

ルールの関係構造が操作的思考と発見的推論に及ぼす影響

—カテゴリールールと属性ルールを比較して—

工藤 与志文

カテゴリールールとはカテゴリー間の包含関係を示すルールであり、属性ルールとは適切属性間の連合関係を示すルールである。本研究の目的は、これら2つのルールの学習を比較することにより、ルール学習に及ぼすルール命題の関係構造の影響を検討することであった。実験において、金属概念に関する2種のルールが教授され、それぞれのルールが学習者の操作的思考および発見的推論に及ぼす影響が検討された。その結果、①属性ルールはカテゴリールールよりも操作可能性が高いこと②属性ルールの教示はカテゴリールールによる課題解決を促進すること③属性ルールの教示はカテゴリー外の対象に関する発見的推論を促す可能性のあることが示された。

キーワード：ルール学習、カテゴリーの包含関係、属性の連合関係、操作的思考、発見的推論（アブダクション）

問題と目的

近年、ルール命題表象に対する操作的思考が学習に及ぼす影響を取り上げた研究報告が増えている（工藤, 2005; 麻柄, 2008, 2009; 進藤・麻柄, 2009; 立木・伏見, 2008）。従来のルール学習研究では、教示する際に用いる事例の効果に着目した研究が多かった（工藤, 2002）。これに対し、最近の研究では、ルール命題そのものを学習者がどのように表象し、それをどのように操作して課題解決にあたるかという点に興味の関心が移ってきたものと言えよう。

工藤（印刷中）は、ルール命題に対する操作的思考を分類整理する枠組みを提案している。そこでとりあげているルールに、カテゴリールール (categorical rule) がある。カテゴリールールとはカテゴリー間の階層関係に関する情報を提供するものである (Holland, Holyoak, Nisbett, & Thagard, 1986)。たとえば、「金属は電気の良い導体である」というルールは「金属」というカテゴリーと「電気の良い導体」というカテゴリーの間に階層関係があること、さらに金属カテゴリーは電気の良い導体カテゴリーに含まれることを意味している。このように、カテゴリールールが与える情報は基本的にカテゴリー間の包含関係であると見て良い。

工藤（印刷中）はカテゴリールールの学習の際、ルール命題に対して次に示すような操作的思考が

可能であると論じている。まず説明の便宜上、カテゴリールール的一般的表現を示す（〔 〕に示すのはその言語的表現の例である）。

(1) $A(1) \rightarrow B(1)$ [カテゴリー A に属するものはカテゴリー B に属す]

このうち、A と B はそれぞれ別種のカテゴリー名を意味し、数値1はそれぞれのカテゴリーに属することを示す変数値である（0ならば、カテゴリーに属さないことを示す）。たとえば、 $A(1)$ は、カテゴリー A に属するものの集合であることを示している。変数を含んでいるので、これを「変数項」とする。また、 \rightarrow は含意記号であり、二つの変数項の関係を表しているので、「関係項」とする。カテゴリールールにおいて示される「関係構造」は含意関係すなわち集合包含関係である。

さて、論理操作により、命題(1)から命題(2)を導くことが可能である。

(2) $B(1) \rightarrow A(1)$ $A(0) \rightarrow B(0)$ $B(0) \rightarrow A(0)$

論理学ではそれぞれ「逆命題」「裏命題」「対偶命題」と称するものであるが、操作のあり方に着目して整理すれば Table 1 に示すように関係操作および変数操作のうちのいずれか、あるいは両方によって導かれる命題である。たとえば、「金属は電気の良い導体である」というルールは命題(3)のように表現可能である。

(3) 金属(1) \rightarrow 電気の良い導体(1)

この命題に上記の論理操作を加えて別種の命題を導くことができる。

(4) 電気の良い導体(1) \rightarrow 金属(1) [電気の良い導体は金属である]

(5) 金属(0) \rightarrow 電気の良い導体(0) [非金属は電気の良い導体ではない]

(6) 電気の良い導体(0) \rightarrow 金属(0) [電気の良い導体ではない物質は非金属である]

Table 1 カテゴリールールにおける論理操作

命題	記号表現	操作	読み方
原命題	$A(1) \rightarrow B(1)$	-	A のなかまは B のなかまである
逆命題	$B(1) \rightarrow A(1)$	関係操作(関係項の方向の逆転)	B のなかまは A のなかまである
裏命題	$A(0) \rightarrow B(0)$	変数操作(変数項の値の逆転)	A のなかまでないものは B のなかまでない
対偶命題	$B(0) \rightarrow A(0)$	関係操作 + 変数操作	B のなかまでないものは A のなかまでない

工藤(印刷中)より引用

これらの操作により、与えられたルール命題から新たな情報を引き出すことができる。たとえば、関係操作(逆命題の導出)により、命題の後件カテゴリー(電気の良い導体)について、それが金属であるかもしれないという予想が引き出される。また、変数操作(裏命題の導出)は前件カテゴリーの補集合(非金属)について、それが電気を通さないかもしれないという予測を可能にするのである。これらの操作を行って様々な情報を引き出し、その妥当性を吟味することを通じて、ルール命題に表現された包含関係の理解が進むものと思われる(工藤, 印刷中)。しかしながら、ルール命題とその事例を教示するだけではこの種の操作的思考が活発におこなわれないこと、またそれによりルール学習の成果が制限されたものになることが、様々な研究で明らかにされている(工藤, 2003,

2005; 麻柄, 2009; 進藤・麻柄, 1999; 立木・伏見2008)。

さて前述のように、カテゴリールールはカテゴリー間の包含関係に関する情報を提供するものであった。ある概念について学ぶということは、当該概念と他の概念との関係を学ぶことに他ならず、カテゴリールールの学習がその中核になるのは当然のことである。しかしながら、我々がルールにもとづいて思考する場合、カテゴリールールのみを用いているわけではない。近年、多くの認知研究者により、認知機能の二重過程理論が提唱されるようになってきている (Evans, 2005; Kahneman & Frederick, 2002; Sloman, 1996, 2002; Stanovich, 2004 椋田訳 2008)。この理論は、論理分析的な推論システムと連合的な推論システムという2つのシステムの存在を仮定し、その相互作用によって認知機能を説明するものである。たとえば、Sloman (1996, 2002)によると、推論システムは「連合型システム (associative system)」と「ルール型システム (rule-based system)」に大別される。連合型システムとは環境における特性間の頻度や相関関係といった統計的規則性に基づく推論システムである。その作動原理は刺激間の類似性や時間的近接性であり、推論は過去経験によって形成された連合関係に関する知識の再生による。一方、ルール型システムは、記号操作によって作動する推論システムである。「教育」のようなフォーマルなシステムによって形成される因果的・論理的・階層的関係に関する知識に基づき、過去経験の再生を越えた生産的かつ体系的な推論を可能にするという。先に言及した Holland et al. (1986) も、カテゴリールールとは別に、非階層的関係にある概念の間に成立するルールとして、「連合ルール」(associative rule)について言及している。連合ルールとは概念間の連合(連想)関係を示すルールであり、ある概念が別の特定の概念を想起させるといった関係性を示すものである。彼らが挙げている例は「イヌはネコとホネの両方と連合している(連想させる)」といった類のものにすぎないが、日常生活において行動を決定したり、予測を行った際には多くの連合ルールが用いられているものと思われる。たとえば、「赤信号は止まれ」というルールが示す関係はなんら階層的なものではなく、信号の色と行動命令を連合させたものである。同様に、「夕焼けは晴れ」というルールは、天気を予測するため連合ルールであり、夕焼けが見られることと次の日に晴れることの間に関係があることを示しているにすぎない。

本研究の興味を中心は、概念(カテゴリー)の学習においても、連合関係に関する知識が重要なはたらきをするのではないかということである。次に、この点について説明してみよう。我々は「金属」というカテゴリー名を与えられると、「固い」「重い」「さわると冷たい」「電気を通しやすい」「ピカピカ光る」「電子レンジに入れると火花が飛ぶ」といった様々な属性を思い出すことができる。もちろん、特定カテゴリーの適切属性に関する知識は基本的にカテゴリールールとして表現可能である。たとえば、「金属は電気を通しやすい」というルールは、2つのカテゴリーの関係を示すルールに容易に書き直すことができる(すなわち「金属は電気の良導体である」)。その一方で、これらの適切属性をカテゴリー名を介さずに互いに関連づけることも可能であり、かつこの種のルールは推論において重要な役割を果たすものと思われる。たとえば、何でできているのかわからない物質の中から電気を通しやすいものを探す場合、2つの適切属性を関連づけた「ピカピカ光るものならば電気を通しやすい」というルールは大いに役立つに違いない。このような場面での推論の背景にあるの

は、カテゴリーの包含関係というよりも、属性間に成立する連合関係に関する知識である。すなわち、ピカピカ光るという属性が存在するなら電気を通しやすいという属性も同時に見つかるであろうと期待するのであって、一方の属性を持つカテゴリーがもう一方の属性を持つカテゴリーを包含していることを想定して推論しているのではあるまい。つまり、属性どうしを関連づけたルールは、Holland et al. (1986) のいう連合ルールに近いものであるとみなすことができ、カテゴリールールと根本的に異なる種類に属するものと考えられる。

さて、このように連合関係に関する知識は様々な推論に用いられていると思われるが、概念の理解においても、適切属性の連合関係の学習は重要な役割を果たす可能性があると考えられる。たとえば、「ピカピカ光るものは電子レンジで火花が飛ぶ」というルールは2つの属性の連合関係、すなわちピカピカ光るという属性の存在が電子レンジで火花が飛ぶという属性の存在を想起かつ予想させるはたらきを持つ。さらに、「ピカピカ光る」という属性は「自由電子を持つ」という金属の本質的な特徴と関連している。そして、「電子レンジで火花が飛ぶ」という属性は、金属が電気を通しやすいから生じるものであり、さらに金属が電気の良導体であることは「自由電子を持つ」ことに由来しているのである。このように、「ピカピカ光る」と「電子レンジで火花が飛ぶ」という属性は、自由電子の存在という金属概念の本質的特徴を介して互いに関連づけうるのである (Figure 1 参照)。このように、適切属性の連合関係の学習が、当該カテゴリーの学習に促進的なはたらきをする場合のあることが予想される。以上のことから、本研究では適切属性間の連合関係の学習に着目し、属性間の連合関係をルール命題化したもの、すなわち、「属性ルール」(attributional rule) の学習効果を検討したい。

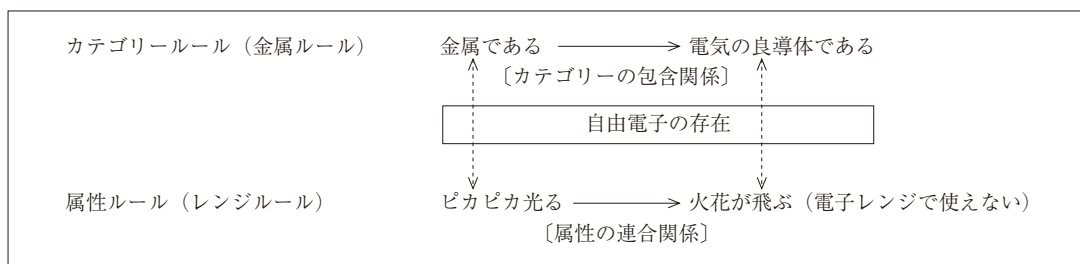


Figure 1 カテゴリールールと属性ルールの関係

通常、連合(連想)的な知識や推論は、その抽象性や論理性において一段低い位置におかれることが多い。論理的思考の育成を重視する教育場面においては、あまり注目されないのも当然といえよう。にもかかわらず、教育心理学の立場から連合関係の学習に注目するのは、いくつかの理由がある。第1に、属性ルールがカテゴリールールよりも高い操作可能性を持つと予想される点である。この仮説が成立する根拠として、属性ルールにはカテゴリールールのような「方向性」が示されていないということがあげられる。たとえば「金属は電気の良導体である」は、金属カテゴリーが電気の良導体カテゴリーの部分集合であることを意味する一方、電気の良導体カテゴリーが金属カテゴリーの

部分集合であることは含意しない。したがって、電気をよく通すことからその物質が金属であることを予想するのは、論理的に言えば誤りとなる。電気をよく通すが金属ではない物質が存在しうるからである。カテゴリールールの学習において、関係操作(逆命題の導出)や変数操作(裏命題の導出)といった操作的思考が生じにくいのはこの点に起因するものと考えられる。これに対し、属性ルールは集合の包含関係ではなく、一方の属性が存在するともう一方の属性が存在することを意味しているにすぎない。したがって、「ピカピカ光るものは電子レンジで火花が出る」ことを学べば、直ちに「電子レンジで火花が出るものならばピカピカ光っているはずだ」と考えるようになるだろう。これは関係操作に相当する。また、2つの属性の共変動関係を意味しているので、「ピカピカ光らないものなら電子レンジに入れても火花が出ない」という判断が容易に導かれるであろう。これは、変数操作の促進につながることになる。このように、属性ルールがカテゴリールールよりも操作可能性が高いという予想が確認されるならば、操作的思考が活発におこなわれぬという先行研究が指摘する問題点を改善する糸口がつかめるかもしれないのである。

第2に、属性ルールがいわゆる創造性や発見的な推論と関連していることをうかがわせる先行研究が存在する点が挙げられる。その一つが、ヒューリスティクス研究で注目されている「属性代用」(attribute substitution)である。属性代用とは、我々が不確実な状況において判断を下す場合に用いるヒューリスティクスの一般的な特徴であり、ターゲットとなる属性にアクセスが困難である場合、その属性と関連して容易にアクセス可能な別の属性(ヒューリスティック属性)を代用して、判断を下すというものである(Kahneman & Frederick, 2002, 2005)。たとえば、ある製品を電子レンジに入れてもだいじょうぶかどうか判断する場合、ピカピカ光る部分があるかどうかで判断したとするならば、電子レンジに入れると火花が飛ぶという属性(ターゲット属性)に関する判断を金属光沢という属性(ヒューリスティック属性)で代用したことになる。この例でもわかるとおり、ヒューリスティクスと呼ばれる発見的方法の背後には、ターゲット属性とヒューリスティック属性を結びつけた属性ルールによる推論が存在すると考えられるのである。

さらに前述の操作的思考とも関係するが、近年の「対称性バイアス」と創造性を結びつける議論(服部, 2008; 中野・篠原, 2008)との関連も注目される。対称性バイアスとは本論文でいう逆命題の導出による関係操作と関係があり、「AならばBである」を「BならばAである」と同義とみなすバイアスである。このバイアスは、通常の論理的規則を侵犯するものであり、誤った推論を導く。たとえば、「SはMである。MはPである。ゆえにSはPである」という妥当な三段論法の第2命題「MはPである」を対称性バイアスにより「PはMである」と同義とみなすならば、「SはMである。PはMである。ゆえにSはPである」という誤った推論が生み出される。その一方で、対称性バイアスについて、Mという述語の共通性からSとPの間に新たな類似性を発見することにつながるといった発見的価値を認める立場も存在する。たとえば、服部(2008)は、述語という共通の性質を手がかりに飛躍した対称性推論を行うことと創造性との関連を指摘している。また、中野・篠原(2008)は、Arietiの「述語的同一視」やPeirceの「アブダクション」を援用しながら、対称性バイアスに積極的な意義を見いだそうとしている。さらに、野内(2010)は主語を基軸にする「アリストテ

「レシオ的論理」ではカテゴリーに縛られるが、述語に焦点をあわせた推論はそれから自由である点を強調している。これらの指摘に見いだされる「述語」という表現を「属性」に置き換えてみるならば、属性の共通性にもとづいて、本来無関係なカテゴリーに属すると思われた事物の間に新たな関係を発見することと創造性との間に関連を認めることができるだろう。たとえば、「ポリアセチレンというプラスチックは金属光沢を示す。金属は金属光沢を示す。ゆえに、金属とポリアセチレンは同じである（似た性質を持っている）」という三段論法は論理的に妥当ではないが、金属とある種のプラスチックの共通性に関する仮説（ポリアセチレンも金属のように電気を通すかもしれない）を見いだすという発見的価値を持っている¹。仮に上記の推論を促すとすれば、属性の共通性や他の属性との共変動関係を気づかせるという意味で、適切属性を連合させたルールの学習は有効であると考えられる。

そこで本研究では、特定の概念を学習する際に、カテゴリー間の包含関係に関するルール（カテゴリールール）を教示される場合と、それに加え適切属性間の連合関係に関するルール（属性ルール）を教示される場合を比較し、各ルール命題の操作可能性を比較するとともに、属性の共通性にもとづく発見的推論に与える影響について検討することを目的とする。

実験 1

方法

実験参加者 私立大学の文系学生125名（E群67名、C群58名）である。

手続き E群およびC群用に作成された実験用冊子をランダムに配布した。冊子は解説文、操作課題Ⅰ、操作課題Ⅱ、発見的推論課題の順に構成されていた。解説文の読解と問題の解答は各自のペースにまかせた。回答時間は20分程度であった。

解説文 金属の共通属性（延性・展性、金属光沢、熱伝導性、通電性）を紹介し、金属がそれらの性質を有する理由を自由電子の存在で説明したものである。あわせて、自由電子と金属原子からなる金属の構造を図示した。E群用の解説文では、それに加えて金属製品が電子レンジで使えない理由を、自由電子の存在と通電性で説明し、金属が使われているかどうか見分ける方法として「ピカピカ光っているかどうか」をあげ、最後に「ピカピカ光るものは電子レンジに使えない」（レンジルール）でまとめた。C群用の冊子では、通電性と自由電子の関係を説明するにとどめ、電子レンジに関する情報は与えなかった。さらに両群用とも、金属、自由電子および属性の関係図を文末に示した。以上のように、両群の解説文とも金属カテゴリーに関する情報が中心であり、C群においては「金属は電気の良導体である」という金属ルールのみ焦点が当てられるのに対し、E群用の解説文ではそれに加えてレンジルールが提示されている点が異なる（Appendix 参照）。

操作課題Ⅰ ルール命題に対する関係操作、変数操作、関係＋変数操作がどの程度なされるか、測定する課題である。金属ルールの原命題およびそれぞれの操作を加えた命題を「予想」の形で提示し、「解説文の記述が正しいとすれば、それぞれの予想はどの程度当たると思うか」という質問について5件法で答えさせた。ルール命題の操作可能性が高いとすれば、原命題のみならず、操作を

加えられた命題についても高い妥当性評定値を与えるはずである。たとえば、逆命題に対して原命題と同様の妥当性評定値を与える人は、逆命題も原命題と同様に成立すると考えていることになり、関係操作を積極的におこなっていることを意味する。E群ではレンジルールと金属ルールについて、C群では金属ルールについてたずねた。なお課題では、「ピカピカ光る」という表現のあいまいさが判断に影響することを避けるため、「金属の部分がある」と言い換えた命題を用いた。具体的な命題は Table 2 に示す通りである。

Table 2 操作課題 I で用いたルール命題

金属ルール	「金属」であるならば、電気をよく通す物質だろう。(原命題) 電気をよく通す物質だとしたら、それは「金属」のなかまだろう。(逆命題) 「金属」でない物質は、あまり電気を通さないだろう。(裏命題) 電気を通さない物質だったら、それは「金属」のなかまではないだろう。(対偶命題)
レンジルール	金属の部分があるものだったら、電子レンジに入れたら火花が飛ぶだろう。(原命題) 電子レンジで火花が飛んだとしたら、金属の部分があるだろう。(逆命題) 金属の部分がないものだったら、電子レンジに入れても火花が飛ばないだろう。(裏命題) 電子レンジで火花が飛ばなかったとしたら、金属の部分がないだろう。(対偶命題)

操作課題 II 金属ルール命題に対して代入操作²がどの程度なされるのか、その可能性を測定する課題である。9種の金属製品(金属であることは明記)とプラスチック1種(したじき)に対し、電気をよく通すかどうかたずねた。

発見的推論課題 ポリアセチレンというプラスチックのカラー写真を示し、ポリアセチレンがアルミ箔のように金属光沢を示すことを説明した上で、その通電可能性についてたずねる課題である。具体的には、金属光沢を理由に通電性を示すという考えとプラスチックであるから通電性を示さないとする考えを併記し、どちらに賛成するか強制選択させ、その理由をたずねた。解説文では、金属光沢と通電性はあくまで「金属」の共通特徴として示されているので、それらの関係を金属カテゴリー外の物質に適用するためには、金属光沢という共通性からカテゴリーの異なる物質を結びつけるという、仮説形成的ないし発見的推論過程が必要であると思われる。

なお、これらの課題を解く際には、説明文を自由に参照してよいと指示した。

結果と考察

操作課題 I の結果 各命題の評定に「たいてい当たる = 5」から「たいていはずれる = 1」まで数値を割り振り命題ごとに平均値を算出した (Figure 2 参照)。その結果、原命題に対する評定値はルールによって差はなく、いずれも高水準であった。このことから、参加者たちは解説文に示されたルールそのものの妥当性は受け入れたものと考えられる。さらに操作された命題についてみると、金属ルールでは評定平均値が低下する傾向が見られるのに対して、レンジルールでは逆命題の低下が見られず、裏命題や対偶命題の低下が相対的に抑制される傾向があった。各命題ごとに、レンジルールと金属ルールの評定値を比較したところ、逆命題 ($t=3.96, p<.001$) および裏命題 ($t=3.66, p<.001$)

において有意差が認められた。以上の結果から、予想通りレンジルールは、金属ルールよりも操作命題に対する信頼度が高いことが示された。ちなみに、E群では金属ルールについても評定させたので、C群の評定値と比較したところ、逆命題においてC群の評定値が有意に高い ($t=2.10$, $p<.038$) という結果が得られた以外は有意差は認められなかった。このことから、レンジルールを教示した場合、同時に金属ルールの操作命題に対する信頼度が高まるわけではないことがわかる。

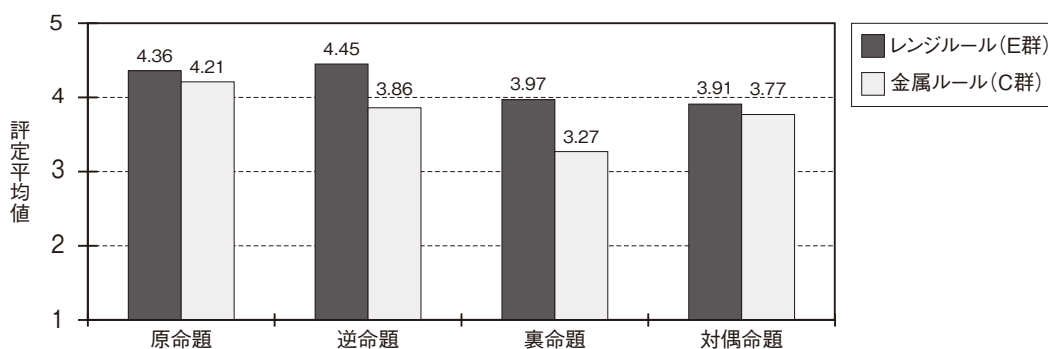


Figure 2 操作課題 I における平均評定値 (実験 1)

さらに、各命題の評定値の関係を検討するため、評定値間の相関係数を算出した (Table 3、4 参照)。その結果、E群ではレンジルール間のすべての組み合わせにおいて有意な正相関が確認された。これに対し、C群の金属ルール間で有意な相関がみられたのは、論理的に等価な「逆命題」と「裏命題」の間だけであった。以上の結果から、金属ルールの信頼度評定は命題の論理的等値性に拘束される傾向があるのに対し、レンジルールにおいてはその拘束が弱いことがわかる。さらにE群の金属ルールについてみると、原命題と逆命題、裏命題と対偶命題といった論理的に等値ではない組み合わせでも、有意な正相関がみられた。この結果は、レンジルールの教示が金属ルールに対する論理的拘束を弱める働きを持つことを示唆している。

Table 3 各命題に対する評定値間の相関係数 (E 群)

		レンジルール				金属ルール			
		原	逆	裏	対偶	原	逆	裏	対偶
レンジ ルール	原	-	.485**	.316**	.448**	.464**	.102	-.005	.372**
	逆		-	.509**	.407**	.089	.223	-.044	.106
	裏			-	.341**	.185	.169	-.091	.123
	対偶				-	.321**	.278*	.078	.180
金属 ルール	原					-	.292*	.225	.213
	逆						-	.539**	.180
	裏							-	.317**
	対偶								-

** p<.01, * p<.05

Table 4 各命題に対する評定値間の相関係数(C群)

		金属ルール			
		原	逆	裏	対偶
金属 ルール	原	-	.159	-.169	.186
	逆		-	.349**	.075
	裏			-	-.006
	対偶				-

** p<.01

操作課題Ⅱの結果 9種の金属それぞれに対して「電気を通す」と判断した者の割合を Figure 3 に示す。電気を通すと判断した金属数を得点とし、群ごとに平均値を算出すると、E群6.39点、C群5.93点であり、有意差は認められなかった。また、「電気を通す」と判断した者の割合が6割に満たなかった水銀、5円玉、ジュラルミンを「難事例」とし、その平均得点を算出したところ、E群1.63、C群1.22で実験群の得点が有意に高かった ($t=2.17, p<.05$)。レンジルールを教示した方が、通電性を認めにくい事例に対しても金属ルールを適用しやすかったといえる。なお、「プラスチックのしたじき」について電気を通すと判断した者はE群3名(4.5%)、C群2名(3.4%)にすぎず、ほとんどの参加者は非金属が電気を通しにくいことを認識していると思われる。

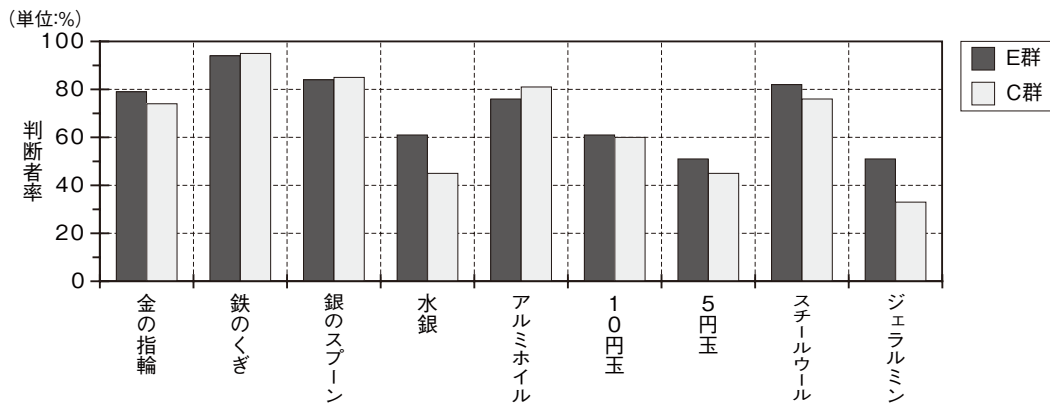


Figure 3 操作課題Ⅱにおいて「電気を通す」と判断した人の割合(実験1)

発見的推論課題の結果 ポリアセチレンの通電性を肯定する意見に賛成した者は、E群23名(34.3%)、C群16名(27.6%)にすぎず、しかも群差はなかった。多くの者はプラスチックであることを理由に通電性を認めようとしなかった。しかしながら、通電性を認めた場合でもその理由が不適切なもの(はじめから決めつけるのはよくない、金属のみが電気を通すとは書いていない、プラスチックにもいろいろある等)が含まれていたため、理由として金属光沢の存在を指摘した場合に限定したところ、E群18名(26.9%)、C群7名(12.1%)となり、この比率の差は有意であった ($\chi^2(1)=4.25, p<.05$)。レンジルールを教示した場合、金属光沢と通電性の関係を金属カテゴリーを越え

ルールの関係構造が操作的思考と発見的推論に及ぼす影響

て適用できた者の比率が相対的に高くなったといえる。

発見的推論課題と操作課題Ⅱの関連 金属光沢からポリアセチレンの通電を予想した25名(18名+7名)と予想しなかった100名に大別し、操作課題Ⅱの結果との関係をみたところ、予想した群の平均得点は7.16、予想しなかった群の平均得点は5.93であり、群差は有意であった($t=2.94$, $p<.01$)。さらに、9種の金属すべてに「電気を通す」と判断した者は予想した群では8名(32%)であったのに対し、予想しなかった群では11名(11%)であり、その差は有意であった($\chi^2(1)=6.84$, $p<.01$)。また、難事例に限定した場合でもそれぞれの平均得点は1.96と1.31であり、予想できた者の得点が有意に高かった($t=2.85$, $p<.01$)。このように、ポリアセチレンの通電性を予想した学習者は金属ルールの代入操作も積極的に行う傾向があった。すでに述べたように、ほとんどの参加者は普通プラスチックが電気を通さないことを認識している。このことと上記の結果を勘案するならば、ポリアセチレンに対して通電性を認めるという反応は、知識不足による不用意な一般化としてではなく、より積極的な意味を認めることが可能であると思われる。

討 論

実験1の結果より、カテゴリールールの妥当性評定値は、命題の操作によって低下するのに対し、属性ルールの場合は操作による低下が抑制されることがわかった。さらに、カテゴリールールの操作可能性は論理的等値性に拘束される傾向があるが、属性ルールでは拘束が弱いこともわかった。これらの結果は、属性ルールがカテゴリールールよりも操作可能性が高いという仮説を支持するものである。さらに、属性ルール教示の効果については、カテゴリールールの操作に対する論理的拘束を弱める効果を持ちうることやカテゴリールールの代入操作を促進する可能性が示唆された。さらに、属性の共通性にもとづいて当該カテゴリー外の対象との類似性を発見する可能性を高める効果もあることが示唆された。

実 験 2

実験1の結果から、ルールの関係構造が注目に値するものであることが示された。しかしながら、E群とC群の結果の違いをルールの関係構造の違いに帰すには、実験手続き上大きな問題がある。すなわち、解説文で与えられた情報の違いには、提示されたルールによるものだけでなく、属性ルールを提示するために与えられた付加情報の違いも含まれているからである。たとえば、電子レンジに関する情報は日常生活に関連する実用的な知識という点で、学習者の興味を特に引くものであったのかもしれない。このような解説文の文脈がレンジルールの操作可能性を引き出した可能性がある。逆に言えば、カテゴリールールのみを教示する場合でも、同様の文脈に置かれれば、高い操作可能性を示すのかもしれない。このような疑問に答えるためには、教示情報をより統制した形での実験が必要となる。その点を考慮して、実験2が計画された。

方 法

実験参加者 私立大学の文系学生68名(E群32名、C群36名)である。実験1の参加者と同じ大学に所属する学生であるが、実験1の参加経験者は含まれていない。

手続き 実験1と基本的に同じである。E群およびC群用に作成された実験用冊子をランダムに配布し、解説文の読解と問題の解答は各自のペースにまかせた。

解説文 金属の4つの共通属性を紹介し、それを自由電子の存在で説明したという点で、基本的な内容は実験1と同じである。ただし、いずれの解説文でも、なぜ金属製品は電子レンジで使えないのかという疑問に答えるために金属の性質を説明するという文脈で構成されている点が異なっている。E群用とC群用の解説文の相違点は、最後のまとめの部分だけであった。すなわちE群用では、金属が使われているかどうかは、金属光沢があるかで見分けることができることを述べ、「ピカピカ光るものは電子レンジに使えない」というレンジルールを提示してまとめた。一方、C群用では「金属は電気をよく通す」という金属ルールを提示して、「だから電子レンジに使えない」とまとめた。もっとも、どちらの解説文でも金属が電気をよく通すことが説明されているので、金属ルールに相当する内容は共通に含まれていることになる。E群ではそれに加えてレンジルールが明示されるが、C群用の解説文では、金属光沢と通電性の関係は明示されず、その関係が金属カテゴリーを介して暗示されるにとどまる点で異なる³。

操作課題Ⅰ 課題の内容は実験1と同一である。唯一異なるのは、レンジルールについてC群でもたずねた点である。

操作課題Ⅱ 課題の内容は実験1と同一である。

発見的推論課題 実験1の課題と同様、ポリアセチレンのカラー写真を示し、ポリアセチレンがアルミ箔のように銀色にピカピカ光っていることを説明した上で、その通電可能性についてたずねた。ただし、実験1で通電性を認める反応が少なかったことを考慮し、通常のテスト形式で質問するよりも多くの学習者がルールに基づいて回答するとされる「かけ事態」(麻柄, 2006)を採用した。具体的には、金属光沢を理由に通電性を示すという考えとプラスチックであるから通電性を示さないとする考えのどちらに賭けるか、強制選択させた。

操作可能性に関する結果の解釈 実験2では、いずれの群の解説文でも、電子レンジの使用に関する実用的な知識を説明するという文脈を与えているので、仮に実験1で見いだされたルールの操作可能性の違いが上記文脈の有無によるのであるならば、C群において金属ルールの操作可能性はレンジルールなみに高まるはずである。また、実験1の結果が再現されるならば、上記文脈の影響によるという解釈は排除され、ルール命題そのものに基因するという解釈が支持されることになる。

結果と考察

課題の結果 実験1と同様に、各命題ごとに評定平均値を算出した(Figure 4参照)。その結果、同一形式の命題に対する評定値の群差は認められなかった。また、金属ルールとレンジルールの評定値を比較すると、E群の逆命題と裏命題において、レンジルールの評定値が有意に高かった(それぞれ、 $t=5.79$, $p<.001$; $t=4.19$, $p<.001$)。またC群においては、逆命題、裏命題、対偶命題において、レンジルールの評定値が有意に高かった(それぞれ、 $t=5.48$, $p<.001$; $t=3.31$, $p<.01$; $t=3.98$, $p<.001$)。このように、実験1の操作課題Ⅰの結果は実験2でも再現された。文末のルール表現以外の情報を極力統制したにもかかわらず、実験1の結果が再現されたことは、ルールの操作可能性の違いがルー

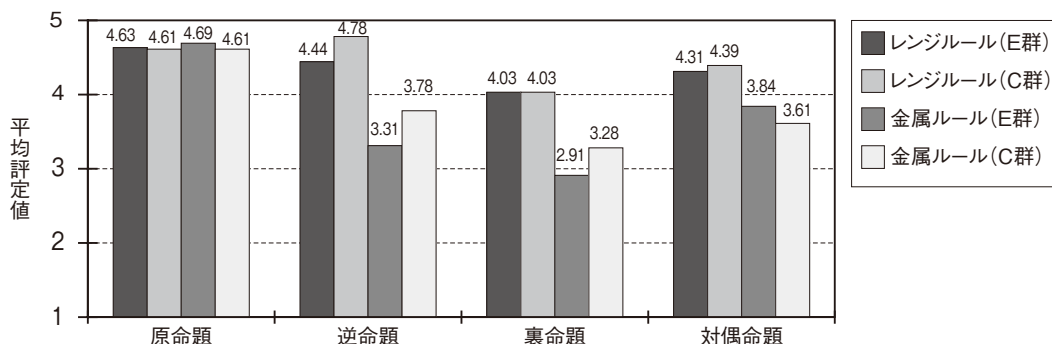


Figure 4 操作課題 I における平均評定値 (実験2)

ル命題そのものに基因することを示すものである。

操作課題 II については、実験 1 と同様に「電気を通す」と判断した金属数を得点とし、群ごとに平均値を算出した。その結果、E 群 7.19 点、C 群 6.78 点であり有意差は認められなかったが、9 種の金属すべてに通電性を認めた者の数を算出すると、E 群で 13 名 (40.6%)、C 群で 7 名 (19.4%) であり、E 群の割合の方が高い傾向があった ($\chi^2(1)=3.66, p<.10$)。また、発見的推論課題において、ポリアセチレンの通電性を肯定する意見に賭けた者は E 群 10 名 (31.3%)、C 群 12 名 (33.3%) であり、群差は認められなかった。

発見的推論課題と操作課題の結果の関連 発見的推論課題に対する解答と操作課題 I に対する解答との関連を検討した。すなわち、群ごとにポリアセチレンの通電性を肯定する意見に賭けた者(肯定群)と否定する意見に賭けた者(否定群)に二分するとともに、操作課題 I の各命題を妥当だと認めた(評定値 4、5)者を抽出し、肯定群・否定群それぞれにおける命題を妥当だと認めた者の割合を算出した。その結果、レンジルールについては、すべての組み合わせにおいて、妥当だと認めた者が 8 割以上であり、違いは見られなかった。一方、金属ルールについては条件差が認められた (Figure 5 参照)。すなわち、肯定群では、逆命題の妥当性を認めた者の割合が E 群で 3 名 (30%) なのに対し、C 群で 11 名 (91.7%) であった (E 群 / C 群 × 妥当性認めた / 認めないのクロス表の直接確率 $p=0.006$)。また、裏命題の妥当性を認めた者の割合が E 群で 1 名 (10%) なのに対し、C 群で 7 名 (58.3%) であった (E 群 / C 群 × 妥当性認めた / 認めないのクロス表の直接確率 $p=0.031$)。これに対し、否定群では群差が認められなかった。このように、金属ルールを教示された場合 (C 群)、ポリアセチレンが通電性するといった仮説形成を積極的にこなう群 (肯定群) ではそのほとんどが、金属ルールの操作命題に対して高い妥当性評定を行う者であった。一方、レンジルールを教示された場合 (E 群)、肯定群の多くの割合を占めたのはむしろ低い妥当性評定を行った者であった。発見的推論を積極的に行う肯定群では、金属ルールに対する操作を積極的に行う者が多くを占めるという C 群の結果は比較的解釈が容易であるが、金属ルールに対する操作を積極的に行わない者が多くを占めるという E 群の結果は解釈がむずかしい。このことから、同じ肯定群であっても、E 群と C 群ではその質が異なっているのではないかという疑問が生じてくる⁴。そこで、操作課題 II ですべての金

属に通電性を認めた者の人数がE群とC群で異なるかどうか検討した(Table 5参照)。その結果、E群の肯定群とC群の肯定群の人数比は同様であり、かついずれも否定群の比率より高い傾向にあった(肯定群/否定群×全問正答/不正答のクロス表の直接確率 E群:p=.070、C群:p=.029)。代入操作の可能性という点において、質的な違いはないと言えよう。

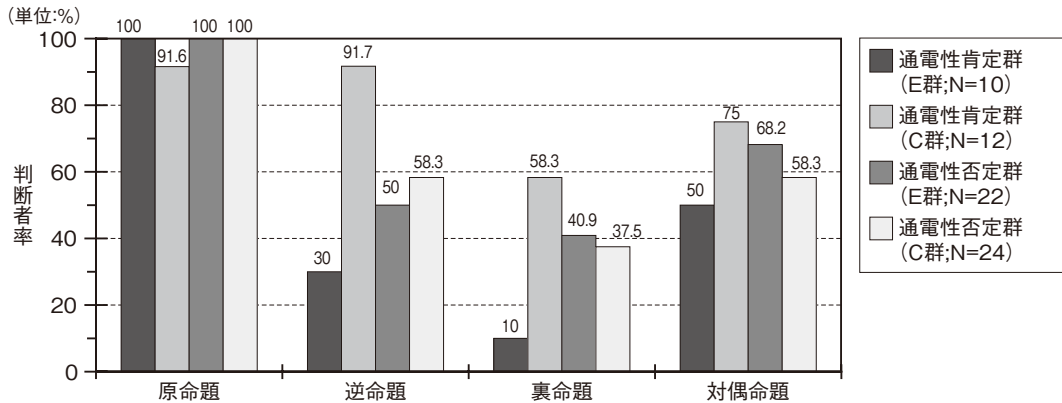


Figure 5 金属ルール命題の妥当性を認めた者の割合 (実験2)

Table 5 発見的推論課題と操作課題Ⅱの結果の関係

発見的推論課題		操作課題Ⅱ	
		全問正答	不正答
E群	肯定群	5 (50.0)	5 (50.0)
	否定群	8 (36.4)	14 (63.6)
	計	13 (40.6)	19 (59.4)
C群	肯定群	5 (41.7)	7 (58.3)
	否定群	2 (8.3)	22 (91.7)
	計	7 (19.4)	29 (80.6)

数字は人数、かっこ内は%

討 論

操作課題Ⅰの結果より、属性ルールがカテゴリールールに比して操作可能性が高いという仮説は再度支持された。解説文の提供する情報を統制し、電子レンジの使用に関する実用的な知識について説明するという文脈を持たせたにもかかわらず、カテゴリールールの操作命題に対する妥当性評定値の低下が見られた。この結果は、操作可能性の違いがルール命題に示された関係構造の違いによるものであるという基本仮説を支持するものである。また、実験2では実験1で見られた群差のいくつかが消されたが、これは解説文の内容を両群で極力統制したせいであろう。

さらに、新しい知見として、発見的推論を積極的に行う群(肯定群)について、カテゴリールールを教示された場合と属性ルールを教示された場合では、その特徴に著しい違いがあることがわかった。

すなわち、前者ではカテゴリールールの操作を積極的に行う者が多くを占めたのに対し、後者ではむしろカテゴリールールの操作に消極的な者が多くを占めるという結果が得られた。発見的推論課題でポリアセチレンの通電性を肯定するためには、金属光沢と通電性の関係をカテゴリーの境界を越えて一般化できなければならない。「問題と目的」で述べた「対称性バイアス」と創造性を結びつける議論(服部, 2008; 中野・篠原, 2008)にしたがうならば、このような一般化が生じるには以下のような推論が成立する必要がある。「ポリアセチレンは金属光沢を示す。金属は金属光沢を示す。ゆえにポリアセチレンは金属である(同様の性質を持つ)。」この三段論法は論理的には誤りであるが、第2命題を「金属光沢を示すのは金属である」に入れ替えるならば妥当となる。このことから、「金属は金属光沢を示す」と「金属光沢を示すのは金属である」を同義の命題と見なす対称性バイアスがはたらく場合に、上記の三段論法が生じやすくなると考えられる。対称性バイアスは逆命題を導く関係操作と同形であることから、金属ルールについて積極的に操作をはたかせる学習者の方が発見的推論課題の解決に有利に働くと予想される。確かに、金属ルールを教示された場合は、ここに示した解釈を支持する結果が得られている。ところが、属性ルールを教示された場合は、むしろこれとは逆の結果が得られた。特に、金属ルールの操作に積極的であった者の占める割合が、否定群のそれよりも低いことが注目される。このことは、カテゴリールールに基づく思考が、属性ルールの使用を抑制する可能性を示唆するものではないだろうか。現段階では推測の域を出ないが、カテゴリールールと属性ルールはその関係構造が異なるものであり、同時に使用することは学習者に負担となる場合があるのかもしれない。あるいは、カテゴリーに基づいて推論する方向で課題に取り組む者にとっては、属性ルールは妥当性の低いものとみなされる傾向があるのかもしれない⁵。

総 合 考 察

ルール命題の操作可能性について

本研究の2つの実験により、属性ルールの操作命題の方がカテゴリールールのそれよりも、高い妥当性評定値を付与されることがわかった。すなわち、カテゴリールールの場合では、原命題に比して操作命題に対する妥当性評定値が低下する傾向があったが、属性ルールの場合ではその低下が抑制されていた。実験1では、属性ルールの教示のために使用した文脈が影響していた可能性もあったが、その点を統制して追試した実験2においても同じ結果がえられたことから、操作性の違いがルール命題そのものに起因していることが示された。先行研究において、ルール命題と事例の提示のみでは操作的思考が活性化されないことがしばしば問題とされてきたが、その原因の一部は、用いたルールがカテゴリールールであったことと関係している可能性がある。

属性ルール教示の効果について

属性ルール教示の効果としては、カテゴリールールの操作に関する論理的拘束性を弱めるはたらきが見られたこと(実験1・操作課題Ⅰ)、カテゴリールールの適用(代入操作)を促進するはたらきが見られたこと(実験1・操作課題Ⅱ)、属性の共通性にもとづく新たな関係の発見をうながすはたらきが見られたこと(実験1・発見的操作課題)があげられる。その一方で、属性ルールの教示はカ

テゴリールールの操作可能性に直接影響することはないことも示された(実験1・操作課題I)。したがって、操作課題においてみられた効果は、属性ルールが間接的な形でカテゴリールールの学習に影響していることを示唆しているのかもしれない。しかしながら、そのメカニズムは不明であり、今後の検討が必要である。また、実験IIにおいてこれらの効果が消失した点については、解説文の内容を極力統制し、与える情報の共通性を高めたためであると考えられる。

発見的推論課題の結果について

今回用いた発見的推論課題では、金属光沢を示すプラスチックに通電性を認めるかということが問われた。2つの実験結果はいずれも、プラスチックに通電性を認めるという判断は容易に生起しないことを示すものであった。カテゴリー内で成立する関係をカテゴリー外に拡大することには強い抵抗があるものと思われる。その意味では、少ない例ではあるものの、属性ルールを教示した群で発見的推論をおこなった者が有意に多かったという実験1の結果は、注目に値しよう。属性ルール教示と発見的推論の活性化に焦点を当てた研究が今後も展開される必要があると考える。

また実験2の結果から、発見的推論をおこなった群の特性に関して、カテゴリールールを教示した条件と属性ルールを教示した条件で著しい違いがあることも明らかになった。この違いは、発見的推論課題をカテゴリールールで解く場合と属性ルールで解く場合の思考の方向性の違いを反映しているのかもしれない。すなわち、カテゴリールールで思考する場合には、適切属性間関係が明示されていないため、カテゴリー名を介した形で互いの属性を関連づけるという操作が必要となる。そのためには、カテゴリールールに対して積極的に操作をおこなって思考する学習者の方が有利なのかもしれない。一方、属性ルールでは、適切属性間関係がカテゴリー名を介さない形で明示されているため、カテゴリーに焦点化して考えることは、かえって属性ルールの使用を妨害することになるのかもしれない。このように、属性ルールの教授はカテゴリールールの課題解決を促進する場合がある一方で、カテゴリールールの教示は属性ルールの使用に拘束的にはたらくという複雑な関係があることが示唆されており、今後の検討が必要である。

本研究に対する批判と残された問題

最後に、本研究に対して想定される批判を提出するという形で、これまで触れてこなかった今後の課題について言及しておきたい。まず第1に、ルールが表現した関係構造の違いが操作的思考や発見的推論に影響するという仮説が十分に検証されたとは言えないという批判が考えられる。実験2において実験1の結果が再現されたことから、その可能性は高まったとはいえ、2つのルールのはたらしの違いを関係構造の違いのみに帰すことができるのかという点については、限定的な結論しか出すことができない。その理由の1つは、用いたルールが金属概念に関するルールのみであり、このルール特有の要因が絡んでいる可能性を排除できないからである。たとえば、非金属で電気を通しやすい物質(たとえば、黒鉛)に関する知識を持っていたため、カテゴリールールの逆命題に対して低い妥当性評定をただけなのかもしれない。今後、他の概念に関するルールを用いて追試的検討を行う必要があるだろう。もう1つの理由は、「関係構造」という要因は何らかの文脈の中におかれてはじめて作用するのであって、自立した要因としてとらえることができないのではないかと

いう点である。たとえば、「連合関係」は何らかの判断や予測を行うという文脈の中ではじめて意味を持つのかかもしれない。この点についてはまったく不明であり、今後の検討が必要である。

第2の批判は、「発見的推論課題」で測定されたものが、本当に発見的推論ないしアブダクションの名に値するものなのかというものである。課題そのものはポリアセチレンというプラスチックが通電性を示すかどうか問うという単純なものであるが、金属概念の範囲内で教示された属性間関係を金属カテゴリーの境界を越えて一般化しうるには発見的推論が必要であると考えられる。もちろん通電性を認めたとしても、単にプラスチックや金属に関する知識が不十分であるために行う不適切な拡張や、特別な根拠もなく可能性を挙げるだけにすぎない場合など、発見的推論とは言えないような場合もありうる。この可能性については、カテゴリーの境界を越えて関係を一般化する反応そのものがわずかしかみられないこと、ほとんどの実験参加者はプラスチックが電気を通さないことを知っていたこと、さらに通電性を認めた学習者は金属ルールの代入操作を積極的におこなう傾向のあることなどから、ある程度否定できるだろう。しかしこの点について不明確な点が残っているのは否めない。今後、課題の改訂も含めて見直しが必要であろう。

【引用文献】

- Evans, J. St. B. T. (2005). Deductive reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The cambridge handbook of thinking and reasoning*. pp. 169-184. New York:Cambridge University Press.
- 服部雅史(2008). 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 認知科学, 15, 408-427.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. R. (1986). *Induction:Processes of inference, learning, and discovery*. The MIT Press.
- Kahneman, D. & Frederick, S. (2002). Representativeness revisited:Attribute substitution in intuitive judgement. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Eds.), *Heuristics and biases: the psychology of intuitive judgement*. pp. 49-81. New York:Cambridge University Press.
- Kahneman, D. & Frederick, S. (2005). A model of heuristic judgement. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The cambridge handbook of thinking and reasoning*. pp. 267-293. New York:Cambridge University Press.
- 工藤与志文(2002). 概念受容学習における事例の問題－直接的な学習ソースとしての「事例」－ 札幌学院大学人文学会紀要, 71, 77-93.
- 工藤与志文(2003). 概念受容学習における知識の一般化可能性に及ぼす教示情報解釈の影響－「事例にもとづく帰納学習」の可能性の検討－ 教育心理学研究, 51, 281-287.
- 工藤与志文(2005). 概念的知識の適用可能性に及ぼす知識操作水準の影響－平行四辺形求積公式の場合－ 教育心理学研究, 53, 405-413.
- 工藤与志文(印刷中). ルール学習と操作的思考－概観と展望－ 教授学習心理学研究, 6.
- 麻柄啓一(2006). 例外への懸念がルール学習に及ぼす影響－ルールの適用をいかに促進するか－ 教育心理学研究, 54, 151-161.
- 麻柄啓一(2008). 法則理解における3段階モデル－数値操作・関係操作・因果操作－ 日本教育心理学会第50回総会発表論文集, 164.

- 麻柄啓一(2009). 数字がないと公式が使えないのはなぜかー小学生の関係操作の成否とその原因ー 教育心理学研究, 57, 180-191.
- 中野昌宏・篠原秀二(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.
- 野内良三(2010). 発想のための論理思考術 NHK ブックス
- 進藤聡彦・麻柄啓一(1999). ルール適用の促進要因としてのルールの方向性と適用練習ー経済学の「競争と価格のルール」の教授に関する探索的研究ー 教育心理学研究, 47, 472-480.
- 進藤聡彦・麻柄啓一(2009). 問題解決に及ぼすルール命題操作の効果 日本教授学習心理学会第5回年会予稿集, 38-39.
- Slovan, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin*, 119, 3-22.
- Slovan, S. A. (2002). Two systems of reasoning. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Eds.), *Heuristics and biases: the psychology of intuitive judgement*. pp. 379-396. New York : Cambridge University Press.
- Stanovich, K. E. (2004). *The robot's rebellion: Finding meaning in the age of Darwin*. Chicago: University of Chicago Press. (キース・E・スタノヴィッチ 棕田直子(訳) (2008) 心は遺伝子の論理で決まるのか みすず書房)
- 立木徹・伏見陽児(2008). テスト得点の伸びを抑制するのは本当に誤概念なのか?ー「論理操作の不十分さ」の可能性の検討ー 教授学習心理学研究, 4, 10-16.

【付記】

本研究は科学研究費補助金(課題番号:21530695)の助成を受けた。

【脚注】

- 1 ポリアセチレンは、金属のように電気を通す性質をもった特殊なプラスチックであり、アルミ箔のような金属光沢を示すという特徴がある。ポリアセチレンの開発により、白川英樹博士がノーベル賞を受賞したことはよく知られている。
- 2 工藤(印刷中)は、命題の抽象度を変化させない「変数操作」や「関係操作」と命題の抽象度を変化させる「代入操作」を区別している。代入操作とは、ルール命題に具体例を代入し、命題の抽象度を落とす操作である。たとえば、「金属は電気をよく通す」から「アルミニウムは電気をよく通す」を導く場合がこれに当たる。
- 3 C群用の解説文を読んだ場合、金属光沢と通電性の関係は次のような推論によって認識しうる。すなわち、「金属は金属光沢を示すと同時に通電性を示す。よって、金属光沢を示す物質は通電性を示すはずだ。」もちろん、C群の解説文にこのような記述があるわけではなく、与えられた情報から上記のような認識が成立しうる可能性があるというだけである。
- 4 たとえば、E群の肯定群は金属の特徴をよく理解しないまま、ポリアセチレンの通電性を肯定している可能性がある。
- 5 実験1の参加者には、分析対象からはずされた7名の理系学生が含まれていた。これらの学生はいずれもポリアセチレンの通電性を否定したが、彼らのあげた理由の中には、「プラスチックは原子どうしが直接結合しており、自由電子を持たないから」という化学的に妥当な理由も含まれていた。プラスチックと金属は原子の結合構造が根本的に異なるという知識があると、カテゴリーに焦点化された推論が優勢になるので、ポリアセチレンと金属の類似性はかえって発見しにくくなるのかもしれない。

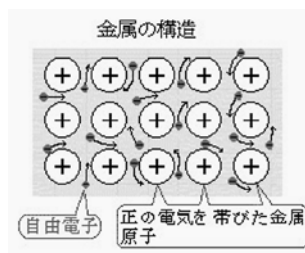
Appendix 実験で使用した解説文(実験1 E群用)

わたしたちの身のまわりには無数の物質があります。その数は1000万種におよぶといわれていますが、それらを組み立てている元素の数はわずか100種あまりです。このうち、金属元素は60種あまりです。「金属」とはこれら金属元素(原子)が互いに結合してできた物質のことを指します。

金属の特徴には

- 1) たたくとよく広がる、よく延びる。
- 2) みがくとピカピカ光る(金属光沢^{こうたく})。
- 3) 熱をよく伝える。
- 4) 電気をよく通す(電気が流れやすい)。

などがあります。



金属の中には、正(プラス)の電気を帯びた金属原子と負(マイナス)の電気を帯びた電子があります。金属原子は規則正しくならんでいるのに対し、電子はまわりにあるすべての原子の間をふらふらと自由に動き回ることができます。この電子を「自由電子」といいます。自由電子が金属原子の間を自由に動き回ることによって、原子と原子がくっついていることができるのです。いわば、自由電子は接着剤の役割を果たしているのです。この自由電子の存在によって、金属の特有の特徴が説明できます。例えば、原子が自由電子の接着剤でくっついているわけだから、叩けばバラバラにならずに広がることができます。熱を加えると、自由電子が活発に動くので、熱を伝えやすくなります。電気をよく通すというのも、自由電子のおかげです。例えば、電子レンジの使用説明書には「金属製品は使えません」と書いています。それは、金属を電子レンジに入れると火花が飛んで危険だからです。それでは、どうして金属だと火花が飛ぶのでしょうか。電子レンジはマイクロ波という電磁波を使って食品を暖める装置です。食品中の水分(水の分子)が電磁波によって振動させられ、発熱するのです。この電磁波が金属にあたると、自由電子がエネルギーを受け取り、一定方向に動き出します。これを「電気が流れた」と言います。そして、ついには電子が金属から飛び出してしまいます。これが「火花」の正体です。電子レンジに金属製品が使えないのは、金属が自由電子を持っている、つまり電気が流れやすい性質をもつ物質だからなのです。ですから、容器を電子レンジに入れる時には、それに金属が使われていないか、注意しなければなりません。

ところで、金属が使われているかどうか、見分けるにはどうすればいいでしょう。一番簡単なのは、「ピカピカ光る」部分があるかどうかです。実は、金属がピカピカ光ることにも、自由電子が関係しています。自由電子が外部の光をはじき返すので、ピカピカ光って見えるのです。ピカピカ光るものは電子レンジに使えないとおぼえておきましょう。

(文末の図は省略)

The effects of relational structure in the proposition of the rule on learners' operational thinking and abduction.

Yoshifumi KUDO

(Associate professor, Graduate School of Education, Tohoku University)

A categorical rule is one that describes inclusive relations between two categories. A attributional rule is one that describes associative relations between two relevant attributes. The purpose of this paper was to examine the effects of relational structures in the proposition of the rule on rule learning by comparison between the categorical and the attributional rule. In experiments two kinds of rules about "metal concept" were instructed and it was measured how each rule learning had effects on learners' operational thinking and abductive reasoning. The following results were obtained: (1) the attributional rule had more operationability than the categorical rule; (2) Teaching of the attributional rule could improve problem solving by the categorical rule; (3) Teaching of the attributional rule could activate abductive reasoning about the out-of-category members.

Key words : rule learning, inclusive relation, associative relation, operational thinking, abductive reasoning

