

Pearce の刺激形態化・ 般化モデルについて

中 島 定 彦

古典的条件づけにおける諸現象を説明する理論としては、1972年に正式発表された Rescorla-Wagner モデル (Rescorla & Wagner, 1972; Wagner & Rescorla, 1972) が現在、最も著名で影響力の大きなものである。これは、心理学の最先進国というべき米国において出版されている学習心理学の教科書のほとんどがこのモデルについて詳細な解説を行っていることから明らかである (今田・中島, 1995)。しかしながら、1987年に英国の心理学者 John M. Pearce によって提唱された理論 (以下、Pearce モデルと呼ぶ) は、Rescorla-Wagner モデルに匹敵する説明力と簡潔性を有しているだけでなく、Rescorla-Wagner モデルでは説明できない既知の現象を説明し、新たな現象の予測にも成功するなど、これまで Rescorla-Wagner モデルが占めてきた古典的条件づけ理論の首座を脅かしつつある。本稿では、まずこの新理論を、隠蔽・阻止・条件制止・相対的刺激妥当性という条件づけの基本的現象への適用を通じて紹介する。次に、Rescorla-Wagner モデルが説明できない現象を Pearce モデルがどう説明するかについて解説する。最後に、Pearce モデルの欠点について述べ、このモデルの今後を占いたい。

1. Pearce モデルの基本前提と概略

多くの条件づけのモデルは原則的に要素論である。つまり、複数の刺激はそれぞれ独立に知覚・処理され、その連合強度は単純に加算されると仮定してい

る（ただし、複数の刺激が呈示されたときに刺激間相互作用によって新たな刺激が生じるという補則を有するものもある）。これに対して、Pearce モデルでは、動物は現在さらされている環境全体を1つの「刺激」として捉え、これが条件刺激（CS）となって無条件刺激（US）と連合すると考える。従って、実験者が呈示する刺激は単なる「刺激要素」に過ぎない。

この基本前提を含め、Pearce モデルは、次の4点に要約することができる。①動物は知覚入力全てを1つの「刺激」として捉える。②2つの「刺激」の間には類似性（ S ）に基づいて般化が生じる。③ある「刺激」の全体連合強度（ V ）は、それ自身の連合強度（ E ）と他の刺激からの般化によってもたらされる連合強度（ e ）の総和である。④「刺激」の全体連合強度はデルタ・ルール…… $\Delta V = \beta(\lambda - V)$ ……に従って変化する（ ΔV は全体連合強度の変化量、 β は US 依存の学習パラメータ、 λ は学習の漸近値、 V はその試行での全体連合強度）⁽¹⁾。

これだけでは概念的すぎるので、以下にこのモデルが条件づけの諸現象をどのように説明するか、順に解説しながらモデルの具体像を呈示する。

2. 基本的現象の説明

(1) 隠蔽現象の説明

隠蔽（overshadowing）とは、2つの刺激を同時に呈示して US との条件づけ操作を行うと、一方の刺激を単独で US と条件づけた場合よりも弱い条件反応（CR）を引き起こすようになる（Kamin, 1969; Pavlov, 1927）という現象である（表1参照）。

まず、条件づけ操作（US との対呈示）によって、「刺激 AB」は連合強度を獲得する。連合強度の最大値を1とすると、 $V_{AB} = E_{AB} + e_{AB} = 1$ 。ここでは他の「刺激」は呈示されていないから、 $e_{AB} = 0$ 。従って、 $V_{AB} = E_{AB} = 1$ 。テストでは A, B によって誘発される CR の大きさが測定される。連合強度は、 $V_A = E_A + e_A$ と $V_B = E_B + e_B$ であるが、A, B ともにそれ自身は条件づけ操作を受

表 1 隠蔽と阻止を検証する実験計画

群	訓練 1	訓練 2	テスト
統制群		B→US	A? B?
隠蔽群		AB→US	A? B?
阻止群	A→US	AB→US	A? B?

けていないから、 $E_A = E_B = 0$ 。しかし、A、B ともに条件づけを受けた AB から般化を受ける。

般化を表す一般式は、

$$e_X = \sum_{j=1}^n (xS_j \times E_j)$$

であり、 n 個の刺激から「刺激 X」への般化の総和を示す。刺激間の類似性は S で示されている。

また、類似性を表す一般式は、

$$xS_Y = \frac{P_{\text{com}}}{P_{\Sigma X}} \times \frac{P_{\text{com}}}{P_{\Sigma Y}}$$

である。 P は知覚強度（刺激の明瞭度）であり、 P_{com} は 2 つの「刺激」の共通要素の知覚強度、 $P_{\Sigma X}$ は「刺激 X」の各刺激要素の知覚強度の総和、 $P_{\Sigma Y}$ は「刺激 Y」の各刺激要素の知覚強度の総和を示す⁽²⁾。

少し複雑だが、事例に即して理解すると簡単である。AB から A と B への般化はそれぞれ、 $e_A = {}_A S_{AB} \times E_{AB}$ と $e_B = {}_B S_{AB} \times E_{AB}$ で表される。ここで、類似性 S は、上述の式から、次のようになる。

$${}_A S_{AB} = \frac{P_A}{P_A} \times \frac{P_A}{P_A + P_B}$$

$${}_B S_{AB} = \frac{P_B}{P_B} \times \frac{P_B}{P_A + P_B}$$

A と B が等しい明瞭度を有していると仮定すると、単に刺激要素の数を数えればよいことになる。従って、 ${}_A S_{AB} = {}_B S_{AB} = 0.5$ 。これと $E_A = E_B = 0$ から、

$$V_A = E_A + e_A = E_A + {}_A S_{AB} \times E_{AB} = 0 + 0.5 \times 1 = 0.5$$

$$V_B = E_B + e_B = E_B + {}_B S_{AB} \times E_{AB} = 0 + 0.5 \times 1 = 0.5$$

これが A、B の連合強度の全体である。

さて、刺激 B だけを条件づけた統制群のテストでの連合強度は、

$$V_A = E_A + e_A = 0, (E_A = 0, e_A = 0)$$

$$V_B = E_B + e_B = 1, (E_B = 1, e_B = 0)$$

従って、隠蔽群は統制群よりも B の全体連合強度が弱くなる。Pearce モデルは他の多くのモデルと同様に、連合強度のモデルであって、実際の反応遂行を予測するモデルではないが、連合強度と遂行との間に正の関係があると仮定すると、隠蔽現象が説明できる。

(2) 阻止現象の説明

阻止 (blocking) とは、すでに条件づけされた刺激 A とともに新しい刺激 B を同時に呈示して条件づけを行うと、B はほとんど CR を引き起こさないという現象をいう (Kamin, 1968, 1969, 表 1 参照)。これも Pearce モデルで容易に説明できる。まず A について条件づけを行うと、最終的には、 $V_A = E_A + e_A = 1$ となる ($E_A = 1, e_A = 0$)。次に AB を呈示して条件づけを行う。「刺激 AB」の連合強度は $V_{AB} = E_{AB} + e_{AB}$ 。ここで、訓練第 1 試行では $E_{AB} = 0$ だから、第 1 試行で観察される CR は全て般化による連合強度 (e_{AB}) の表れである。 $e_{AB} = AB S_A \times E_A$, $AB S_A = 0.5$, $E_A = 1$ より、第 1 試行は、 $V_{AB} = 0 + 0.5 \times 1 = 0.5$ 。訓練終了時には、 $V_{AB} = 1$ になると仮定すると、 E_{AB} が 0.5 に増大することになる。

テストで B を単独呈示すると、

$$V_B = E_B + e_B = E_B + B S_{AB} \times E_{AB} = 0 + 0.5 \times 0.5 = 0.25$$

従って、阻止群は隠蔽群よりも、B の全体連合強度がさらに小さくなる。

なお、このとき A の全体連合強度は、

$$V_A = E_A + e_A = E_A + A S_{AB} \times E_{AB} = 1 + 0.5 \times 0.5 = 1.25$$

となり、訓練 1 終了時と比べて若干の増大となる。

(3) 条件制止の遅滞効果、加算効果の説明

2 つの刺激 A, X を用いて、A を強化 (US 対呈示), AX は非強化という訓練を行うと X は条件制止子 (conditioned inhibitor) になる (LoLordo & Fair-

less, 1985; Pavlov, 1927; Rescorla, 1969)。この手続きの後で、X と US を対呈示して条件づけを行うと、そのような手続きを受けていない刺激 Y に比べて、CR の獲得が遅れる（遅滞効果）。また、US と条件づけた刺激 B と X を同時に呈示すると、B が誘発していた CR を抑制する（加算効果）。Rescorla-Wagner モデルなどでは、X が負の連合強度を獲得したためだと解釈される（Wagner & Rescorla, 1972）。これを Pearce モデルで扱うと以下のようになる⁽³⁾。

まず、A 強化、AX 非強化の手続きにより、

$$V_A = E_A + e_A = E_A + {}_A S_{AX} \times E_{AX} = 1$$

$$V_{AX} = E_{AX} + e_{AX} = E_{AX} + {}_{AX} S_A \times E_A = 0$$

ここで、 ${}_A S_{AX} = {}_{AX} S_A = 0.5$ より、

$$V_A = E_A + 0.5 \times E_{AX} = 1$$

$$V_{AX} = E_{AX} + 0.5 \times E_A = 0$$

この連立方程式を解くと、 $E_{AX} = -0.67$ 、 $E_A = 1.33$ 。これが弁別訓練終了時の連合強度である。

上記の訓練後の遅滞テストの結果は以下のように予測される。X と US との対呈示訓練第 1 試行で、 $E_X = 0$ より、全体連合強度は、

$$V_X = E_X + e_X = E_X + {}_X S_{AX} \times E_{AX} = 0 + 0.5 \times -0.67 = -0.33$$

全く新規な刺激 Y も、 $E_Y = 0$ であるが、 e_Y も 0 だから、全体連合強度は、

$$V_Y = E_Y + e_Y = 0 + 0 = 0$$

従って、 $V_X < V_Y$ で、この関係は訓練終了時に $V_X = V_Y = 1$ になるまで続く（遅滞効果）。

一方、加算テストの結果は次のように説明される。US と対呈示された B は $V_B = E_B + e_B = 1$ 、ここで $E_B = 1$ 、 $e_B = 0$ 。B と X とを複合呈示すると、

$$V_{BX} = E_{BX} + e_{BX} = E_{BX} + {}_{BX} S_B \times E_B + {}_{BX} S_{AX} \times E_{AX}$$

$$= 0 + 0.5 \times 1 + 0.25 \times -0.67 = 0 + 0.5 - 0.17 = 0.33$$

従って、 $V_B > V_{BX}$ であり、B によって誘発されるべき CR を X が抑制する形となる（加算効果）。

(4) 相対的刺激妥当性

3つの刺激 A, X, Y を AX と AY に組み合わせて訓練を行うとしよう。無関連群では AX も AY も半数の試行で US と対呈示される (50% 強化)。関連群では AX は必ず US と対呈示されるが (100% 強化), AY には US が後続しない。いずれの群においても A についていえば, 強化確率 (US 後続率) は 50% となる。しかし, 上記の訓練後に A を単独呈示すると, 無関連群よりも関連群で弱い CR が確認される。無関連群では全ての刺激の強化確率が同じ (50%) であるのに対して, 関連群では A は 50%, X は 100%, Y は 0% の確率で強化され, A は X よりも US 予測という点で, 妥当性が低い。従って, A の相対的刺激妥当性 (relative stimulus validity) は無関連群よりも関連群で小さくなる (Wagner, Logan, Haberlandt, & Price, 1968)。Pearce モデルはこの現象にも適用できるが, この場合, 若干恣意的な仮定が必要となる。

まず, 関連群では AX は全強化, AY は非強化だから,

$$V_{AX} = E_{AX} + e_{AX} = E_{AX} + a_X S_{AY} \times E_{AY} = 1$$

$$V_{AY} = E_{AY} + e_{AY} = E_{AY} + a_Y S_{AX} \times E_{AX} = 0$$

$a_X S_{AY} = a_Y S_{AX} = 0.25$ を上式に代入して解くと, $E_{AX} = 1.07$, $E_{AY} = -0.27$ 。テストで A を単独呈示すると,

$$V_A = E_A + e_A = E_A + a S_{AX} \times E_{AX} + a S_{AY} \times E_{AY}$$

$a S_{AX} = a S_{AY} = 0.5$ だから, $V_A = 0 + 0.5 \times 1.07 + 0.5 \times -0.27 = 0.4$ 。

一方, 無関連群では, AX, AY とも半数の試行で US が後続するが, この際, 訓練終了時の総連合強度を 0.5 と仮定すると,

$$V_{AX} = E_{AX} + e_{AX} = E_{AX} + a_X S_{AY} \times E_{AY} = 0.5$$

$$V_{AY} = E_{AY} + e_{AY} = E_{AY} + a_Y S_{AX} \times E_{AX} = 0.5$$

これを解くと, $E_{AX} = E_{AY} = 0.4$ 。テストで A を単独呈示すると, $V_A = 0 + 0.5 \times 0.4 + 0.5 \times 0.4 = 0.4$ となり, 群間に差が見られないことになる。

従って, 相対的刺激妥当性効果を Pearce モデルで説明するためには, $E_{AX} = E_{AY} > 0.4$ でなければならず, このためには $V_{AX} = V_{AY} > 0.5$ となる必要があ

る。訓練最終時にこれが満たされるためには、連合強度獲得式、 $\Delta V = \beta (\lambda - V)$ における US 依存の学習パラメータ β が強化時と非強化時で異なり、強化時の β が非強化時の β よりも大きいことが必須である。この仮定は、条件づけよりも消去の方が変化が緩やかであるという一般的事実からみても不当ではなく、学習のモデルではしばしば採用される⁽⁴⁾。従って、Pearce モデルの枠組内で相対的刺激妥当性を説明することが可能だといえる。

3. Pearce モデル特有の予測とその検証

以上の基本的現象は Rescorla-Wagner モデルを初めとする多くの理論でも説明可能である。しかし、Pearce モデルはそれらの理論では説明できない現象も正しく説明・予測することができる。以下にそのいくつかを紹介しよう。

(1) [AB 強化, BC 強化, B 非強化] 課題

表 2 の 3 つの条件で動物を訓練するとしよう (Pearce, Adam, Wilson, & Darby, 1992)。第 1 の条件では、刺激複合 AB および BC をそれぞれ強化するが、B は非強化である。第 2 の条件は、A, C をそれぞれ強化、B を非強化である。第 3 の条件では、A, B, C すべて強化する。これらの訓練を行った後、3 つの刺激を同時複合呈示 (ABC) すると、CR は第 1 条件で一番大きくなる。この現象は、Rescorla-Wagner モデルでは説明できない。このモデルでは、訓練終了時の刺激 A, B, C の連合強度は、表 2 に示されているようになるはずであり、従って、ABC テストについて、第 1・第 2 条件の連合強度

表 2 Pearce, Adam, Wilson, & Darby (1992) の実験条件と Rescorla-Wagner モデルから演繹される連合強度

	訓 練 試 行	連 合 強 度
条件 1	AB 強化, B 非強化, BC 強化	A=C=1, B=0
条件 2	A 強化, B 非強化, C 強化	A=C=1, B=0
条件 3	A 強化, B 強化, C 強化	A=B=C=1

はともに 2 となり、第 3 条件では 3 になるはずである。

しかし、Pearce モデルは第 1 条件の連合強度が最大になることを以下のよう
に説明できる。まず、訓練終了時の連合強度は以下の 3 式を解くことで得
られる。

$$V_{AB} = E_{AB} + AB S_{BC} \times E_{BC} + AB S_B \times E_B = 1$$

$$V_B = E_B + B S_{AB} \times E_{AB} + B S_{BC} \times E_{BC} = 0$$

$$V_{BC} = E_{BC} + BC S_{AB} \times E_{AB} + BC S_B \times E_B = 1$$

ここで、 $AB S_{BC} = BC S_{AB} = 0.25$, $AB S_B = BC S_B = B S_{AB} = B S_{BC} = 0.5$ であるから、
 $E_{AB} = E_{BC} = 1.33$, $E_B = -1.33$ が得られる。テストで初めて呈示される刺激複
合 ABC の連合強度はすべて、これら訓練刺激からの般化による。

$$V_{ABC} = ABC S_{AB} \times E_{AB} + ABC S_{BC} \times E_{BC} + ABC S_B \times E_B$$

$ABC S_{AB} = ABC S_{BC} = 0.67$, $ABC S_B = 0.33$ だから、 $V_{ABC} = 1.33$ である。

条件 2 では、刺激 A, C だけが強化され、刺激間に類似性がないから、訓練
終了時に $V_A = E_A = 1$, $V_B = E_B = 0$, $V_C = E_C = 1$ 。テストで呈示される刺激複
合 ABC はこれら要素刺激からの般化の和である。

$$V_{ABC} = ABC S_A \times E_A + ABC S_B \times E_B + ABC S_C \times E_C$$

$ABC S_A = ABC S_B = ABC S_C = 0.33$ だから、 $V_{ABC} = 0.67$ となる。

条件 3 では、刺激 A, B, C すべてが強化されるから、訓練終了時に $V_A = E_A$
 $= 1$, $V_B = E_B = 1$, $V_C = E_C = 1$ 。テストで呈示される刺激複合 ABC は、条件 2
と同様、これらの要素刺激からの般化の和となるが、 $E_B = 1$ だから、 $V_{ABC} = 1$
となる。

したがって、刺激複合 ABC が引き出す CR は条件 1 で最大となり、実験事
実と適合する。

(2) [A 強化, AB 非強化, BC 強化] 課題

刺激 A と刺激複合 BC を強化、刺激複合 AB を非強化という訓練を行うと
しよう (Pearce & Wilson, 1990 a)。Rescorla-Wagner モデルでは、訓練終
了時の刺激要素 A, B, C の連合強度はそれぞれ、1, -1, 2 になるはずである。

したがって、テストで刺激 C が引き起こす CR は訓練で用いた刺激 A や刺激複合 BC が引き起こす CR よりも大きくなるはずである。しかし、実験の結果、C は A や BC よりも小さな CR を誘発した。

この結果を Pearce モデルで説明すると以下のようになる。まず、訓練終了時の連合強度は以下の 3 式を解くことで得られる。

$$V_A = E_A + {}_A S_{AB} \times E_{AB} = 1$$

$$V_{AB} = E_{AB} + {}_{AB} S_A \times E_A + {}_{AB} S_{BC} \times E_{BC} = 0$$

$$V_{BC} = E_{BC} + {}_{BC} S_{AB} \times E_{AB} = 1$$

ここで、 ${}_A S_{AB} = {}_{AB} S_A = 0.5$, ${}_{AB} S_{BC} = {}_{BC} S_{AB} = 0.25$ であるから、 $E_A = 1.55$, $E_{AB} = -1.09$, $E_{BC} = 1.27$ が得られる。テストで初めて呈示される刺激 C の連合強度は訓練刺激 BC からの般化による。

$$V_C = {}_C S_{BC} \times E_{BC}$$

${}_C S_{BC} = 0.5$ だから、 $V_C = 0.64$ であり、訓練刺激 A や BC よりも小さな CR を引き起こすと正しく予測する。

(3) [A 強化, AB 非強化, ABC 強化] 課題

刺激 A と刺激複合 ABC を強化, 刺激複合 AB を非強化という訓練を行うとしよう (Nakajima, in press)。Rescorla-Wagner モデルでは、訓練終了時の刺激要素 A, B, C の連合強度はそれぞれ, 1, -1, 1 になるはずである。その後、刺激 C と刺激複合 BC をテストする。刺激複合 BC は、B の条件制止 (-1) と C の条件興奮 (1) が打ち消し合って、連合強度 0 になるはずであり、したがって CR はほとんど見られないはずである。しかし、実験の結果、BC は C よりもやや大きな CR を誘発した。

この結果を Pearce モデルで説明すると以下のようになる。まず、訓練終了時の連合強度は以下の 3 式を解くことで得られる。

$$V_A = E_A + {}_A S_{AB} \times E_{AB} + {}_A S_{ABC} \times E_{ABC} = 1$$

$$V_{AB} = E_{AB} + {}_{AB} S_A \times E_A + {}_{AB} S_{ABC} \times E_{ABC} = 0$$

$$V_{ABC} = E_{ABC} + {}_{ABC} S_A \times E_A + {}_{ABC} S_{AB} \times E_{AB} = 1$$

ここで、 $aS_{AB}=aBS_A=0.5$ 、 $aS_{ABC}=aBCS_A=0.33$ 、 $aBS_{ABC}=aBCS_{AB}=0.67$ であるから、 $E_A=1.33$ 、 $E_{AB}=-1.87$ 、 $E_{ABC}=1.8$ が得られる。テストで初めて呈示される刺激 C と刺激複合 BC の連合強度は訓練刺激からの般化による。

$$V_C = cS_{ABC} \times E_{ABC}$$

$$V_{BC} = bCS_{AB} \times E_{AB} + bCS_{ABC} \times E_{ABC}$$

$cS_{ABC}=0.33$ 、 $bCS_{AB}=0.25$ 、 $bCS_{ABC}=0.67$ だから、 $V_C=0.6$ 、 $V_{BC}=0.73$ であり、BC が誘発する CR は C が誘発する CR よりもやや大きいと正しく予測する。

(4) その他の現象

紙数の都合上割愛するが、上記の諸現象以外にも、Pearce モデルでは説明できるが、Rescorla-Wagner モデルには適合しない実験結果が数多く報告されている (Pearce & Redhead, 1993, 1995; Pearce & Wilson, 1990 b, 1991 a, 1991 b; Redhead & Pearce, 1995 a, 1995 b; Wilson & Pearce, 1989, 1990, 1992; Young & Pearce, 1984)。

4. Pearce モデルの欠点

Pearce (1994) は Pearce モデルの欠点として、加算効果 (additive summation) と潜在制止 (latent inhibition) をあげている。このうち潜在制止に関しては Rescorla-Wagner モデルでも説明不能であり、Pearce モデルに特有の問題ではない。従って、本節では加算効果について考察する。

独立に強化訓練を受けた複数の刺激を同時呈示すると、それぞれを単独呈示したときよりも大きな CR を生じる。この現象は数多くの実験事態で確認されており⁽⁵⁾、Rescorla-Wagner モデルなどでは、それぞれの刺激の連合強度が合計され、より大きな連合強度となり大きな CR を誘発すると解釈される。ところが、Pearce モデルに従えばこの加算効果は生じないことになる。例えば、2つの刺激 A と B をそれぞれ US と対呈示訓練した後、刺激複合 AB

をテストで呈示したとしよう。Pearce モデルによれば、「刺激 AB」はこれまで呈示されたことがないから、その連合強度はすべて訓練刺激からの般化による。

$$V_{AB} = {}_{AB}S_A \times E_A + {}_{AB}S_B \times E_B$$

ここで、 $E_A = E_B = 1$, ${}_{AB}S_A = {}_{AB}S_B = 0.5$ であるから、 $V_{AB} = 1$ となり、刺激 A、B を単独呈示した場合と同じ大きさの CR しか引き起こさない。この関係は図 1 の左パネルに示されている。刺激複合 AB は訓練刺激 A と B からそれぞれ 0.5 ずつ連合強度を得るのである。3 つ以上の訓練刺激を用いた場合も、それらの訓練刺激からテスト刺激への類似性係数が、呈示された刺激数の逆数になる（刺激 A、B、C から刺激複合 ABC への般化はそれぞれ 0.33、刺激 A、B、C、D から刺激複合 ABCD への般化はそれぞれ 0.25）ために、常に複合刺激の連合強度は 1 となる。

Pearce (1994) は加算効果を説明するために背景刺激の概念を導入している。実験環境には常に存在する背景刺激 X が存在すると仮定すると、A 強化、B 強化という手続きは、実際には AX 強化、BX 強化、X 非強化という訓練を行っていることになる（背景刺激だけのときには US は呈示されないから）。

$$V_{AX} = E_{AX} + {}_{AX}S_{BX} \times E_{BX} + {}_{AX}S_X \times E_X = 1$$

$$V_{BX} = E_{BX} + {}_{BX}S_{AX} \times E_{AX} + {}_{BX}S_X \times E_X = 1$$

$$V_X = E_X + {}_XS_{AX} \times E_{AX} + {}_XS_{BX} \times E_{BX} = 0$$

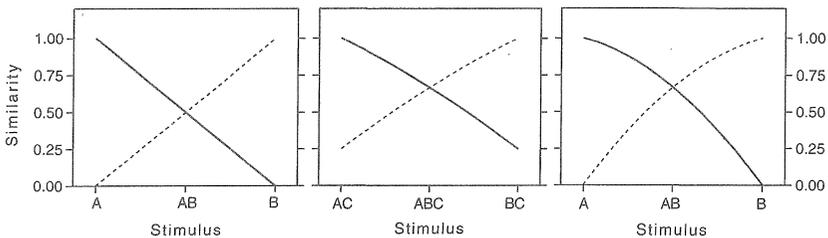


図 1 刺激 A、B と刺激複合 AB との類似性（般化勾配）。Pearce (1987) に従って計算した場合（左パネル）、共通要素 C が存在すると仮定して計算した場合（中央パネル）、般化が線形ではなく釣鐘型であると仮定した場合（右パネル）。

ここで背景刺激 X が訓練刺激 A, B と同じだけの明瞭度を有しているとする
と, $a_x s_{bx} = b_x s_{ax} = 0.25$, $a_x s_x = b_x s_x = x s_{ax} = x s_{bx} = 0.5$ であり, $V_{ax} = V_{bx} = 1.33$, $V_x = -1.33$ 。テストにおいて刺激 AB を背景刺激のもとで複合呈示すると,

$$V_{ABX} = a_{bx} s_{ax} \times E_{ax} + a_{bx} s_{bx} \times E_{bx} + a_{bx} s_x \times E_x$$

ここで $a_{bx} s_{ax} = a_{bx} s_{bx} = 0.67$, $a_{bx} s_x = 0.33$ だから, $V_{ABX} = 1.33$ となり, 刺激 AX, BX よりも大きな CR を引き出すことになる (加算効果)。ここで背景刺激が顕著であればあるだけ, 大きな加算効果が得られることになる (Darby & Pearce, 1995)。

背景刺激を導入せずに加算効果を説明することも可能である (図 1 の中央パネル)。もし 2 つの訓練刺激が共通要素 C を有しているとする, 実際の訓練は AC 強化, BC 強化という形式となる。従って,

$$V_{AC} = E_{AC} + a_c s_{bc} \times E_{BC} = 1$$

$$V_{BC} = E_{BC} + b_c s_{ac} \times E_{AC} = 1$$

もし共通要素 C が特有要素 A, B と同じ明瞭度を有していると仮定すると, $a_c s_{bc} = b_c s_{ac} = 0.25$ であるから, $E_{AC} = E_{BC} = 0.8$ 。テスト刺激を ABC と考えると, その連合強度は,

$$V_{ABC} = a_{bc} s_{ac} \times E_{AC} + a_{bc} s_{bc} \times E_{BC}$$

ここで $a_{bc} s_{ac} = a_{bc} s_{bc} = 0.67$ だから, $V_{ABC} = 1.07$ で, わずかながら加算効果が得られる。ここでも共通刺激が顕著であればあるだけ, 大きな加算効果となる。

加算効果を説明する最後の方法は, Pearce モデルの類似性計算式が正確ではないと考えることである。もしも刺激 A や B と刺激複合 AB との類似性が, Pearce モデルの計算式によって得られる値 0.5 よりも大きければ, AB は A および B からより多くの般化興奮を得られることになり, 加算効果を引き起こす (図 1 右パネル)。

5. む す び

Pearce モデルは、隠蔽・阻止・条件制止・相対的刺激妥当性など、Rescorla-Wagner モデルが適用できる現象のほとんど全てを説明可能である。また、Rescorla-Wagner モデルが説明できないいくつかの現象も説明できることから、Rescorla-Wagner モデルよりも優れているといえる。Rescorla-Wagner モデルよりはやや複雑ではあるものの、古典的条件づけの他のモデル (Mackintosh, 1975; Miller & Matzel, 1988; Pearce & Hall, 1980; Wagner, 1981; Wagner & Brandon, 1989) に比べるとはるかに単純であり、明確な予測を行うことができる。また、多くの場合、複雑なシミュレーション計算をしなくても連立方程式を解くことで連合強度を決定できる。

Pearce モデルは加算効果を説明できないという欠点を有しているが、この問題はいくつかの方法で解決できる。この他、Pearce モデルは潜在制止を説明できないが、これは Rescorla-Wagner モデルも同様であり、これをもって Pearce モデルに大きな減点をつけることはできない⁽⁶⁾。

Rescorla-Wagner モデルの長所の 1 つは、古典的条件づけ以外の領域にも応用可能なことである (Siegel & Allan, 1996)。多くの場合、Pearce モデルも Rescorla-Wagner モデルと質的に同じ予測を行うから、他領域への応用可能性においてひけをとらない。しかも、ある領域 (ハトにおけるカテゴリ学習) においては、Pearce モデルの予測が Rescorla-Wagner モデルからの予測よりも正しいことが明らかにされている (Aydin & Pearce, 1994; Pearce, 1991)。今後、このような事実が多く領域で報告されるようになれば、Pearce モデルの重要性はますます高まるであろう。

Pearce モデルを検証する実験のほとんどは Pearce とその弟子によって行われたものである。また、ハトのキーつつき条件づけ (sign-tracking) およびラットの餌箱接近条件づけ (goal-tracking) 事態以外での実験は行われていない。今後は、他の古典的条件づけ事態で、このモデルが Rescorla-Wagner

モデルに匹敵するかそれを凌ぐ結果をもたらすかどうか検討していく必要がある。

四半世紀の間、Rescorla-Wagner モデルは古典的条件づけ理論の首座を守り続けてきた。Pearce モデルがそれにとって替わることができるかどうか、今後注目したい。

注

- (1) ただし、 $\lambda = 0$ かつ $V < 0$ の場合、この式は作用せず、 $\Delta V = 0$ となる (Wilson & Pearce, 1989)。これは条件制子子を単独呈示しても条件制子が消失しないという事実 (例えば、Zimmer-Hart & Rescorla, 1974) に基づく修正である。
- (2) Pearce (1994) は、数学的により洗練された類似性算出式も示しているが、実際の予測においては質的差が見られないとして、以後もこの単純式を使用している。なので、本稿でもそれに従う。
- (3) 本稿では、連合強度とその般化は、正の値 (条件興奮) もしくは負の値 (条件制子) を取り、正負に関わらず、記号 E と e で表記している。しかし、実際には Pearce モデルは、Rescorla-Wagner モデルと異なり、条件興奮と条件制子が別個に獲得されるという仮定を設けている。つまり、 ΔV が負の値を取る場合、すでに獲得された E が減少するのではなく、 E と同じ大きさで符号が逆の制子連合強度 (I) が獲得され、両者が打ち消しあう ($E - I = 0$) と仮定されている。この I は E と同様に他の「刺激」に般化して (i)、連合強度を減じることになる。しかし、通常の予測においては、 E と I を合わせて E 、 e と i を合わせて e として計算しても問題はない。
- (4) 実際、Rescorla-Wagner モデルでもこの仮定なしには、相対的刺適妥当性効果を説明できない (Rescorla & Wagner, 1972, pp. 85-86)。
- (5) ただし、ハトのキーつき条件づけでは加算効果を得るのが困難である (Aydin & Pearce, 1995, 1997; Rescorla & Coldwell, 1995)。
- (6) これ以外にも Rescorla-Wagner モデルが説明できない諸現象があり (Miller, Barnet & Grahame, 1995)、それらの多くは Pearce モデルでも対処不能である。

引用文献

- Aydin, A., & Pearce, J. M. (1994). Prototype effects in categorization by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20, 264-277.
- Aydin, A., & Pearce, J. M. (1995). Summation in autoshaping with short- and

- long-duration stimuli. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48B, 215-234.
- Aydin, A., & Pearce, J. M. (1997). Some determinants of response summation. *Animal Learning & Behavior*, 25, 108-121.
- Darby, R. J., & Pearce, J. M. (1995). Effects of context on responding during a compound stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 21, 143-154.
- 今田 寛・中島定彦 (1995). 学習心理学テキスト (英語) に見る近年の古典的条件づけ理論の傾向 基礎心理学研究, 13, 97-104.
- Kamin, L. J. (1968). "Attention-like" processes in classical conditioning. In M. R. Jones (Ed.), *Miami symposium on the prediction of behavior: Aversive stimulation* (pp. 9-31). Coral Gables, FL: University of Miami Press.
- Kamin, L. J. (1969). Selective association and conditioning. In N. J. Mackintosh & W. K. Honig (Eds.), *Fundamental issues in associative learning* (pp. 42-64). Halifax, Nova Scotia: Dalhousie University Press.
- LoLordo, V. M., & Fairless, J. L. (1985). Pavlovian conditioned inhibition: The literature since 1969. In R. R. Miller & N. E. Spear (Eds), *Information processing in animals: Conditioned inhibition* (pp. 1-49). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mackintosh, N. J. (1975). A theory of attention: Variations in the associability of stimulus with reinforcement. *Psychological Review*, 82, 276-298.
- Miller, R. R., Barnet, R. C., & Grahame, N. J. (1995). Assessment of the Rescorla-Wagner model. *Psychological Bulletin*, 117, 363-386.
- Miller, R. R., & Matzel, L. D. (1988). The comparator hypothesis: A response rule for expression of associations. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 51-92). San Diego, CA: Academic Press.
- Nakajima, S. (in press). Failure of inhibition by B over C after A+, AB-, ABC+ training. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes: An investigation of the physiological activity of the cerebral cortex* (G. V. Anrep, Trans.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pearce, J. M. (1987). A model for stimulus generalization in Pavlovian conditioning. *Psychological Review*, 94, 61-73.
- Pearce, J. M. (1991). The acquisition of concrete and abstract categories in pigeons. In L. Dachowski & C. F. Flaherty (Eds.), *Current topics in animal*

- learning: Brain, emotion, and cognition* (pp. 141-164). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Pearce, J. M. (1994). Similarity and discrimination: A selective review and a connectionist model. *Psychological Review*, *101*, 587-607.
- Pearce, J. M., Adam, J., Wilson, P. N., & Darby, R. J. (1992). Effects of discrimination training on responding during a compound conditioned stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *18*, 379-386.
- Pearce, J. M., & Hall, G. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychological Review*, *87*, 532-552.
- Pearce, J. M., & Redhead, E. S. (1993). The influence of an irrelevant stimulus on two discriminations. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *19*, 180-190.
- Pearce, J. M., & Redhead, E. S. (1995). Supernormal conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *21*, 155-165.
- Pearce, J. M., & Wilson, P. N. (1990 a). Configural associations in discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *16*, 250-261.
- Pearce, J. M., & Wilson, P. N. (1990 b). Feature-positive discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *16*, 315-325.
- Pearce, J. M., & Wilson, P. N. (1991 a). Effects of extinction with a compound conditioned stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *17*, 151-162.
- Pearce, J. M., & Wilson, P. N. (1991 b). Failure of excitatory conditioning to extinguish the influence of a conditioned inhibitor. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *17*, 519-529.
- Redhead, E. S., & Pearce, J. M. (1995 a). Similarity and discrimination learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *48B*, 46-66.
- Redhead, E. S., & Pearce, J. M. (1995 b). Stimulus salience and negative patterning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *48 B*, 67-83.
- Rescorla, R. A. (1969). Pavlovian conditioned inhibition. *Psychological Bulletin*, *72*, 77-94.
- Rescorla, R. A., & Coldwell, S. E. (1995). Summation in autoshaping. *Animal Learning & Behavior*, *23*, 314-326.

- 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* (pp. 64-99). New York: Appleton.
- Siegel, S., & Allan, L. G. (1996). The widespread influence of the Rescorla-Wagner model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 314-321.
- Wagner, A. R. (1981). SOP: A model of automatic memory processing in animal behavior. In N. E. Spear & R. R. Miller (Eds.), *Information processing in animals: Memory mechanisms* (pp. 5-47). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wagner, A. R., & Brandon, S. E. (1989). Evolution of a structured connectionist model of Pavlovian conditioning (AESOP). In S. B. Klein & R. R. Mowrer (Eds.), *Contemporary learning theories: Pavlovian conditioning and the status of traditional learning theory* (pp. 149-189). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wagner, A. R., Logan, F. A., Haberlandt, K., & Price, T. (1968). Stimulus selection in animal discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology*, 76, 171-180.
- Wagner, A. R., & Rescorla, R. A. (1972). Inhibition in Pavlovian conditioning: Application of a theory. In R. A. Boakes & M. S. Halliday (Eds.), *Inhibition and learning* (pp. 301-336). London: Academic Press.
- Wilson, P. N., & Pearce, J. M. (1989). A role for stimulus generalization in conditional discrimination learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41B, 243-273.
- Wilson, P. N., & Pearce, J. M. (1990). Selective transfer of responding in conditional discrimination. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42B, 41-58.
- Wilson, P. N., & Pearce, J. M. (1992). A configural analysis for feature-negative discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 18, 265-272.
- Young, D. B., & Pearce, J. M. (1984). The influence of generalization decrement of a feature-positive discrimination. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36B, 331-352.
- Zimmer-Hart, C. L., & Rescorla, R. A. (1974). Extinction of Pavlovian conditioned inhibition. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 86, 837-845.