

## 推論と判断の等確率性仮説： 思考の対称性とその適応的意味

服部 雅史

Many fallacies and biases in human reasoning and judgment have been reported individually, but their relationships have rarely been argued, and we are still far from a unified psychological theory of thinking. In this paper, equiprobability is proposed as a key concept in human thinking from a Bayesian probabilistic perspective. The importance of the equiprobability assumption, together with the rarity assumption and a tendency to seek information, is suggested from the results of our probabilistic approaches to various tasks. These tasks include deduction, induction, and probability judgment, including the Wason selection task, covariation assessment, hypothesis testing, and base-rate neglect. People seem to have a general tendency to assume the equiprobability of any two target events they encounter. Using ideas obtained from studies of inference in animals and in people with schizophrenia, the adaptive implications of symmetrical inference, based on its relationships with the phylogenetic origins of human creativity, language, and social intelligence, are discussed.

Keywords: categorical syllogism (定言的三段論法), conditional inference (条件文推論), Wason selection task (ウェイソン 4 枚カード選択課題), causal induction (因果帰納), Wason 2-4-6 Task (2-4-6 課題), base rate fallacy (基準率錯誤), pseudodiagnosticity (擬診断性), schizophrenia (統合失調症)

### 1. はじめに

命題の逆や対偶について学校で習うとき、「逆は真ならず」(例：正数の 2 乗は正だが、2 乗して正になるのは正数に限らない)と注意される。これが生徒にとって難しいのはなぜだろうか (§3.1, §3.2 に関連話題)。また、「B 型は変わり者」と聞けば、変わり者を見て B 型かと疑うことがあるのに (§3.1)、「コレラだと下痢する」ことを知っていても、下痢だからといってコレラかと疑うことがないのはなぜだろうか (§3.6)。さらには、タミフルが異常行動の原因かどうか明らかにするには、タミフルを服用した人の何 % が異常行動を起こすかが問題であるはずなのに、厚生労働省の研究班が「異常行動を起

こした患者の 6 割がタミフルを服用していた」という調査結果を問題にする<sup>1)</sup>ことは妥当なのであろうか (§3.4)。本研究で展望する研究は、このような疑問に答えようとするものである。また、本研究では、これらの問題が、ある特定の認知特性によってつながっていることを主張する。

比較的簡単な論理課題や確率判断課題において、大学生をはじめとする多くの人々が「ひっかかり」、間違える。このようなさまざまな課題やその変形版を用いて、実験心理学や認知心理学では、これまでに膨大な量の実験が実施され、数多くの理論が提唱されてきた。しかし、人間の思考過程を統合的に説明する理論は、今のところまだない。そのような大理論が一朝一夕に構築されることはないが、人間の思考過程に共通する特性を見つけようとする努力は、そのような方向に向かう小さな一歩となり得るだろう。そこで、本研究ではまず、これまでにわれ

The Equiprobability Hypothesis of Reasoning and Judgment: Symmetry in Thinking and its Adaptive Implications, by Masasi Hattori (Ritsumeikan University).

1) 読売新聞 YOMIURI ONLINE 2007.12.17 21:34 より。

表 1 実質含意 ( $p \rightarrow q$ ) と実質等値 ( $p \leftrightarrow q$ ) の真理値表 (真理関数的定義)

| $p$ | $q$ | $p \rightarrow q$ | $p \leftrightarrow q$ |
|-----|-----|-------------------|-----------------------|
| 真   | 真   | 真                 | 真                     |
| 真   | 偽   | 偽                 | 偽                     |
| 偽   | 真   | 真                 | 偽                     |
| 偽   | 偽   | 真                 | 真                     |

われが行ってきた研究を中心に、推論と判断に関する確率的アプローチによる研究成果を展望する。次に、それらの成果を統合的に捉え直すことにより、人間の思考過程における対称性という特性の重要性を指摘し、他の認知機能との関わりや適応的意義などについて考察する。

## 2. 思考の対称性と等確率性：本論文の概要

2つのことがらの関係について考える際、論理学を基盤に考える方法は、従来しばしば取られてきた。古典論理学では、各命題に2値の真偽値が割り当てられ、2項関係も真偽値によって規定される。2項それぞれが2値を取るのので、真偽値の組み合わせは4通りである。表1には、論理学の「ならば」に相当する実質含意 (material implication) の真理値表を示す。たとえば、「病気 ( $p$ ) ならば検査で陽性になる ( $q$ )」という命題は、病気なのに陽性にならない場合 ( $p$  が真で  $q$  が偽) のみ偽となる。2項関係のこのような定義を真理関数的定義という。

条件文の真理関数的解釈は、実際のわれわれの条件文の解釈に合わない部分が多い<sup>2)</sup>。たとえば、真理関数的定義では前件 ( $p$ ) と後件 ( $q$ ) は形式上可換ではないので、条件文の逆が真であると思ってしまう傾向を説明できない。そこで、実質含意が実質等値 (material equivalence; 表1 参照) と解釈される傾向があると仮定されることがある。すなわち、条件文「病気ならば陽性」が、双条件文「病気ならば陽性であり、陽性ならば病気である」のように解釈される (双条件解釈) 傾向があるとされる。

われわれは、この考えを確率的に拡張し (Hattori, 2002)、等確率性仮定 (equiprobability assumption) と呼んだ (Hattori & Oaksford, 2007)。この仮定は、2つのターゲット事象間の関係が問題になるときのわれわれのデフォルトの表象は、図1 (右) のようになっているとするものである。すなわち、課題が抽象的であったり既有知識が有効に使

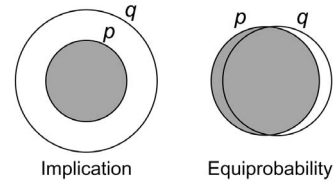


図 1 任意の2事象が含意関係 (左) にある場合と等確率関係 (右) にある場合。

えない状況では、関係が問題となる2事象の集合サイズがほぼ等しいと仮定される強い傾向があり、その結果、両者に「関係がある」と認識されるときは、2事象がほぼオーバーラップする表象が形成されるとするものである。この表象は、実質等値のような2事象間の論理的な関係 (図1の左のトポロジカルな関係) とは質的に異なるものであり、より多くの情報を有するものである。なお、ここでいう事象間の関係としては、特に、因果・相関関係や含意関係など、将来の予測や事態の理解、環境の制御につながる関係が想定される。

重要な点は、この考えの導入によって多くの推論・判断の課題の実験結果が説明できるだけでなく、これまで知られていなかった各課題のつながりが明らかになることである。以下で詳しく見るように、さまざまな課題のパフォーマンスには、等確率性以外に、稀少性と情報を求める傾向も大きく関係している。稀少性仮定 (Oaksford & Chater, 1994) とは、ターゲットとなる事象のデフォルト集合サイズは小さいとする仮定であり、情報を求める傾向と強く結びついていると考えられる。稀少な事象に関する情報は情報量が多いからである。同様に、等確率性も情報量と関係がある。あるカテゴリーの情報が、別のカテゴリーについてもたらす情報量は、2つのカテゴリー・サイズが類似しているほど多くなるからである。

等確率性と稀少性が獲得情報量の観点から説明できるとすれば、それは思考の基盤に情報量が深く関与していることを意味する。このことは、思考と情報伝達、すなわちコミュニケーションとの密接な関係を示唆している。条件文や因果叙述文を用いた情報の伝達、伝達された情報の推論と解釈、さらに、それらの基盤となるカテゴリー化、これらに必要な認知能力は、コミュニケーションのための知性と深く関係している可能性がある。現実世界においては、

2) 条件文の真理関数的解釈の問題点や、その他の条件文のさまざまな論点については、坂原 (1985) に詳しい。

できるだけ速く、できるだけ正確に、できるだけ多くの情報を得る必要があるが、われわれの認知資源は有限である。よって、できるだけ効率的な情報処理と情報伝達が必須となる。そのような観点から認知特性を評価するとき、等確率性を含む特性は、生態学的にみて極めて適応的な合理性を備えていることがわかる。

なぜ、われわれが等確率性を仮定するか（逆の関係も正しいと思ってしまうか）を考えると、人間以外の動物を用いた推論研究の成果が示唆的である。いわゆるシドマン型パラダイムを用いた研究（e.g., Sidman, 1994, 2008）によって、動物においては逆方向の推論（対称性の成立）が極めて困難であることが一貫して示されてきた（e.g., 山崎, 1999）。人間にとっては至極当然の推論が、動物には極めて困難で、しかも後述のように、対称性は創造性、言語、相互理解やコミュニケーションなどの人間に特有の認知能力と密接に関係している。このことから、対称性という特性の系統発生的な位置づけが示唆される。以上が本稿の主な論点である。

以下では、2つのものごとの関係に関する推論と判断について、われわれが行ってきたベイズ的モデルに基づく研究を中心に、確率論的観点からこれまでの研究成果を展望する。なお、以下では、各研究領域の慣例に倣って用語を使い分ける。文脈に応じて、等確率性（確率モデルの文脈）、対称性（動物との比較、または一般的文脈）、逆（方向の）推論（論理の文脈）、双条件解釈（条件文の文脈）、反転錯誤（条件つき確率の文脈）などの語を使うが、ほぼ同じものを指すと理解されたい。多くの用語が存在することは、取りも直さず、これらの分野における概念が未整理であることを示していると言えるだろう。

### 3. 推論・判断課題の構造・モデル・データ

#### 3.1 定言的三段論法の推論

定言的三段論法（以下、単に三段論法）は、実験心理学の課題としておそらく最も古いものの1つで、後述のウェイソン選択課題を除けば、演繹推論研究の中で最もよく用いられてきた材料であろう。三段論法は2つの前提文と1つの結論からなり、各前提文は、2つの限量子と否定を組み合わせた4種類のいずれかの形式をとる。

(A) 「すべての  $p$  は  $q$  である。」

| 第1格               | 第2格               | 第3格               | 第4格               |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| M-P               | P-M               | M-P               | P-M               |
| $\frac{S-M}{S-P}$ | $\frac{S-M}{S-P}$ | $\frac{M-S}{S-P}$ | $\frac{M-S}{S-P}$ |

図2 定言的三段論法の4つの格。

(I) 「いくらかの  $p$  は  $q$  である。」

(E) 「どの  $p$  も  $q$  でない。」

(O) 「いくらかの  $p$  は  $q$  でない。」

さらに、前提文と結論に現れる命題の位置関係を規定する4つの格（figure）がある（図2）。両方の前提文に、共通の名辞（中名辞 M）が1つだけ含まれる。伝統的なアリストテレスの三段論法では結論部分の主述の入れ替え（第1, 2前提文の交換と等価）を認めないので、格はこの4つであり、前提文と結論にそれぞれ AIEO の形式があるため、 $4^4 = 256$  個の三段論法を作ることができる。これらのうち論理的に正しいのは24個である<sup>3)</sup>。この中には同じ前提を持つものがあるため<sup>4)</sup>、論理的に妥当な結論を持つ三段論法の前提の数は19個になる。

Chapman & Chapman (1959) は、三段論法の誤推論を分析し、逆受容の原理（principle of accepting the converse）を提唱した。これは、「すべての  $p$  は  $q$  である (A)」という前提文が、誤って「すべての  $q$  は  $p$  である」と捉えられたり、「いくらかの  $p$  は  $q$  でない (O)」という前提文が、「いくらかの  $q$  は  $p$  でない」と捉えられることを指す。彼らは、逆は論理的には誤りだが、現実的には多くの場合に正しいと主張した。逆の推論は本稿の主要テーマなので、これがいかに正当化されるかを以下では詳しく見ることにする。

まず、4つの式のうち、逆にすると論理的に誤りなのは A と O の2つで、I と E は逆も論理的に正しい。Chapman らは、A については、「直角は90度である」のように“are equal to”の意味で使用される場合があることを指摘した。また、A は条件文の言い換えと考えることもできる。たとえば、「台形は四角形である」は「もし台形ならば、それは四

3) 伝統的なアリストテレスの三段論法では、主語の要素の存在を仮定する。たとえば、「すべての  $p$  は  $q$  である」について、必ず  $p$  が存在することを前提とする。この制約を外すと、論理的に正しい三段論法は15個となる。

4) たとえば、「すべての  $p$  は  $q$  である」という結論が正しいとき、 $p$  の存在を仮定すると「いくらかの  $p$  は  $q$  である」も同時に正しい。このように2つの結論を許すものが存在する。

角形である」と言い換えられる。したがって、A が逆に解釈される傾向は、条件文を双条件文に解釈する傾向 (§3.2, §3.3 参照) と同じとみなすことができる。O の逆も、現実的にはほとんどの場合に正しい。Chapman らは、その理由として、 $P_1$ : 「いくらかの  $p$  は  $q$  でない」という言明が述べられる状況で  $P_2$ : 「すべての  $q$  は  $p$  である」も同時に成立しているとは考えにくいことを指摘した。すなわち、 $P_1$  の逆 ( $P_1^c$ : 「いくらかの  $q$  は  $p$  でない」) と  $P_2$  は互いに論理的に否定関係にある ( $P_1^c = \overline{P_2}$ ) ので、 $P_2$  の不成立は  $P_1^c$  の成立を意味することになる。ただこの説明では、 $P_1$  と  $P_2$  がなぜ両立しにくいかに言及されていないため不十分である。

Grice (1975) の会話の含意 (implicature) の概念を用いると、この議論をもう少し明確に正当化できる。 $P_1$  は正しいがその逆 ( $P_1^c$ ) は正しくない場合には、論理的に  $P_2$  が正しい。よって、 $P_2$  と言わなかったという事実は、 $P_2$  が正しくないことを暗に示しており、このことは、 $P_1^c$  は正しいと推定する根拠となり得る。この推論は、理由なくして  $P_1^c$  が正しくないと考えるのが不自然な場合、および、 $P_2$  が正しいときにそれを言明しないのが不自然である場合に、特に強く働くはずである。両者は、同じことを指しているか、あるいは少なくとも密接に関係している。 $P_1$  も  $P_2$  も成立するときに、 $P_2$  に言明しないことが考えにくい理由は、 $P_2$  の論理形式は A であり、Chater & Oaksford (1999) が明らかにしたように、A は最も多くの情報量をもたらす形式だからである。彼らによれば、限量命題の情報伝達性 (informativeness) は、A が最大で O が最小である。また、できるだけ情報量が多い結論が好まれる。したがって、最も情報量の多い A 形式の言明が好まれるが、発話者がそれを避けて、敢えて最も情報量の少ない O 形式の言明を選択したとすれば、話者間で語用論的な理由が問題となる。その理由が見当たらないとすれば、事実でないから言明されなかったと推論される可能性が高い。こう考えれば、O は通常、その逆も正しいことが強く含意されると言える。以上より、いずれの論理形式も、現実的には多くの場合に逆も正しいと考えられる。

Chapman & Chapman (1959) は、三段論法推論の傾向は逆受容原理 (the principle of accepting the converse) と確率的推論 (probabilistic inference) の概念で説明可能であるとした。(両者を合わ

せて確率的逆受容仮説と呼ぶことにする。) 逆受容原理で説明できるのは、妥当な結論を持つ三段論法が4つの格の中に少なくとも1つ存在する場合 (表2で\*のついた形式) である。それ以外のものについては、確率的推論のアイデアが必要になる。この考え方によれば、たとえば、IO2 (第1, 2前提文がそれぞれ I, O で第2格) の場合、しばしば次のような推論がなされる。

いくらかの職人は正直である。

いくらかの詩人は正直でない。

---

∴ いくらかの詩人は職人でない。(誤)

このように推論する理由として、Chapman & Chapman (1959) は、人は中名辞を共有特性と考えることを指摘した。すなわち、「いくらかの職人 ( $p$ ) と詩人 ( $q$ ) は正直 ( $r$ ) という性質を共有しない」と考える。

この説明は直観的にはわかるが曖昧な部分があるので、もう少し形式的に次のように解釈することを提案したい。論理的には、 $p, q, \neg r$  ( $= not\ r$ ) を同時に満たす事例が存在してもよい。ところが、われわれは、「 $q$  かつ  $\neg r$  の事例 (第2前提文で存在が保障される) が、たまたま  $p$  である確率は非常に小さい ( $= p$  でない可能性が高い)」と考える傾向があるために、「いくらかの  $q$  は  $p$  でない」と答えると仮定する。では、 $q$  かつ  $\neg r$  の事例が  $p$  である確率を小さいと思うのはなぜだろうか。これは、稀少性 (Oaksford & Chater, 1994) のアイデア、すなわち、 $p, q, r$  のような肯定事象の外延は、通常、その否定事象の外延に比べて圧倒的に小さいと仮定することによって説明可能である。つまり、 $P(q), P(r)$  のデフォルト値は小さいので、 $\neg r$  を満たすものの中で  $q$  をも満たすものは少数であると考えるのが妥当であり、それがさらに  $p$  でもある確率はずっと低いと推定することには根拠がある。

Chater & Oaksford (1999) の提唱した確率ヒューリスティック・モデル (PHM) は、Chapman & Chapman (1959) の確率的推論のアイデアを精緻化して形式的に洗練させたものと見ることができ。彼らの分析によれば、三段論法の中で言及される命題の稀少性を仮定すると、論理形式の情報量は、 $A > I > E \gg O$  の順であり、この理論では、これらの前提から結論を導く際、われわれはできるだけ情報量の多い結論を得ようとする傾向があると仮

表 2 定言的三段論法の各仮説の予測とデータ

| Prem | Cnv | Atm | PHM | Data (%)        |
|------|-----|-----|-----|-----------------|
| AA*  | A   | A   | A   | A (70.1)        |
| AI*  | I   | I   | I   | I (77.2)        |
| IA*  | I   | I   | I   | I (74.1)        |
| AE*  | E   | E   | E   | E (73.9)        |
| EA*  | E   | E   | E   | E (75.2)        |
| AO*  | O   | O   | O   | O (65.5)        |
| OA*  | O   | O   | O   | O (55.1)        |
| II   | I   | I   | I   | I (37.3)        |
| IE   | E/O | O   | E   | E/O (29.7/31.0) |
| EI*  | O   | O   | E   | O (48.3)        |
| IO   | O   | O   | O   | O (35.1)        |
| OI   | O   | O   | O   | O (32.8)        |
| EE   | E   | E   | E   | E (24.2)        |
| EO   | O/E | O   | O   | O (18.8)        |
| OE   | O/E | O   | O   | O (13.3)        |
| OO   | O   | O   | O   | O (18.0)        |

注) 第 1 カラムは前提の論理形式を表す。\*は、当該の論理形式の 4 つの格の中に、少なくとも 1 つは論理的に妥当な結論を有する三段論法があることを示す。Cnv, Atm, PHM は、確率的逆受容仮説、雰囲気仮説、確率ヒューリスティック・モデルをそれぞれ表す。Data 欄は解答の最頻形式（ただし「妥当な結論なし」を除く）と平均解答率を示す。使用データは本文を参照。

定される。PHM の中で最も重要なのが最小ヒューリスティック (min-heuristic) で、それは、結論の論理形式を最も情報量の少ない前提の論理形式と同じにする、という規則である。この規則は単純ながら、2 つの前提から正しく導かれる最も情報量の多い結論は、ほとんど常にこの規則に従う。

これらの説明は、実際のデータをどれくらい説明できるだろうか。表 2 には、前提文が各形式のときに導かれる結論の予測と実験結果が示されている。確率的逆受容仮説と PHM の他に予測に用いられたのは、雰囲気仮説 (Woodworth & Sells, 1935) である。この仮説は、結論の形式に対する選好を前提の形式から予測するもので、「少なくとも一方の前提が否定を含んでいれば否定が、特称を含んでいれば特称が選ばれやすい」とするものである。実験は、AIEO と「妥当な結論はない」の中から結論を 1 つだけ強制選択させるか、結論を生成させるものであった。表には、最も頻度の高かった解答の種類とその解答率が示されている。実験データとして使用したのは、Dickstein (1978) の実験 1 ( $N = 22$ ) と実験 2 ( $N = 76$ )、Johnson-Laird & Steedman (1978) の実験 1 ( $N = 20$ ) と実験 2 ( $N = 20$ )、Johnson-Laird & Bara (1984) の実験 3 ( $N = 20$ ) で、 $N$  による重み付きの平均解答率が求められた。

表 3 条件文推論の代表的な 4 つのタイプ

| 推論のタイプ    | 第 2 前提文  | 結論       | 妥当性 |
|-----------|----------|----------|-----|
| 肯定式 (MP)  | $p$      | $q$      | 正   |
| 前件否定 (DA) | $\neg p$ | $\neg q$ | 誤   |
| 後件肯定 (AC) | $q$      | $p$      | 誤   |
| 否定式 (MT)  | $\neg q$ | $\neg p$ | 正   |

注) 第 1 前提文は「もし  $p$  ならば  $q$ 」( $p \rightarrow q$ )。

この表よりわかるのは、どの理論も予測が似ており、しかもデータによく適合していることである。雰囲気仮説の予測はデータにはよく合うが、なぜそのように選ばれやすいかについては説明しない。つまり、理論志向性が弱い。Chater & Oaksford (1999) は、雰囲気仮説や逆受容原理がデータに合うことの理論的根拠は、PHM によって与えられると論じている。

以上の考察よりわかることは、代表的な演繹である三段論法推論に関しても、確率的アプローチが有用であるということである。すなわち、逆受容原理は等確率性仮定や PHM と整合的であり、この原理で説明が不十分な推論についても、情報を求める傾向と稀少性仮定を前提とする PHM で説明可能である。つまり、等確率性と稀少性の仮定が三段論法推論の前提になっていると考えられる。次に、もう 1 つの代表的な演繹である条件文推論の研究について展望する。

### 3.2 条件文の推論

条件文推論には、表 3 に示す 4 つの代表的なタイプがある。推論研究では、この形式を用いて推論パフォーマンスが実験的に調べられてきた。たとえば、「もし太郎が東京にいる ( $p$ ) なら、花子は京都にいる ( $q$ )」と「花子は京都にいる ( $q$ )」から何が導かれるかを選択させる、または口頭で述べさせる（場合によっては各結論の妥当性を評定させる）という課題を用いて、論理的正解に一致する解答がなされるかどうか調べられてきた。様々な研究で、条件文は双条件文として解釈（双条件解釈、§2 参照）される傾向があることが指摘されてきた (e.g., Rips & Marcus, 1977; Taplin, 1971). Evans, Newstead, & Byrne (1993) がレビューしているように、成人を参加者とした過去の 11 の実験データから、表 3 の各タイプの推論を正しいものとして受け入れる割合を計算すると、MP: 96.6%, DA: 39.6%, AC:

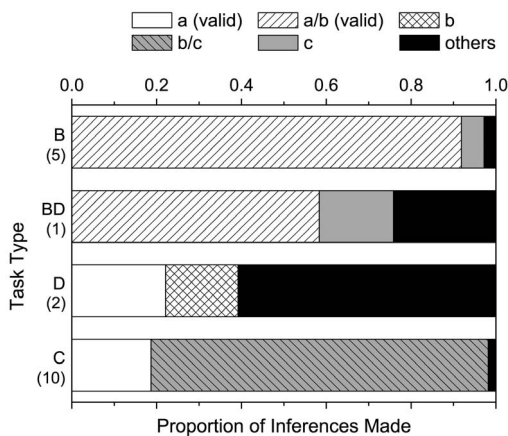


図3 条件文“ $p \wedge q \rightarrow r$ ”に対する推論結果 (服部, 2002). 解答 a, b, c は, 条件文をそのまま ( $\rightarrow$ ), 双条件文として ( $\leftrightarrow$ ), 逆に ( $\leftarrow$ ) 解釈したものを表す. 数値はそのタイプに分類される課題数を表す. 課題タイプは本文を参照.

39.5%, MT: 60.2% となる. 第1前提文を実質等値 (表1) と解釈すると DA と AC も論理的に正しい推論になることから, この結果は, 約4割の参加者が条件文を双条件的に解釈する傾向があることを示しているとみることができる. ただし, MT の正解率が低いことは真理関数的な双条件解釈説では説明できないため, 確率的アプローチ (e.g., Oaksford & Chater, 2008) が必要になる.

Geis & Zwicky (1971) は, 予測, 約束, 脅し, 法的陳述, 命令, 反実条件文などを表す条件文  $p \rightarrow q$  は  $\neg p \rightarrow \neg q$  という推論を自動的に誘発するとして, これを誘導推論 (invited inference) と呼んだ. 「芝を刈ったら ( $p$ ), 君に千円あげる ( $q$ )」といえば, 通常は「芝を刈らなければ ( $\neg p$ ) 千円あげない ( $\neg q$ )」ことが含意される. 対偶を考えれば,  $\neg p \rightarrow \neg q$  は  $q \rightarrow p$  となるため, 誘導推論は逆の推論を誘導していると考えられることも可能である<sup>5)</sup>.

服部 (2002) は, 前件と後件の論理的関係をより詳しく調べるため,  $p, q, r$  の3項を使って, 「もし  $p$

かつ  $q$  ならば  $r$ 」 ( $p \wedge q \rightarrow r$ ) の形式の条件文の推論パフォーマンスを実験的に検討した. 以下では, その結果を再分析して考察する. この実験では, たとえば, 「彼女は友人に会い ( $p$ ), かつお金を持っていれば ( $q$ ) 遊びに行く ( $r$ )」 (Byrne, 1989, より) という文を第1前提文とし, 第2前提文には「彼女は友人に会い ( $p$ ), 遊びに行った ( $r$ )」などの文を提示して, 結論を口頭で述べさせた. 第2前提文の論理形式は,  $p, q, r$  とそれらの否定, およびそれらの中から2つを連言 (「かつ」 $\wedge$ ) で結合したもので (ただし  $p \wedge \neg p$  などは除外), 計18種類 (サブ課題と呼ぶ) が用意された. 論理的構造からサブ課題を次の4つのタイプに分類することが可能である.

- (1) 課題タイプ B: 与えられた条件文を双条件文 (biconditional) に解釈しても同じ結論が導かれるもの. (5個)
- (2) 課題タイプ BD: 結論が選言形式 (disjunctive form)<sup>6)</sup>である以外は, タイプ B と同じ. このタイプは, 第2前提文が  $\neg r$  の場合だけで, 正解は  $\neg p \vee \neg q$  である.
- (3) 課題タイプ D: 結論が選言形式で, 双条件に解釈した場合とは結論が異なるもの. このタイプは, 第2前提文が  $p$  の場合と  $q$  の場合の2個だけで, 正解はそれぞれ,  $\neg q \vee r$ ,  $\neg p \vee r$  である.
- (4) 課題タイプ C: 妥当な結論は存在しないが, 条件文を逆に解釈すると妥当な結論が存在するもの. (10個)

実験結果を再分析した結果が図3に示されている. 解のパターンは比較的限定されていたため, 次の4種類に分類した. すなわち, 第1前提文の「ならば」を, そのまま (as-is) 実質含意に解釈した場合の解 (論理的な正解) (a), 双条件文 (biconditional) として実質等値に解釈した場合の解 (b), 逆 (converse) に解釈した場合の解 (c), 最後に, それ以外 (others) の4種類である. 図には課題タイプ別の解の頻度が示されているが, 解が “a/b” となっているのは, タイプ B の課題では a と b の解が一致するからである. 同様に, タイプ C の課題では b と

5) ただし, 確率的にはこの関係は必ずしも成立しない. 条件文  $p \rightarrow q$  の確率を  $P(q|p)$  で定義する (e.g., Evans & Over, 2004) とすると, たとえば,  $P(p) = P(p, q) = .01$ ,  $P(q) = .10$  のとき,  $P(q|p) = 1.00$  (高),  $P(\neg q|\neg p) = .91$  (高) だが,  $P(p|q) = .10$  (低) となる. したがって, この意味において, 誘導推論 (「裏」) は「逆」推論と厳密に同じではない.

6) 選言とは「 $x$  または  $y$ 」の論理形式を指し,  $x \vee y$  と表記される. 論理的には, 選言は連言と否定を使って書き換えることが可能であるが, ここでは, 素朴に自然な言語表現に対応する論理形式を指す. なお,  $x \rightarrow y$  は  $\neg x \vee y$  と表記可能なので選言とみなす.

表 4 任意の 2 事象に関する  $2 \times 2$  分割表

| P        | Q |          |
|----------|---|----------|
|          | q | $\neg q$ |
| p        | a | b        |
| $\neg p$ | c | d        |

注) 事象  $p, q$  は, 条件文「 $p$  ならば  $q$ 」の前件と後件, 原因と結果などに対応する. 記号  $p, \neg p$  は肯定と否定を表し, 対象の存在と不在, 命題の成立と不成立などに対応する. セル  $a, b, c, d$  は, 事象の頻度を表す. なお, 原因と結果については,  $p, q$  の代わりに  $c, e$  を用いる.

$c$  が一致するので, “b/c” とされている. この図で, 黒塗り部分 (others) 以外が, いわゆる「双条件解」である. タイプ B と C の課題 (両方合わせると 18 個中 15 個) では, 双条件解釈説によってほとんどすべての解答を説明できることがわかる. しかし, タイプ BD と D は双条件の考えだけでは説明がつかない. (タイプ D の others の大半は「妥当な結論なし」という反応である.) この点について, 服部 (2002) は, これらの解が選言形式である点に注目して, 情報を求める傾向によって説明している. すなわち, 選言形式の主張は連言形式に比べて情報量が少ない. しかも, 否定が含まれた命題の選言 (たとえば,  $\neg p \vee q$ ) は, 命題の稀少性を前提とすると, 否定命題が成立する確率が高いため, ほとんど情報量を持たないことになる. したがって, このような結論は避けられる傾向にあると考えることができる. この考え方は, 先に紹介した三段論法の確率ヒューリスティック・モデル (Chater & Oaksford, 1999) と共通するものである.

以上の結果の要点をまとめると, 条件文が双条件的に解釈されるという仮定 (等確率性仮定) で多くの結果が説明されるものの, それだけでは説明されない部分 (図 3 の黒塗り部分) も確かに存在するということである. 3 項の課題を使った実験によって, 推論パフォーマンスに対する解答の情報量の影響がより明確になった. つまり, 条件文推論のパフォーマンスを説明するには, 条件文が実質等値として解釈されるという真理関数的な説明では不十分であり, 確率論的な枠組みを前提とした等確率性と稀少性の仮定が必要であることが, ここでも裏づけられたといえる.

### 3.3 ウェイソン選択課題=仮説検証+意思決定

Wason (1966) の 4 枚カード選択課題は, これまでの推論研究の中で最も頻繁に取り上げられてきた. オリジナルの標準抽象課題は, 次のような課題である. 片面にアルファベット, 別の面に数字が書かれたカードに関して, 「もし一方の面が母音 ( $p$ ) なら, もう一方の面は偶数である ( $q$ )」という規則が正しいかどうかを確かめるために, 机上にある 4 枚のカード, “A” ( $p$ ), “K” ( $\neg p$ ), “4” ( $q$ ), “7” ( $\neg q$ ) のうち, どれを裏返す必要があるかが問われる. この課題の正答率は, 一般の大学生で 10% 程度しかない. ただし, 課題内容を変えると正答率が上昇することが知られており, 80 年代までは, このような促進効果に関する内容依存理論の研究が主流であった. 内容依存の理論は, 特定の変形課題の促進効果を説明するとしても, 標準抽象課題の正答率の低さについては説明しない. せいぜい, 抽象課題では促進効果が得られないからといった消極的な説明になってしまう. もし, 課題の意味内容が人々のデフォルトの仮定を上書きするのだとすれば, 上書きの効果の前にデフォルトの仮定についての説明が必要となるだろう.

研究の流れを大きく変えるきっかけとなったのは, Kirby (1994) の経験的研究と Oaksford & Chater (1994) の理論的研究である. これらの研究によって, この課題に対する課題観が変わったと言っても過言ではない. それは, 人間の合理性に対する 1990 年代以降の捉え方, すなわち環境に対する適応という観点を決定的にした. それまで, ウェイソン選択課題は演繹推論の課題だと考えられていたが, Kirby (1994) は, 主観的確率と効用がカード選択に影響することを示した. この課題で求められていることは, 正確には「論理的な仮説検証のための意思決定」である. Oaksford & Chater (1994) はこの点を明確に捉え, ベイズの確率モデルによってこの課題を明快に形式化した. 検証されるべき仮説は「もし  $p$  ならば  $q$ 」( $p \rightarrow q$ ) という論理規則で, カードを選ぶ行為は, 仮説検証のためのデータ選択である. そこで, 次の 2 つの状況<sup>7)</sup>を考え, どちらの状況が成立している可能性が高いかについて,

7) 状況を 2 つしか考えないことについて, 事態を単純化しすぎているという批判もある (e.g., Evans & Over, 1996) が, これだけの設定で十分な説明力があり, また複雑にしても説明力はほとんど変わらない (Hattori, 2002) ことから, モデルとしてはこれで必要十分である.

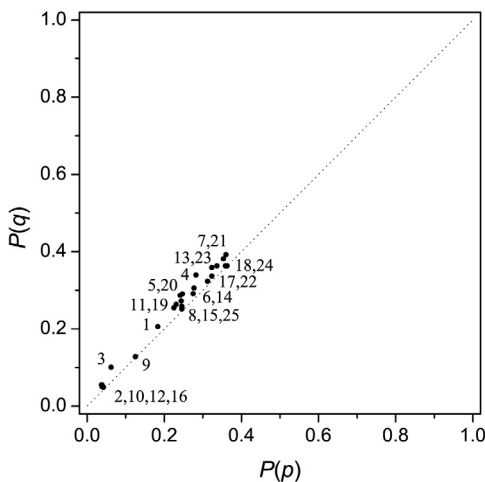


図 4 標準抽象版ウェイソン選択課題データから前件 ( $p$ ) と後件 ( $q$ ) の確率を推定した結果 (Hattori, 2002). 図中の 1–20 のデータは同文献を参照. 21–25 は Hattori (2002): exp 1, prob, C; exp 1, orig, S-L; exp 1, orig, L-L; exp 1, orig, C; exp 2, orig.

より多くの情報量をもたらすカードほど裏返されやすいと考える。

- (1)  $s_0$ :  $p \rightarrow q$  が成立. (表 4 の  $b = 0$ )
- (2)  $s_1$ :  $p$  と  $q$  が独立. (表 4 の  $ad = bc$ )

いま,  $P = \{p, \neg p\}$ ,  $Q = \{q, \neg q\}$ ,  $S = \{s_0, s_1\}$ , とし, 情報エントロピー (以下, 単にエントロピー) を  $H$  であらわす. たとえば,  $p$  カードの裏返されやすさは,  $p$  カードを裏返すことによって獲得される情報量の期待値で規定される. その値は,  $p$  カードが見えているときの  $S$  のエントロピーと,  $p$  の裏 ( $Q$ ) がわかったときの  $S$  のエントロピーとの差である. よって, 次のように表すことができる.

$$H(S|p) - H(S|Q, p) \quad (1)$$

他の 3 枚のカードについても同様に求められる。

Hattori (2002) は, 式 (1) で定まる期待獲得情報量とカード選択確率の関係をロジスティック関数によって特定したモデル (QODS モデル) を構成し, 過去の 20 件の実験データのメタ分析からパラメータを次のように推定した.

$$P(x) = 1 / [1 + e^{2.43 - 9.27 Is(x)}] \quad (2)$$

ここで,  $Is(x)$  は, カード  $x$  の期待獲得情報量を全カードの期待獲得情報量の和で割ったものである. Hattori (2002) は, このモデルに基づいて, 過去の実験データの各カード選択率から, 仮説の前件 ( $p$ ) と後件 ( $q$ ) の確率を推定した. それらのうち, 標準抽象課題に関する結果だけが図 4 に示されている. 図中の各点は 1 つ 1 つの実験を表す (データの出典は Hattori (2002) 参照). この図からわかることは, すべての点が特定の領域に集中していることである. すなわち, (1)  $p$  と  $q$  の確率がほぼ等しく (等確率性  $P(p) \simeq P(q)$ ), (2)  $p$  も  $q$  も比較的小さい確率値を取る (稀少性 rarity:  $P(p), P(q) < .5$ ) ことがわかる.

標準抽象課題では, 前件と後件の大きさを推定するための手がかりが少ないため, それらの主観的確率にはデフォルト値が採用され则认为られる. 図 4 のメタ分析結果は, 考慮対象とされる 2 つの集合の確率のデフォルト値は小さく, また, ほぼ等しいと仮定されるという考え方を支持するものである. 以上より, ウェイソン選択課題についても, 稀少性と等確率性の仮定が重要であることが示された.

### 3.4 因果帰納と共変動検出

演繹と対比される重要な推論は帰納である. 帰納とは, 個別事例から一般的規則を導く推論である. 2 つまたはそれ以上の事象の生起・不生起の情報 (共変動情報) から帰納によって因果関係が導かれるとき, 因果帰納と呼ばれる. 共変動情報は, 表 4 のような  $2 \times 2$  分割表によって表現できる. たとえば, 牛乳飲むこと (原因候補事象  $c$ ) と腹痛 (結果事象  $e$ ) の間の因果関係が問題になる場合は, 以下の頻度と, そこから推定される因果関係の強度の関係が問われる.

- (a) 牛乳を飲んで (c) 腹痛になった ( $e$ ).
- (b) 牛乳を飲んだが (c) 腹痛にならなかった ( $\neg e$ ).
- (c) 牛乳を飲まなかったが ( $\neg c$ ) 腹痛になった ( $e$ ).
- (d) 牛乳を飲まずに ( $\neg c$ ) 腹痛にもならなかった ( $\neg e$ ).

つまり, 共変動情報に基づく因果帰納は, 知覚される因果関係の強度が,  $a, b, c, d$  (セル頻度) のどのような関数で表現できるかという問題に帰着する.

Hattori & Oaksford (2007) は, 因果帰納の二要因ヒューリスティック (DFH) モデルを提唱した. このモデルの特徴は 2 つある. 1 つは, 因果推論に 2

段階を想定している点である。因果推論の第1段階は、無数の要因の中から互に関連のある要因を抽出する。この段階では、因果と相関を明確に区別することなく、結果と関連性のある要因を、できるだけ速く、見落としなく、原因候補として特定することが重要になる。第2段階では、結果の生起を制御するために、真の因果関係を特定する。この段階には、相関と因果の区別、見かけ上の因果関係の分析、複数の要因が絡む場合の分析などが含まれる。第1段階ではヒューリスティック処理が適切であり、第2段階では分析的処理が必要となる。DFHモデルは、主に第1段階に関わるモデルとして提案された。

このモデルのもう1つの特徴は、共変動情報の利用のしかたに関わる点である。これは因果帰納の第1段階のモデルであるため、相関と因果を明確に区別せず、因果性指標値は、四分点相関係数<sup>8)</sup>  $\phi$ の極限として次のように定義される。

$$H \triangleq \lim_{d \rightarrow \infty} \phi = a / \sqrt{(a+b)(a+c)} \\ = \sqrt{P(e|c)P(c|e)}. \quad (3)$$

ここで、 $d$ を無限大に発散させるのは、次の2つの理由による。第1は稀少性仮定である。表4のセル $d$ は「何も起こらない状態」を表しているが、通常、世の中では何も起こらないのが当たり前である。たとえば、誰かが日常生活で、牛乳を飲まず腹痛でもない状態にいる確率は、他の状態に比べて圧倒的に高い。したがって、何も起こらない状態の頻度を無限大に発散させても、多くの場合、計算結果は大きく変わらないと考えられる。第2の理由は、このモデルが因果帰納の第1段階のモデルであるからである。第1段階はできるだけ速く結論を出すことが重要であるため、計算は近似で十分であり、むしろできるだけ簡単な方がよい。もとの $\phi$ に比べて $H$ の計算式はかなり単純化しており、しかも、 $d$ が消えて変数を3つしか含まないので、現実問題としては、保持すべき頻度情報が少なく作業記憶の負担が軽くて済むというメリットも期待できる。

DFHに関して、心理学的観点から最も重要な点は、このモデルが極めてよくデータに合うことである。Hattori & Oaksford (2007)は、8件の実験データを用いて $2 \times 2$ 分割表に関するモデルを網

8) 四分点相関係数 $\phi$ は、 $2 \times 2$ 分割表の2変数間の関係の強さの指標として最も一般的で、次の式で定義される。 $\phi = (ad - bc) / \sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$ 。

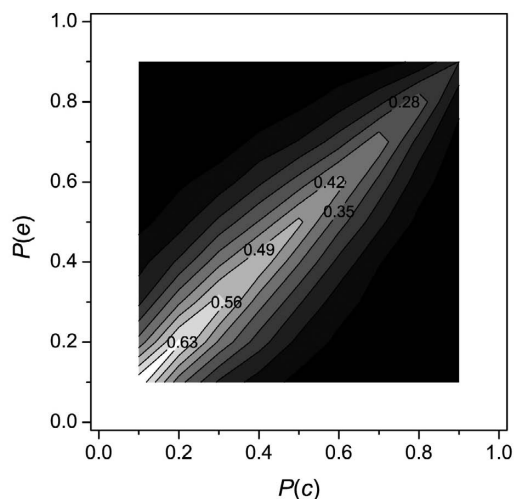


図5 因果帰納のDFHモデルの出力 $H$ と母集団 $\phi_0$ の $r^2$  ( $N_W \simeq 7$ の場合) (Hattori & Oaksford, 2007)。

羅的に比較した。比較対象とされたのは、DFH以外に、心理学、科学哲学、統計学、気象学、疫学などの文献から抽出された33個のパラメータを含まないモデルと、8個のパラメータを含むモデルである。分析の結果、DFHが最もデータによくフィットした<sup>9)</sup>。

なお、DFHの指標は、式(3)のように2つの条件つき確率の幾何平均として表すことが可能で、これが「二要因」という名前の起源でもある。この式から、強い因果関係を感じるためには $P(e|c)$ と $P(c|e)$ の両方が高くなければならないことがわかる。このことが、冒頭のタミフルの場合の推論を説明している。ここでは、そのような因果推論が規範的に正しいかどうかではなく、実際にどう推論がなされ、それがどう役立つかが論点である。

DFHは $\phi$ の近似であるため、当然ながら、その値は常に $\phi$ に一致するわけではない。一般に、ヒューリスティックとしての有効性は実際の場面でどのくらい役に立つかという観点から評価され、有

9) 最近、篠原・田口・桂田・新田(2007)によって提唱された「緩い対称性(LS)モデル」(中野・篠原, 2008)がDFHモデルに勝るとも劣らない適合度を示すことは特筆に値する。Hattori & Oaksford (2007)と同じデータセットを用いた比較では、DFHもLSも、 $r^2 = .91$ であった。さらに驚くべきモデルが、郡司・澤(2008)によって提唱されている。これは、全く新しい発想に基づく論理的(非確率論的)モデルで、同データセットに対して $r^2 = .93$ を示した。

効なヒューリスティックほど、われわれが使用する方略として残る可能性が高いと考えられる。DFHの場合、データに対するフィットのよさから、実際に使用されている（ものに非常に近い）と考えることに問題はないだろう。これが役に立つ度合いは $\phi$ の近似の程度で表されることから、どのような状況で $\phi$ との近似度が高まるかを見れば、現実場面において、因果関係のコミュニケーションがどのような状況でなされる傾向があるのかが推測できる。図5は、Hattori & Oaksford (2007)の分析 (Simulation 1)の結果を描き直したものである。この計算機シミュレーションでは、 $P(c)$ と $P(e)$ を0.1から0.9まで0.1刻みで変化させながら、毎回ランダムに決定した $P(c, e)$ に従って $2 \times 2$ 分割表(標本)を発生させ、 $P(c)$ 、 $P(e)$ 、 $P(c, e)$ から算出した $\phi$ の理論値と標本の $H$ の相関( $r^2$ )を調べた。観察者の作業記憶の容量を考慮して、 $2 \times 2$ 分割表は、セル $a + b + c = N_W \simeq 7 \pm 2$ 程度になるようにした。

図5のシミュレーション結果は、(1) $c$ と $e$ の確率がほぼ等しく、(2) $c$ も $e$ も比較的小さい確率を取る場合に、 $H$ と $\phi$ の相関が高いことを示している。すなわち、稀少性と等確率性が成り立つ場合にDFHの近似が高まると言える<sup>10)</sup>。これはつまり、われわれは、両条件が成立する場合にうまく機能するようなヒューリスティックを用いて因果性（または関連性）を判断していることになる。図4と図5を比較すればわかるように、この結果は、ウェイソン選択課題のQODSモデルのパラメータ推定結果と極めてよく符合している。次は、広義の帰納の1つである仮説検証に関する研究を展望する。

### 3.5 仮説検証と確認バイアス

仮説検証は、「データ収集行動」と捉えて狭義の帰納と区別した方がその特徴がわかりやすい。仮説検証において、われわれは仮説が正しい証拠を集めようとするが、間違っている証拠を求めようとしない傾向がある。この傾向を確認バイアス (confirmation bias)と呼ぶことがあるが、この名称には2つ

の点で問題がある。1つは、言葉が指す内容の曖昧性である。確認バイアスが指すのは探索方略であって、検証結果ではない。しかし、通常「確認」は検証結果を指す。仮説検証事態も表4を用いて表現することが可能で、仮説が規定する事例の集合を $p$ 、正しい規則の事例集合を $q$ とすれば、仮説が正しい場合にはセル $b$ と $c$ が空集合になるはずである。この場合、セル $a$ の事例は仮説を「確認」する事例、セル $b, c$ は「反証」する事例である。一方、確認バイアスで問題にしているのは、仮説検証の手段として、表4の $\neg p$ の行ではなく $p$ の行の事例を提示するという行為である。よって、確認バイアスの方略を採ったものの、検証結果は反証(セル $b$ が実現する)ということも起こることになり、混乱を招く。Klayman & Ha (1987)は、確認バイアスの代わりに正事例検証 (positive testing) という用語を提唱しているので、本研究も以降はこれに従う。

もう1つの問題は、「バイアス」ということばにはネガティブな響きがあることである。このバイアスのせいで、正しい科学的推論が妨げられたり (e.g., Mynatt, Doherty, & Tweney, 1977)、誤った第一印象やステレオタイプが強化されて固定する (e.g., Nisbett & Ross, 1980) ことが論じられてきた。このような観点による研究の流れを変える起点になったのが、Klayman & Ha (1987)の研究である。検証方法の良し悪しは、課題構造に依存する。彼らは、表4の $p$ の確率が小さく、 $p$ と $q$ の大きさがほぼ等しい場合には、正事例検証がよい方法であり、現実世界での仮説検証では、両条件が満たされることが多いことを指摘した。つまり、不合理に見えるバイアスも、環境の構造を考慮すると、実は効率的でよい方法だと言える。等確率性と稀少性の重要性を主張する本稿の主張は、このアイデアを発展させたものである。

人間の仮説検証過程が、合理的で比較的単純なモデルでどれくらい記述可能かを確かめるため、われわれは、仮説検証の実験研究でよく用いられてきた2-4-6課題 (Wason, 1960)のペイズのモデルを提唱した (田村・服部, 2007)。この課題は、実験者が想定する「3つ組」整数に関する規則を参加者が当てるものである。参加者による任意の事例の提示と、それに対する実験者のフィードバック (正/負)を交代に繰り返すことによって参加者は規則を推定する。オリジナル版では、最初に2-4-6という数字

10) DFHの導出に稀少性が前提とされているため、稀少性に関する結果はトートロジーの印象があるかもしれない。実際には、サンプル数が有限少数個の場合、 $P(c)$ と $P(e)$ の確率が小さいと、ほとんどがセル $d$ に落ちるため、DFHの近似は高まらず、図5の結果は自明ではない。セル $d$ を無視するようなサンプリング ( $N_W$  ベース)をすることにはじめて、このような結果が得られる。

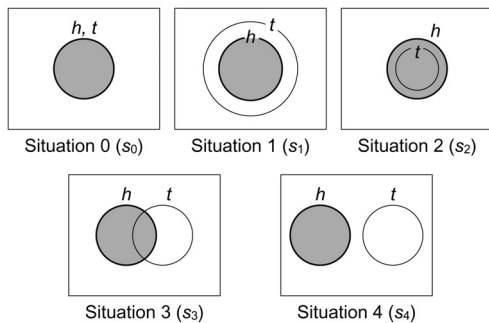


図 6 2-4-6 課題のモデルが想定する 5 つの状況 (田村・服部, 2007).

列が規則に合うと告げられるため、多くの参加者は、規則は「偶数列」や「2 ずつ増加する数」ではないかという仮説を立て、それに合ういくつかの事例 (たとえば、8-10-12 や 14-16-18 など) を提示する。この課題の正解は「増加する数字列」であるため、これらの事例に対しては正のフィードバックが返る。そこで、誤った仮説を正しいものと確信してしまい、なかなか正解に到達することができない。

実験者の想定するターゲット規則 (= 正解)  $t$  と参加者が想定する仮説  $h$  を、事例集合の外延によって規定すると、集合  $t$  と  $h$  の関係は、図 6 に示す 5 通りになる<sup>11)</sup>。モデルをできるだけ簡単にするため、全状況の  $P(h)$  は等しいとし、状況  $s_0, s_3$  では  $P(t) = P(h)$ 、 $s_4$  では  $P(t) = P(h)[1 - P(h)]$  とした<sup>12)</sup>。また、 $s_1$  と  $s_2$  における  $h$  と  $t$  の一致度を規定するパラメータ (被覆度と呼ぶ)  $c$  を導入して次の関係を仮定した。

$$c \triangleq \frac{P(t|s_2)}{P(h)} = \frac{1 - P(t|s_1)}{1 - P(h)} \quad (4)$$

被覆度  $c$  は、 $s_2$  における  $h$  と  $t$  の確率比と、 $s_1$  における  $\neg h$  と  $\neg t$  の確率比を同時に規定する。仮説

11) 実際には、 $t$  と  $h$  の真偽の組み合わせ 4 通りについて、それぞれに要素の存否が想定できるため、論理的ステータスは  $2^4 = 16$  通り考えられる。しかし、これらの多くは、課題として、あるいは仮説として不自然である。たとえば、 $h$  が空集合だとすると、仮説に属する事例が 1 つもないことになり、一般にはこのような仮説が考慮対象になるとは考えないので不適切である。このような不自然な状況を排除すると、図 6 の 5 通りのみが残ることになる。なお、ここでは参加者が想定する仮説は 1 つだけだと仮定している。

12) 状況  $s_4$  では  $P(t) = P(h)$  とすると  $P(h) \geq .5$  で不具合が生じるため、できるだけ簡単な関数で矛盾を生じないものを選定した。

検証方法としては、正事例検証 (positive test; PT) と負事例検証 (negative test; NT) の 2 種類が考えられるが、検証による期待獲得情報量の大きい方が選ばれと仮定した。以上の仮定により、2 つのパラメータ  $P(h)$  と  $c$  によって、仮説検証過程とそれに伴う確信度更新過程のモデル化が可能になる。

参加者は、仮説については当然知っているがターゲットはわからないため、参加者の立場に立った仮説検証過程のモデルとして、 $P(h)$  を基準にする点は正当化できるだろう。このモデルの設定はかなり単純化されたものであるが、パラメータを動かしながらモデルの定性的な振る舞いを調べてみると、検証の初期段階では PT が優勢だが、中盤以降で NT が出現し、終盤では PT と NT が入れ替わるなど、直観的にも納得できるいくつかの特徴が観察される。検証過程の中盤以降での NT の有効性については、これまでも指摘はあったが (e.g., Gorman & Gorman, 1984)、バイズ的モデルに基づく実証的研究は、筆者の知る限りない。そこで、モデルの記述的妥当性を検証するために実験を行った。

実験は、仮説が確認されていくプロセスを見るためのものであるため、次の 2 点でオリジナル課題とは異なっていた。第 1 に、仮説を参加者に考えさせるのではなく実験者が与えた。これは、仮説がカバーする事例の大きさを統制し、しかも、次に述べる第 2 の相違点に関する統制を確実にを行うためである。与えた仮説 (実験条件) は、稀少事例規則 ( $P(h) < .20$ ; 例: 「偶数からなる数列」) と一般事例規則 ( $P(h) > .80$ ; 例: 「異なる 3 つの数からなる数列」) の 2 種類で、参加者内要因として実施順序のカウンターバランスを取った。第 2 に、検証に対しては常に正のフィードバック (PT に対しては “YES” という返答、NT に対しては “NO”) しか返さなかった (仮説が否定されることはなかった)。これは、仮説が「確認される」過程を見るための必要条件であった。大学生 25 名が実験に参加し、そのうち有効な 20 名分のデータを分析した。

課題 (2 題  $\times$  20 名) ごとに検証系列をモデルフィットさせた。モデルのデータに対する適合度は、次のように決定した。まず、データと同じ回数の検証系列をモデルから出力させ、モデルの出力がデータと異なるときは、検証の異なる箇所の PT と NT の期待獲得情報量の差 (絶対値) の累積値がモデルのデータからの逸脱度を表しているとした。すなわち、

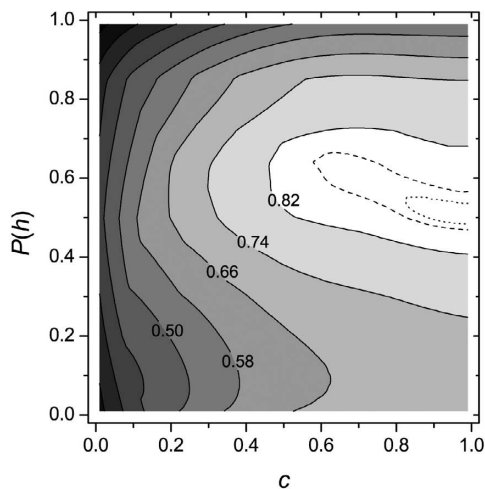


図 7 2-4-6 課題のモデルの 2 つのパラメータ  $c$  (被覆度),  $P(h)$  とモデル適合度の関係。適合度の計算方法は本文を参照。

モデルの予測の誤りのペナルティを、モデルが予測するエントロピー低減量（最大量）と実際の低減量との差の分だけ累積的に課するという考え方である。ただし、先行する検証の違いは後続の検証系列に影響を与えるため、検証系列を前から順番に照合していった、違いが検出されるたびに、実際の検証に基づいてモデル出力が再計算された。こうして計算された指標値をエントロピー減少の累積偏差 (cumulative deviation in entropy reduction; CDE) と呼ぶ。モデルの適合度 (Goodness-of-fit; GoF) は、 $-\log(\text{CDE})$  で定義した。パラメータの最適値推定のため、各検証系列について、 $.01 \leq c, P(h) \leq .99$  の範囲で .01 刻みの格子点について CDE を計算した。実験条件 (仮説事例の稀少性) 別に平均 CDE を計算したところ、条件による違いはほとんど認められなかったため、両者を平均して図 7 に示した。

図 7 より、 $P(h)$  が .50 付近で、また、 $c$  が 1 に近づくほど、モデルの適合度が上昇することがわかる。本論文のテーマに直結するのは  $c$  の推定結果である。この図からわかる重要な事実は、 $P(h)$  がどのような値を取るとしても、 $c$  の上昇に伴ってモデルの適合度がほぼ単調増加する点である。すなわち、 $P(h) = y$  のどの断面をとっても、ほぼ右上がりの曲線になる。このことは、 $c$  の最適値が 1 の近傍にあるという推定結果の頑健性が高いことを示し

Positive Mammogram [d] (10.3%)

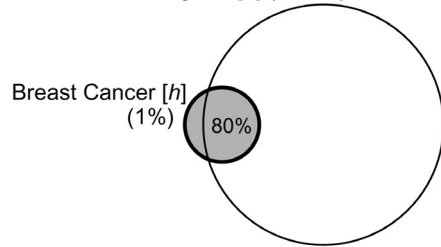


図 8 基準率課題に共通する偏確率構造 (服部・西田, 2006)。

ている。被覆度  $c = 1$  とはどういう状態であろうか。式 (4) より、 $s_1$  でも  $s_2$  でも  $P(t) = P(h)$  となり、 $s_0$  に一致することになる。つまり、図 6 に示される 5 状況は、 $c \rightarrow 1$  のとき、実質的に  $s_0, s_3, s_4$  の 3 状況に収束することになり、3 状況だけの単純なモデルでも十分な説明力を持つことが示唆される。このことは、見方を変えれば、われわれが  $h$  と  $t$  という 2 つの集合の等確率性を仮定しているという等確率性仮説の考え方を支持している。つまり、仮説検証過程においても等確率性が仮定されていることが示唆された。

以上、推論のモデルを展望したが、次節以降では確率判断の研究を展望する。推論と確率判断は、近接領域の割には研究交流が少なく、知見が共有されにくい面があるが、等確率性は確率判断課題にも大きく関係している。

### 3.6 基準率錯誤と擬診断性

Kahneman & Tversky (1973) は、人々が不確かなできごとの確率を判断する際、基準率 (ベースレート) と呼ばれる情報をうまく利用できないことを示して、基準率無視 (base rate neglect) と呼んだ。たとえば、次のような課題 (Gigerenzer & Hoffrage, 1995) で多くの人は判断を誤る。「40 代の女性が乳がんである確率は 1% であり、乳がんのときに検査で陽性になる確率は 80%、乳がんでないのに陽性となる確率が 9.6% としたとき、検査で陽性になった女性が本当に乳がんである確率がどのくらいか。」この課題の典型的な解答は 80% である (正解は約 7.8%)。

服部・西田 (2006) は、基準率錯誤を引き起こす課題には共通する特定の課題構造が見られることを

近年、X 症候群という難病の感染例が報告されるようになりました。この X 症候群は風邪と似た症状が出るということが知られています。さて、あなたは病院で働く医者であると仮定してください。あなたに求められているのは次の情報から患者が X 症候群に感染しているかどうかを判断することです。

**検査課題** X 症候群の感染率は 1% です。X 症候群に感染しているならば、検査で陽性となる確率は 80% です。

X 症候群に感染していないとしても、検査で陽性となる確率は 9.6% です。いま、患者の検査が陽性でした。

**咳課題** X 症候群の感染率は 1% です。X 症候群に感染しているならば、咳の症状がある確率は 80% です。X 症候群に感染していないとしても、咳の症状がある確率は 9.6% です。いま、患者が咳をしています。

この患者が本当に X 症候群である確率は何 % でしょうか。直感で答えてください。 \_\_\_\_\_ %

図 9 基準率錯誤が起こる「検査課題」と起こらない「咳課題」(服部・西田, 2006)。

指摘し、この構造を偏確率構造 (imbalanced probability structure) と呼んだ。偏確率構造とは、図 8 に示されるように考慮の対象となる 2 つの集合のサイズ (確率) が大きく異なっている構造をいう。基準率錯誤を引き起こす課題として有名なタクシー問題 (Tversky & Kahneman, 1982) もこの構造を有している。先の課題では、乳がんの有病率 (基準率)  $P(h) = .01$  は課題中に与えられているが、検査で陽性になる周辺確率  $P(d) = .103$  は明示されていない。参加者は集合  $d$  を意識しにくいと思われるが、実際には、 $P(d)$  は  $P(h)$  の 10 倍以上もの大きさがある。この課題で問われているのは

$$P(h|d) = \frac{P(h, d)}{P(d)} = \frac{P(h, d)}{P(h, d) + P(-h, d)} \quad (5)$$

であり、集合  $d$  の中の「 $h$  でない部分 ( $P(-h, d)$ )」が意外に大きいことが、正解の小ささに対する意外性につながっている。これは、 $P(d)$  が  $P(h)$  に比べて相対的に大きいこと (偏確率構造) が意識されないことと深く結びついている、というのがわれわれのアイデアである。

等確率性仮定の考え方によれば、人は、ターゲットとなる 2 つの集合サイズがほぼ等しいと暗黙のうちに仮定する傾向がある。したがって、この仮定に一致しない偏確率構造をもつ課題は理解が難しく、直観的推論の結果が規範解から大きくずれる傾向にあるということになる。課題の偏確率構造が錯誤の原因だとすれば、偏確率構造を容易に認識させるような材料を選んで使用すれば、錯誤が見られなくなると予想される。そこで、われわれは、図 9 のような課題を用いて実験を行った (服部・西田, 2006)。この 2 つの課題は、いずれも図 8 に示したのと全く同じ確率構造を持つ。しかし、われわれは一般知識として、病気以外に咳を引き起こすさまざまな要因 (代替原因) が存在することを知っているの

で、等確率仮定が阻止される。よって、咳課題の方は、偏確率構造を理解しやすくなり、正解率が高くなると考えられた。一方、検査課題の方は等確率仮定が阻止される要因がないため、基準率錯誤が起こると予想された。

実験には 36 名の大学生が実験に参加し、課題は参加者間要因であった。実験の結果、咳課題での正解率は 78% (14/18) であったのに対して、統制課題 (検査課題) では 17% (3/18) に留まった (「10%」以下の回答を正解とした)。 $\chi^2(3, N = 36) = 13.5$ ,  $p < .001$ 。回答 (%) の中央値は、咳課題では 8.3、統制課題では 70.0 で、回答の分布は大きく異なっていた、 $U = 48.5$ ,  $p < .001$ 。さらにわれわれ (Hattori & Nishida, 2008) は、実験操作が等確率性以外に与えた影響を否定するため、抽象的なカバーストーリー (「咳」の主題性効果の否定) や、異なる確率値の材料 (材料依存の可能性を否定) を使用した実験も行い、同様の結果を確認した。また、課題構造の偏確率の程度が強くなるに従い、正解率が下がることも別の実験で確かめた。

以上の実験結果は、すべて等確率性仮説の予測通りであった。しかも、これまでに提唱されてきた基準率錯誤に関する理論はいずれも、すべての実験結果を説明することは困難である。従来の理論としては、頻度假説 (Gigerenzer & Hoffrage, 1995)、入れ子集合仮説 (Sloman, Over, Slovak, & Stibel, 2003)、反転錯誤説 (Villejoubert & Mandel, 2002) などが提唱されている。頻度假説では、確率表現で得られた劇的な正答率の上昇の説明が困難である。逆に、頻度表現による促進効果は、頻度表現が偏確率構造の認識を促すと考えれば、等確率性仮説によって説明がつく。入れ子集合仮説は、入れ子構造を持たない実験 (図 8) の結果の説明が難しく、また、課題の偏確率の程度の影響も説明できない。しかし、この仮説が目指す課題構造は、偏確率構造

のことであると解釈すれば、やはり等確率性仮説で説明がつくことになる。

反転錯誤説は、条件文の双条件解釈説を確率の言葉で言い換えたものであり、等確率性仮説に最も近い。反転錯誤説は、人には条件つき確率をその逆と混同する傾向があるとし、そのせいで、「検査で陽性のときに病気である確率  $P(h|d)$ 」を、課題中で与えられている「病気のときに陽性となる確率  $P(d|h)$ 」と混同して答えると考ええる。一方、等確率性仮説は  $P(h) \simeq P(d)$  を仮定するが、その結果  $P(h|d) \simeq P(d|h)$  が成立するので、等確率性仮説と反転錯誤説は、結果予測の多くを共有することになる。ただ、反転錯誤説は、反転錯誤が原因で基準率錯誤が起こると考えるのに対して、等確率性仮説は、等確率性の仮定が原因で反転錯誤と基準率錯誤が起こると考える。したがって、偏確率構造の明確化とパフォーマンスの関係は、等確率性仮説でしか説明できない。

証拠（データ）と仮説の等確率性を仮定する傾向は、確率判断とは別の文脈で研究されてきた擬診断性と呼ばれる錯誤とも関係がある。Mynatt, Doherty, & Dragan (1993) が示した次の例は、診断力のない（仮説のもっともらしさについて情報をもたらさない）情報が、あるように見えてしまうという意味で、擬診断性 (pseudodiagnosticity) と呼ばれている。「姉の車は 15 km/ℓ（単位燃料あたりの走行距離）以上走り、買ってから 2 年経つがメカの問題はない。メーカー X の車の 65% は 15km/ℓ 走ることがわかっている。姉の車のメーカーは X か Y のどちらかだが、どちらかを知るために最も役立つ情報は、次のうちどれか。(1) Y の車が 15 km/ℓ 以上走る割合、(2) X の車が初期 2 年間にメカ問題が起らない割合、(3) Y の車の同割合。」この課題の参加者の約 6 割が (2) を選択し、正解の (1) を選択したのは 3 割程度であった。

姉の車のメーカーが X であるという仮説を  $h_X$ 、Y であるという仮説を  $h_Y (= \neg h_X)$  とし、データを  $d$  とすると、問題となるのは仮説の事後オッズ  $P(h_X|d)/P(h_Y|d)$  である。ベイズの定理より、

$$\frac{P(h_X|d)}{P(h_Y|d)} = \frac{P(d|h_X)}{P(d|h_Y)} \cdot \frac{P(h_X)}{P(h_Y)}. \quad (6)$$

課題より  $P(d|h_X) = .65$ ,  $P(h_X) = P(h_Y) = .5$  と仮定できるので、右辺は  $.65/P(d|h_Y)$  となり、こ

の分母は選択肢 (1) の情報に相当するので、(1) が正解ということになる。

Mynatt et al. (1993) は、この課題で間違える理由を、われわれが 2 つ以上の仮説を同時に考えることが苦手であるからとした。しかし、むしろ、暗黙のうちに  $P(d|h_Y) < .65$  を仮定していると考えるのが妥当ではないだろうか。すなわち、 $P(d|h_X) = .65$  という情報から、 $h_X$  と  $d$  の等確率性を仮定して  $P(h_X|d) \simeq .65$  とし、 $P(h_Y|d) = 1 - P(h_X|d) \simeq .35$  と推定したと考えられる。つまり、等確率性仮説でこの課題の難しさも説明できる。

#### 4. 思考と等確率性：展望のまとめ

ここまでで、人間の思考に関してこれまでなされたきいたいくつかの研究結果を展望した。ここで取り上げた課題は、主に、演繹・帰納推論および判断・意思決定の研究領域で扱われてきた課題で、どれも心理実験でよく用いられてきた有名なものばかりである。これまでに、個別の課題についての理論やモデルは数多く提唱されてきたが、これらの課題間の関連性が議論されることは少なかった。特に、これらすべてに共通する特性について論じられたことは、筆者の知る限り、これまでにない。まず、各課題について、本稿で論じたポイントについてまとめておく。

(1) 定言的三段論法推論は典型的な演繹推論課題であるが、この課題の推論パフォーマンスを説明するためには、確率的枠組みが有効である。確率的逆受容仮説はデータをよく記述するが、説明が直観に頼る部分があったため、確率論的に定式化した。そこで明らかになったのは、稀少性、情報を求める傾向、等確率性の仮定が整合的な推論モデルを提供することであった。

(2) 条件文推論についても、確率的枠組みが有効である。論理学に基づく真理関数的な概念では、否定式 (MT) の推論や情報量の少ない結論を導く推論がうまく説明できない。実験結果の整合的な説明のためには、等確率性仮定（真理関数的な双条件解釈説の確率的拡張）と、稀少性と情報を求める傾向の仮定が必要であった。

(3) ウェイソンの 4 枚カード選択課題についても同様であった。この課題を仮説検証課題としてベイズの確率モデルによって定式化し、過去のデータからパラメータ推定したところ、稀少性と等確率性

のパターンが見事に発現した。モデルは獲得情報量に基づくものであることから、この課題にも、稀少性と情報を求める傾向、そして等確率性が深く関係していることが示唆された。

(4) 因果帰納とは、複数事例の観察情報から事例間の因果関係を形成する推論であるが、共変動情報を検出する認知機構が基礎になっている。共変動情報と因果性の関係のデータを最もよく記述したDFHモデルは、シミュレーションによる分析の結果、稀少性と等確率性が充足される環境において最もうまく機能することがわかった。このことから、われわれが日常的に稀少性と等確率性を前提としていることが示唆された。

(5) 仮説検証における検証系列について、期待獲得情報量に基づくベイズのモデルを立て、解決者が未知の正解規則をどのように想定しているか実験データからパラメータ推定したところ、正解規則と仮説の大きさをほぼ等しい（等確率）と想定していることが示された。

(6) 基準率錯誤がみられる課題が難しいのは、課題が等確率性仮定と齟齬を起こすように作成されているからであることを指摘した。課題構造がデフォルトの仮定（等確率性仮定）と異なることを認識しやすくすれば、錯誤が劇的に減るという実験結果を紹介し、この課題においても等確率性仮定が大きく関わっていることを証明した。さらに、擬診断性についても、等確率性仮定の観点から誤りの傾向が説明できることを示した。

以上の結果を総合すると、2つの重要な含意がある。第1は、証拠の集中による仮説の妥当性である。これだけ多くの証拠が集まれば、さまざまな思考において、われわれがターゲット事象の等確率性を仮定するという仮説は、かなり妥当性が高いと考えてよいだろう。一つ一つのモデルは仮定の上に成立しているため、前提となる仮定が間違っていれば導かれた結論も間違っている可能性が高くなる。しかし、異なる課題についての異なる前提を持つモデルが、すべて同じ方向の結論を指し示すとすれば、仮に個別のモデルの前提にいくらかの難点があったとしても、結論の妥当性は揺るぎないものになるだろう。第2の含意は、認知過程の共通性に関する示唆である。異なる課題の背後に、共通の認知機構が深く関与している可能性がある。それは、等確率性仮定、または対称性という特性である。また、等確

率性と同様、稀少性の仮定と情報を求める傾向も重要である。そこで問題になるのが、等確率性や稀少性がなぜ仮定されるのかということである。

稀少性は、効率のよい外界の認識と伝達、さらには情報を求める傾向と強い関係があると言えるだろう。なぜ稀少性が仮定されるかについて、現時点で明確な回答は困難であるが、この問題を明らかにするにはカテゴリー化のしくみについての議論を避けて通れない。おそらく、カテゴリー化そのものが、稀なものごとについて考えたり話題にしたりしやすいようになされると考えるのが妥当だろう。たとえば、もし仮に「りんご」というカテゴリーが、実際のりんごだけではなく、バナナや白菜や椅子や帽子や道路や建物までも含むような、「非稀少な」カテゴリーだったらどうだろう。もしカテゴリーが、このように非稀少なものばかりだったとしたら、実際にはほとんど役に立たないのは自明ではないだろうか。

この問題は、われわれが外界を認識するしくみと関係がある。非稀少なカテゴリー化は、基礎カテゴリー (Rosch, Mervis, Gray, Johnson, & Boyes-Braem, 1976) を自然に形成するようにできているわれわれの認知システムと明らかに矛盾するようにみえる。つまり、われわれの認知は、世の中のものの大半を包括するようなカテゴリーを形成するようにはできていない。仮にカテゴリーがそのようなものばかりだったら、思考やコミュニケーションに支障を来すだろう。このことを正確に議論するためには、人間が利用するカテゴリー・サイズの適切性についての理論が必要となる。カテゴリー・サイズが大きすぎると情報を効率よく分類・整理できないとすれば、そのことから稀少性仮定の最適性が導き出せるだろう。これは、純粋に情報理論的な分析によって、ある程度まで可能だと思われる。

それでは、等確率性の方はどうだろうか。等確率性も情報量と関係がある。カテゴリー間の関係を特定する際に、2つのカテゴリーのサイズが類似しているほどエントロピーが減少する。いま、ある特定の注目するカテゴリー  $a$  と、ベースとなる任意のカテゴリー  $b$  を考える。そのとき、 $b$  であるかどうかを知ることによって  $a$  に関するエントロピーの減少が大きくなるのは、 $b$  が  $a$  とどのような関係かを考える。ここで、 $A = \{a, \neg a\}$ 、 $B = \{b, \neg b\}$  とすると、 $B$  を知ることによる  $A$  のエントロピー減少量は次のようにあらわされる。

$$H(A) - H(A|B) \quad (7)$$

これは、(1)  $P(b) = P(a) = P(a, b)$  の場合と、(2)  $P(b) = 1 - P(a)$ ,  $P(a, b) = 0$  の場合に最大値をとる。(1) は通常の等確率性仮説に相当し、(2) は、 $a$  と  $\neg b$  が等確率関係になる場合に相当する。ここで稀少性仮定を前提とすれば、(1) のみが解となる。こうして情報量と等確率性の関係が導かれる。

稀少性はもとより、等確率性も獲得情報量の観点から説明できるとすれば、思考の基盤には情報量が深く関与していることになる。このことは、思考と情報伝達、すなわちコミュニケーションとの密接な関係を示唆している。条件文や因果叙述文を用いた情報の伝達、伝達された情報の推論と解釈、さらに、それらの基盤となるカテゴリー化、これらに必要な認知能力が、われわれがコミュニケーションのために進化させてきた知性と深く関係している可能性があるということになる。このような考え方は、われわれの知性が社会生活の複雑さへの適応として進化したとするマキャベリの知性仮説 (e.g., Humphrey, 1976) とも整合的である。

以上より、等確率性と稀少性の適応的合理性が示唆される。われわれの認知資源は有限であるため、効率的な情報処理と情報伝達が、社会的適応課題となり得る。等確率性と稀少性を備えた推論や判断が、効率的な情報処理や情報伝達を実現することが示唆された。その背景には、認識のしくみやカテゴリー化、言語能力なども関係していると考えられる。したがって、現実世界において、できるだけ速く、できるだけ正確に、できるだけ多くの情報を得ること、また、できるだけ効率的に情報を伝えることが、個体の生存確率に影響を与えるとすれば、進化の過程において、そのような情報処理方法が選好されるよう淘汰圧がかかると考えることもできる。

## 5. 対称性と知性の進化：動物と統合失調症の推論をヒントとして

ここまでで、思考の基盤に等確率性仮定があり、それが情報を求める傾向に支えられている可能性について論じてきた。しかし、等確率性には、伝達情報量の観点による利点以上のものがあるように思われる。それは、発見や創造性という人間の知性の本質的特性と関係している。この関係について考える際に示唆的なのが、人間以外の動物の推論と、統合

失調症患者の推論である。以下では、等確率性仮定と創造性や言語との関係についての仮説を提案するが、議論を裏づける証拠はまだ十分ではないことをあらかじめ断わっておく。しかし、まさに発見的性質があると思われるので、今後の研究展開の方向性を探るための素材として提示したい。

まず、等確率性仮定 (対称性) が情報を求める傾向に支えられているのが事実だとしても、それですべてが解決するわけではない。あらゆる動物にとって外界から情報を得ることは重要であるため、ヒト以外の動物において対称性が成立しないことが謎として残る。シドマン型の対称性テスト (e.g., Sidman, 1994, 2008) では、見本合わせ課題を用いて、たとえば実物のリンゴを ( $p$ ) を見て「りんご」というラベル ( $q$ ) を選ぶこと ( $p \rightarrow q$ ) を学習した後に、ラベル ( $q$ ) を見て実物のリンゴ ( $p$ ) を選択 ( $q \rightarrow p$ ) できるかどうかテストされる。対称性推論がヒト以外の動物では極めて困難というのが、1980 年代以降の比較認知科学の研究成果に基づく知見である (e.g., 友永, 2008)。ヒトに特有の言語能力が対称性と関連づけて論じられたこともあったが、むしろ、対称性推論能力が言語獲得のための必要条件だという見方もある (山崎・小川・入来, 2008)。あるいは、両者に共通の別の要因が存在すると考えることも可能である。その候補としては何が考えられるであろうか。

この点について考察する前に、対称性推論は非論理的であるが発見的特性が備わっていることを確認しておきたい。たとえば、「ひき逃げ事故を起こした車はフェラーリであった」という情報があったとしたら、たまたまフェラーリを見かけた警官が職務質問するのは当然であろう。この推論は、論理的には「犯人 ( $p$ )  $\rightarrow$  フェラーリ ( $q$ )」と「フェラーリ ( $q$ )」から「犯人 ( $p$ )」を導くという後件肯定の誤謬であるが、犯人を発見するためには不可欠な認知的活動である。この推論には、論理的妥当性はないが、発見的特性が備わっている。これは、科学的推論などにも共通する推論で、C. S. Peirce のいうアブダクション (abduction) の 1 種である (中野・篠原, 2008; Oaksford, 2008)。

一方、厳密な論理系の推論は発見とは縁がない<sup>13)</sup>。

13) 導出が困難な数学の定理には意外性があることから、演繹が発見と完全に無縁とは言えないが、その証明にはむしろ非凡な数学者の「直感」が重要な役割を果たしていることは皮肉である。

たとえば、「犯人は男か女である」という言明は論理的に真であるが、情報量もなく発見的特性もない。フェラーリから犯人を推定するような発見的推論には、対称性推論を許す自由度が不可欠であるように思われる。さらに言えば、対称性推論は創造性の創発とも関係あるように思われる。対称性推論が常に発見的なわけではなく、また、発見と創造性の間にも少し溝がある。しかし、創造性とは、結びつきにくい要素をうまく結びつけることであると考えれば(吉田・服部・尾田, 2005), 創造性は、述語という共通の性質を手がかり (§3.1) に、「飛躍」した対称性推論を行うことと無関係ではない。

創造性と対称性推論の関係については、統合失調症の推論についてなされている指摘が示唆的である。統合失調症患者には、2つのものが共通の性質を備えていることを根拠に、それらが同一であると結論する推論が見られることがある。たとえば、「あるインディアンは敏速であり、牡鹿も敏速であるから、そのインディアンは牡鹿だ」(筆者注: 隠喩ではなく字義通りの意味)と結論する(Von Domarus, 1944)。推論過程の詳細な同定は困難ゆえ実証的裏づけは難しいものの、Arieti (1974) の洞察に富んだ観察によれば、このような推論は統合失調症のあらゆる類型で生じ、その程度は単純型で最小、破瓜型で最大(ただし、破瓜型でもすべての思考がこの様式を取るわけではない)とされ、この病気に特徴的な症状の1つである妄想の基礎になっている。

しかし、このタイプの推論は統合失調症に特有のものではない。たとえば、一般人にときどき見られるゴッホ錯誤(Van Gogh fallacy)と呼ばれる願望的思考(Warburton, 2000)はこの形式で、次のような推論である。「ヴァン・ゴッホは貧しかったし生涯を通じて誤解されていた。だが彼は今や偉大な芸術家だと認められている。ところで私は貧しいし誤解されている。したがって、私も最後には偉大な芸術家として認められるだろう。」

また、このタイプの誤謬は、三段論法課題において正常な参加者にもよく観察される(Chapman & Chapman, 1959; 中野・篠原, 2008)。§3.1の共有特性としての中名辞の議論を参照されたい。実際、これはAA2という形式の三段論法だが、表2に示した実験の元データによれば、平均58%の参加者がこの例と同じ解答(A)をした。ただし、この例に限って言えば、おそらく常識的知識が誤推論抑制

の助けとなるため、いわゆる正常人の中でこの推論を正しいと思う人は6割よりずっと低いと予想される。したがって、このような結論を信じ込む(妄想につながる)人とそうでない人の違いを説明する何かが必要であるのは間違いない。しかし、ここで重要な論点は、統合失調症の推論と健常な成人の推論の連続性である。

推論形式上の連続性は、遺伝的連続性の証拠になるわけではないが、統合失調症と創造性の関係に関しては、示唆的な進化遺伝学的知見が存在する。一卵性双生児を用いた研究や他の多くの証拠から、統合失調症には比較的強い遺伝的基盤があることが知られている(e.g., Kendler & Diehl, 1993)。このことは、先の連続性と矛盾するわけではない。発症に関与する遺伝子は複数存在し、しかも、環境要因も複雑に絡み合っているため、そのメカニズムは単純ではないからである。一方、統合失調症に遺伝的基盤があることは、繁殖適応度の点でこの病気に何らかの利点があることを示唆する。そこで、それが何かということが、進化論的観点から大きな論点となってきた(e.g., Huxley, Mayr, Osmond, & Hoffer, 1964)。利点の候補としては、言語(e.g., Crow, 1997)、メタ表象と社会的知性(Burns, 2004)など、様々な可能性が考えられているが、創造性も有力な候補の1つである。極めて知的な功績を残した人物の親族に患者がいる場合がしばしばあることは経験的に知られてきたが、患者の親族には創造的な人物が多いというデータもあり<sup>14)</sup>、統合失調症に関わる原因遺伝子(感受性遺伝子)の一部を持っている人は、むしろ創造的能力が高いという説もある(e.g., Pearlson & Folley, 2007)。

このような卓越した創造性と、上で論じた対称性推論の発見的特性との間の論理的な位置関係は明らかではない。しかし、発見的な対称性推論が、(相対的に)創造的なヒトにしか見られないことを思うと、これらは無関係ではないように思われる。つまり、動物をヒトに押し上げるために必要であった要因は、卓越した創造性に関係する要因と同じである

14) 統合失調症(統合失調型パーソナリティ)と創造性の関係に関する調査データは複数存在する。たとえば、Karlsson (1984) は、アイスランドにおける1377名の統合失調症(精神病的)の第1度親族についてレトロスペクティブ分析を行い、知的職業に就いた人の割合が対照群より多い(本の著者: 2.5倍、優等卒業生: 2.2倍、博士学位保有者: 1.6倍、教授: 1.9倍、聖職者: 1.5倍)ことを示した。

と仮定することも可能である。

このことと関連してもう1つ重要な知見は、統合失調症の生涯有病率は、人種や文化の違いを問わず世界中でほぼ同じ(約1%)だということである(e.g., McGrath, Saha, Welham, Saadi, MacCauley, & Chant, 2004)。このことは、この病気が、人類がアフリカ大陸から世界中に広がる前、つまり、人類分化の極めて初期に現れた病気であることを示唆している。以上のことを考え合わせると、ヒトが他の霊長類から分かれる際に、統合失調症感受性遺伝子が大きな役割を果たしたと考えることは、まだ十分な証拠は揃っていないものの、少なくとも単なる空想の域は脱している。

統合失調症の進化的利点の候補となっている創造性、社会的知性、言語、いずれも人類が他の霊長類と比べて突出している能力であり、また同時に、いずれも対称性と関係があるという点が示唆的である。たとえば、言語に関しては、効率的な語意獲得のために対称性推論が不可欠であることが示唆されている(今井・針生, 2003; 今井・岡田, 2008; 篠原・田口・橋本・桂田・新田, 2007)。このように考えると、組み合わせると統合失調症を高率で発症する感受性遺伝子によって系統発生的に獲得された対称性認知能力が、われわれ人類に独自の思考、言語、コミュニケーションの能力の基盤となっているという仮説は、実証的に吟味していく価値が十分にあるように思われる。今後、このような観点からさまざまな証拠が集められ、推論、創造性、言語、社会的知性などの相互関係が明らかになることが待ち望まれる。

## 謝 辞

本研究の一部は共同研究の成果に基づく。三輪和久、中川正宣、西田豊、Mike Oaksford、田村昌彦の各氏の指導・協力がなければ本研究は成立しなかった。本研究は、2007年に篠原修二氏と筆者が企画した日本認知科学会第24回大会ワークショップ「思考と言語獲得における対称性」の開催が原動力となっている。今井むつみ、岩橋直人、中野昌宏、岡田浩之、山崎由美子の各氏を含む関係者・参加者の方々との議論は大変刺激的で、本稿の議論に広がりを与えてくれた。また、2名の匿名の査読者と編集委員の山崎由美子氏から頂いた有用なコメントは、本論文の改稿のために非常に役に立った。以

上、ここに記して謝意を表したい。

なお、本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号 19500229)の資金援助を受けた。

## 文 献

- Arieti, S. (1974). *Interpretation of schizophrenia* (2nd edition). New York: Basic Books. (殿村忠彦・笠原 嘉 監訳 (1995). 『精神分裂病の解釈 I, II』. みすず書房.)
- Burns, J. K. (2004). An evolutionary theory of schizophrenia: Cortical connectivity, metarepresentation, and the social brain. *Behavioral and Brain Sciences*, **27**, 831–885.
- Byrne, R. M. J. (1989). Suppressing valid inferences with conditionals. *Cognition*, **31**, 1–21.
- Chapman, L. J., & Chapman, J. P. (1959). Atmosphere effect re-examined. *Journal of Experimental Psychology*, **58**, 220–226.
- Chater, N., & Oaksford, M. (1999). The probability heuristics model of syllogistic reasoning. *Cognitive Psychology*, **38**, 191–258.
- Crow, T. J. (1997). Is schizophrenia the price that *Homo sapiens* pays for language? *Schizophrenia Research*, **28**, 127–141.
- Dickstein, L. S. (1978). The effect of figure on syllogistic reasoning. *Memory & Cognition*, **6**, 76–83.
- Evans, J. St. B. T., Newstead, S. E., & Byrne, R. M. J. (1993). *Human reasoning: The psychology of deduction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, J. St. B. T., & Over, D. E. (1996). *Rationality and reasoning*. Essays in Cognitive Psychology. Hove, UK: Psychology Press.
- Evans, J. St. B. T., & Over, D. E. (2004). *If*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Geis, M. L., & Zwicky, A. M. (1971). On invited inferences. *Linguistic Inquiry*, **2**, 561–566.
- Gigerenzer, G., & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instruction: Frequency formats. *Psychological Review*, **102**, 684–704.
- Gorman, M. E., & Gorman, M. E. (1984). A comparison of disconfirmatory, confirmatory and control strategies on Wason's 2-4-6 task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **36A**, 629–648.
- Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Eds.), *Syntax and*

- semantics 3: Speech acts*, 41–58. London: Academic Press.
- 郡司 ベギオ・幸夫・澤 宏司 (2008). 認知的誤謬の起源: アドホック論理と対称性バイアス. 『認知科学』, **15**, 442–456.
- Hattori, M. (2002). A quantitative model of optimal data selection in Wason's selection task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **55A**, 1241–1272.
- 服部 雅史 (2002). 条件文推論における方向性. 『立命館人間科学研究』, **3**, 1–13.
- 服部 雅史・西田 豊 (2006). 「基準率錯誤」錯誤: 判断と推論のファラシーの統合理論に向けて. 『平成 14–17 年度科学研究費補助金 (課題番号 14310045) 研究成果報告書: 「基準」の多様性に伴うヒューマン・ファラシーの諸相』, 436–445.
- Hattori, M., & Nishida, Y. (2008). *Why does the base rate appear to be ignored? The equiprobability hypothesis*. Manuscript submitted for publication.
- Hattori, M., & Oaksford, M. (2007). Adaptive non-interventional heuristics for covariation detection in causal induction: Model comparison and rational analysis. *Cognitive Science*, **31**, 765–814.
- Humphrey, N. K. (1976). The social function of intellect. In P. P. G. Bateson & R. A. Hinde (Eds.), *Growing points in ethology*, 303–317. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- (藤田 和生 訳 (2004). 知の社会的機能. 『マキャベリの知性と心の理論の進化論: ヒトはなぜ賢くなったか』, 12–28. 京都: ナカニシヤ.)
- Huxley, Sir J., Mayr, E., Osmond, H., & Hoffer, A. (1964). Schizophrenia as a genetic morphism. *Nature*, **204**, 220–221.
- 今井 むつみ・針生 悦子 (2003). レキシコンの獲得における制約の役割とその性質. 『人工知能学会誌』, **18**, 31–40.
- 今井 むつみ・岡田 浩之 (2008). 特集「対称性」へのコメンタリー: 言語の成立にとって, 対称性はたまごかにわとりか. 『認知科学』, **15**, 470–481.
- Johnson-Laird, P. N., & Bara, B. G. (1984). Syllogistic inference. *Cognition*, **16**, 1–61.
- Johnson-Laird, P. N., & Steedman, M. (1978). The psychology of syllogisms. *Cognitive Psychology*, **10**, 64–99.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1973). On the psychology of prediction. *Psychological Review*, **80**, 237–251.
- Karlsson, J. L. (1984). Creative intelligence in relatives of mental patients. *Hereditas*, **100**, 83–86.
- Kendler, K. S., & Diehl, S. R. (1993). The genetics of schizophrenia: A current, genetic-epidemiologic perspective. *Schizophrenia Bulletin*, **19**, 261–285.
- Kirby, K. N. (1994). Probabilities and utilities of fictional outcomes in Wason's four-card selection task. *Cognition*, **51**, 1–28.
- Klayman, J., & Ha, Y.-W. (1987). Confirmation, disconfirmation and information in hypothesis testing. *Psychological Review*, **94**, 211–228.
- McGrath, J., Saha, S., Welham, J., Saadi, O. E., MacCauley, C., & Chant, D. (2004). Systematic review of the incidence of schizophrenia: The distribution of rates and the influence of sex, urbanicity, migrant status and methodology. *BMC Medicine*, **2**. Published online Apr 28. <http://www.biomedcentral.com/1741-7015/2/13>
- Mynatt, C. R., Doherty, M. E., & Dragan, W. (1993). Information relevance, working memory, and the consideration of alternatives. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **46A**, 759–778.
- Mynatt, C. R., Doherty, M. E., & Tweney, R. D. (1977). Confirmation bias in a simulated research environment: An experimental study of scientific inference. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **29**, 85–95.
- 中野 昌宏・篠原 修二 (2008). 対称性バイアスの必然性と可能性: 無意識の思考をどうモデル化するか. 『認知科学』, **15**, 428–441.
- Nisbett, R., & Ross, L. (1980). *Human inference: Strategies and shortcomings of social judgment*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Oaksford, M. (2008). Stimulus equivalence and the origins of reasoning, language, and working memory. 『認知科学』, **15**, 392–407.
- Oaksford, M., & Chater, N. (1994). A rational analysis of the selection task as optimal data selection. *Psychological Review*, **101**, 608–631.
- Oaksford, M., & Chater, N. (2008). Probability logic and the *Modus Ponens* – *Modus Tollens* asymmetry in conditional inference. In N. Chater & M. Oaksford (Eds.), *The probabilistic mind: Prospects for Bayesian cognitive science*, 97–120. Oxford, UK: Oxford

- University Press.
- Pearlson, G. D., & Folley, B. S. (2007). Schizophrenia, psychiatric genetics, and Darwinian psychiatry: An evolutionary framework. *Schizophrenia Bulletin* Advance Access Published Nov 21, doi:10.1093/schbul/sbm130
- Rips, L. J., & Marcus, S. L. (1977). Supposition and the analysis of conditional sentences. In M. A. Just & P. A. Carpenter (Eds.), *Cognitive processes in comprehension*, 185–220. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W., Johnson, D., & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, **8**, 382–439.
- 坂原 茂 (1985). 『日常言語の推論』. 東大出版会.
- 篠原 修二・田口 亮・橋本 敬・桂田 浩一・新田 恒雄 (2007). 語意学習エージェントにおけるバイアスの自動調整について. 『人工知能学会論文誌』, **22**, 103–114.
- 篠原 修二・田口 亮・桂田 浩一・新田 恒雄 (2007). 因果性に基づく信念形成モデルと  $N$  本腕バンディット問題への適用. 『人工知能学会論文誌』, **22**, 58–68.
- Sidman, M. (1994). *Equivalence relations and behavior: A research history*. Boston, MA: Authors Cooperative.
- Sidman, M. (2008). Symmetry and equivalence relations in behavior. 『認知科学』, **15**, 322–332.
- Slooman, S. A., Over, D., Slovak, L., & Stibel, J. M. (2003). Frequency illusions and other fallacies. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, **91**, 296–309.
- 田村 昌彦・服部 雅史 (2007). 仮説検証過程における確信度の更新と検証方略の変化. 『日本認知科学会第 24 回大会論文集』, 296–297.
- Taplin, J. E. (1971). Reasoning with conditional sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **10**, 219–225.
- 友永 雅己 (2008). チンパンジーにおける対称性の(不)成立. 『認知科学』, **15**, 347–357.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1982). Evidential impact of base rates.. In D. Kahneman, P. Slovic, & A. Tversky (Eds.), *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*, 153–160. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Villejoubert, G., & Mandel, D. R. (2002). The inverse fallacy: An account of deviations from Bayes's theorem and the additivity principle. *Memory & Cognition*, **30**, 171–178.
- Von Domarus, E. (1944). The specific laws of logic in schizophrenia. In J. S. Kasanin (Ed.), *Language and thought in schizophrenia*, 104–113. Berkeley: University of California Press. (前田 利男 訳編 (1971). 精神分裂病における特殊な論理法則. 『言語の構造と病理』, 93–101. 誠信書房.)
- Warburton, N. (2000). *Thinking from A to Z* (2nd edition). London: Routledge. (坂本 知宏 訳 (2006). 『思考の道具箱 — クリティカル・シンキング入門』. 晃洋書房.)
- Wason, P. C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **12**, 129–140.
- Wason, P. C. (1966). Reasoning. In B. M. Foss (Ed.), *New horizons in psychology*, 135–151. Harmondsworth, UK: Penguin.
- Woodworth, R. S., & Sells, S. B. (1935). An atmosphere effect in formal syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, **18**, 451–460.
- 山崎 由美子 (1999). 動物における刺激等価性. 『動物心理学研究』, **49**, 107–137.
- 山崎 由美子・小川 昭利・入来 篤史 (2008). 対称性に関わる生物学的要因の解明に向けて. 『認知科学』, **15**, 366–377.
- 吉田 靖・服部 雅史・尾田 政臣 (2005). アイデア探索空間と創造性の関係. 『心理学研究』, **76**, 211–218.

(Received 15 March 2008)

(Accepted 28 June 2008)



服部 雅史 (正会員)

1964年生まれ。1996年北海道大学大学院文学研究科博士後期課程単位取得退学。博士(文学)。1997年より立命館大学文学部。2003–2004年英国(ウェールズ)カーディフ大学心理学部客員研究員。現在、立命館大学文学部教授。推論、意思決定、問題解決などの高次認知機能の研究に従事。人間の思考・言語・コミュニケーションの適応的合理性に興味を持つ。日本心理学会(2007–編集委員)、日本基礎心理学会、Cognitive Science Society、ほか会員。  
hat@lt.ritsumei.ac.jp