

# 学習バイアスと教育

梅 本 洋

人間は、学習を通じて実にさまざまなものを獲得する。しかし、学習によってどのようなものでも同じように獲得できるという訳ではない。さしたる困難も伴わずに確実に学びとられるものもあれば、容易なことでは習得できないものもある。その背景には個人差など多様な要因があることはいまでもないが、およそ人間にとって一般に習得がごく容易なものときわめて困難なものとは明確に区別される。一例として言語をとりあげてみると、母語は発達の初期においていわば自然に習得されるのが普通であるのに対して、外国語の習得にはきわめて多くの困難が伴う。同一の言語であっても、母語として習得するのと外国語として習得するのでは、学習の難易が大きく異なる。学習は決してあらゆる内容に関して同様かつ同等に機能する訳ではなく、通例だれもが苦もなく当たり前のように習得するものがある一方でだれにとっても習得が容易ではないものもあるという意味で、学習には非常に強いバイアスがかかっているのである。生徒がさまざまな内容を学習して首尾よく習得することが一

般に教育活動の目的である以上、こうした学習バイアスの問題は教育にとって少なからぬ重要性を有していると考えられる。

そこで、以下本稿では、学習バイアスの問題を取りあげて、それと教育との関連について若干の考察を試みることにしたい。まず、学習バイアスは人間に限らず、広く人間以外の動物にも見られるという事実に着目する（第一節）。次いで、学習バイアスの問題を、学習される内容の帰属領域との関連で考察する（第二節）。そのうえで、学習される内容の帰属領域の具体例として物理的事象の領域（第三節）と生命事象の領域（第四節）を取りあげる。以上をうけて、人間における認識に関する段階区分に着目して論点を整理し（第五節）、最後に学習バイアスの観点から、特に科学的認識を志向する教育のあり方について若干の考察を試みる（第六節）。

## 一 動物における学習バイアス

いずれの内容も同じように学習されるだろうと期待されたのに、実際には、一方の内容は迅速かつ確実に学習されるのに対し、他方の内容は容易に学習されないという事実が人間以外のさまざまな動物にも広範に見られるということは、その方面の研究者のあいだではつとに周知の事柄である。ラット、ハムスター、ブタ、ハト、ウズラなどいろいろな動物を用いて行われた学習に関する多くの実験的研究の結果明らかになったところによれば、条件づけを駆使することによってこれらの動物に任意の内容を機械的に一律に学習させることは実際上できないのであって、動物の種に応じて容易に学習されるものとされないものがはっきりと区別されるのである。人間以外の動物におけるこうした学習バイアスの具体的な事例をまず二三とりあげてみることにしよう。

ラットに不快な刺激（無条件刺激）と共にそれとは別の刺激（条件刺激）を与え、条件づけによって後者を前者に連合させる学習を行わせると、一般にラットは、与えられる刺激の種類に応じて顕著な学習バイアスを示すことが知られている。この実験でラットに与えられる不快な刺激は二種類あって、一つは毒物投与による罹患、他は電気ショックである。ラットが学習を通じてこれら二種類の不快な刺激と連合するよう求められる刺激は、特定の味覚刺激、特定

の音声刺激、特定の光線刺激の三種類である。ごく素朴に考えれば、不快な刺激と一緒に繰り返して特定の味覚刺激または特定の音声刺激あるいは特定の光線刺激をラットに与えれば、やがてラットはきちんと学習し、不快な刺激が与えられなくても特定の味覚刺激または特定の音声刺激あるいは特定の光線刺激を与えただけで、確実に回避行動をとるようになることが期待される。しかし、現実にはラットの学習のあり方はその期待とは大きく異なった特徴的なパターンを呈するのである。

不快な刺激として毒物投与による罹患が与えられた場合、ラットはこの刺激と特定の味覚刺激を学習によって容易に連合させるにもかかわらず、特定の音声刺激や光線刺激とは連合させない。したがって、この場合、ラットは、特定の味覚刺激を回避することは迅速確実に学習するものの、特定の音声刺激や光線刺激を回避することとは学習できないのである。他方、不快な刺激として電気ショックが与えられた場合には、ラットはこの刺激と特定の音声刺激や光線刺激を学習によって容易に連合させるのに、特定の味覚刺激とは連合させない。不快な刺激として電気ショックを与えられた場合には、ラットにとって、特定の音声刺激や光線刺激を回避する学習は容易であるのに対して、特定の味覚刺激を回避することは学習するのがむずかしいのである。ラットによる学習のなかでそのパフォーマンスが特にきわだっているのは、毒物投与による罹患と特定の味覚刺激を連合させる学習である。罹患に伴う不快・苦痛の体験と特定の

味覚の体験との時間間隔が一時間以上に及んでも、また、毒物投与による罹患と組み合わせられた特定の味覚刺激をただ一回与えられただけでも、ラットは両者を学習によって確実に連合することができ。以上にとりあげたラットの学習はいずれも不快な刺激と連合した特定の刺激を認識して回避することを内容としているが、ラットにおいては一般に、特定の刺激を回避する学習の方が特定の刺激に積極的に接近する学習よりも容易かつ確実になされるというバイアスも知られている (cf. ROZIN & KALAT, 466-467, ROZIN & SCHULL, 508-509, 513)。

学習において特にどのような刺激が無条件刺激とたやすく連合して条件刺激としての効力を發揮するかは、動物の種によって異なっている。ラットとは違って一般に鳥類における学習では視覚刺激に対する反応が顕著であるといわれている。たとえばウズラの場合、有毒な液体の摂取によって罹患させられると、この罹患と連合するのは液体の味覚ではなくて液体の色彩であり、この学習の結果、ウズラは特定の色をした液体を忌避するようになる (cf. ROZIN & KALAT, 472, ROZIN & SCHULL, 530)。

動物における学習がこのような決まった種類の刺激に対して選択的に機能するのは、いかなる事情によることなのであろうか。これに関して、ガーシアらは、「哺乳動物の学習メカニズムは、近接性・頻度・強度の関数としてのみ刺激と強化因を連合させることでランダムに作用するのではなう」(GARCIA, ERVIN, & KOELLING,

122) と述べた上で、上述したラットの学習に関して次のように指摘している。「雑食性のラットは、味覚的・嗅覚的な糸口を身体内部の疾病と連合させるバイアスを呈するが、このバイアスはおそらく自然淘汰によって確立されたのであろう」(Ibid.)。換言すれば、動物に見られる学習バイアスは、進化の過程において適応的な機制として形づくられるに至ったものと考えられる。ロジンとカラットも、ラットが得意とするのは積極的な接近学習ではなくて消極的な回避学習であるというバイアスに関して「ラットは回避学習の準備体制の方がよく整っているが、これは回避を迅速に学習することが特別な生存価値を有しているためであらう」(ROZIN & KALAT, 467) と主張している。要するに、ラットに限らず一般に動物における学習は基本的に生存のための機能にほかならないのであって、この機能を最大限に果たすべく根本的な制約を被ることを免れないのである。ここで先どりして述べておくと、学習バイアスがこのような進化の所産であり何よりも生存に寄与するように学習のあり方を強力に制約しているという事情は、実は、基本的に人間の学習においても見出されるのであって、学習バイアスに関して人間だけを例外扱いする訳にはいかないのである。そして、後述するように、生存への寄与は本来科学的認識とは次元を異にするものであり、その限りにおいて、学習バイアスは生徒による科学的認識の獲得を目指す教育の働きを阻害する内的要因として立ち現れることになる。

## 二 学習バイアスと領域固有性

発達のごく初期にあつてまだ母語も獲得していない乳児は、さまざまな事象をどのように認識しているのだろうか。あるいは、乳児は、事象の認識以前のいわば混沌とした状態にとどまっているのだろうか。同じ刺激に対する乳児の慣れや飽き、新奇な刺激に対する乳児の旺盛な好奇心、予期に反する事象に対して乳児が示す驚きの反応などに着目した観察技法（馴化・脱馴化法、期待背反法と呼ばれる）を駆使してこの四半世紀のあいだに乳児による世界認識のあり方に関する認知科学の実験的研究が広範に展開されてきた結果、乳児における世界認識に関してはすでにいろいろなことが解明されてきている。そのなかで人間における学習バイアスとの関連で注目されるのは、乳児による学習が決して白紙状態から任意に展開されるのではなく、あらかじめ構築されている認識機構に強く制約されるという点、そして、学習を制約する認識機構が特定の領域に即して構築されているという点である。以下、この方面の研究によって明らかにされた事実をいくつか手短かに参照してみることしたい。

人間における学習はまず乳児期にゼロベースからスタートしその後長いプロセスを経て展開されて最終的な発達が成就されるという見方に対抗する形で、ウェルマンとゲルマンは、乳児における「先

行的概念大系が、世界を探究し理解するための生得的に進化を遂げた戦略ないし表象を当初から駆使して学習を拘束し形作つてゆく」(WELLMAN & GELMAN, 529) という主張を提示しているが、こうした主張は一体何によって根拠づけられているのだろうか。本当に乳児は「先行的概念大系」を所有していて、乳児における学習はその「戦略ないし表象」によって制約されるものなのだろうか。今日ではこの問いに対して肯定的に答える見解が認知科学においては支配的であり、定説といってさしつかえない地位を占めている。乳幼児による世界認識のあり方に関する一連の認知科学的研究をレビューしつつ、ウェルマンとゲルマンは、ごく年少の幼児といえども心的内容や心的状態を明確に物的内容や物的状態から区別することを指摘した上で、「この区別は基本的によちよち歩きの幼児において明らかに見てとれるが、それは、無生物の属性ならびにその運動と生命をもち自発的に動くものとその運動についての乳児におけるさらに早期の区別に立脚しているのであろう」(WELLMAN & GELMAN, 546) と述べている。乳幼児による世界認識はその当初から決して未分化なものでも無構造なものでもないものであつて、ウェルマンとゲルマンが概括しているように「就学前の子ども、よちよち歩きの幼児、さらには赤ん坊でさえ、生物と無生物、固形物と不定形な物質、物体と出来事、心と物を区別するのである」(WELLMAN & GELMAN, 556)。つまりでは、乳幼児におけるこうした世界認識がはじめから一定の対象区分によって特徴づけられ根本的に制約

されている点、そして、この対象区分が生命領域・物理領域・心理領域という特定の領域区分に対応している点に特に注目すべきである。

乳幼児による世界認識のあり方を大きく拘束し方向づけてゆく認識機構がこれら特定の対象領域と不可分であれば、乳幼児における学習のあり方も当然これら特定の対象領域に即して基本的な制約を被ることを免れない。学習のプロセスにおいて乳幼児が選択的に反応する刺激の種類、いち早く注意を振り向ける対象の範囲、動員する記憶や処理する情報の状態などは、これら特定の対象領域との結びつき如何によって大きく決定づけられ、この結びつきの埒外にあるものはそのまま学習の埒外に追いやられる傾向が生ずるであろう。ブラウンが指摘しているように「子どもたちは、ある種の特権的な部類の情報について学習する傾向を付与されて生まれてくる。これらのバイアスは、注意を制約し学習を方向づける」(BROWN, 130)のであるが、ブラウンが「特権的な部類」と呼んでいるものは特定の領域のことである。ブラウンによれば学習における「これら初期のバイアスは、出現してくるカテゴリーの基盤を形成するにあたって、利用しうる知覚入力範囲のなかから何を選びだすかを決定する、もしくは少なくとも制約する」(BROWN, 112)のであって、きわめて強力で広範な作用を及ぼす。この点に関してハーシュフェルドとゲルマンは「領域作用は、一般に、焦点化され拘束された非随意的な、知覚的、概念的ならびに推論的過程を含みこんでいる」(HIRSCHELD & GELMAN, 23) と概括している。

こうした強力な学習バイアスをもたらす認識の制約機制が、前述したように生命領域・物理領域・心理領域という特定の領域に呼応してそれぞれ成立するに至った背景要因は何なのであろうか。この問題に関して進化心理学者のコスミデスとトービイは、端的に進化の過程における適応上の有利さを指摘している。コスミデスとトービイは「二つの適応上の課題が両立し得ない解または単に相異なる解を有するときは、単一の一般解は特殊化した二つの解よりも劣ることになるだろう」(COSMIDES & TOOBY, 89) と述べているが、人類がその進化の過程で直面した適応上の課題が複数種類あったことはいうまでもないことである。したがって、特に重要な複数の適応上の課題がそれぞれ属している各領域毎に特殊な認識メカニズムをコンパクトに構築する方が、それら複数領域に共通に適用される単一の汎用型の認識メカニズムを大がかりに構築するよりも適応度はるかに高く、自然淘汰においてずっと有利なのである。それゆえ、コスミデスとトービイは「行つてはまずいことは領域毎におよそ異なるのであるから、上首尾な行動帰結の何たるかが相互に全く異なる領域が存在するのと同じ数だけ領域固有の認識メカニズムがなければならぬ」(COSMIDES & TOOBY, 92) と主張している。

こうした「領域固有の認識メカニズム」として認知科学の研究において一般に認められているのは、生命領域、物理領域、心理領域にかかわるそれぞれ固有の認識メカニズムである。これらの認識メカニズムは、七百万年にもわたる人類の進化の過程で構築されたも



のなのであり、その対象領域が物理、生物、心理に特定されるに至ったのは、農耕文明よりはるか以前のもっぱら狩猟採集に依拠していた人類にとって、物的対象への働きかけ、動植物との交渉、共同体内での対人的なやりとりが適応上まさに死活的に重要な課題領域だったからにはかならない。

これらの認識メカニズムはそれぞれ固有の概念を具え多少とも組織化されているという意味で理論（素朴理論）を形成しており、素朴物理学、素朴生物学、素朴心理学と呼ばれている（あるいは、直観的物理学とか民間物理学などと呼ばれることもある）。素朴物理学、素朴生物学、素朴心理学は、ちょうど母語が自ずと獲得されるように、通例特に教えられることがなくてもいわば自然発生的に獲得されるし、その萌芽が発達の最初期に早くも乳児において確認されることはすでに触れた通りである。素朴物理学、素朴生物学、素朴心理学を形作る素朴理論は本人の意識にのぼることはあまりないかもしれないが、日常のさまざまな場面で実的な役割を果たしており、子どもだけではなく大人にとっても重要なものである。しかし、その成立の背景から明らかであるように、本来これらの素朴理論は生存にかかわる適応上の課題に定位しているのであって、決して科学的真理の認識に定位しているのではない。エルターは「直観的物理学（＝素朴物理学）はたとえば道具製造と住居作りのために必要である」（OERTER, 175）と指摘しているが、もとより道具製造や住居作りは、有機体としての人間が生存の確保を図る上で切実な

問題となるのであって、物理現象に関する科学的認識の探究とは本来次元を異にしている。素朴理論と科学理論は相互に異質であり、素朴理論が学習バイアスを駆動する限り、それは科学的認識を強固に妨げずにはおかないし、教育による科学的知識の媒介を阻害することも必至である。そこで、以下の二つの節では、素朴物理学と素朴生物学をとりあげて、この問題に関する論点を整理することにした。

### 三 物理的事象の認識と素朴物理学

素朴物理学は、物体の運動や力の作用など物理的事象に関する一定の思考様式に根ざしている。それは、大人であれ子どもであれほとんどの人間がもっているもので、その内容は基本的に同一である。教育や学習との関連で注目される点は、素朴物理学が非科学的な思考を強力に誘発して学習に顕著なバイアスをもたらすことである。

一例をあげよう。ある人が手に石を持ちその手を肩の高さにあげて早足で前に進んでいるものとする。そして、やがてその人が手に持っている石を離れたなら、石はどのような経路をたどるかという設問を提示するのである。マクロスキーによれば、この設問に対して大半の人々は、石は手から離れた点から直線に沿って真下にすっとんと落下すると答える（cf. McCloskey, 114）。この答えはもっともらしく思われるかもしれないが、全くの誤答である。実際には、

石は真下に落下するのではなく、前方（石を手に使っていた人の進行方向）に落下するからである。つまり、石は手から離された点から慣性の法則に従って前方に（空気抵抗を無視すると）等速で直進しつつ重力の作用を受けて垂直方向に加速しながらほぼ放物線に沿って落下するのである。マクロスキーは「明らかに単純な状況のもとでの物体の運動について多くの人々は顕著な誤謬を抱いている」（McCloskey, 114）と述べているが、これは物体の運動について考える際、多くの人々が素朴物理学の非科学的な思考様式に強く拘束されるためにほかならない。

このように物理的事象に関する思考を方向づける素朴物理学は、発達はかなり早い時期から着実に形成されてゆくことが知られている。物理的事象にかかわる根本的な思考の枠組の端緒は、早くも乳児においてははっきりとした形で確認される。乳児に関する認知科学的研究をレビューしたウェルマンとゲルマンによれば、生後一年未満で乳児は、物体が存続すること、物体は他の物体が当たると動きだすこと、物体は連続的な経路をたどって動くことを認識するし、やがては物体に対する重力の作用、さらには物体は支えられれば重力の作用に対抗して落下しないことなどを認識するようになる（cf. Wellman & Gelman, 531-532）。また、生後十ヶ月になれば、時間的空間的な糸口を用いて物体を認識するようになるし、実験によって「十二ヶ月児は、大人と同様に属性・種類の情報に即して物体を個別化した」（Wellman & Gelman, 532）ことが確認されたという。

乳児が物理的事象をどのように把握しているかを概括して、ケアリーとスペルキーは次のように述べている。「乳児にとって物体は、一体性と連続性と接触の原理によって規定されている。すなわち、物体とは、時空的に連続した経路に沿って動く際に自らの輪郭を保持し、接触することによってのみ相互に作用しあう一体的な固形物なのである」（Carey & Spelke, 189）。乳児による物理的事象の認識を特徴づけるこれらの要因は、その後の発達においてさらに堅固なものとなり、また洗練の度を増してゆく。その結果、たとえば、幼児は教えられなくても、物体が小さな部分から構成され、その小さな部分もまた物体であることを知ることになるし、固形物と非固形物（水や一定量の砂など）を概念的に区別するに至る（cf. Wellman & Gelman, 534）。「この概念的区別は、言語における質量名詞（＝不加算名詞である物質名詞や抽象名詞）と加算名詞の相違を子どもが言語的にマスターするに先だって成立している」（Wellman & Gelman, 534）というウェルマンとゲルマンの指摘は興味深い。

こうした物理的事象に関する乳幼児の認識は、それなりに組織だっており一つの理論として構造化されていると考えられる。この点に関してブラウンは「幼児における物体の知覚は、物理的世界についての諸概念を系統だてて組み合わせたものによって方向づけられているように思われる」（Brown, 112）と述べたうえで、その諸概念を具体的に列挙しているが、そのなかの一つは「ひとたび運動状態に置かれると、運動の経路はある予測可能な属性をもつ」

(Ibid.) というものである。ウェルマンとゲルマンもいうように「いくつ幼い子どもでも物理的対象について多くのことを理解しており、単なる表面的特徴を乗り越えてそれらの根底にある概念的構成および属性に即して物理的対象について推論を行うのである」(WELLMAN & GELMAN, 534)。

物理的事象に関するこうした系統だった見方は、発達の初期から出現して、その後も基本的に保持され、それを基盤としてやがて素朴物理学が確立される。素朴物理学の思考様式は直観に即応しており、その顕著な特徴は、何よりも人間の日常生活のさまざまな場面で遂行される物的対象の操作に適合するように構成されているという点にある。その意味で、素朴物理学は物的対象を相手にしなければならないいわば生身の人間にふさわしい内容で形作られているのである。こうした生身の人間が日々の生活を営んでいる「この現実の物理的世界では、運動は自然に終息し、物体を運動させ続けるには骨を折らねばならず、垂直運動と水平運動は異なつて経験される」(RESNICK, 486)とレズニックは述べているが、素朴物理学の運動概念はまさにこのような運動の捉え方に呼応している。素朴物理学のこうした運動概念がごく自然な印象を与えるのは、一つには人間の日常的な生活の舞台が物理的な摩擦によつて支配される世界であるためである。この点との関連でハシウエーは次のように指摘している。「摩擦だらけの世界では、物体は動くためには押される必要があり、物体は普通この〈押し〉の方向に動くが、我々が押す

のを止めるとしまいには止まってしまう。だから、速度は力に比例するという考え方は物体を相手にやりとりするためには至つて適切である」(HASHUEH, '86, 231-232)。ハシウエーがとりあげている右の考え方では「力に比例する」のが加速度ではなく「速度」とされているが、この点に素朴物理学の非科学的な性格の一端がよく現れている。

レズニックは、「ある種の基本前提が素朴物理学による説明の根底にあつてそれを拘束している」(RESNICK, 486) 点に注意を促してその基本前提を二つに分類している。一つはレズニックが「静止の前提」と呼んでいるもので、それは「ある状況を説明を要するものとして、他の状況を自然な、したがつて説明不要なものとして選びだす」(Ibid.)。もう一つは「作用の前提」で、これは「受容可能な説明の基準を設定する」(Ibid.)。これら二種類の基本前提が素朴物理学の思考様式をいかに拘束するかについて、レズニックは次のように述べている。「静止の前提は、静止していることが物体の自然な状態だと規定する。これは、静止している物体は説明を要さないということの意味する。その物体はただ存在しているだけである。対照的に、運動は状態の変化であり、状態の変化として説明を要する」(RESNICK, 486-487)。このような見方にたつて素朴物理学は、もっぱらその変化を引き起こした作用因に即した説明を行う。レズニックが指摘するように、科学的な説明においては「たとえば力は、ただ質量や加速度が増加するがゆえに増加するのであつて、質量や



加速度が変化の作用因であるがゆえに増加するのではない」(RANTICK, 487) のであるが、「作用の前提」に立脚する限り素朴物理学がこうした科学的な説明の次元に到達することはまさに論理的にありえないことである。大多数の人々は、物理的事象の認識に関する限り素朴物理学の域をでることはないだろう。エルターは素朴物理学とニュートン物理学を次のように対比している。「我々の日常的な理解(『素朴物理学』)においては、静止が初期状態である。何かを運動させるためには力(衝突、モーター、生物にあつては筋力)が必要である。しかし、ニュートンは初期状態として運動を、変化として加速度を選んだのであった」(OERTER, 174)。この簡潔な対比は、物理的事象に対する科学的アプローチと素朴物理学の科学的アプローチの決定的な相違を鮮明にしている。しかし、素朴物理学が科学以前の水準にとどまっているからといって、その内容が支離滅裂で断片的なものだということにはならない。素朴物理学は、中核的原理(レズニックが挙げている二つの基本前提など)を基軸にして堅固に組織化されていることを決して見失ってはならない。堅固に組織化されているからこそ、それは思考を強く拘束し学習バイアスの大きな要因となるのである。

物理的事象は日常の卓近な出来事の一部をなすにとどまらず、今日では教育内容の一環であり、生徒は教育を通じて物理的事象に関する科学的認識を獲得することが期待されている。しかし、生徒は教育に先行して素朴物理学をいわば血肉としており、その前科学的

な思考様式や特徴的な予断を必ずや教育の場にもちこんでくる。ハシウエーは「これらの予断は変化に抵抗するように思われる」(HASHUEI, '88, 121) と述べているが、実際にきわめて頑強であることが知られている。具体例を挙げよう。ある国立大学の学生八二名(男性四四名、女性三八名)を被験者として高垣が行った調査では、中学校レベルの単純な物理の問題が四題被験者に提示された。そのなかの最もむずかしい問題は、斜め上方に投げあげられたボールに作用する力の方向を問う問題である。被験者は、ボールが上昇しているとき(a点)、最高点に達したとき(b点)、下降している

とき(c点)に、それぞれボールに作用している力の向きを、質問紙に描かれたボールの軌跡図のa点、b点、c点の箇所に、空気抵抗は無視して矢印で記入し、それについての説明を書き添えるよう求められた。正答は、a点、b点、c点いずれにおいても(空気抵抗を無視すれば)ボールには真下の方向に重力だけしか作用していないので皆等しく下向きの矢印を記入することであるが、八二名の大学生の被験者のうち正答できたのはわずかに四名にすぎなかった。

誤答した被験者が書き添えた説明は「投げ上げられたボールには、ななめ上に飛ばうとする力が働いている。この力は徐々に減少していき地面に落ちる」(高垣、二一九～二二〇)といったもので、素朴物理学の非科学的な思考様式を如実に反映している。被験者の大学生は当然中学や高校で物理学の初歩を学習したはずであるが、身近な物理的事象に対して「ニュートン物理学の世界とは異なる説明

的枠組み」(高垣、一二〇)をもちだすのである。

マクロスキーは、学習すべき科学的内容が生徒の側で素朴物理学の「直観的予断に適合するように誤解され歪曲されてしまう」(McCloskey, 122) 可能性に言及しているが、実際にそうした可能性はきわめて高いといえよう。それを見すえたうえで、素朴理論が生徒にもたらず学習バイアスに対処するためには、まずその素朴理論を知ることが先決である。その意味で、「生徒があらかじめもっている知識の根深さと頑迷さを把握しなければ、我々は科学的な理解をもたらすことはできない」(Carey, 1127) というケアリーの指摘は正鵠を射ている。

#### 四 生命事象の認識と素朴生物学

物理的事象に関する認識の枠組が発達のごく初期から出現して素朴物理学を形成するように、生命に関する事象についても領域固有の認識が生後かなり早くから乳児に認められることが知られている。それはやがて素朴生物学として組織化され、生命事象に関する思考を方向づけるに至る。

「生きものの種類についての確信のなかには概して早くから出現し首尾が一貫していて難なく獲得されるものがある」(Hirschfeld & Gelman, 21) とハーシュフェルドとゲルマンは述べているが、乳幼児は生命領域に属するどのような事象にいつごろからいかなる認

識を示すようになるのであろうか。これについてここでは細かい論点をたどることは差し控え、二三の事実を挙げるにとどめたい。シーガルによれば「実際、赤ん坊でさえ、一〇ヵ月までには、人間とイヌなどの人間以外の動物、そして車のような事物の特徴を区別していることを示唆する注意のパターンを示す」(シーガル、一三八)。こうした注意のパターンがほとんどの乳児において同じように早くから確認されることを考えると、そこには生物領域に特化した多分に先天的な認識メカニズムが介在していると見るのが妥当であろう。また、エルターは「乳児は生後一年も経たないうちに生物の動きと動かされた物体の動きを区別する」(Oerter, 172) という事実に注目している。確かにこの認識能力によって大半の動物を無生物から区別することが可能となり、やがてそこから動物のカテゴリが形成されてくる点を考えれば、これは充分注目に値する事実である。動物の動きと物体の動きの相違をわずか一年にも満たない期間の経験のみを通じて乳児が学習するとは到底考えられないので、やはりここでも乳児にあらかじめ具わっている生物領域固有の認識機制が強力に作用しているに違いない。生命事象に関する乳幼児の認識についてのさまざまな所見に照らしてシーガルがいうように「幼児は生物と無生物をきちんと区別するという意味で、「生命」の概念をもっていることは明らかだ」(シーガル、一三八)。

幼児における生物と無生物の区別、動物に固有の動きの認識、さらには生命概念の把握などの諸要因は決してばらばらに分離してい

るのではなく、生物領域を扱う一つの認識機制すなわち素朴生物学として組織化されていることに着目すべきである。カイルが指摘するように、幼児における素朴生物学では「生物の種類一般に関する確信がより抽象的な形で組み合わされており」(KEIL, 281-282)、それが「より特殊な生物学的現象の基底にあるメカニズムについての推論を方向づける」(KEIL, 282)働きをしているのである。その際、素朴生物学が援用する説明原理としては、生気論と本質主義がよく知られている。エルターによれば、生気論は「成長と繁殖をもたらし外傷を自然治癒させる一種の生命力」(OERTER, 172)を基軸とする思考様式であり、本質主義はこの生気論をさらに拡張することによってたとえば「種子のなかにはすでにできあがった植物が含まれている」(ibid.)といった推論を誘発する思考様式である。

素朴物理学と同様にこうした素朴生物学も科学的思考とは大きくかけ離れている。具体例を挙げよう。カイルは「ほとんどの幼稚園児は(多くの大人たちと同様に)菌が主に呼吸器系に限定される正確な説明よりも、〈黴菌〉が体全体を冒すという、風邪についての説明を強く選好する」(KEIL, 281)事実を指摘して、「こうした選好パターン、ないしは〔風邪などの〕メカニズムに関する仮説の方向づけは、特に他のバイアスと結合して首尾一貫した組織を形成する場合には一つの理論を構成しているものと考えてしかるべきであろう」(ibid.)と述べている。一つの理論、すなわち素朴生物学が生命事象に関する見方を前科学的な次元に拘束する作用を及ぼすこと

が見てとれる。また、エルターは「植物は動かないので、ごく幼い子どもは植物を生物に数えない」(OERTER, 172)ことを指摘しつつも、やがて「(就学前には)植物も生物に算入されるようになる」(OERTER, 175)と述べている。植物を生物のカテゴリーに編入する学習は、自ら動くか動かないかで動物と植物を区別する学習と同様にごく容易になされるのである。しかし、エルターがいうように「子どもにとって(ときには大人にとっても)植物と動物のより深い根本的な相違を認識することは困難である」(ibid.)。植物と動物の相違に関する科学的認識が困難を伴うのは、それが生化学の研究成果と不可分であるためである。無機物を有機物へ変換する過程、二酸化炭素と酸素の摂取あるいは排出、光合成の働き等々は、もとより素朴生物学の埒外にある。したがって、それらについて学習するということは、とりもなおさず素朴生物学の次元をはるかに超えることを意味している。生徒のうちに深く根づいた素朴生物学の思考様式はそれを阻害こそすれ、決して促進することはない。

## 五 認識の段階区分

進化論的認識論の代表的論者であるフォルマーは、人間における認識をそのあり方に即して三段階に区分している。本節では素朴物理学や素朴生物学などの素朴理論との関連でフォルマーによる認識の三段階区分をとりあげる。なお、この段階区分は、心理学におけ

る発達段階説とは無関係である。

フォルマーによれば、人間における認識は、その精緻さや規模などに応じて順に知覚認識、経験的認識、科学的認識の三つに段階区分される。ごく単純な知覚であっても、それは本人が感覚与件を解釈して認識対象を再構成しているものであるから一種の認識であるが、一般に知覚認識は無意識的没批判的で直観的である。次の段階の経験的認識は「言語的定式化、単純な論理的推論、観察と一般化、抽象化と概念形成を導入する」(Vollmer, Bd.1, 130) ので意識的であるが、やはり没批判的である。最高段階の科学的認識は、約言すれば精密科学に典型的に見られる認識であって意識的かつ批判的であり、しばしば非直観的である (vgl. Vollmer, Bd.1, 129-130, 208)。素朴理論は、これら三種類の認識のうちまづら知覚認識と経験的認識の産物であり、科学的認識とはかけ離れている。

フォルマーが区分した三種類の認識のうち、特異性が断然きわだっているのは科学的認識である。「知覚と経験は遺伝的に制約されているが、科学はそうではない」(Vollmer, Bd.1, 209) とフォルマーが述べているように、科学的認識とは異なって、人間における知覚認識と経験的認識は、遺伝を通じて祖先から継承されてきた大脳をはじめとする人間の認識装置の解剖学的、生理学的さらには心理学的諸条件に直接強く拘束されている。フォルマーによれば、これら大脳をはじめとする「我々の認識装置は生物学的進化の産物である。主観的認識構造は世界に適合している。なぜなら、それは進

化の過程で現実世界に適応、するように形成されたからである」(Vollmer, Bd.1, 133)。適応とは本来科学的認識ではなく生存にかかわる問題にはかならない。こうしてフォルマーの「進化論的認識論は、人間の脳をまず第一に認識の器官としてではなく、生存確保のための器官としてとらえる」(Ibid.) に至る。

人類の進化は実に百万年を単位とする規模の過程である。人間に具わっている認識装置がそうした進化の帰結である以上、コスミデスとトビーが指摘するように「更新世の狩猟採集者として我々の祖先が直面した状況が、我々の認識装置が解決すべくデザインされた一群の適応上の諸問題を規定している」(Cosmides & Tooby, 87) のである。これら一群の適応上の諸問題は農耕文明のはるか以前の世界に属しており、したがって科学的認識以前の段階に結びついている。これとの関連でフォルマーは次のように述べている。「科学的認識は過去数百年ないしたかだか数千年の現象である。それに対して知覚と経験はすでに数百万年来のものである」(Vollmer, Bd.1, 130)。人類の進化が数百万年かけて形作った人間の認識装置の解剖学的、生理学的、心理学的な諸条件がわずか数千年か数百年で根底から改変され刷新されるはずもないことを考えれば、人間の認識装置にとって、素朴理論を超えた次元の科学的認識に取り組むことは本来想定されていなかったアクロバットを行うようなものであることがわかる。顕著な学習バイアスが生ずるのは必至であるといわねばならない。エルターがいうように「進化の遺産ではもはや不充

となるや障壁がたちはだかる」(OERTER, 173) ことになるからである。

## 六 教育と学習バイアス

学習バイアスは教育に容易ならざる課題を与えずにはおかない。一見したところ、その課題を抱えて教育は袋小路にはいりこんでいるかのようなのである。科学的認識の獲得は、知覚や経験によって支えられた直観的な素朴理論の拘束から生徒の思考が解放されない限り達成されないのに、科学的認識が生徒のうちに確立されなければ素朴理論の拘束力が解消されることはないように思われるからである。ケアリーは「科学を教えることの目標は、理解のための新しいシエマ、生徒の能力の範囲内にはまだないシエマを与えることである」(CAREY, 1123) と述べて、そこに「パラドックス」を見出している。「科学の学習の場合には、生徒は…理解の基盤を形成するために活用しうるシエマをすでに保有している訳ではない」(Ibid.) からである。

この「パラドックス」を深刻なものにしているのは、生徒の内なる知覚認識や経験的認識に根ざした予断が科学的認識の獲得に対して及ぼす阻害作用である。フォルマーがいうように、生徒は「決して何の予断もたずに、タブラ・ラサとして授業に臨むのではない。生徒における表象の一部は遺伝的に形成され、さらに一部は日々の体験によって型どられている。そして言語と教育がさらに先入主を

加えている」(VOLLNER, Bd.2, 152)。生徒の内なるこれらの予断や先入主は素朴物理学など特定の領域に呼応する素朴理論として堅固に組織化されており、生徒による認識を固有の特徴的な前科学的思考様式に強力に拘束する。教育の場で生徒が自らの経験を通じて素朴理論を徐々に洗練してゆき、やがては科学的認識に到達するといような事態はほとんどありそうもないことである。ケアリーとスベルキーが指摘するとおり、生徒にとっては「その〔素朴理論の〕組織に合致する対象だけしか経験されるうえで利用することができなく」(CAREY & SPELKE, 178) からである。科学的認識の獲得に関する限り、教育は生徒がすでに保有している認識に足場を求めることはかなわないと考えるべきであろう。この点と関連して、「認識における進歩は、新たな思考的構築物を建造することだけにあるのではなく、同時にまた、これまでの確信を打ち破り除去し去ることにもあるのである」(VOLLNER, Bd.2, 154) というフォルマーの指摘は、まことに意味深長である。「これまでの確信」に依拠する限り、その確信にいかん洗練の度を加えようと、学習が知覚認識や経験的認識の次元を脱する見込みはないのである。

まさしくこうした文脈で、レズニツクは「子どもたちが、もともと持っている確信を洗練するのではなくてほかのものと置き換えるのを手助けする方法が見出される必要がある」(RESNICK, 489) と述べている。では、いったいどうすれば教師は生徒に対してそういう手助けを行うことができるのであろうか。これに答えてレズニツク



は、まことに率直に「我々はこれを行う非常によい方法をいまだ見出してはいない」(Ibid.)、ことを認めている。素朴理論の土壤である知覚認識や経験的認識が数百万年にも及ぶ人類進化を背景としているのに対して、科学的認識は数百年前ないしたかだか数千年前に出現したにすぎない新しい特異な認識形態であることを考えれば、「非常によい方法」がまだ発見されていないというのもごく当然のことであるといえるかもしれない。レズニックによれば「もともともっている概念が不適切であることに経験を通じて生徒を直面させれば、その刺激で生徒はそれまでの考え方を退けて新しい〔科学的な〕考え方を受容するようになるだろうというのが、当初の考えであった。これは、あまりうまくいかなかった」(RESNICK, 489-490)。こうした「当初の考え」に基づく教育実践が不首尾に終わったのは、まさに生徒の学習バイアスに十分な考慮を払わなかったためである。生徒の学習バイアスが生徒自身の経験に支えられている以上、その経験に訴えて生徒の学習バイアスの克服を図るという教育の発想は方向をとり間違えている。フォルマーは前科学的な考え方と科学的な考え方を生徒に同時に提示して両者を対照させる教授法を推奨しているが (vgl. VOLMER, Bd.2, 153-156)、これによって所期の成果が達成されるものか、同様の理由から疑問なしとしない。

一定の成果をもたらす方策としてレズニックは「特殊な物理学的モデルに組織化された」アナロジーを用いる教授法をとりあげているが、これは生徒側にも教師側にも膨大な時間と精力の投入を強い

る割には得られるものが余りにも僅少であるという (cf. RESNICK, 490)。さらに、レズニックはそうした難点を伴わないもう一つの教授法にも着目しているが、この教授法には抵抗や失望を禁じ得ない人も少なくないのではなからうか。その教授法の基本原理は、生徒の前科学的な思考様式とはかけ離れた特定の中核的な科学的概念を生徒にじかに教示したうえで、生徒が数多くの事例にその科学的概念を適用するのを指導するという一種のドリル方式であるからである (cf. RESNICK, 490)。レズニックが指摘しているように、この教授法では「生徒は最初のうちは〔科学的〕概念をむしろ機械的に適用するだろうが、それらの概念が知的効力を発揮するのでやがてはそれらに確信を抱くようになる」(RESNICK, 490) という考え方がとられている。概念の適用を概念内容の咀嚼に先行させるこうした「考え方はさらに経験的テストを必要とする」(Ibid.) と述べてレズニックはその妥当性について慎重な見方をしているが、適用を最優先させるこうしたやり方は科学のトレーニングに関するクーンの記述を髣髴とさせる。パラダイムに依拠した科学をクーンは「通常科学」と呼んでいるが、クーンは「科学者は決して概念や法則や理論を抽象的なものとして、それ自身として学ぶものでない」と (クーン、五二) に注意を促しつつ、「通常科学」の概念や法則などに「科学者は初めからその適用と共に、適用を通して示される歴史的、教育的なセットの中で遭遇するのである」(同前) と強調している。クーンによれば、「通常科学」においては「理論を学ぶ過

程はその適用の研究によるのであって、その適用には鉛筆と紙による練習問題や、実験室の装置も含まれている」(クーン、五三)のである。

文献 (引用文中の「」内は、本稿の筆者による補足である。欧文文献における強調のためのイタリック体の部分には、引用に際して傍点を付した。)

クーン、トーマス『科学革命の構造』(中山茂訳)、みすず書房、一九七二年  
シーガル、マイケル『子どもの知性と大人の誤解—子どもが本当に知っていること—』(外山紀子訳)、新曜社、二〇一〇年

高垣ベユウ「大学生はいかに力のブリコンセプションを委ねるのか」『発達心理学研究』、第一五巻、二〇〇四年、二一七—二一九頁

CAREY, Susan, Cognitive Science and Science Education, *American Psychologist*, v.41, 1986, pp.1123-1130

CAREY, Susan & SPELKE, Elizabeth, Domain-specific Knowledge and Conceptual Change, HIRSCHFELD, Laurence A. & GELMAN, Susan A., eds., *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, Cambridge U.P., 1994, pp.169-200

COSMIDES, Leda & TOOBY, John, Origins of Domain Specificity: The Evolution of Functional Organization, HIRSCHFELD, Laurence A. & GELMAN, Susan A., eds., *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, Cambridge U.P., 1994, pp.85-116

GARCIA, John, ERVIN, Frank R. & KOELLING, Robert A., Learning with Prolonged Delay of Reinforcement, *Psychonomic Science*, v.5, 1966, pp.121-122

HASHWEH, Maher Z., Toward an Explanation of Conceptual Change, *European Journal of Science Education*, v.8, 1986, pp.229-249

HASHWEH, Maher Z., Descriptive Studies of Students' Conceptions in Science, *Journal of Research in Science Teaching*, v.25, 1988, pp.121-134

HIRSCHFELD, Laurence A. & GELMAN, Susan A., Toward a Topography of Mind: An Introduction to Domain Specificity, HIRSCHFELD, Laurence A. & GELMAN, Susan A., eds., *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, Cambridge U.P., 1994, pp.3-35

KEIL, Frank C., *Concepts, Kinds, and Cognitive Development*, The MIT Press, 1989

MCCLOSKEY, Michael, Intuitive Physics, *Scientific American*, v.248, 1983, pp.114-122

ORTER, Rolf, Förderung in Kindergarten und Schule: Eine evolutionspädagogische Perspektive, KURIG, Julia u. TREML, Alfred K., Hrsg., *Neue Pädagogik und alle Gehirne? : Erziehung und Bildung in evolutions-theoretischer Sicht (Beiträge zur Evolutionären Pädagogik Bd.2)*, Lit, 2008, SS.157-179

RESNICK, Lauren B., Situated Rationalism: Biological and Social Preparation for Learning, HIRSCHFELD, Laurence A. & GELMAN, Susan A., eds., *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, Cambridge U.P., 1994, pp.474-493

ROZIN, Paul & KAVAT, James W., Specific Hungers and Poison Avoidance as Adaptive Specializations of Learning, *Psychological Review*, v.78, 1971, pp.439-486

ROZIN, Paul & SCHUL, Jonathan, The Adaptive-Evolutionary Point of View in Experimental Psychology, ATKINSON, Richard C. et al. eds., *Stevens' Handbook of Experimental Psychology, 2nd ed. v.1: Perception and Motivation*, Wiley, 1988, pp.503-546

VOLLMER, Gerhard, *Was können wir wissen? Bd.1, Die Natur der Erkenntnis: Beiträge zur Evolutionären Erkenntnistheorie*, 3. Aufl., Hitzel, 2003

VOLLMEYER, Gerhard, *Was können wir wissen? Bd.2, Die Erkenntnis der Natur : Beiträge zur Evolutionären Erkenntnistheorie*, 4. Aufl., Hirzel, 2008

WELLMAN, Henry M. & GELMAN, Susan A., Knowledge Acquisition in Foundational Domains, KUHN, Deanna & SIEGLER, Robert S. eds., *Handbook of Child Psychology, 5th ed., v.2: Cognition, Perception, and Language*, Wiley, 1998, pp.523-573