

動物の学習行動のモデル論 I

—1970年代以降の認知論的モデルの発展とその特質—

石 井 澄

本論文の目的は動物の学習行動、とくに連合学習に関して1970年代以降に提出されてきたいくつかの認知論的モデルについて、その意義と問題点を整理し、それらを通じて動物の学習行動の本質を理解するための道筋を示すことにある。この領域における従来のモデルの多くは行動の予測をその目的としてきたが、現状はそれが達成されたというにはほど遠く、また明確な展望も存在するとはいえない。このような現状を招いている主な原因を分析していくと、従来は看過されてきた一つの作業課題の重要性が次第に浮かび上がってくるが、その具体的な内容は、この問題についての考察を行なう過程でいずれ明確になるであろう。動物の連合学習の過程を考える際に視野に入れるべき実験的事実は多岐にわたっているが、本論文が対象とする認知論的モデルにとっては、阻止あるいは隠蔽を中心としたいわゆる刺激選択と潜在制止の現象がとくに重要であり、したがってこれらに関連した議論が考察の主要な部分となる。それでもなお、扱う問題の大きさを考慮すれば、それらを幾つかの側面に分け、順に分析していくという方法を採用することが不可避であり、またそれがもっとも適切であると考えられる。そこで初回としての本稿では、これらのモデルが提出されてきた歴史的な経緯とその特質について概略的に述べるに止め、続く次回以降において、それらが共通に抱えている問題点を分析した上で、筆者がより望ましい形のモデルの構築のために必要だと考える作業課題について検討することとした。

I. 動物の連合学習に関する認知論的モデルの発展

上記の目的を達成するためには、考察の対象とする認知論的モデルが提出され発展してきた過程と、それらの依拠する認知的着想の特質について最初に理解しておくことが必要であろう。これらの多くはすでにいくつかの概説書などにおいて紹介されているが、筆者自身の視点から新たに要約することで、その後のこれらのモデルについての批判的考察の論旨がより明確になると思われる。

1. 阻止とCS—US随伴性

動物の学習行動についての精緻で体系的な理論として、1960年代まで主要な地位を維持して

いたのは、行動主義の立場から提出されたHull, C.L. (1943, 1952) の刺激—反応理論であった。彼の理論は、有機体の動因の解消が学習の成立の必要条件であるとするいわゆる動因低減理論として知られているが、その基本的な仮定の一つは、動因低減によって生じる刺激と反応との間の結合の強さ（習慣あるいは連合強度）は、当該の刺激と反応の同時的な経験（対呈示）の回数にのみ依存する、ということであった。すなわち彼の基本的な着想のなかには、経験に基づくこのような刺激—反応間の結びつきが、そこに存在する他の刺激による影響を受ける可能性は、付加的な知覚過程としての「求心性神経エネルギー間相互作用」（Hull, 1943, 1952）といったものを除けば、ほとんど考慮されていなかった。

彼の理論はその提出時から多くの実験的事実による挑戦を受け続け、それに対処するためにいくつかの修正が行なわれた。とくに本論文との関連においては、習慣強度の連続的な増減のような連合的過程とは別に、選択的注意といった過程の存在を主張する理論（たとえば、Sutherland & Mackintosh, 1971）を支持すると思われる事実、たとえば、次元内移行学習が次元外移行学習より容易であること（Mackintosh & Little, 1969）、過剰学習後には逆転学習の完成が促進されるという効果（Reid, 1953）、あるいは次元連続線上の学習の転移（Lawrence, 1952）などを扱うために、「微小予期目標反応」といった媒介変数を導入したことや、Spence, K. W. が刺激般化の原理に基づいた巧みな説明を行なったこと（たとえば、Spence, 1936）が知られているが、ともかく1960年代まではHullの刺激—反応理論はこの領域における一応の影響力を保っていた。

しかし1960年代の終わりになって、この理論にとって決定的ともいえる2つの実験結果が示された。一つはKamin (1969) による阻止（blocking）の事実である。Kaminはノイズあるいは光を条件刺激（CS）とし、電撃を無条件刺激（US）とした条件性抑制の事態において、予め一方のCSのみをUSと繰り返し対呈示した後にもう一方のCSを付加した複合条件づけを行なうと、後から付加されたCSに対してはわずかな抑制しか生じないことを実験的に示し、これを阻止と名付けた。付加されたCSはUSと繰り返し対呈示されたにもかかわらず、動物はそれらの関係についてほとんど学習しなかったのである。

CSとUSの対呈示によっても学習の進展がみられないという第2の事例は、Rescorla (1968) によるCSの呈示されていない期間、すなわち試行間間隔（ITI）中のUSの呈示確率を変化させた実験の結果である。彼はCS（純音）提示中のUS（電撃）の呈示確率を0.4に固定し、ITI中のUSの呈示確率をそれぞれ0, 0.1, 0.2, 0.4とする4群を設け、一定回数の条件づけの後に音に対する条件性抑制の程度を比較した。その結果、純音に対する抑制はITI中の条件刺激の呈示確率が0の群が最も強く、0.4の群ではまったく抑制が示されなかった。この実験結果は、動物がCSとUSとの関係を学習するためにはCSがUSの生起に関する情報となること、すなわち2つの事象間の随伴性の存在が必要であることを明確に示唆している。

これらの実験的事実が意味するものは、条件刺激と無条件刺激の対呈示を繰り返すことが効

果的な連合形成のための十分条件であるとする、Hullの理論の基本的な前提が否定されたということである。前述の求心性神経エネルギー間相互作用の仮定によって、阻止の現象を概念的に説明することは可能だが、予測性を重要視する彼の演繹的な理論において、このような結果の言い換えに過ぎない恐れがある概念に大きく依存することは、理論そのものの有効性を著しく低下させてしまう。選択的注意理論との対決のためにはある程度効果的だった微小予期目標反応や般化勾配の原理をもってしても、これらの事実を適切に処理することは困難であった。現実にはHullの刺激-反応理論は、広汎な反証的事実の発見によって徐々に衰退していったと考えるべであるが、それらのなかに上述のKaminやRescorlaによる実験結果が含まれることは明白であろう。

2. Rescorla-Wagnerモデルと強化子の意外性

単なるCSとUSとの対呈示が効果的なパヴロヴィアン条件づけのための十分条件でありえないならば、それに代わる新たな理論的枠組みが必要とされる。そのような要求に対応して、1970年代に入ると動物の連合学習に関する幾つかのモデルが提出されるようになったが、これらに共通する特徴は、行動主義的理論が(Tolman, E.C.のそれを除けば)動物の行動を単純な機械的連合によるものとみなしていたのに対して、予期とか注意とかいった、より高次の過程が連合学習の基礎にあるという着想を出発点としていることにある。これらのモデルが「認知的」だとされる理由はこの点にあり、したがって1970年代以前から提唱されていた注意理論も、その意味では認知的モデルに含めることができる。

これらのモデルの先駆とされるのがRescorlaとWagner(1972)によるモデルである。このモデルはパヴロヴィアン条件づけの1試行において、仮にAという記号で表すあるCSについて生じる連合強度の変化を、以下のような定式によって表した。

$$\Delta V_A = \alpha_A \beta (\lambda - \Sigma V) \quad (1)$$

ここで ΔV_A はAが獲得する連合強度の増分を、 α_A と β はそれぞれAの明瞭度、USの強度によって決定される学習の進行速度を規定する係数を、 λ は当該の無条件刺激によって刺激が獲得し得る連合強度の漸限值を、そして ΣV はその試行において存在するすべての刺激のもつ連合強度の総和を表す。このモデルの提出の直接の契機となったのは、前述のKamin(1969)による阻止の現象と、Rescorla(1968)によって示されたCSとUSの随伴確率が学習強度を決定するという実験的事実である。

注意理論の立場からは、阻止の現象は選択的注意の過程の存在を支持するものとみなされた。すなわち、動物が最初にあるCSに条件づけられればそれへの注意は強まるが、注意の容量は常に一定であるという仮定(反比例仮説)によりその他の刺激への注意は逆に弱まる。したがっ

てその後に別のCSを付加して条件づけを続行しても、付加されたCSにはわずかな注意しか配分されず、USとの関係が学習されない。阻止の現象はこのような過程に基づいて生じると解釈された。

しかし、Kamin自身の阻止の事実に対する解釈は注意理論からのそれとは異なっていた。彼は強化子（US）はその生起が動物にとって予期できない程度、すなわち意外性の程度に応じて、学習を進行させる能力をもつと考えた。阻止の実験においては、最初の段階で一方のCSとUSとの条件づけにより、USの生起は完全にそのCSにより予期されるようになる。したがってその後に別のCSを付加しても、USはもはや学習を進行させる力をもたず、したがって付加CSに対する学習が妨害される。これが阻止の機制についての彼の説明である。

Rescorla-Wagnerモデルの等式(1)はこの着想を定式化したものである。ある条件づけ試行において呈示されるUSが動物にとってどの程度意外なのかは、その試行において存在するUSの生起を予告するすべての手がかり（このなかには操作的な意味でのCSの他に文脈手がかりなどが含まれる）がそれまでに獲得した連合強度の総和（ ΣV ）と、実際に生じるUSの強度によって決定される連合強度の漸限值（ λ ）との差、すなわち（ $\lambda - \Sigma V$ ）によって定義される。条件づけの経験に伴って変化するのはこの意外性の程度である。阻止の現象は、先行条件づけを受けたCSが等式(1)にしたがって十分な連合強度を獲得した後に別のCSを付加するので、すでに（ $\lambda - \Sigma V$ ）の値が低下している、すなわちUSが意外性を失っており、したがって付加されたCSが大きな連合強度を獲得できないことが原因だと説明される。

随伴確率が学習の強度を決定するというRescorla（1968）の実験結果も、同様に(1)式から説明できる。すなわち実験期間を通じて存在する文脈手がかりが、CSが呈示されない期間におけるUSとの対呈示により連合強度を獲得する。この強度は、文脈のみが呈示されている期間のUSの生起確率が高いほど急速に増大するので、その値が大きいほどCS呈示時におけるUSの意外性すなわち（ $\lambda - \Sigma V$ ）は減少し、したがってCSは大きな連合強度を獲得できない。

さらに、複合CSに対する条件づけにおいて明瞭度が相対的に小さな要素CSに対する学習が妨害されるという、いわゆる隠蔽現象（Pavlov, 1927）も、このモデルから容易に予測される。この現象では、上述の文脈刺激の役割をより明瞭度が大きい方の要素CSが果たしていると考えればよい。すなわち、各要素CSは条件づけの試行毎にそれぞれ(1)式に基づいて連合強度を獲得するが、第1試行では $\Sigma V = 0$ であるので、その値は刺激の明瞭度を表す係数である α によって規定される。明瞭度の大きいCSほど第1試行で獲得できる連合強度が大きい。第2試行以降では（ $\lambda - \Sigma V$ ）は次第に小さくなり、したがって各刺激の連合強度は負の加速度をもって次第に増加し、 $\lambda = \Sigma V$ となった時点からは学習は進行しなくなる。この時点で各要素CSが獲得した連合強度の強度は、当然そのCSのみを単独で条件づけた場合よりも小さくなる。しかしその減少の程度は、(1)式に適当な数値を代入することによって具体的に示すことが可能だが、明瞭度の小さな要素刺激についてより大きなものとなる。換言すれば、より明瞭度の大きな刺激

の獲得した連合強度の増加によってUSがその意外性を急速に失うことが、隠蔽の原因であると説明されるのである。

このように、このモデルは連合学習に関する多くの実験的事実を包括的に説明することが可能なため、その提出直後から脚光を浴びるようになった。しかしこのモデルの真に画期的な点は、動物の学習行動の基礎にあると考えられる認知的過程に関する元来の着想を、1試行毎の条件づけ手続きに対応した形の定式によって置き換えた所にある。このモデルの提出以前においても、選択的注意理論のようないくつかのモデルが示されていたが、それらはいずれもその認知的な着想を、複数の条件づけ試行後において観察される現象を解釈するための概念として、条件づけの操作との対応が不十分な形のままに用いていた。それに対してRescorla-Wagnerモデルは、定式化によってモデルの具体的な条件づけの事態に則した検証可能性を飛躍的に高めたという点で特筆に値するものであり、その後の多くのモデルの形式的な方向を規定したと言える。

3. 注意説への影響——Mackintosh (1975) のモデル

Rescorla-Wagnerモデルの成功は、選択的注意説の立場にも大きな影響を与えたが、その最大の原因は上述の定式化による予測性の増大であった。Mackintosh (1975) はこの点に関する「選択的注意という概念は、試行毎あるいは瞬間毎の経験によってどのように動物の注意が変化するかを特定しない限り、結果の言い換えに過ぎない(Wagner, 1969)。」という批判を受け入れる形で、注意の概念を維持しながら新たに定式化されたモデルを提出した。彼のモデルでは、1回の条件づけ試行によってある刺激Aが獲得する連合強度の増分は以下の等式によって表される。すなわち、

$$\Delta V_A = \alpha_A \beta (\lambda - V_A) \quad (2)$$

$$\begin{array}{l} \text{ただし、} \\ \left. \begin{array}{l} |\lambda - V_A| < |\lambda - V_x| \text{ なら、} \alpha_A \text{ は増加} \\ |\lambda - V_A| \geq |\lambda - V_x| \text{ なら、} \alpha_A \text{ は減少} \end{array} \right\} \quad (3) \end{array}$$

ここで V_x は、A以外のあらゆる刺激がもつ連合強度のなかで最大のものを指す。

Mackintoshのモデルでは、それまでの選択的注意理論における、限定された容量の情報処理機制への侵入を巡って刺激間で競合が生じるという過程は放棄された。そして、隠蔽とか阻止といった刺激選択の現象に関するそれに代わる説明として、動物はすべての刺激の情報処理を同時に行なう能力をもつが、もっとも良い予告子であるもの以外の刺激に対する注意を次第に減少させる、という仮定が導入された。等式(3)はその着想を定式に置き換えたものである。こ

の式は刺激Aに対する注意を α_A で表し、その予告子としての評価を $|\lambda - V_A|$ と $|\lambda - V_x|$ 、すなわちその他の刺激のなかでもっとも大きな連合強度をもつXとの相対値の比較によって行なうということが含意されている。

このように、MackintoshのモデルもRescorla-Wagnerモデルと同様に、1試行毎に条件づけに対応する形での連合強度の変化を表す等式によって連合学習の機制を表そうとした。ここで留意すべき点は、最終的な定式を比較する限りにおいてはそれほど明確でないが、Rescorla-WagnerモデルとMackintoshのモデルはその出発点としての着想が大きく異なっているという点である。すなわち、Rescorla-WagnerモデルがUSの処理を巡る刺激間の競合によって刺激選択などの事実を説明しようとしたのに対し、Mackintoshのモデルは(2)式が示すように、連合強度の獲得過程そのものにおいてはそのような競合を仮定せず、むしろその速度を規定するCSへの注意の大きさ α が、(3)式に従って他の刺激との予告子としての相対的評価によって増減することが、刺激選択の原因であると考えたのである。この背後には、動物は重要な事象についての冗長な手がかりを無視することを積極的に学習するという着想(Mackintosh, 1973)が存在する。

4. 潜在制止とWagner (1978, 1981) およびPearce & Hall (1980) のモデル

前述のようにRescorla-Wagnerモデルは、連合学習に関する多くの現象を包括的に説明し得たが、他方で潜在制止の現象を当初から説明できないという弱点を抱えていた。潜在制止(latent inhibition)とは、ある刺激を予め単独で繰り返し呈示した後にその刺激をCSとする条件づけを行なうと、学習の進展が遅れるという現象である(たとえば、Lubow, 1973を参照のこと)。刺激の単独呈示の期間にはいかなるUSも呈示されないので、この期間にその後の学習の速度を遅延させるような変化はCSについてのみ生じると考えなければならない。しかし彼等のモデルでは、CSの処理に関してはその明瞭度によって決定される α という、連合強度の獲得の速度を規定する固定した係数としてのみ表されており、 α が条件づけなどの経験によって変化する可能性はまったく考慮されていなかった。

このような経緯からWagner (1978) は、USと同様にCSの処理についても経験によって変化する可能性を考慮した改良モデルを提出した。彼のモデルは以下の定式によって表される。すなわち、

$$\Delta V_A = \alpha_A (l - \Sigma v) \beta (\lambda - \Sigma V) \quad (4)$$

この式はRescorla-Wagnerモデルの(1)式と比較して、 $(l - \Sigma v)$ という項が付加されているという点においてのみ異なっているが、この項がCSの処理の経験による変化の過程を表している。ここで l はその生起がまったく予期されない場合のCSについての処理の漸限值を、 Σv は文

脈によってCSの生起が予期される程度を表している。ある実験文脈のなかでCSが単独で繰り返し呈示されると、それが文脈と次第に連合し、その生起は文脈によって予期されるようになる。(1- Σv)はその予期の程度、つまりCSの意外性の程度を表している。すなわちWagnerのモデルは、USがCSにより予期される程度に応じて意外性を減じるというRescorla-Wagnerモデルの仮定を、そのままCSと文脈との関係についても適用することによって、CSの処理の変化を考慮したのである。このモデルによれば、潜在制止はCSと文脈との連合の結果、CSがその意外性を減じるために生じると解釈できる。

Wagnerはさらに、なぜ刺激が意外性を減じると連合が進展しないのかについて、短期記憶内での刺激表象の活性化という着想に基づく説明を行なっている。それによれば、ある刺激が新たな連合を形成するためには、その表象が短期記憶内で活性化される必要があるが、文脈とCSあるいはCSとUSがすでに連合していると、一方の呈示下では常に他方の刺激の表象が短期記憶内にプライミングされるようになり、実際にその刺激が呈示されてもその表象は活性化されない。彼のモデルでは、潜在制止や刺激選択の現象はこのような刺激表象の不活性化による新たな連合の形成の阻害が原因だとされる。この短期記憶内での表象の活性化という着想を、さらに広範囲の現象に適用したモデル(Standard Operating Procedures: SOP)も提出されている(Wagner, 1981)。SOPモデルにおいては定式化という手続きはなされていないが、その本質は(4)式において示されたものと同一である。

一方、Mackintosh (1975) のモデルは潜在制止の現象をその枠組みのなかで扱うことが可能である。(3)式の下段の不等式にはイコールの記号が付されているが、これが潜在制止の説明のための工夫である。すなわち、CSのみを呈示する事態では V_A も V_x もともにゼロの状態を維持し、したがって(3)式からはこのような事態でAに対する注意 α_A が減少することが予測できる。換言すれば、動物は重要な事象を何ら予告しない刺激を無視することを学習する、という着想がこの式のなかに含まれている。

しかしながら、Hall & Pearce (1979) によって行なわれた実験の結果は、Mackintoshのモデルからも予測できないような型の潜在制止が生じることを示した。彼等は条件性抑制の事態を用いて、第1段階で音と弱い電撃の対呈示、光と弱い電撃の対呈示、あるいは音のみの呈示のいずれかを繰り返し受けた3群のラットに対して、第2段階で音と強い電撃の対呈示を行ない、抑制の進展を比較した。音のみを前呈示された群は抑制の進展がもっとも遅く、典型的な潜在制止を示した。しかし、第1段階で音と弱い電撃との対呈示を受けた群も、光と弱い電撃との対呈示を受けた群よりも抑制の習得が遅れた。Mackintoshのモデルからは、音と電撃との対呈示を第1段階で受けた群では、音が電撃のもっとも良い予告子として学習され、したがって第2段階の開始時において音に対する注意の大きさが増大しているため、学習の進展は3群中でもっとも促進されることが予測される。しかし現実には、電撃との対呈示という状況においても、音の繰り返しの呈示は潜在制止を生じたのである。

Pearce & Hall (1980) はこの実験結果をもとに、以下の定式で示される新たなモデルを提出した。すなわち、

$$\Delta V_A = S_A \alpha_A^n \lambda^n \quad (5)$$

ただし、
$$\alpha_A^n = |\lambda^{n-1} - \Sigma V^{n-1}| \quad (6)$$

ここで n および $n-1$ という添字は、それぞれ第 n 試行および第 $n-1$ 試行を意味し、また(5)式の記号 S_A は刺激 A の物理的な明瞭度によって決定される係数を表す。他のモデルとは異なり、このモデルでは同一のUSの処理の程度(λ)が条件づけの過程で変化するとは考えていない。USのような動物にとって重要な事象はつねに十分な処理を受けるはずであり、試行間で変化するのは α 、つまり刺激に対する注意の大きさのみであると仮定されているのである。

このようにPearce & HallもMackintoshと同様、刺激選択に関する諸現象はCSの処理における変化に起因するものと考えた。しかし彼等は、Mackintoshが予告力の優れたCSのみが十分な処理を受けると仮定したのとは逆に、CSは過去においてUSを完全に予告できなかった場合においてのみ必要な処理を受けると考えた。彼等のモデルの端緒となっているのは、Schiffman & Schneider (1977) が提出した統制された処理モードと自動化された処理モードという情報処理心理学における着想である。すなわち当初は統制された処理モード内で必要な注意を配分され、繰り返し処理を受けた結果、ある事象の予告子として十分に学習された刺激は、次第にそれと結びついた反応を自動的にかつ速やかに生じさせることができる自動処理モードを経由するようになる。しかしこの自動処理モードのなかでは、その刺激を含む新たな事象間の関係を学習することはできない。新たな関係の学習のためには、その刺激は再び統制処理モードのなかで処理される必要がある。Pearce & Hall (1980) のモデルでは、連合強度 V が増大するにつれて、刺激に向けられる注意の大きさ α が減少することを示す(6)式が、学習が進むにつれて刺激が自動処理モードを経由するようになるという着想を定式化している。

前述のHall & Pearce (1979) の実験結果は、この定式から容易に説明される。すなわち、第1段階で音と弱い電撃との対呈示を受けた群は、(5)式によって試行毎に連合強度を増加させていくが、それと同時に(6)式によりその刺激への注意 α は試行毎に減少していく。したがって、第2段階で音がより強い新たな電撃と対呈示されても、その関係についての学習は、第1段階では光と電撃との対呈示を受け、したがって音についての α は初期値のままである群よりも遅延する。

もちろん、従来のモデルが問題としてきた隠蔽や阻止といった刺激選択の現象についても、彼等のモデルは十分な説明力をもつ。詳細な説明は省略するが、彼等のモデルはこれらの現象に対応する手続きによって、当該の刺激に対する注意が減少することを明確に予測する。

II. 従来の認知論的モデルに共通する特徴

以上で概観してきたように、パヴロヴィアン条件づけの機制に関して、それまでの機械論的な理論に代わるいくつかの認知論的モデルが1970年代以降に提出されてきた。上述のように、これらのモデルはその出発点としての認知的機制に関する着想においては互いに異なっているが、他方ではこれらのすべてに共通する面も少なくない。そこでつぎにそれらの共通した特徴について分析を行なうこととする。

1. 定式化されたモデル

前述のようにRescorla-Wagnerモデルは、「意外な強化子のみが学習を促進させ得る」というKamin (1969) の着想を、1試行毎の連合強度の変化を表す等式(1)により表したが、このことが具体的な実験における結果の予測可能性を飛躍的に高めた。それまでの学習理論、たとえば選択的注意説では、複数回数の条件づけの後に見られる現象の解釈として、刺激に対する注意の増減などの仮説的概念を用いていたが、このような説明はともすれば結果の言い換えに過ぎないという批判を免れなかった。2次元の複合CSに対する条件づけにおいて隠蔽が生じたことを、一方の次元へ注意が集中したためだとすることは、どのような機制がそれへの注意の集中を生じさせたのかを説明していない。刺激に対する注意が経験によって変化するという事実は、そのような変化が「如何にして」起きるのかについての説明を必要とする。この場合の如何にしてということとは、そのような変化が生じるための条件を特定し、その特定の条件化において注意の増減が漸進的に進む過程を実験的操作に対応する一般的な図式として表す、ということの意味する。

Rescorla-Wagnerモデルはこのような意味での「如何にして」を満足している。(1)式は1試行の条件づけにおける操作との対応が可能で表されている。つまり α はCSの強度、また β と λ はUSの強度に対応している。もちろん、たとえば100V、1秒間の交流電撃を与えることが、具体的にどのような数値の β や λ に対応するかを決定することはできないが、電圧や持続時間を減少させればそれらに対応した形でこれらの数値も相対的に減少する、という予測は成り立つ。このように、少なくとも複数の刺激強度の相対的な値や、その試行間での変化の方向に基づく結果の予測が可能になったことによって、このモデルは従来のものと比較して検証可能性が飛躍的に増大した。

さらにこのモデルからは、従来は考えられなかった特殊な状況下での現象についてもいくつかの明確な予測がなされる。たとえば、1回のみ複合条件づけの後には隠蔽は生じない。また、2つのCSを同一のUSに対して別個に条件づけた後に複合CSとして条件づけを続行すると、各CSに対して生じる学習行動はある時点まで次第に減弱する。これらの予測は必ずしも確

証されてはいないが、より広汎な事態における予測を可能にしたということのもつ意味は非常に大きい。

このような予測性と検証可能性の増大は、その限りではモデルの発展として評価されるべきものであり、したがってRescorla-Wagnerモデルに続いて提出された他のモデルが同様の定式化を行なったことは、ある意味では当然のことであった。

これに関して付言しておくべきことは、これらのモデルがすべて、1つまたは2つといった少数の、かつ比較的単純な形の定式のみによって仮説的な学習機制を表しているということである。このことは、より簡潔な理論ほど優れているという思考経済の原則に合致し、検証可能性を高めるという点において大きく貢献している。出発点としての認知的着想が優れたものであっても、それが数多くの複雑な定式の組み合わせとしてしか表現しえないものであれば、定式化のもつ意味の大半は失われてしまう。そのような意味からも、Rescorla-Wagnerのモデルは洗練されたものとして注目されたと考えられる。

2. パヴロヴィアン条件づけのパラダイムに限定されたモデルの検証

動物の連合学習を随伴性という観点から分類すると、動物自身の行動と強化との間に随伴性が存在する道具的条件づけの事態と、動物の行動とは無関係に2つの環境内の事象間に随伴性が存在するパヴロヴィアン条件づけの、いずれかの事態において分析される。一般にヒトのような高等動物では、前者の型の経験に基づいて獲得された行動様式が適応にとって主要な役割を果たすとされる。それにもかかわらず、上述のモデルの妥当性の検証はほとんどパヴロヴィアン条件づけのパラダイムを用いた実験によって行なわれてきた。これは、それまでの刺激-反応理論や選択的注意理論が、どちらかという道具的条件づけによって示された事実をもとに構成されていたのとは明確な対照をなす。このようなパヴロヴィアン条件づけパラダイムの偏好には、2つの大きな理由が存在する。

ひとつには、パヴロヴィアン条件づけでは、それまでの選択的注意理論と媒介反応理論との間で論争点となっていた、定位反応が刺激選択の原因か否かという問題を回避できる、という利点が存在するということである。たとえば弁別学習の事態で動物が学習を完成するためには、装置内の特定の位置に呈示された弁別刺激を注視する必要がある、そのためには受容器をその方向に定位しなければならない。弁別学習がそのような微細ではあるが顕現的な反応の刺激との連合に依存しているのか、あるいは適切な刺激次元に注意を向けるという、刺激-反応連合とは別の内的過程に基づくものなのかといった問題を解決するためには、定位反応を必要としないような弁別刺激の呈示という、技術的に非常に困難な課題を克服しなければならない。しかしパヴロヴィアン条件づけの事態では、CSは刺激源の特定が困難な拡散的(diffuse)な刺激として呈示することが可能なので、定位反応が関与する可能性を排除できる。

しかし、これらのモデルの検証がパヴロヴィアン条件づけのパラダイムに偏ったより大きな

理由は、道具的手続きを含む学習実験では条件間での刺激呈示回数が統制できないことが起こりうる、という点にある。たとえば、ハトのキーをつつく反応を指標とした典型的な阻止の実験の例 (Johnson, 1970) を考えてみよう。実験群の動物は最初に、白い垂直線が呈示されている間のキーをつつく反応に対しては餌が与えられるが、水平線が呈示されている間は反応しても餌を得られないという訓練を受ける。この訓練の結果、ハトは次第に垂直線の呈示の間のみ反応を示すようになる。このような弁別を習得したハトに対して、つぎに青緑色の背景光上の垂直線への反応が強化され、黄緑色の背景光上の水平線への反応は強化されないという弁別訓練を行なう。最後にこの動物に対して背景光のみを呈示し、波長についての弁別の程度を測定すると、最初から垂直—水平と背景光という複合刺激の弁別刺激を受けた統制群の動物よりも弱い学習しか示されない。

しかしこの事実を以て、実験群において垂直—水平次元に対する先行訓練による波長次元の学習の阻止が生じたと断定することはできない。このような訓練を受けた実験群の動物は、複合刺激に対する弁別訓練で、すでに弁別を習得した垂直—水平次元に基づいて、垂直線の呈示時にのみ反応を示すので、黄緑色の背景の呈示時において反応し、強化を受けないという経験をほとんどしない。弁別学習の成立にとって誤反応の生起とその結果としての非強化という経験が重要であることは明白であり (たとえば, Mackintosh, 1974を参照されたい)、したがって実験群において波長の弁別が成立しないという事実は、この群で誤反応とその結果としての非強化の経験が稀であるという単純な原因に還元されてしまうのである。すなわち道具的な手続きを含む事態では、動物が反応に伴う強化あるいは非強化を経験する回数は、動物が自発的に行なう反応の生起頻度に左右されるが、その回数を操作により条件間で統制することは、現実には甚だしく困難なのである。これはモデルの検証にとってある意味で決定的な問題である。

他方パヴロヴィアン条件づけの手続きにおいては、上述のような問題は少なくとも操作のレベルでは生じない。なぜならこのパラダイムでは、CSとUSとは動物の行動とは無関係に、予め実験者により決定されたスケジュールに基づいて自動的に呈示されるからである。したがって試行毎の操作に対応したモデルの検証という目的にとっては、どのような操作的要因が現象を規定しているかの特定が容易なパヴロヴィアン条件づけの事態で実験を行なうことが望ましいと考えられる。これが、検証実験がもっぱらパヴロヴィアン条件づけのパラダイムを用いてなされてきた最大の理由である。

3. CSの処理過程における経験効果の重要視

ここで考察しているモデルはすべて動物の連合学習の過程に関するものであり、経験による行動変容の基底にある機制の適切な記述を目的としている。通常の実験室的事態におけるこのような行動変容の過程は、USという動物にとって重要な事象の特性に大きく依存している。USの強度が1試行毎の行動変化の速度(β)とともに、漸限的(asymptotic)な学習行動の強度(λ)

をも規定することは、古くから知られている事実であり、したがってRescorla-WagnerモデルがUSの強度に関する情報処理の過程を定式の中心に置いたことは、ある意味では当然のことであった。このようなUSの処理過程の重視という特徴は、行動主義的な強化理論からの観点を受け継いだものと考えられるが、対照的にCSというもう一方の事象の情報処理は軽視され、その物理的な特性によって決定される α という、学習の速度に関する固定した係数としての役割のみが与えられ、その経験による変化の可能性は無視された。

しかしすでに述べたように、このことが潜在制止を説明できないというRescorla-Wagnerモデルにとっての最大の問題点の一つを生じることとなった。そこで、その後提出されたモデルはいずれも、 α が試行間で変化するという仮定を採り入れるようになったが、今度は刺激の明瞭すなわち物理的な特性は α の初期値を決定するが、その後の条件づけの進行とともに、最終的にはまったく連合強度の進展に影響しなくなるという予測が生じることとなった。

たとえば等式(4)に示されたWagner (1978) のモデルでは、CSを繰り返し特定の文脈内で呈示すると、それと文脈との連合が強固になるので、 $(1-\Sigma v)$ の値はゼロに近づくことになる。そのような状態では α がいかに大きな値であろうと、CSの連合力全体を表す $\alpha(1-\Sigma v)$ の値もゼロに等しくなる、すなわちCSの明瞭度は意味をもたなくなることが予測される。

Mackintosh (1975) のモデルについても同様である。等式(3)は、USに関するもっとも良い予告子の決定が、その時点までに各CSが獲得した連合強度の相対値によってなされることを意味している。したがって非常に明瞭なCSも、先行条件づけによってすでに漸限的な連合強度を獲得している他のCSと同時に呈示されれば、試行毎にその α の値は減少して最後にはゼロとなり、USとの対呈示によってもまったく連合強度を獲得できなくなる場合があると予測される。

さらにPearce & Hall (1980) のモデルも同様の予測をする。このモデルでは、刺激の物理的な強度によって規定される定数Sは、学習によって変化するそれへの注意の大きさ α と区別され、両者の積がCSの連合力を決定すると考えられている。しかし、これは形式的にWagner (1978) のモデルの α をSに、そして $(1-\Sigma v)$ を α というそれぞれ別の記号に置き換えたものとみなすことができる。もちろん、両者がこれらの変数に付与した認知的な意味は、すでに述べたようにまったく異なるのであるが、それにもかかわらずCSの連合力の経験による変容に関しては類似した予測が行なわれるのである。

潜在制止の現象に限らず、CSの連合力が経験により変化することを示唆する事実が多く存在する以上、それに対応できる形のモデルが要求されるのは当然である。しかし上述のように、刺激の物理的な特性が学習の進展や行動にとって意味をもたなくなる事態を予測するほど、これらのモデルが経験の影響を(刺激の物理的な特性との比較において)重視しているという事実は、これらのモデルが定式化に拘泥することと同様に、動物の学習行動心理学の歴史的な背景からの影響を表したものと考えられるが、それらのより基本的な観点についての考察は後に行な

う予定である。

以上で分析してきたように、出発点としての認知的着想は異なるものの、一方でいくつかの共通点をもつ認知論的モデルが1970年代以降に提出されてきた。しかし、動物の連合学習に関する多くの実験的事実のすべてを包括し得るモデルは、現在までのところ存在しない。このような現状は、単にこの領域における理論化が発展の初期にあるためであり、漸進的な改良によっていずれは完全なモデルが構築されるものである、と考えることも可能であろう。しかしながら筆者には、従来のこれらのモデルには動物の学習過程に関する基本的な発想における共通した問題点が存在し、したがってその問題点についての発想の切り換えがなされない限り、満足できるモデルの構築は不可能であるという疑念が否定できない。上で概観してきたような多くのモデルにみられる共通した特徴は、その問題点を考えるための手がかりを提供していると考えられる。したがってつぎに着手すべき課題は、まずこれらのモデルが説明し得ない具体的な実験的事実の検討を通じて、そのような困難さの背後にある基本的な問題点を検討し、続いてその解決のために必要な理論的な枠組みを考察することであるが、それらについては次回以降に譲ることとしたい。

(つづく)

引用文献

- Hall, G., & Pearce, J.M. (1979). Latent inhibition of a CS during CS-US pairings. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 5, 31-42.
- Hull, C.L. (1943). *Principles of behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Hull, C.L. (1952). *A behavior system*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Johnson, D.F. (1970). Determiners of selective stimulus control in the pigeon. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 70, 298-307.
- Kamin, L.J. (1969). Predictability, surprise, attention and conditioning. In R. Church & B. Campbell (Eds.), *Punishment and aversive behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Lawrence, D.H. (1952). The transfer of discrimination learning along a continuum. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 45, 511-516.
- Lubow, R.E. (1973). Latent inhibition. *Psychological Bulletin*, 79, 398-407.
- Mackintosh, N.J. (1973). Stimulus selection: Learning to ignore stimuli that predict no change in reinforcement. In R.A. Hinde & J. Stevenson-Hinde (Eds.), *Constraints on learning*. New York: Academic Press.
- Mackintosh, N.J. (1974). *The psychology of animal learning*. New York: Academic Press.
- Mackintosh, N.J. (1975). A theory of attention: Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review*, 82, 276-298.

- Mackintosh, N.J., & Little, L. (1969). Intradimensional and extradimensional shift learning by pigeons. *Psychonomic Science*, 14, 5-6.
- Pavlov, I. (1927). *Conditioned reflexes*. Oxford: Oxford University Press.
- Pearce, J.M., & Hall, G. (1980). A model for Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of conditioned but not unconditioned stimuli. *Psychological Review*, 87, 532-552.
- Reid, L.S. (1953). The development of noncontinuity behavior through continuity learning. *Journal of Experimental Psychology*, 46, 107-112.
- Rescorla, R.A. (1968). Probability of shock in the presence and absence of CS in fear conditioning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 66, 1-5.
- Rescorla, R.A., & Wagner, A.R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A.H. Black & W.F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory*. Appleton-Century-Crofts.
- Shiffrin, R.M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Spence, K.W. (1936). The nature of discrimination learning in animals. *Psychological Review*, 43, 427-449.
- Sutherland, N.S., & Mackintosh, N.J. (1971). *Mechanisms of animal discrimination learning*. New York: Academic Press.
- Wagner, A.R. (1969). Stimulus-selection and a "modified continuity theory". In G.H. Bower & J.T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 3. New York: Academic Press.
- Wagner, A.R. (1978). Expectancies and the priming in STM. In S.H. Hulse, H. Fowler, & W. K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wagner, A.R. (1981). SOP: A model for automatic memory processing in animal behavior. In N. E. Spear & R.R. Miller (Eds.), *Information processing in animals: Memory mechanisms*. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.