

原 著〔実践研究〕

小学生の動物概念学習における縮小過剰型誤概念の 修正に及ぼす境界的事例群の効果

荒 井 龍 弥¹ 宇 野 忍² 工 藤 与志文³ 白 井 秀 明⁴

本研究では、縮小過剰型の誤概念として小学生の動物概念を取り上げ、この誤概念を科学的な概念に修正するための境界的事例群を用いた教授法の効果を検討した。本研究の中心的仮説は、境界的事例群を用いた教授により縮小過剰型誤概念が修正されるであろうというものであり、この仮説を検証するために、3つの実験が行われた。実験はいずれも、小学校5年生を対象とした理科の授業として行われ、事前テスト、自作のビデオ教材の視聴と視聴後の話し合いによる教授、事後テストという3つのセッションで構成された。境界的事例群として水中のプランクトン事例群及び貝事例群を単独で用い、食べる、動く、排泄するシーンを示すビデオ教材の視聴を行った第1、第3実験では、概念の組みかえを示す結果は得られなかった。境界的事例としてプランクトン事例と貝事例群を用いたビデオ教材の視聴を行った第2実験では、すべての課題の正答率が大幅に増加し、仮説を支持する結果を得た。これらの結果から、縮小過剰型誤概念の修正には、2種の境界的事例群の対提示が有効であることが確認された。

キーワード：概念学習、誤概念、動物概念、教授法、小学生

問 題

教科教育においてある概念の学習が目標とされる場合、学習者が当該概念と対応する誤概念ないし誤ルールを学習以前に持っていること、さらに、そうした誤概念・誤ルールが、子どもたちの学習活動に妨害的な影響を与えるということが多くの研究で見出されている。細谷(1996)はこの種の誤ルールについて、「過去の狭い偏った範囲の経験の自成的一般化の結果として作られ、ルール命題における前提項や帰結項の選びまちがえ、選びすぎ、選び不足や、適用範囲の拡大過剰や縮小過剰などの特徴を持つ」としている。細谷のいう適用範囲の縮小過剰という特徴を持つ概念としてよく知られているものに「動物」概念がある。

言うまでもなく、生物学的概念としての「動物」は、他の生物によってつくられた有機物を摂取して生きているという点で、無機物から有機物を合成できる「植物」と対立的にとらえられる生物のことである。この「従属栄養」という特徴を中核とし、それに連関する諸特徴に基づいて生物界の一部を包括的にとらえるとい

うのが生物学的な動物概念の本質であろう。しかしながら、近年、子どもたちの持つ概念に関する関心が高まるにつれ、上述のような生物学的概念とは異なった内容の動物概念の存在が広く知られるようになってきた。例えば、Bell (1981) によるニュージーランドの子どもを対象にした調査によれば、動物の特徴として、足の数(4本)、体の大きさ(昆虫より大きい)、生息地(陸上)、体毛の有無(毛がある)、発声の有無(声を出す)といったものをあげており、概して陸生の四足哺乳類に限定してカテゴリー化しているという。また、Mintzes 他(1991)も米国の子どもを対象にした同様の調査において、「動物」という名称が哺乳類と鳥類に限定的に使用される傾向があることを報告している。さらに、荒井(1990)は、日本の小学5年生を対象に動物概念の外延と内包の判断を行わせる調査を行い、①外延に関してはいわゆる大型の四足哺乳類に限定されている②内包に関しては「卵生／胎生」「声を出す／出さない」「毛がある／ない」といった不適切属性を外延の判断基準とすることが多いものの、特定の不適切属性に一貫して着目しているわけではない③「運動」「摂食」「排泄」といった科学的に妥当と考えられる属性のみを手がかりとした者が少ない、などの結果を得ている。

以上の一連の結果は、外延的側面については適用範囲が限定的(縮小過剰)である点で、内包的側面につい

¹ 仙台大学 tt-arai@scn.ac.jp

² 東北大学 uno@mail.cc.tohoku.ac.jp

³ 東北大学 (現所属 札幌学院大学 kudou@sgu.ac.jp)

⁴ 東北福祉大学 shirai@tfu-mail.tfu.ac.jp

ては不適切な属性が追加されているという点で、生物学的に妥当とされる概念と異なる動物概念が広く形成されていることを示唆しているものと思われる。もちろん、「動物」という名称をケモノ類に限定して使用することは、言語使用の文脈によっては必ずしも誤りとはならず、文脈による意味の使い分けの問題に還元しうるとする解釈も成り立つだろう。しかし、荒井(1989, 1995)は、このような解釈が楽観的にすぎることを具体的に示している。荒井は小学5年生を対象に、子どもたちの分類上の誤りを指摘し、「動物」の生物学的に妥当な定義を直接教示する方法を用いて、上述の誤概念の修正を試みた。具体的には、「動物はみんな、動いて、エサ食べて、ウンチする」というルールを提示した後、カエル・ヘビ、スズメ・ワシ、サメ・キンギョ、チョウ・トンボなどが動物かどうかを問いながら、生き物→動物→哺乳類・爬虫類・両生類…のようなカテゴリーの階層構造を教示するという授業を行った。その結果、ルールを教示した後も相変わらず不適切属性を判断基準として用いることに固執する子どもが存在することがわかった。また、授業後の評価課題の結果から、この方法が誤概念の修正には必ずしも有効ではないことが明らかにされた。誤った動物概念の外延を拡大する教示に学習者が抵抗するという同様の報告は、Osborne & Freyberg (1985) においてもなされている。このように、「動物」に関する縮小過剰型誤概念は、通常の教示では修正が困難であるという「誤概念」の一般的特徴を有していることになり、言語使用の問題というよりもむしろ生物学的な動物概念形成という観点から熟考されるべき問題であると考えられる。当然のことながら、生物学的に妥当な動物の定義や分類体系は学習者が形成した誤概念とは独立に構成されたものであり、それらを一方的に教えこんでも誤概念は容易に修正されないであろう。むしろ、誤概念の存在を考慮に入れ、誤概念を生物学的に正しい概念に組みかえる教授方略の工夫が必要とされるのである。

本研究では、そのような教授方略を構成する要素として、概念を教授する際の「提示事例」の選択に着目する。すでに、細谷(1976)は誤ルールシステムの組みかえに関して、誤ルールに基づいて予想すると学習者が誤りをおかすような事例を学習の初期段階で使用するストラテジー(ドヒャー型ストラテジー)を提唱している。このような学習者の知識と矛盾する事例の有効性は経験的に広く知られており、「概念変化」に興味を持つ研究者のみならず、「仮説実験授業」をはじめとする現場の教育実践においても様々な形で用いられている

(Chinn & Brewer, 1993 ; 山崎, 1994)。さらに、伏見(1995)は縮小過剰型誤概念の適用範囲を拡大するには、学習者が事前に正しく当該概念に属すると判断している事例(正事例)よりも、誤って当該概念に属しないと判断している事例(誤知事例)を焦点事例とするのが有効であることを明らかにしている。

以上の点、特に伏見の見解をふまえれば、本研究の場合でも学習者が誤って動物だとは考えていないような動物を事例として使用することが動物概念の外延の拡大に効果的であることが予想されるのである。しかし、そのような「誤知事例」に相当すると考えられる例は極めて多様であり、それらが一様に有効であるとは考えにくい。そこで、どのような性質を備えた「誤知事例」を選択するのが最も効果的であるのかといった問題を追求する必要がでてくる。しかし、この点に関しては、細谷も伏見も言及していない。

すでに、人工概念学習研究において、不適切属性の値が事例間でなるべく異なるように正事例を組み合わせることが、効率のよい概念達成のための条件の一つとして指摘されている(例えば Tennyson, Woolley & Merrill, 1972 ; Houtz, Moore & Davis, 1973)。不適切属性値が正事例間で大きく異なることで、適切属性と不適切属性の弁別がしやすくなり、不適切属性を誤って適切属性と判断する可能性が少なくなると考えられるからである。このことは誤知事例の選択について一定の示唆を含んでいるといえよう。ただし、人工概念の学習では、学習対象たる概念に対応する概念を学習者が既に形成しているということは考えられないのであり、その点で本研究で取り上げるような概念学習と本質的に異なっている点も考慮に入れなければならない。したがって、人工概念の学習では単にすべての不適切属性が正事例間で互いに異なった値を取るように事例群を選択すればよいのに対し、誤概念が形成されている場合の概念学習では、学習者が誤って適切とみなしている不適切属性の値が正知事例となるべく異なるように誤知事例を選択する必要があることになろう。例えば、学習者が容易に動物と判断する正知事例(例えば、クマ)は四本足で、昆虫より体が大きく、陸に住み…といった具合で、学習者が誤って適切だとみなす傾向がある不適切属性値を数多く有している。この場合、誤知事例としては多様な動物を選択することができるが、仮にカエルを選択した場合、四本足で体も昆虫よりは大きく陸に住んでいる…というように、上述の不適切属性値の多くは正知事例と共有したものになろう。一方、四本足ではなく、体が小さく、水中にすみ…といった

ように異なる不適切属性値をなるべくたくさん有する動物（例えば、ミジンコ）を誤知事例として選択することも可能である（TABLE 1 参照）。そして、これまで展開してきた議論からすれば、後者のような事例を提示した方が、適切属性と不適切属性の弁別が容易になり、誤概念の修正が進むのではないかと考えられるのである。そこで本研究では、この種の事例、すなわち誤知事例の中でも「学習者が誤って適切属性と取り違えている不適切属性において、学習者が適切と考えている値とは異なった値を多く有する事例」を「境界的事例」⁵と呼ぶことにし、提示事例として積極的に選択することにする。本研究の中心的な仮説は、「境界的事例群」を採用した教授活動により、適用範囲の縮小過剰型誤概念が修正されるであろうというものであり、この仮説の検証が本研究の目的となる。

実験 I

目的

本実験の目的は動物概念の修正に及ぼす境界的事例群の有効性を検討することである。実験はその結果の生態学的妥当性を高めるため、理科の授業の一環として実施することが計画された。本実験ではこれまでの研究成果から、不適切属性のうち、大きさ・声を出すか・生息地・移動形態といった属性群について異なっ

TABLE 1 事例の属性構造

	クマ	ヒト	スズメ	カエル	トンボ	・・・	アサリ	ミジンコ	ゾウリムシ
適									
切									
不適切									
動き回るか	+	+	+	+	+		+	+	+
エサを食べるか	+	+	+	+	+		+	+	+
フンをするか	+	+	+	+	+		+	+	+
4足か	+	-	-	+	-		-	-	-
体は大きい	+	+	+	+	-		-	-	-
陸棲か	+	+	+	+	+		-	-	-
声を出すか	+	+	+	+	-		-	-	-
毛はあるか	+	+	+	-	-		-	-	-

※+は「はい」、-は「いいえ」と回答しうる属性値を意味する。

⁵ ここで言う「境界的」は、動物と植物の中間的存在というような生物学的な意味を持つものではない。操作的には TABLE 1 に示されるように適切・不適切属性値の組み合わせによって定義可能であるが、学習者の知識構造に対応させて述べると次のようになる。すなわち、当該概念に属する全事例について、学習者がその概念の外延として判断しやすいものから順に、カテゴリーの中心から周辺へ配列したとするならば、TABLE 1 の不適切属性値が一になる属性数が多い事例ほど、学習者はその事例を当該概念の外延と判断しにくいと想定され、結果的にカテゴリーの周辺ないし境界近くに位置づくことになる。このような事例を本論文では「境界的」と名付けたのである。縮小過剰型誤概念を有する学習者にとっては、その概念の外延であることが自明である事例ほど中心部に位置し、境界付近に位置づく事例は、もはや外延であるとは考えられないだろう。

た値を最も多く有すると考えられるミジンコ・ゾウリムシなどの小型及び中型のプランクトンを境界的事例として選択した。

ところで、通常の授業においては学習者の発言や雰囲気等に対応する形で教授者の発問順序や使用する資料が多様に変化しうる。そこで自作プリント及びビデオ教材を用いることにより、結果的にこれらの検討外要因の変動が抑制され、境界的事例を用いた教授活動そのものの効果がより明確にしようと考えられる。そこで、教授活動はビデオ教材の視聴を中心とした自作プリントに基づいて行われた。

なお教授目標は、「運動」「摂食」「排泄」を動物の3大特徴として理解させ、それに基づいて動物の行動及び形態の側面に関して適切な推論（動物概念の適切属性の特定）をできるようにさせることである。具体的には以下のような推論を可能にさせることが目標となろう。

- i) 「食べる」「フンをする」「口がある」などといった「動物」概念の適切属性値群を正しく指摘することが可能となる。（内包的側面）
- ii) ある生物が「食べる」のならその動物は「肛門がある」だろうといった動物概念の適切属性値群間の関係を正しく予想することが可能となる。（属性相互関係）
- iii) 「動物」概念の外延的側面が広がり、多くの動物を正しく同定することが可能となる。（外延的側面）
- iv) 内包と外延両者の関係を正しく予想することが可能となる。（内包－外延相互関係）

誤概念の修正は以上の教授目標の実現という形で具体化されるであろう。

なお、本研究で目指す動物概念の修正に対する教育的意義についても一言しておく。小学3～6年の理科教育において、成長の過程や体のつくり・活動と環境との関わり・発生や成長など、動物を含めた生物単元は各学年に設けられている。しかも、各単元では動物全体にわたって当てはまることからの理解が求められている場合が少なくなく、いわゆる典型的な動物にのみ学習結果が限定されることは望ましくない。それゆえ、学習者の持つ「動物」概念をより広い概念に修正しておくことによって、学習内容の適用対象がより広がることになると考えられるのである。

方法

学習者 仙台市内S小学校5年生37名（女子のみ）

期 日 1994年4月～5月

手続き 理科単元「魚のそだちかた」の一部として当該教授活動が行われた。教授活動の前及び直後に同

一課題からなる事前・事後テストを課した。所要時間は事前テスト40分、教授活動と直後に行われた事後テストをあわせ80分であった。

教授活動 教授活動は、動物プランクトン(ミジンコ・ゾウリムシ・アメーバ)について、植物プランクトンと対比させつつ、運動・摂食・排泄が動物固有のくらしぶりであることなどを説明した「水の中の生き物」という題の自作ビデオ教材の視聴を中心とし、さらに視聴前後の「視聴内容の確認」を加えた3部分からなる。視聴内容の確認は、自作プリントを用いた通常の一斉授業の形で行われた。視聴前の確認では、メダカはどこにどこに住んでいるか、メダカの住んでいる池などには他にどんな生き物がいるかなどを問い、ビデオ視聴の導入とした。視聴後の確認では、ビデオに登場した動物の図を用意し、各器官の部位とその働きについて再確認した。(「視聴内容の確認」における発問の内容は、以後の実験においてもほぼ同一である。)

評価課題 評価課題は全部で4問からなり、先の予想のi)～iv)に対応している。以下、分析の対象とする小問数を含め、各課題の内容を説明する。

i) 内包課題 (内包的側面の理解)

動物であることが既知である場合に、種々の属性の値を予想させる課題である。適切属性に関連する小問5項目(動き回るか、何かを食べるか、ウンチをするか、口があるか、こうもんがあるか)及び不適切属性に関する小問6項目(声を出すか、どこにすんでいるか、毛があるか、こん虫より大きい、歯があるか、足が4本あるか)からなる。

ii) 属性関係課題 (属性相互関係の理解)

ある生物について「食べる」ことが既知である場合に、他の適切属性群の値を予想させる課題である。小問は「食べる」に関する項目をのぞいた点以外は内包課題と同じであり、適切属性を尋ねた小問4項目と不適切属性を尋ねた小問6項目からなる。

iii) 外延課題 (外延的側面の理解)

個々の生物名を与え、それが動物に属するか否かを判断させる課題である。尋ねた生物種は、脊椎動物(哺乳類、鳥類、両生類、魚類)及び無脊椎動物(貝類・昆虫類)各1種及びヒト、さらに教授活動中に説明されるプランクトン類3種及び植物1種の計11種である。結果の検討は、学習者が熟知していると考えられる動物7種(クマ、スズメ、カエル、ヒト、メダカ、トンボ、アサリ)を主たる対象とする。

iv) 内包一外延関係課題 (内包一外延相互関係の理解)

生物名を提示し、5つの適切属性(内包課題と共通)の値を予想させる課題である。生物は外延課題の生物に

加え、さらにカタツムリなど3種を加えた計15種である。生物ごとに一貫して5属性に「見たことがある」「ありそう」と判断したものを正答とした。結果の検討は、学習者が熟知していると考えられる動物10種(上記7種にアメーバ、ホタル、カタツムリを追加)を主たる対象とする。

結果

学習者37名のうち、事前・事後の評価課題のいずれにも回答したのは35名であった。以下では、この35名について検討する。教授活動中の様子では、教授内容について特に抵抗は示さず、個々の事例及びその説明について違和感を表明するなどのことはなかった。

評価課題の平均正答数、及び完答者の人数をTABLE 2に示す⁶。事前の結果を見ると、外延課題の7動物中、正しく判断されたのは平均3.5にすぎないのに対し、内包課題の適切属性5項目の平均正答数は4.7と高いことがわかる。このことは前述の先行研究と同じく、本実験における学習者も、適切属性は正しく判断できるものの、不適切属性を誤って適切属性と判断し、その結果、外延の「縮小過剰」が起きていることを意味する。また、事前と事後の変化を検討すると、外延課題をのぞいたいずれの課題についても平均正答数及び

TABLE 2 各問の平均正答数と完答者数の比較

			平均正答数					完答者(%)		
			事前		事後		t 値	事前	事後	
										平均
実験Ⅰ	内包課題	計	11	5.4	(1.40)	6.3	(1.89)	2.770**	0 (0)	2 (6)
		適切属性	5	4.7	(0.52)	4.8	(0.77)	0.361	26 (74)	31 (89)
		不適切属性	6	0.7	(1.37)	1.6	(2.06)	2.919**	0 (0)	2 (6)
実験Ⅱ	内包課題	計	11	5.5	(1.08)	7.2	(2.41)	4.447**	0 (0)	6 (18)
		適切属性	5	4.6	(0.79)	4.9	(0.29)	2.425*	24 (71)	31 (91)
		不適切属性	6	0.9	(1.39)	2.3	(2.43)	3.511**	1 (3)	6 (18)
実験Ⅲ	内包課題	計	11	7.3	(2.23)	8.0	(2.67)	1.941	2 (7)	9 (30)
		適切属性	5	4.5	(1.43)	4.7	(0.84)	0.744	26 (87)	25 (83)
		不適切属性	6	2.8	(2.37)	3.3	(2.80)	1.394	4 (14)	13 (43)
実験Ⅰ	属性関係課題	計	10	4.2	(1.21)	5.3	(1.98)	3.660**	0 (0)	2 (6)
		適切属性	4	3.6	(0.69)	3.9	(0.43)	1.541	25 (71)	31 (89)
		不適切属性	6	0.6	(0.95)	1.5	(1.90)	3.300**	0 (0)	2 (6)
実験Ⅱ	属性関係課題	計	10	4.4	(1.52)	5.9	(2.47)	3.894**	0 (0)	7 (21)
		適切属性	4	3.4	(0.74)	3.9	(0.29)	3.894**	19 (56)	31 (91)
		不適切属性	6	1.0	(1.48)	2.0	(2.42)	2.791**	0 (0)	7 (21)
実験Ⅲ	属性関係課題	計	10	6.4	(2.33)	6.8	(2.38)	1.489	2 (7)	6 (20)
		適切属性	4	3.5	(0.97)	3.7	(0.52)	1.547	21 (70)	23 (77)
		不適切属性	6	2.9	(2.40)	3.1	(2.44)	0.612	5 (17)	9 (30)
I	外延課題		7	3.5	(1.12)	3.7	(1.52)	1.103	0 (0)	3 (9)
Ⅱ	外延課題		7	3.6	(1.50)	6.0	(1.46)	9.152**	2 (6)	20 (59)
Ⅲ	外延課題		7	3.4	(1.45)	4.4	(1.71)	4.065**	0 (0)	3 (10)
I	内包一外延関係課題		10	6.8	(3.09)	8.5	(2.33)	3.490**	5 (14)	11 (31)
Ⅱ	内包一外延関係課題		10	7.0	(2.56)	9.3	(1.57)	7.182**	2 (6)	25 (74)
Ⅲ	内包一外延関係課題		10	7.9	(1.70)	9.7	(0.60)	5.633**	2 (7)	23 (77)

*p<.05 **p<.01

完答者数に若干の増加が見られたものの、全体としては決して満足すべき結果とはいえないことがわかる。このことは、学習者の持つ動物概念がかなり安定した状態であり、変化修正が起こりにくいという荒井(1990)の結果と残念ながら一致する結果であることを意味しよう。

以下課題ごとに、より詳細に検討することにする。内包課題の適切属性5項目については、事前から高い正答率が示されたのに対し、不適切属性では正答が「わからない」(不適切属性であるので、いかなる値をとるか予測できない)であったためか、正答率は低かった。この6項目に一貫して誤答した(特定の値を予想した)者は、25名(71.4%)→19名(54.3%)(事前→事後;以下同じ)であった。この傾向は属性関係課題でもほぼ変わらず、不適切属性に対する一貫誤答者は、22名(62.9%)→17名(48.6%)と依然として半数近くを占めた。限定された情報から結論(ここでは不適切属性値の決定)を保留することができるためには、適切属性と不適切属性の間の厳密な区別が求められる。この一貫誤答率の高さは、この区別が事後においても不完全であることによると考えられる。

さらに、外延課題及び内包一外延関係課題の事後正答率をそれぞれ FIGURE 1, FIGURE 2 に示す(なお、内包一外延関係課題の結果は、外延課題と共通する動物のみ示す。さらに、教材に登場するゾウリムシ・アメーバの結果も加えてある)。外延課題では、平均正答数の変化はほとんど見られず、トンボやアサリの正答率がきわだって低いことがわかる。

また、内包一外延関係課題では、平均正答数が事後で増加しているものの、アサリの事後正答率が極端に低い(31%)ことから、結果が生物ごとに一樣ではないことがわかる。このことは、アサリを除いた9種について完答者数を算出すると、13名(37.1%)→28名(80.0%)と、かなりの増加が認められることからもうかがえる。

考察

今回の結果では、小幅な正答率の上昇があったとは

⁶ 授業を対象にした研究において統計的検定を使用する場合、次のような問題が生じるものと想定される。①授業においては学習者間の相互作用が発生しているので、同一クラスの個々の学習者を互いに独立な標本と見做すことはできない。②母集団として「同様の傾向を持つ小学5年生」を想定した場合、そもそもこのクラスの子どもが標本として代表性を備えている保証はない。③実践研究という性格上、特定の操作の有効性は教授目標の可否と照合して判断されるべきものであり、検定によって帰無仮説が棄却されたからといって、有効性が確認されるわけではない。以上のような問題点が存在することをふまえ、TABLE 2 に掲載した検定結果はあくまで参考程度にとどめるものとする。

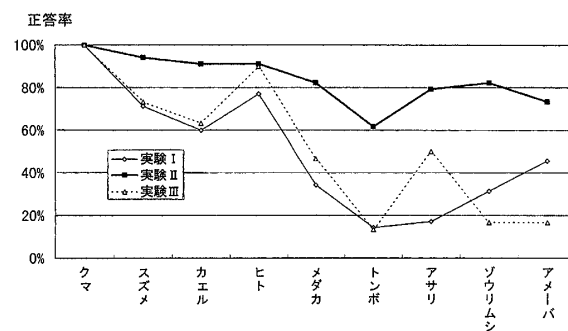


FIGURE 1 外延課題の正答率の比較 (事後)

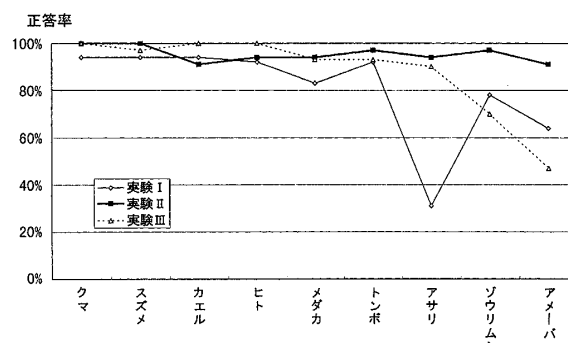


FIGURE 2 内包一外延関係課題の正答率の比較(事後)

いえ、学習者全体の概念の大幅な組み直しを印象づけるような大きな変化が見られなかった。このことは教授活動が、学習者既有的の動物概念とは直接関わらず、いわば付加的な情報としてのみ働いた、ということを示すと思われる。すなわち、事前にはほとんど未知であった事例が示されたことによって、動物概念の内包及び外延とも、その適切属性及び不適切属性の判断基準に若干の追加もしくは修正が行われたにすぎないといつてよいと思われる。この結果は、既知の生物名及び適切属性が明記されており、この意味で手がかりの多い内包一外延関係課題の正答率の増加となって現れた。ただし、「アサリ」に関してはその限りではない。

以上の結果から、今回の教授活動は主として外延・内包相互関係について若干の影響を及ぼしたものの、①全体として質的变化をもたらすに至らなかった②「アサリ」に対して特異的に効果が見られなかった、といった問題点が明らかとなった。これらの問題点を解決するために、教授活動にいかなる改訂を加えるべきかという点については、様々な観点から改訂の方向を探ることができる。ただし、境界的事例群の効果を検討するという本研究の主旨からすれば、「アサリ」も境界的事例に相当する特徴を備えているという点は重要である。すなわち、今回の結果は、必ずしも境界的事例群そのものの無効性を意味するものではなく、境界的事例群の選択において、アサリ等の貝類を加えるな

ど、さらなるバリエーションが必要であることを示唆するものと思われる。したがって、貝類を新たに境界的事例群に加えることによって教授目標の実現が可能になるかどうかを検討する必要があるだろう。

実験 II

目的

実験 I から、アサリなどの貝類が境界的事例として重要な位置を占めている可能性が示唆された。したがって、教授活動の改善という観点からすれば、アクションリサーチ的手法によって、実験 I で取り上げた「プランクトン事例群」の他にアサリなどの「貝事例群」も取り上げて、提示する境界的事例群のバリエーションを増やすことが考えられる。そこで、実験 II では、実験 I の「プランクトン事例群」を提示したビデオの他に、「貝事例群」の生態を示す手段として「水の中の生き物 2」というビデオ教材を制作し、この 2 本のビデオを用いた教授活動を行い、その有効性を検討することを目的とする。

方法

学習者 仙台市内 S 小学校 5 年生 34 名 (女子のみ)

期 日 1995 年 4 月

手続き 単元「魚のそだちかた」の始めの部分に当該教授活動が行われたこと、教授活動の前及び直後に同一課題からなる事前・事後テストを実施したことは実験 I と同様である。所要時間は事前テスト 40 分、教授活動 80 分、事後テスト 40 分で、3 日間に分けて行われた。

教授活動 教授活動の後半部に、「水の中の生き物 2」のビデオ視聴と視聴後の「視聴内容の確認」が付け加わる点のみが、実験 I と異なる。「水の中の生き物 2」では、動物の境界的事例として、ホタテ、アサリ、ヨメガカサガイ、アオヤギなどの貝事例群が登場し、それらの運動や摂食の様子が映像で示されるとともに、運動・摂食・排泄のための器官が貝類にも備わっていることが解説される。また、視聴後の確認では、アサリを例にあげ、運動・摂食・排泄のための器官を特定する作業を行い、さらに「貝が足を使うのはどんな時か」について確認した。これらの活動はあくまで、「水の中の生き物 2」の内容の確認に終始したものである。しかし、このような確認活動により、「プランクトン事例群」について学習した内容が「貝事例群」にも適用できることを理解しやすくなると考えた。

評価課題 実験 I と同じである。

結果

各評価課題の平均正答数、及び完答者数を TABLE 2

に示す。また、外延課題及び内包一外延関係課題の事後正答率をそれぞれ FIGURE 1, FIGURE 2 に示す。事前テストの結果は、実験 I のものとほとんど変わりがなかった。したがって、学習者の事前の知識状態はほぼ同様であると考えられるので、ここでは実験 I の結果とも比較しながら、実験 II の教授活動の効果を検討する。

内包課題では、適切属性に対して一貫して正答した者が 24 (71%) → 31 (91%) と増加した。また、不適切な 6 属性に一貫して誤答 (特定の値を予想) した者は 18 (53%) → 15 (44%) と減少し、逆にこれらの 6 項目に一貫して正答 (判断を保留) した者は 1 (3%) → 6 (18%) と増加していた。

この傾向は属性関係課題でも変わらず、適切属性の 5 項目に対する一貫正答者は 19 (56%) → 31 (91%) と大幅に増加しており、不適切な 6 属性については一貫誤答者が 18 (53%) → 14 (41%) と減少し、一貫正答者が 0 (0%) → 7 (21%) と増加していた。このように、不適切属性に関して一貫して判断を保留する反応が、実験 I に比べて増加していることがわかる。

外延課題では、事前から正答率が高かったヒト及びクマを除くと、境界的事例として提示したアサリ、ゾウリムシ、アメーバをふくめてすべての動物に関して、事前から事後への大幅な伸びが認められた。学習者が事前から熟知していると思われる 7 動物の平均正答数をみても、3.6 → 6.0 と大幅な上昇を示した。これらの伸びは、実験 I では認められなかったものである。

さらに、内包一外延関係課題において、適切な 5 属性に一貫して「する・ある」と答えた完答者数が大幅に増加していた。事後の正答率も、すべての動物において 85% 以上という高い値を示した。

考察

ほぼすべての課題について、事前から事後へ、実験 I の結果をしのぐ成績の伸びが認められた。特に、外延課題で、境界的事例群を含めてすべて動物の正答率が大幅に増加したという結果が得られた。この結果は、実験 I では見られなかったことであり、境界的事例群として「プランクトン事例群」に「貝事例群」を付け加えて提示したことが、外延の拡大にとって有効であったことを示すと考えられる。さらに、内包課題、属性関係課題及び内包一外延関係課題の結果は、今回新たに「貝事例群」を追加してバリエーションを持たせた境界的事例群が、外延の拡大のみならず、適切属性と不適切属性の弁別や内包的側面と外延的側面の相互関係の理解にとっても効果的であったことを示している。

以上のように、「プランクトン事例群」と「貝事例群」の両方を境界的事例群として提示したことにより、学習者が既に持っている「動物」概念の内包の組みかえと外延の拡充が大幅に促進されたことが明らかになった。よって、本実験の教授活動が、適用範囲の縮小過剰型誤概念の修正にとって有効であることが十分確かめられたと言える。

しかしながら、本実験で追加された「貝事例群」の提示効果については、単独提示しても同様の効果もたらされるのか、「プランクトン事例」とともに提示したことによる効果なのか特定できていない。このことは、第1に、境界的事例として「貝事例群」のみを提示しておけば学習者の「動物」概念を効率的に修正できるのかという実践的な問題に関わる。第2に、同じ境界的事例でありながら「プランクトン事例群」と「貝事例群」は提示効果に違いがあるのかという理論的な問題とも密接に関わる。そこで、これら残された問題を明らかにするために、実験IIIとして「貝事例群」を単独で提示し、その効果を検討する。

実験 III

目的

境界的事例としての「貝事例群」単独提示が動物概念の修正に及ぼす効果について検討する。

方法

学習者 仙台市内S小学校5年生30名(女子のみ)

期日 1996年4月

手続き 実験I・IIと同様に、事前テスト(40分)→当該教授活動(40分)→事後テストの順で実施した。

教授活動 メダカがミジンコなどのプランクトン類を餌としていることを確認した後、メダカと同じ水の中の生き物である貝類の生態を扱ったビデオ「水の中の生き物2」のみを視聴させ、視聴後に視聴内容の確認を行った。

評価課題 実験IIと同じものを使用した。

結果

各評価課題の平均正答数及び完答者数をTABLE 2に示す。また、外延課題及び内包一外延関係課題の事後正答率をそれぞれFIGURE 1, FIGURE 2に示す。

まず、外延課題では統計的に有意な差が認められたものの、実験IIのような成績の大幅な改善は認められなかった。特にアサリについては、事例の一つとして教授活動の中で提示したにもかかわらず、事後で約50%の正答率にとどまり、実験IIの約80%という結果には遠く及ばなかったことは注目に値する。

一方、内包一外延関係課題では、平均正答数が7.9→9.7、完答者が2(7%)→23(77%)と大幅な改善が見られた。このように実験Iにはなかった大幅な改善が見られたという点では、実験IIと同様の結果といえる。

なお、内包課題や属性関係課題については、特に不適切属性の事前正答率が実験IやIIよりも高いため、直接比べることはできない。しかし、平均正答数の事前から事後への伸びを見ると、目立った改善は認められず、この点では実験Iと同様の結果といえる。

考察

本実験では、境界的事例群として「貝事例群」のみを提示して、適用範囲の縮小過剰型である動物概念の修正を試みた。一定の効果が見られたのは、内包的側面と外延的側面の関係の理解に関するもののみにとどまり、その他、外延的側面あるいは内包的側面の理解などに関しては、「プランクトン事例群」と「貝事例群」の両方を提示した実験IIの結果には及ばず、むしろ「プランクトン事例群」のみを提示した実験Iと類似した結果が得られたと考えられる。

したがって、これらの結果からわかることは、同じ境界的事例でありながら、「プランクトン事例群」や「貝事例群」を単独で提示しても、「動物」概念の修正にはあまり効果がないことである。特に、外延課題に注目してみると、本実験や実験Iのように各事例群を単独で提示した場合は外延が十分に拡大されないばかりか、提示した事例そのものでさえ正答率が低いことがわかる。「問題」の項で述べたように、学習者の既有知識と教授内容が矛盾する場合、概念修正に対する抵抗が生じやすいことがしばしば指摘されているが、単独提示の場合、この「抵抗」が学習者の一部に生じ、その結果、外延の拡大も十分に進まなかったものと推測される。実験IIのように両事例群を対提示した場合にのみ、この「抵抗」が回避され、外延が十分に拡大されたと考えることができよう。

さらに、実験Iとの比較によって、「プランクトン事例群」と「貝事例群」の提示効果の違いを検討したが、明確な違いはほとんど見られなかった。唯一、内包的側面と外延的側面の関係の理解(内包一外延関係課題)に関して、「プランクトン事例群」の単独提示をした実験Iよりも、「貝事例群」を単独提示した本実験の方がより理解の促進が見られた、という点が異なると言えるが、本研究の結果からこの違いを説明することはできない。

討 論

本研究は3つの実験を通じて、「境界的事例」を採用

した教授活動により適用範囲の縮小過剰型誤概念が修正されるであろうという仮説の検証を試みたものである。討論ではまず仮説の検討を行い、それからその結果の示唆するものについて論じることとする。

1. 「境界的事例群」の有効性について

境界的事例群の効果は3つの実験結果を直接比較することで検証可能である。内包課題に関しては、実験Ⅰにおいて正答数のわずかな上昇が見られたにすぎず、完答者もほとんど増加しなかったのに対し、実験Ⅱでは相対的に高い得点が得られた。一方、実験Ⅲでは最も高得点が得られたものの、事前の得点が特に不適切属性で高く、他の実験の結果と単純に比較できない。ただし、得点の上昇は3実験中最も少なく、天井効果という解釈も成り立たない。以上のことから、「プランクトン事例群」と「貝事例群」をともに提示した条件で最も内包的側面の理解が進んだものと判断されよう。属性関係課題についても、内包課題と類似した結果であり、同様の判断が可能であると考えられる。

また、外延課題に関しては、実験Ⅰでほとんど得点の上昇がみられなかったものの、実験Ⅱにおいて著しい上昇がみられ、実験Ⅲでは実験Ⅱのレベルに到達しなかったことから、外延的側面の理解も「プランクトン事例群」と「貝事例群」をともに提示した条件で最も進んだものとみることができる。

さらに、内包・外延関係課題は相対的に得点が高く、特に実験Ⅱ・Ⅲでは完答者も7割を越えた。したがって、内包的側面と外延的側面の関係の理解については、「貝事例群」固有の効果が示されたと解釈することができる。

以上の結果から総合的に判断すれば、「プランクトン事例群」及び「貝事例群」をそれぞれ単独に提示するよりも対提示の方が有効であったことになる。特に縮小過剰型誤概念の適用範囲の拡大という目標に関しては、対提示に著しい効果がみられた。逆に言えば、本実験で取り上げた「境界的事例群」に関していえば、各事例群の単独提示では、縮小過剰型誤概念の修正にとって十分でないということがわかる。したがって、「境界的事例群」の提示一般に関して成立する形で記述された当初の仮説は修正を要することになる。

2. 事例の「組み合わせ効果」について

上述のように、本実験では「事例群」の対提示条件が最も効果的であったが、この結果は事例の数が多い方が効果的であったという事を意味しているのではない点に注意が必要である。すなわち、事例効果の単純な加法性が仮定される場合でも同様の結果が得られる

可能性はあるが、実験結果を詳細に分析するとそのような解釈は否定される。例えば、外延課題の結果を動物別にみると、実験Ⅰでは「ゾウリムシ」「アメーバ」といった教授活動で直接取り上げられた事例でさえ低正答率のままであるのに対し、実験Ⅱではそれらの正答率が著しく上昇しているのである。同様に、教授活動で取り上げられた「アサリ」は実験Ⅱにおいて高正答率を示しているのに対し、実験Ⅲでは50%程度の正答率に落ちている。さらに、「トンボ」「メダカ」「カエル」「スズメ」といった直接教示していない事例において高正答率が認められるのは実験Ⅱのみである。これらの結果は、事例の効果がその事例の類似した範囲の一般化にとどまり、それらの効果が加算されていくという解釈と対立するものであり、むしろ事例群どうしの組み合わせ効果が現れたものと解釈すべきであろう。具体的には、「プランクトン事例群」や「貝事例群」単独では、直接教示した事例でさえも「動物」として受け入れられにくい、ともに提示された場合には、直接教示された事例のみならず、それ以外の事例にまで外延が拡大されることを示している。本研究ではこの組み合わせ効果をもたらし諸要因を特定することは不可能であるが、事例の組み合わせ効果自体これまで十分に着目されてこなかった現象であり、さらに追求されるべきテーマであると思われる。

3. いわゆる「ドヒャー型ストラテジー」との関連

すでに述べたように、細谷(1976)によるドヒャー型ストラテジーの提唱は、誤ルール修正のための教授方略に関するおおまかな枠組みを提示したものであって、詳細な具体化は後の研究にゆだねられてきた。この点からすれば、「境界的事例」はドヒャー型ストラテジーに基づく事例選択の原則の一つを具体的に示したものであると言えよう。さらに、事例の組み合わせ効果の存在が明らかになったことから、「境界的事例」を効果的に使用するための条件の一つも示し得たことになる。また、事例の組み合わせ効果はドヒャー型ストラテジーの欠点を回避する働きを持つ可能性もある。細谷(1976)はすでに、ドヒャー型ストラテジーがうまく機能しない場合、学習者にとって単なるショックで終わる場合もあれば、結果そのものを否定したりすることさえ起こると指摘している。教授活動で直接取り上げられた事例の正答率が低いという実験ⅠやⅢの結果が細谷の指摘したような学習者の「ショック」や「抵抗」の結果だとすれば、それを回避し得た実験Ⅱの結果はドヒャー型ストラテジーを有効に機能させる上で示唆に富むものと考えられる。

4. 概念修正のメカニズムについて

細谷 (1976) の言うように、ドヒャー型ストラテジーによる概念組み換えは必ずしも次なる思考の方向性を明確に指示するわけではない。それでは、それぞれの事例群はいかなる効果をもたらしたのであろうか。本研究のデータでは断言しえないが、以下では事例群の役割を考察することによって動物概念修正のメカニズムを推測することにする。

全体的傾向として、内包と外延の関係が理解されたとしても、必ずしもそれが外延の拡大に結びつかないということは、FIGURE 1 と FIGURE 2 の比較により明らかである。この点について、実験ごとに詳細に検討してみると、プランクトン事例群と貝事例群がともに提示された実験Ⅱでは内包－外延関係の理解と外延の拡大が同時に生じたのに対し、一方の事例群のみ提示された実験Ⅰ及びⅢではそのような結果は得られなかった。もっとも、実験ⅠとⅢの結果が全く同じというわけではない。実験Ⅰと実験Ⅲとの最大の違いは、実験Ⅲの内包－外延関係課題における完答者の割合が著しく高いという点である。このことの一つの解釈として、貝事例群の提示により、「くらしぶり(移動・摂食・排泄の方法)」に対応する器官及びその目的(移動・摂食・排泄)が動物一般に共通するものとしてカテゴリー化されたのではないかと考えることができる。貝事例群の器官やその動きはいわゆる「典型例」のものとはかなり異質ではあるが、同じ移動・摂食・排泄という役目を持っているのである。一方、プランクトン事例群では器官がもともと分化していないことから、カテゴリー化が促進されなかったと言えよう。これらのことから、移動・摂食・排泄の方法のバリエーションという動物概念の内包の拡充が概念修正にとって有効であり、貝事例群はこのことを促進したと言えるのではないだろうか。一方、先に検討した組み合わせ効果から、内包の拡充のみでは外延の拡大には直結せず、貝事例群で起きた内包の拡充のもとで、適切属性を持ち合わせた生物が動物であるとするルールを外延に適用することをすすめる効果がプランクトン事例群にあると考えられる。すなわち、動物概念の修正は、①内包の拡充②ルールの外延への適用の2相によって生起すると考えることができよう。このメカニズムを実証することが今後の課題となる。

引用文献

荒井龍弥 1989 小学生の「動物」概念における「誤

れる特殊化」について 東北教育学会第47回大会発表資料

荒井龍弥 1990 小学生の「動物」概念における判断基準について 日本教育心理学会第32回総会発表論文集, 427.

荒井龍弥 1995 理科のストラテジー 宇野忍(編著) 授業に学び授業を創る教育心理学 中央法規 Pp.187—202.

Bell, B.F. 1981 When is an animal not an animal? *Journal of Biological Education*, 15, 213—218.

Chinn, C.A., & Brewer, W.F. 1993 The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1—49.

細谷 純 1976 課題解決のストラテジー 藤永保(編) 思考心理学 大日本図書 Pp.136—156.

細谷 純 1996 教科学習の心理学 中央法規

Houtz, J.C., Moore, W., & Davis, J.K. 1973 Effects of different types of positive and negative instances in learning “nondimensioned” concepts. *Journal of Educational Psychology*, 64, 206—211.

伏見陽児 1995 「概念」教授の心理学 川島書店

Mintzes, J.J., Trowbridge, J.E., Arnaud, M.W., & Wandersee, J.H. 1991 Children's biology: studies on conceptual development in the life sciences. In S.M.Glynn, R.H.Yeany, & B.K.Britton (Eds.). *The psychology of learning science*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.179—200.

Osborne, R., & Freyberg, P. 1985 Learning in science: The implications of children's science. Portsmouth, NH: Heinemann. Educational Books.

Tennyson, R.D., Woolley, F.R., & Merrill, M.D. 1972 Exemplar and nonexemplar variables which produce correct concept classification behavior and specified classification errors. *Journal of Educational Psychology*, 63, 144—152.

山崎雄介 1994 教育内容としての「概念」とはどのようなものか グループ・ディダクティカ(編) 学びのための授業論 勁草書房 Pp.76—98.

(2000.2.7 受稿, '01.1.27 受理)

Teaching by Using Boundary Instances : Modifying Undergeneralized Misconceptions in Elementary School Children's Conceptual Learning About Animals

TATSUYA ARAI (SENDAI COLLEGE), SHINOBU UNO (TOHOKU UNIVERSITY), YOSHIFUMI KUDŌ (TOHOKU UNIVERSITY) AND
HIDEAKI SHIRAI (TOHOKU FUKUSHI UNIVERSITY) JAPANESE JOURNAL OF EDUCATIONAL PSYCHOLOGY, 2001, 49, 230—239

The present study focuses on elementary school children's undergeneralized misconceptions about animals, and examines the effectiveness for modifying these misconceptions of a teaching method using boundary instances. The main hypothesis was that elementary school children's undergeneralized concepts about animals could be effectively changed into a more scientific concept by teaching with boundary instances. 3 experiments were conducted to test this hypothesis ; each experiment was performed in the context of classroom science teaching in elementary school fifth grade classes, and consisted of 3 sessions: pretesting, teaching and discussing with a videotaped aid, and post-testing. In the first and third experiments, plankton in water and shellfish respectively were adopted as boundary instances, and a videotaped aid that showed eating, moving, and excreting scenes for each respectively was used. The results of these 2 experiments did not clearly show conceptual change. In the second experiment, a revised version of the videotaped aid that treated scenes of both plankton and shellfish were used. The results showed that the ratio of correct answers increased greatly for all problems, and thus that the hypothesis was supported. The results demonstrated that teaching with paired use of 2 kinds of boundary instances is effective for modifying undergeneralized misconceptions.

Key Words : conceptual learning, misconceptions, concepts of animals, elementary school children