推論における論理変形と認知的関連性の計算*

松井 理直

Logical Transformation on Reasoning Tasks and Statistical Computation of Cognitive Relevance

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 to "Wason selection task", which is one of the most famous experiments of logical problem-solving tasks.

1. 関連性理論

人間という認知主体を取り巻く環境は極めて範囲が広く、かつ常に情報が流動的に変化している世界である。それに対し、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、認知主体は環境の持つ膨大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。認知の本質は、巨大な認知環境が内包す

Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin 6, 95–121, 2003.

*本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究 (B)「言語における制約間のインターフェースに関する総合的研究」（平成 12 年度〜平成 15 年度、研究代表者: 西垣内泰介、課題番号 12410129）を受けている。

る多様性に適応していく能力といってもよい。人工知能の設計にも、こうした認知能力の形式化が必要不可欠である。

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、認知主体がどのように情報の体制化を行うかという問題に対する極めて興味深い理論である。現在、この理論は、言語・思考・知覚から社会文化に至る認知活動の幅広い分野に応用されており、人間の知的活動全般を支配する性質を考える上で、大変に重要なモデルを提案している。また、理論の基盤となる前提や原理が明示的に規定されているため、形式化の可能性を持っている点も魅力である。ここで、簡単に関連性理論の枠組みについて見ておこう。まず、関連性理論は、(1) のような前提を持つ。

(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[1]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。

認知主体は、部分情報に一貫性を持たせ、体制化されたものにするため、外界の情報間あるいは自らの想定の間に、常に関連性を求める存在である。Sperber & Wilson は、こうした性質を**関連性の認知原理** (*cognitive principle of relevance*) と呼んでいる。

(2) **関連性の認知原理：**
人間の認知系は自らにとって関連のある情報に注意を払うようデザインされている。

さらに、情報の受け取りが動的に行われるコミュニケーションでは、関連性の伝達原理 (communicative principle of relevance) が存在し、情報的意図と伝達的意図が関与する。

本論文では、これら関連性原理のうち、認知機構の本質と考えられる認知的関連性がどのように計算されているのかという点について議論を行う。具体的なテーマとして、Wason 選択課題として知られている推論課題を取り上げる。議論の要点は以下の通りである。

- 人間が推論を行う際に取りうる方略の一つは、論理式の恒等的な変換によるトークンレベルの事象共起へのマッピングである。

[1]本稿では顕在的事実の意味で、想定 (assumption) という用語を使うこともある

- 人間の推論における誤りの原因として、仮説保持に関する制限と、環境の中に存在する顕示的情報の相互作用により、認知的なエラーが引き起こされる。
- 想定の確信度および想定間の関連性に関する定量的な計算は、確率事象における回帰係数として表現できる。

2. 推論課題の実験

2.1 4枚カード問題

人間の推論能力に関する研究で、最も重要な実験の一つに、P. C. Wason によって見いだされた選択課題の問題[2] (Wason, 1966) がある。これは、「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。以下の問題を見ていただきたい。

> 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。[3] 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。けれども、面白いことに、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いる。例えば、活動主体が合目的的に取り組める課題の実験や、あるいは実用場面における義務・許可といったスキーマに当てはまる実験課題などが有名である (Cheng et al, 1985, Criggs et al. 1982)。これらの結果は、条件文の解釈を行う際、状況により何らかのバイアスが掛ることを示している。

[2]一般に「4枚カード問題」あるいは「Wason 選択課題」といわれる。本稿では「Wason 選択課題」という表現を用いる。

[3]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。

2.2 推論におけるバイアス

これまでに、論理的推論とは直接関係しないある種の認知的バイアスとして、確証バイアス (confirmation bias, (Wason, 1966)) やマッチングバイアス (matching bias, (Evans & Lynch, 1973)) といった考え方が提案されている。さらに、近年、関連性理論の立場からの説明も行われている (Sperber, Cara, & Girotto, 1995)。

確証バイアスとは、ある条件文が与えられた時、認知主体は「ルールが正しい」ことを証明しようとし、条件文が真になる事例を探索する傾向にあるというものである。この確証バイアスは、語用論の立場から見ると、Grice の「質の公準」に近いものであり、興味深い方略といえる。

しかし、Evans and Lynch (1973) は、前節の実験例で用いたカードに対し、「もし表が A なら裏は 7 では<u>ない</u>」という否定型の条件文を提示した時、確証バイアスが成立しないことを見いだした。確証バイアス説に従うと、被験者は $\boxed{A}$ と $\boxed{2}$ のカードを選ぶはずであるが、実際には $\boxed{A}$ と $\boxed{6}$ のカードが選択されたのである。そこで、彼らは、認知主体は確証バイアスよりもさらに単純な「マッチングバイアス」という考え方を提案した。マッチングバイアスとは、条件文の形式がどうであれ、条件文で用いられた項目と合致するカードが選択されるという傾向のことである。

一方、Sperber et al. (1995) は、マッチングバイアスのような効果は、談話における関連性から説明できると考えている。[4] すなわち、「もし表が A なら裏は 7 ではない」という規則において、$\boxed{7}$ のカードが選択されやすいのは、$\boxed{7}$ のカードが実際に存在するため処理効率が高く、かつ「$\boxed{7}$ のカードについての話題」という解釈により、$\boxed{7}$ のカードが条件文の真偽に関連性が高いと判断されるためと考えられる。

こうした認知的バイアスの妥当性を検討するため、次節で、Wason 選択課題の簡単な実験を紹介する。これらの実験により、Sperber らのいう関連性の説明がマッチングバイアスの考え方よりも有効であることが分かるであろう。次に、Wason 選択課題の誤答が、恒等的な論理変形とタイプレベルからトークンレベルへのマッピングエラーにより起こることを議論する。最後に、推論課題における仮説生成のメカニズムを、定性的な命題論理と、定量的な関数を用いて考察し、関連性理論の形式化への足がかりとしたい。

3. Wason 選択課題の実験

3.1 実験 1

最初の実験は、オリジナルの Wason 選択課題と完全に同型と考えられる「伝票課題」に関するものである (上野, 1982)。実験の被験者は 18 才から 20 才の女子大生 37 名で、いずれの被験者も論理学の授業は受講していない。

(3) 本学科では、「1 万円以上の伝票であるならば、裏に郡司先生のサインが必要です」という規則があります。今、ここに 4 枚伝票があります。2 枚は金額の面が見えて

[4] Evans も、マッチングバイアスは関連性判断と関係がある考えており、この点では Sperber らの立場と大きな違いはない。

おり、残りの 2 枚はサインの面が見えています。

(3a)	(3b)	(3c)	(3d)
金額： 3 万円	金額： 4 千円	サイン： 郡司	サイン： 松田

この 4 枚の伝票について、本学科の規則が守られているかどうか確かめる時、最低限どの伝票をめくって調べる必要がありますか。

3.2 実験 2

次に対照実験として、実験 1 の伝票 (3d) のみを変更した以下のような実験を行った。この Wason 選択課題は、Mandler (1983) で言及されているものと同じ構造となっている。実験の被験者は女子大生 44 名で、論理学の授業は受講しておらず、また実験 1, 3 と重複して参加した者はいない。

(4) 本学科では、「1 万円以上の伝票であるならば、裏に郡司先生のサインが必要です」という規則があります。今、ここに 4 枚伝票があります。2 枚は金額の面が見えており、残りの 2 枚はサインの面が見えています。

(4a)	(4b)	(4c)	(4d)
金額： 3 万円	金額： 4 千円	サイン： 郡司	サイン：

この 4 枚の伝票について、本学科の規則が守られているかどうか確かめる時、最低限どの伝票をめくって調べる必要がありますか。

3.3 実験 3

3 番目の実験も実験 1 の対照実験であるが、実験 2 とは異なり、伝票の形式は同じであるが、規則の指示を二重否定に変更したものである。実験の被験者は女子大生 41 名で、論理学の授業は受講しておらず、実験 1, 2 に参加した者はいない。

(5) 本学科では、「1 万円以上の伝票であるならば、裏に郡司先生以外のサインがあってはいけません」という規則があります。今、ここに 4 枚伝票があります。2 枚は金額の面が見えており、残りの 2 枚はサインの面が見えています。

(5a)	(5b)	(5c)	(5d)
金額： 3 万円	金額： 4 千円	サイン： 郡司	サイン： 松田

この 4 枚の伝票について、本学科の規則が守られているかどうか確かめる時、最低限どの伝票をめくって調べる必要がありますか。

3.4 実験 4

最後の 2 つの実験は、Wason 選択課題の基礎となる条件文そのものの解釈に、状況がどのような影響を与えるのかを見るために行ったものである。本稿では、実験 4, 5 の課題を「一致選択課題」と呼ぶ。被験者は実験 1 に参加したものの一部および実験 2 に参加した者の一部で、計 40 名である。いずれの被験者も、実験 1 あるいは実験 2 を受けた後、本実験のテストを受けている。

(6) 本学科では、「1 万円以上の伝票ならば、値段の下に郡司先生のサインが必要です」という規則があります。今、ここに 4 枚伝票があります。この 4 枚の伝票について、本学科の規則を全く守っていない伝票はどれでしょう。

(6a)	(6b)	(6c)	(6d)
伝票： 3 万円 郡司	伝票： 4 千円 郡司	伝票： 3 万円 松田	伝票： 4 千円 松田

3.5 実験 5

この実験は、実験 4 の一致選択課題の対照実験となるもので、提示される伝票のうち (c), (d) のタイプが異なっていいる。被験者は実験 1 に参加したものの一部および実験 2 に参加した者の一部で、計 41 名である。いずれの被験者も、実験 1 あるいは実験 2 を受けた後、本実験のテストを受けた。

(7) 本学科では、「1 万円以上の伝票ならば、値段の下に郡司先生のサインが必要です」という規則があります。今、ここに 4 枚伝票があります。この 4 枚の伝票について、本学科の規則を全く守っていない伝票はどれでしょう。

(7a)	(7b)	(7c)	(7d)
伝票： 3 万円 郡司	伝票： 4 千円 郡司	伝票： 3 万円	伝票： 4 千円

実験はいずれも授業中に集団実験の形で行った。被験者は一列置きに座っているため、他人の解答を見たものはいないと思われる。実験には 3 分間の制限時間を設け、制限時間内で解答させている。

3.6 実験結果の概要

以下に、各実験の結果を見る。まず、Wason 選択課題型の実験 1, 2, 3 において、選択された伝票の全ての反応パターンを、表 1 (被験者数) および表 2 (反応率) 示す。第 4 節で詳しく見るように、いずれの実験においても、教示を条件法的に解釈した場合には、

条件文の前件が真・後件が偽となる可能性を持つ伝票、すなわち (a) および (d) の伝票の組み合わせが正解となる。[5]

表 1: 選択された伝票の反応パターン (被験者数)

	a	c	ab	ac	ad	abc	abd	acd	abcd	計
実験 1	7	1	3	10	7	2	1	4	1	37
実験 2	6	0	0	7	26	0	1	4	0	44
実験 3	5	0	1	10	16	0	0	7	2	41

表 2: 選択された伝票の反応パターン (反応率)

	a	c	ab	ac	ad	abc	abd	acd	abcd	計
実験 1	18.9	2.7	8.1	27.0	18.9	5.4	2.7	10.8	2.7	100
実験 2	13.6	0.0	0.0	15.9	59.1	0.0	2.3	9.1	0.0	100
実験 3	12.2	0.0	2.4	24.4	39.0	0.0	0.0	17.1	4.9	100

実験 1, 2, 3 では、提示されている伝票の片側が見えていないため、被験者は教示条件文の前件／後件のいずれかのみを手がかりに、真理値を推論する必要がある。まず前件に関して見ると、前件の手がかりとなる金額が見えている伝票 (a), (b) のうち、いずれの実験でも、ほぼ全ての被験者が (a) の伝票 — すなわち前件が「真」となる伝票 — を選択しており、前件が偽となる (b) の伝票を選択している被験者は、実験 1 で約 18%, 実験 2 では 2.3 %, 実験 3 では 7.3% しか存在しない。

後件を証拠とする推論についていえば、実験 1 では後件が真となる (c) の伝票を選択した被験者が、後件が偽となる (d) の伝票を選択した被験者よりも 13.5% 多く、全体のほぼ半数近くに達する。(a), (d) という正しい組み合わせを答えた被験者の割合は、わずか 18.9% であり、これは一般的な Wason 選択課題の結果とほぼ同じ傾向である。これに対し、実験 2 では後件が偽となる (d) の伝票を選択した被験者が 60% 以上存在し、問題の正答率自体も 59.1% に達する。実験 1 と実験 2 の違いは、刺激として提示された伝票の性質にしかない。したがって、実験 2 の刺激が持つ刺激の逸脱 (サインそのものがなされていないという、後件の逸脱) の明確さが、正答率に貢献したと考えられる。

実験 2 と同じく、実験 3 においても、後件の逸脱性が「郡司先生以外のサイン」という表現によって教示の中に暗示されている。この実験においても、後件が真となる (c) の伝票を選んだ被験者より、後件が偽となる (d) の伝票を選んだ被験者の率が高くなり、その分、正答率も実験 1 に比べ 2 倍近くまで上昇している。

こうした逸脱度の影響は、教示の条件文における前件と後件の真理値を同時に直接調べることのできる一致選択課題の場合にも影響を及ぼしている。表 3, 4 に、実験 4, 5 の結果を示す。後件の反例が顕在的でない場合に比べ、反例がより明確である実験 5 にお

[5] もし教示の条件を双条件的に解釈した場合には、全ての伝票を選択する必要がある。

いては、約半数の被験者が「X ならば Y」と共に「Y ならば X」(あるいは「X でないなら Y でない」) という解釈を行っていることがわかる。

表 3: 選択された伝票の反応パターン (被験者数)

	c	bc	bcd	計
実験 4	34	6	0	40
実験 5	20	19	2	41

表 4: 選択された伝票の反応パターン (反応率)

	c	bc	bcd	計
実験 4	85.0	15.0	0.0	100
実験 5	48.8	46.3	4.9	100

実験 2, 3 における正答率の上昇および実験 5 における条件法解釈の変化は、マッチングバイアスよりも、Sperber et al. (1995) の主張する「関連性」の影響と考えるほうがより妥当である。マッチングバイアスの仮説では、条件文の形式が肯定文・否定文・二重否定文に関わらず、条件文で用いられた「項目」と合致するカードが選択されることを予測する。また、マッチングバイアス説は、後件の反例の性質は正答率に影響を与えないことを予測する。したがって、マッチングバイアス説は、実験 2, 3, 5 における解答率の変化が説明できない。一方、関連性理論では、認知環境の中で顕在性の高まった情報は、それだけ処理されやすいことを予測する。Wason 選択課題の典型的な誤答が、後件が真となるカードを選択してしまう点にあることを思い出そう。この後件の性質において、「偽という情報」が何らかの形で明確になっている[6]場合、正答率が顕著に上昇するいう傾向は、関連性理論における認知原理の考え方に一致する。次節では、認知環境の形成および関連性の計算の観点から、推論課題における心的プロセスについて考察を行う。

4. 問題解決の心的過程

4.1 論理構造

最初に、まず Wason 選択課題の論理的な構造を、命題論理のレベルでごく簡単に見ておこう。今、「金額が 1 万円以上である」という前件命題を x、「郡司先生のサインが必要である」という後件命題を y とする。この原子命題 x, y の真理値に対し、結合子 → (含意) あるいは結合子 ↔ (同値) で繋がれた複合命題 x→y, x↔y の真理値は、表 5 のようになる。以下、これらの複合命題に対応する解釈を、「条件法的解釈[7]」および「双条件法

[6]刺激自体の性質 (伝票の裏にサインそのものがない) であっても、提示文の性質 (「郡司先生 以外 のサイン」) であってもよい。

[7]「金額が 1 万円以上なら郡司先生のサインが必要である (金額が一万円未満ならどうでもよい)」という解釈である。

的解釈[8]」と呼ぶ。

表 5: 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

Wason 選択課題は、x→y の条件命題の真偽を決定するのに、前件 x の真理値のみ、あるいは後件 y の真理値に関する情報のみで必要十分であるかを検討する問題である。被験者は、伝票の片面の情報に基づいて仮説を立て、その仮説の元で複合命題 x→y の真理値が「一意」に定まるかを考えなければならない。換言するなら、Wason 選択課題を「正しく」解決する上で必要な心的過程は、**仮説演繹** (*deduction*) に関する思考力なのである。

もし、仮説演繹を正しく用いることができた場合、Wason 課題は次のように解かれる。まず、被験者が提示された規則を条件法：x→y として解釈したとしよう。もし、伝票の金額 x が真であることが分かっている場合、裏面のサイン y を真と仮定すると x→y は真になり、偽と仮定すると x→y は偽になる。すなわち、前件命題 x が真であるという情報だけでは、複合命題 x→y の真理値を決定することができない。したがって、被験者は金額が 1 万円以上の伝票に対して、その用紙の裏を見て、サインをチェックする必要がある。同様に、後件命題 y が偽であることが分かっている時も、前件命題 x が真の場合と偽の場合とで、x→y の真理値が異なるため、裏面に郡司先生のサインがない伝票については、用紙を裏返して価格を確認しなければならない。一方、前件 x が偽である時には、x→y は後件の真理値に関わらず x→y は常に真であり、後件 y が真である時も前件の真理値に関わらず条件文は常に真になるため、これらの場合には伝票は裏返す必要がない。

被験者が伝票の規則を双条件法：x↔y として解釈した場合には、前件の真理値が真／偽どちらの場合においても、後件の真理値によって複合命題 x↔y の真理値は変化してしまう。同様に、後件が真理値が一方に決定した場合においても、前件の真理値によって複合命題の真理値は変化する。したがって、Wason 課題の規則を双条件的に解釈した場合には、「全ての刺激」を調べる必要があることになる。

一致選択課題においては、条件法的解釈では「前件が真かつ後件が偽」になる伝票を 1 枚のみ、双条件法的解釈の元では「前件が真かつ後件が偽」になる伝票と「前件が偽かつ後件が真」になる伝票の 2 枚を選択するのが正解である。表 6 に選択すべき伝票のパターンをまとめておく。

[8]「金額が 1 万円以上なら郡司先生のサインが必要であり、かつ郡司先生のサインがある伝票なら金額は 1 万円以上である」、「金額が一万円以上なら、その場合に限り郡司先生のサインが必要である」などに対応する解釈である。

表 6: 条件法の解釈と各実験の正答パターン

	条件法的解釈	双条件法的解釈
Wason 選択課題	a, d	a, b, c, d
一致選択課題	c	b, c

4.2 条件法解釈の非一貫性

Wason 選択課題の興味深い点は、人間の仮説演繹の特性を明らかにしたところにある。3 節で示した実験結果を見ると、人間は推論を行う際、条件法的解釈であれ双条件法的解釈であれ、いずれもうまく使われていないことが分かる。例えば、Wason 選択課題の実験 1 と一致選択課題の実験 4 を比較してみよう。この二つの実験で用いられている刺激は、どちらも後件の逸脱が明示的でない点で共通している。したがってマッチングバイアスにせよと関連性のバイアスにせよ、何らかの認知的バイアスが掛った場合には、後件と直接一致する「郡司先生のサイン」のある伝票が選択されやすくなると考えられる。確かに、実験 1 では他の Wason 選択課題に比べ、条件法解釈に合う (d) の伝票を選択した被験者はほとんどいない。むしろ双条件法に近い解釈がなされているように思える。しかし、既に述べたように、双条件的に解釈した場合には全ての伝票を検査する必要があるため、厳密に論理を適用したとは全く言えない。一方、実験 4 では、前件が真で後件が偽となっている伝票を選んだ被験者が 85% 存在することから、ほとんどの被験者が条件法的解釈を取っているように見える。

実験 2 と実験 5 では逆のことが起こっている。これらの実験では、偽の後件が、「サインのない伝票」という形でかなり明確に刺激の中に現れている。したがって、何らかの認知的バイアスが掛ったとするなら、条件法解釈をより助ける方向に働くはずである。Wason 選択課題では、予測通り、条件法解釈が実験 1 よりも増加している (提示文に反例が示されている実験 3 でも、実験 1 よりも条件法解釈が増加している)。しかし、一致選択課題である実験 5 では、半数近くの被験者が双条件法解釈を行っているようである。いずれにせよ、論理的な推論という観点からは、Wason 選択課題や一致選択課題の食い違いをうまく説明することができない。また、典型的な Wason 選択課題における条件法と双条件法の中間的な選択パターンの説明もできない。

残る可能性は、人間は、仮説演繹推論が必要な状況や条件選択的な状況においては、含意や同値といった論理計算を直接行っているのではなく、なんらかの認知的方略により、問題を疑似的に解いているというものである。推論課題や一致選択課題におけるエラーのパターンに一貫した性質があることから、この認知的方略は場当たり的なものではなく、相応の論理に裏づけられてはいることは確かである。しかし、擬似問題解決であるが故に、ある種の認知的バイアスが掛かってしまい、それがエラーを引き起こす要因になっていると考えられる。次節では、この擬似問題解決における心的方略について議論してみよう。

4.3 認知環境の構成

(1) で見たように、外界情報を認知主体が「おそらく真実である」と受理可能であった場合、認知主体は顕在的事実 (想定) を表象として持つ。ここで、認知主体が受け取る外界情報を顕示的情報 (ostensive information) と呼ぶことにしよう。すなわち、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を意味する。

今、実験 1～5 において、顕示的情報となり得るものは、教示として与えられた言語表現による条件規則、および刺激として与えられた伝票である。この時、認知主体が構成し得る全認知環境は表 7 のように表現できる。X は「伝票の金額」に関する一般的事象であり、タイプとしての性質を持っている。これに対し、x は「伝票の金額が 1 万円以上である」という個別の事象、¬x は「伝票の金額が 1 万円以上ではない」という事象を意味する。これらはトークンとしての性質を持つ。与えられれば、事象 x は顕示的情報である。同様に、Y は「伝票のサイン」に関する一般的事象で、y は「郡司先生のサインがある」という事象、¬y は「郡司先生のサインがない」という事象を表す。これらの情報は、いずれもは顕示的情報になり得る。例えば、「もし 1 万円以上の伝票があれば...」という教示があれば、x は顕示的情報ということになる。

これに対し、$\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ は、認知主体が持つ想定 (assumption) の「相対的確信度」を表す。例えば、$\mathcal{A}_{xy}$ は外界の事象 x かつ y (x∧y) に対応して想定される顕示的事実の相対的確信度を、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ は x∧¬y に対する想定の相対的確信度[9]を意味する。$\mathcal{A}_{x\phi}$ は「伝票の金額」に関する情報しか入手できなかった場合に形成される想定で、$\mathcal{A}_{xy}$ か $\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ のいずれかと一致する。これを $\mathcal{A}_{x\phi}=\mathcal{A}_{xy}\vee\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ と表現するならば、$\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}=\mathcal{A}_{\bar{x}y}\vee\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$, $\mathcal{A}_{\phi y}=\mathcal{A}_{xy}\vee\mathcal{A}_{\bar{x}y}$, $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}=\mathcal{A}_{x\bar{y}}\vee\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ が同様に成立する。

表 7: 構成可能な全認知環境

		サイン (Y)		
		y	¬y	未知
金額 (X)	x	$\mathcal{A}_{xy}$	$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$	$\mathcal{A}_{x\phi}$
	¬x	$\mathcal{A}_{\bar{x}y}$	$\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$	$\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}$
	未知	$\mathcal{A}_{\phi y}$	$\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$	

$\{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\}$ はいずれも「真であるという想定 (顕在的事実)」の度合なので、もし認知主体がある外界情報を「虚偽である」と受理した場合には、その外界情報に対応する想定の確信度は 0 となる。例えば、“$\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$” は、「伝票の額が 1 万円以上であり、かつ伝票に郡司先生のサインがない、という状況はあり得ない」という確信を認知主体が持っていることを意味する。同様に、$\mathcal{A}_{x\phi}=0$ ならば $\mathcal{A}_{xy}=0$ あるいは $\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ となる。全てが未知情報である $\mathcal{A}_{\phi\phi}$ は、認知環境の中には入り込まない。

[9] ¬ は外界の事象に対してのみ用い、それに対応する想定は overline で示すこととする。これは、想定の「正しさ」や想定の存在の否定ではないことを明確にするためである。

今回の実験で用いた Wason 選択課題では、事象 A と事象 B が同時に顕示的情報になることはない。したがって、Wason 課題に関して認知主体が持つ想定は、(実際に伝票を裏返したりしない限り) 表 8 に示すものに限られる。一方、一致選択課題は事象 A, 事象 B が共起している実験事態であるため、表 9 のような想定が形成される。

表 8: Wason 選択課題における想定

		サイン (Y)		
		y	¬y	未知
金額 (X)	x			$\mathcal{A}_{x\phi}$
	¬x			$\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}$
	未知	$\mathcal{A}_{\phi y}$	$\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$	

表 9: 一致選択課題における想定

		サイン (Y)	
		y	¬y
金額 (X)	x	$\mathcal{A}_{xy}$	$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$
	¬x	$\mathcal{A}_{\bar{x}y}$	$\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$

なお、$\{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\}$ の数値が、情報の価値すなわち認知効果を表現するものではないことに注意されたい。$\mathcal{P}$ の数値は、あくまでも「正しいという確信度」を示すものである。もし、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ で、かつ現実に「金額が 1 万円以上で郡司先生のサインがない伝票」が存在しなければ、認知主体はこの点で正しい想定を持っていたことになる。もちろん、そうした伝票が実在すれば、認知主体は誤った想定を持っており、この事実を知った段階で、想定の変更を迫られる。この認知効果の度合については、後に議論を行う。

4.4 反例探索の仮説生成

多くの事象から成立している外界を認識する際、最もアクセスしやすい情報は事象の共起性である。事象の因果関係には抽象的な思考能力が要求されるが、事象の共起関係は単純な観察とマッチングによって確認できるからである。実際、上記の実験 4 の一致選択課題でも分かる通り、こうしたマッチング課題の正答率はかなり高く、認知タスクとして容易なものといってよい。演繹推論においても、もし共起しうる事象が想定できれば、あとは現実のデータと照らし合わせるという単純な事例探索問題に置き換えることができる。

一般に、ある複合命題は他の複合命題に書き換え可能である。例えば、含意表現 x→y は ¬y→¬x や選言 (disjunction) で表現される "¬x∨y"、あるいは連言 (conjunction) で表される "¬(x∧¬y)" などと等価である。今、条件文のこうした論理変形を Wason 選択課題に

適用した場合、数ある恒等式の中でも特に $\neg(x \wedge \neg y)$ という論理形式が極めて妥当な表現であろう。単純な表現形というばかりでなく、反例が $x \wedge \neg y$ という事象の共起性という形で直接表現されているからである。本稿の実験でいうなら、「伝票の値段が 1 万円以上である (x)」かつ「伝票に郡司先生のサインがない ($\neg$y)」という条件が、提示された規則の反例 ($\neg$(...)) というわけだ。

同値表現 $x \leftrightarrow y$ も同様である。この場合、$x \leftrightarrow y = \neg((x \wedge \neg y) \vee (\neg x \wedge y))$ という恒等式から、規則の反例が見つかる。すなわち、「伝票の値段が 1 万円以上である (x)」かつ「伝票に郡司先生のサインがない ($\neg$y)」という条件か、あるいは「伝票の値段が 1 万円以上でない ($\neg$x)」かつ「伝票に郡司先生のサインがある (y)」条件のいずれか ((...)$\vee$(...)) が反例 ($\neg$(...)) ということがわかる。

以上の論理変形が実際に心の中で行われ、選択課題の問題を解くための仮説として生成されたとしよう。この時、Wason 選択課題／一致選択課題における仮説の表象は、各々表 8, 表 9 で示した認知環境における想定 $\mathcal{A}$ を用いて、次のように表される。

(8) Wason 選択課題における仮説形成

a. $x \rightarrow y = \neg(x \wedge \neg y)$
$\Rightarrow \mathcal{A}_{x\phi}=0$ かつ $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}=0$

b. $x \leftrightarrow y = \neg((x \wedge \neg y) \vee (\neg x \wedge y))$
$\Rightarrow$ ($\mathcal{A}_{x\phi}=0$ かつ $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}=0$) または ($\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}=0$ かつ $\mathcal{A}_{\phi y}=0$)

(9) 一致選択課題における仮説形成

a. $x \rightarrow y = \neg(x \wedge \neg y)$
$\Rightarrow \mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$

b. $x \leftrightarrow y = \neg((x \wedge \neg y) \vee (\neg x \wedge y))$
$\Rightarrow \mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ または $\mathcal{A}_{\bar{x}y}=0$

このように仮説が形成されると、あとは外界の中から適合する刺激を探索するだけである。Wason 選択課題の場合であっても、(8) の仮説を形成した被験者は、演繹推論に頼らずに、課題の正解に辿り着ける。例えば、(8a) の仮説形成を行った被験者は、$\mathcal{A}_{x\phi}$ の想定から刺激 x(1 万円以上の伝票) を、$\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$ の想定から刺激 $\neg$y (郡司先生のサインがない伝票) を探し出せばよい。一致選択課題になるとさらに話は単純である。(9a) の仮説を持つ被験者は、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ の想定から刺激 x$\neg$y (1 万円以上で郡司先生のサインのない伝票) を探し出せばよい。一方、(9b) の仮説を持つ被験者は、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ の想定から刺激 x$\neg$y (1 万円以上で郡司先生のサインのない伝票) を探し当てた後、次に想定 $\mathcal{A}_{\bar{x}y}$ に対応する刺激 $\neg$xy (1 万円未満で郡司先生のサインのある伝票) を実世界の中で探索することになる。同じく、Wason 選択課題で双条件法的な変形を辿った場合には、4 種類全ての伝票を検査しなければならない。

なお、自然言語の条件文が論理表現としては含意と同値の曖昧性を持つことと同様、選言についても包括的選言 (inclusive disjunction) と排他的選言 (exclusive disjunction) との曖昧性がある。したがって、$x \leftrightarrow y$ を変形した場合、包括的選言を用いた表現 $\neg((x \wedge \neg y) \vee (\neg x \wedge y))$ と排他的選言を用いた表現 $\neg((x \wedge \neg y) \oplus (\neg x \wedge y))$ の 2 種類が考えられる。複合命題の真理値に関して両者の表現は完全に一致するため、$x \leftrightarrow y$ の論理変形としては頑強である。しかし、仮説の「心的運用」という点については、2 種類の表現間で違いが出る。排他的選言を用いた論理変形を辿った場合の仮説形成は以下のようになる。

(10) a. Wason 探索課題の場合：

$x \leftrightarrow y \quad = \quad \neg((x \wedge \neg y) \oplus (\neg x \wedge y))$

$\Rightarrow$ ($\mathcal{A}_{x\phi}$=0 かつ $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$=0) または ($\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}$=0 かつ $\mathcal{A}_{\phi y}$=0) のいずれか一方

b. 一致選択課題の場合：

$x \leftrightarrow y \quad = \quad \neg((x \wedge \neg y) \oplus (\neg x \wedge y))$

$\Rightarrow$ $\mathcal{A}_{x\bar{y}}$=0 または $\mathcal{A}_{\bar{x}y}$=0 のいずれか一方

包括的選言の場合は、前述したように 2 種類の仮説探索が行われる。一方、排他的選言を用いた変形を行った場合は、まずどちらか片方の仮説を探索し、実例が見つかった場合にはその時点で探索タスク自体を終了する。もう一つの仮説検証は、最初の仮説に対する実例が見つからなかった時に初めて開始される。したがって、条件文を双条件法的に理解する人であっても、排他的選言への変形を行い、かつ $\mathcal{A}_{x\phi}$=0 (Wason 選択課題の場合), $\mathcal{A}_{x\bar{y}}$=0 (一致選択課題の場合) から探索を開始した時には、条件法的に提示文を解釈した人と表面上同じ行動を行うことになる。

いずれにせよ、(8), (9) という仮説形成のもとでは、Wason 選択課題であっても一致選択課題であっても、どちらも比較的単純な反例一致探索課題にまで落とし込まれる。演繹推論の能力は必要がない。しかし、反例一致探索問題として擬似解決を行おうとした場合、Wason 選択課題の本質的問題が現れる。一致選択課題においては、問題自体が実例 (トークン) を探索することを要求しているため、反例一致探索という形で問題解決を行ったところで、探索すべき範囲の性質に大きな違いはない。しかし、Wason 選択課題は、前件と後件の「命題レベル」の真理値を問う問題であり、これをトークンレベルでの探索課題として解く場合、正確に探索しなければならない範囲が劇的に広くなる。ここで認知主体は「フレーム問題」に直面する。Wason 選択課題を反例探索問題として解く場合、探索範囲にフレームをはめてしまい、十分な認知環境を構成できなかった時に誤りが起こる。次節以降では、Wason 選択課題において、認知主体が取り得る探索範囲を限定する方略について議論を行う。

4.5 仮説保持に関する方略

一般に、認知機構がある単独のタスクを遂行する際、「同時」に保持される仮説は極めて少ないことが知られている。複数仮説の同時保持には大きなコストが必要とされるのである。ここで、ある種の被験者 (できるだけ楽をしたい人) は、同時保持されている仮説に関して、以下の方略を採るとしよう。

(11) 仮説保持の方略：
同時に保持しなければならない心的仮説があった場合、顕示的な情報に支えられないものは、関連性の低い想定として棄却する。

この方略のもとで、実験 1 の事態を (8a) の仮説形成により解決する場合を考えてみよう。この場合、生成される仮説は $\mathcal{A}_{x\phi}$ および $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$ であるから、「同時」に 2 つの仮説を保持しなければならない。一方、実験 1 において顕示的情報になり得るものは、教示として与えられた条件文および刺激として与えられた伝票の片面の情報である。まず、教示文の効果についてのみ考えてみよう。教示文からは、「1 万円以上の金額 (x)」と「郡司先生のサイン (y)」が、顕示的な情報として直接得られる。したがって、顕示的情報に支持される心的仮説は、$\{\mathcal{A}_{x\phi}, \mathcal{A}_{\phi\bar{y}}\}$ のうち、$\mathcal{A}_{x\phi}$ ということになる。すなわち、「1 万円以上の伝票の中に誤りがある」可能性があるというわけだ。そこで、被験者は「3 万円の伝票」を選択し、Wason 選択課題のタスクを修了する。

一方、(8b) の論理変形を行った被験者は、同時仮説として $\{\mathcal{A}_{x\phi}, \mathcal{A}_{\phi\bar{y}}\}$ と $\{\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}, \mathcal{A}_{\phi y}\}$ の 2 種類を持つことになる。[10] この 2 種類の同時仮説において、教示文における顕示的情報の支持を得るものは、各々 $\mathcal{A}_{x\phi}$ と $\mathcal{A}_{\phi y}$ である。その結果、被験者は「3 万円の伝票」と「サインが郡司先生の伝票」を選択することになり、条件法的解釈としては誤り、双条件法的解釈としては不完全な解答になってしまう。なお、仮説として排他的選言 (10a) の論理変形を辿った場合は、 $\{\mathcal{A}_{x\phi}, \mathcal{A}_{\phi\bar{y}}\}$ の仮説検証から始めた被験者は、条件法解釈と同じく「3 万円の伝票」を選択し、その時点でタスクそのものを終了する。したがって、(8a) の仮説検索と同じ結果になり、条件法／双条件法いずれの観点からも不完全な解答となる。一方、$\{\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}, \mathcal{A}_{\phi y}\}$ の仮説検証から始めた被験者は、「サインが郡司先生の伝票」のみを選択することになり、完全に不正解である。実験 1 ～ 3 において、伝票 (c) のみを選択した被験者はほとんど観察されないことから (実験 1 において、一人いただけである)、仮説形成において、排他的選言の形で論理変形を行うことはないといってよいだろう。これは、排他的選言を用いた場合、仮説はどちらにせよ一つしか得られないため、条件法的解釈 (8a) の変形を行ったほうが、コストの点で有利であることが要因と思われる。問題解決にコストをかけたくない被験者は、仮説の数が増える双条件法的変形 (8b) を選択するより、条件法的変形 (8a) を選ぶであろう。

4.6 顕示的情報の影響

論理変形 (8a) ／ (8b) の選択や、仮説保持の限界については、被験者のタスクにかけるコスト以外に、環境における顕示的情報の性質も絡む。例えば、実験 1 では、刺激から得られる情報として「3 万円の伝票」、「8 千円の伝票」、「郡司先生のサイン」、「松田先生のサイン」の 4 種類が存在する。この「郡司—松田」の対立が、もともと教示において顕示的情報であった「郡司」の情報量をより強くさせる効果を持つ。こうした効果は、条件法的な論理変形 (8a) よりも、双条件法的な変形である (8b) の選択を促進させる可能

[10] $\{\mathcal{A}_{x\phi}, \mathcal{A}_{\phi\bar{y}}\}$ と $\{\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}, \mathcal{A}_{\phi y}\}$ は、互いに選言で繋がれているため、「同時」に検証する必要がない点に注意されたい。

性が十分に考えられる。

こうした環境の影響は、実験 2, 5 ではより顕著になる。これらの刺激では、ある伝票に「サインがない」ため、後件 y/¬y の対立が際立つ。その結果、指示物レベルのみならず、後件の命題レベルでの情報量を増大させる。例えば、実験 2 における教示は実験 1 と同一のものであるから、前述したように、$\mathcal{A}_{x\phi}$ あるいは $\mathcal{A}_{\phi y}$ という仮説が心的に強くなっており、$\mathcal{A}_{\bar{x}\phi}$ $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$ という仮説はアクセスしにくい状態にある。この時、「サインがない」という刺激が出現すると、¬y は新情報として機能し、$\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$ という仮説を支持する関連性を持った情報となる。こうして、この「サインがない」という刺激は、教示における x の顕示性とも相まって、$\{\mathcal{A}_{x\phi}, \mathcal{A}_{\phi\bar{y}}\}$ という同時仮説の複数保持を促進する効果を持つ。一方、¬y の顕示性は相対的に教示文における y の顕示性の効力を弱めるため、双条件法的な変形 (8b) における仮説 $\mathcal{A}_{\phi y}$ の選択が行われにくくなる。したがって、実験 2 においては、条件法的変形を行った被験者であろうと、双条件法的変形を行った被験者であろうと、$\{\mathcal{A}_{x\phi}, \mathcal{A}_{\phi\bar{y}}\}$ という同時仮説の探索のみを行う確率が増え、その結果、実験 1 に比べ、実験 2 の正答率は (見かけ上) 飛躍的に上昇する。

一方、同様の「サインがない」伝票を刺激に持つ実験 5 では、これが異なった効果として現れる。実験 5 においては、教示文が与えられた時点で、条件的変形 (9a) であっても、双条件的変形 (9b) であっても、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ という仮説は心的に生成されている。したがって、後件 y ／¬y の対立のうち、¬y はどちらの変形に対しても、同じ効力を持つ。しかし、y の支持し得る仮説は、双条件法的変形 (9b) にしか存在しない。こうして、実験 2 とは異なり、実験 5 においては、「サインがない」伝票が、双条件法的解釈を促進する効果として働くのである。

外界における顕示的情報が論理変形の選択に影響を及ぼすということは、仮説保持の制約 (11) と共に、仮説生成に関する以下のような制約も存在すると考えられる。

(12) 仮説生成の制約：

a. 生成する仮説が複数あってはならない。

b. より多くの情報が関与する仮説を生成しなければならない。

方略 (11) があるタイプの被験者が取る一時的な方略であるのに対し、制約 (12) は一般的に存在する認知的制約である。(12a) は仮説のコストに関する制約、(12b) は仮説の信頼性に関する制約といってもよい。状況により、(12a) と (12b) は競合する制約になってしまう。例えば、実験 1 においては、(12a) に従うと条件法的変形 (8a) のほうが良い仮説生成となり、(12b) に従うと、教示の顕示的情報 x, y を満たす双条件法的変形 (8b) のほうが良い仮説生成となる。普通は (12b)≫(12a) が成立するであろうが、問題解決の制限時間や顕示的情報の強さによって、(12a) が優先される事態も考えられる。

最後に実験 3 について述べておこう。この実験は、実験 2 と同様、反例が外界に明示的に示されている実験であるが、その情報の顕示性が言語処理過程に影響されている点に特徴がある。まず、実験 3 の刺激は実験 1 と同一であるため、特に顕示的情報は存在

しない。一方、教示においては、「一万円以上の伝票」という顕示的情報と、「郡司先生以外のサイン」という顕示的情報が存在する。問題は、後者の「郡司先生以外」という表現である。郡司 (2000) で述べられているように、日本語の名詞句のタイプはある一つのものに固定されているわけではない。固有名詞の場合は基本的にタイプ e と考えられるが、Mizuno (2003) は、「太郎以外の (人)」といった句になった場合、タイプ e 以外に $<e,t>$ にタイプシフトを起こす必要があると述べている。このタイプシフトが強制されているか否かにより、「郡司先生以外」という情報は ¬y として顕示性的情報になる場合と、顕示性を持たない場合があり得る。実験3における ¬y の伝票の選択率が、実験1よりも高いが、実験2よりも低くなる理由は、こうした言語理解の曖昧性に基づくと考えてよいだろう。[11]

4.7 推論課題における定性的性質のまとめ

本節の議論から、推論課題における論理的構造および定性的性質は、次のようにまとめられる。

(13) a. Wason 選択課題のような推論を必要とする事態において、人間は必ずしも演繹推論そのものを行うとは限らない。

b. 命題レベルの推論課題を、恒等的な論理変形により、トークンレベルの反例探索課題として解決することができる。

c. 問題解決における仮説保持の方略および仮説生成における認知的制約は、推論問題を解決する上での認知効果のコストの一種である。

d. したがって、関連性の原理により、これらの方略・制約に基づいて、関連性を持つ情報の範囲が決定される。

e. 推論におけるエラーは、この関連性を持つ情報の範囲、すなわち認知環境における探索範囲の制限によってもたらされる。

f. 論理変形を行う際の変形選択 (条件法的解釈か双条件法的解釈か) も、認知効果のコストに左右される。

仮説保持方略および仮説生成制約が認知効果のコストに与える影響を明確にするため、各実験事態における顕示的情報の関与を表 10 に示しておく。“⇐” は、方略 (11) や制約 (12) により、選択されやすくなっている仮説を、“*” は制約 (12) の違反度を示す。

以上、推論課題の擬似解決に関わる仮説保持および顕示的情報という性質について、二値的な命題論理に基づいた考察を行った。本節での議論は、仮説を保持するか否か、顕示的情報が存在するか否かという二項対立に基づくものであるため、二値論理の形での形式化で問題ない。しかし、Wason 選択課題におけるフレーム問題には、もう一つ重要

[11] Sperber et al. (1995) も、反例概念の語彙化が正答率を増加させることを報告している。

表 10: 各実験における顕示的情報

	顕示的情報	方略 (11) による反例の仮説生成	制約 (12b)	(12a)	仮説に基づく伝票選択	
実験 1 (→)	x,y	$\mathcal{A}_{x\phi}$	*		(3a)	
(↔)	x,y	$\mathcal{A}_{x\phi}$, $\mathcal{A}_{\phi y}$		*	(3a), (3c)	⇐
実験 2 (→)	x,¬y,(y)	$\mathcal{A}_{x\phi}$, $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$		*	(4a), (4d)	⇐
(↔)	x,¬y,(y)	$\mathcal{A}_{x\phi}$, $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$, ($\mathcal{A}_{\phi y}$)		*(*)	(4a), (4d), ((4c))	
実験 3 (→)	x,y	$\mathcal{A}_{x\phi}$	*		(5a)	
	x,¬y	$\mathcal{A}_{x\phi}$, $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$		*	(5a), (5d)	⇐
(↔)	x,y	$\mathcal{A}_{x\phi}$, $\mathcal{A}_{\phi y}$		*	(5a), (5c)	⇐
	x,¬y	$\mathcal{A}_{x\phi}$, $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$		*	(5a), (5d)	⇐
実験 4 (→)	x,y	$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$	*		(6c)	⇐
(↔)	x,y	$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$, $\mathcal{A}_{\bar{x}y}$	**	*	(6c), (6b)	
実験 5 (→)	x,¬y, (y)	$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$	*		(7c)	
(↔)	x,¬y, (y)	$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$, $\mathcal{A}_{\bar{x}y}$		*	(7c), (7b)	⇐

な要因が関わっている。それは、認知主体が持つ想定 (顕在的事実) の強さに関するものである。

想定の確信度は、言語表現、一般常識、対象となる顕示的事実の種類など、様々な要因の影響を受ける。例えば、「テストの点数が 100 点だったら、ごほうびをあげます」という表現から多くの人の持つ想定は、「100 点が取れなければ、ごほうびはもらえない」というものだろう。しかし、「松蔭生がバイトに応募してきたら、女性スタッフを採用できる」という表現の場合では、バイトに応募してきた学生が神大生であったとしても、女性スタッフの採用ができないと判断が即座になされることはない。関連する想定の起こり易さや探索すべきフレーム設定の広さには、状況が大きく影響するのである。

こうした認知主体の内部における想定の行いやすさという心理状態は、連続量の性質を持つため、二値論理での表現は必ずしも適切ではない。そこで、本論文の最後の議論として、(13) の定性的性質を保った定量的表現を導入することにしよう。このような定量的性質は、特にファジィ論理のような多値論理の枠組みの中で用いれば、想定の確信度から関連性の計算 (認知効果の計算) までを、一つの枠組みで取り扱えられる可能性がある。また、こうした計算方法は、想定すなわち顕在的事実の相互作用を重視する関連性理論を形式的に表現する一つの手がかりにもなるであろう。

5. 定量的計算

5.1 回帰直線による含意関係の表現

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。

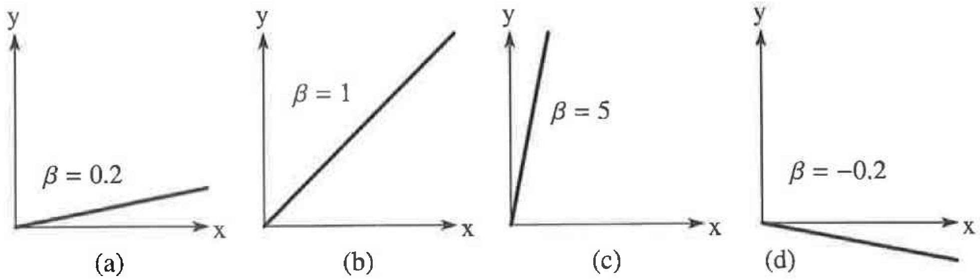

図 1: 回帰係数と要因の関係

この回帰直線の性質を条件文 x→y に合わせて考えてみよう。回帰係数が 0 であれば、y は x の状態に関わらず一定となる (図 1 の場合だと、回帰係数が 0 ならば y は常に 0 となり、要因 y は生起しない)。すなわち、回帰係数が 0 ということの意味は、x→y という含意関係が成立しない (偽になる) と解釈できる。回帰係数が 0 より大きくなるにしたがって、程度の差こそあれ、x→y が成立することを意味し、回帰係数が 1 になると、同値関係 x↔y が成立する。図 1-b から分かる通り、$\beta = 1$ の状態では要因 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 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。[12]

こうして、x が正の値を取る場合を考えると、x→y が偽になる条件、徐々に関係が強くなっていく条件、x↔y が成立する条件、また y→x, x→¬y, y→¬x の関係が各々連続的に変化する条件という、x が真である時の条件関係全てを定量的に表現できていることが分かる。要因 x の否定は、x 軸のマイナス方向を考えればよい。したがって、回帰係

[12]回帰係数 ±1 が x↔y の一つの限界点になっている点については、p. 116 における $\mathcal{A}_{x\to y}$ の値に関する議論も参照のこと。

数の値と x の値域の設定により、要因 x と y の間に成立する条件関係の全てが表現可能である。このように、回帰係数は条件文の定量的表現として妥当な指標であるといってよいだろう。

5.2 含意の想定における確信度の計算

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。まず、要因 x, y が存在する時の全認知環境を、表 7 を少し変更した形で再度示しておく。

表 11: 構成可能な全認知環境

		サイン (Y)		
		y	¬y	合計
金額 (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

$\{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\}$ は各事象が共起するであろうという想定の相対的確信度であり、$\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1$ が成り立つ。各想定の値は 0 ～ 1 までの正の値となる (値が 0 の場合には、その想定が偽であることを確信していいることを意味する)。また、タイプレベル事象 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 $\mathcal{A}_{xy}$, $\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ との間には $\mathcal{A}_{x}=\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ 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。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。

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

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

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、

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

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

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 $\mathcal{A}_{x\to y}$ の確信度は次のように求められる。

(14)
$$
\begin{aligned}
\mathcal{A}_{x\to y} &= \frac{Cov(X,Y)}{V(X)} && \text{式 (14.1)} \\
&= \frac{\mathcal{A}_{xy}\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}} - \mathcal{A}_{x\bar{y}}\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}})\,(\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}})} && \text{式 (14.2)} \\
&= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} && \text{式 (14.3)} \\
&= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{x}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}}} && \text{式 (14.4)}
\end{aligned}
$$

(14) から、$\mathcal{A}_{x\to y}$ の値に関して、いくつかの示唆が得られる。まず、$\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}\neq 0$, $\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq 0$ の条件下で、$0 \leqq \{\mathcal{A}_{xy}, \mathcal{A}_{x\bar{y}}, \mathcal{A}_{\bar{x}y}, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\} \leqq 1$ より、$0 \leqq \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} \leqq 1$、$0 \leqq \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} \leqq 1$ が成り立つ。したがって、$-1 \leqq \mathcal{A}_{x\to y} \leqq 1$ が成立する。$\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ (前件の想定が偽: $\mathcal{A}_{x}=0$)[13] の時は $\mathcal{A}_{x\to y} = +\infty$、同様に $\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=0$ (後件の想定が偽: $\mathcal{A}_{\bar{x}}=0$) の時は $\mathcal{A}_{x\to y} = -\infty$ である。

他の条件文における想定確信度も同様の方法で求めることができる。例えば、y→x の想定 $\mathcal{A}_{yx}$ は、

(15)
$$
\begin{aligned}
V(Y) &= E(Y^2) - (E(Y))^2 \\
&= (\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y})-(\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y})^2 \\
&= (\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y})\,(\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}})
\end{aligned}
$$

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

[13] この時 $\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=1$ より $\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq 0$

となる。また、x→¬y の場合は、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 $Y = 0$, ¬y に確率変数 $Y = 1$ を当てはめ、あとは $\mathcal{A}_{x\to y}$ の計算と同じ過程を辿って、

(16) $$\mathcal{A}_{x\to\bar{y}} = \frac{\mathcal{A}_{x\bar{y}}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$$

を得る。ここで (14.3) 式と (16) 式に注目されたい。この両者を足し合わせると、

$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{x\to y}+\mathcal{A}_{x\to\bar{y}} &= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} + \frac{\mathcal{A}_{x\bar{y}}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}\\ &= 1-1\\ &= 0\end{aligned}$$

が常に成立する。すなわち、$\mathcal{A}_{x\to y}$ と $\mathcal{A}_{x\to\bar{y}}$ は想定においても排反関係にあり、$\mathcal{A}_{x\to y}= -\mathcal{A}_{x\to\bar{y}}$ である。換言するなら、$\mathcal{A}_{x\to y}$ がマイナスの値になるということは、$\mathcal{A}_{x\to\bar{y}}$ がプラスの値になることと等価であり、$\mathcal{A}_{x\to y}$ のマイナス値は条件件 x→y に対する「誤り」の確信度といえる。このことから、$\mathcal{A}_{x\to y}$ の取り得る範囲 $-1 \leqq \mathcal{A}_{x\to y} \leqq 1$ および $+\infty, -\infty$ の中で、「正しい」という確信は $0 < \mathcal{A}_{x\to y}$ の範囲に限定できる。

一方、(14) と (15) において、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ と $\mathcal{A}_{\bar{x}y}$ が共に 0 であるならば、$\mathcal{A}_{x\to y}=\mathcal{A}_{y\to x}=1$ が常に成立する。逆にいうなら、想定 $\mathcal{A}_{xy}$ および $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ に関してのみ真であるという確信が持てた場合に、$\mathcal{A}_{x\to y}, \mathcal{A}_{y\to x}$ は共に 1 になる。したがって、$\mathcal{A}_{x\to y}=\mathcal{A}_{y\to x}=1$ は同値に対する確信 $\mathcal{A}_{x\leftrightarrow y}$ に等しい。なお、$\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ と $\mathcal{A}_{\bar{x}y}$ が共に 0 の時、(16) の想定 $\mathcal{A}_{x\bar{y}}$ が -1 の値を取ることは言うまでもない (ただし、$\mathcal{A}_{xy}\neq 0, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq 0$ の時のみ)。また、このことから、前件あるいは後件の想定が完全に偽である時以外において常に成立する $-1 \leqq \mathcal{A}_{x\to y} \leqq 1$ という範囲は、$\mathcal{A}_{x\leftrightarrow\bar{y}} \leqq \mathcal{A}_{x\to\bar{y}} \leqq 0 \leqq \mathcal{A}_{x\to y} \leqq \mathcal{A}_{x\leftrightarrow y}$ と言い換えることもできる。すなわち、x が真であるという場合の条件文が全て表現され、かつ連続的な関係を構成しているのである。[14]

以上の議論をまとめると、回帰係数による想定の確信度の計算は、次のような性質を持つ。

(17) a. 顕示的情報 x→y の想定 $\mathcal{A}_{x\to y}$ は、x と y に確率変数 1 を割り当てた時の、Y の X に対する回帰係数として表現できる。

b. 否定を含んだ条件の想定は、¬x, ¬y に各々確率変数 1 を割り当てることで計算できる。

c. $0 < \mathcal{A}_{x\to y}$ は、条件文 x→y は真であると、程度の差こそあれ確信している心理状態である。一方、$\mathcal{A}_{xy} = 0$ は条件文 x→y が偽であると確信している心理状態である。

[14] $1 < \mathcal{A}_{x\to y} < \infty$, $-\infty < \mathcal{A}_{x\to y} < -1$ がありえない点にも注意されたい。p. 113 で述べた通り，この範囲は $\mathcal{A}_{y\to x}, \mathcal{A}_{\bar{y}\to x}$ の確信度、すなわち y が前件になる条件文の領域である。

d. $\mathcal{A}_{x\to y}$ がマイナス値の場合は、$\mathcal{A}_{x\to\bar{y}}$ に対して同程度の正しさを確信している心理状態と等価である ($\mathcal{A}_{x\to y}+\mathcal{A}_{x\to\bar{y}}=0$、すなわち排中律が常に成立する)。

e. $\mathcal{A}_{x\to y}=1$ ならば $\mathcal{A}_{y\to x}=1, \mathcal{A}_{\bar{x}\to\bar{y}}=1, \mathcal{A}_{\bar{y}\to\bar{x}}=1$ も成立し、いわゆる同値条件の想定 $\mathcal{A}_{x\leftrightarrow y}$ を持っている心理状態である。

5.3 Wason 選択課題の定量的計算

(14), (15), (17) の性質から、Wason 選択課題の心理過程を、定量的な計算として捉え直してみよう。正しい推論は、$\mathcal{A}_x, \mathcal{A}_y$ の値において、想定 $\mathcal{A}_{x\to y}$ が常に偽 ($\mathcal{A}_{x\to y}=0$) になる条件を排除することに帰着される。[15] 今、$\mathcal{A}_x\neq 0$ (前件が真), $\mathcal{A}_y=0$ (後件が偽) が成立する条件 — すなわち、$\mathcal{A}_{xy}=0, \mathcal{A}_{\bar{x}y}=0, \mathcal{A}_{x\bar{y}}\neq 0$ — において、$\mathcal{A}_{x\to y}=0$ が常に成り立つ。したがって、前件が真である伝票および後件が偽である伝票を調べ、想定 $\mathcal{A}_{x\to y}=0$ が成立しないことを確認する必要があることが分かる。ここで重要なことは、正しい推論を行うための仮説 $\mathcal{A}_x\neq 0, \mathcal{A}_y=0$ がいずれもタイプのレベルに属するという点である。

一方、13 節で見たとおり、Wason 選択課題をトークンレベルでの反例一致課題として解く時には、情報の顕示性に影響を受けたフレーム問題が関わってくる。まず、実験 1 において、条件法的解釈を行う被験者の計算過程は次のようなものである。

(18) 実験 1 の顕示的情報は x, y であるため、これらの関与しない想定 $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ について、妥当性の高い $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq 0$ という前提を置き、探索範囲から外す。[16] この前提より、$0<\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}<1$ が成立するため、(14.3) 式より、$\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}=1$ であれば、$\mathcal{A}_{x\to y}>0$ が常に成立する。したがって、$\mathcal{A}_{xy}\neq 0, \mathcal{A}_{x\bar{y}}=0$ を確認するため、仮説生成 (12) の制約に基づき、最もコストの低い方法として、想定 $\mathcal{A}_{x\phi}$ を仮説として選択する。

この計算過程では、方略 (11) が確率変数および想定の数値という形で、計算の中に埋めこまれている点に特徴がある。しかし、定性的には表 10 で見た仮説生成の過程と全く同一のものといってよい。もちろん論理的には、この計算過程は正しくない。実際には $\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}=0$ の条件も検証する必要があるし、仮説生成にしてもこれだけでは不十分である。しかし、これ以上に解の探索を行うと、コストが掛かりすぎ、関連性の原理に違反するのである。この探索範囲の問題については、次節でさらに詳しく見る。なお、双条件法的解釈をする被験者は、(14.3) 式において、$\mathcal{A}_{x\to y}=\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}-\dfrac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}=1$ を満たすため、$\{\mathcal{A}_{xy}\neq 0, \mathcal{A}_{x\bar{y}}=0, \mathcal{A}_{\bar{x}y}=0\}$ の確認を行う必要がある。したがって、最もコストの掛らない仮説として、$\mathcal{A}_{x\phi}$ および $\mathcal{A}_{\phi y}$ を生成する。[17]

一方、反例が顕示的情報として与えられている実験事態においては、$\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq 0$ も認知環境の中に関連性の高い想定として取り込まれ、探索対象と見なされるようになる。した

[15] $\mathcal{A}_{\bar{x}}$ の値は $\mathcal{A}_x$ の値に、$\mathcal{A}_{\bar{y}}$ の値は $\mathcal{A}_y$ の値に依存して決定されることに注意されたい。

[16] 実際、x でなく y でもない世界は、その他の世界 — すなわち x であり y である世界や、x でなく y である世界、x であり y でない世界 — よりもはるかに広いことが普通であるため、この前提は心理的に蓋然性がある。

[17] あるいは、$\mathcal{A}_{x\to y}$ の計算を行った後 (この時の仮説は $\mathcal{A}_{x\phi}$)、(15) の $\mathcal{A}_{y\to x}$ についても (18) と同様の計算を行い、$\dfrac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{\bar{x}y}}=1$ を満たす条件 $\{\mathcal{A}_{xy}\neq 0, \mathcal{A}_{\bar{x}y}=0\}$ を確認するための最小コストの仮説 $\mathcal{A}_{\phi y}$ を生成してもよい。

がって、$\{\mathcal{A}_{xy}\neq 0, \mathcal{A}_{x\bar{y}}=0, \mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}\neq 0\}$ を最も効率よく確認するために、想定 $\mathcal{A}_{x\phi}$ および $\mathcal{A}_{\phi\bar{y}}$ が仮説として選択される。この結果、見かけ上正しい答をする被験者が増加する。[18]

5.4 回帰係数の持つ他の意味合い

回帰係数による含意計算は、他にもいくつか興味深い性質を持っている。例えば、(14.3) 式において、$\frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}}$ の部分は、分母が前件が真である想定の和 (すなわち $\mathcal{A}_x$)、分子が前件が真でありかつ後件が真となる想定である。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。(14.3) 式の残りの部分も同様で、$\frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}$ 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 $P(b|a)$ とするなら、$\mathcal{A}_{x\to y}$ は

(19)
$$\begin{aligned}\mathcal{A}_{x\to y} &= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} \\ &= P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})\end{aligned}$$

と表現できる。換言するなら、想定 $\mathcal{A}_{x\to y}$ 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。したがって、条件文の想定確信度の計算は、認知的関連性に関する計算の一種であるということもできる。(18) において、$\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}$ の値をちゃんと設定しない理由—すなわち $\mathcal{A}_{x\to y}$ の引き算をきちんと計算しない理由は、この部分が $P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})$ という「前件が偽」である場合の条件付き確率を計算する箇所だからなのである。この部分を計算する処理努力 (processing effort) を行うと、その分コストが掛かり、情報の関連性の低下につながる。すなわち、(18) の方略は、関連性の認知原理から導出されるものなのである。

次に、(19) を情報理論の立場から考えてみよう。情報理論では、ある情報 x の持つ価値の指標として、$\log_2 x$ という式がよく用いられる。この式から、$P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x)$, $P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})$ の情報価は、$\log_2 P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x)$, $\log_2 P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})$ となる。両者を引き算すると、$\log_2 P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x) - \log_2 P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}}) = \log_2 \frac{P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_x)}{P(\mathcal{A}_y|\mathcal{A}_{\bar{x}})}$ を得る。この式は、Evans (Evans & Over, 1996) が「認識効用」として Wason 選択課題の診断性にも用いているものである。[19] この式において、ある仮説が真か偽かによって生起確率が異なるようなデータほど認識効率が高く、仮説としての信頼度が高いということがいえる。本稿では、含意の想定計算として、情報理論を直接使うことはしないが、両者の間には密接な関係がある。[20]

[18]こうした各想定の default での強さは、先に述べた「テストとごほうび」と「大学生とスタッフの採用」の違いにも大きく影響する要因である。松井 (2002) を参照のこと。

[19]彼らの定義式は、この対数の値を絶対値に直している。これにより、認識効用は常に 0 以上の値を取ることになる。なお、Evans and Over (1996) および 山 (2002) に、Wason 選択課題のバイアスを説明するために、これまでに提案されてきた種々の数量的指標に関するすぐれた紹介がある。

[20]Shanon–Wiener に従った不確実性度との関係については 松井 (2002) を参照のこと。

(19) の性質は、他の推論命題との関係を見る上でも興味深い。今、(14.3) において、各数値が特異点を取っていない場合、次のような変形が可能である。

$$
\begin{aligned}
\mathcal{A}_{x\to y} &= \frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} \\
&= \left(\frac{\mathcal{A}_{xy}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} - 1\right) - \left(\frac{\mathcal{A}_{\bar{x}y}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} - 1\right) \\
&= \frac{\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}}{\mathcal{A}_{\bar{x}y}+\mathcal{A}_{\bar{x}\bar{y}}} - \frac{\mathcal{A}_{x\bar{y}}}{\mathcal{A}_{xy}+\mathcal{A}_{x\bar{y}}} \\
&= P(\mathcal{A}_{\bar{y}}|\mathcal{A}_{\bar{x}}) - P(\mathcal{A}_{\bar{y}}|\mathcal{A}_{x}) \\
&= \mathcal{A}_{\bar{x}\to\bar{y}}
\end{aligned}
$$

これは、x→y が真である場合 (特異点を持たない場合)、その確信度 $\mathcal{A}_{x\to y}$ が増加すると、¬x→¬y の確信度も同じ割合で上昇することを意味する。論理的には正しくない想定であるが、人間の言語理解においては誘導推論のひとつとしてよく観察される性質でもある。

なお、本稿で提案した条件文の計算法は、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。ファジィ論理における推論計算には、これまでに以下のような方法が提案されている。

$$
\begin{aligned}
&a \xrightarrow{M} b = a \wedge b = \min(a, b) \\
&a \xrightarrow{K} b = 1 - a \vee b = \max(1 - a, b) \\
&a \xrightarrow{L} b = \min(1, 1 - a + b)
\end{aligned}
$$

こうした指標は、課題によっては適切な計算法であるが、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。その一つの要因として、自然言語の条件文には、連言や選言にはない関係性の問題が挙げられる。含意や選言の場合は、メンバーシップ関数値が 0 であれば、そのような概念関係は起こらず、正の実数値であれば、程度の違いはあれ、連言や選言で結びつけられる概念関係が生起すると考えてよい。しかし、条件関係の場合は、これだけでは足りない。確かに、メンバーシップ関数値が 0 であれば、条件に関する概念関係が「生起しない」と考えられる。しかし、条件関係においては、概念関係が生起する場合、「正の関係」で生起するのか (前件が生起すれば、後件も生起しやすい)、「負の関係」で生起するのか (前件が生起すれば、それに伴い後件は生起しにくくなる) の違いを分けて考える必要がある。「負の関係」は条件文を否定に直すことにより、「正の関係」に捉えなおすことができるのだが、自然言語の場合、否定が制御できるのは新情報のみであるため、こうした式の置換を常に行うことは難しい。本稿の方法では、負の値が得られた場合には、直接逆の関係に変換することが可能であり、この問題を克服することができる。

6. 総合論議

Evans は、人間の推理過程を heuristic-analytic process という二重過程を持つシステムとして捉えている (Evans, 1989)。heuristic 過程は直感的で意識されない潜在的なもので、ある情報が現在の処理目的と関連があるか否かを判断する過程である。一方、analytic 過程は、関連があると判断された表象を意識的に操作する明示的な処理過程であるとされる。Evans は、彼自身の提案したマッチングバイアスは、heuristic 過程に存在ので、そこに関連性理論の原理が関わっていると考えている。本稿で論じた仮説生成の方略や条件付き確率に基づく認知環境の制限なども、認知主体が意識的にコントロールするものではないことから、heuristic 過程の性質の一つと考えられる (一方、推論の論理変換は analytic 過程に属するものであろう)。こうして見ると、関連性の認知原理は、人間の無意識的な処理過程における特性の一つであると言えるのかもしれない。

以上、本稿では Wason 選択課題を例に取り、人間の行う推論過程の様相について、関連性理論の立場から議論を行った。内容をまとめると以下のようになる。

(20) a. 推論を必要とする事態において、人間は必ずしも論理に基づいた演繹推論を行うとは限らない。

b. 恒等的な論理変形により、タイプレベルでの推論を、トークンレベルの反例探索課題として解決することができる。

c. 擬似問題解決の方略および仮説生成における認知的制約は、推論問題を解決する上での認知効果のコストの一種である。したがって、これらの方略・制約により、関連性を持つ情報の範囲が決定される。

d. 推論におけるエラーは、この関連性を持つ情報の範囲—認知環境における探索範囲—の制限によってもたらされる。

e. 問題解決過程において、関連性の効果により探索範囲が限定され、結果的にフレーム問題にひっかかることがある。逆に、これは関連性計算の心的実在性を示すものと考えられる。

f. 推論課題の定性的性質を定量的に解く方法として、回帰係数を条件文の想定確信度として使うことができる。これもまた認知的関連性の一種と見なしてよい。

Wason 選択課題や日常言語の推論には、他に様相の絡んだ問題や常識推論の問題など、幅広い要因が影響を与えている。これらの問題のいくつかは、想定の確信度や認知環境の生成という点から定性的にも定量的にも扱える可能性がある。また、真理値における「偽になる可能性がある」という蓋然性などの問題も興味深いものである。さらに、本稿で提案した概念が、自然言語の振る舞いにどこまで通用するのかという点も検討する必要がある。これらの問題に関しては、また稿を改めて議論してみたい。

参考文献

Evans, J. S. B. T. (1989). *Bias in human reasoning: Causes and consequence.* Hove, UK: Lawrence Erlbaum. 中島実 訳 (1996). 『思考情報処理のバイアス』. 信山社出版.

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

Evans, J. S. B. T. & Over, D. E. (1996). *Rationality and Reasoning*. Psychology Press. 山祐嗣 訳 (2000). 『合理性と推理—人間は合理的な 思考が可能か』. ナカニシヤ出版.

郡司隆男 (2000). 「日本語の名詞句に関するメモ」. *Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin*, **3**, 1–25.

Mandler, J. M. (1983). Structural invariants in development. In Liben, L. S. (Ed.), *Piaget and the Foundation of Knowledge*. Erlbaum.

松井理直 (2002). 「事前想定の強さが推論に与える定量的影響」. 『音声文法研究会 資料』, pp. 1–12.

Mizuno, F. (2003). *Semantics of Exception.* M. A. thesis, Kobe Shoin Women's University.

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.

上野直樹 (1982). 「視点と理解」. 『サイコロジー』, **24**, 30–37.

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

山祐嗣 (2002). 「直説法的 Wason 選択課題におけるバイアスをどのように説明できるか」. 『認知科学』, **9** (4), 473–486.

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