

# 動物のオペラント行動

— その原理と応用 —

清水 信 一 郎

鹿児島大学歯学部 薬理学教室

フランスの Charpentier によって合成(1950)され、最初 Laborit, Hが次いで Delay, J と Deniker, P が精神病に対するその治療効果を報告したクロールプロマジン chlorpromazine は、精神分裂病のオ一次選択剤として最も好んで使用される事実によってだけでなく、最初の向精神薬でありまた精神薬理学 Psychopharmacology の発展の契機となったことによっても注目に価する薬物である。精神薬理学とは、観念構成、気分、感情に作用して広い意味での行動の変化をもたらす薬物—向精神薬—の作用を研究する薬理学の一部門である。一方前臨床的段階においてこのような薬物を動物に投与し、その行動の変化より薬理作用や作用機序を研究するのはいわゆるスクリーニングや構造—機能連関を知るためにも有効な方法であって、クロールジアゼポキシド chlordiazepoxide はこのような方法によって見出された薬物であった。言語表現の手段を持たず、精神作用の存在しない或いは少なくともその存在を認めることが困難な動物の行動と向精神薬の相互干渉の研究においては精神薬理学なる名称は不適切であり、この領域は専ら行動薬理学 Behavioral Pharmacology と云う名前と呼ばれるようになった。即ち行動薬理学は（最近漸く一般に科学的な方法論に堪えることが出来ると認められるようになった）動物の行動に及ぼす薬物の効果を分析するために実験心理学と薬理学の手段と概念を使用する生物学の一分野である。

## 条件行動としてのオペラント学習

行動の定義については研究者の立場によって異なり

表 1 行動の分類と研究分野

### A CLASSIFICATION OF BEHAVIOR

#### UNCONDITIONED BEHAVIOR

SIMPLE REFLEXES---PHYSIOLOGISTS PHARMACOLOGIST  
 INSTINCTIVE BEHAVIORS---ETHOLOGISTS & COMPARATIVE  
 PSYCHOLOGISTS

#### CONDITIONED BEHAVIOR

CONDITIONED REFLEXES---PHYSIOLOGISTS  
 OPERANT BEHAVIORS---PSYCHOLOGIST & BEHAVIORAL  
 PHARMACOLOGISTS

未だ決定されたものはなく、これが行動の生物学的研究の遅れた一つの原因でもあろうが、ここでは Thompson と Schuster (T. Thompson & C. R. Schuster, 1968) にならって、他の生物から観察の可能なある生物の効果器の活動であるとしておこう。行動の分類もいろいろとあるところであるが、表に示すように条件行動 conditioned behavior と無条件行動 unconditioned behavior に大別するのが便利と考える。無条件行動は非学習行動 unlearned behavior 或いは本能行動 instinct behavior とも言うことが出来るであろうが、歴史的には専ら生理学、神経薬理学或いは生態学の研究者によって、条件行動は行動薬理学、生理学の研究者によって夫々行なわれて来た。現代の代表的な行動科学者として、前者に属するロレンツ (K. Z. Lorenz, 1903-) を、後者に属するスキナー (B. F. Skinner, 1904-) を上げることが出来よう。1973年ノーベル医学生理学賞を得たロレンツの業績は輝かしいものであるが、定量性、再現性の必要な薬理学的研究にはなじまないものと言わざるを得ない。これに対してスキナ

一の創始した実験的行動分析は、一定の環境下における学習行動とは言えその優れた定量性によって、また1957年フィラデルフィアで創始された米国行動薬理学会に参加した研究者の大部分がスキナーの流れを汲んだいわゆるスキナリアン Skinnerians であったこともあづかって、行動薬理学の研究に好んで用いられるようになった。この学習行動は、スキナーにしたがってオペラント行動 operant behavior と呼ばれている。勿論、行動薬理学の対象とする動物行動は多くの異なる考えをもつ研究者によって研究されており、オペラント行動に限定されるものではない。またスキナーの行動分析は使用される用語、概念が特殊で分りにくいと言う声も多く聞かれるところである。その非難は確かに首肯させる一面を持っているが、本来スキナーの学風はきわめて記述的であって難解な理論を含まず、他分野の研究者にも理解し易いようにも思われる。それだけにオペラント行動は単に行動薬理に限らずその研究と応用の範囲はきわめて広いものがある。以下にオペラント行動を規定する諸因子とその基本的手続について説明し、歯科医学、口腔生物学における応用について簡単に触れてみたい。

オペラント行動の学習過程はオペラント条件づけ operant conditioning と呼ばれるが、この条件づけが古典的条件づけと基本的に異なる手続きは、(1)動物は条件づけられるべき反応を生得的に少しでも有することが必要でこのことを反応レパートリー repertoire を持つと言いこのような反応をオペラントと呼ぶ。(2)古典的条件づけでは中性刺激と無条件刺激の対立提示が強化 reinforcement と呼ばれるのに対し、オペラントにおける強化は条件づけられるべき反応が生じたとき初めて強化刺激 reinforcer が与えられることを意味する。(3)試行の進行は反応生起と強化解激の経時的提示に依存していることなどである。オペラント行動の分類はヒルガードら (E. R. Hilgard & D. G. Marquis, 1940) により報酬訓練、逃避訓練、回避訓練などに分けられて以来、いくつかの分類が提唱されているが、ここでは先づ陽性及び陰性強化刺激によって維持される2種類のオペラント行動に大別して述べることにする。

### レバー押し行動の成立

陽性強化によって強化され維持されるオペラント学習の代表的なものは、餌によるラットのレバー押し条件行動であろう。図1に示した実験装置はスキナーの考案によるものでスキナー箱と呼ばれる。この箱

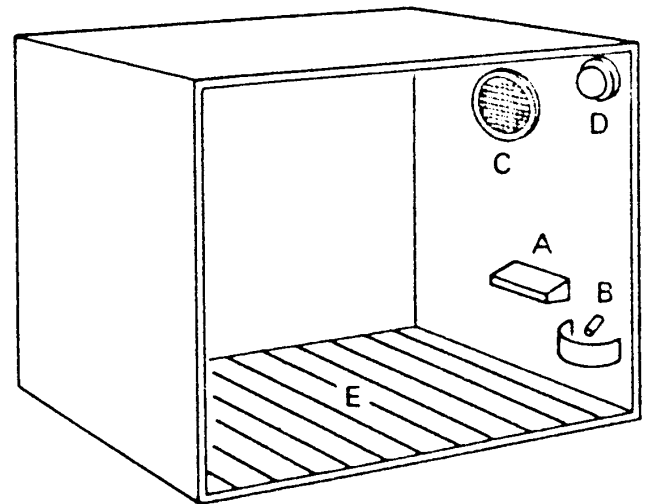


図1 スキナー箱

A—レバー, B—給餌口 (pellet cup), C—スピーカー, D—ライト, C及びDはいずれも弁別刺激提示のために使用することが出来る。

の中に入れられたラットは環境に順応するまで探索を含む種々の行動を行なう。嗅ぎ回り、身づくろいなどはすべて先に述べたオペラントと呼ぶ行動レパートリーに含まれるものであって、このような行動の現われる頻度を生起確率 probability of occurrence と呼び或いはオペラントレベル operant level と名づける。ラットによるレバー押し行動はオペラントの中では決して高くなく通常の状態ではごく偶然的な産物であるにすぎないので、このオペラントレベルを高め安定した行動基線 behavioral baseline を獲得するためには先行操作 antecedent manipulation が必要になる。この例ではラットを一定の飢餓状態に落ち入らせる、即ち飢餓動因 hunger drive を高めることは、自由摂食時の体重の85%まで体重を減少させるように食餌量を減少調節するか又は毎日一定時間にその日の体重の7~10%の食餌量を与えることによって達成される。これが表2に示したようにオペラント行動を規定する因子の1つである先行変数 antecedent variables の中、陽性強化刺激の除去 removal of positive reinforcer に相当する。このようなラットが更に速やかにレバー押し摂食行動を学習するために、実験者はラットがレバーの周辺でレバー押し類似のオペラントを発したとき素早くこれを強化するために固形餌を与えてやる必要がある。またレバー押しに前後して生ずるそれ以外の行動 lateral behavior は強化しないように注意しなければならない。このような操作を shaping または successive approximation と言い、すぐれて実験者の主観

表2 オペラント行動の実験的分析

オペラント行動を規定する諸因子(説明本文)

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF OPERANT BEHAVIOR	
1.	ANTECEDENT VARIABLES
A.	DEPRIVATION OF A POSITIVE REINFORCER
B.	PRESENTATION OF A NEGATIVE REINFORCER
C.	WITHDRAWAL OF POSITIVE REINFORCER
2.	CURRENT STIMULUS CIRCUMSTANCES
A.	UNIDENTIFIED STIMULI
B.	DISCRIMINATIVE STIMULI
C.	RECEPTORS STIMULATED
3.	PROPERTIES OF BEHAVIOR
A.	OPERANDUM
B.	RESPONSE TOPOGRAPHIES
4.	REINFORCEMENTS
A.	POSITIVE VS. NEGATIVE
B.	SCHEDULING OF CONTINGENCIES
C.	PRIMARY VS. CONDITIONED (SECONDARY)

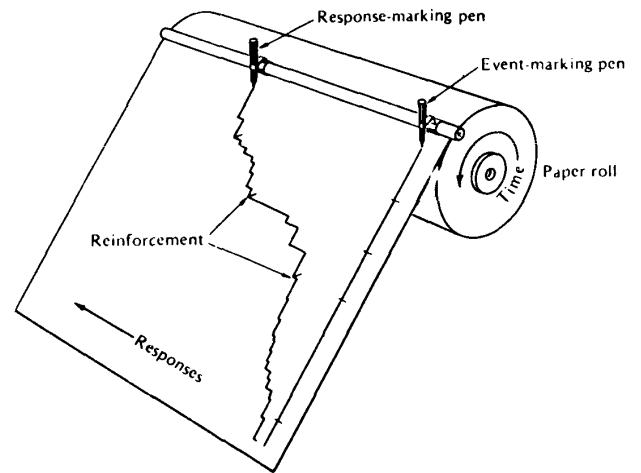


図2 累積記録計(説明本文)

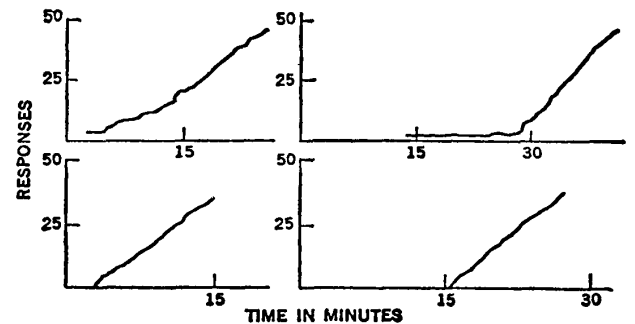


図3 ラットレバー押し行動の累積記録 (Ferster &amp; Skinner, 1957)

的な判断に任される部分であって、簡明な記述の困難なところであるが同時に安定したレバー押し行動の学習々得の遅速に大きな影響を与える。Shaping又はapproximationの学習開始のステップとしての必要性は同時に、ラットはレバー押し反応と餌の関係、又は実験者の企図するところを学習しているのではなく、強化刺激が提示される直前の反応が強化されていると言うことを示している。学習行動のみならず、一般に動物の行動に際してはあくまで擬人的な解釈は避けなければならない。

スキナーは彼の行動実験で好んで図2に示したような累積記録計 cumulative recorderによる記録を用いた。累積記録計は比較的ゆっくりした速度で流れる記録紙にペンが1回の反応ごとに一定のステップで立ち上がって記録して行き、更に強化刺激が提示されたときには斜めのマークが入るために、オペラント反応の頻度と強化の多寡、行動の安定性が視覚的にとらえられるように工夫されている。図3によって見ると、左上図の累積記録によって示される行動は反応頻度は高いが安定性に欠け、右上図ではラットはスキナー箱の中で最初の数分間はレバー押し反応を殆ど示さなかったことが分る。最も安定した記録は左下であることが視覚的に理解出来るに違いない。節食による動因

形成とshapingが適切であれば、30分~1時間のshaping又は50個の餌提示のいずれかを毎日反復すれば遅くとも3~4試行で安定したレバー押し行動の学習が完成する。ラットによっては最初の30分で学習することもめずらしくないが、中には稀にスキナー箱の一隅で全く動かなくなり何日たっても学習せず止むを得ず実験を中止しなければならないものもあり、その原因はいろいろと推測されても結局は個体差と言わざるを得ない。このようにして学習を完成したラットをスキナー箱に入れてレバー押し反応にも餌を与えない様にすれば、ネズミのレバー押しは図の様にしばらくは続けられるがやがて減少して行きやがて全く反応は停止してしまう(図4)。これを消去extinctionと云い、翌日再び同じ状況で実験を再開すると前日と同様に反応は生起するがやがて消失し、何日かの消去過程ののちにはスキナー箱に於けるレバー押しは起こらなくなってしまう。

### オペラント行動の属性

オペラント行動を規定する因子の中で、現在にいた

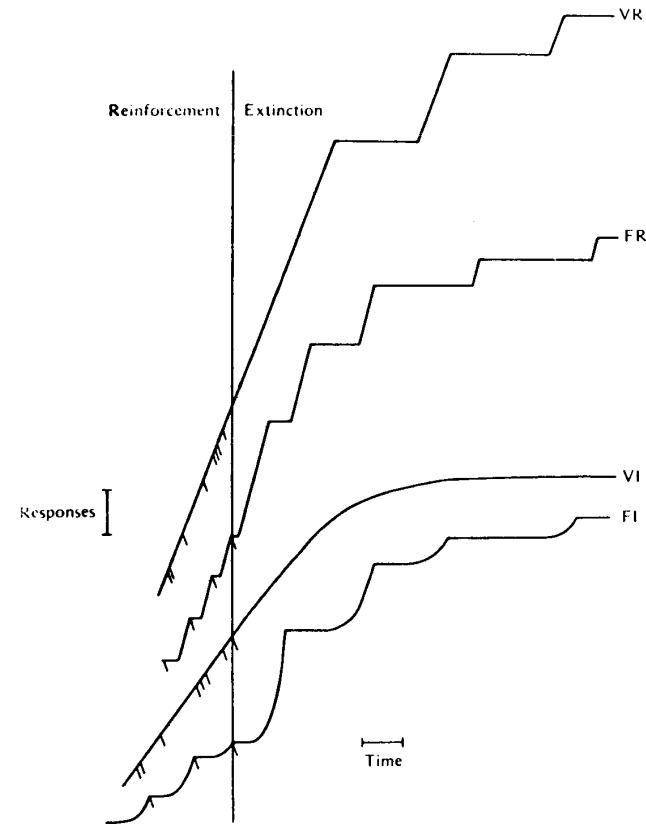


図4 各種間歇強化の累積記録と消去過程

るまで最も等閑に付されているのは行動属性 *properties of behavior* とも云うべき表に示す性質である。レバー押し行動に関して言えばレバーの取り付けられてある高さ、その背面にセットされて給餌機 *pellet feeder* と連動するマイクロスイッチの開閉時の機械的性質などはラットのオペラントに最も適した高さ、最も開閉し易い強さでなければオペラントの生起頻度を高めることは出来ない。これをオペラandum *operandum* 又はマニプランダム *manipulandum* と言い実験器具の製作にあたって注意を要するところである。しかし最も重要な行動属性は個々のレバー押しに際して生ずるレバー押しの力 *force emission*、持続時間、レバー押しに使用される筋群などであって、一括して反応トポグラフィ *response topographies* と呼ばれる。これ等が初期の行動研究においてそれ程興味の対象にならなかったのは、いわゆるスキナリアンの反応に対する見方が生起確率に、言い換えれば反応時間々隔に偏りがちで反応の *dimensional* な面を見るのが少なかったからと思われるが、レバー押しの力についてはノッターマンら (J. M. Notterman & D. E. Mintz, 1965) の詳細な研究が1965年に発表され、その他のトポグラフ

イーも次第に研究がすすめられている (S. Shimizu et al. 1978)。薬物その他の各種の操作に対して反応トポグラフィの或るものは反応頻度より敏感であることが分かっている。また或る種の陽性強化スケジュール下で、ラットは先行する強化されたレバーのレバー押し持続時間にきわめて近い持続時間を持ったレバー押しを繰り返して行なうことが確かめられており、行動の時系列分析として興味がある結果が得られている。

#### 陽性強化スケジュール

これまで述べて来た実験では、ラットは1回の反応ごとに1個の餌を与えられた。これは連続強化と呼ばれるもので行動研究ではそれのみで終る可能性はむしろ少なくなっている。強化と刺激の関係は心理学的には *contingency* と言う概念で論じられきわめて複雑な様相を呈するのでここではしばらくおくとしても、薬理学その他の医学生物学的研究の必要上からは連続強化も含めた強化スケジュールについての理解が望ましく、またこれはオペラントを規定する因子の中では最も中心的なものとも言える。表3に強化スケジュール *schedules of reinforcement* の主なものを挙げたが陰性強化スケジュールは後述することとし、陽性強化スケジュールを簡単に説明してみたい。

**Simple Schedules:** CRF (Continuous reinforcement) スケジュールは先に述べたように1回の反応ごとに強化される単純なスケジュールで、以下に記した FI, VI, FR の各スケジュールと共に次の DRL, DRH などの

表3 主なる強化スケジュールとその略語

SCHEDULES OF REINFORCEMENTS	
POSITIVE REINFORCEMENT	
CONTINUOUS REINFORCEMENT (CRF)	
FIXED INTERVAL (FI)	
FIXED RATIO (FI)	
VARIABLE INTERVAL (VI)	
VARIABLE RATIO (VR)	
DIFFERENTIAL REINFORCEMENT OF LOW RATE (DRL)	
WITH OR WITHOUT LIMITED HOLD	
DIFFERENTIAL REINFORCEMENT OF HIGH RATE (DRH)	
WITH OR WITHOUT LIMITED HOLD	
NEGATIVE REINFORCEMENT	
AVOIDANCE	
ESCAPE	
CONDITIONED EMOTIONAL RESPONSE (CER)	

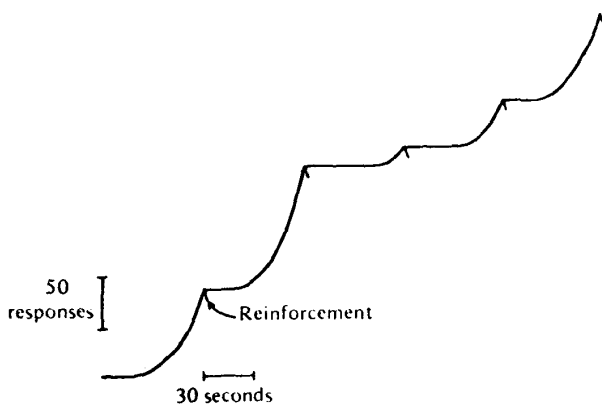


図5 FI-60secの累積記録

強化直後の反応の停滞と強化直前の反応の急激な増加が見られる。

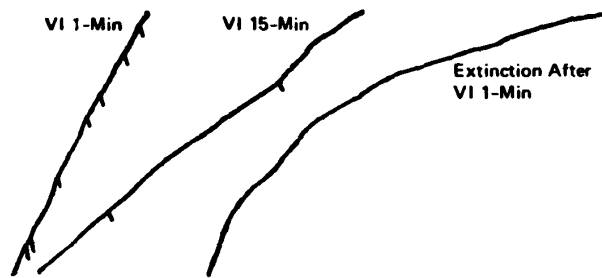


図6 VIスケジュールの累積記録

VI-1分とVI-15分の反応率の相違に注意、右端の累積記録はVI-1分学習ラットの消去過程を示す(Catania, 1979).

complex schedules に対して simple schedule と呼ばれ、また CRF 以外の4つは CRF の連続強化スケジュールに対して間歇強化 intermittent reinforcement スケジュールと一括される。FI と VI スケジュールは強化刺激の提示を時間の経過によって決定するものでFIでは反応の頻度に関係なく一定の時間が経過しなければ強化されない。例えば図5は1分間のFIスケジュールであって、1分経過後の最初のレバー押しだけが強化される。このスケジュールでは反応頻度は強化直後は低く抑えられるが、時間の経過と共に頻度は加速度的に増加して居り、これをFIスキヤロップ scalop と言いFIにのみ見られる特性であって動物の時間感覚に関係するとも考えられている。VIはこれに対して時間々隔は任意に設定され一試行が終了したときの平均時間々隔が例えばVI-60秒と言うように示される。VIスケジュールではFIのようなスキヤロップは見られず、略一定した反応率と適度な分布の反応間隔を示す(図6)。FRとVRのスケジュールは反応回数と強化を関係づけるスケジュールでFRは図の下の累積記録で見

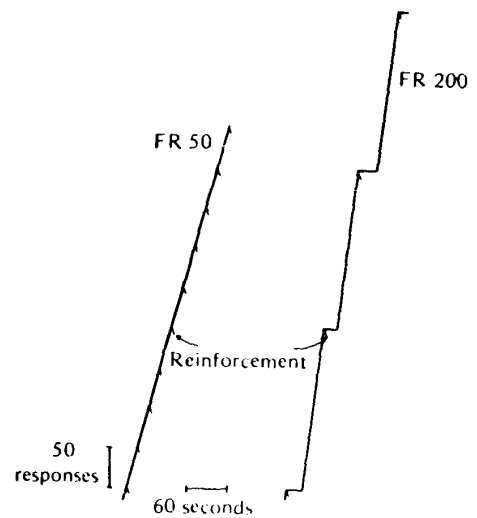


図7 FRスケジュールの学習曲線

FR-200では強化直後の反応停止が見られる。

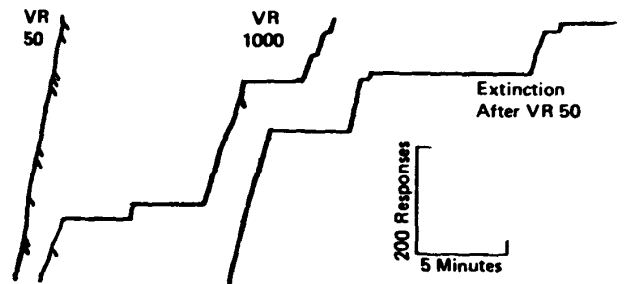


図8 VRスケジュールの累積記録

VR-1000におけるratio strainに注意せよ。説明本文(Catania, 1979).

るように強化後の短時間の反応休止とそのあとに来る直線的な高頻度の反応が特徴である。この2つの特徴は設定された反応回数が多い程著るしい。VRは反応回数をVIと同様の手続きで変化させたものでFRと似た高い一定の反応頻度を示すが例えばVR 500又はVR 1000と言うような頻回の反応を要求されるときはratio strainと呼ぶ反応の中断が随所に見られるようになる(図8)。これらのsimple scheduleは心理学的には単独で或いは組み合わせて学習行動の理論的分析に用いられる他、行動薬理的には向精神薬のスクリーニングとして又動物の運動能、食欲、時間感覚に及ぼす薬物の影響を見るために盛んに使用されている。

Complex Schedules: 表に挙げたDRLとDRHスケジュールの中で特に好んで薬理学的研究に使用されるDRLについて述べることにする。図9に示したスケジュールはDRL 12secと言われるものである。これは今まで述べてきたスケジュールと性格を異にし、反対に反応の頻度を抑えようとする。すなわち先行する反応の

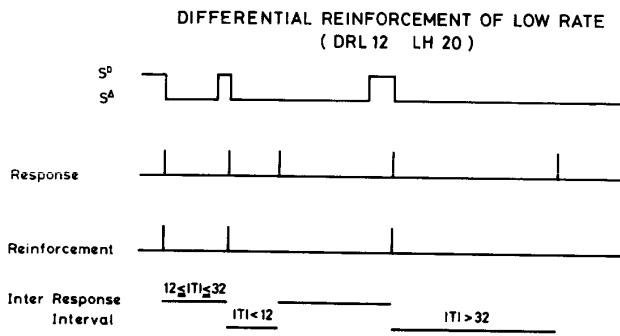


図9 DRL 12 LH 20 スケジュールにおける反応、強化及び反応間隔の関係

$S^D$ ,  $S^A$ は夫々反応が強化される期間と強化されない期間を示す。

12秒後に生じた反応でなければ強化されず、12秒以内に反応が生じた場合タイマーはリセットされて更に少なくとも12秒後まで待たなければならない。このように反応が時間依存的な行動を temporal behavior とか timing responding などと呼んでいる。LH 20 は DRL 12 に更にもう一つの時間因子を加え、最終反応生起後12秒から32秒までの20秒間に生じた反応だけが強化される。即ち単なる DRL よりも一層時間弁別的であることが分かる。実験結果は反応間隔 (Inter Response Time) のヒストグラムで処理され、そのパターンの変化について考察されることが多い。DRL のみのときには設定した時間に近い反応ほど重みをつけて推計学的な処理を行なうこともある。DRL 或いは DRL LH スケジュールは外見上の行動様式の複雑さにかかわらず学習成立が余り困難でなく、反応の頻度が低く抑えられるので餌、水などを用いる陽性強化スケジュールとしては動物の飢餓動因が長時間持続するので薬物の時間効果が得られ易くまた薬物に対する感受性が鋭いので、特に向精神薬のスクリーニングに好んで用いられる。

DRL は反応が強化された直後に動物が更に数回反応を続発する burst と呼ばれる現象が生じ易く ITI (Inter-trial Intervals) のヒストグラムが二峰性を示しそのパターンの認識を困難にするのでいろいろの工夫がこらされた。図10に示した DRLL (Differential Reinforcement of Long Latency) もその1つで house light の点滅による弁別刺激を加えて burst を減少させている。しかし DRL や DRLL スケジュール下の動物は決して設定時間の間、一定の姿勢で待っているのではなく、スキナー箱の周囲を歩き回るとか、嗅ぎ回るとかのいわゆる lateral behavior を習得し易い。このような欠点を除き時間弁別学習を行なう目的で使用されるの

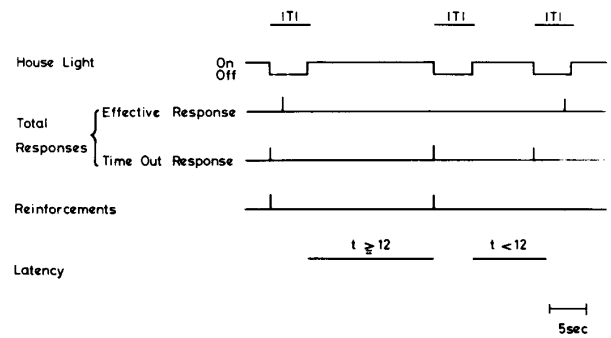


図10 DRLL スケジュールの反応-強化の関係

強化された反応から12秒以上経過した最初の反応だけが強化される。強化ののち5秒間 House Light は消灯され、この間反応は頻発しない。

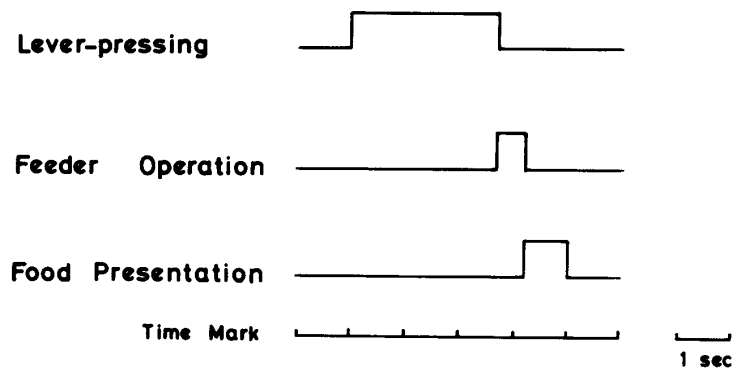


図11 RD スケジュールにおけるレバー押しと給餌機作動の関係を示す。

この場合は2秒以上4秒までのレバー押し動作と動物によるレバー押しの解除が強化の条件である。

がRD (Response Duration) スケジュールである(図11)。動物はレバーを設定時間例えば2秒以上4秒までの2秒間押し続けレバーを離れたときに強化刺激が与えられる。これは先に述べたオペラントの行動特性を利用したスケジュールの1つで DRL などに見られがちな lateral behavior は存在せず比較的単純な形で timing response を見ることが出来る。

### 陰性強化スケジュール

これまで述べてきたように陽性強化スケジュールは刺激の提示によってオペラントが強化されるものであったが、以下の陰性強化スケジュールは刺激の動物による能動的又は受動的な除去によって強化されるものを言う。

回避スケジュール： 図12に示したスケジュールは、Sidman avoidance と名付けるものでスキナー箱のステンレス製のグリッドの床に与えられる電気ショック

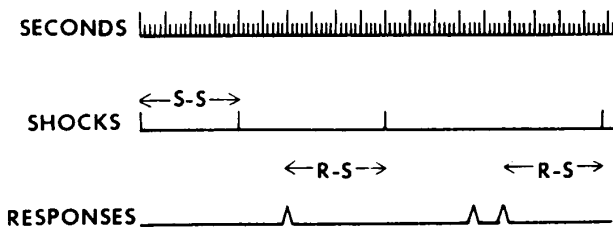


図12 Sidman avoidanceの回避スケジュール（説明本文）

クはラットに対する不快刺激として作用する。

このショックソースは2つのクロックによって交互にコントロールされている。図に示すようにS-SとR-Sの2つである。Sは刺激、Rは反応、ここではレバー押し反応を現わし、ラットが最後に選択したものがRであればR-Sクロックが、SであればS-Sクロックが作動し、いずれも4秒後にはグリッドにショックを提示することとなっている。このようにしてラットのレバー押しはショック回避によって強化され、レバーを押すことによっていつまでもショックを回避することが出来る訳である。またラットがレバーを押して始めて除去される持続性のショックを基本として組み立てられた回避スケジュールや、ブザーや光刺激のショック前提示によって回避反応を生起させる弁別学習も行なわれている。

逃避学習： 逃避はこれに対して図13のような2つの接続するコンパートメントを持つ実験箱の片方にラットを置き、ショックの提示によって他方に逃避するスケジュールである。この一変形で実験箱の中央にある棒に登り、適当な高さに投射されている光ビームをラットの体が遮断するときグリッドのショックが停止するいわゆるポールクライミング pole climbing も好んで使用される。このようないくつかのタイプの回避と逃避反応は行動薬理においてもショックの遅延、停止に効果のあったレバー押しの頻度、回避成功率、逃避反応の生起頻度、逃避に要した時間即ち潜時 latency などいくつかのパラメータによって薬物と行動の相互作用を分析するためにシドマン以来多くの行動学者によって精力的に研究されて来た。陰性強化スケジュールによる学習実験の利点は、先行操作が特に複雑でないこと、条件づけが比較的簡単であること、きわめて長時間の実験に安定した行動基線が得られることなどがあげられよう。勿論この種の実験は生体に対してきわめて大きなストレスを与えるもので消化性潰瘍 peptic ulcerなどを発症することが稀ではないので、これを主目的とする精神身体医学の研究などにおける場合を除

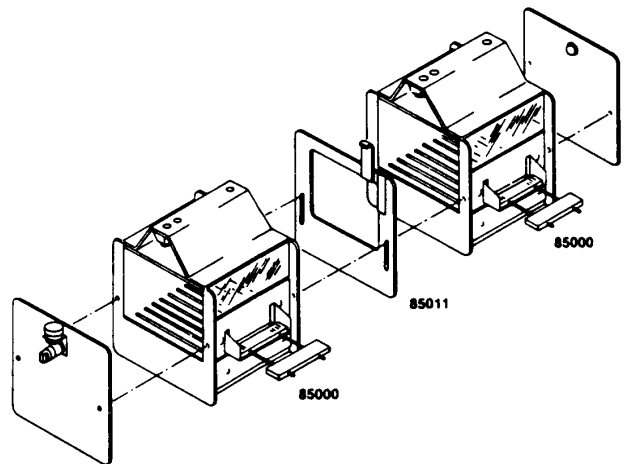


図13 逃避実験箱の分解図

中央で区切られた2つのコンパートメントの1方へ逃避するとショックは停止する。

いては実験動物の管理には十分意を盡さなければならない。

条件情動反応 CER： 陰性強化スケジュールの最後に上げた CER (Conditioned Emotional Response) について簡単に述べたい。例えば VI 2min 陽性強化スケジュールで安定した基線を示しているラットに3分間のブザーを提示しブザー終了直後に電気ショックを与えることとする。この手続きの最初の何回かの試行ではショックの間だけレバー押しは停止するだけであるが試行の進行と共にレバー押し反応の停止期間は延長しやがてブザー直後よりショック終了まで殆ど反応は見られなくなる。同時にラットは他のすべての行動を停止してショックの発現を待つように一隅にうづくまる。条件情動反応とか、条件抑制 conditioned suppression、不安 anxiety などと様々な名で呼ばれたこの現象に及ぼす抗不安薬 antianxiety drugs その他の薬物の効果は広範に研究されて来たところである。

### オペラント学習の応用

以上心理学者ではない著者が、学問的な厳密さと知識経験の不足を承知の上で、オペラント行動と規定する諸因子のいくつかを中心に行動分析の原理と実際的な手法をそれが重要な役割を果たしている行動薬理との関りに触れながら述べて来たのは読者の何人かに自分の研究レパートリーにオペラントを加える意図を動機づけられないかと目論んだからであるが、個々の薬物と行動の相互交渉については最早や紙巾が許さない

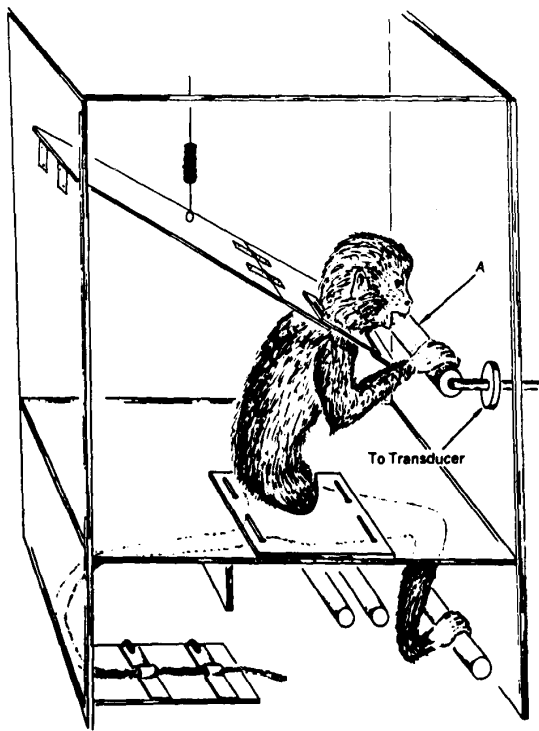


図14 Titrating 法によるサルの咬合力測定及び痛覚閾測定実験

ので、末尾に上げた成書を参照していただきたい。最後にオペラント行動の歯科医学、口腔生物学分野での応用について簡単に紹介、展望することとする。

小児の食行動障碍の治療にオペラント条件づけ療法が奏効した症例が高山 (1981) によって本紀要の第1巻に報告されているように、臨床心理学、精神医学におけるオペラント行動療法は勿論、歯科臨床にも円滑な口腔治療のための動機づけなどと言う考えが何の抵抗もなく用いられるようになった。基礎研究では味覚の嗜好 taste preference, 回避 taste aversion の問題はリクター (C. P. Richter, 1939) 以来古くて新しい課題であるがなお研究の余地は、遺伝やインプリンティングとの関係などに十分残されていると考えられる。またスタンレイ (W. C. Stanley, 1972) とその共同研究者は CRF, 弁別, 回避等各種のスケジュールを駆使して新生仔犬 neonate dog の哺乳行動を詳細に分析した。

次に咀嚼行動の定量化実験を考えてみたい。図14でサルはチェアに固定され、尻尾も同じく固定されて電気ショックが与えられるようになっている。ショックが与えられたときサルの口の前にある柔らかいゴムで出来た棒を強く噛めばその力に応じて電気ショックの強さは減少するように設定する。棒を噛む反応が停止すれば一旦減少したショックの強度は次第に増加し

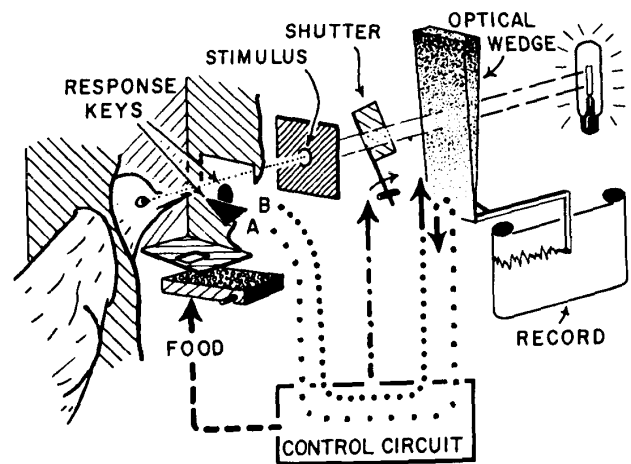


図15 オペラント行動によるハト光覚閾の測定 (Blough, 1958)

FR スケジュールで予備訓練を受けたハトは、キー-Aをつついて刺激光を弱め、閾値以下になったときキー-Bをつついて餌を得る。キー-Bは刺激光の増強と連動し、給餌後ハトは閾値上になった光刺激を弱めるために再びキー-Aをつつく (Blough, 1956)。

サルの尻尾に対する痛覚、不快感覚として再び刺激効果を発揮するようになる。この実験はサルの痛覚閾値を測定する効果的な方法であって一般に titrating 法と呼ばれるサルのみならずラット、マウス、ネコ、イヌハトなどの感覚閾値の測定に有効なもの (例えば図15を見よ。また D. S. Blough, 1958 参照) であるが、この棒の中に圧力センサーを組み込みトランスジューサーに接続すればサルの咬合力の検出、したがって咀嚼に関与する組織器官に加えられる力は定量的に長時間に渉って測定記録出来よう。この実験はサルよりも手軽に扱えるラットのような小動物にも可能な実験手続きであり、先に述べた shaping と実験機器の形状によっては組織、器官の部位は更に特定が可能である。このようにオペラント行動は味覚などの感覚、摂食吸水などの口腔環境を中心とした行動、また実験動物への刺激とその反応の定量化等に広く応用されることが可能であり、将来一層その適用の分野が広がることが期待される。

#### 引用及参考文献

- Blough, D. S., 1958: J. Exp. Anal. Behav., 1:31-43  
 Catania, A. C., 1979: Learning, Prentice Hall, N. J.  
 Ferster, C. B. & Skinner, B. F., 1957: Schedules of Reinforcement, Prentice Hall, N. J.



- Glick, S.D. & Goldfarb, J. ed., 1976 : Behavioral Pharmacology, Mosby Co., Saint Louis
- Hilgard, E.R. & Marquis, D.G., 1940 : Conditioning and learning, rev. by Kimble, G.A. 1961. Appleton Century Crofts, Inc. N. Y.
- Honig, W.K., 1966 : Operant behavior, area of reserch and application, Appleton Century Croftss, N. Y.
- Honig, W.K. & Staddon J.E.R. ed., 1977 : Handbook of Operant Behavior, Appleton Century Crofts, N. Y.
- Kimble, G.A. ed., 1967 : Foundations of conditioning and learning, Appleton Century Crofts, N.Y.
- Notterman, J.N. & Mintz, D.E. 1965 : Dynamics of Response, John Wiley, N. Y.
- Richter, C.P., 1939 : Endocrinology 24 : 367~371.
- Shimizu, S., 1977 : Pharmacol. Biochem. Behav. 6 : 141-143
- Sidman, M., 1955 : Science 122 : 925
- \_\_\_\_\_, 1962 : J. Exp. Anal. Behav. 5 : 271
- Stanley, W.C. 1972 : Oral Sensation and Perception, ed. by Bosma, J.F., Charles C. Thomas Inc. Springfield.
- 田所作太郎, 1980 : 薬物と行動, ソフトサイエンス社, 東京。
- 高山巖, 1981 : 鹿齒紀 1 : 22~25。
- Thompson, T. & Galowski, J.G., 1972 : Reinforcement Schedules and Multioperant Avalysis, Appleton Century Crofts, N. Y.
- Thompson, T. & Schuster, R.C., 1968 : Behavioral Pharmacology, Prentice Hall, N.J.
- 梅岡義貴, 大山正編, 1966 : 学習心理学, 誠信書房, 東京。
- Weiss, B. & Laties, V.G., 1975 : Behavioral Pharmacology, the Current Status, Plenum, N.Y.