

研究ノート

選択行動における対応法則について

中 島 定 彦

1. はじめに

本稿は、われわれヒトを含む動物の選択行動において見られる、反応とその結果の対応法則（マッチング法則，**matching law**）について述べたものである。対応法則は実験的行動分析学（**experimental analysis of behavior**）という学問分野において発見され研究が続けられてきた。筆者は実験的行動分析学を専門の一つとしてはいるが、選択行動研究のエキスパートではないので、最新の知見を含めすべての関連研究に目を通してはいるわけではないし、研究領域の今後を占う力も持たない。したがって、本稿は展望論文のようなものではなく、筆者の心覚えに留まるものである。しかし、対応法則研究の詳細に立ち入らない分、初学者にとっては解説（**tutorial**）の役割を果たすのではないかと考えている。

さて本論に入る前に、選択行動研究の背景となる実験的行動分析学の基本概念と実験設定について簡単に解説しておく。ヒトを含む動物が自発する行動をオペラント行動（**operant behavior**）という（**Skinner, 1938, 1953/2003**）。オペラント行動はその結果によって増えたり、減ったりする。オペラント行動が増えることを強化（**reinforcement**）、それを生じさせる結果のことを強化子（**reinforcer**）と呼ぶ。オペラント行動が減ることを罰（**punishment**）、それを生じさせる結果のことを罰子（**punisher**）と呼ぶ。強化子や罰子を与えるために必要な反応回数やタイミングの規則をスケジュール（**schedule**）という。オペラント行動の研究はヒトを含む多くの動物で行われているが、ヒト以

外の動物について実験室で研究する場合にしばしば用いられる装置が、スキナー箱（オペラント箱，**Skinner box, operant chamber**）と呼ばれる各辺数十センチ程度の箱である。被験体としては、ハトやラットが用いられることが多い。ハトを対象とした実験の場合、箱の内壁に開けられた直径2～3センチ程度の円形透明窓（キー）をつつくと、餌の穀物が強化子として与えられる。ラットの場合は、内壁から突き出たレバーを押すと、餌粒（ペレット）が強化子として与えられる。

2. 対応法則とは何か

複数の選択肢がある場合、どの選択肢にどれだけ反応するかは、各選択肢を選んだ場合に得られる強化子の頻度に依存する。**Herrnstein (1961)** は、2つのキーのついた装置でハトを訓練した。左のキーは常に赤色、右のキーは常に白色に照明されており、各キーへのつつき行動が変動間隔（**variable interval, VI**）スケジュール⁽¹⁾で強化された。なお、複数の選択肢に強化スケジュールが設定されている状況を並列（**concurrent**）スケジュールといい、このように両選択肢とも **VI** スケジュールの場合は、並列 **VI VI** 強化スケジュールと称される。

図1は、3羽のハトの結果を示したものである。どのハトでも、左キーへのつつき行動の割合は左キーから得られる強化子の割合とほぼ一致していた⁽²⁾。**Herrnstein (1961)** はこうした関係を対応法則と呼び、次式で表した。

- (1) 変間隔、変動時隔、変時隔などとも訳される強化スケジュールで、先の強化子呈示から t 秒経過後の反応に対して強化子が与えられる（ t 秒経過しても反応しなければ強化子は与えられず、反応があつてはじめて強化される）が、 t 秒の値は毎回変わる。例えば、平均して 100 秒であれば、**VI 100 秒**と表記する。**Herrnstein (1961)** の実験では、2つの選択肢にさまざまな **VI** 値（ t 秒の平均値）が設定され、各条件での結果が検討された。
- (2) なお、選択行動研究に限らず実験的行動分析学では、行動が安定するまで一定の条件を継続し、そうした定常状態（**steady state**）での行動と環境との関数関係を検討することが多い。例えば、**Herrnstein (1961)** の場合、1日約 90 分間の実験セッションを各条件で 16～45 日実施しており、図の各点は各条件における最終 5 日間の平均値を示している。

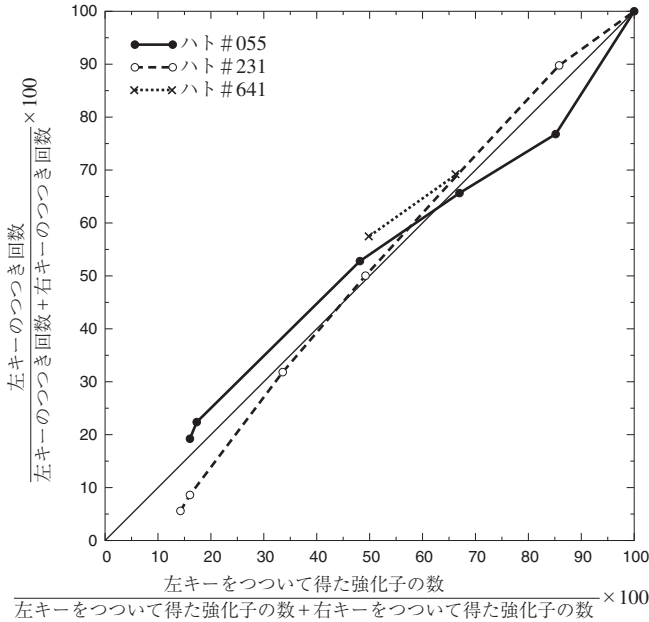


図1 ハトのキー選択行動における対応法則 (Herrnstein, 1961)。「並列 VI x 分 VI y 分」で訓練された3羽のハトの成績。x と y の値は条件によって異なっていた。ハト #055 と #231 は6つの条件、ハト #641 は2つの条件でテストされた。データは各条件において反応率が安定したときのものである。左右のキーへの反応総数のうち左キー反応の割合(縦軸)は、強化子の総数のうち左キーで得られた割合(横軸)とほぼ対応している。

$$\frac{B_1}{B_1 + B_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (\text{式 1})$$

ここで、 B_1 は選択肢 1 を選んだ回数、 B_2 は選択肢 2 を選んだ回数であり、 R_1 は選択肢 1 を選ぶことによって得られた強化子の数、 R_2 は選択肢 2 を選ぶことによって得られた強化子の数である。

多くの行動原理と同じく、対応法則はヒトにも当てはまる。例えば、Conger & Killeen (1974) は大学生に、薬物乱用に関するグループ討論に参加するよう求めた。1 グループ 4 名の討論参加者のうち 3 名は偽被験者（サクラ）であり、被験者の左右と前に座った。被験者の左右に座った偽被験者（A と B）

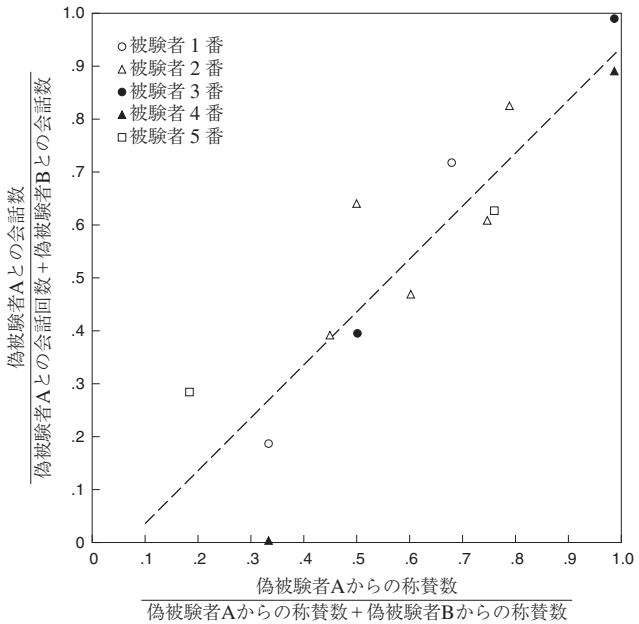


図 2 4 名（被験者 1 名と 3 名の偽被験者）でのグループ討論場面における左右の会話相手（偽被験者 A と B）の選択にみられる対応法則（Conger & Killeen, 1974）。5 名の被験者の結果を示す。被験者 1 名につき 2 条件（ただし被験者 2 番は 5 条件）実施している。被験者が偽被験者 A に話しかけた回数の割合（縦軸）は、被験者に偽被験者 A が与えた称賛の割合（横軸）にほぼ対応している。

が、被験者の意見に対してときおり「いい指摘だね」といった言語的称賛を与えたところ、与えられた称賛の割合に応じて、偽被験者と会話するという対応法則が確認された（図 2）。なお、実験目的に気づいた被験者はいなかった。

また、図 3 は米国大学体育協会（National Collegiate Athletic Association, NCAA）1 部リーグの 98-99 シーズンにおける 9 名の男子バスケットボール選手の得点成績（ただし、フリースローによる得点を除く）を Vollmer & Bourret, 2000）が分析したものである。バスケットボールでは、ゴールショットが決まると 2 ポイントが得られるが、3 ポイントラインの外側からのショットは 3 点になる。横軸は、各選手の全得点のうち 3 ポイントショットでの得点の割合を示し、縦軸は、その選手の全ショットのうち 3 ポイントショットの

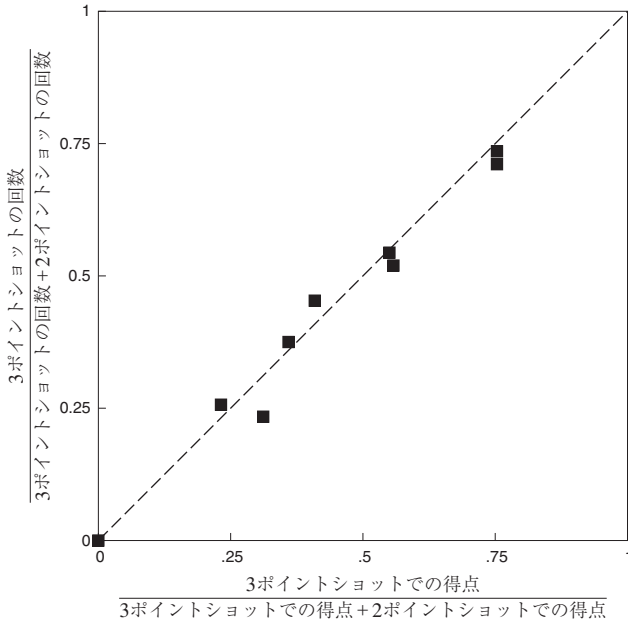


図3 バスケットボールの3ポイントショットにみられる対応法則 (Vollmer & Bourret, 2000)。各点は9名の男子選手の年間成績を示す。全ショットのうち3ポイントショットを行う割合(縦軸)は、全得点のうち3ポイントショットによる得点の割合(横軸)とほぼ対応している。

割合を示している(データ点1つが1名の選手の結果)。3ポイントショットでの得点率が高い選手は3ポイントショットを行いやすいというだけでなく、3ポイントショットの割合は得点割合とほぼ一致していることが見て取れる。

3. 対応法則の拡張

(1) 行動指標と強化価

Baum & Rachlin (1969) は, Herrnstein (1961) の対応法則(式1)が次の式と数学的に同型であることを示した⁽³⁾。

(3) 式1の両辺に $(B_1 + B_2)$ をかけ、さらに $(R_1 + R_2)$ をかけてから約分すると、 $B_1(R_1 + R_2) = R_1(B_1 + B_2)$ (式1'') となる。カッコを展開すると、 $B_1 R_1 + B_1 R_2 = R_1 B_1 + R_1 B_2$ となり、 $B_1 R_2 = R_1 B_2$ が得られる。↗

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (\text{式 2})$$

また、行動の自発頻度だけでなく、その選択に従事している時間も行動指標 (B_1, B_2) にとり得ることを指摘した。彼らはハトを装置に入れて時々餌を与えたが、この装置には餌の呈示位置が左右 2 箇所あった。ハトが装置内の左側にいるか右側にいるかを測定したところ、ハトの滞在位置の左右割合は餌呈示の左右割合に対応していた。

Baum & Rachlin (1969) はまた、強化子の強さを強化価 (value) と呼び、強化価は強化子の頻度だけでなく、1 回当たりの強化子の呈示量や、即時性などによっても規定されるものだと主張し、式 2 を式 3 のように拡張した。

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{R_1}{R_2} \times \frac{A_1}{A_2} \times \frac{I_1}{I_2} \times \frac{X_1}{X_2} \quad (\text{式 3})$$

ここで、 R は強化子の頻度、 A は強化子の 1 回当たりの量、 I は強化子呈示の即時性、 X はそれ以外の要因であり、例えば強化子の質 (quality) がその 1 つである。Hollard & Davison (1971) や Miller (1976) はハト、Matthews & Temple (1978) はウシを被験体として、選択肢間で質的に異なった強化子を与える実験を行い、対応法則に当てはめた。これによって、強化子としての質の違い、つまり、被験体にとっての魅力度 (嗜好性) を測定することに成功している。

さて、式 3 の即時性 (immediacy, I) は遅延時間 (delay, D) の逆数であることから、式 3' のように書き換えることができるが、

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{R_1}{R_2} \times \frac{A_1}{A_2} \times \frac{D_2}{D_1} \times \frac{X_1}{X_2} \quad (\text{式 3'})$$

↘ $B_1R_1 + B_1R_2 = B_1R_1 + B_2R_1$ (式 1'') となり、両辺に共通の B_1R_1 を削除すると $B_1R_2 = B_2R_1$ (式 1''') が得られる。この両辺を B_2 で割ってからさらに R_2 で割れば式 2 が導出される。

ここで、強化子の量と遅延時間にだけ着目すれば（つまり、他の要因が等しければ）、式 4 のように表現されることになる。

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{A_1}{A_2} \times \frac{D_2}{D_1} \quad (\text{式 4})$$

これは、即時小大報酬と遅延小報酬の間の選択、すなわち、衝動性(impulsiveness)と自制心(セルフコントロール, self-control)の間の選択となる(Rachlin & Green, 1972)。例えば、選択肢 1 では 5 秒後に餌粒が 1 個、選択肢 2 では 30 秒後に餌粒が 10 個与えられる場合、前者を選べば衝動性を、後者を選べば自制心を示すといえる。

(2) 一般化対応法則

対応法則は常に成立するわけではない。行動と結果の関係が明瞭でない場合などには、対応法則からの逸脱が見られる。例えば、2つの選択肢からなる並列強化スケジュールで、選択肢 1 を選んだときに強化子が与えられず、その直後に選択肢 2 を選んで強化子が与えられれば、選択肢 2 を選ぶ行動だけでなく、「選択肢 1 を選んでから選択肢 2 を選ぶ」行動も強化されてしまう。これは、並列迷信(concurrent superstition)と呼ばれる現象である(Catania & Cutts, 1963)。

実は、先に紹介した Herrnstein (1961) の実験では、こうした問題を避けるために、選択を変更してから 1.5 秒間は強化子が与えられないという選択変更後遅延(切替え遅延, changeover delay, COD)の手続きが用いられていた。この手続きを使用しない場合には、左右のキーを交互につく行動が頻発し、強化子数に関係なく両キーの選択数が等しくなりがちであった。このように、選択が強化子の影響を受けにくくなることを、過小対応(undermatching)という。逆に、選択後変更後遅延が長すぎると、臨機応変に選択反応を切り替えることが罰せられてしまうため、平均強化子数の多い選択肢だけをほぼ常に選んでしまう過大対応(overmatching)になってしまう。図 4 の左パ

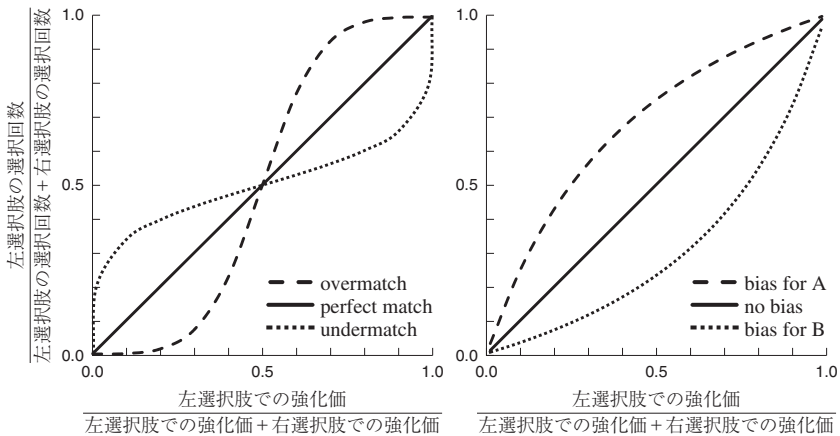


図4 対応法則からのずれ。左パネル：過小対応（点線），過大対応（破線），完全対応（実線）。右パネル：バイアスがない場合（実線），左選択肢（A）へのバイアス（破線），右選択肢（B）へのバイアス（点線）。

ネルは，過小対応（点線），過大対応（破線），そして完全対応（実線）の関係を示したものである。

また，強化子以外の理由で特定の選択肢が選ばれることがある。例えば，2つあるボタンのうち右側のボタンが押しにくいとか，嫌いな色であるといった場合には，強化とは無関係に左側のボタンが選ばれるかもしれない。つまり，一方の選択肢へのバイアス（偏り，**bias**）が生じる。図4の右パネルの実線はバイアスがない場合，破線は左側選択肢へのバイアスがやや見られる場合，点線は右側選択肢へのバイアスがやや見られる場合である。

Baum（1974, 1979）は前出の式2を以下のように拡張することで，対応法則からのこうした逸脱も数値で表現できることを示した。

$$\frac{B_1}{B_2} = b \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^a \quad (\text{式5})$$

式5の指数 a は対応の程度を示すパラメータで， $a=1$ のとき完全対応， $a>1$ のとき過大対応， $a<1$ のとき過小対応となる。係数 b はバイアスを表

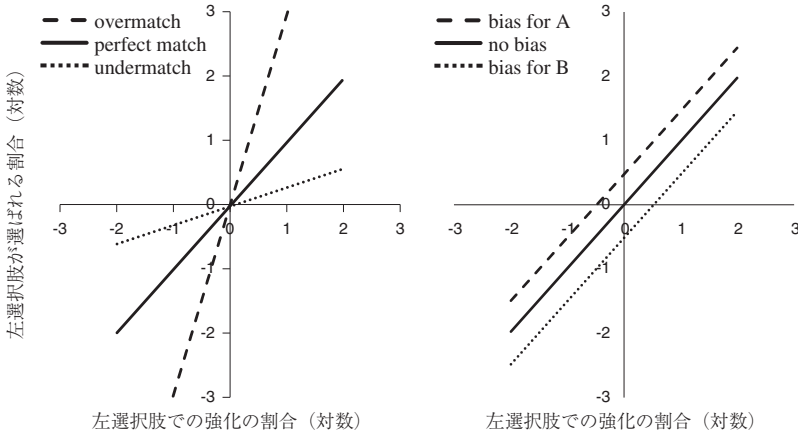


図5 対応法則を両対数グラフ上に線形関数として表現したもの。左パネル：対応の程度は式の傾きで示される。右パネル：バイアスは切片で示される。

し、 $b = 1$ のときバイアスなし、 $b > 1$ のとき一方の選択肢へのバイアス、 $b < 1$ のときもう一方の選択肢へのバイアスがあることを意味する。この式5を「一般化対応法則 (generalized matching law)」と呼ぶ。

式5は累乗(べき)関数なので、両側に対数を取り、式5'のように変形すると、両対数グラフ上に線形関数として表現可能である(図5)。

$$\log \frac{B_1}{B_2} = a \log \frac{R_1}{R_2} + \log b \quad (\text{式 } 5')$$

つまり、対応の程度は式の傾きで(図5左パネル)、バイアスは切片で(図5右パネル)示されることになる。

一般化対応法則による選択行動の分析の一例を紹介しよう。Borreroら(2007)は3名の大学生に、社会的な話題(少年非行の原因)について、20～30分間討論するよう求められた。3名のうち本当の被験者は1名だけで、残り2名は偽被験者であり、被験者の発言にときどき同意した。同意を強化子とみなすと、被験者はより同意してくれた偽被験者のほうを選んで話しかけると考えられる。2名の偽被験者それぞれからの強化回数と、被験者が2名の偽

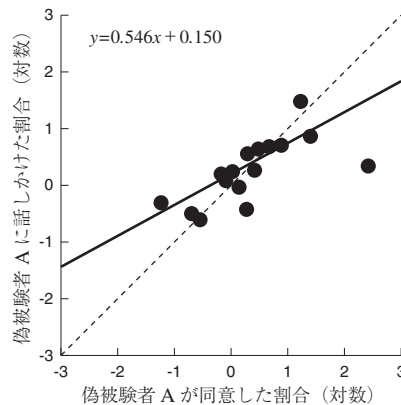


図6 3名（被験者1名と2名の偽被験者）でのグループ討論場面における会話相手の選択にみられる対応法則（Borrero et al., 2007）。各点は25名の被験者の結果を示す（いくつかの点はほぼ完全に重なっている）。被験者が偽被験者Aに話しかけた回数の割合（縦軸）は、偽被験者Aが被験者に同意した回数の割合（横軸）にほぼ対応しているが、完全対応（点線）より傾きが小さく、過小対応であることを示している。

被験者のどちらに何回話しかけたかが記録された。図6は、合計25名分の被験者データをまとめて示したものである（データ点1つが1名の被験者の結果）。予想通り、同意してくれた偽被験者のほうを選んで話していたが、過小対応であり、このデータに式5'を当てはめて推定した a の値は0.546であった。なお、バイアス（偽被験者の一方への好み）は見られなかった（ $\log b$ の値は0.150）。

(3) 単一選択肢の場合

図7は、脳性麻痺で知的障害を持つ1名の男子生徒が、教室内で「自分のズボンの中に手を入れる」問題行動に従事している時間の割合を、対応法則（式1）と一般化対応法則（式5'）の2つの形式で示したものである（St. Peter et al., 2005）。横軸は、その行動に対してセラピストが注意を向けている（男子生徒に「そんなことをしてはダメ」と話しかけたりする）時間の割合である。セラピストから多く注意が向けられているほど、問題行動に従事している

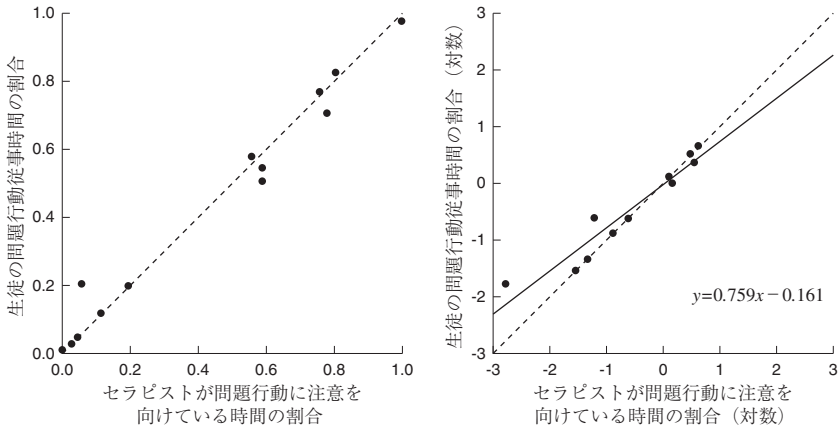


図 7 1 名の生徒の問題行動における対応法則 (St. Peter et al., 2005)。左パネル：対応法則に基づくグラフ表示。右パネル：一般化対応法則に基づくグラフ表示（両軸とも対数）。生徒が総時間のうち問題行動に従事していた時間の割合（縦軸）は、セラピストが総時間のうち問題行動に注意を向けていた時間の割合（横軸）にほぼ対応しているが、完全対応（破線）より傾きが若干小さく、やや過小対応であることを示している。

時間が長いことがわかる。図 7 の左パネルはほぼ完全対応であるような印象を与えるが、一般化対応法則に照らせば（図 7 の右パネル）、直線の傾きが少し緩やかで（ a の値は 0.759）、やや過小対応になっている。

ところで、このケースでは、問題行動の生起を、「問題行動に従事すること」と「問題行動に従事しないこと」の 2 つの選択と考えて、対応法則と一般化対応法則を当てはめている。このように、標的行動が 1 つであっても、「標的行動をするという選択」と「標的行動をしないという選択（つまり、標的行動と両立しない行動をするという選択）」の 2 選択とみなすことができる。Herrnstein (1970) は、この考えを以下の式で表現した。

$$\frac{B}{B+B_o} = \frac{R}{R+R_o} \quad (\text{式 6})$$

ここで、 B は標的行動、 B_o は標的行動と両立しない行動である。 R は標的行動への強化価、 R_o は標的行動と両立しない行動への強化価である。

先に紹介した研究では、セラピストは問題行動がない場合にも男子生徒に注意を向けていた（つまり、標的行動と両立しない行動も強化されていた）。しかし、セラピストがそうした強化子を積極的に与えなくても、問題行動以外の行動は何らかの強化子をもたらしめているだろう（例えば、問題行動を行う代わりに、絵本を開けば、きれいなイラストという感性強化子に出会うだろう）。式 6 の R_0 はそうした想定上の強化子も含めた強化価である。

さて、式 6 の B （標的行動の頻度）と B_0 （標的行動と両立しない行動の頻度）の合計を k とすると、式 6 は以下になる。

$$\frac{B}{k} = \frac{R}{R + R_0} \quad (\text{式 } 6')$$

両辺に k をかけると、下式が得られる。

$$B = \frac{kR}{R + R_0} \quad (6'')$$

この式により、強化価から標的行動の頻度を知ることができる。つまり、式 7' は Thorndike (1911) の効果の法則 (law effect), 特に「好ましい結果をもたらす行動は強められる」という快の法則を数量的に定式化したものという意味で、「効果の定量的法則 (the quantitative law of effect)」と呼ばれることがある。

図 8 は、さまざまな値の VI スケジュールで 6 羽のハトのキーつつきを訓練した実験の強化率とつつき行動生起率のデータである。各パネル内の数字は、データに式 6'' を適用したときに、最もデータをうまく説明できる k 値と R_0 値で、これらの値に基づいて曲線が描かれている。なお、前述のように、 k 値は B （標的行動の頻度）と B_0 （標的行動と両立しない行動の頻度）の合計であるから、 B_0 がゼロの場合（標的行動と両立しない行動がない場合、つまり標的行動ばかりしている場合）には $B = k$ である。言い換えれば、 k 値は標的行動がとり得る最大値（図 8 の各パネルの曲線の漸近値）を示している。

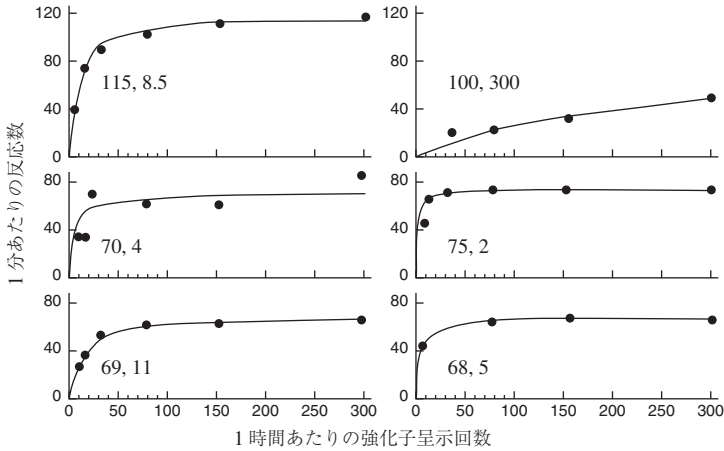


図8 6羽のハトのキーつき反応率と強化率の関係。Catania & Reynolds (1968) のデータに Herrnstein (1970) が式6”を当てはめたもの。

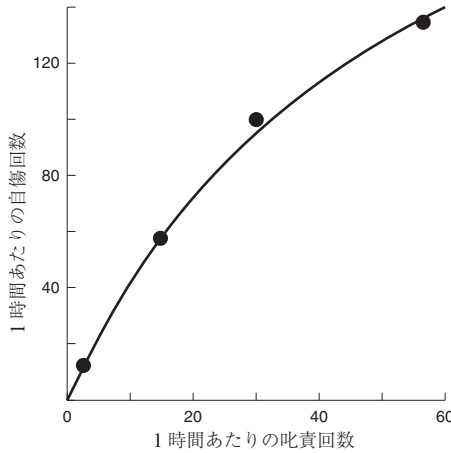


図9 ある男児の自傷行動に見られた効果の定量的法則 (McDowell, 1981)。家族からの叱責頻度(横軸)が多くなると自傷行動(縦軸)は増えるが、叱責頻度と自傷行動は直線的な関係(線形関係)ではなく、式6”の関数が良くあてはまる。

効果の定量的法則(式6”)は、臨床場面でも確認される。図9は頭や顔、背中、手足などを掻きむしる自傷行動を行っていた10歳男児のデータである(McDowell, 1981)。家族からの叱責頻度が多くなると自傷行動が増えている。

叱責頻度と自傷行動は直線的な関係（線形関係）ではなく、式 6”のほうがよく当てはまっていた。なお、上述のように k 値は標的行動の理論的最大値であるから、この男児を叱りすぎると、最大で 1 時間当たり 256.35 回も自傷行動を行ってしまうことが予測される。

(4) 罰場面

われわれヒトを含む動物は好ましいものの間の選択だけでなく、好ましくないものの間の選択を行わなければならないことがある。対応法則はそうした場面にも適用できる。好ましくないものを選択するとその行動は減る、つまり罰を受けることになる。したがって、動物は強化価が高く罰価の低い選択肢を選ぶことが想定される。罰場面での選択については動物を用いて、選択行動に対して与えられる餌などの嗜好的結果（強化子）に、電撃などの嫌悪的結果（罰子）が付加されるといった実験場面で検討されることが多い。例えば、選択肢 1 はしばしば餌強化され電撃罰はほとんど受けない（強化価が高く罰価が低い）が、選択肢 2 はほとんど餌強化されず電撃罰はしばしば受ける（強化価が低く罰価が高い）といった場合は、選択肢 1 が選ばれるのは当然であろう。しかし、選択肢 1 はしばしば餌強化されるだけでなく電撃罰もしばしば受け（強化価も罰価も高い）、選択肢 2 はほとんど餌強化されず電撃罰もほとんど受けない（強化価も罰価も低い）といった場合は、餌強化の強化価と電撃罰の罰価を何らかの形で共通の次元上に尺度化した上で、その選択肢の強化価から罰価を減じたものを用いて、式 7 のように対応法則に当てはめることになる（Millenson & de Villiers, 1972 ; Farley & Fantino, 1978）。

$$\frac{B_1}{B_1+B_2} = \frac{R_1-P_1}{(R_1-P_1)+(R_2-P_2)} \quad (\text{式 7})$$

ここで、 P_1 は選択肢 1 を選ぶことによって受けた罰価、 P_2 は選択肢 2 を選ぶことによって受けた罰価である。強化価から罰価を減じていることから、これは減算モデルと呼ばれる。いっぽう、罰の効果は直接的に当該の行動を抑制す

るのではなく、他の行動を強めるという形で作用する（つまり、罰される行動以外の行動が逃避・回避の負の強化によって強められる）と考えれば、選択肢 1 の罰価は選択肢 2 の強化価と同じであり、選択肢 2 の罰価は選択肢 1 の強化価と同じである。この競合反応抑制モデルにしたがえば、対応法則は式 8 のような形式で表現されることになる（Deluty, 1976）。

$$\frac{B_1}{B_1+B_2} = \frac{R_1+P_2}{(R_1+P_2)+(R_2+P_1)} \quad (\text{式 8})$$

減算モデル（式 7）と競合反応抑制モデル（式 8）のどちらが妥当であるかについてはいくつかの実験が行われており、総じて減算モデルのほうが支持されている（Critchfield, Paletz, MacAleese, & Newland, 2003 ; Farley, 1980 ; de Villiers, 1980）。

4. 対応法則の説明理論

対応法則は行動の基本原則であって、それを説明する他の原理はない（個体は、強化子の割合に合わせて行動を配分する）とする考えもあるが、対応法則は他の行動原理の所産であるとする立場もある。後者の立場には、さまざまな理論が含まれており、各理論の妥当性や優位性について、さまざまな実験で検討されている。ここでは、代表的な 3 つの理論を簡単に紹介しておく。

(1) 逐次改良理論（melioration theory）

個体はそれぞれの選択肢について、機会あたりの強化価が等しくなるように行動するように作られており、これが対応法則に反映されていると考える立場である（Herrnstein & Vaughan, 1980）。実際に、式 2 の両辺に R_2 をかけて B_1 で割ると、次式が得られる。

$$\frac{R_1}{B_1} = \frac{R_2}{B_2} \quad (\text{式 2'})$$

これは、選択肢 1 の強化価と選択肢 2 の機会あたりの強化価が等しいことを意味している。個体の行動はこの式から外れないよう、逐次改良されていると想定されている。

(2) 最適化理論 (optimization theory)

個体は長期的に見て最適な選択をするように作られているために、対応法則が生じるとする立場である (Rachlin, Green, Kagel, & Battalio, 1976)。例えば、図 10 は、並列 VI 30 秒 VI 120 秒スケジュールで 60 分間訓練した場合、セッション内に得られる強化子の数を示している。行動 1 だけ行っていると 120 個、行動 2 だけ行っていると 30 個の強化子しか得られないが、行動 1 に 8 割、行動 2 に 2 割配分すれば、行動 1 から 114 個、行動 2 から 26.4 個の強化子が得られるので、強化子数は合計 140.4 個と最大になる。なお、このとき行動 1 の強化子割合は 81.2% でほぼ 8 割であり、対応法則が成立している。強化の量を最大化するよう行動すると仮定するため、この立場は最大化理

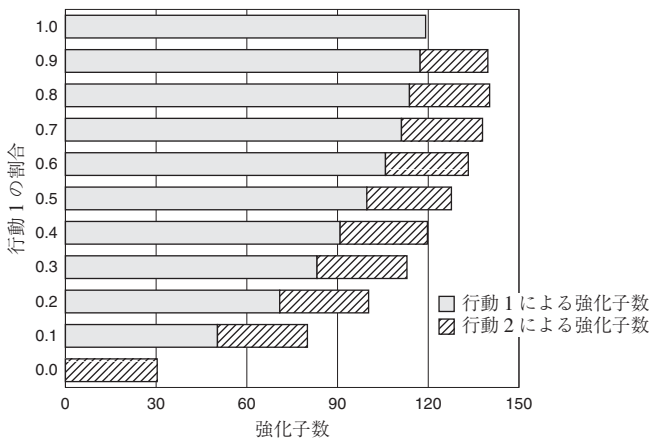


図 10 並列 VI 30 秒 VI 120 秒スケジュールで、反応変更後遅延 2 秒とした場合の強化子数のコンピュータシミュレーション。Rachlin et al. (1976) の Table 1 をもとに作図。縦軸は行動 1 に従事していた時間の割合を示す（この割合を 1 から引いた値が行動 2 に従事していた時間の割合である）。行動 1 に 8 割、行動 2 に 2 割配分すれば、強化子数は最大になる。

論 (maximization theory) と呼ばれる。

(3) 瞬時最大化理論 (momentary maximization theory)

最適化理論では、セッション内で強化量が最大となるような選択を個体が行うことが仮定されていた。しかし、そうした長期的な最大化ではなく、瞬間瞬間で選択が最も適切になるように個体は行動するという立場もある (Shimp, 1966)。つまり、巨視的な最大化ではなく微視的な最大化である。例えば、並列 VI 30 秒 VI 120 秒スケジュールでは、行動 1 のほうが行動 2 よりも強化される可能性が高いため、個体はまず行動 1 を行うであろうが、行動 1 で強化子を何回か得た頃には、行動 2 の側でも強化子が準備されている可能性が高くなる。そこで、個体は行動 2 に切り替える。行動 2 で強化されると、当面の間は強化の可能性が低くなるため、個体は再び行動 1 をしばらく選び続けることになる。こうした繰り返しの結果、最終的に行動 1 と行動 2 の選択割合が 8 対 2 となり、得られる強化子数も同様の割合となる。このように、瞬時最大化の原理により対応法則がもたらされる。

5. おわりに

はじめにも述べたように、本稿は対応法則について、初心者にもわかりやすいように解説したものである。より専門的な議論については、Davison & McCarthy (1988) や『行動分析学研究』第 11 巻第 1～2 号合併号 (1997 年) の特集「選択行動研究の現在」を参照されたい。なお、対応法則を発見し、その後の研究の発展に尽くした Richard J. Herrnstein が発表した対応法則関係の論文のうち重要なものが、彼の死後、編集出版されている (Rachlin & Laibson, 1997) ことを付記して稿を終えたい。

引用文献

Baum, W. M. (1974). On two types of deviation from the matching law : Bias

- and undermatching. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 22, 231–242.
- Baum, W. M. (1979). Matching, undermatching, and overmatching in studies of choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 32, 269–281.
- Baum, W. M., & Rachlin, H. C. (1969). Choice as time allocation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 861–874.
- Borrero, J. C., Crisolo, S. S., Tu, Q., Rieland, W. A., Ross, N. A., Francisco, M. T., & Yamamoto, K. Y. (2007). An application of the matching law to social dynamics. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 40, 589–601.
- Catania, A. C., & Cutts, D. (1963). Experimental control of superstitious responding in humans. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 6, 203–208.
- Catania, C. A., & Reynolds, G. S. (1968). A quantitative analysis of the responding maintained by interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 327–383.
- Conger, R., & Killeen, P. (1974). Use of concurrent operants in small group research. *Pacific Sociological Review*, 17, 399–416.
- Critchfield, T. S., Paletz, E. M., MacAleese, K. R., & Newland, M. C. (2003). Punishment in human choice: Direct or competitive suppression? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 80, 1–27.
- Davison, M., & McCarthy, D. (1988). *The matching law: A research review*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Deluty, M. Z. (1976). Choice and the rate of punishment in concurrent schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 25, 75–80.
- de Villiers, P. A. (1980). Toward a quantitative theory of punishment. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 33, 15–25.
- Farley, J. (1980). Reinforcement and punishment effects in concurrent schedules: A test of two models. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 33, 311–326.
- Farley, J., & Fantino, E. (1978). The symmetrical law of effect and the matching relation in choice behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 29, 37–60.
- Herrnstein, R. J. (1961). Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 267–272.
- Herrnstein, R. J. (1970). On the law of effect. *Journal of the Experimental Analy-*

- sis of Behavior*, 13, 243–266.
- Herrnstein, R. J., & Vaughan, W., Jr. (1980). Melioration and behavioral allocation. In J. E. R. Staddon (Ed.), *Limits to action: The allocation of individual behavior* (pp.143–176). New York: Academic Press.
- Hollard, V., & Davison, M. C. (1971). Preference for qualitatively different reinforcers. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 16, 375–380.
- Matthews, L. R., & Temple, W. (1979). Concurrent schedule assessment of food preferences in cows. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 32, 245–254.
- McDowell, J. J. (1981). On the validity and utility of Herrnstein's hyperbola in applied behavior analysis. In C. M. Bradshaw, E. Szabadi, & C. F. Lowe (Eds.), *Qualification of steady-state operant behavior* (pp.311–324). Amsterdam: Elsevier.
- Millenson, J. R., & de Villiers, P. A. (1972). Motivational properties of conditioned anxiety. In R. M. Gilbert & J. R. Millenson (Eds.), *Reinforcement: Behavioral analyses* (pp.97–129). New York: Academic Press.
- Miller, H. L., Jr. (1976). Matching-based hedonic scaling in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 26, 335–347.
- Rachlin, H., & Green, L. (1972). Commitment, choice, and self-control. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 17, 15–22.
- Rachlin, H., Green, L., Kagel, J. H., & Battalio, R. C. (1976). Economic demand theory and psychological studies of choice. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol.10, pp.129–154). New York: Academic Press.
- Rachlin, H., & Laibson, D. I. (Eds.), *The matching law: Papers in psychology and economics*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Shimp, C. P. (1966). Probabilistically reinforced choice behavior in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 443–455.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: An experimental analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Mcmillan. 河合 伊六ほか (訳) (2003). 科学と人間行動. 大阪: 二瓶社.
- St. Peter, C. C., Vollmer, T. R., Bourret, J. C., Borrero, C. S, Sloman, K. N, & Rapp, J. T. (2005). On the role of attention in naturally occurring matching relations. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 38, 429–443.
- Thorndike, E. L. (1991). *Animal intelligence*. New York: Macmillan.

- Vollmer, T. R., & Bourret, J. (2000). An application of the matching law to evaluate the allocation of two- and three-point shots by college basketball players. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 33, 137–150.

——文学部教授——