\cdots|$ は絶対値を表す。

[9] もちろん、「X ならば Y」から「Y でないならば X でない」を導出し、そこから同型の「Y でないので X でない」を得ることは可能であるが、この点については稿を改めて議論する。

(11)
- $k_x = |\mathcal{A}_{xy} - \mathcal{A}_{x\bar{y}}|$
- $k_{\bar{x}} = |\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}} - \mathcal{A}_{\bar{x}y}|$
- $k_y = |\mathcal{A}_{xy} - \mathcal{A}_{\bar{x}y}|$
- $k_{\bar{y}} = |\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}} - \mathcal{A}_{x\bar{y}}|$

以上の議論に基づいて、反事実条件文の理由文へのパラフレーズを考えてみよう。まず、「X ならば Y」から同型の理由文「X なので Y」が作られるため、考慮の対象になる計算式は (5.1), (5.4), (5.5), (5.8) 式である。これらは、いずれも認知バイアス係数として、$k_x, k_{\bar{x}}$ を持つ。また、前件が偽となる場合であれ、後件が偽となる場合であれ、反事実条件文の想定として、$\mathcal{A}_{xy}=\varepsilon\ (\approx 0)$, $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1-\varepsilon\ (\approx 1)$ が得られている。このことから、(11) にしたがって、認知バイアス値を計算すると、$k_x=\varepsilon$, $k_{\bar{x}}=1-\varepsilon$ を得る。この認知バイアス値および各想定値を (5.1), (5.4), (5.5), (5.8) 式に代入すると、

(12) 1.
$$\mathcal{A}_{x\to y} = \varepsilon \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon+0} - (1-\varepsilon)\cdot\frac{0}{0+(1-\varepsilon)} = \varepsilon \quad (\approx 0)$$

4.
$$\mathcal{A}_{\bar{x}\to y} = (1-\varepsilon)\cdot\frac{0}{0+(1-\varepsilon)} - \varepsilon\cdot\frac{\varepsilon}{\varepsilon+0} = -\varepsilon \quad (\approx 0)$$

5.
$$\mathcal{A}_{\bar{x}\to\bar{y}} = (1-\varepsilon)\cdot\frac{(1-\varepsilon)}{0+(1-\varepsilon)} - \varepsilon\cdot\frac{0}{\varepsilon+0} = 1-\varepsilon \quad (\approx 1)$$

8.
$$\mathcal{A}_{x\to\bar{y}} = \varepsilon\cdot\frac{0}{\varepsilon+0} - (1-\varepsilon)\cdot\frac{1-\varepsilon}{0+(1-\varepsilon)} = \varepsilon-1 \quad (\approx -1)$$

を得る。この中で最もよい解となっているのは、$\mathcal{A}_{\bar{x}\to\bar{y}}$ であり、この結果、反事実条件文は「X でないので Y でない」という理由文とパラフレーズされやすいことがいえる。また、この理由文の想定値 $1-\varepsilon$ が、4.4 節で見た $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ の想定値と全く同一である点にも注意されたい。

5. 総合論議

反事実条件文や理由文の興味深い問題は、命題レベルにおいても単に真理関数として考えることができないという点にある。4.5 節でも述べたように、ここが形式論理学の限界となっている。これに対し、関連性理論は、なぜ反事実条件文において「X でなくかつ Y でない」という解のみが得られるのか、また「X でないので Y でない」というパラフレーズとなぜ整合するのかという点に妥当な説明を与える。議論のポイントは以下の通りである。

(13) 計算論的関連性理論において、推論計算の一般形は以下の式によって与えられる。

- $$\begin{aligned}\mathcal{A}_{x\to y} &= k_x \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - k_{\bar{x}} \cdot P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})\\ &= k_x \cdot \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - k_{\bar{x}} \cdot \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}\end{aligned}$$
- $k_x, k_{\bar{x}}$ は認知的バイアス係数であり、前件情報の関連性を表す指標である。また、演算の結果は推論の確信度である。

(14) 「X ならば Y」という条件文が顕示的情報として存在し、かつ X あるいは Y が文脈や知識と合致しない場合、

- それでも、この条件文は認知主体に想定として受理される (完全に偽として棄却されるのではない)。ただし、その想定自体の確信度は極めて小さい。
- この条件文を理解する際に、使われる論理が含意か同値かというという問題は見せかけのものである。想定自体を棄却しない限り、「X かつ Y」および「X でなくかつ Y でない」という想定が自然に得られ、他の想定は偽として棄却される。
- 両想定のうち、「X でなくかつ Y でない」という想定の確信度のほうが圧倒的に大きく、結果、反事実条件文として解釈される。
- 反事実条件文の妥当な解を得る時、再解釈・再計算の過程は必要ない。
- 理由文は条件文の一種であり、ただし認知的バイアス係数の制限、および基底となる条件文と同型でなければならないという制限を持つ。この制限から、反事実条件文とパラフレーズされる理由文の妥当な表現を得ることが可能である。

本稿で提案した条件文の演算は、多値論理の代表的な枠組みであるファジィ理論に応用することができる。ファジィ論理においてもいくつかの推論計算法が提案されているが、いずれも自然言語の条件文を考える上では不十分である。本稿の議論は、こうしたファジィ論理の欠点を補うものである。また、「〜かもしれない」「〜にちがいない」といった真理値を明確に決めることのできないモダリティを含んだ条件文であっても、想定値の大きさや演算結果の値といった観点から、本稿の演算で取り扱うことができる。同様に、認知的バイアスの値に関するコントロールの違いや、default に与えられる想定値の大きさ (本稿でいう ε など) の違いが、様々な条件文の解釈の違い—反事実・譲歩・理由その他—に反映されているといった点で、条件文の細かな違いを扱うことが可能である。さらに、条件文における哲学的な議論、特に可能世界を巡る議論にも、本稿の手法は一定の見解を与える。すなわち、本稿の手法に基づくと、信念世界を連続量で扱えるため、個々の可能世界を全て考慮する必要はなく、ある一定値以上の水準を満たす世界のみを解釈すればよいということである。これは、条件文の解釈過程における心的処理のコストを節約することにつながる。これらの点に関しては、また稿を改めて議論してみたい。

参考文献

Evans, J. St. B. T. & Lynch, J. S. (1973). Matching bias in the selection task. *British Journal of Psychology*, **64**, 391–397.

郡司隆男 (2004). 日本語のアスペクトと反実仮想. *Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin*, **7**, 21–34.

Lo, Y., Sides, A., & Osherson, D. (2002). Evidential diversity and premise probability in young children's inductive judgement.. *Cognitive Science*, **26**, 181–206.

Marin, Arthur (1999). Information, Relevance, and Social Decisinmaking: Some Principles and Results of Decision-Theoretic Semantics. In Moss, L.S., Ginzburg, J., & de Rijke, M. (Eds.), *Logic, Language, and Computation. Vol2.*, pp. 179–221. Stanford CA: CSLI Publications.

Marin, Arthur (2003). *Relevance and Decision-Theoretic Semantics*. Handout. 15th European Summer School in Logic, Language and Information. August 18–29, 2003, Technical University of Vienna.

松井理直 (2003). 推論における論理変形と認知的関連性の計算. *Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin*, **6**, 95–122.

Sperber, D., Cara, F., & Girotto, V. (1995). Relevance theory explains the selection task. *Cognition*, **57**, 31–95.

Sperber, D. & Wilson, D. (1986). *Relevance: Communication and Cognition*. Blackwell. 内田聖二ほか 訳 (1993). 『関連性理論—伝達と認知—』. 研究社出版.

田窪行則 (1993). 談話管理理論から見た日本語の反事実条件文. 益岡隆志（編），『日本語の条件表現』, pp. 169–183. くろしお出版, 東京.

Wason, P. C. (1966). Reasoning. In Foss, B. M. (Ed.), *New horizons in psychology*. Harmondsworth: Penguin.

坂原茂 (1985). 『日常言語の推論』. 東京大学出版会.

Author's E-mail Address: `matsui@sils.shoin.ac.jp`
Author's web site: `http://sils.shoin.ac.jp/~matsui/`