

日本認知科学会テクニカルレポート
JCSS Technical Report

規則帰納における方向性

服部 雅史* 中島 功滋** 中川 正宣**

2002年3月
JCSS-TR-43

Japanese
Cognitive
Science
Society

規則帰納における方向性

服部 雅史 * 中島 功滋 ** 中川 正宣 **

2002年3月

JCSS-TR-43

* 立命館大学 文学部

〒603-8577 京都市北区等持院北町 56-1

hat@lt.ritsumei.ac.jp

** 東京工業大学大学院 社会理工学研究科

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

Copyright © 2002 by Masasi Hattori, Koji Nakajima, & Masanori Nakagawa.

All rights reserved.

日本認知科学会事務局

〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

名古屋大学大学院 人間情報学研究科 認知情報論講座内

電話番号: 052-789-4891

FAX 番号: 052-789-4752

jcoss@jcoss.gr.jp

規則帰納における方向性

服部 雅史
立命館大学文学部

中島 功滋 中川 正宣
東京工業大学大学院社会理工学研究科

2002 年 3 月

観察した事象から一般的規則を帰納する過程において、目的や動機づけなどの方向性が与えられることによって、論理的には等価でも形式の異なった規則を形成することがあるとすれば、そのような形式的相違には、認知的な要素が反映されていると考えられる。本研究では、このような認知的方向性の性質を探るため、課題事態における方向性が、獲得される規則の形式的方向性に及ぼす影響を調べた。37名の被験者が、仮想的な化学薬品についての3属性間の論理的関係を発見する帰納的推論課題を行った。特定の属性に対する動機づけの操作により、課題事態の方向性の強度の異なる3条件が設定された。実験の結果、規則帰納時の方向性が強くなるにしたがって、課題事態の方向性に一致する形式的方向性を持った規則が形成されやすくなる傾向が見られた。また、課題事態の方向性の存在が、規則獲得自体を促進する傾向も見られた。以上を踏まえ、知識の方向性と一般化の問題、知識獲得におけるヒューリスティクスとしての認知的方向性の有用性などについて、適応的観点から議論した。

Keywords: logical reasoning (論理的推論), rule acquisition (規則獲得), cognitive directionality (認知的方向性), goal and motivation (目標と動機づけ), conditional inference (条件文推論)

学習や記憶に関して、目的や動機づけなどが極めて重要な役割を果たすことは広く認識されている。論理的推論においても、最終的に導きたい結論が異なることによって、推論の前提に選ばれる命題や、実際に導かれる結論が異なったものになる場合がある(服部, 2000)。例えば、「政治家は嘘つきである」という知識(規則)がある場合、A氏が政治家であるという事実から嘘つきであることは導けるが、嘘つきだからと言って政治家とは限らない。しかし、A氏が政治家であると主張したい場合、そのような目的に、いわば引きずられる形で誤推論が起りやすくなる。このような結果は、目的、動機づけ、個人的価値などを含む心の志向性、す

なわち認知的方向性(服部, 2000)と、論理的推論の間のダイナミックな相互作用的關係を示唆している。また、服部(2002)は、論理的に等価な形式の文を用いて推論パフォーマンスの違いを系統的に調べ、条件文の前件から後件に向かう形式的方向性には、認知的方向性が反映されている可能性を示唆した。以上の結果は、感情や動機づけなどと対極的なものと考えられがちな論理的推論においてすら、認知的方向性を考慮せずに推論パフォーマンスを論ずることはできないことを物語っていると言える。

認知的方向性は、規則を利用した推論のパフォーマンスのみならず、そもそも規則の獲得の際に、獲得される知識の構造に影響を及ぼしているかもしれない。すなわち、論理的規則の帰納の場面において、全く同じ事象を観察・経

Directionality in Rule Induction, by Masasi Hattori, Koji Nakajima, and Masanori Nakagawa.

験しても、動機づけや目標などの違いにより、論理的には等価でも形式の異なった規則が形成される可能性がある。例えば、「金持ちならばうどんを食べない」という文と、「うどんを食べるならば金持ちでない」という文は、互いに対偶の関係にあり論理的には等価である。しかし、例えば、うどんと縁のない客層を知りたがっているうどん屋の場合と、懐の淋しい人を探している高利貸しの場合では、同じ事象群を経験・観察したとしても、実際に形成される規則の形式が異なるかもしれない。

そこで本研究では、課題事態における方向性が、帰納される規則の形式に対して与える影響を検討した。課題事態の方向性の違いが被験者の認知的方向性を変化させ、その結果、形成される規則の形式的方向性が変化する様子を調べた。そうすることによって、認知的方向性の性質の一端を明らかにすることができると考えた。

方法

課題 実験課題は、中川らによる実験 (中川, 1990; Hattori & Nakagawa, 1996; 服部, 2000; 服部・中川, 2001) を参考に、パーソナル・コンピュータ上で実行される仮想的な化学薬品実験という設定とした。画面上には、24 種類の薬品と 3 種類の属性 p, q, r について調べるテストが用意された¹。被験者は、任意の薬品に対して任意のテストを実行することが可能で、テストを実行すると、その薬品のテスト結果が陽性 (真) か陰性 (偽) のいずれかによって画面上に表示された。被験者の目標は、与えられた薬品に対するテスト結果をもとに、3 種類の属性 p, q, r の間に成立する論理的規則を見つ

¹ 3つの属性 p, q, r は、実験においては架空の性質名で表現された。条件 S, W (後述) においては、それぞれ、散光性、螺旋性、解崩性とあらわされ、条件 C においては、それぞれ、懐柔性、転展性、散斂性とあらわされた。

表 1. 実験で扱われた属性間に成立する関係 ($p \oplus q \leftrightarrow r$) の真理値表

p	q	r	$p \oplus q \leftrightarrow r$
T	T	T	F (0)
T	T	F	T (4)
T	F	T	T (8)
T	F	F	F (0)
F	T	T	T (4)
F	T	F	F (0)
F	F	T	F (0)
F	F	F	T (8)

注) T は真, F は偽をあらわす。括弧内の数字は、課題において与えられた事例の数の内訳をあらわす。

け出すことであった。すべてのテストは、どの薬品に対してもいつでも実行可能であった。また、過去の全テスト結果は、いつでも画面上で確認できた。被験者のオペレーションは全てマウスを使ってなされた。

被験者が発見するべき規則は、「 p と q のいずれか一方のみが真ならば、そのときに限り r も真」という関係であった。これは排他的選言 (exclusive disjunction) をあらわすための記号“ \oplus ”と、実質等値 (material equivalence) をあらわす記号“ \leftrightarrow ”を用いて以下のように書くことができる。

$$p \oplus q \leftrightarrow r \quad (1)$$

排他的選言とは、通常の選言 $p \vee q$ から $p \wedge q$ を排除し、 p か q の一方のみが真になることしか許さないものである。この式を連言と選言を用いた通常の論理式であらわすと、やや複雑だが以下のようになる。

$$(p \wedge q \wedge \neg r) \vee (p \wedge \neg q \wedge r) \vee (\neg p \wedge q \wedge r) \vee (\neg p \wedge \neg q \wedge \neg r) \quad (2)$$

よく見ると、この論理式は p, q, r を任意に入れ換えても成立することがわかる。すなわち、3つの述語は論理的に可換である。つまり、こ

の関係は「 r と p のいずれか一方のみが真ならば、そのときに限り q も真」などのように言い換えることも可能である。この論理的可換性はこの論理式の真理値表（表 1）を見た方がわかりやすいかも知れない。これは、 p, q, r の 3 つのうち「真の命題が 0 個または 2 個の場合に限り真」という関係になっていることがわかる。なお、表 1 の規則の真理値の横に書かれている数値は、課題において与えられた事例（全 24 個の薬品）の数の内訳である。

この規則を課題に選んだ理由は 2 つある。第 1 に、すべての命題がお互いに論理的に可換であることが望ましかったことである。そうすることにより、論理的には可換であるにも関わらず、動機づけや目的などに依存して、方向性の異なる規則が形成されるかどうかを調べることができるからである。第 2 に、規則の表現のしかたにある程度のバリエーションを許すような適度な複雑性を有する規則が望ましかったことである。あまりにも単純な関係では、表現にバリエーションが生じにくいと思われたからである。

手続きおよび実験計画 課題事態の方向性の強さを異にする次の 3 条件を設定した。まず、テスト r に対する強い方向性を与える条件 S では、被験者は、テスト r についてのみ、その実行前に毎回テスト結果を予想することが求められ、さらに、予想が当たった場合に限りスコアが与えられた。ただし、スコアを報酬に換算したり、ランクづけしたりするようなことはしなかった。次に、テスト r に対する弱い方向性を与える条件 W では、被験者は、テスト r の実行前に毎回テスト結果を予想することのみが求められた。実験においてスコアは扱われず、予想が当たっても当たらなくても関係なかった。最後に、テスト r に対する方向性を付与しない条件 C（統制条件）では、テスト結果の予想などはどのテストについても一切求められなかった。

被験者は、規則の発見過程において、3 つの属性 p, q, r の関連性について、どんなことでも気づいたことがあれば、逐次それを口頭で述べるように教示された。実験者は、規則に関する被験者のすべての発話（プロトコル規則と呼ぶ）をその場で記録用紙に記録した。課題実行中の発話はすべて録音された。被験者は、24 種類の全ての薬品に対して全てのテストを実行し終えた時点で、いつでも課題を終了することが可能な状態になった。その後もテストを繰り返したり、過去の結果を確認することは自由で、課題をいつ終了するかは被験者が自分の意思で決定した。課題終了後、被験者は最終的に見つけ出した論理的規則（最終報告規則と呼ぶ）を質問紙に記入した。その後、論理的関係の理解度の確認のため、真理値課題を行った。真理値課題では、まず、 p, q がいずれも陽性のとき、 r のテスト結果がどうなるか（陽性 / 陰性）を予想し記入した。同様に、 p, q の陽性 / 陰性の全組合せ（4 問）に対する r の結果、ならびに、 p と r から q の予想、 q と r から p の予想（各 4 問）も回答した（全 12 問）。

被験者 北海道内の大学生 37 名が被験者として実験に参加した。各被験者は、条件 S, W, C のうちのいずれか 1 つにランダムに割り当てられた。実験手続き上の不備のあった 3 名を除いた結果、条件別の人数は、条件 S, W, C の順に 11, 12, 11 人となった。なお、論理学を専攻する学生は被験者の対象外とした。

結果

課題中では、化学の模擬実験に相応しく、 p, q, r の各属性には「陽性 / 陰性」という表現が使われたが、以下では、論理的関係を問題にするため、被験者の回答例も含め「真 / 偽」という表現に統一して述べる。

規則のカテゴリー化

方向性によって形成された規則（最終報告規則・プロトコル規則）をカテゴリー化するために、まず、以下の4つの規則カテゴリーを定めた。

1. r 方向規則: 属性 r の単独方向に向かう形をした規則。

[例] 「 p が真で q が偽ならば、 r は真」

2. p/q 方向規則: 特定方向への方向性を持つ規則のうち、 r 方向規則を除いた規則。このカテゴリーには、 p または q の単独方向に向かう規則と、2 方向 (r を含むかどうかは不問) に向かう規則が含まれる。次の例は、 r を含む 2 方向 (q と r) に向かう規則の例である。

[例] 「 p が真のとき、残りの 2 属性 (の真偽値) は異なる」

3. 不特定方向規則: 属性を特定しないが、方向性を有する規則。

[例] 「2 つ (の性質) とも真のとき、残りは偽」

4. 無方向規則: 方向性を持たない規則。

[例] 「3 つ (の性質) とも真のものはない」

ただし、実際には、1 つの規則が複数の文からなる場合（場合分け形式など）や、同一内容を別の表現で言い換えたりする場合（わかりやすさなどのため）がある。そのようなとき、規則の各部分がすべて同一の規則カテゴリーに分類されるならば問題はないが、部分によって分類カテゴリーが異なる場合、その規則をどのように分類するかという問題が発生する。そのような場合の分類基準について、以下で実例に即して説明する。いま、以下のような規則（被験者 S01 の最終報告規則）を考えてみる（数字は筆者による）。

「 p と q が両方とも偽の場合は r も偽で (1)、 p と q のどちらかが真だと r は真 (2)、

p と q の両方が真のときは r は偽 (3)、3 つとも真になることはない (4)。つまり、偽が 3 つか、あるいは真が 2 つと偽が 1 つのパターンになる (5)。」

この場合、これらすべて合わせて 1 つの規則についての言明だと考えられるが、(1)、(2)、(3) は r 方向規則、(4)、(5) は無方向規則である。内容を考えると、(1)–(3) は場合分けになっているので 3 つで 1 組と考えられる。また、(4) は (1)–(3) の補足であるので、これも含めて 4 つで 1 組と考えることもできる。一方、(5) は (1)–(4) の言い換えと考えられる。

このような言明を、 r 方向規則または無方向規則のいずれか一方に分類しようとするのは無理があるだろう。そこで、部分規則の構成に応じて重みをつけた得点を定義することにより対処することにした。例えば、この規則の場合、大きく (1)–(4) と (5) の 2 つの部分に分けられる。まず、(5) の部分は無方向規則なので、無方向規則に 1/2 点を与える。次に、(1)–(4) の部分であるが、(4) は (1)–(3) の補助と考えられるので、重みづけには関与しないものとする。(1)–(3) はすべて r 方向規則なので、 r 方向規則に残りの 1/2 点を与える。よって、この規則は、 r 方向と無方向、1/2 ずつの重みを持つことになる。こうして、報告された個々の規則に、和を 1 とするような各規則カテゴリーの重みつき得点を与えた。このような得点を加重頻度値 (weighted frequency score; WFS) と呼ぶことにする。一般的な WFS の割り当て基準については、付録に記した。被験者の最終報告規則とプロトコル規則について、条件別に、このような WFS に基づく各規則カテゴリーの頻度を求めた。

最終報告規則

最終報告規則を報告できなかった被験者はいなかった。しかし、条件 W の 1 人 (W08) は、

論理的規則と言えるほど明確な内容を持つ規則を報告できなかったため、以下の最終報告規則に関する分析に限り分析対象から除外した。

最終報告規則がどの規則カテゴリーに分類されたか、その WFS に基づく割合が条件別に図 1 に示されている。この図を見ると、条件 S, W においては多く（40% 前後）見られる r 方向規則が、条件 C（統制条件）では全く見られないことがわかる。一方、条件 C では、他の条件より多くの無方向規則が見られる（約 70% vs. 50%）。条件 C の r 方向規則の頻度が 0 であることから、条件 C を基準とする各条件の規則頻度分布の偏りの検定は不可能なので（ χ^2 値が無大となるため）、条件 S-W 間のみにおいて分布の偏りを見たところ、有意差は見られなかった、 $\chi^2(2, N = 23) = 0.188, p = .66$ 。これより、 r 方向規則の頻度は、条件 C-S, C-W 間にはそれぞれ明らかな違いがあるが、条件 S-W 間には違いがないと言える。

以下では、最終報告規則のいくつかの具体例（いずれも論理的に正しいもの）を紹介する。まず、 r 方向規則の典型例は次のようなものである（以降の括弧内は、いずれもその規則を生成した被験者の番号）。

「 p と q が違う性質ならば r は真、 p と q が同じ性質ならば r は偽」(W01)

この規則は、厳密には「ならば」を「ならばそのときに限り」とすべきで、その限りにおいては論理的に正しい。この規則の述語の区別をなくして一般化したと考えられるのが、次の不特定方向規則である。

「ある性質は、他の 2 つの性質が同じならば、異なるなら真」(W04)

次に、無方向規則の典型例は、次のような規則である。

「全部が真のものはない。どれも偽以外は、

2 つが真で 1 つが偽」(C03)

ここに挙げた規則はすべて論理的に正しく完全なものであるが、不完全な規則を生成した被験者もいた。例えば、「3 つの属性すべてが真のものはない」(C03) という規則は、それ以外に許される組合せがあることに言及していない、という意味で不完全である。しかし、生成した規則が不完全だからといって、論理的関係を把握していないことには必ずしもならない。言語化の過程における失敗もあり得るからである。論理的関係の理解度の測度として、最も客観的で信頼できるのが真理値課題の結果である。真理値課題の 12 問すべてに正解できたら、言語化された規則がたとえ不十分であったとしても、論理的関係の把握はなされていたと考えるべきであろう。真理値課題の全問正解者数は、条件別に、S: 10/11 人、W: 11/12 人（明確な規則を報告できなかった W08 を含む）、C: 10/11 人で、論理的関係は、条件を問わず全体によく把握されていたことがわかる。

プロトコル規則

最終報告規則と同様、各プロトコル規則についても WFS を算出した。ただし、プロトコル規則は、規則の形成過程において気づいたことを随時報告するものなので、1 つ 1 つは「不完全」な形式のものが多い。例えば、それまでに述べたいいくつかの規則と合わせて（それらを連言で結んで）はじめて完全な規則になるような（断片的）規則を述べる場合もあれば、時には、前言を撤回するような規則を述べる場合もある。このようなことから、規則のカウントに際しては、以下に述べるような注意が必要となる。

いま、「 p が真で q が真ならば r は偽」と報告したしばらく後で、「 p が真で q が偽ならば r は真」と改めて報告したケース (S07) について考える。おそらく、この 2 文は場合分けに相当

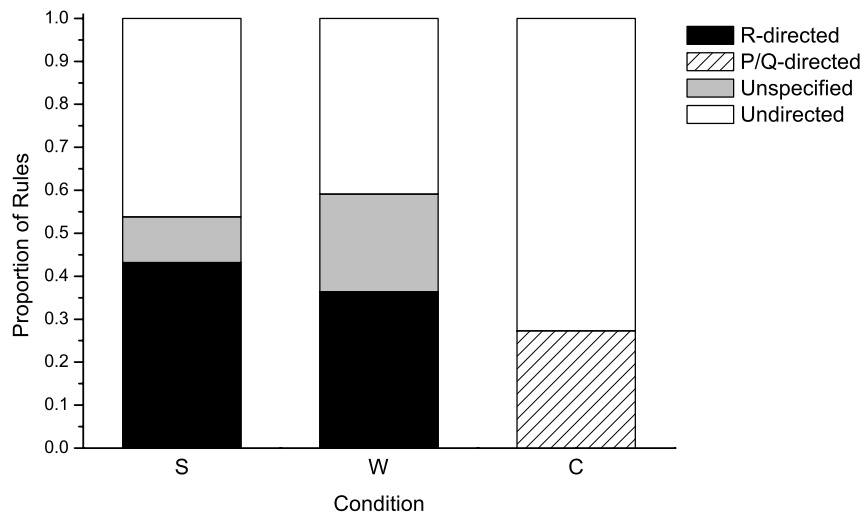


図 1. 最終報告規則の方向性による分類．縦軸は，各カテゴリーの規則が報告された割合（平均 WFS，本文参照）をあらわす．

し，ここで使われている「ならば」は「ならばそのときに限り（双条件）」の意味であろう．よって，これらは一連の言明であり，1つのまとまりとして扱うのが妥当，とする考え方もある．しかし一方で，これらを独立の条件文として解釈することも不可能ではない．このように，複数の言明の関係を特定しようとする時，どうしても解釈上の曖昧さが表面化し，実際問題かなり困難が伴う．しかし幸いにも，ここでは規則の論理的妥当性や無矛盾性などを確かめることが第 1 目的ではない．最も知りたいことは，形成された論理的関係が，どの程度（頻度）方向性を持つ表現で述べられる傾向があるかという点である．それならば，規則の形が整っている（＝完全な規則である）か否かに関わらず，その規則が方向性を持った言明によって述べられた以上，方向性を持った 1 つの「規則」として扱うべきと判断した．そこで，原則として 1 回の言明で述べられた規則は 1 つの規則とカウントし，それぞれについて WFS を算出し，それらを条件別に集計した．その結果が図 2 に示されている．

図 2 を見ると，まず，図 1 と同様，条件 C, W, S の順に方向性を持つ規則の数が増える傾向が見られ，方向性を持つ規則の帰納が動機づけによって促進されたことがうかがわれる．また，最終報告規則の分析では明らかにならなかった傾向として，条件 C（統制条件）において規則報告数が少ない傾向が見られ，課題事態に方向性が付与されたことによって，規則獲得そのものも促進されたように見える．

まず，生成規則の総数の条件間の差を一元配置分散分析により調べたところ，条件間に有意差が見られた， $F(2, 31) = 3.20$, $MSE = 6.62$, $p = .05$ ．Dunnnett の多重比較により条件 C との差を見たところ，条件 S, W のいずれも有意傾向を示した（10% 水準）．このことから，課題事態における方向性は，規則獲得自体を促進する傾向があると言える．

次に， r 方向規則の WFS の条件間の差を確かめたところ，有意差が見られた， $F(2, 31) = 8.31$, $MSE = 4.62$, $p < .01$ ．多重比較（Dunnnett 法）の結果，条件 S, W のいずれも条件 C との間に 1% 水準の有意差が見られた．なお，他の規則

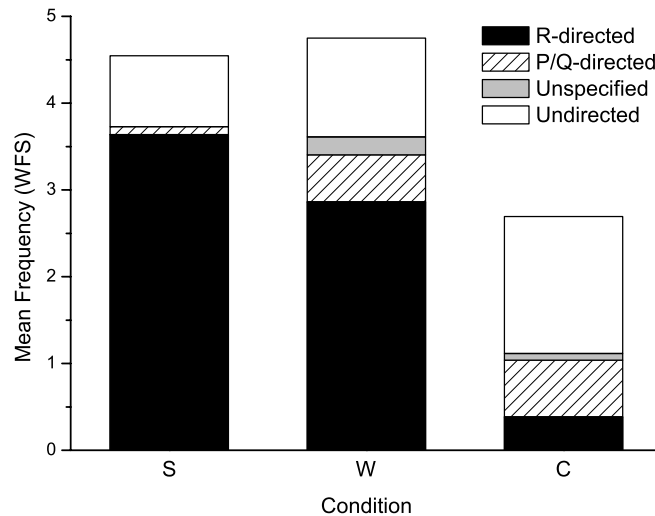


図 2. プロトコル規則のカテゴリー別頻度 .

(p/q 方向, 不特定方向, 無方向)については, いずれも有意差は見られなかった .

図 2 を図 1 と比較すると, 特に条件 S において無方向規則が少ないことに気づく . そこで, プロトコル規則に比べて最終報告規則では無方向性規則が増えたかどうか確かめるため, 便宜的に, 以下のように被験者毎に「無方向規則得点」を定め, 対応のある一元配置分散分析を行った . プロトコル規則については, 被験者毎に無方向規則の平均 WFS を求め, それを各被験者の得点とした . 最終報告規則については, 無方向規則の WFS をそのまま各被験者の得点とした . 分析の結果, 条件 S のみにおいて有意傾向が見られた, $F(1, 10) = 3.92$, $MSE = 0.0618$, $p < .10$.

考察

最終報告規則についても, プロトコル規則についても, 規則に係る 3 つの属性のうち, 特定の 1 属性への方向性が付与された条件 S および条件 W においては, その方向に一致する方向性の規則が多く生成された . このことが

ら, 課題において, 動機づけや目標などの方向性が示された場合には, その方向性に沿った規則が圧倒的に形成されやすいことがわかる . ただし, この課題で与えられた方向性というのは, 単にテスト結果を予測させるというだけで, 予測が当たっても外れても報酬も罰も一切ない, 単純な (弱い) ものであった . それにも関わらず, 方向性の存在する場合としない場合では, 劇的な差が見られた . このことは, 人間が, 日常生活において, 目標, 予測, 動機づけなどによって規定される認知的方向性を用いて関係性の把握や推論を行っていることの裏づけと考えられる . なぜなら, 日常的に当たり前利用している方略だからこそ, 小さなトリガーによって容易に起動したと考えられるからである .

さらに言えば, 認知的方向性は, 規則帰納において, 何らかのヒューリスティクスを促進するよう機能した可能性もある . 方向性を与えた条件 S, W において, 統制条件よりも多くのプロトコル規則が報告された . このプロトコル規則の報告数の増加は, 単に, 動機づけによって認知的活動水準が上がったために生成規則

が増加したと捉えることも可能であるが、最終的に帰納された論理的関係の到達レベルに条件間差がなかった（真理値問題のパフォーマンスは皆優れていた）ことを考え合わせると、この説明には疑問が残る。むしろ、認知的方向性によってある種の方略（ヒューリスティクス）が促され、それが規則性に関する小さな発見を促すしくみを内在していたためにプロトコル規則が増加した、と考えるのが妥当ではないだろうか。方向性を与えることが規則形成を容易にするとすれば、それは、少なくとも、現実的な課題解決場面において認知的方向性が活用されているからだとすることはできるだろう。

条件 S では、最終報告規則は、プロトコル規則に比べて無方向規則が多い傾向にあった。これは何を意味しているだろうか。最終報告規則に関する分析において、各種規則の典型例を見たが、いずれも論理的には正しいものの、 r 方向規則より不特定方向規則や無方向規則の方が一般性が高い規則のように見受けられた。その理由は、おそらく、 r 方向規則が述語を特定している（ p, q から r を導く形になっている）のに対して、不特定方向規則や無方向規則は、どの 2 つの性質からも残りの 1 つを導くことが容易な形になっていたからであろう。まだ論理的関係の理解が深まっていない段階で報告されたプロトコル規則においては、事例に即した特殊な規則が報告されることが多かったと思われる。しかし、最終段階になって、より関係性の理解が深まって全体像が見えてきたとき、より一般的な形で規則を報告するのが好まれたと考えることができるだろう。これら 3 つの性質は、元来、論理的には互いに可換なのだから、関係性の理解が深まるにつれ、そのことも意識されて然るべきであり、その結果、それが取り込まれた形に規則が修正されたと考えられる。つまり、関係性についてのより深い理解が、規則の一般化を引き起こす、と言えるだろう。こ

のような一般化が起こる理由は、より一般的・汎用的な規則ほどその規則の適用範囲が広く、（ある程度までは）より役に立つ規則になるからだと考えられる。

一般的考察

本実験の結果から、事例から規則を発見する際に、動機づけなどによる方向性が課題事態に付与されることにより、発見される規則も方向性を持ったものになることが示された。このことは、知識は、それが獲得される時点において、既に目標に適合するよう構造化が行われている可能性を示唆している。同時に、プロトコル規則の数についての結果から、認知的方向性を持つことが、規則発見の効率の観点から有利に働く可能性が示唆された。この 2 つを考え合わせると、われわれの知識の多くは方向性を持ったものである可能性が高いと言えるかもしれない。規則帰納の促進という現象として観察されたように、もし、認知的方向性が有用なヒューリスティクスを提供するならば、それが有用であればあるほど、それに伴う知識の方向性も堅固なものであろう。さらに発展的には、この問題は、いわゆる目的教育と教養教育の教育効果に関する議論にもつながるだろう。すなわち、強い目的を伴った教育によって獲得された知識と、そうでない知識とでは、知識構造自体が異なると同時に、教育効果も異なる可能性がある。そうだとすると、今後はこのようなことを踏まえた上での教育方法に関する議論が必要になるだろう。

事例に基づく局所的規則ばかりでは、規則の数が増える一方なので、人は、一般化可能なものを一般化することによって、メモリ占有量を押さえ記述量の爆発を防いでいると考えられる。また、一般化した方が規則 1 個あたりの利用可能性も高まり、単位スペースあたりのメモリ利用効率も高まると考えられる。同時に、一般化

への指向性は、別の観点からも捉えられる。本実験において見られた一般化は、論理的等価性を保ちつつ方向性を除去したものであったが、通常、一般化の推論（帰納推論）においては、論理的妥当性が保持される保証はなく、だからこそ、意味論的情報 (Johnson-Laird & Byrne, 1991) を増やす可能性を持っていると言える。このような規則一般化の傾向は、低エントロピー指向性 (服部, 2002) によって説明できよう。つまり、本実験において、 r 方向規則が無方向規則へと一般化される傾向がみられたのは、規則のエントロピーを減らそうという一般的傾向である低エントロピー指向性の一環と捉えることも可能である。

一般性・汎用性の観点からみた r 方向規則と無方向規則の関係は、服部 (2000, 2002) によって実験的に調べられた含意形式と選言形式の関係に類似していることに気づく。選言形式は方向性を持たず汎用的ゆえ、この形式の知識は全体的に高い推論パフォーマンスをもたらした。しかし、日常生活において汎用的な選言形式が含意形式ほど広く受け入れられていないのは、含意形式に相対的なメリットが存在するからだと考えられる (服部, 2002)。一方、上で論じたように、 r 方向規則は、理解が深まるにつれ、むしろ汎用的な無方向規則へと変形される傾向にあった。これらの規則の間の対応関係はどうなっているのだろうか。より汎用的な規則を好む一般的傾向があるとすれば、それにも関わらず、日常生活において汎用的な選言形式が採用されにくいのはなぜだろうか。

ここでは、考えられる説明をいくつか示しておきたい。第 1 には、日常生活において受容度の高い形式（含意形式）と、分析的課題解決において好まれる形式（無方向形式）が、必ずしも一致する必要はないということである。Evans ら (Evans, 1993; Evans & Over, 1996) および Stanovich (1999) による 2 種類の合理性に

対応して、認知的処理過程も二重化されているという仮説が複数の理論家たちから出されている (例えば、Evans, 1989; Sloman, 1996)。Stanovich (1999) は、それらの理論の特徴をまとめて、自動的で計算容量が少なくて済むヒューリスティック過程であるシステム 1 と、制御された分析的知性を実現するシステム 2 に分類している。日常生活では、大半の処理がシステム 1 によってなされるだろう。日常言語（口語）において、少しでも不要・冗長な表現が極力省略されるのと同様、多くの場合に順方向の推論しか必要ないのであれば、少しでも効率のよい含意形式が好まれると言える。反対に、本実験のような分析的課題においては、システム 2 が大きな役割を果たすだろう。そこでは、分析が進むにつれ、表面的に効率な形式から課題解決に適した汎用的な形式へとシフトが生ずると考えることができる。

第 2 には、服部 (2000, 2002) で扱われた規則は条件文規則であったが、本実験で扱ったのは双条件的規則であったという違いである。含意形式と選言形式は認知的に非等価とされた (服部, 2000) が、例えば r 方向規則と無方向規則は認知的に非等価であろうか。それに答えるには、これらの規則を使った推論のパフォーマンスの違いを見る実験を組む必要がある。しかし、仮にこれらが認知的に非等価だとしても、条件文規則をベースにした含意-選言形式間の認知的距離と、双条件文規則をベースにした r 方向-無方向規則間の認知的距離を比べると、前者の方が大きい可能性がある。つまり、 r 方向規則と無方向規則は認知的距離が小さいため比較的パラフレーズしやすいが、含意形式と選言形式は認知的距離が大きいためそれが起りにくいかもしれない。これは現段階においては想像にすぎないが、認知的方向性が推論において非常に重要な要素であって、かつ含意形式のみが認知的方向性と密接に結びついているとすれ

ば、これらの形式間の認知的距離が大きくなることは十分に考えられる。

第3には、これまで選言形式は汎用的であるということを前提として話を進めてきたが、この前提が誤っている可能性がある。選言形式を汎用的とした根拠は、服部(2000)が示したような、「どのような前提に対しても、論理的に正しい答えを導出しやすい」という実験結果であった。これは例えば、“ $p \rightarrow q$ ”(実際には“ $\neg p \vee q$ ”)と“ q ”から、すばやく「何も言えない」という結論を導き出すことができるというようにことを指す。しかし、現実的には「何も言えない」というよりは、「おそらく p 」というのが正しく、かつそういう解が現実的に役に立つ(Hattori, in press)とすれば、論理的な正解を出さない方がむしろ適応的だということになる。そうだとすれば、選言形式は、汎用的というより、むしろ適応的合理性の観点からは、弊害(ある種の適応障害)を引き起すとさえ言えるだろう。

以上のうち、第2の観点、すなわち条件文の特有性の問題は、条件文規則をベースとした規則帰納課題(例えば、服部, 2001)によらなければ結論を出すことはできないだろう。よって、このような方向の研究が、今後一層望まれる。また、第3の観点、すなわち適応的合理性の観点から見た条件文推論の問題は、環境の構造を含めた適応的合理性の理論的分析の問題に行き着くだろう。つまり、適切な認知のためには何が計算されるべきかを、環境の構造から明らかにしようとするアプローチ(Anderson, 1990)が重要になると考えられる。

引用文献

- Anderson, J. R. (1990). *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, J. St. B. T. (1989). *Bias in human reasoning: Causes and consequences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, J. St. B. T. (1993). Bias and rationality. In K. I. Manktelow & D. E. Over (Eds.), *Rationality: Psychological and philosophical perspectives* (pp. 6–30). London: Routledge.
- Evans, J. St. B. T., & Over, D. E. (1996). *Rationality and reasoning*. Hove, UK: Psychology Press.
- 服部 雅史. (2000). 問題解決としての論理的推論 — 条件文の方向性に関する実験的検討. 『立命館教育科学研究』, 16, 21–32.
- 服部 雅史. (2001). 因果帰納の二要因ヒューリスティックス・モデル. 『認知科学』, 8, 444–453.
- 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.
- Hattori, M. (in press). A quantitative model of optimal data selection in Wason's selection task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*.
- Hattori, M., & Nakagawa, M. (1996). A new experimental method to identify the process of logical reasoning. *Japanese Psychological Research*, 38, 74–84.
- 服部 雅史・中川 正宣. (2001). 条件文推論の学習過程 — 論理的推論学習支援システムに向けての実験的研究. 『日本教育工学雑誌』, 25, 1–12.
- Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 中川 正宣. (1990). 問題解決の学習過程 — コンピュータシミュレーションを用いた模擬実験. 『日本教育工学雑誌』, 14, 1–12.
- Slooman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin*, 119, 3–22.
- Stanovich, K. E. (1999). *Who is rational? Studies of individual differences in reasoning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

付録：加重頻度値 (WFS) の定義

まず、ある内容が2つ以上の表現 (e_1, \dots, e_n) によって「言い換え」られていれば、各表現 e_i の WFS, $s_i = 1/n$ ($i = 1, \dots, n$) とする。次に、 e_i が「場合分け」(c_{i1}, \dots, c_{im} ; 原則として互いに排反)を含んでいれば、 s_i をさらに m 等分し、各 c_{ij} の WFS, $s_{ij} = 1/nm$ ($j = 1, \dots, m$) とする。場合分けの中に、さらに言い換えや場合分けがネストしている場合は、同様の手順を再帰的に繰り返す。場合分けの最小単位の規則が、「かつ」や「または」によって結合された2つ以上の命題から構成される場合は、場合分けに準じてさらに WFS を分割する。こうして規則を最小単位の規則に分割した後、各表現に配分された WFS を、その規則の属するカテゴリーに対応づける (WFS をカテゴリー化する)。各段階において、補助的のみなされる規則が見つければ、その都度 WFS の配分対象からはずす。

なお、上記の言い換えに関して、完全な言い換えではなく、一方がもう一方を含む「包含関係」になっている場合も、原則として、言い換えの特殊な場合と見なす。例えば、「全部が真のものは1つもない。3つとも偽以外は2つが真で1つが偽」(被験者 C03 のプロトコル規則) という言明の場合、前者と後者は完全に一致しない (完全な言い換えではない) が、これも言い換えの特殊な場合とみなす。