



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	反応依存変容型強化スケジュールとその効用
Author(s)	岩本, 隆茂; 吉野, 弘; 川俣, 甲子夫
Citation	北海道大学人文科学論集, 21, 1-58
Issue Date	1984-07-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/34372
Type	departmental bulletin paper
File Information	21_PL1-58.pdf



反応依存変容型強化スケジュールとその効用 †, ††, †††, ††††

岩 本 隆 茂
吉 野 弘
川 俣 甲子夫

目 次

	ページ
はじめに 本論文の目的	2
第1章 反応依存変容型強化スケジュールの定義	2
第2章 本論文において考察する諸問題	4
第3章 反応依存変容型強化スケジュールの手続き	6
(3-1) パーセントail強化スケジュールの手続き	6
(3-2) 相対間隔分化強化スケジュールの手続き	9
(3-3) 自己回帰強化スケジュールの手続き	9
(3-4) Weiss 型滴定強化スケジュールの手続き	10
(3-5) 最小頻度強化スケジュールの手続き	11
(3-6) 反応依存変容型強化スケジュールの統一的な手続きの枠組 (問題1について)	12
第4章 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの反応の遂行	13
(4-1) パーセントail強化スケジュールでハト, ネズミ, ヒトを訓練した場合	13
(4-1-1) パーセントail強化スケジュールでハトを訓練した場合	13
(4-1-2) パーセントail強化スケジュールでネズミを訓練した場合	13
(4-1-3) パーセントail強化スケジュールでヒトを訓練した場合	23
(4-2) 相対間隔分化強化スケジュールでネズミを訓練した場合	29
(4-3) 自己回帰強化スケジュールでサルを訓練した場合	37
(4-4) Weiss 型滴定強化スケジュールでイヌを訓練した場合	39
(4-5) 最小頻度強化スケジュールでハトを訓練した場合	39
(4-6) 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの統一的な反応 遂行過程における枠組 (問題2について)	41

† 本研究には昭和58-60年度文部省科学研究費(試験研究(1)研究代表者岩本隆茂)の補助を受けた。

†† 反応依存変容型強化スケジュールの研究の開始にあたっては梅岡義貴先生(現学習院大学)のご示唆を得た。

††† 本研究には北海道大学文学部の早瀬雅彦(現岐阜県教育委員会), 小田島一典(現北海道庁), 高橋雅治, 和田博美の各氏および鹿児島大学歯学部清水信一郎教授, 白木由美子文部事務官の協力を得た。

†††† 筆者らはこの強化スケジュールを反応依存型変容強化スケジュールと呼んでいたこともある。

第5章 反応依存変容型強化スケジュールの反応遂行の変容に対する効率 (問題3について)	43
第6章 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの反応遂行の分析から 推定される, ヒト以外の被験体の IRT・反応潜時変容過程についての 一般的考察(問題4について)	46
第7章 反応依存変容型強化スケジュールの効果と効用	47
(7-1) 反応形成の側面について	47
(7-2) 反応依存変容型強化スケジュールの拡張	48
(7-3) 反応依存変容型強化スケジュールの効用	49
第8章 ま と め	51
引用文献	53
英文要約	56

はじめに 本論文の目的

現在, オペラント条件づけのなかで用いられている多種多様の強化スケジュール(岩本, 1982)のうち, つぎに定義される2条件を満足するものを本論文では反応依存変容型強化スケジュールと総称する。本論文の目的は, 反応依存変容型強化スケジュールとは何か, とくにその操作の特徴と, そのもとでの反応遂行の特徴について考察し, この強化スケジュールのきわめて特異的な効用について言及することである。

第1章 反応依存変容型強化スケジュールの定義

つぎの2条件を満足する強化スケジュールを反応依存変容型強化スケジュールと総称する。

条件1: ある反応に対する強化の規準は, 1つ1つのオペラント反応の解発にともなって生起している, オペラント反応の実行に付随した反応トポグラフィーのなかのある測度にたいして設定されている。たとえば, オペラント反応とオペラント反応の間の時間間隔(Inter-response time; IRT), オペラント反応が梃子押し反応である場合には梃子を押し続けている時間(反応持続時間, response duration; RD), 梃子やペッキング用キーなどのオペランダム(operandum)に反応するさいの押す力の強さ(response force), オペラント反応が発声である場合にはその発声の物理的大きさなどのいわゆる反応のトポグラフィーが反応測度となり, それらに対して強化規準が設定されている。さらにこれらの反応トポグラフィーの組み合わせ・重量などの複合した反応群や, その反応群の統計的代表的値に対して強化規準が設定されることもあり得る。

条件2: 強化規準は, その強化スケジュールにおいて採用されている反応測度に対して固定的な設定はされておらず, つぎつぎと変動する。実験制御機器(たとえばコンピュータな

ど)はつねに最も最近に (most recently) 生起した当該オペラント反応の測度を一定個数だけ記憶している。その機器は記憶した測度についてのさまざまな数値の集団を標本集団とし、その標本集団と現在生起しつつあるオペラント反応のその測度の数値とを比較して強化するか否かを決定する。各強化スケジュールではそれぞれ、その比較の方法が定められている。その方法にしたがい、物理的測定値としての強化に対する規準は、実験制御機器に集録されているデータの標本集団、すなわち被験体その時点までの反応傾向に依存して時々刻々と変容する。

以上の2条件の他に、つぎの補足条件も考慮にいれて以下の考察を行なう。

補足条件：現在生起しているオペラント反応が強化規準を満足した場合、強化の実行は実験者のあらかじめ設定した強化の確率 [$P(S^R)$ と略す] にもとづいてランダムになされる。すなわち、乱率 (random ratio: RR) の強化スケジュールの手続きを含んでいる。この補足条件は、結果的に被験体が獲得するであろう実測された強化確率 (強化されたオペラント反応の数/オペラント反応の数) [obtained probability of reinforcement: 本論文では $P\ ob. (S^R)$ と略す] を、実験者が被験体のどのような反応傾向に対してもある程度は独立に制御することを可能とする。この補足条件は、日常場面においてはすべての正反応がかならず強化刺激の随伴を受けるということは比較的少なく、むしろ正反応といえども間歇的なサンプリングによって強化刺激の随伴を受けているという Morse (1966) などの議論と関連させて、 $P\ ob. (S^R)$ の遂行への効果の検討を具体的に可能にしている。すなわち、この補足条件を満足しているスケジュールは、被験体の遂行に及ぼす独立変数 $P\ ob. (S^R)$ の効果についての分析的研究を可能にする。しかし、強化スケジュールが $P(S^R)$ として 1.00 の値をとる場合もあり、さらに、反応依存変容型強化スケジュールのもとでの遂行への $P\ ob. (S^R)$ の効果は、条件1や2とくらべてはるかに小さい(本論文の第4章で詳述する)。そこで、この補足条件を満足していない場合でも、条件1と2のみを満足する強化スケジュールを反応依存変容型強化スケジュールとして扱う。

現在の段階で、反応依存変容型強化スケジュールとしてあげられる研究報告は、つぎのようなものである。条件1と2と補足条件のすべてを満足する強化スケジュールとしては、AllemanとPlatt (1973)の開発したパーセンタイル(percentile: PCT)強化スケジュール、Blough(1966)の開発した最小頻度 (least frequency: LF) 強化スケジュールがある。また、補足条件は満足しないが条件1と2のみを満足する強化スケジュールとしては、川俣・岩本・梅岡 (1975) の開発した相対間隔分化強化 (differential reinforcement of relative intervals: DRRI) スケジュール、WeissとLaties(1965)の開発した自己回帰(auto-regression: ARG)強化スケジュール、Weiss (1969) が実施した滴定 (titration) 強化スケジュールとがある。

第2章 本論文において考察する諸問題

本論文の目的は、上述の5種類の反応依存変容型強化スケジュールの手続きと、それらのもとの被験体の遂行過程の特徴を概観・考察し、つぎの4点の問題点を明らかにすることである。

問題1：現在までに用いられている多種多様のスケジュールのなかから、反応依存変容型強化スケジュールとしてわれわれがあらたに命名したものに相当するものとして抽出・分類するさいの必要条件として、条件1と2、および補足条件を前述した。これらの条件は、強化スケジュールにおけるさまざまな手続きに関するものであった。したがって、本論文で紹介する5種類の反応依存変容型強化スケジュールの手続きは、ひとつの統一的な手続きの枠組のなかの、それぞれの一変種と考えることができるであろう。

問題2：手続きの点でこれらの反応依存変容型強化スケジュールが、ひとつの統一的な枠組として理解可能ならば、これら5種類の反応依存変容型強化スケジュールのそれぞれのもとの被験体の遂行過程も、統一的な手続きの枠組のなかにおける独立変数に対応したものとして、統一的に理解されうるかもしれない。

問題3：反応依存変容型強化スケジュールであるための条件2は、時々刻々と変動する被験体の反応傾向に依存して、その解発されたオペラント反応が強化されるための規準についての物理的数値がそれらの反応とともにつぎつぎに変動することを示している。そのため、他の強化スケジュールの場合とは異って訓練のきわめて初期から、被験体のオペラント反応は実験者のあらかじめ定めた割合にきわめて近い値で強化刺激の提示を受けることになる。一方、反応依存変容型強化スケジュールであるための条件2を満足はしないが、条件1を満足する強化スケジュールとして、低頻度分化強化(differential reinforcement of low rate(s): DRL) スケジュール、反応持続時間分化強化(differential reinforcement of response duration: DRRD) スケジュールなどがある。これらの強化スケジュールでは強化規準の物理的数値が被験体の反応傾向とは独立にあらかじめ固定されている。そのため訓練の初めでは、ほとんどすべてのオペラント反応が強化刺激の随伴を受けないという事態が生ずるのがふつうである。

Platt (1973) はパーセントイル強化スケジュールが反応形成(response shaping)に役立つと述べている。Alleman と Platt (1973) によれば、反応形成とは生活体によってそれまで自発されたことのない反応が、望ましい行動にすこしでも近い反応を強化することによってその強化規準を次第に望ましい行動へと近づけることによって、高い生起頻度で生じるようになることである。反応形成という言葉は Alleman と Platt のように使うならば、

パーセントイル強化スケジュールを含めて反応依存変容型強化スケジュールのもとでは、反応形成に役立つというよりは、オペラント反応として被験体は自発はしているが実験者の目標とする程度までは形成されていない反応トポグラフィー傾向を、実験者の目標とする反応トポグラフィー傾向まで変容させるのに役立つと言う方が適切であろう。

そこで、反応依存変容型強化スケジュールでは、低頻度分化強化スケジュールや反応持続時間分化強化スケジュールにくらべて、より短い訓練期間で被験体にとって合目的な反応傾向を形成させることができるのではないだろうか。

問題 4：5 種類の反応依存変容型強化スケジュールの実験で強化規準の設定の対象として用いられている反応の測度は、現在までの報告では滴定強化スケジュールでは反応持続時間、それ以外の強化スケジュールでは IRT と反応潜時(response latency: RL)である。したがって、これらの反応依存変容型スケジュールと反応測度が同一の低頻度分化強化スケジュールや反応持続時間分化強化スケジュールを、被験体の遂行過程について総合的な見地から比較検討することによって、IRT や RL の変容と強化刺激の提示との関係について一般的に考察を進めることができよう。

強化刺激の提示と IRT や RL の変容との関係は、さまざまな強化スケジュールのもとでの反応頻度（オペラント反応数／単位時間）を決定する独立変数は何であるかという問題と関連している。Skinner (1938) は、定時 (fixed interval: FI) 強化スケジュールのもとでの反応頻度は長さの異なる IRT に対する強化される確率の差異によって決定されるのではないかと提案した。Anger (1956) は、変時 (variable interval: VI) 強化スケジュールのもとでの IRT per opportunity 分布（この分布が定まれば反応頻度も一つに定まる）が長さの異なる IRT に対する強化される頻度の差異によって決定されるのであって、長さの異なる IRT に対する強化される確率の差異とは無関係であることを示した。Anger(1973) は、Skinner (1938) の提案も Anger (1956) の仮説も含めて、これらを IRTs の分化強化 (differential reinforcement of IRTs) の仮説と呼んでいる。Reynolds と McLeod(1970) は、Anger (1956) の示した、強化されたオペラント反応の IRTs per opportunity についての分布とすべてのオペラント反応の IRTs per opportunity についての分布との一致はいかなる分布であってもつねに数学的に保証されている事実であると主張した。

本論文で考察する個々のオペラント反応の IRT や RT が強化規模の対象となる場合では、Weiss と Laties (1964) の研究がある。Weiss と Laties (1964) は、待ち時間直線型確率強化(linear stochastic reinforcement of waiting: linear SRW)スケジュール、待ち時間ガウス型確率強化(Gaussian stochastic reinforcement of waiting: Gaussian SRW)スケジュール、低頻度分化強化スケジュールの 3 種の強化スケジュールのもとでのそれぞれの遂行過程を比較した。待ち時間直線型確率強化スケジュールは IRT が長くなるにつれて強化確率は単調増加関数で増大するのに対し、待ち時間ガウス型確率強化スケジュール

はガウス曲線関数で増大する。IRT の長さに対する強化確率の点で、低頻度分化強化スケジュールの手続きに近いのは待ち時間ガウス型確率強化スケジュールの手続きの方であり、被験体の遂行過程も手続きの近似性を反映していた (Weiss and Laties, 1964)。

以上の事実は、IRT を反応測度とした場合、被験体は強化刺激の随伴した IRT の長さを記憶し、それをその後生起させる傾向をもつことを示している。また、被験体のオペラント反応とは無関係に強化刺激が提示される手続きで、個々のオペラント反応の IRT を反応測度とはしない定時 (FI) や変時 (VI) 強化スケジュールなどのもとでの被験体の遂行過程にも、そのようなメカニズムが作用する可能性を示している。このようなメカニズムがどのようにして形成され、どのようにして維持されているかについては、強化規準の IRT の長さが変動する反応依存変容型強化スケジュールで検討すれば有益であろう。

以上の4項目の問題の考察のために、まず5種類の反応依存変容型強化スケジュールはまだあまり一般的とはなっていないので、その強化スケジュールの手続きについてここでとりあえず概説し、ついで問題1について考察する。つぎにそれらの強化スケジュールのもとでの遂行について概観し、問題2と3について考察する。最後に、反応依存変容型強化スケジュールの考案者たちのうち、オペラント反応の遂行過程について考察を深めている Alleman と Platt(1973) の考え方を中心に、問題4について考察する。

第3章 反応依存変容型強化スケジュールの手続き

(3-1) パーセンタイル強化スケジュールの手続き

パーセンタイル強化スケジュールには標本数(sample size)、パーセンタイル順位(percentile rank: PR)、ランダム強化の確率($P(S^R)$)の3つの独立変数がある。パーセンタイル順位としては2個の値を考える方が一般性を持つので、本論文ではPR 1; PR 2と略記することにする。強化規準が設定される対象の反応測度を、とりあえずIRTと仮定してこの強化スケジュールの手続きの説明をする。パーセンタイル強化スケジュールでは、実験制御機器はつねに最も最近に生起したIRT_sを実験者があらかじめ定めた個数だけ、被験体の反応傾向を示す標本集団として記憶している。このためには実験制御機器にはある程度の記憶容量があることが必要であり、実験にはミニ・コンピュータなどが用いられている。このサンプリングされた反応の個数を標本数と呼ぶ。あらたにオペラント反応が生起するとそのIRTが集録され、記憶されている標本集団の最新のメンバーとなり、それまでの標本集団のなかの最も古く生起したオペラント反応のIRTがメンバーではなくなる。この手続きによって標本集団は、つねに一定個数の最新の反応傾向を示す時系列標本としてなりたっている。

実験制御機器内ではこの標本集団内のすべてのメンバーを、時系列標本からIRTの長さにもとづいて、小さいIRTから大きいIRTへと順に並べかえて累積百分率分布をつくる。この累積

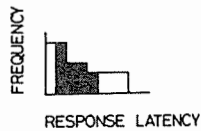
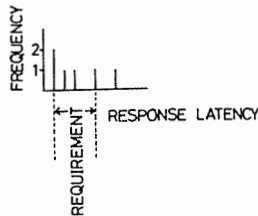
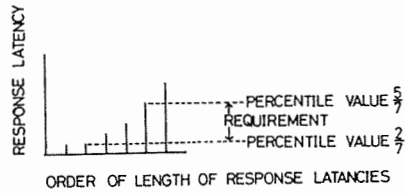
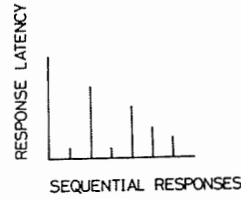
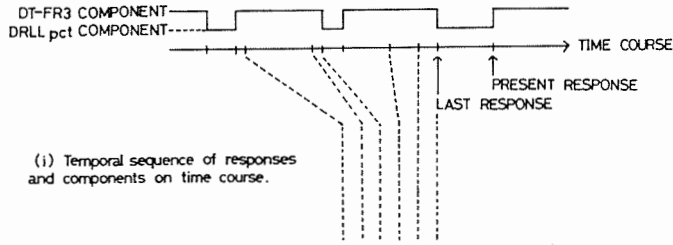


Fig. 1. chain DT-FR3 DRLL pct schedule (吉野・川俣・岩本, 1980 a) における強化手続き

百分率分布のなかで、実験者があらかじめ定めた PR が対応するオペラント反応の IRT が強化規準となる。 $PR\ 1$ とは、強化される IRT の下限を示し、 $PR\ 2$ とはその上限を示す。しかし Alleman と Platt (1973), Platt (1973) では、 PR を 1 個しか示していない。これらは、彼らが強化規準として下限のみか、あるいは上限のみを設定した条件でパーセントイル強化スケジュールを実施したためである。吉野・川俣・岩本 (1980a, 1980b) では強化規準として下限と上限をともに定めたパーセントイル強化スケジュールを用いて実験がされている。パーセントイル強化スケジュールでは実験者の定めた $PR\ 1$ と $PR\ 2$ の値は固定されているが、あらたなオペラント反応が生起するごとに標本集団のメンバーは新しくなるので、それぞれの PR に対応する強化される IRT の下限と上限は、オペラント反応の生起するごとにあらたなメンバーの値に依存して変動することになる。したがって、2 つのパーセントイル強化スケジュールにおいて PR の値は同一であるが集録される標本数が異なる場合、被験体の生起する IRT がともに等しいランダム性をもって生起すると、標本数の小さいパーセントイル強化スケジュールの方が大きい場合よりも強化される IRT の下限と上限の変動が著しくなる。

オペラント反応の IRT が強化規準を満足したときには、 $P(S^R)$ にもとづいて強化刺激が提示される。われわれはパーセントイル強化スケジュールをつぎのように略記してきた (吉野・川俣・岩本; 1980a, 1980b)。

PCT (標本数, $PR\ 1 < IRT < PR\ 2$, $P(S^R)$)

たとえば、PCT(39, $.80 < IRT \leq .90$, $.50$) とは、39 個の IRT からなる標本集団中、短い IRT から数えて 32 番目 (これが、 $PR\ 1 = .80$ に対応する順位である) の順位にある IRT よりも長く (等しい場合を除く)、36 番目 (これが、 $PR\ 2 = .90$ に対応する順位である) の順位にある IRT よりも短い (等しい場合を含む) IRT が生起したら、そのオペラント反応を $.50$ の確率でランダムに強化することを示している。

パーセントイル強化スケジュールでは、オペラント反応が IRT の長さの側面についてもしランダムに生起するとすると、 $P\ ob. (S^R)$ は反応頻度とは無関係につぎのような一定の値となる。

$P\ ob. (S^R) = (PR\ 2 - PR\ 1) P(S^R)$

一方、オペラント反応がパーセントイル強化スケジュールの統制を受けた場合、2 通りの反応傾向の形成が想定される。一つはセッション内のあらゆる部分にわたって、被験体とその強化規準に対応して一貫して IRT を次第に長く (あるいは短く) する反応傾向を示す場合である。この場合、 $P\ ob. (S^R)$ は、 $(PR\ 2 - PR\ 1) P(S^R)$ の値よりも大きくなる。他の 1 つは、セッション内のすべてのオペラント反応についての平均反応頻度を低く (あるいは高く) はしたが、セッション内のあらゆる部分にわたって、一貫して IRT を次第に長く (あるいは短く) するということをしなかった場合である。この場合、 $P\ ob. (S^R)$ は $(PR\ 2 - PR\ 1) P(S^R)$ の値にほぼ等しくなる。

したがって、オペラント反応がパーセントイル強化スケジュールの統制をまったく受けなかつ

た場合はもちろん、パーセントイル強化スケジュールの統制を受けた場合でも、被験体がセッション内で IRT を次第に長くする（あるいは、短くする）という傾向をある程度持続して行なう場合〔本論文の第 4 章で述べるように、このような場合はこれまでの報告では、ハト (Alleman & Platt, 1973; Platt, 1973) やネズミ (岩本・吉野, 1981; 吉野・岩本, 1981; 吉野・岩本・早瀬, 1981) ではそのような持続傾向が生起し難いことが明らかとなっている〕を除いて、実験者が被験者の $P_{ob.}(S^R)$ を一定値として、 PR_1 , PR_2 , $P(S^R)$ の 3 変数をさまざまな値で組み合わせることが可能であることから、オペラント反応の発現傾向に及ぼすこれら 3 つの独立変数の効果の分析に有効であり、さらにこのような強化スケジュールはヒトや動物の自発反応に対する外部操作の可能性についての研究法として、きわめて注目すべきものと考えられる。

以上は、1 セッション全体の平均 IRT とパーセントイル強化スケジュールの独立変数との関係についておもに述べてきた。一方、オペラント反応の IRT 生起傾向の 1 セッション内での推移について考えてみよう。すると、ある時点よりも過去に生起した IRT（これは、実験制御機器によって標本集団としてつねに記憶されている）のうち、強化刺激の随伴したオペラント反応の IRT と強化刺激の随伴しなかったオペラント反応の IRT を、被験体が弁別し、記憶し、将来に生起すべきオペラント反応の IRT を強化刺激の随伴したオペラント反応に近似したものにし得る場合、被験体の IRT 生起傾向は強化刺激の随伴する IRT の偏りの方向へと変化していく。被験体の IRT 生起傾向が変化すれば強化基準の物理的値もそれに追従して変化するので、被験体になるべく多くのオペラント反応に強化刺激の随伴を受けようとするならば、つねに強化刺激の随伴したオペラント反応の IRT と随伴しないオペラント反応の IRT の弁別・記憶をあらたにし、将来のオペラント反応の IRT を自分で統制しなければならない。

(3-2) 相対間隔分化強化スケジュールの手続き

この強化スケジュールは、前回生起したオペラント反応の IRT よりも、今回生起したオペラント反応の IRT の方が長ければ強化するスケジュールである。したがって、標本数が 1 のパーセントイル強化スケジュールともいえるものである。

(3-3) 自己回帰強化スケジュールの手続き

前回生起したオペラント反応の IRT と今回生起したオペラント反応の IRT を実験制御機器が比較し、大きい方の IRT を小さい方の IRT で割り、その商を算出する。実験制御機器は、実験者があらかじめ決定しておいた一つの関数を保持している。その関数は算出した商と強化確率の関係である。実験制御機器にもとづいて算出した商に対応した強化確率を検出し、その強化確率のもとでランダムに強化を実行する。商と強化確率の間の関数は、Weiss と Laties (1965), Weiss (1969) では数式は示されておらず図示されているだけであるが、われわれの計算によれば、 x を商、 y を強化確率とすると $y = \frac{1}{10}^{10(x-1)}$ に近似していた。

自己回帰強化スケジュールとパーセントイル強化スケジュールとを比較すると、パーセンタ

イル強化スケジュールでは PR と $P(S^R)$ として分離し独立に操作される強化スケジュールの独立変数が、自己回帰強化スケジュールでは商と強化確率の間の関数として 1 つになっている。自己回帰強化スケジュールの独立変数のこのような未分化のため、自己回帰強化スケジュールでは、パーセントイル強化スケジュールでは可能であった $P_{ob.}(S^R)$ を一定に保つことや、 $P_{ob.}(S^R)$ とは無関係に PR の変数によって被験体の IRT の標本集団のうちで強化規準を満足するオペラント反応の占める割合を決定することはできない。また、自己回帰強化スケジュールでは相対間隔分化強化スケジュールと同様に、被験体の生起させたオペラント反応のうち、強化の随伴の有無を決定するのに用いられる情報としては、現在生起したオペラント反応と前回生起したオペラント反応の二者のみであり、パーセントイル強化スケジュールでの標本数に相当する値は 1 のケースであるといえよう。

実験者が最終目標とする被験体の行動 (target behavior) により近似した行動が生起した場合に強化刺激を提示し、その訓練の結果、被験体の IRT 傾向が実験者の最終目標に近づくば、強化刺激を提示させる IRT の規準をしだいに最終目標の規準に近づくることにより、被験体の IRT をすこしずつ変容させていくという手法と比較すると、自己回帰強化スケジュールの特異的な点は、商 (x) と強化確率 (y) の関数が $y = \frac{1}{10}^{10(x-1)}$ であることと、標本数が 1 であることであろう。たとえば、現在生起した IRT をつねに分子とし、前回生起した IRT をつねに分母とし、商と強化確率の関数が $y = 1 - \frac{1}{10}^{10(x-1)}$ とすれば、相対間隔分化強化スケジュールとなるであろう (この場合、 X が負の値となった場合には $y=0$ とする必要がある)。

(3-4) Weiss 型滴定強化スケジュールの手続き

さまざまな滴定強化スケジュールのうち、一例としてあげるならば Blough (1958) が実施したような手続きでは、強化規準が設定される対象がオペラント反応の実行に付随した反応トポグラフィーにおける測度ではなく、したがって、それらの測度を実験制御機器が標本集団として記憶することもなく、反応依存変容型強化スケジュールの条件 1 も 2 もともに満足していない。しかし、Weiss (1969) の実施した反応持続時間を測度とした滴定強化スケジュールでは、現在生起したオペラント反応持続時間が強化規準を満足した場合、つぎのオペラント反応に対する強化規準の反応持続時間を、それまでの強化規準の反応持続時間と現在生起したオペラント反応の持続時間との差の $\frac{1}{4}$ だけ長くした。一方、現在生起したオペラント反応の反応持続時間が強化規準を満足しなかった場合、つぎのようにした。最も最近の 4 個のオペラント反応の反応持続時間の平均を求めた。強化規準の反応持続時間をその平均で割り、その商を求めた。その商が、連続非強化反応数 (現在生起したオペラント反応も 1 個として含んで数えた、強化規準を満足しなかったオペラント反応の連続回数) よりも大きければ、強化規準の反応持続時間を短くし、大きくなければ強化規準の反応持続時間を変えなかった。強化規準の反応持続時間を短くする場合、どの程度短くするのかに関する記述は Weiss (1969) には記載されていない。

オペラント反応の反応持続時間が強化規準を満足していない場合についての手続きは、最も最近の4個のオペラント反応の反応持続時間が、強化規準と比較して相対的に小さい程度が著しく連続非強化反応数が小さい値のときには、強化規準の反応持続時間を短くすることを意味する。その逆の傾向のときには、強化規準の反応持続時間を変えないことを意味する。

以上から、Weiss(1969)の実施した滴定強化スケジュールは反応依存変容型強化スケジュールの条件を十分に満足しているといえる。しかも、オペラント反応が強化規準を満足する場合と満足しない場合とで、つぎのオペラント反応に対する強化規準の設定のために実験制御機器が集録すべきオペラント反応の数を変えたり、連続非強化反応数についての情報を用いており、彼の滴定強化スケジュールはパーセンタイル強化、相対間隔分化強化、自己回帰強化スケジュールには存在していない強化規準の複雑な設定方式を採用しているという特徴を持ち、そのような意味で注目すべき強化スケジュールである。彼の採用した強化規準のこのような複雑な設定方式は、反応持続時間を反応測度とした場合、被験体の強化後の反応傾向と非強化後の反応傾向が異なるという彼自身(1973)の示した事実と対応しているかもしれない。IRTを反応測度とした場合の強化後の反応傾向と非強化後の反応傾向の比較は、岩本・小笠原・高橋(1979)、岩本(1981)、Iwamoto(1981)、Weiss(1970)などで研究されており、このような研究成果を反応依存変容型スケジュールの強化規準の設定方式にとり入れることも将来の検討に価するであろう。

(3-5) 最小頻度強化スケジュールの手続き

パーセンタイル強化、相対間隔分化強化、自己回帰強化、Weiss型滴定強化スケジュールのすべては、被験体のIRTや反応持続時間を長くする等の、IRT生起傾向や反応持続時間生起傾向の変化の方向に関する実験者の目標は存在していたが、実験者のあらかじめ設定しておいた分布型に被験体のオペラント反応のある測度の生起傾向の分布型を接近させることを目標にしている強化スケジュールではなかった。しかし、最小頻度強化スケジュール(Blough, 1966)はまさしくそのような目的のための強化スケジュールである。最小頻度強化スケジュールはスケジュールの独立変数として、プログラムされたラムダ(programmed lambda, λ_p)とランダム強化の確率($P(S^R)$)をもっている。最小頻度強化スケジュールでの訓練によって被験体のオペラント反応のIRTが将来一致すべき分布型は、 $f(t) = \lambda_p e^{-\lambda_p(t-0.8)}$ と表現される。この式で、 t はIRTの長さを示し、ここで用いられている単位は秒である。 e は自然対数の底で、 $f(t)$ は t 秒におけるIRTの頻度を示す。 λ_p は1秒あたりの反応頻度である。この式で表現されている最小頻度強化スケジュールでは0.8秒以下のIRTのオペラント反応に対してはすべて非強化とされている。したがって $f(t)$ は $t > 0.8$ の条件でのみ用いられる。これは、最小頻度強化スケジュールの考案者であるBlough(1966)では、ハトの0.8秒以下のIRTのオペラント反応は強化の随伴性の統制を受けてはいない、つまり反応トポグラフィーの各個体に生得的に固有な成分であると考えられていることにもとづく。

$\int_{0.8}^{\infty} f(t)$ の面積を 16 等分するようにして、0.8 秒と無限大の秒の間を 15 分割線によって区切ると、区切られた 16 の各時間幅（16 個の IRT bin）間の境界は、 λ_p の値に依存して異なる値となる。 λ_p の値が実験者によって定められると、それに応じて各 IRT bin 間の境界が定まる。

実験制御機器はつねに、最も最近に生起した 0.8 秒以下の IRT のオペラント反応を除く 150 個のオペラント反応の IRT 分布を記憶している。この IRT 分布は、パーセンタイル強化スケジュールにおける標本集団と同一の手続きで、つねに被験体の最も最近の IRT 傾向を示しているので、ここでは標本集団の IRT 分布と呼ぶことにする。標本集団の IRT 分布の各 IRT bin の幅は、 $f(x)$ の IRT 分布の各 IRT bin の幅と同一にされる、つまり標本集団の IRT 分布の傾向とは無関係に決定される。もし、標本集団の IRT 分布が $f(x)$ の IRT 分布と一致していれば、標本集団のすべての IRT の bin における絶対度数は、150 を 16 で割った値、すなわち 9 か 10 となる。一致していなければ、標本集団の IRT の bin の絶対度数はさまざまな値となる。そこで、最小頻度強化スケジュールの強化規準については、新たに生起したオペラント反応の IRT が、標本集団の IRT の bin の度数のなかで最も小さい度数の bin に入るときに、そのオペラント反応は強化規準を満足するとされている。この場合、実際の強化の実行は $P(S^R)$ にもとづいてなされる。

最小頻度強化スケジュールは、標本数が 150 のパーセンタイル強化スケジュールと似ている。しかし、強化規準の設定の方式が異なっているため、最小頻度強化スケジュールでは訓練初めには $P_{ob.}(S^R)$ は低く、訓練が進むと $P_{ob.}(S^R)$ は $P(S^R)$ に接近していくことが生じる。

（3-6）反応依存変容型強化スケジュールの統一的な手続きの枠組（問題 1 について）

5 種類の反応依存変容型強化スケジュールの手続きについて、以下のようにまとめることができる。いずれの強化スケジュールにおいても、実験制御機器は被験体の最も最近のオペラント反応（群）の IRT または反応持続時間を標本集団として記憶している。パーセンタイル強化スケジュールでは、その標本数は、実験者が任意に決定しうる変数である。相対間隔分化強化スケジュールと自己回帰強化スケジュールでは標本数では 1 に定められている。Weiss 型滴定強化スケジュールでは、前回のオペラント反応が強化された場合には標本数は 1 であり、前回のオペラント反応が非強化の場合には標本数は 4 である。最小頻度強化スケジュールでは標本数は 150 に固定されている。

オペラント反応が強化されるための反応についての規準の設定は、いずれの強化スケジュールにおいても、これらの標本集団にもとづいてなされている。パーセンタイル強化スケジュールでは、標本集団の IRT 分布において一定の割合を占める部分が、強化される IRT の長さについての下限と上限を示す。相対間隔強化スケジュールと自己回帰強化スケジュールでは標本集団（標本数は 1）と現在生起したオペラント反応の IRT との大小関係によって強化・非強化が決定される。Weiss 型滴定強化スケジュールでは、標本集団と前回のオペラント反応に対する強化規準の間で複雑な計算を行って、つぎのオペラント反応に対する強化規準が算出される。

最小頻度強化スケジュールでは、最終目標の分布型と標本集団の IRT 分布型との差の最も著しい IRT のオペラント反応が新たに生起すれば強化される。

オペラント反応が強化規準を満足したとき、実際の強化の実行は、パーセンタイル強化スケジュールと最小頻度強化スケジュールでは、ランダム強化の確率 ($P(S^R)$) にもとづいてなされる。パーセンタイル強化スケジュールと最小頻度強化スケジュールでは $P(S^R)$ の実施方法はまったく同一である。相対間隔強化スケジュールと Weiss 型滴定強化スケジュールではつねに $P=1.00$ に定められていた（つまり、オペラント反応が強化規準を満足すればかならず強化が実行された）。自己回帰強化スケジュールでは、商 (x) と強化確率 (y) の間に関数が定められており、強化の実行はその y の値のもとでランダムになされるが、 $P(S^R)$ に相当するものはあらかじめ設定はされていない。

以上から、反応依存変容型強化スケジュールでは、実験制御機器による標本集団の記憶と、その標本集団に示されている反応傾向に依存して決定され時々刻々と変容する強化の規準、オペラント反応が強化規準を満足しても強化の実行は別の変数 $P(S^R)$ にもとづくという統一的な手続きの枠組があることが理解できよう。

第 4 章 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの反応の遂行

(4-1) パーセンタイル強化スケジュールでハト、ネズミ、ヒトを訓練した場合

(4-1-1) パーセンタイル強化スケジュールでハトを訓練した場合 (Alleman & Platt, 1973; Platt, 1973)

Alleman と Platt (1973) や Platt (1973) は、標本数、PR、 $P(S^R)$ の 3 つの独立変数をさまざまな値として実験を行った。そして、この 3 つの独立変数、および、PR と $P(S^R)$ の組み合わせによってほぼ一定に保ちうる $P_{ob.}(S^R)$ の反応頻度への効果を分析した。その結果、はっきりとした効果をもつのは標本数や $P(S^R)$ や $P_{ob.}(S^R)$ ではなく、PR のみであった。彼らの論文には、反応頻度は各セッションの平均値で示されており、セッション内の、時間的に局所的なさまざまな部分における反応頻度は示されていない。また、IRT 度数分布も示されていない。

彼らの実験結果は、具体的には、 $PCT(40, .95 < IRT \leq 1.00, 1.00)$ のセッションと $PCT(40, .00 \leq IRT < .05, 1.00)$ のセッションを同一個体内で繰り返し比較した結果、 $PCT(40, .95 < IRT \leq 1.00, 1.00)$ のもとでの 1 セッションの平均 IRT は約 1 秒（同一個体内のセッション間での分散は比較的大きかった）であり、 $PCT(40, .00 \leq IRT < .05, 1.00)$ のもとでの平均 IRT の数倍（やはり同一個体内のセッション間で分散が大きかった）となった。PR の変化にともなう平均 IRT の対応して変化する速さを検討してみると、PR が変化した最初のセッションですでにその PR でのその後の連続するセッションの平均 IRT と同じ長さの平均 IRT を示すような対応

の速いハトがいる一方で、同じ PR のもとでのセッションが連続するにつれてしだいに平均 IRT を長くするハトもいた。どちらのハトも $P_{ob.}(S^R)$ は、0.5 に近い値であった。

(4-1-2) パーセンタイル強化スケジュールでネズミを訓練した場合 (川俣・岩本・梅岡, 1975, 1976; 川俣・岩本, 1978; 岩本・吉野, 1981; 吉野・岩本, 1981; 吉野・岩本・早瀬, 1981)

川俣ら(川俣・岩本・梅岡, 1976; 川俣・岩本, 1977, 1978)は Wistar 系のネズミを, Alleman と Platt (1973), Platt (1973) と同じ手順のパーセンタイル強化スケジュールを用いて訓練した。川俣ら (1976, 1977) では, 連続強化 (continuous reinforcement: CRF) スケジュールで訓練したあと, $P(S^R) = .25$ の乱率 (RR) 強化スケジュールで訓練し, そのあとパーセンタイルスケジュールで訓練した。用いたパーセンタイル強化スケジュールは PCT (32, $.75 < IRT \leq 1.00$, 1.00), PCT (8, $.75 < IRT \leq 1.00$, 1.00), PCT (4, $.50 < IRT \leq 1.00$, .50), PCT (32, $.00 \leq IRT < .50$, .50), PCT (8, $.00 \leq IRT < .50$, .50), PCT (4, $.00 \leq IRT < .25$, 1.00) の 6 条件であった。

実験結果を Table 1 に示した。被験体の IRT 生起傾向に対し相対的に短い方の IRT を強化した場合には, 各セッションの平均 IRT は乱率強化スケジュールのときの平均 IRT (約 3.25 秒) よりも短く, 約 2.15 秒であった。一方, 被験体の IRT 生起傾向に対し, 相対的に長い方の IRT を強化する場合, 各セッションの平均 IRT は乱率強化スケジュールのときの平均 IRT (約 3.33 秒) にほぼ同じで約 2.98 秒であった。 $P_{ob.}(S^R)$ については, 被験体の IRT 生起傾向に対して強化の選択性 (selectiveness) の高い [すなわち, (PR 2-PR 1) の値が小さい] 条件である, PCT (32, $.75 < IRT \leq 1.00$, 1.00), PCT (8, $.75 < IRT \leq 1.00$, 1.00), PCT (4, $.00 \leq$

Table 1. ウィスターネズミを種々のパラメータの組み合わせのパーセンタイル強化スケジュールで訓練した場合の, 平均オペラント反応数と, 被験体が獲得した強化確率 (強化効率, 強化されたオペラント反応の数/オペラント反応の数) (川俣ら, 1976による)

Subject	PCT schedule	Mean responses		Mean reinforcements/responses	
		RR	PCT	RR	PCT
08	440	569	618	.241	.272
09	440	439	818	.258	.271
02	421	465	818	.246	.326
12	421	628	742	.237	.328
01	1020	639	626	.241	.357
03	1020	325	577	.248	.340
05	1041	758	1102	.255	.247
10	1041	465	826	.258	.271
04	4020	360	382	.249	.406
07	4020	908	599	.234	.378
06	4041	414	547	.244	.293
11	4041	583	988	.257	.245

IRT < .25, 1.00)ではP ob. (S^R)は.25より高かったが、他の条件では.25に近かった。以上の結果は、被験体のIRT 生起傾向に対して強化の選択性の高い条件では、被験体はセッション内でしだいにIRT を長くする（あるいは短くする）という傾向を示すことによってP ob. (S^R)を高くすることができた。それは相対的に短い方のIRT を強化する場合には各セッションの平均IRT が小さくなることで裏づけられたが、相対的に長い方のIRT を強化する場合には各セッションの平均IRT はかならずしも長くはならず、そのような裏づけは得られなかった。被験体のIRT 生起傾向に対して相対的に長い方のIRT を強化した場合の、この一見矛盾した結果をもたらすような被験体の反応過程はいかなるものであろうか。川俣らの報告にはIRT 分布は示されていない。われわれの仮説の一つは、「被験体のIRT はセッション開始時よりしだいに長くなる傾向をもっているのでP ob. (S^R)は高くなるが、乱率強化スケジュールで生起するIRT よりも短いIRT が多数生起しているため、各セッションの平均IRT は長くはならないのである」というものである。この仮説によれば、パーセンタイル強化スケジュールでシロネズミのIRT 生起傾向に対して相対的に長い方のIRT を強化した場合に、各セッションの平均IRT が明白に長くなるという結果を得るためには、そのようなきわめて短いIRT のオペラント反応の生起を防ぐことが必要となってくる。〔後述する岩本と吉野ら（岩本・吉野，1981；吉野・岩本，1981；吉野・岩本・早瀬，）での実験の目的の1つはこの点にある〕。標本数の差異の効果については明瞭な結論は得られなかった。

川俣・岩本・梅岡（1976）は、被験体のIRT に対して得られた測定値よりも長いものに“1”

Table 2. ウィスターネズミを種々のパラメータの組み合わせのパーセンタイル強化スケジュールで訓練した場合に、生起したIRTの中央値よりも長いIRTに“1”を、中央値よりも短いIRTに“0”を割り付けて示した場合のIRTの生起順序依存性の百分率
(川俣ら，1976)

Subject	2rd order				3rd order							
	00	01	10	11	000	001	010	011	100	101	110	111
08	34	19	19	29	22	12	8	11	12	7	11	18
09	38	14	14	33	28	10	4	10	10	4	10	23
02	19	34	34	13	9	10	26	88	10	24	8	5
12	21	30	30	19	9	12	20	9	12	19	9	9
01	37	15	15	34	27	10	7	7	10	5	7	27
03	34	16	16	33	25	9	9	8	9	7	8	26
10	19	32	32	12	7	12	23	9	12	20	9	7
05	24	32	32	12	12	12	25	7	12	20	7	5
04	35	14	14	34	28	10	7	7	10	4	7	27
07	38	12	12	38	32	7	5	7	7	5	7	31
06	21	21	21	17	7	13	22	9	13	18	9	8
11	24	30	30	16	11	13	21	10	13	17	10	6

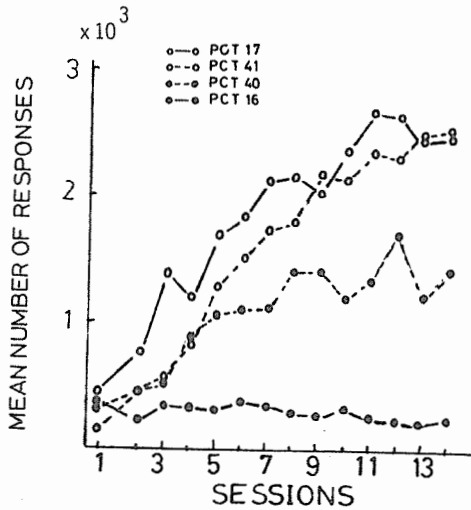


Fig. 2. シロネズミを種々のパラメータの組み合わせのパーセントイル強化スケジュールで訓練した場合、各セッションにおけるオペラント反応数の推移。(川俣・岩本, 1978 による)

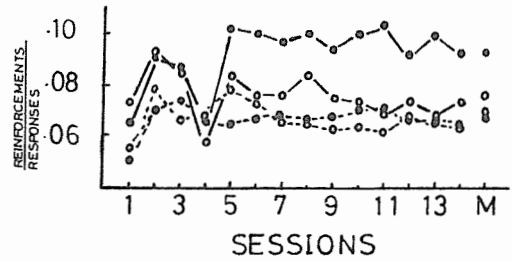


Fig. 3. シロネズミを種々のパラメータの組み合わせのパーセントイル強化スケジュールで訓練した場合、各セッションにおける獲得された強化確率(強化効率, 強化されたオペラント反応の数/オペラント反応の数)(川俣・岩本, 1978 による)

を、短いものに "0" を割りつけて、その系列依存性を検討した (Table 2)。その結果、相対的に長い方の IRT を強化した場合には中央値よりも長い IRT の連続生起傾向と短い IRT の連続して生起する傾向が見られ、相対的に短い方の IRT を強化した場合には中央値より長い IRT と短い IRT との交替傾向がみられた。

この実験に引き続いて、川俣・岩本 (1978) は、被験体の IRT 傾向に対する強化の選択性をもっとも著しい条件において、オペラント反応の変容を検討した。川俣・岩本 (1978) はウィスター系の雄のネズミを連続強化スケジュールでの訓練ののち、ただちにパーセントイル強化スケジュールで訓練した。用いたパーセントイル強化スケジュールは、PCT(32, .9394 < IRT ≤ 1.0000, 1.0000), PCT (32, .5152 < IRT ≤ 1.0000, .1250), PCT (32, .0000 ≤ IRT < .0606, 1.0000), PCT (32, .0000 ≤ IRT < .4848, .1250) の 4 条件であった。

結果を Fig. 2 と 3 に示した。被験体の梃子押し反応における IRT の分布に対して相対的に長い方の IRT を強化する場合、その強化の選択性が著しい PCT(32, .9394 < IRT ≤ 1.0000, 1.0000) ではセッションを繰り返してもセッションごとの平均 IRT には変化は見られず、約 6 秒であった。一方、相対的に長い方の IRT を強化するが強化の選択性が低い PCT(32, .5152 < IRT ≤ 1.0000, .1250) ではセッションを繰り返すにつれてセッションごとの平均 IRT はしだいに短くなり、第 8 セッション以降は約 1.2 秒になった。一方、被験体の IRT の生起傾向に対して相対的に短い方の IRT を強化する場合には、PCT の選択性の高低とは無関係に、セッションごとの平均 IRT はセッションを繰り返すにつれてしだいに短くなり、第 14 セッション後には約 0.7 秒と

なった。P ob. (S^R) は、もしも被験体がさまざまな IRT をランダムな順序系列で生産するとするとどの条件においても .0606 となる。PCT ($32, .9394 < IRT \leq 1.0000, 1.0000$) 条件の被験体のみが、.0606 よりも高い P ob. (S^R) を示した。このことは、この条件では被験体は各セッション内で、セッション開始時には短い IRT でオペラント反応をし、その後しだいに IRT を長くするという反応傾向をもっていたことを意味している。

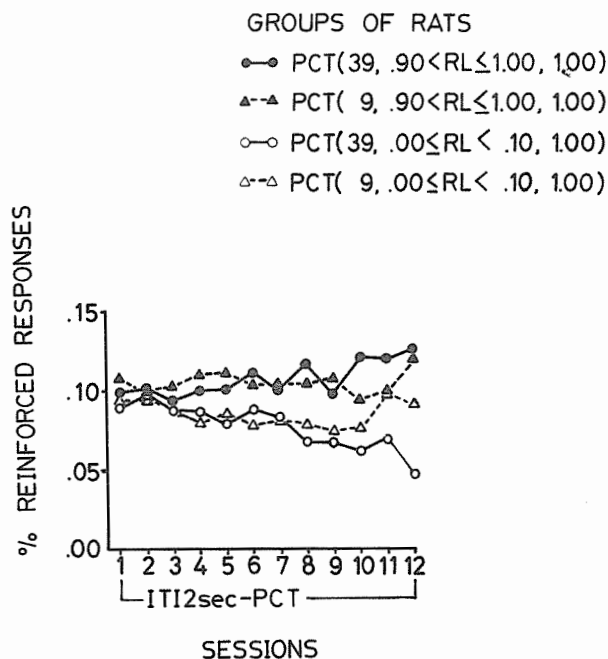
川俣・岩本 (1978) において、被験体の IRT 傾向に対して強化の選択性が著しい場合では、相対的に長い方の IRT を強化した場合と相対的に短い方の IRT を強化した場合で、セッションごとの平均 IRT に差が見い出された。しかし、この差異は、相対的に短い IRT を強化した場合に平均 IRT がきわめて短くなるということにもつばらもとづいて生じていた。相対的に長い方の IRT を強化した場合に平均 IRT が長くならなかった点で、川俣・岩本 (1978) は、川俣・岩本・梅岡 (1976)、川俣・岩本 (1977) の結果と本質的には同様である。また、(4-1-1) で述べた、Alleman と Platt (1973) や Platt (1973) のハトを被験体としたパーセンタイル強化スケジュールでの実験結果でも、ハトの IRT 生起傾向に対して相対的に長い方の IRT を強化した場合のセッションごとの平均 IRT は約 1 秒である。パーセンタイル強化スケジュールで相対的に長い方の IRT を強化した場合に得られるこの平均 IRT は、低頻度分化強化スケジュールのもとして得られる IRT (Richelle & Lejeune, 1979, 1980) と比較して相当に短い。このことは、オペラント反応の遂行の変容に対するパーセンタイル強化スケジュールの効用についての一つの疑問点と考えられる。

パーセンタイル強化スケジュールのもとでセッションごとの平均 IRT が次第に長くはならない原因として、乱率強化スケジュールで生起する IRT よりも短い IRT が多数生起するためであるとするわれわれの仮説はすでに述べた。そのような短い IRT のオペラント反応の生起を防ぐため、岩本と吉野ら (岩本・吉野, 1981; 吉野・岩本, 1981; ; 吉野・岩本・早瀬, 1981) は、intertrial interval (ITI, 試行間隔) 条件を付加したパーセンタイル強化スケジュールを用いてウイスターネズミを訓練した。

ITI という用語とともに、discrete trial (DT, 分離試行型) という用語も用いられている。まず、DT とは、岩本 (1982) によれば、「オペラント反応毎に梃子やキイなどの操作体が一定時間消失したり、あるいは可動部分が固定されたりしてそのオペラント反応が物理的に不可能になる場合と、走行路などの任意反応続行可能ではない装置を用いて出発箱に被験体を閉じ込めて走行反応というオペラント反応をさまたげるような場合にこの語が用いられる。DT 条件はおもに DRL スケジュールに用いられ、きわめて短い IRT 反応 [このような反応は学習成績とはあまり関係がなく、また個体差も著しいとされている (Krammer & Rilling, 1970)] の出現を制止する機能を持つ。DT 条件は FI やその他の強化スケジュールにも使用されている」とある。しかし、de Villiers (1970, p. 236) にみられるように、ハトを被験体としてキイの操作体は実験箱の中に存在させたまま暗く (dark) することによってハトが反応不可能になる場合に、

DT と ITI の用語の双方が併用されることもある。この場合、両方の用語の関係の説明として、「discrete trial 事態では、trial 中の時間と、intertrial interval が交互に進行する」と理解しておくのが適切であろう。しかし、ネズミを被験体とした場合、梴子などの操作体がスキナー箱の中に存在していれば、強化の随伴することのない暗い一定時間を設けても、ネズミは反応することが可能であり、この暗い一定時間の間に生じた反応数などが用いられたり弁別刺激の統制力などについての非常に有意義な分析の指標となる場合もある。したがって、このような場合には、われわれは DT とは呼ばず、ITI とのみ呼ぶことにしている。ITI 条件のある事態では、black out の ITI が終了しキイや梴子が光に照らされた時からオペラント反応が生起するまでの時間を反応潜時 (response latency : RL), あるいは、潜時 (latency) という。潜時は時間弁別の観点からは ITI とほとんど同じ意義をもつと考えられる。

ITI 条件を付加した低頻度分化強化スケジュール、つまり、長潜時分化強化 (differential reinforcement of long latency : DRLL) スケジュールでハトを訓練すると、ITI 条件の付い



Percentage of reinforced responses
(reinforced responses/reinforced and non-
reinforced responses during trials) of rats
in each session.

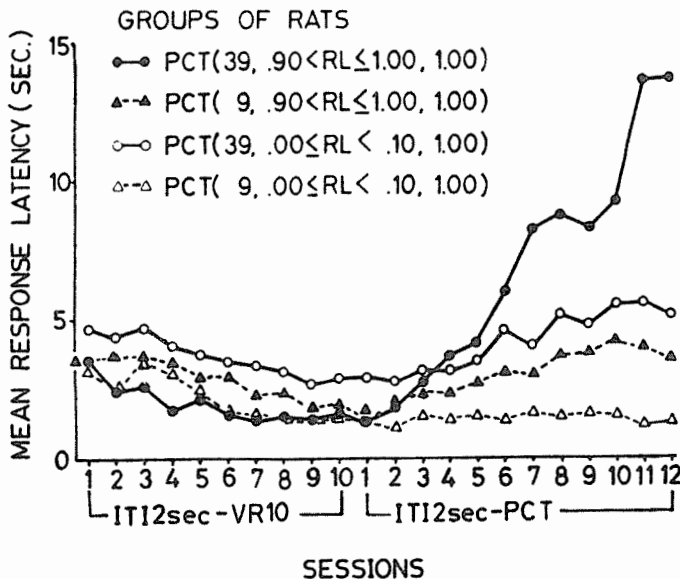
Fig. 4. ウイスターネズミを種々のパラメータの組み合わせにおける、2秒のITI付きのパーセント強化スケジュールで訓練した場合、各セッションにおける獲得された強化確率の推移(早瀬, 1980; 岩本・吉野による)

ていない低頻度分化強化スケジュールで訓練したときに比べて、短い潜時のオペラント反応の数が少なくなることが知られている (Catania, 1970)。

以上の理由から、岩本と吉野ら (岩本・吉野, 1981; 吉野・岩本, 1981, ; 吉野・岩本・早瀬, 1981) は ITI 条件を付加したパーセントイル強化スケジュールでウイスター系のシロネズミを訓練した。ITI 中の処理は、ITI の期間を 2 秒間とし、この間はオペラントである槌子を提示しつづけたままスキナー箱を black out 状態にし、この ITI 中にオペラント反応が生起すると、ITI 計測用 clock はリセットされそれまでの ITI における待ち時間は取り消されて ITI が再開始することとした。ITI 条件の付加以外は、Alleman と Platt (1973), Platt (1973) と同じ手続きのパーセントイル強化スケジュールを用いた。

岩本と吉野は、連続強化訓練後、このような手続きとまったく同一の、2 秒の ITI 条件を付加した ITI 2sec-変率 (variable ratio: VR) 10 強化スケジュールで 10 セッション訓練し、つぎに、同じく 2 秒の ITI 条件を付加した上述のパーセントイル強化スケジュールで訓練した。用いたパーセントイル強化スケジュールは、PCT(39, $.90 < RL \leq 1.00$, 1.00), PCT(9, $.90 < RL \leq 1.00$, 1.00), RCT(39, $.00 \leq RL < .10$, 1.00), PCT(9, $.00 \leq RL < .10$, 1.00) の 4 条件であった (岩本・吉野, 1981)。

その結果、どの条件でも P ob. (S^R) はほぼ .10 であった (Fig. 4)。セッションごとの平均潜



Mean response latency of rats in each session.

Fig. 5. ヒトを 2 秒の ITI 付きの VR 10 と、種々のパラメータの組み合わせにおける、2 秒の ITI 付きのパーセントイル強化スケジュールで訓練した場合の、各セッションにおける平均反応潜時 (早瀬, 1980; 岩本・吉野, 1981 による)

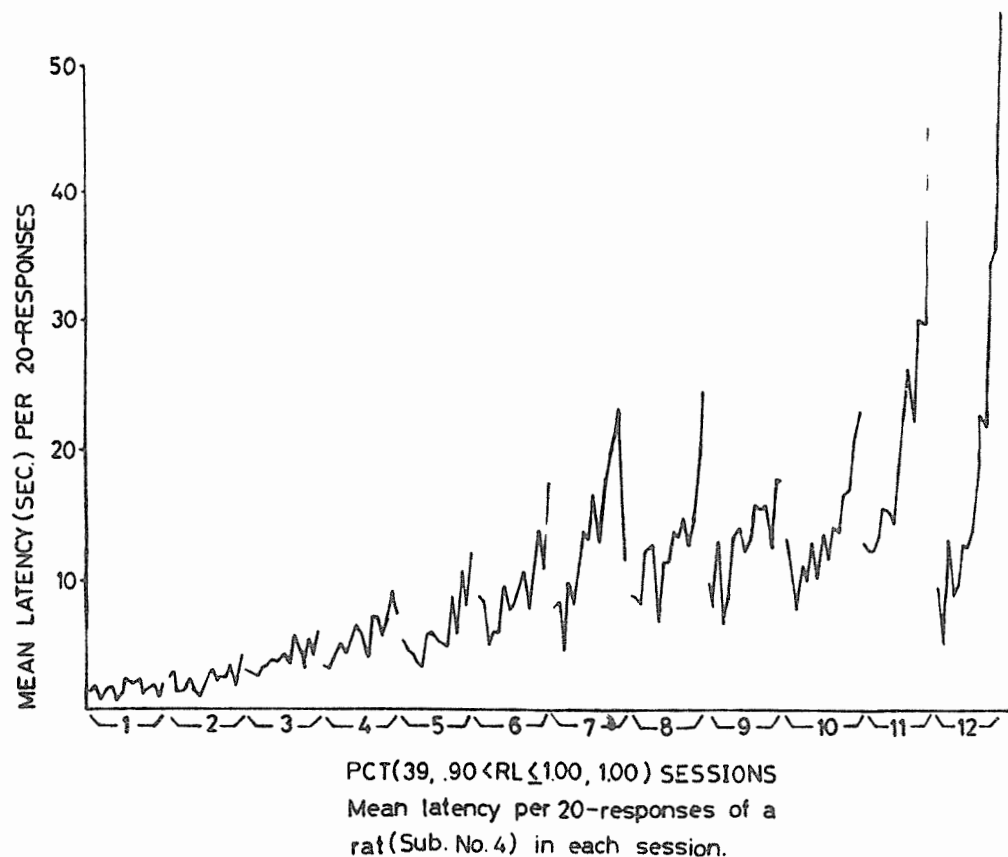


Fig. 6. シロネズミを、標本数 39, 90 パーセントイルから 100 パーセントイルまでの反応潜時を強化、実験者の設定したランダム強化の確率 100%とした、2 秒の I T I 付きのパーセントイル強化スケジュールで訓練した場合、各セッション内におけるオペラント反応 20 個ごとの平均潜時の推移。個体データ（早瀬, 1980 と吉野・岩本, 1981 による）

時は、被験体の潜時生起傾向に対して相対的に長い方の潜時を強化した PCT ($39, .90 < RL \leq 1.00, 1.00$) や PCT ($9, .90 < RL \leq 1.00, 1.00$) では、セッションを繰り返すにつれて次第に長くなった。しかし、標本数の多い条件が潜時が長くなる程度が著しかった (Fig. 5)。各セッションのなかでの潜時の変化を検討する（一例として、Fig. 6 に示す）と、PCT ($39, .90 < RL \leq 1.00, 1.00$) でも PCT ($9, .90 < RL \leq 1.00, 1.00$) でも、セッション開始時には一番短く、セッション内の時間経過とともにしだいに長くなる傾向がみられた。その傾向は、セッションを重ねるにつれてしだいに著しくなった。それだけではなく、同一セッション内で潜時の長さの傾向が一番短かったセッション開始時における潜時が、セッションを重ねるにつれてしだいに長くなっていった (Fig. 6)。(セッション開始時における強化規準は、前回のセッションの終了時点で実験制御機器が記憶していたそれぞれの条件における標本集団にもとづいていた)

被験体の潜時生起傾向に対して相対的に短い方の潜時を強化した PCT ($39, .00 \leq RL < .10,$

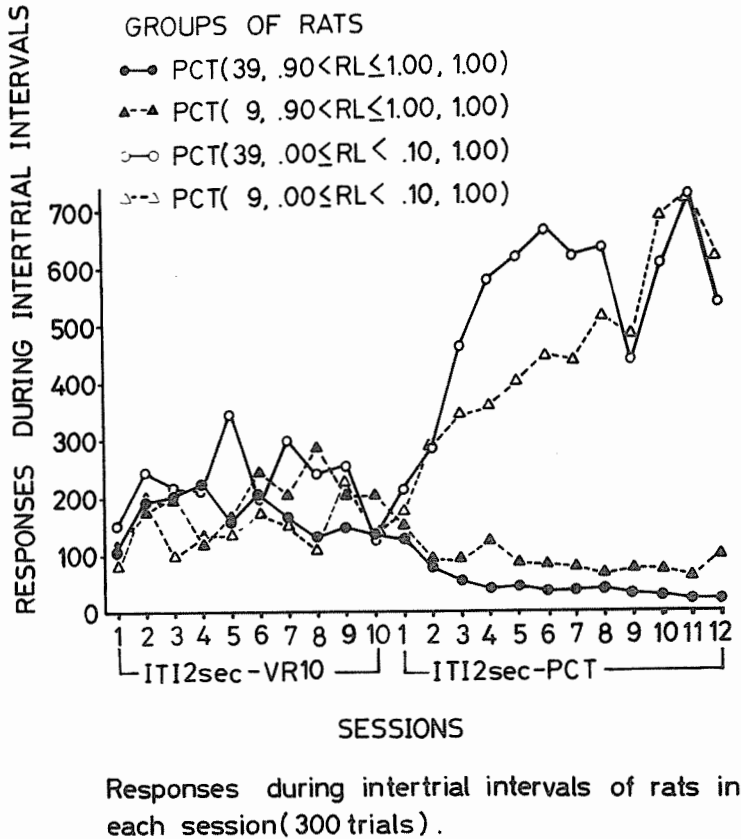
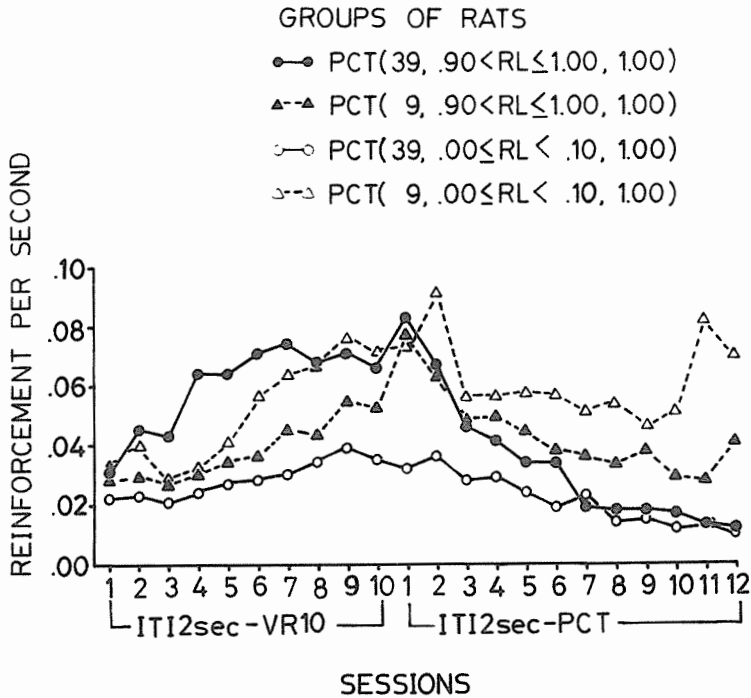


Fig. 7. ウィスターネズミを2秒のITI付きのVR10と、種々のパラメータの組み合わせにおける、2秒のITI付きパーセントイル強化スケジュールで訓練した場合、各セッションにおけるITI中のオペラント反応数（早瀬，1980と岩本・吉野，1981による）

1.00)やPCT(9, .00 ≤ RL < .10, 1.00)では、セッションごとの平均潜時は、ITI 2sec-変率10強化スケジュールでの平均潜時と比較して変化はみられない (Fig. 5)。ところがITI中に生じたオペラント反応数を検討すると、きわめて著しいオペラント反応数の増大が見出される (Fig. 7)。この原因を考察すると、まず、連続強化スケジュールとITI 2sec-変率10強化スケジュールでの訓練期間でITI中の反応は増大していない (Fig. 7) にもかかわらず、ITI後の反応数が増大しており (Fig. 8)、シロネズミはITI期間中のオペラント反応が強化刺激の提示をもたらさないことを学習していると考えられる。また、相対的に短い方の潜時のオペラント反応を強化した場合では、被験体がさまざまな潜時のオペラント反応をランダムな順序で生産したときの強化確率.10よりもP ob. (S^R)は低かった (Fig. 4)。ITI中のオペラント反応の生起はITIを再開始させるので、強化頻度 (ITIの時間を含む) はそのぶんだけ低下することになる (Fig. 8)。こうしてITI中にオペラント反応を生起させることによって、被験体はP ob. (S^R)も強化



Reinforcement rate of rats in each session.

Fig. 8. ウイスターネズミを2秒のITI付きのVR10と、種々のパラメータの組み合わせにおける、2秒のITI付きのパーセント強化スケジュールで訓練した場合の、各セッションにおける強化頻度（強化されたオペラント反応数/時間）（早瀬, 1980と岩本・吉野, 1981による）

頻度も低下させてしまった。したがって、ITI中のオペラント反応数を増大させた原因は、被験体がITIと強化可能な期間を外部刺激によって弁別することを学習していなかったのでもなく、また、 $P_{ob.}(S^R)$ や強化頻度の変化でもないであろう。おそらく、この強化スケジュールは、ITI終了後ただちにオペラント反応を解発させるという行動を選択的に強化したのであろう。これは、パーセント強化スケジュールで相対的に短い方の潜時を強化した場合に、学習現象とは異なる被験体の生理的限界のために潜時が短くなることについての限界が存在すると思われるが、ITI条件の付加はそのような場合においても、パーセント強化スケジュールの被験体の行動への統制を比較的明確にし得る場合のあることを示している。

また、早瀬(1980)は、やはりネズミを被験体とし、1つ1つのオペラント反応の各標本集団内におけるパーセント順位の時系列について、パーセント強化スケジュールでの第12セッションの連続する300反応で1次の個体毎の自己相関数を算出した。その結果、PCT(39, .90<RL≤1.00, 1.00)の2個体中1個体とPCT(9, .90<RL≤1.00, 1.00)の2個体中1個体で0.1%の危険率で有意な正相関があった。PCT(9, .00≤RL<.10, 1.00)の2個体中1個で

は5%の危険率で有意な負相関があり、残る1個体でも有意ではないが5%に非常に近い危険率で負相関があった。他の4個体では無相関に近かった。また、ITI条件付きのVR10スケジュールの第10セッションでの同様の分析は、すべての個体で無相関を示した。このことは、被験体の潜時生起傾向に対し相対的な長い方の潜時を強化した場合には、パーセンタイル順位という潜時生起傾向を基準にした相対的な潜時の長さにおいて、相対的に長い潜時の「連続」傾向と、相対的に短い潜時の「連続」傾向を学習する被験体があり、他方、相対的に短い方の潜時を強化した場合には、相対的に長い潜時と相対的に短い潜時の「交替」傾向を学習する被験体があることを示している。前述した川俣・岩本・梅岡（1976）でもやはり相対的に長い方のIRTを強化した場合には中央値よりIRTの連続生起傾向と中央値より短いIRTの連続生起傾向があり、相対的に短い方のIRTを強化した場合には中央値よりも長いIRTと短いIRTの交替傾向が報告されていることは、早瀬（1980）の報告と基本的に一致するものと考えられる。

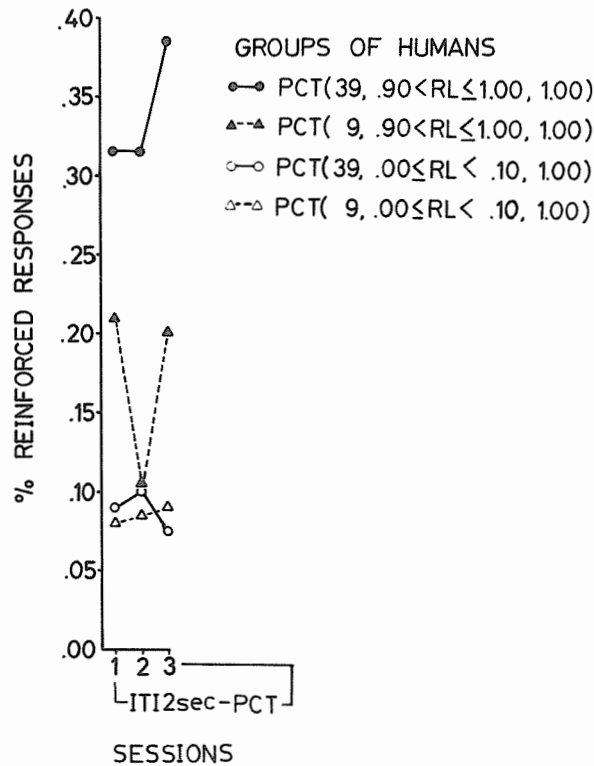
以上をまとめると、岩本と吉野（岩本・吉野，1981；吉野・岩本，1981；吉野・岩本・早瀬，1981）で明らかになったことはつぎの通りである。

1. パーセンタイル強化スケジュールは、被験体の潜時生起傾向に対して相対的に長い方の潜時を強化することによって、長い潜時の生起を促進させ、強化頻度の低下をもたらした。
2. 相対的に長い方の潜時を強化する場合、標本数が大きいほど長い潜時の生起を増大させることにおよぼす効果は大きくなる。
3. その効果は、セッション内においてセッション開始からしだいに潜時が長くなることである。
4. この傾向はセッションを繰り返すにつれて著しくなった。
5. セッションを繰り返すにつれて、セッション開始時の数十反応の潜時もしだいに長くなった。
6. 被験体の潜時生起傾向に対して相対的に短い潜時を強化することによって、ITI中のオペラント反応数が増大した。

標本数の効果が、AllemanとPlatt（Alleman & Platt, 1973; Platt, 1973）で指摘されなかったのは（1）被験動物種がハトとネズミという差異のためであるのか（2）ITI条件がハトでは付いていないがネズミでは付いていたことの差異のためであるのか（3）パーセンタイル強化スケジュールでは3つの独立変数の組み合わせの可能性がきわめて数多く、そのうちAllemanとPlattが実施できた限られた組み合わせのなかでは事実がじゅうぶん顕在化し得なかったためであるのか、現段階では明確にはし得ない。この点を明らかにするためには、ハトを被験体としてITI条件を付加したパーセンタイル強化スケジュールで訓練する実験が必要であろう。

（4-1-3）パーセンタイル強化スケジュールでヒトを訓練した場合（岩本・吉野，1981；吉野・岩本，1981；吉野・岩本・早瀬，1981）

岩本と吉野（岩本・吉野，1981；吉野・岩本，1981a, 1981b）は、ヒトに対し槌子押し反応

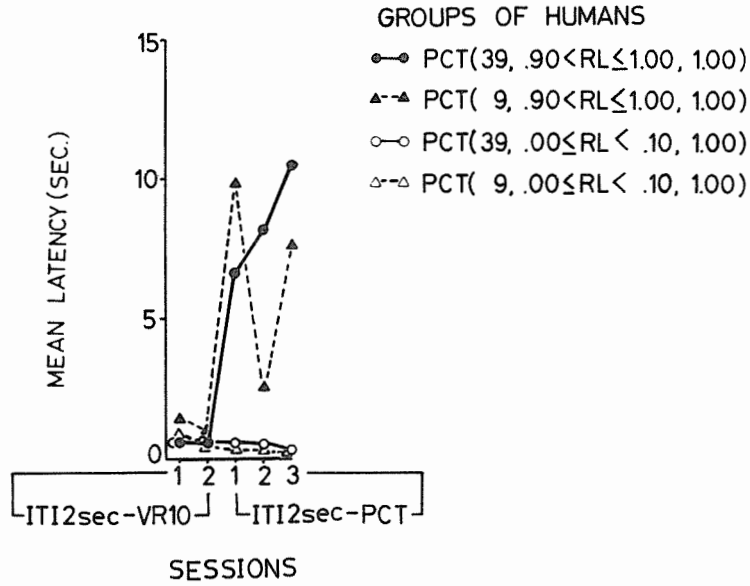


Percentage of reinforced responses
(reinforced responses/reinforced and non-
reinforced responses during trials) of humans
in each session.

Fig. 9. ヒトを種々のパラメータの組み合わせの、2秒のITI付きのパーセンタイル強化スケジュールで訓練した場合の各セッションにおける強化確率(早瀬, 1980と岩本・吉野, 1981;吉野・岩本・早瀬, 1981による)

に強化刺激が随伴することをあらかじめ言語などで教示することなく、動物を被験体とする実験とほとんど同一の手続きで連続強化スケジュールでの訓練からはじめた。この手続きに引き続いて、ネズミを被験体とした岩本と吉野(岩本・吉野, 1981;吉野・岩本, 1981;吉野・岩本・早瀬, 1981b)で用いたのと同じ強化スケジュール〔(4-1-2)で紹介した〕でヒト(大学生8名)を訓練した。ただし、2秒のITI付きの変率強化スケジュールでの訓練は2セッションで終了させ、続く2秒のITI付きのパーセンタイル強化スケジュールでの訓練は3セッションで終了させ、1日間のうちにすべての訓練を終えた。

この実験結果をFig.9~13に示した。これらの図はFig.4~8と同じ分析方法による結果である。ヒトにおいても、ネズミと同様に、被験体の潜時生起傾向に対して相対的に長い方の潜時を強化することによって、長い潜時の生起が促進されている(Fig.10)。その効果は、ある一つのセッション内においてセッション開始からしだいに潜時が長くなることである(Fig.11)。ネズミと



Mean response latency of humans
in each session.

Fig.10. ヒトを2秒のITI付きのVR10と、種々のパラメータの組み合わせにおける、2秒のITI付きのパーセント強化スケジュールで訓練した場合の、各セッションにおける平均反応潜時(早瀬, 1980と岩本・吉野, 1981;吉野・岩本・早瀬, 1981による)

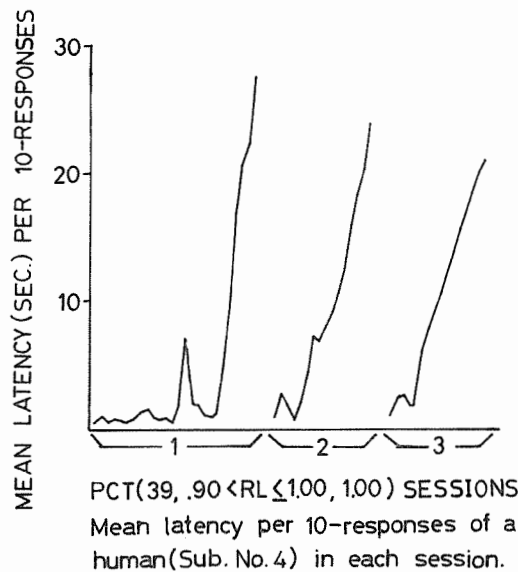
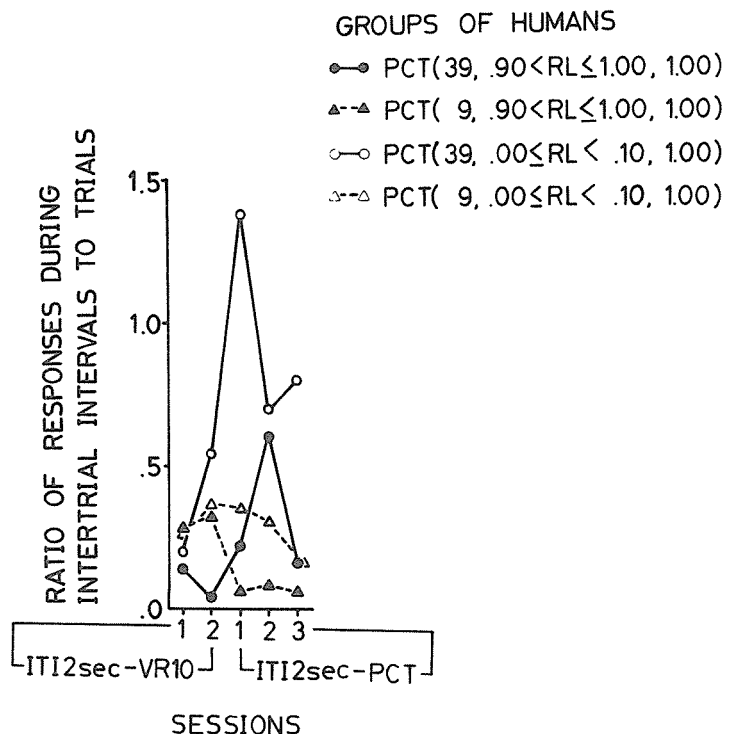


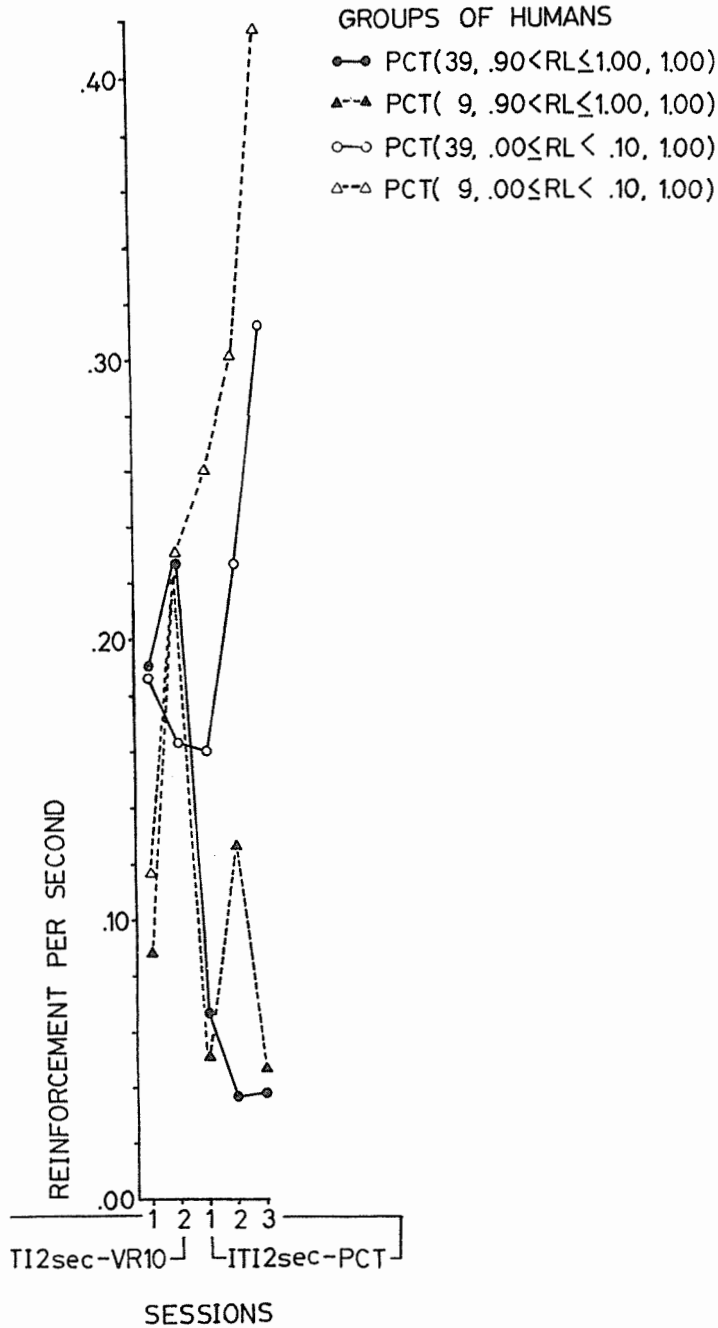
Fig.11. ヒトで、標本数 39, 90 パーセントから 100 パーセントまでの反応潜時を強化, 実験者の設定したランダム強化の確率を 100%とした, 2秒のITI付きのパーセント強化スケジュールで訓練した場合の、各セッション内におけるオペラント反応 10 個ごとの平均潜時の推移, 個体データ (早瀬, 1980 ;岩本・吉野, 1981 ;吉野・岩本・早瀬, 1981 による)



Ratio of responses during intertrial intervals
to trials of humans in each session.

Fig.12. ヒトを2秒のITI付きのVR10と、種々のパラメータの組み合わせにおける、2秒のITI付きのパーセント強化スケジュールで訓練した場合の、各セッションにおいてITI中に生起するオペラント反応の全試行に対する割合（早瀬，1980と岩本・吉野，1981による）

異なる実験結果も得られた。被験体の潜時生起傾向に対して相対的に短い潜時を強化した場合にITI中のオペラント反応数が増大したのは標本数が39の条件のみであった(Fig.12)。相対的に長い方の潜時を強化する場合も短い方の潜時を強化する場合も、標本数の効果は不明確であった。相対的に長い方の潜時を強化する場合、セッション開始時の数十反応の潜時は、どの標本数の条件でも、何度かセッションを繰り返してもつねに短かった(Fig.11)。ところが、セッション開始時の強化規準は前回のセッション終了時の強化規準に等しいという手続きがネズミの場合と同じように用いられているため、あるセッション開始時において強化刺激の提示を受けるためにはかなり長い潜時を生起させなければならないことになる。この実験結果は、ヒトがセッション開始時からほぼ標本数に等しい数のオペラント反応を生起させて標本集団をリフレッシュするまでは、強化刺激の提示を受けることがほとんどないにもかかわらず、短い潜時を生起しつづけていたことを示している。またネズミと異なり、ヒトでは相対的に長い潜時を強化した場合では、 $P_{ob.}(S^R)$ は20以上となった(Fig.9)。これは、ヒトがセッション内のいかなる



Reinforcement rate of humans in each session.

Fig.13. ヒトを2秒のITI付きのVR10と、種々のパラメータの組み合わせにおける2秒のITI付きのパーセント強化スケジュールで訓練した場合の、各セッションにおける強化頻度（早瀬, 1980と岩本・吉野, 1981；吉野・岩本・早瀬, 1981による）

局所的部分においても潜時をしだいに長くするという安定した傾向を示したことを意味している。

被験者に与えた教示は「できるだけ多く強化刺激を得ることが目的である」という"内容"のものであり、実験者がこの教示を、できるだけ強化頻度を高くせよとの意味で受け取ることを予期していた。もっとも高い強化頻度を得る戦略は相対的に短い潜時を強化する場合でも相対的に長い潜時を強化する場合でも同様に短い潜時を生起させることである。しかし、実際のヒトがセッション内の局所的部分において潜時をしだいに長くしていったという現象は、ヒトがパーセントイル強化スケジュールを充分には理解し得ず、みずからが比較的最近に生起させた潜時とそれに対する強化・非強化情報にもとづいてつぎのオペラント反応の潜時を決定するというネズミに似た微視的戦略を取っていたことを推定させる。この戦略を正確に実行すれば、強化頻度は低くなるがP ob. (S^R)を高くはできる(ネズミではこの戦略をヒトほど正確には実行できないため、強化頻度は低くなるがP ob. (S^R)は高くならなかった)。

もし、この戦略がセッション間についても実行されているならば、セッション開始時の潜時は、セッションや繰り返されるにつれて著しく長くなるはずである。ところが実験結果ではどのセッションにおいてもそのスタート時ではその反応潜時はつねに短かった。このように、セッション開始時においてつねに非強化でありつづけるにもかかわらず短い潜時が生起することは、このような短いオペラント反応を出現させる弁別刺激が、少なくともセッション開始においてはつねに、被験体の反応としての潜時と強化刺激の関係の他に存在していたことを示唆している。実験終了後のプロトコルでは、どの標本数で訓練されたヒトでも同様に「強化刺激を得る

Table 3. ウイスターネズミをDRLスケジュールで訓練したあと相対間隔分化強化スケジュールで訓練†した場合の、1セッションにおけるオペラント反応数、強化されたオペラント反応数、獲得した強化確率、6秒より長いIRTのオペラント反応が全オペラント反応に占める割合、前回のオペラント反応に比べて今回のオペラント反応がIRTにおいて長い場合の生起確率についての表

GROUP (Sub. No.)	A-GROUP (1. 3. 8)			B-GROUP (4. 7. 10)		
	DRL 6 Days	DRRI 5 Days	DRRI 5 Days	DRL 6 Days	DRL 5 Days	DRRI 5 Days
RESPONSES	268	324	435	281	283	412
REINFORCEMENTS	126	140	181	130	143	175
EFFICIENCY	.49	.43	.42	.45	.53	.44
IRT>6 sec	.49	.29	.23	.45	.53	.26
IRTn≥IRTn-1	.41	.43	.42	.42	.42	.44

DATA FROM THE LAST DAY
IN EACH SCHEDULE

†A群はDRLスケジュールで6日間訓練を受けたあと相対間隔分化強化スケジュールへ移った。一方、B群はDRLスケジュールで11日間訓練を受けたあと相対間隔分化強化スケジュールへ移った(川俣ら, 1975による)

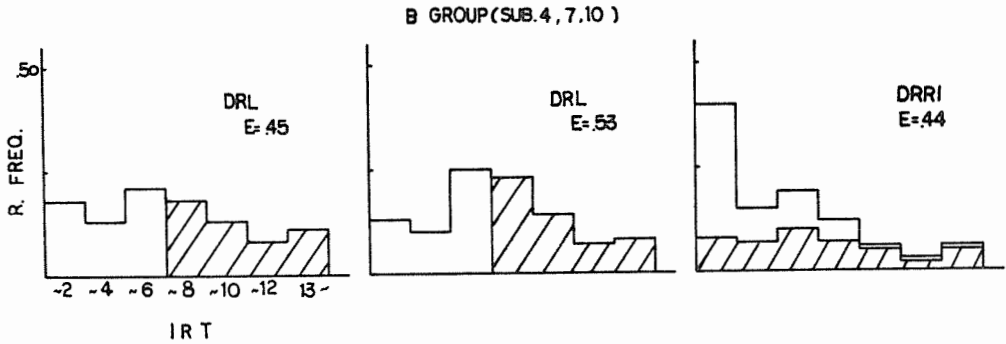


Fig.14. 表3のB群におけるIRTの相対度数分布（川俣・岩本・梅岡，1975による）

ためには、セッション初期では短い時間間隔で梃子押しをせねばならず、セッション中期・後期と進むにつれてしだいに長い時間間隔で梃子押しをしなければならない」と報告していることから、セッション開始後の時間経過が弁別刺激の働きをしたのであらうと推定される。

(4-2) 相対間隔分化強化スケジュールでネズミを訓練した場合（川俣・岩本・梅岡，1975）

川俣・岩本・梅岡（1975）は、ウイスター系の雄のネズミをDRL 6スケジュールで訓練し、 $P_{ob.}(S^R)$ が.50に近似していた第6セッションが経過した時点で、6匹の被験体をA群($N=3$)とB群($N=3$)の2群に分けた。A群は相対間隔分化強化スケジュールで10セッション訓練された。B群は引き続きDRL 6スケジュールで5セッション訓練されたあと、相対間隔分化強化スケジュールで5セッション訓練された。相対間隔分化強化スケジュールでは前回生起したIRTと同一の長さのIRTが生起した場合には強化しなかった。

実験結果をTable 3に示した。Table 3でみるように相対間隔分化強化スケジュールでの強化効率 $\text{efficiency} = \frac{\text{強化反応数}}{\text{総反応数}}$ が.50よりやや低い。これは、実験制御機器における前回生起したIRTと現在生起したIRTの比較が、切り捨てによる1秒単位の測定値で行なったので $IRT_n = IRT_{n-1}$ (n は任意の自然数)となる場合が多くなったためであり、 $IRT_n < IRT_{n-1}$ の傾向が大きかったためではない。前述したTable 1などの結果から、DRLスケジュールでの訓練セッション数の差異（A群とB群の差異）は、相対間隔分化強化スケジュールのもとでの遂行過程に差異をもたらさなかったことが示されている。したがって、以下に示すグラフはB群から得られたものであるが、基本的にはA群とB群に共通した結果と看做し得る。

この実験では相対間隔分化強化スケジュールでの反応頻度は、DRLスケジュールでの反応頻度よりも高かった。相対間隔分化強化スケジュールでの平均IRTは約4.6秒であった。Fig.14に、Table 3と同一データにもとづくIRT相対度数分布を示した。相対間隔分化強化スケジュールでは、強化刺激の提示を受けたIRTの絶対的な分布(斜線の部分)は広い範囲のIRTにわたってはいるが、被験体の1セッションのIRT生起傾向に対する相対的分布としてみれば全体のなかでは長いIRTに偏って強化刺激の提示を受けていたといえる。このような現象は、(4-1-2)

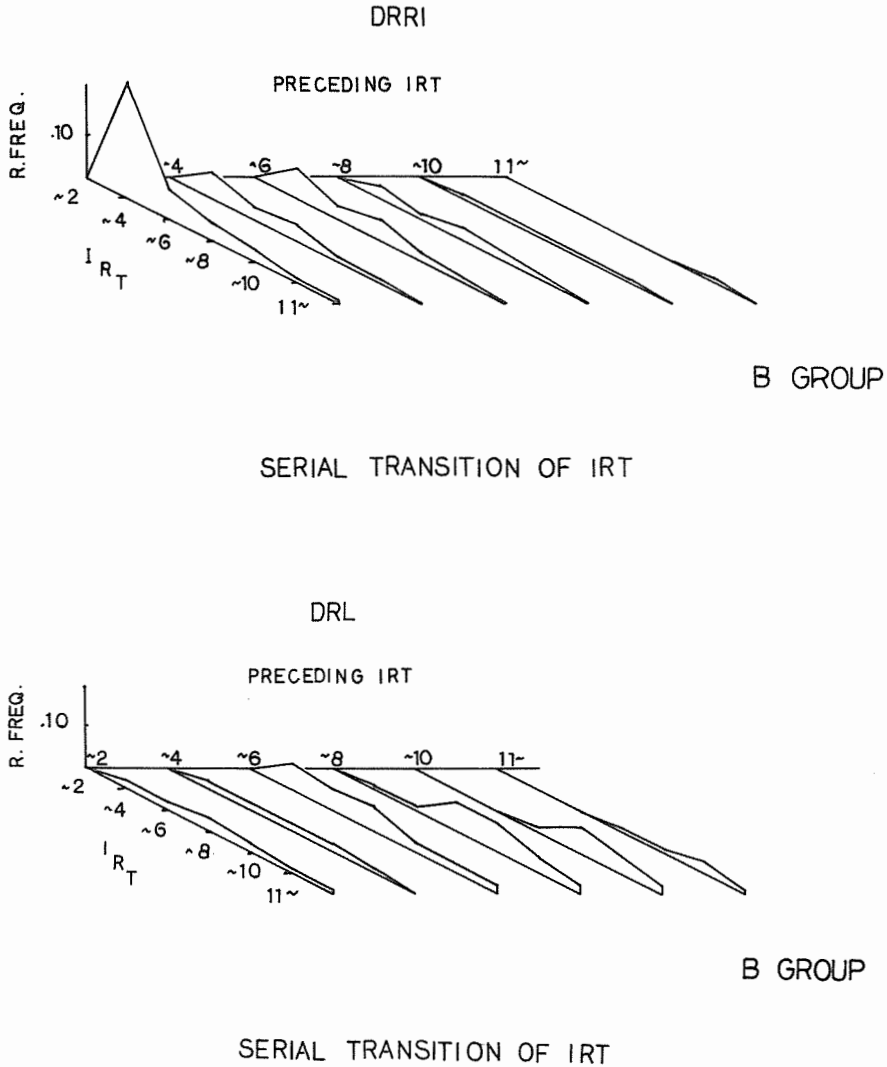


Fig.15. 表3のB群のIRTの一次直列関係 (first-order serial relationship) 図の2つの分布。それぞれを積分すると100%となる (川俣・岩本・梅岡, 1975 による)

で紹介した ITI 条件の付加されたパーセンタイル強化スケジュールのもとでも成立していることがらである。ところが、その ITI 条件の付加されたパーセンタイル強化スケジュールではセッションを繰り返すにつれ、セッションごとの平均潜時は次第に長くなったのに対し、相対間隔分化強化スケジュールでは長くならなかった。実験結果のこのような差異が生じた原因としては、つぎの2点が考えられる。1つは標本数の差異(前述したパーセンタイル強化スケジュールでは39と9であり、この相対間隔分化強化スケジュールでは1であった)である。他の1つは、ITI 条件の有無(パーセンタイル強化スケジュールには付加されていたのに対し、相対間隔分化

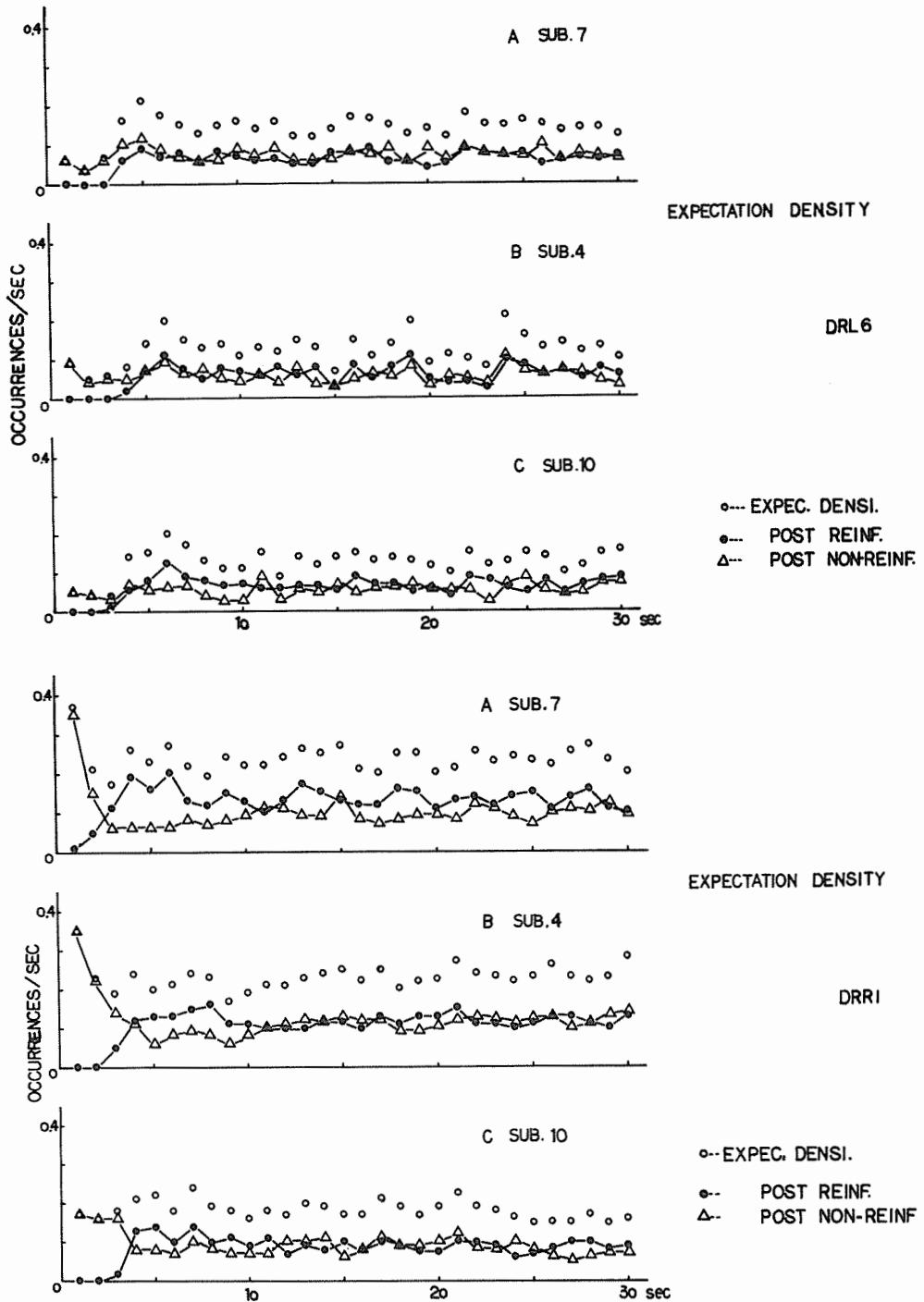


Fig.16. 表3のB群におけるIRTの期待密度 (expectation density) についての個体データ (川俣・岩本・梅岡, 1975)

強化スケジュールには付加されていなかった)である。

相対間隔分化強化スケジュールが標本数が1のパーセントイル強化スケジュールと看做しうることは、(3-2)ですでに述べた。パーセントイル強化スケジュールにおいて標本数が小さくなると、実験者の設定した規準から算出される物理的値(IRTや潜時)の変動が著しくなることも(3-1)で述べたが、それに加えて、標本集団のなかで強化規準を満足する標本の割合が大きくならざるを得ず(つまり前述の強化の選択性が低くなる)、標本数が3であれば反応傾向に対して25%の割合のオペラント反応を強化規準を満足するものとして扱わざるを得ないことになる。この割合は、標本数が1であれば50%となる。したがって、標本数が原因であるとしても、その作用を知ることはまた別の分析的実験を必要とするであろう。

相対間隔分化強化スケジュールのもとでのIRT生起の時系列過程を調べるために、川俣・岩本・梅岡(1975)は、Weiss(1970)の行った一次直列関係(first-order serial relationship)を調べた(Fig. 15)。Fig. 15には、DRLスケジュールでは強化される6秒以上のIRTは連続して生起する傾向が存在することが示されている。これは、サルを被験体としたWeiss(1970)の実験結果や、ネズミを被験体とした岩本(1981)の分析結果と一致する。相対間隔分化強化スケジュールでのIRT生起の時系列過程については、強化規準のIRTの値の変動のためFig. 15からは有効な情報を得ることはできない。そこで、Weiss(1970)の行った期待密度(expectation density)が求められた(Fig. 16)。期待密度のグラフは、最初の事象(event)が生起したときタイマーがスタート(すなわち、図の横軸上を左端0から右へと時点が動く)し、つぎの事象が生起したときにその時間のbinの度数に1を加え(すなわち、図の縦軸にそって1が加算される)、このような手順にしたがってscanningを図の横軸の右端30秒まで行うことによって作製された。この図から、オペラント反応生起の時間的周期性が検討され得る。Fig. 16から、DRL

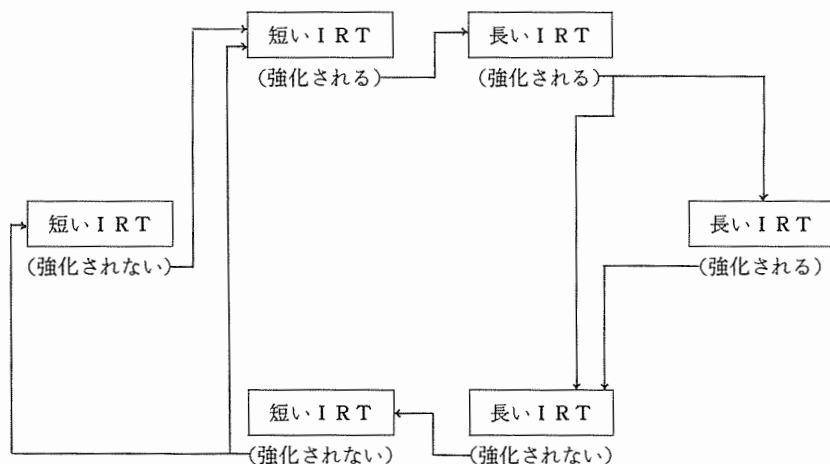
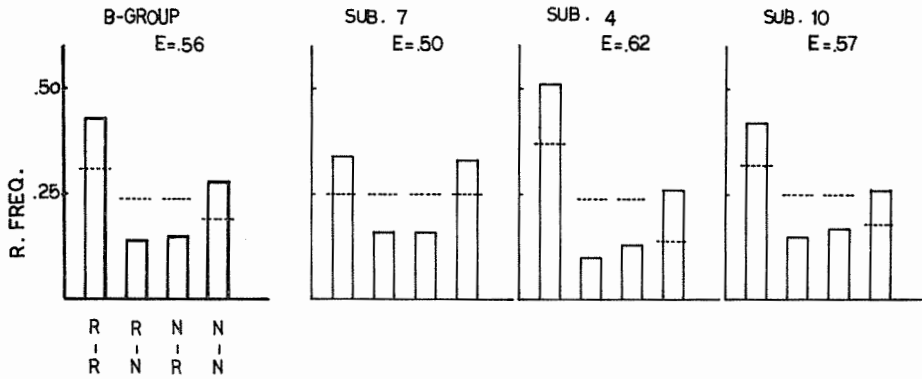


Fig.17. 相対間隔分化強化スケジュールにおけるウイスターネズミのIRTの生起順序系列の記述的モデル

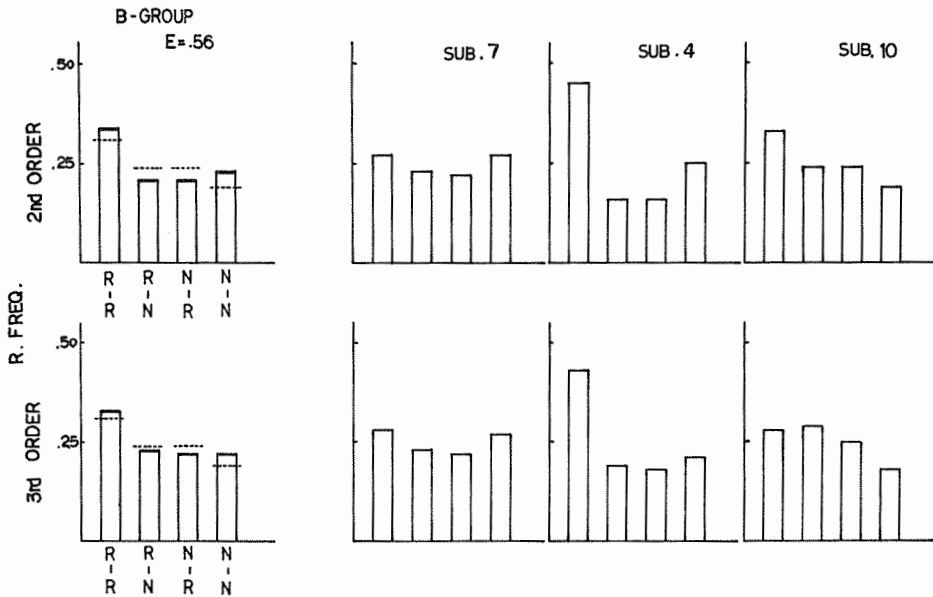
SEQUENCE of $IRT \geq 6$ SEC.

DRL 1st ORDER DEPENDENCY



SEQUENCE of $IRT \geq 6$

DRL 2ND, 3RD ORDER DEPENDENCY



(R... $IRT \geq 6$
N... $IRT < 6$)

Fig.18a. 表3のB群について、DRLスケジュールにおける前回に生じたIRTと今回に生じたIRTの長さの大小関係の系列依存性。1次ばかりではなく、2次と3次の系列依存性についても示した(川俣・岩本・梅岡, 1975による)

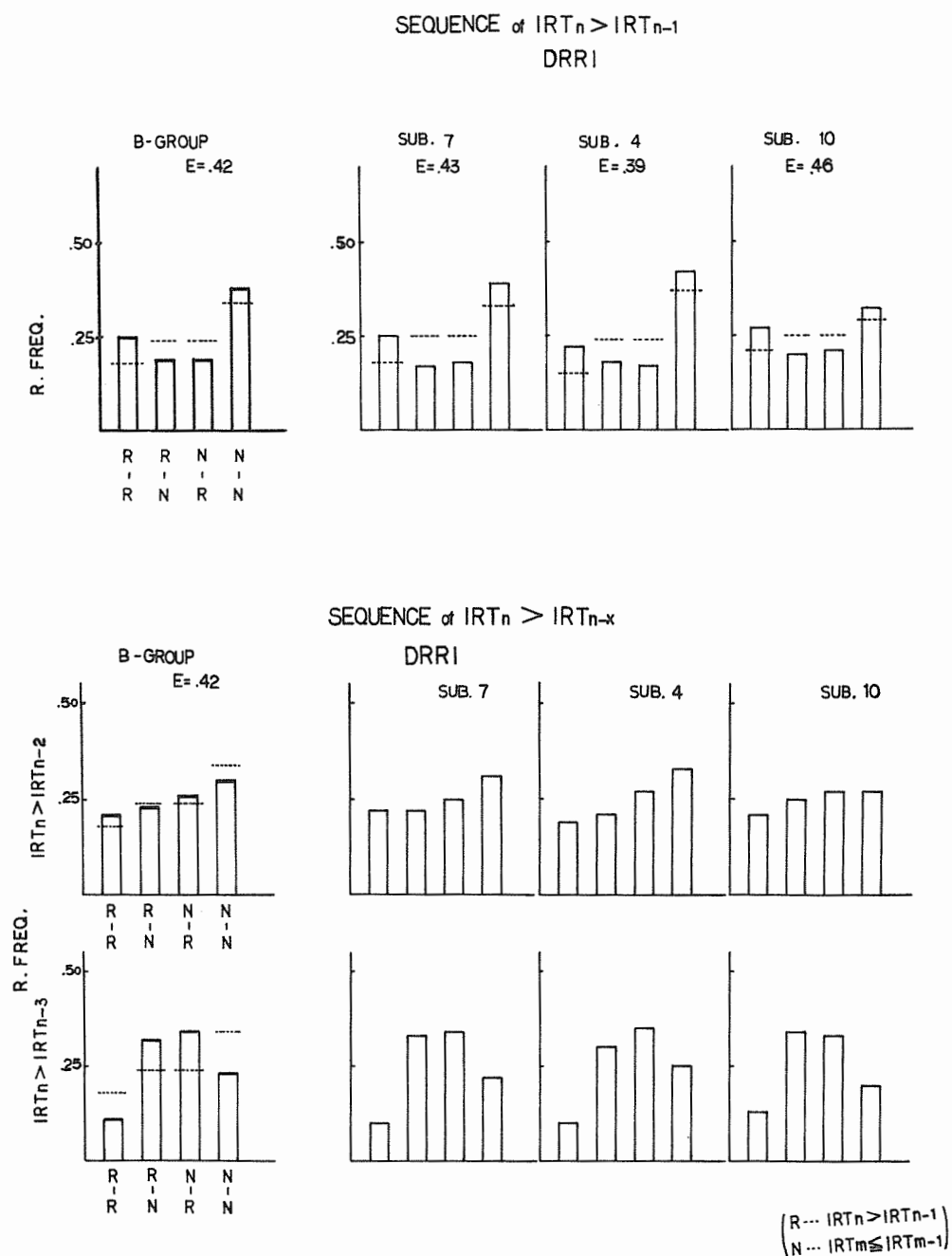


Fig.18b. 表3のB群について、DRRI スケジュールにおける前回に生じた I R T と今回に生じた I R T の長さの大小関係の系列依存性。1 次ばかりでなく、2 次と 3 次の系列依存性についても示した (川俣・岩本・梅岡, 1975 による)

スケジュールでは強化後には3秒以下のIRTはほとんど生起せず、非強化後にはわずかではあるが3秒以下のIRTが生起することが認められる。これと対比して相対間隔分化強化スケジュールでの傾向を検討すると、強化後には2秒以下のIRTが生起する傾向はきわめて小さい一方、非強化後には2秒以下のIRTが生起する傾向がきわめて大きいことが明らかである。

相対間隔分化強化スケジュールでは長いIRTは強化刺激の提示を受ける確率は高い(Fig. 14)。いまたとえばこのような仮定を行ってみよう。1回目のIRTが長く強化されたとする。すると、2回目のIRTも長くなる。しかし、1回目のIRTも2回目のIRTもともに同じ程度に長いので、2回目のIRTが強化される確率は50%くらいであろう。もし2回目のIRTが強化されると3回目のIRTも長い。このとき、2回目のIRTは1回目のIRTよりも長いのであるから、3回目のIRTが2回目のIRTよりもさらに長くなる可能性はきわめて小さい。すくなくとも50%よりも低くなるだろう。そこで、3回目のIRTはある程度は長いのだが、強化基準からは短すぎて非強化となる。4回目のIRTは非強化反応後の反応であるから短い。当然4回目のIRTも非強化となる。5回目のIRTは非強化反応後であるから短い(Iwamoto, 1981)。しかし4回目のIRTが十分に短いので5回目のIRTは第4回目と同じ程度に短くても強化される確率は約50%位である。もし5回目のIRTが強化されれば6回目のIRTは強化反応の後であるから長くなり、6回目のIRTはかならず強化されることになる。6回目のIRTは1回目のIRTと同じになりこの循環の起点に戻る。一方、もし5回目のIRTが強化されなければ6回目のIRTも短くなる。しかし、5回目のIRTは4回目のIRTよりも短かったわけであるから、6回目のIRTが5回目のIRTよりさらに短くなる可能性はきわめて小さい。そこで6回目のIRTは強化される。すると7回目のIRTは長くなりかならず強化される。7回目のIRTは1回目のIRTと同じになり、やはり、この循環の起点に戻ることになる。さきほど、2回目のIRTが強化されると仮定したが、強化されない場合、つぎに生起するIRTは短くなり、さきほどの循環の3回目のIRTが省略されて進行することになる。

以上のようなIRTの生起時系列のモデルを図示するとFig. 17となる。このモデルの原理となっているのは、強化後のIRTは長くなり、非強化後のIRTは短くなるというこれまでの多くの実験から見出されている一般的な事象(Iwamoto, 1981)のみである。

このモデルを検討するために、強化されたオペラント反応と強化されないオペラント反応の生起の系列依存性が分析された(Fig. 18)。Fig. 18より、DRLスケジュールでは強化されたオペラント反応は約3回まで連続する傾向があり、強化されないオペラント反応も同様に約3回

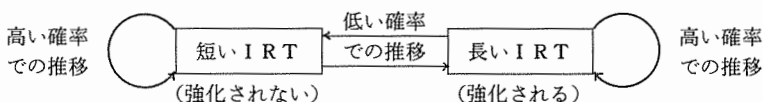


Fig.19. DRLスケジュールにおけるウイスターネズミのIRTの生起順序系列の記述的モデル

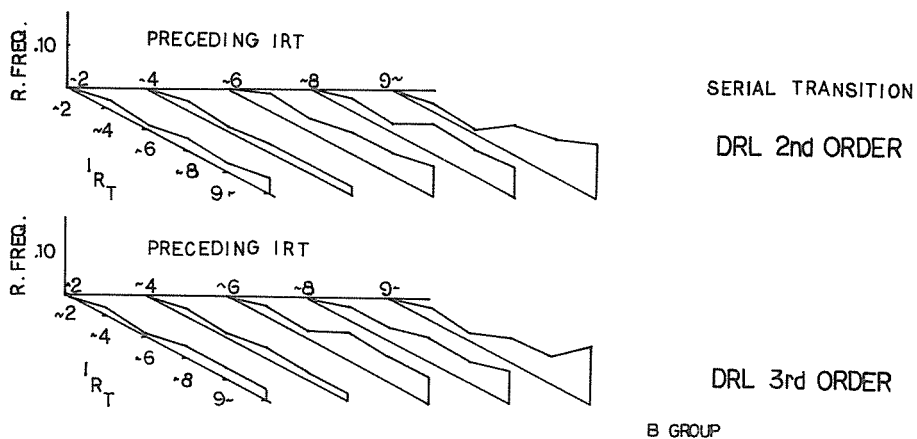


Fig.20a. 表3のB群について、DRLスケジュールにおけるオペラントの2次と3次の系列依存性(川俣・岩本・梅岡, 1975 による)

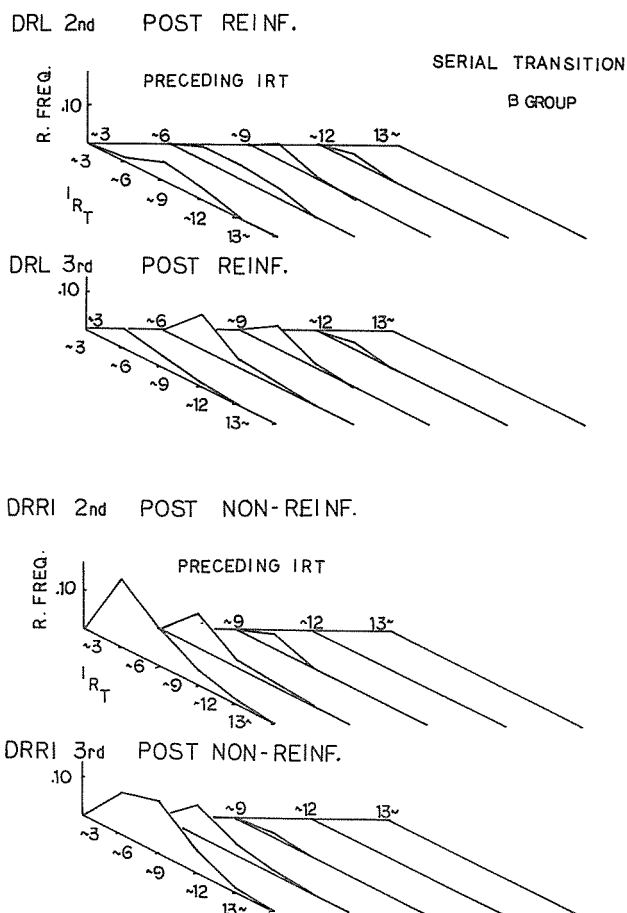


Fig.20b. 表3のB群について、DRLとDRRIスケジュールにおけるオペラント反応が強化反応か非強化反応かによって分割した場合の2次と3次の系列依存性(川俣ら, 1975 による)

まで連続する傾向があることが推定されうる。4 回以上の連続傾向についてははっきりした傾向はない。一方、相対間隔分化スケジュールでは強化されたオペラント反応は約 2 回まで連続する傾向があり、強化されないオペラント反応も同様に約 2 回まで連続する傾向があることが推定され得る。3 回目のオペラント反応の傾向ははっきりしないが、4 回目のオペラント反応の傾向は、もしも 1 回目のオペラント反応が強化されている場合には 4 回目のオペラント反応は非強化となり、また 1 回目のオペラント反応が非強化の場合には 4 回目のオペラント反応は強化される傾向のあることが推定される。Fig. 17 は 4 個のオペラント反応の強化、非強化の系列依存の可能性である $16 (=2^4)$ 個の系列のおおのの確率を求めているので、以上に述べてきた傾向についてはさらに詳細な分析が必要であるが、現時点ではこの結果はおおよそ Fig. 17 のモデルを支持しているといえる。

また、DRL スケジュールでの IRT の生起時系列のモデルについても、Fig. 19 のように考えられる。Fig. 19 は定常マルコフ過程を想起させるが、この方面については、中浜 (1977) や Nakahama ら (1977) の研究が進められている。

ここで述べた Fig. 17 と Fig. 19 のモデルは、IRT の生起系列依存性を分析した Fig. 20a, 20b によっても支持されると考えられる。

(4-3) 自己回帰強化スケジュールでサルを訓練した場合 (Weiss, 1969; Weiss & Laties, 1965)

Weiss (1969) や Weiss と Laties (1965) は、サルの梔子押し反応をオペラント反応とし、フルーツ・ドリンクの微量の投与を強化刺激として用いて、連続強化スケジュールで訓練後、自己回帰強化スケジュールでの訓練へ移行させた。自己回帰強化スケジュールの手続きで用いられる商 (x) と強化確率 (y) の間の関数は、 $y = \frac{1}{10} 10^{(x-1)}$ に近似していたが [Weiss (1969) と Weiss と Laties (1965) ではこのような数式は示されておらず、この値はわれわれの推定に

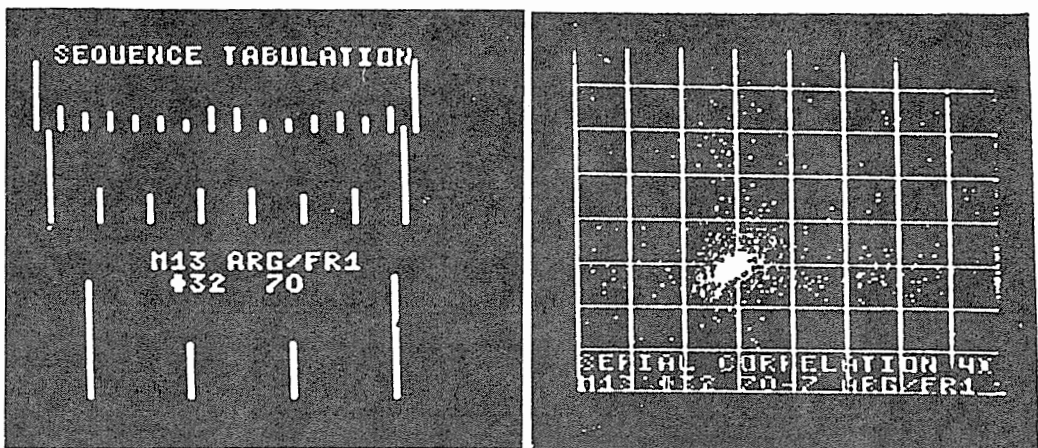


Fig. 21a, 21b. Weiss と Laties の論文 (1965) における IRT の時系列のコンピュータ分析

すぎない。また、近似しているのみで、彼らの論文に図で示された値とは完全には一致していない], 商が1.0 のときは強化確率は100%, 商が1.1 のときは強化確率は約15%, 商が1.4 のときは強化確率は0%であった。したがって、同じ長さの IRT が繰り返されると、強化刺激が提示される確率は高かった。

実験の結果、被験体の IRT 相対度数分布は約450msec に最頻値をもつ幅の狭いガウス分布となり、IRT の分散はきわめて小さかった。連続するオペラント反応の IRT の差の度数分布を、オペラント反応の生起順序をランダム・シャッフル (random shuffle) したあとの分布と比較した結果から、同じ長さの IRT が連続して生起する傾向があることが示された。また、Weiss と Laties (1965) の論文に掲載されている そのFig. 6 (本論文に Fig. 21として転載)によれば、得られた IRT の中央値よりも長い IRT 反応のあとには長い IRT 反応が続き、中央値より短い IRT 反応のあとには短い IRT が続く傾向があり、その連続傾向は長い IRT の場合でも短い IRT の場合でも4 個までは認められると述べている。しかし、ラン・テストでは有意差は認められなかった。5 個以上の連続傾向については論文には述べられていない。自己回帰強化スケジュールと相対間隔分化強化スケジュールは標本数については同様であってともに1 である。そこで、これまで述べてきた自己回帰強化スケジュールのもとでの IRT の生起時系列と、Fig. 16に示した相対間隔分化強化スケジュールのもとでの IRT の生起時系列を比較すると、きわめて異なっていることがわかる。この差異は、両スケジュールにおける、それぞれの IRT 生起傾向に対し

Table 4. Blough (1966) の実験結果を筆者らがまとめたもの
SUMMARY OF THE RESULT

independent variable		dependent variable
λ_p	P(S ^R)	λ_o
.25	.25	.34
.25	.50	
.25	1.00	.36
.50	.25	.56
.50	.50	
.50	1.00	.61
1.00	.25	.97
1.00	.50	
1.00	1.00	1.06
2.00	.25	

λ_p ; responses per second, programmed lambda; an independent variable
P(S^R) probability of reinforcement; an independent variable
 λ_o . responses per second, obtained lambda; a dependent variable

て強化刺激の提示が随伴する IRT の存在する偏りの差異が反映した結果に主として依存すると判断してよいであろう。

自己回帰強化スケジュールのもとでの IRT の生起時系列は、長い IRT のあとには長い IRT が生起し、短い IRT のあとには短い IRT が生起しやすいという点では、(4-2)で述べた DRL6 スケジュールでの IRT の生起時系列と似ている。しかし、DRL6 スケジュールでの平均 IRT が約 6.5 秒であるのに対して、自己回帰強化スケジュールでの IRT の最頻数が約 450 ミリ秒〔Weiss と Laties (1965) の図から判断すると平均値もこの値にきわめて近い〕であるという大きな差異が存在している。したがって、自己回帰強化スケジュールにおける反応の IRT への統制は、DRL6 スケジュールのそれとは異なる面があると考えてよからう。しかし、自己回帰強化スケジュールでは前回の IRT と“近似した”IRT を次回に生起すれば強化刺激の提示を受ける確率が高いのに対し、DRL6 スケジュールでは前回の IRT が強化されていれば、前回の IRT 以上の長さの IRT を次回に生起すればかならず強化刺激の提示が受けられるという類似点もある。この似た点、IRT の生起時系列の類似性をもたらしたのかもしれない。

(4-4) Weiss 型滴定強化スケジュールでイヌを訓練した場合 (Weiss, 1969)

Weiss (1969) の訓練方法については (4-4) の操作のところすでに述べた。その実験結果を、Weiss (1969) の Fig. 17 に見ると、被験体のイヌのペダル押し反応持続時間がきわめて順調に伸び、40 秒以上にも達している。Weiss (1969) の論文、および他の Weiss の論文を検討しても、この手続きとその結果についての詳細は、記載されていなかった。

(4-5) 最小頻度強化スケジュールでハトを訓練した場合 (Blough, 1966)

Blough (1966) はハトを VI 強化スケジュールで訓練後、最小頻度強化スケジュールで訓練した。その結果は、Table 4〔Blough (1966) のデータをもとに、われわれが作製したもの〕のようであった。訓練方法は、同一個体内で Table 4 に示した独立変数の値を、オペラント反応が安定するまで同一とした。オペラント反応が安定すると独立変数の値を変え、ふたたび安定するまで訓練し、このようにして、独立変数のさまざまな値の効果を検討した。

Table 4 から、訓練の結果、被験体が生じた反応頻度 (obtained lambda, λ_o) に効果をもつ独立変数は λ_p であり、 $P(S^R)$ ではないことが明らかである。 λ_p が変わると、ハトの反応頻度は、 λ_p の変化後の第 1 セッションから変動を示し、ひじょうに早く最終的に安定する頻度に達する。この点では、(4-1-1) で紹介したハトをパーセントイル強化スケジュールで訓練した場合に何個体かのハトがスケジュールの独立変数の変化にただちにに対応したのと同様であった。 λ_p と被験体が生じた反応頻度との相関については、 λ_p が 1 に近いほど被験体が生じた反応頻度は λ_p に近似する。また、 λ_p が 25% に近づくほど被験体が生じた反応頻度は λ_p よりやや高い傾向がある。また、さまざまな λ_p の値を通して、 $P(S^R)$ が 100% の場合では 25% の場合よりも反応頻度が高い傾向があり、この傾向は 5% 水準で有意であった。被験体の生じた IRT 分布は、実験者の設定した分布型にきわめてよく一致した。

(3-5)で述べたように、最小頻度強化スケジュールでは0.8秒以下のIRTを持つ反応数は、さまざまな λ_p の値の差異にもかかわらず変化を示さず、個体間で分散が大きく、個体内でもセッション間で分散が大きかった。(4-1-2)では、ウイスターネズミを被験体としてパーセントイル強化スケジュールで相対的に長い方のIRTを強化した場合、ITI条件を付加しなかったとき(川俣ら, 1976, 1977; 川俣・岩本, 1978)には、IRTは長くはならなかったが、ITI条件を付加したとき(岩本・吉野, 1981; 吉野・岩本, 1981, ; 吉野・岩本・早瀬, 1981)には、IRTはひじょうに長くなったことをすでに述べた。この結果と、最小頻度強化スケジュールでの短いIRTに関する結果とは関連づけて考えるべきであろう。反応依存変容型強化スケジュールではない単なるDRLスケジュールでは、きわめて短いIRT反応(burst response)は学習成績とはあまり関係なく、また個体差も著しく(Blough, 1966; Krammer & Rilling, 1970), ITI条件の付加によって、きわめて短い潜時のオペラント反応の数が少なくなる(Catania, 1970)こともすでに(4-1-2)で述べた。反応依存変容型強化スケジュールでは、短いIRTに対する特別の処理をしなければ実験制御機器の記憶する標本集団に短いIRTが多く割合を占めることになり、その標本集団にもとづいて決定される出現した反応に対する強化規準の物理的値は、実験者が被験体の遂行をできるだけすみやかに変容させるという目的にとっては、効果的な値ではなくなる。したがって、そのような目的のためには、反応依存変容型強化スケジュールにおいても、Blough (1966)のように短いIRT反応の集団を標本集団から人工的に除去するか、あるいは、岩本・吉野ら(岩本・吉野, 1981; 吉野・岩本, 1981, ; 吉野・岩本・早瀬, 1981)のようにITI条件やDT条件の付加によって短い潜時の発生を抑制することにより、強化スケジュールのもつ強化随伴性による遂行への統制が、短いIRTや潜時の発生によって妨害されないようにすることが効果的であろう。

Blough (1966)は6セッションのデータから0.8秒以上のIRTを持つオペラント反応について、IRTs/OP分布と、強化されたオペラント反応のIRT相対度数分布とを比較した。その結果Bloughは、 $\lambda_p=1.00$ の場合、強化されたオペラント反応のIRT相対度数分布と一致するのは、IRTs/OP分布よりも、IRT度数分布であったと述べている。さらに、 $\lambda_p=.50$ と $\lambda_p=.25$ の場合には、強化されたオペラント反応のIRT相対度数分布はIRT度数分布に比例していなかったと述べている。われわれがBloughの論文(1966)に掲載されているFig.5, Fig.6, Fig.8を比べたところ、 $\lambda_p=.50$ と $\lambda_p=.25$ の場合には強化されたオペラント反応のIRT相対度数分布は、IRTs/OP分布にやや近似している。しかし、Blough (1966)の実験なかの強化されたオペラント反応のIRT相対度数分布からわれわれが計算したReinf./Hr.分布は、 $\lambda_p=1.00$ の場合はIRT度数分布ともIRTs/OP分布とも一致しておらず、 $\lambda_p=.50$ の場合はIRT度数分布とやや近似し、 $\lambda_p=.25$ の場合はIRT度数分布ともIRTs/OP分布とも一致していなかった。したがって、 λ_p の3つの値を通じて、IRT度数分布やIRTs/OP分布と、強化されたオペラント反応のIRT相対度数分布やReinf./Hr.分布の間に一致する関係を見出すことはできないよ

うにわれわれには思われる。しかし、Blough (1966) によれば、IRT 度数分布と強化されたオペラント反応の IRT 相対度数分布の間にはつぎの関係があるという。ハトに短い IRT のオペラント反応を生産させるため ($\lambda_p=1.00$ の場合) には、強化されたオペラント反応の IRT 相対度数分布を、IRT 度数分布よりも短い IRT の方へ偏って度数を高くする必要がある。また、ハトに長い IRT のオペラント反応を生産させるため ($\lambda_p=.25$ の場合) には、強化されたオペラント反応の IRT 相対度数分布を、IRT 度数分布よりも長い IRT の方へ偏って度数を高くする必要がある。

以上の Blough の分析結果を、パーセンタイル強化スケジュールにおける標本集団に対する強化規準を満足する IRT の分布の偏りの存在、相対間隔分化強化スケジュールにおいて示した Fig.14 のような IRT 相対度数分布と、そのなかでの強化された IRT の分布の差異の存在と関連させて考えるとつぎのように言えよう。被験体の遂行を変容させるためには、標本集団に対して、強化されるオペラント反応の集団が明瞭な偏りを示しているだけでなく、標本数がある程度大きいことによってその偏りに対応した物理的値としての強化規準がある程度一定していることが必要である。

(4-6) 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの統一的な反応遂行過程における枠組(問題 2 について)

パーセンタイル強化スケジュール、相対間隔分化強化スケジュール、Weiss 型滴定強化スケジュールの 3 種では、IRT、潜時、反応持続時間といったそれぞれの反応測度の差異はあっても、強化されるオペラント反応の反応測度の分布の標本集団の分布に対する偏りにしたがって、その反応測度がより長くなるかあるいはより短くなるならば、その強化スケジュールは被験体の遂行を有効に統制していたといえる。これまでに紹介してきた各強化スケジュールのもとでの被験体の遂行の変容から、被験体の遂行を有効に統制した強化スケジュールとしては、Weiss 型滴定強化スケジュール、ITI 条件の付加されたパーセンタイル強化スケジュールがまずあげられる。ITI 条件の付加されていないパーセンタイル強化スケジュールでの統制力は、IRT を長くするという目的のためには、ITI 条件を付加されたパーセンタイル強化スケジュールに比べるとはるかに弱い。相対間隔強化スケジュールは被験体の遂行を有効には統制し得なかったといえる。

自己回帰強化スケジュールでは、IRT の分散が小さくなることが、強化スケジュールが被験体の遂行を統制していたことの証拠である。(4-3) で述べた実験結果から自己回帰強化スケジュールは被験体の遂行を統制していたといえる。最小頻度強化スケジュールでは実験者のあらかじめ定めておいた λ_p の異なるいくつかの分布型に被験体の IRT の分布が一致することが、強化スケジュールが被験体の遂行を統制していたことの証拠である。(4-5) で述べた実験結果から、最小頻度強化スケジュールは被験体の遂行を統制していたといえる。

被験体の遂行を変容させるのに成功した強化スケジュールであるパーセンタイル強化スケジュー

ル、Weiss 型滴定強化スケジュール、自己回帰強化スケジュール、最小頻度強化スケジュールのもとでの遂行過程に何らかの共通した特徴が見出せうるであろうか。その特徴は、被験体の遂行を変容させるのに失敗した強化スケジュールである相対間隔分化強化スケジュールでの遂行過程の特徴と明瞭に異なっているといえるのであろうか。

被験体の遂行を変容させるのに成功した強化スケジュールのうち、遂行過程についての分析が報告されていない Weiss 型滴定強化スケジュールを除くと、どの強化スケジュールのもとでも中央値付近やそれより長い IRT を強化する場合には長い IRT の連続生起傾向と短い IRT の連続生起傾向がともに検出された。これとは逆に、被験体の遂行を変容させるのに失敗した相対間隔分化強化スケジュールでは長い IRT と短い IRT にはそれぞれ 2 回程度の連続傾向はあるとも考えられるが、この 2 種の反応の交替傾向もまた著しい。このことは、DRL スケジュールにおいて、長い IRT の連続生起傾向と短い IRT の連続生起傾向のあること (Iwamoto, 1981 ; 岩本, 1981 ; Krammer & Rilling, 1970 ; Weiss, 1966, 1969) と関連させて考察すべきであろう。物理的な強化規準の値の安定性という点では、DRL スケジュールは、パーセンタイル強化スケジュールで標本数が無限大に大きく、相対的に長い IRT を強化した場合や、最小頻度強化スケジュールにおいて λ_p の値をきわめて低くした場合と類似している。したがって、相対的に長い IRT を強化したパーセンタイル強化スケジュールや、 $\lambda_p = .25$ での最小頻度化スケジュールのもとでの遂行過程と、DRL スケジュールでの遂行過程が類似していることは当然であるともいえる。さらに、相対的に短い方の IRT を強化したパーセンタイル強化スケジュールにおいて、短い IRT と長い IRT の交替傾向が見られた [(4-1-2) で述べた] ことを考え合わせると、長い IRT の生起傾向が高くなるという安定した状態に到達するには、被験体が短い IRT と長い IRT の交替傾向の状態を脱却して、長い IRT の連続生起傾向と短い IRT の連続生起傾向の状

Table 5. 反応依存変容型強化スケジュールのもつ種々の独立変数が、反応の遂行に対してもつ寄与を筆者らがまとめたもの

反 応 遂 行 の 変 容 の 方 向	独 立 変 数			左記のように判 断される根拠と なるスケジュール
	I T I	標 本 数	P(S ^R)	
I R T や 潜 時 を 長くする。	必 要	40以上く らはあった 方がよい。	無関係	P C T D R R I L F
I R T や 潜 時 を 中央値付近に収 束させる。	不 要	無 関 係	無関係	A R G
I R T や 潜 時 を 短くする。	不 要	無 関 係	無関係	P C T

PCT : percentile reinforcement scheduleの略
DRRI : differential reinforcement of relative intervalsの略
L F : least frequency reinforcement scheduleの略
ARG : auto-regression reinforcement scheduleの略

態へと移行することが必要となるであろう。しかし、このことは、DRL 行動の学習前期と終期において、そのような遂行過程の変容が存在していることを直接的に示唆しているのではなく、強化スケジュールの IRT を分化強化するさいの標本数と分化強化する IRT の選択性(被験体 IRT 生起傾向に対して極端に長い IRT を強化する等)という独立変数上の差異と、遂行過程の差異のあいだに相関のあることを示したものである。

残念ながら、上記以外の点では、本論文で紹介した限りの実験結果の分析からは、統一的なオペラント反応の遂行過程を見出すには到らなかった。しかし、被験体の遂行を変容させるためにはいかなる手続きが有効であるかという観点からは、(3-6)で述べた強化スケジュールの統一的な手続きの枠組との関連で述べる事が可能である。それはすでに、述べてきたことの重複となる点も多いので Table 5 にまとめて示した。IRT や潜時を長くであろうと、短くであろうと、あるいは中ほどであろうと、統制する最も重要な独立変数は、標本集団に対して強化するオペラント反応測度上の極端さ、つまり、選択性の高さである。Table 5 で、ITI 条件や標本数が、IRT や潜時を長くする場合にのみ有効に働くということは、IRT や潜時を長くすることを学習することと、中央値付近に収束させたり短くしたりすることは、被験体にとって課題がまったく異なる意味をもっているのであることを推定させる。

第 5 章 反応依存変容型強化スケジュールの反応遂行の変容に対する効率 (問題 3 について)

Table 6 に、これまで説明してきた反応依存変容型強化スケジュールで、平均 IRT や平均潜時がどれだけの訓練セッションを費せばどのくらいになるのかをまとめて示した。これにもとづいて、DRL, DT-DRL, DRLL スケジュールの遂行の変容に対する効率を比較したい。

ハトを被験体とした場合、Catania (1970) によれば、20 秒の ITI 条件の付加された DRLL 24.4 スケジュールで平均潜時を 22.3 秒まで伸ばすことができ、また 0.2 秒の ITI 条件の付加された DRLL 24.4 スケジュールでは平均潜時を 22.5 秒まで伸ばすことができた。この ITI 条件は、ITI 中のオペラント反応の生起は ITI を再開させることとした。Alleman と Platt (1973), Platt (1973) がパーセンタイル強化スケジュールで相対的に長い方の IRT を強化してハトを訓練した場合では、20 セッション (1 セッションは 50 強化で終了させた) の訓練にもかかわらず平均 IRT は約 1 秒に止まった。Blough (1966) が最小頻度強化スケジュールで $\lambda_p = \frac{1}{4}$ としてハトを訓練した場合には、約 9 セッション (1 セッションは 80 分間) で平均 IRT を約 3 秒となった。以上のことから、ハトを被験体とした場合では、最小頻度強化スケジュールでは λ_p がより低い値で実施された実時がこれまででないため判断することはできないが、ITI 条件の付加されていないパーセンタイル強化スケジュールが遂行の変容を短期間で達成させ得るとはいえないことが明らかである。

Table 6. 反応依存変容型強化スケジュールの遂行の変容に対する効率についてまとめたもの

スケジュール	被験体	強化の方向	平均 IRT (約)	左記の値になるまでの訓練に要したセッション数	1セッションの終了条件	引用文献
P C T	ハ ト	長い IRT を強化	1 秒	スケジュールの独立変数の変化後ただちに变化する場合もあれば、しだいに变化する場合もあった。	50強化	AllemanとPlatt (1973), Platt (1973)
P C T	ハ ト	短い IRT を強化	0.25秒	〃	50強化	〃
P C T	ネ ズ ミ	長い IRT を強化	6 秒	セッションを繰り返しても変化はなかった。	30分間	川俣・岩本(1978)
P C T	ネ ズ ミ	短い IRT を強化	0.7 秒	第14セッション	30分間	〃
ITI-PCT	ネ ズ ミ	長い IRT を強化	14 秒	第11セッション	30分間	吉野・岩本(1981), 岩本・吉野(1981)
ITI-PCT	ネ ズ ミ	短い IRT を強化	2 秒	セッションを繰り返しても変化はなかった。	30分間	〃
ITI-PCT	ヒ ト	長い IRT を強化	10 秒	第1セッション	30分間	〃
ITI-PCT	ヒ ト	短い IRT を強化	0.5 秒	第1セッション	30分間	〃
L F	ハ ト	$\lambda_p = 1/4$	3 秒	第9セッション	80分間	Blough (1966)
L F	ハ ト	$\lambda_p = 1/2$	2 秒	第6セッション	80分間	〃
L F	ハ ト	$\lambda_p = 1$	1 秒	第8セッション	80分間	〃

PCT ; percentile reinforcement schedule

ITI-PCT; percentile reinforcement schedule with intertrial interval

L F ; least frequency reinforcement schedule

ウイスターネズミを被験体とした場合、岩本 (1981), 岩本・大久 (1974) によれば, DRL 12 スケジュールで第 7 セッション (1 セッションは 30 分間) において, IRT 度数分布の最頻度は 14 秒~16 秒の IRT の bin に存在するようになった。ただし, 0 秒~2 秒における IRT の bin の度数も多かった。同じく岩本 (1981), 岩本・大久 (1974) によれば, 梶子が引っ込むために 2 秒間梶子押し反応ができない DT 条件の付加した DT-DRL 12 スケジュールでウイスターネズミを訓練した場合には, 第 7 セッション (1 セッションは 30 分間) において, IRT 度数分布の最頻値は 14 秒~16 秒の IRT の bin に存在するようになった。0 秒~2 秒の IRT の bin の度数は先ほどと異なり, きわめて少なかった (Fig.22)。和田・吉野・岩本 (1982 a,b) によれば, 5 秒間の ITI 条件の付加された DRLL20/LH36 スケジュールでシロネズミを訓練した場合, IRT 度数分布の最頻値が 12 秒となるのに約 20 セッション (1 セッションを 30 分) の訓練が必要であった。この ITI 条件は, ITI 中のオペラント反応の生起が ITI を再開することとした。早瀬 (1977), 岩本・吉野・早瀬・高橋 (1980) によれば, ITI 中にオペラント反応が生起しても ITI を再開させずそのまま時間を進行させる手続きの 5 秒間の ITI 条件の付加された DRLL 12/LH 20 スケジュールでウイスターネズミを訓練した場合には, 平均潜時が 12 秒をこえるのに 16 セッション (1 セッションは 30 分間) の訓練を必要とした。これに対し, 川俣・岩本 (1978) によれば, パーセンタイル強化スケジュールで相対的に長い IRT を強化してウイスターネズミを訓練した場合では, 14 セッション (1 セッションは 30 分間) 訓練しても, 第 1 セッションから平均 IRT

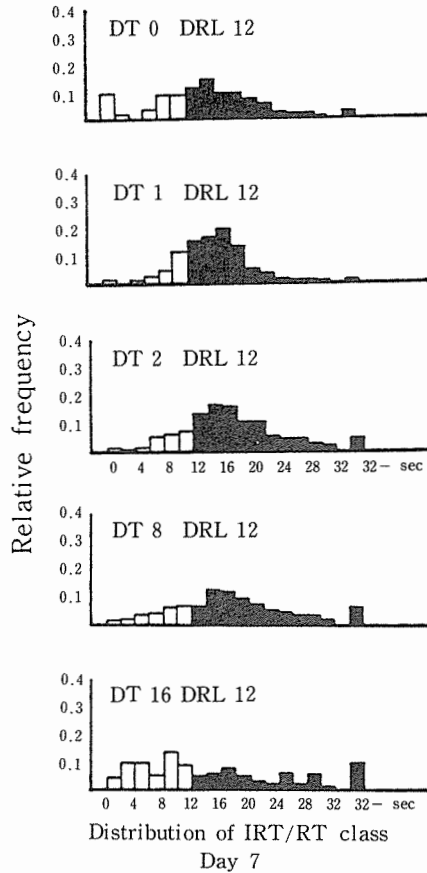


Fig.22. 引込み型擬子を用い、引込み時間による IRT/RT の分布を示したもの

黒く塗りつぶされた部分は強化された IRT/RT を示している。DT が 0 秒、つまり引込まない条件では 0 秒～2 秒の IRT を持つ反応が多いが、DT が 1 秒、2 秒、8 秒の条件ではこの部分に相当する RT が抑制されている。DT が 16 秒の条件では DRL 12 秒の学習そのものが他の条件に比して進行していない。個体数はいずれも 6 (岩本・大久, 1974 より)。

は約 6 秒のまま変化しなかった。岩本・吉野 (1981), 吉野・岩本 (1981), 吉野・岩本・早瀬 (1981)によれば, 2 秒間の ITI 条件を付加されたパーセントイル強化スケジュールで相対的に長い IRT を強化してウイスターネズミを訓練した場合, 第 11 セッション(1 セッションは 30 分間)で平均潜時は約 14 秒となった。以上の結果から, ネズミを被験体とした場合でも, ITI 条件の付加されていない場合には, パーセントイル強化スケジュールが遂行の変容を短期間で達成させるとはいえないことが明らかである。しかし, ITI 条件を付加されたパーセントイル強化スケジュールでは, DT-DRL, DRLL スケジュールとほぼ同程度の期間で遂行の変容を達成したといえる。

Weiss 型滴定強化スケジュールがイヌの反応持続時間を 40 秒以上に達するまでに、どの程度の訓練期間を必要としたかは、Weiss (1969) には記載されていない。また、Weiss (1969) に記載されている被験体は 1 個体のみであり、同様の強化スケジュールで訓練を受けた他の個体も同様の遂行を示すのかについての記載はない。したがって、Weiss 型滴定強化スケジュールがどの程度、他の手続きに比べて短期間に被験体の遂行を変容させうるかについては不明である。しかし、(3-4) で述べたように、Weiss 型滴定強化スケジュールでは、強化後と非強化後で強化規準の設定方法が異なるという、他の反応依存変容型強化スケジュールには見られない複雑な方法を採用しており、被験体の遂行を変容させる効率の良い手続きである可能性は高いのではないかと推察される。

第 6 章 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの反応遂行過程の分析 から推定されるヒト以外の被験体の IRT・反応潜時変容過程について の一般的考察 (問題 4 について)

(4-6) ですでに述べたように、被験体のオペラント反応における IRT や潜時の生起傾向の変容に成功した、相対的に長い IRI や潜時を強化するというパーセンタイル強化スケジュール、自己回帰強化スケジュール、最小頻度強化スケジュールでは、長い IRT や潜時のあとには長い IRT や潜時の生起する傾向が高く、短い IRT や潜時のあとには短い IRT や潜時の生起する傾向が高かった。そして、これは、DRL スケジュールのもとでの傾向と一致していた。他方、被験体の IRT や潜時の生起傾向の変容に失敗した相対間隔分化強化スケジュールと、相対的に短い IRT を強化するパーセンタイル強化スケジュールでは長い IRT と短い IRT の交替して出現する傾向が著しかった。長い IRT を分化強化する場合の遂行の変容過程として、訓練初期には長い IRT と短い IRT の交替傾向が存在しても、訓練後期になると長い IRT の連続生起傾向と短い IRT の連続生起傾向が成立するようになる可能性はある。しかし、そのような仮定を検討しうるような十分に長期間にわたる実験はこれまでには行なわれてはおらず、したがってこれらの面については本論文では扱っていない。

被験体の IRT や潜時の生起傾向の変容に成功した強化スケジュールでは、実験者の設定した強化規準の値はきわめて著しく変動してはおらず、ある程度一定に保たれていた。これに対して、被験体の IRT の生起傾向の変容に失敗した相対間隔分化強化スケジュールでは物理的な強化規準の値は、オペラント反応の生起ごとにきわめて著しく変容していた。このことから、ヒト以外のハトやウイスターネズミなどの被験体における IRT の生産は、被験体が過去に生産した複数の IRT について、その IRT の生起順位、IRT の長さ、強化刺激随伴の有無の 3 つの情報を精緻に比較して行われているのではないのであろう。この 3 つの情報を比較しなければ、前回の IRT よりも長い IRT を生産すれば強化が得られるという行動は成立し得ない。むしろ、

実際には IRT の長さ、または反応持続時間の長さ、強化随伴の有無の 2 つの面についての情報のみが被験体に累積され、被験体の体内に、各 IRT bin ごとの強化頻度 (Reinf. / Hr.) か、各 IRT bin ごとの強化確率 (Reinf. / IRT) がおおまかな形で成立しているのであろう。ただし、累積されるオペラント反応の数は、遂行の変容を実現するには約 40 個ほどでよい。このことは、(4-1) で、標本が 40 ほどで強化規準の値が変動する場合にも、被験体の遂行がかなり適合的に追従することから明らかである。ある程度遠い過去に生産された IRT とそれに対する強化随伴の有無についての情報は被験体からは忘れ去られている（少なくとも遂行には反映されない）と考えた方が、(4-1) での強化規準の一時的 (temporary) な値に被験体の遂行がよく適合的に追従することをよく説明している。もちろん、このようなモデルは、被験体の外的に明確な (overt) 遂行過程の変容を説明するための被験体の側の独立変数に関するおおまかな記述的モデルであり、このような反応過程を生理的に支えるメカニズムとしての微視的モデルではない。

第 7 章 反応依存変容型強化スケジュールの効果と効用

(7-1) 反応形成の側面について

反応依存変容型強化スケジュールの定義の条件 1, 2 を充たす強化スケジュールには、反応の中心的位置がスケジュールの操作により予測される方向に移動したものと、特別にそのような移動が認められなかったものがあつたことはすでに述べた。ここにあげた反応依存変容型強化スケジュールは、すべて IRT (または RL) に対する分化強化スケジュールであることからすると、見掛けのうえではすべての反応依存変容型強化スケジュールのもとで DRL または DRLL 強化スケジュールなどに認められるような、選択され分化的に強化された方向への反応形成が期待された。そこで、スケジュールによる分化強化の方向と同じ方向（とくにここでは IRT, RL の長くなる方向）へと反応が形成された反応依存変容強化型スケジュールに注目すると、つぎのような点が特徴として識別される。第 1 に最少頻度強化スケジュールでは、150 個のサンプル数と、0.8 秒以下の反応の排除、そして分布の最少の出現頻度を示す極端な IRT に対する強化という安定した選択性があげられる。第 2 に Weiss 型の滴定強化スケジュールでは、非強化反応後の強化規準の変動法が 2 段階に構成されている。つまり、強化規準から掛け離れた反応がある程度連続して出現しなければ、非強化反応が強化規準の短縮を引き起こさないようにスケジュールされている。このような、大きなサンプル、極端に短い反応の無視、強化規準の短縮への抵抗といった安定した選択性を持つ強化スケジュールを仮に「絶対分布型」強化スケジュールと呼ぶなら、これに対し「相対分布型」と呼べる類の反応依存変容型強化スケジュールはつぎのような特徴を持つ。これらは相対的に小さいサンプル数〔または最近の反応といった局所的 (local) 分布との比較〕、フリー・オペラント、強化規準の変動の容易さなどである。そして

このような相対分布型の強化スケジュールでは、分化強化にもかかわらず IRT または RL の全体的分布には、分化方向に向かう反応形成は認められない。ただし相対分布型反応依存変容型強化スケジュールでも、サンプル数の拡大と、DT 条件の付加等の操作により「絶対分布型」の反応依存変容型強化スケジュールと同様の反応形成を期待できる。

Gibbon (1977) は、強化規準となる持続時間に対する見積りをする過程を含む部分と、強化刺激に接近する時程のなかでしだいに高まる動機づけの側面をもつ過程の部分による行動の調整を中心としたモデルを述べている。このような全体の規準となる強化間隔を決定する統制と、個別の反応を決定する統制とを分け、IRT または RL の分布全体を移動させる反応形成が成立する刺激統制を考慮すると、次のようになろう。第 1 は、強化刺激の統制である。絶対分布型反応依存変容強化スケジュールを拡張して解釈するなら DRL や DRLl 強化スケジュールがその典型となる。これらにおいては強化刺激は比較的一定の間隔以上で出現するが、相対分布型反応依存変容型強化スケジュールでは強化刺激の出現間隔は変動しやすく、不安定である。Weiss と Laties (1964) に示されるように、強化刺激が唯一の規準時間を境に悉無律的に決められるのではなく、ガウス分布やその他の傾きに従って確率的に決められるときには、IRT や RL の分布の中心が後方に移るのは困難なことである。したがって、相対分布型の反応依存変容型強化スケジュールでも同様の結果が予測される。第 2 は、反応に依存して生起する外部及び内部刺激の統制がある。Uramoto (1971) は DRL 強化スケジュールを用いてネコを訓練したが、強化反応に外部手掛け刺激を随伴させると強化規準以上の IRT の頻度と、IRT の分散が増加することを報告している。さらに、DT 条件による反応形成の差異も、反応により開始される DT 期間の負の弁別刺激統制や、反応可能 (response available) 期間の持続の持つ刺激統制の効果を導入することによる統制力の増大によると解釈できる。

一般に反応依存変容型強化スケジュールが反応形成に有効であるということは、強化の分化性の方向に反応の全体的な分布が偏ることを期待できるということと同じではない。このような偏りは強化の選択性の強さに依存して実現されるものである。むしろ強化の選択性を相対的な限定された分布に従って決定することで、全体的分布に依存して決まる選択性を排除し、標本集団と反応連続により決められる反応出現についての機構や要因を操作的に明らかにすることが反応依存変容型強化スケジュールの目的とするところである。

(7-2) 反応依存変容型強化スケジュールの拡張

反応依存変容型強化スケジュールは、その定義の(条件 2)に依って、限定された地域的な反応分布にもとづく分化強化を可能とした。しかし(7-1)に述べたように、強化刺激の統制に関しては直接的な操作は加えられない。せいぜい強化の反応数に対する比率が全体的な期待値として導きだされるに留まる。反応依存変容型強化スケジュールをさらに拡張し、強化刺激についても、その刺激の特定の側面について標本集団を構成し、それとの比較によってつぎの強化刺激の提示を決定する操作を追加することで、強化の刺激統制について分析を可能なものと

することができる。またさらに拡張を進めるならば、分析対象となるすべての刺激統制の側面についても同様に標本集団を構成し、それらにもとづいて分化的強化を出現させることによる行動分析を進めるといった、より一般的な反応依存変容型強化スケジュールが想定される。このように、現時点での反応依存変容型強化スケジュールによる研究は、その内包する分野の一部分が展開されているに過ぎない。

(7-3) 反応依存変容型強化スケジュールの効用

反応依存変容型強化スケジュールの効用については、第5章と第6章で述べた考察と重複する点が多いが、本章では以下にまとめて検討してみることにする。

これまでに用いられた5種類の反応依存変容型強化スケジュールの考案者たちが、このような強化スケジュールを考案した理由や、それらの強化スケジュールの持つ新しい効用として考えている事柄を筆者らがまとめると、おもにつぎの2点となる。1点は、強化スケジュールのもとでの反応過程の問題や行動対比 (behavior contrast) の問題の研究のための手法として、行動を統制している可能性のある独立変数を複数個組み合わせ、そのコントロールのもとに被験体をおき、独立変数を実験者が操作することによって、被験体の自発反応の生起を決定している要因を実験的に示そうとする効用である。このさいには、独立変数同士を相互に任意の値で組み合わせ可能であるということが有用であった。AllemanとPlatt (1973) がパーセンタイル強化スケジュールを考案したときの彼等の目的はこの点にあった。

別の1点は、できるだけ早くある特定の反応傾向を被験体に獲得させるための方法として、反応依存変容型強化スケジュールを用いる効用である。Weiss (1969) が、独自の複雑な滴定強化スケジュールを考案した理由はこの点にあるようである。川俣・岩本・梅岡 (1975) の相対間隔分化強化スケジュールは自発反応の変容過程の微視的分析のためになされた。しかし、WeissとLaties (1965) の自己回帰強化スケジュールやBlough (1966) の最小頻度強化スケジュールは、前出の2つの目的のどちらとも決定しがたく、強化の随伴性の確率的な適用の実験研究の例として位置づけられよう。

第6章で述べたように、自発反応の変容過程の研究に対して、反応依存変容型強化スケジュールにはそれだけで問題の解決がもたらさるというほどの強力な利点はないが、他の方法では得られない有効な事実が得られたことは確かである。しかし、できるだけ早くある特定の反応を被験体に獲得させるという目的に対しては、第5章で述べたようにWeiss型の滴定強化スケジュールはその目的を達しているが、パーセンタイル強化スケジュールや相対間隔分化強化スケジュールはDRLやDRLLスケジュールに比べてそれほどすぐれているわけではない。このようなことは、本来、パーセンタイル強化スケジュールや相対間隔分化強化スケジュールができるだけ早くある特定の反応を被験体に獲得させるという目的のためには独立変数を設定しているわけではないのであるから、当然の結果ともいえよう。

筆者らは、上述の2つの目的のために、反応依存変容型強化スケジュールがもつに至った特

徴、すなわち、スケジュールの独立変数が複数あり、それらの独立変数同士を相互に任意の値で組み合わせることが可能である点と、できるだけ早くある特定の反応型を被験体に獲得させるために強化と非強化後の事象の生起の別に従ってそのあとの強化規準の計算方法を異なったものとするような点を、組み合わせることによって、今後あらたなタイプの反応依存変容型強化スケジュールを考案することが可能ではないかと考えている。そのようなあらたな強化スケジュールは、被検体があらたな行動を獲得するのに要する時間を短縮すると同時に、行動の変容を決定する要因について実験的に検討することが可能なさまざまな独立変数の任意の組み合わせを、実験者に対して可能とするものである。具体的には、Weiss 型の滴定強化スケジュールとパーセンタイル強化スケジュールを組み合わせたものがその一例となり得ると考えている。このような強化の手続きを実行するには従来の強化スケジュールの実行よりもこの強化スケジュールが複雑なため当然きわめて多くの労力を要するであろう。しかし、槌子を押すとか、キイをつつくとか、発声するとかといった、反応トポグラフィの原型それ自体は、反応形成(shaping)手続きによって被験体によってオペラント反応として解発されるようになったが、反応トポグラフィが、IRT や反応持続時間の変容以上に変容しにくい場合には、この反応依存変容型強化スケジュールを用いた漸進的接近の方法が、有効なほとんど唯一の方法であるように思われる。

以上のような効用に加えて、筆者らは、反応依存変容型強化スケジュールのもとにおける自発反応の行動学的・生理学的メカニズムと、DRL や DRLL における反応のそれとが異なっている可能性についても言及すべきであろう。第4章と第6章で述べたように、反応依存変容型強化スケジュールのもとでは被験体の“迷信行動”の発達は認められないのに対し、DRL や DRLL スケジュールのもとでは“迷信行動”の発達することが多い。このことはIRT や反応潜時の分布ではたとえ同一であったとしても、被験体の本来の行動そのものは異なっていることを示している。このことと、パーセンタイル強化スケジュールにおいて、1セッション内で反応潜時が著しく長くなることは、これまでおもに時間弁別行動の研究に携わってきた筆者らにとって、真正の(genuine)時間弁別行動であると保証をもっていえるのは、DRL や DRLL スケジュールのもとでの行動よりむしろパーセンタイル強化スケジュールのもとでの行動であるという結論に達した。このように、反応依存変容型強化スケジュールのもとでは、強化規準が反応に依存して変動するために、被験体の反応は強化規準の次元に真に直接関連した行動から成り立っている。これに対して、強化規準が変動しないDRL や DRLL などの強化スケジュールでは、強化規準の次元とは別の次元における何らかの刺激への反応が、偶然的に強化規準を満足する可能性があり、たとえば“迷信行動”などが形成される余地が大きい。反応依存変容型強化スケジュールにおける、形成された反応の真の手掛りと、強化規準の次元との一致性の高さも、反応依存変容型強化スケジュールの効用である。

第8章 ま と め

パーセントイル強化スケジュール, 最小頻度強化スケジュール, 相対間隔分化強化スケジュール, 自己回帰強化スケジュール, Weiss 型の滴定強化スケジュールは, 実験制御機器が被験体のつねに最も最近のオペラント反応の反応測度を記憶しその一定数を標本集団とし, 強化規準の設定はこの標本集団にもとづいて相対的に決定される。そのため, 1 つ 1 つのオペラント反応の傾向に依存して強化規準が変容するという操作上の特徴を, これらの強化スケジュールでは共通してもっており, 従来から多用されてきたオペラント反応の時々刻々と生起する実際の傾向とは無関係に強化規準が固定されている強化スケジュールと対比する意味で, 反応依存変容型強化スケジュールと総称することが可能であろう。

反応依存変容型強化スケジュールが被験体のオペラント反応の遂行過程を有効に統制した場合では, 被験体のオペラント反応を統制した要因は, 強化確率や強化頻度ではなく, 強化規準が実験制御機器が記憶している一定数標本集団の中に存在する相対的位置の極端さであった。このような強化スケジュールのもとでは, 長い IRT の連続生起傾向と短い IRT の連続生起傾向が見られた。前者は, 待ち時間直線型確率強化スケジュール, 待ち時間ガウス型確率強化スケジュール, 低頻度分化強化スケジュールのもとでのオペラント反応の変容の比較研究(Weiss と Laties, 1964)などから考察されるさまざまな現象と一致する。また, 後者は, 低頻度分化強化スケジュールのもとでのオペラント反応の時系列分析に等しい結果である。以上の点から, 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの遂行が, 低頻度分化強化スケジュールのもとでの遂行や反応持続時間強化スケジュールのもとでの遂行と共通した点があることも推定される。一方, これらの強化スケジュールのもとでの遂行との相違点もある。反応依存変容型強化スケジュールのもとでその強化規準の変容があった場合には, “迷信行動”の成立は起こらない。これに対して, 低頻度分化強化スケジュールのもとでは容易に“迷信行動”が成立する。“迷信行動”ではない行動を成立させることのみを目的とするならば, 反応依存変容型強化スケジュールの方が, 強化規準が固定した従来の強化スケジュールよりも優れているといえよう。

しかし, 反応依存変容型強化スケジュールのもとでの遂行の変容の効率は, 強化規準が固定した従来の強化スケジュールのもとでのそれよりも, 一般的には良好とはいえない。それは強化規準が反応に依存して変動するという, この強化スケジュールの基本的性質に起因する。しかし, Weiss 型滴定強化スケジュールでは, 非常に効率よく遂行を変容させうる可能性がある。第7章で述べたように, 反応依存変容型強化スケジュールのうちで反応遂行における強化効率の向上を目的として考案されたといえるのは Weiss 型滴定強化スケジュールのみであるので, 反応遂行の強化効率の上昇を目指す必要があるとすれば, これらの反応依存変容型強化スケジュールの各長所を総合することが必要であろう。

反応依存変容型強化スケジュールのもとでの反応遂行の分析は, IRT の長さを測度として分

化強化をすれば、長い IRT と短い IRT の交代傾向が顕著なことから、しだいに長い IRT の連続傾向と短い IRT の連続傾向への両方向へ変化するという過程が存在する可能性を示した。この可能性を検討するのに十分な実験は今のところ見あたらない。また、ウイスターネズミのような被験体はオペラント反応を遂行するにあたり、IRT の長さまたは反応持続時間の長さと、それに対する強化随伴の有無について、比較的最近に生起したものについてはおおまかに記憶しているが、ある程度遠い過去に生起したものについては“忘れ去られている(少なくともオペラント反応の遂行には直接的には反映されない)”ことがオペラント反応に対する時系列分析やマルコフ過程の分析などから推定されている。

引用文献

- Alleman, H. D., & Platt, J. R. (1973) Differential reinforcement of interresponse times with controlled probability of reinforcement per response. *Learning and Motivation*, **4**, 40-70.
- Anger, D. (1956) The dependence of interresponse times upon the relative reinforcement of different interresponse times. *Journal of Experimental Psychology*, **52**, 145-161.
- Anger, D. (1973) The effect upon simple animal behavior of different frequencies of reinforcement, part II: Separate control of the reinforcement of different IRTs. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **20**, 301-312.
- Blough, D. S. (1966) The reinforcement of least frequent interresponse times. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **9**, 581-592.
- Catania, A. C. (Ed., 1968) *Contemporary research in operant behaviors*. Scott, Foresman.
- Catania, A. C. (1970) Reinforcement schedules and psychophysical judgments: A study of some temporal properties of behavior. In Schoenfeld, W. N. (Ed.) *The theory of reinforcement schedules*. Appleton-Century-Crofts, Pp. 1-42.
- de Villiers, P. (1977) Choice in concurrent schedules and a quantitative formulation of the law of effect. In Honig, W. K. & Staddon, J. E. R. (Eds.), *Handbook of operant behavior*. Prentice-Hall. Pp. 233-287.
- Ferrano, D. P., Schoenfeld, W. N., & Snapper, A. G. (1965) Sequential response effects in the white rat during conditioning and extinction on a DRL schedule. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **8**, 255-160.
- Ferster, C. B., & Skinner, B. F. (1957) *Schedules of reinforcement*. Appleton-Century-Crofts.
- Gibbon, J. (1977) Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review* **84**, 279-325.
- 早瀬雅彦(1978) 長潜時分化強化スケジュールを用いたシロネズミの時間弁別行動の研究, 北海道大学文学部卒業論文.
- 早瀬雅彦(1980) パーセンタイル強化スケジュール下でのヒトとシロネズミの行動に関する実験的研究, 北海道大学大学院文学研究科修士論文.
- Iwamoto, T. (1981) *The time series structure of operant responses in the DT-DRL schedule of normal and septal lesioned rats*. In Bradshaw, C. H., Szabadi, E., & Lowe, C. F. (Eds.), *Quantification of steady-state operant behaviour*, Elsevier/North-Holland Biomedical Press. Pp. 377-380.
- 岩本隆茂(1981) 時間弁別事態におけるオペラント反応におよぼす強化と非強化の影響 心理学評論, **24**, 286-305.
- 岩本隆茂(1982) 強化スケジュール 佐々木正伸 編 現代基礎心理学 5, 学習 I 東京大学出版会, Pp. 115-149.
- 岩本隆茂・大久信雄(1974) シロネズミの DT-DRL 訓練と反応環境 日本動物心理学会第 34 回大会 動物心理学年報, **24**, 115-116.
- 岩本隆茂・吉野 弘(1981) PCT 強化スケジュールにおけるネズミとヒトの挺子押し反応に及ぼす percentile 順位と sample size の効果 II. 反応潜時の時系列特徴に関するネズミとヒトの比較 日本心理学会第 45 回大会発表論文集, 277.
- 岩本隆茂・小笠原信一郎・吉野 弘・高橋憲男(1979) シロネズミにおける DRL 行動の時系列的分析 日本動物心理学会第 39 回大会 動物心理学年報, **29**, 61.
- 岩本隆茂・吉野 弘・早瀬雅彦・高橋憲男(1980) ネズミの時間弁別行動における反応パターンに及ぼす強

- 化スケジュールの効果 日本動物心理学会第40回大会 動物心理学年報, **30**, 56.
- 川俣甲子夫・岩本隆茂 (1977) パーセントイルスケジュールによるシロネズミのオペラント条件づけについて 北海道心理学会第24回大会研究発表抄録, 4-5.
- 川俣甲子夫・岩本隆茂 (1978) Percentile 強化スケジュールにおけるシロネズミのオペラント反応の分化 日本心理学会第42回大会発表論文集, 568-569.
- 川俣甲子夫・岩本隆茂・梅岡義貴 (1975) シロネズミによる反応依存型変容強化スケジュールの分析 日本動物心理学会第35回大会 動物心理学年報, **25**, 144.
- 川俣甲子夫・岩本隆茂・梅岡義貴 (1976) シロネズミの percentile 強化スケジュールにおけるオペラント反応 日本心理学会第40回大会発表論文集, 511-512.
- Kintsch, W. (1965) Frequency distribution of interresponse times during VI and VR reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **8**, 347-352.
- Krammer, T. J., & Rilling, M. (1970) Differential reinforcement of low rates: A selective critique. *Psychological Bulletin*, **74**, 225-254.
- Morse, W. H. (1966) Intermittent reinforcement. In Honig, W. K. (Ed.) *Operant behavior: Areas of research and application*. Prentice-Hall. Pp. 52-108.
- 本吉良治・編 (1975) 特集論文「オペラント」 心理学評論, **18**, 203-421.
- 中浜 博 (1977) DRL 学習行動の定量化 日本動物心理学会第37回大会シンポジウム 動物心理学年報, **27**, 49-50.
- Nakahama, H., Yamamoto, M., Ishii, N., Fujii, H., & Aya, K. (1977) Dependency as a measure to estimate the order and the values of Markov processes. *Biological Cybernetics*, **25**, 209-226.
- Platt, J. R. (1973) Percentile reinforcement: Paradigms for experimental analysis of response shaping. In Bower, G. H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. Vol. 7., Academic Press, Pp. 271-276.
- Reynolds, G. S. (1968) *A primer of operant conditioning*. Scott, Foresman.
- Reynolds, G. S., & McLeod, A. (1970) On the theory of interresponse-time reinforcement. In Bower, G. H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. Vol. 4., Academic Press, Pp. 85-107.
- Richelle, M. & Lejeune, H. (1980) *Time in animal behavior*. Pergamon Press.
- Skinner, B. F. (1938) *The behavior of organisms*. Appleton-Century-Crofts.
- Uramoto, I. (1971) Effects upon conditioned response time of contingent photic stimulation in cats. *Physiology and Behavior*, **6**, 203-204.
- 和田博美・吉野 弘・岩本隆茂 (1982 a) 見本時間付き DRLL スケジュールと多重 DRLL スケジュールにおけるシロネズミの時間弁別行動 II. 日本心理学会第46回大会予稿集, 116.
- 和田博美・吉野弘・岩本隆茂 (1982 b) 見本時間付き DRLL と多重 DRLL におけるネズミの時間弁別行動 I. 反応数・強化数に及ぼす向精神薬の効果 日本動物心理学会第42回大会 動物心理学年報, **32**, 48.
- Weiss, B. (1969) Digital computers in the behavior laboratory. In Digital Equipment Corporation (Ed.), *Computers in the psychology laboratory*. Vol. 1. Pp. 1-13.
- Weiss, B. (1970) The fine structure of operant behavior during transition states. In Schoenfeld, W. N. (Ed.), *The theory of reinforcement schedules*, Appleton-Century-Crofts. Pp. 277-311.
- Weiss, B., & Laties, V. G. (1964) Effects of amphetamine, chlorpromazine, pentobarbital, and ethanol on operant response duration. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, **144**, 17-23.
- Weiss, B., & Laties, V. G. (1965) Reinforcement schedule generated by an on-line digital computer. *Science*, **148**, 658-661.

- Weiss, B., Laties, V. G., Siegel, L., & Goldstein, D. (1966) A computer analysis of serial interactions in spaced responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **9**, 619-626.
- Weiss, S. J. (1967) Free-operant compounding of variable-interval and low-rate discriminative stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **10**, 535-540.
- 矢口 敬・岩本隆茂 (1982) ネズミの多重 DRL スケジュールにおける反応継起特性について一刺激性制御と並行行動 動物心理学年報, **32**, 73-86.
- 吉野 弘・岩本隆茂 (1981) PCT 強化スケジュールにおけるネズミとヒトの槌子押し反応に及ぼす percentile 順位と sample size の効果 III, percentile 順位, sample size, 被験動物種の 3 要因について 日本心理学会第 45 回大会発表論文集, 278,
- 吉野 弘・岩本隆茂・早瀬雅彦 (1981) PCT 強化スケジュールにおけるネズミとヒトの槌子押し反応に及ぼす percentile 順位と sample size の効果 I. セッション開始後の時間経過という刺激の "stimulus control" について 日本動物心理学会第 41 回大会 動物心理学年報, **31**, 57.
- 吉野 弘・川俣甲子夫・岩本隆茂 (1980a) シロネズミにおける chain DT-FR3 DRLL pct 訓練時に時間弁別行動一パーセンタイル(pct)強化スケジュールを強化変数として一 日本心理学会第 44 回大会発表論文集, 268.
- 吉野 弘・川俣甲子夫・岩本隆茂 (1980b) 学習事態における訓練手続きとしてのパーセンタイル強化スケジュールの効用 北海道心理学研究, **3**, 12-13.
- 吉野 弘・高橋憲男・岩本隆茂 (1980) シロネズミにおける chain DT-FR3 DRLL pct 訓練時の反応パターンとその保持に及ぼす各種薬物の効果 日本動物心理学会第 40 回大会 動物心理学年報, **30**, 39.

ABSTRACT

“DIFFERENTIAL REINFORCEMENT ON
SAMPLED RESPONSES DISTRIBUTION”
(DRSRD) SCHEDULES AND THEIR USEFULNESS

Takashige IWAMOTO

Department of Psychology, Faculty of Letters, Hokkaido University

Hiroshi YOSHINO

Department of Pharmacology, Kagoshima University Dental School

Kaneo KAWAMATA

Department of Culture, Seishu Junior College Seishu Junior College

In conventional reinforcement schedules, the reinforcement values such as inter-response time, response latency, response duration and response force is fixed independent of the subjects response tendency. On the other hand, there is another group of schedules with different experimental manipulation, in which the reinforcement values are dependent of temporal response tendency. They have been differentially called percentile reinforcement (Alleman and Platt, 1973), differential reinforcement of relative intervals (Kawamata *et al.*, 1975), autoregression (Weiss and Laties, 1965), least frequency (Blough, 1966) or special application of titration (Weiss, 1969). In the present article, the authors will describe several common characteristics of these schedules and attempt to analyze them for better understanding of the experimental modification of behavior. Therefore, it seems convenient to categorize these schedules in a class and to term them “differential reinforcement on sampled responses distribution” (DRSRD) schedules.

In these schedules, sample size of responses large enough to give the reliable distribution of response properties is previously decided, and successive sets of responses prior to the response to be emitted are taken in order to reconstruct the response distribution after the last response. In this way, the sample distribution presents local response tendency of subjects under the schedules, and the reinforcement values are decided according to the relative position in the response distribution. Thus, while the extreme of the reinforcement values to the subject's response tendency is

always kept constant independent of the subject's response tendency at any local segment, the reinforcement values vary from response to response and are given a relative position in response tendency like temporally varied distribution of IRTs, response durations and latencies decided from the fixed reinforcement criterion such as percentile ranks, programmed lambdas and exponential functions.

Therefore, DRSRD schedules have two independent variables as schedules parameters. One is the sample size, *i. e.* the number of responses, and the other is the reinforcement criterion which specifies not the direct reinforcement values but the degree of extreme of reinforcement values in comparison with local response tendencies. In percentile and least frequency reinforcement schedules, probability of reinforcement is also an independent variable, and reinforcement is executed only when the conditions of the reinforcement value and the random ratio value or some other functions of the reinforcement probability are met. Some of the original investigators of DRSRD schedules might have considered that the introduction of these three independent variables could not only accomplish but also analyze the behavior modification systematically.

Comparative study of performances under several DRSRD schedules clarified the following characteristics of the schedules. First, the main factor which controls the subject's performance is neither the probability of reinforcement nor the reinforcement rate, but extreme of the reinforcement criterion. A positive correlation between the extreme of reinforcement criterion and the superior efficiency of behavior modification was apparently found in the conventional DRL, Gaussian and linear stochastic reinforcement schedules, described in order of decreasing strength of the extreme. Second, short runs of non-reinforced short IRTs and short runs of reinforced long IRTs tends to alternatively appear at earlier training phases, and at later phases they are replaced by long runs of non-reinforced short IRTs and long runs of reinforced long IRTs. This phenomenon is the same as in the course of serial transition of IRTs under DRL schedules. From these findings, it is inferred that the modification process of behavior under the DRSRD schedules is the same as under the DRL and DRLL schedules which have been called IRT-reinforcement schedules.

On the other hand, probability and mode of occurrence of the "superstitious behavior" is different among these schedules. In the conventional IRT-reinforcement schedules, the "superstitious behavior" is easily formed and well maintained, and it

might be considered a state of organism whose behavior is not contacting the environment. Under DRSRD schedules, this behavior fails to occur during distribution changes in the sampled responses. Therefore, DRSRD schedules seem very useful for the purpose of eliminating the “superstitious behavior”, and for analyzing the “genuine” time discrimination behavior.

Another advantage of the DRSRD schedules is the superior efficiency of behavior modification to the conventional IRT reinforcement schedules. However, except the special type of titration schedule of Weiss, these schedules have not been originated for eliciting longer IRTs or response durations such that there seems yet room for improvement in this respect. The main difference between Weiss' titration schedule and the other DRSRD schedules is that, in Weiss' titration schedule the reinforcement criterion after a reinforced response is specifically different from the criterion after a non-reinforced one, but in others, the reinforcement criterion after a reinforced response is the same as the criterion after a non-reinforced one. And this difference is considered to have induced different results through acting on the response tendency of alternative appearance which was observed during earlier training phases under both the DRSRD and the IRT-reinforcement schedules. One of the most important factor to accelerate behavior modification seems to exist in the procedure that different specification of reinforcement criterion is selected according to whether the last response was reinforced or not. It is probable that the experimental analysis of the advantages of these various DRSRD and conventional DRL, DRLL and DRRD schedules is promising. For example, a pilot study in our laboratory to introduce intertrial interval (ITI), a procedure of DRLL schedule, into percentile reinforcement schedule eliminated the occurrence of short response latency and showed progress in the promotion of efficiency of behavior modification.

Information processing during behavior modification can also be speculated by the study of DRSRD schedules. From the analysis of the relation between the sample size and the accomplishment of the behavior modification, it is implied that the capacity of memory for species as rats to utilize information of IRTs and their contingency of reinforcement for effective response is limited to several dozens of responses most recently emitted, and more responses to have already emitted become ineffective. This result agrees with the experience of response shaping for naive subjects to acquire an operant response topography.