補強条件の消去過程に及ぼす影響*

——スキナー箱に於ける補強率及び補強数の条件變化——

東京大学

岡 本 榮 —**

I. 序 論

生體行動の基礎的研究の一課題としてスキナー箱に於ける補強配合を問題とした。それには先づ生體行動の理論の基礎を明かにし、スキナー箱に於ける生體の行動が機能的に如何なる意義を有するか確めねばならない。ここでこれまでに行動の方程式化を試みた諸説を簡単に顧みておこう。

Lewin¹⁾の所謂 topology は量的な面を一切抽象し去り位相的にのみ不變の性質を見るもので、集合論の用語によれば可逆一意連続變換群といえる。しかし位相的な立場ではあくまで質的な関係の分析にのみ止つて量的な計測をなすことは出来ない。こゝに彼の體系の正しい立場と限界とが自ら明かになるであろう。

Tolman²⁾の示す方程式はその論理的な導出の過程に於て數學的にも缺點のないものであるが、具體的な実験操作とそれによる概念の操作的決定に於て行詰りを見せている。思うに媒介變数の定め方に技術的な難點があり方法論的には正しいにしても実際の操作との間に不整合が存在する。

Skinner³⁾は行動の量的測定を目指してその爲の適當なる單位の設定の必要を認め、試みとして reflex reserve を擧げているが、なお記述的段階を出でず数式にまで高めていない。

Hull⁴⁾のみは獨り reinforcement に基く sHr の一義的な方程式を作り上げている。条件としての獨立變数とその從屬變数としての反應を繋ぐ媒介變数は嚴密な操作的決定がなされる。そして方程式は諸變数間の乗法の形で表示される。

以上の如く行動理論の数式化は位相的局面に於ても漸次研究が進められて居り、殊に前者については最大 valence の原理⁵⁾が見出されている。行動方程式に於て

エネルギー項を含む力學的原理がこれと並んで見出されねばならない。

生體は非常に複雑で自由度の多い力學系でありその自由度の数だけの条件座標 q とそれに対応する行動量 p との函数としてエネルギー状態を表すことが出来る。また系の状態は時間と共に變化する。かゝる系の個々の特別な場合を理論的に求めることは不可能であるが、これを統計的に論じて屢々出現する筈の確率値を計算することは出来る。数多くの自由度の中、一つの座標だけを段階的に条件變化し他の座標は全て固定してそこに現れる從屬變数としての行動が媒介變数により如何に結ばれて居るか知ることが出来る。

しかし茲に混同してならないのは、生體の行動は生命なき物理的力學系の運動と明かに區別さるべき點である。物理系に於ては力の不均衡が起つた場合、その不均衡は偶然にか或は人爲的にか他から働きかけなければ均衡した状態にもどらない。所が生體系に於ては不均衡が起ると直にそれを回復せんとする要求行動が必然的且つ自發的に生起するのである。そしてその行動の過程は物理的運動とは異つた意味でやはり力學的な原理で貫かれていることが豫想される。生體の行動は物體の運動よりも遙かに複雑であるからその一見まとまりのない類型から雑多な枝葉を取除いた機能的な原型を導き出し、法則更には方程式にまで高めなければならない。

生體の行動は実験上からいくつかの反應の型に分けられる。Tolman⁶⁾は6つ、Skinner は2つ、Hilgard⁷⁾は3つ、Hull は1つの型があるとしている。こゝでスキナー箱に於ける行動が如何なる機能的意味を有するか考えて見よう。普通の場合被験生體として鼠が用いられる。箱の壁から突出している挺子を押下れば餌皿に pellet が出て来る。この簡単な反應も最初から直ちに行われるものではない。先づ鼠がよく箱に慣れねばいけなし、初めは偶然に行われた挺子に対する反應が遂に必然的なものとなる。一度正しい反應をしたからといって後の反應が全て正しく行われるわけではなく漸次正しい反應をする確率が増して行くわけである。挺子の押下

* An Experimental Study of the Behavior of Rats with Special Reference to the Principle of Reinforcement.

** By Okamoto, Eiichi (University of Tokyo)

げと pellet との結びつきには一種の問題解決の事態が存在する。また習得系列に於て pellet を與える回数や、一つの pellet を得るに要する反應の割合を任意に條件變化した実験群を相互に比較し得るのである。

II. 本 論

スキナー箱に於ける実験は一般に道具條件づけの中、報酬訓練に屬するものであるが、行われ得る條件の變化は非常に多い。質的に分けて次の如く分類される。

1. Continuous reinforcement (連續補強) 一つの反應毎に pellet が與えられる。
2. Discriminated reinforcement (辨別補強) 辨別刺激(音光などの存否)に対する反應のみに pellet が與えられる。
3. Periodic reinforcement (定時補強) 所與の時間間隔毎の反應に対してのみ pellet が與えられる。
4. Reinforcement at a fixed ratio (定回補強) 所與の反應回数毎の反應に対してのみ pellet が與えられる。
5. Aperiodic reinforcement (亂時補強) 亂数の時間間隔毎の反應に対してのみ pellet が與えられる。
6. Reinforcement at a random ratio (亂回補強) 亂数の反應回数毎の反應にのみ pellet が與えられる。

連續補強以外のものは間歇補強 (Partial reinforcement) と總稱される。そしてこの間歇補強と連續補強との間に「補強の矛盾」と呼ばれる問題が起つて来る。これは Humphreys⁸⁾ によつて指摘され期待の原理を以て説明さるべきものと解された。即ち補強の矛盾とは連續補強と間歇補強を消去系列の反應回数で比較すると、後者の方が前者よりも消去抵抗が強いという事実である。彼はこれを一聯の條件反應及びスキナー箱に於ける実験によつて確めている。また Mowrer Jones⁹⁾ は定回補強の事態で $1/1$ (即ち連續補強), $1/2$, $1/3$, $1/4$ を比較して間歇率の高い程消去抵抗の強くなる結果を得ている。

これ等の事実を Hull の倚る效果の原理より考えれば、補強回数が同じならば、率が異つても消去抵抗は變らない筈であり事実と矛盾する。もし變るとすれば、 $SER = D \times V \times K \times SHR$ の方程式に於て補強の遲延を表示する $J = 10 - it$ の項に關係する筈であり、もし然りとすれば理論的には逆に間歇率の高い程抵抗は弱くなるべきである。

とに角此等の実験結果に於ける間歇補強の優位は動かすべからざる事実であり、この矛盾を解決すべくいくつ

かの假説が提起された。

辨別假説: 「習得系列と消去系列との間に連續補強と間歇補強とでは辨別に難易の差があり前者の方が後者に比して辨別が容易である。」この假説は畢竟消去抵抗の強弱を辨別の難易と云う言葉で置換えたものであり何等函数的な關係を示すことなど出来ない。

單位反應假説: 「間歇率の分母を示す数で消去抵抗を割れば補強の矛盾は解消し、かえつて率の高い程單位當りの抵抗は弱い結果になる。」これは少々検討に値するが、消去抵抗でかゝる假定をする前に先づ習得系列に於て單位反應が成立しているか否かを確めそれが消去系列に於て如何なる消長を示すか確めねばならない。

期待假説: 「間歇補強の方が連續補強よりも補強に対する期待が大であるから消去系列に於ても前者の方が後者より抵抗が強い。」この假説は辨別假説と大同小異であり事実の言換へでしかなく数理的な對應を求めることは難しい。

殘效假説: 「間歇補強と連續補強とでは習得系列との間に汎化の度合が相違する。」これも辨別、期待假説と同列のもので Hull 特有の數式化も未だ示されていない。まだこの假説によると試行間隔を長くすれば兩者の消去抵抗に差がなくなるとする。

Sheffield^{10) 11)} は直線迷路で実験して試行間隔の長短による抵抗の増減の事實を確めているが思ひにこれは別の問題であり逆に普通の試行間隔では補強の矛盾なる事實を證明することにさへなる。また彼女の實驗は判断の基準として消去系列に於ける強制試行 30 回で str の median 及びそれ以下の反應回数によるもので、従来の如く消去系列の反應回数を以て比較したのと異なる點、操作的に疑問を挟む餘地が生ずる。

Finger^{12) 13)} も直線迷路で連續補強と間歇補強の消去抵抗を比較し別に連續補強で at random な試行間隔の一群をも行つている。その結果として str (反應潛時) では習得消去兩系列共に $16/16 > 8/16 \div 8/8 \div 8/8$ a であり、消去系列の反應回数は $16/16 < 8/16 \div 8/8 \div 8/8$ a である。彼の實驗は試行数が少ない嫌いがあり $16/16$ と $8/16$ との間に差は存するが $8/8$ と $8/16$ とでは差が無いのであるからもつと試行数を増し補強数で揃えて比較されねばならない。彼の實驗の意義は寧ろ習得系列の直後に消去系列を置いた第一實驗と、24 時間後に消去系列を置いた第二實驗とでは前者の方が全ての點で群間の差が大となることを見出したことにあろう。

所で補強の矛盾をめぐつて今迄看過されている二つの盲點がある。その一つは連續補強に於ては補強回数の増す程消去抵抗が増大するが、間歇補強に於ても同様に

るか否かである。もし然りとすれば効果の原理はこの限りに於て成立することになり従来云われていた矛盾は明かに異質的な問題として検討し直す必要がある。

他の一つに間歇率を漸次高めて行く場合に消去抵抗が比例して増大して行くか否かである。先に挙げた Mowrer & Jones の結果は $1/1$ 内至 $1/4$ という比較的低率の場合これが事実であることが確められている。これ以上高率の場合は Skinner が $1/48$, $1/96$, $1/192$ の訓練を行っている。しかもこの際注意すべきは豫備訓練の問題であり、率が高くなる程豫備訓練が多く必要となる。殊に Skinner[の如き超高率の場合は漸進的に率を高めて行き十幾日もかかる。もし至て一定の豫備訓練或は豫備訓練なしで補強回数を一定にして率を変化した群を比較するとすれば Mowrer & Jones の場合の如き低率の間は率の高まるにつれて消去抵抗も増大する筈であるが或る optimal な率に至るとそれ以上高率の場合は逆に消去抵抗が減少するものと思われる。即ち餘りに率が高くなると習得系列の中で已に内容的に消去の意味が含まれていることになる。

此等二つの點を明かにするには補強回数と補強率の二要因を段階的に條件變化する二元配置法による実験計畫を立てるべきである。

次に各群間の比較に當つて判断の基準として何を取るべきであろうか。従来行われたのは主として消去系列に於ける反應回数である。時として習得系列の反應潜時による比較も行われる。また反應潜時による際は平均値よりも中央値を用いる方が代表値として適當であること¹⁴⁾が知られている。

消去系列に於ける基準としては任意の時間内の反應回数によるものと、任意の時間だけ無反應を示すに至るまでの反應回数をとるものと二つの基準があるが、統計的にはどちらでもよいが後者の方が群間の差が顕著に出るので比較し易い。¹⁵⁾

附隨的な條件變化としては、箱の廣狹による反應回数の差は可能な限りに於て狭い方が反應は起り易く群の比較が容易である。また挺子を押下げるに要する力の大小、即ち挺子の輕重による條件變化¹⁶⁾も可能であり輕い方が反應は多く現れる。また補強時に click¹⁷⁾を出すことにより sub-goal としての効果が生じ click の無い群との間に差が出来る。

実験は此等種々の條件變化を考慮に入れて実験の目的以外の條件は全て固定して置かれなければならない。

III. 実験計畫

目的 補強率及び補強回数の條件發生的變化を行いそれに対応して起る生體行動の變化を比較する。

被験生體 白鼠生後約3ヵ月 100g 前後。♂26匹、♀26匹、合計52匹。

實驗期間 1951年8月上旬より11月中旬まで毎日午後2時より6時までの間に行つた。

場所 東京大學文學部心理學科四階動物實驗室。

裝置 東大式スキナー箱。

実験箱：12cm (横) × 28cm (縦) × 25cm (高)。箱の後部にある入口から鼠が入つて行くと入口を閉じ数。実験後は上から取出す。

挺子：幅 9cm, 床よりの高さ 5cm, 壁より 2cm 突出し 1cm 幅のアルミ板で覆つてある。上下動 1.5cm 可動重量15g

記録：單位時間1秒毎の目盛、[反應回数及び補強回数]の目盛の三つが巻紙上に書きつけられる。

pellet：小麥粉を油で練り、仁丹粒程の丸藥にしたもので重量 0.02g である。

手續 豫備、習得及び消去訓練系列。

豫備系列：箱に慣らし pellet を喰べる様にし更に挺子を押して pellet を出すに至るまでの3段階に大別出来る。

1. 2匹づゝ30分間箱に入れて慣らす。
2. 次の日は1匹づゝ30分間入れる。
3. 次の日は少量の平常食と共に pellet を置き喰べれば次々に放出して20粒與える。
4. 同様にして20粒與える。これまで挺子は固定してある。
5. 挺子押しの反應を覚えさせる。鼠が入つた時皿の中に2粒の pellet がある。それを喰べてしまつてからは何等か挺子に対して反應する場合にのみ pellet を與える。正しく挺子を押して直ぐ皿の中の丸餌を喰べる様になつてから12粒連續補強で與えてこの學習の成立規準と見做す。

習得系列：豫備系列を終つた鼠を亂数表により各群に割當てる。天候氣候等の偶然變動により偏りを無くするため各群に一匹づゝ割當てゝからこれを繰返す。この系列は一日で終るが割當てられた群の條件で実験不能に陥つた鼠はこの時除外される。

消去系列：習得系列を終えてから24時間後、pellet を與えず反應せしめ3分間の criterion で無反應となつた時消去とする。

此の実験手續の中で豫備系列を如何にとるか充分考慮さるべき問題であり、これは個體差とも關係のある問

題である。豫備系列完成の基準には二つの立場が考えられる。一つは全く豫備系列を行わないか或は全く均等の訓練を行うかであり、他の一つは各個體を全て同一の段階まで訓練する。前者によると各群内の個體差は大となるが豫備系列は一定している。後者の場合豫備系列は個體差の爲に一定しないが群内の個體差は前者に比して小である。この様に豫備訓練を一定にすると各個體の習得度が相違し、他方習得度を一定にすると豫備訓練が不同になるという關係にあり兩者は相對的に不確定であるが molar な立場としてはどちらを基準としてもよいものと思われる。

要因配置 補強率と補強回数を段階的に條件變化した各群を設ける。

補強率の變化： $1/1, 1/2, 1/4, 1/8$

分母は一個の pellet を得るまでに行う反應数である。この実験は定回補強であるから $1/4$ ならば 4 回續けて反應をして 4 回目の反應に対して pellet が出る。

補強回数の變化：8, 16, 32

習得系列に於て pellet を與えられる回数である。

試行回数の變化：補強率の分母×補強回数 8, 16, 32, 64, 128, 256 の 6 段階

試行回数による條件變化はこの様に補強率の要因と補強回数の要因とし相乗積として表わされる 2 次的要因である。

以上の要因の條件變化による各群を表示すると次の如くなる。

Table 1

補強率 \ 補強数	8	16	32
$1/1$	8	16	32
$1/2$	16	32	64
$1/4$	32	64	128
$1/8$	64	128	256

補強回数の變化は 3, 補強率の變化は 4 で合計 12 群ありその外に豫備系列より直ちに消去系列に入れる対照群を設ける。繰返しにより個體差を除くために各群 4 匹即ち $13 \times 4 = 52$ 匹の被験生體が用いられる。

Table 2

要因	自由度	E (u^2)
R	$4 - 1 = 3$	$\sigma^2 + n_r \sigma_{R^2}$
r	$3 - 1 = 2$	$\sigma^2 + n_r R \sigma^2$
R×r	$(4-1) \times (3-1) = 6$	$\sigma^2 + n \sigma_{R \times r^2}$
n (Rr)	$4 \times 3 \times (4-1) = 36$	σ^2
R r n	$4 \times 3 \times 4 - 1 = 47$	

補強率の要因を R, 補強回数の要因を r とすれば母数模型であるから,

またこの模型より得らるべき母分散を計算して第一種の危険率 α 及び第二種の危険率 β を算出し表示すると次の如くなる。

Table 3

	0.05		0.01	
β	0.30	0.20	0.30	0.20
σ_R/σ	0.814	1.101	1.277	1.513
σ_r/σ	1.040	1.311	1.782	1.904
$\sigma_{R \times r}/\sigma$	0.548	0.706	0.846	1.000
$\sigma_r/\sigma_{R \times r}$	1.416	1.782	2.941	4.091
$\sigma_r/\sigma_{R \times r}$	1.638	2.074	3.404	4.162

この表により結果を予測し、得られた結果を直に統計的検討にかけて見ることが可能である。

IV. 實驗結果

記録用紙を整理すると、習得系列反應時間、消去系列反應時間、消去系列反應回数、習得系列反應潜時及び消去系列反應潜時の検定が可能となる。この際全體として二元配置法が可能となる。この際全體として二元配置法に於ける要因分析に於けることが出来るが各群 4 匹では群間の比較に少々少すぎる嫌いがあり、これと別に補強率のみ或は補強回数のみ一定な群をまとめて 12 匹の或は 16 匹の行平均或は列平均の示す曲線を基礎的な立場で考察することも必要である。

Table 4 習得系列反應時間 (單位 分秒)

鼠が實驗箱に入ってから所定の習得系列を終つて取出される迄の時間である。

	8	16	32	行平均
$1/1$	2'01"	5'18"	8'45"	5'21"
$1/2$	5'01"	9'21"	10'44"	8'22"
$1/4$	5'31"	15'01"	40'44"	20'15"
$1/8$	22'46"	41'06"	59'59"	41'10"
列平均	8'45"	15'15"	30'03"	

$$y = (1/4 \times x_{ijk} - 250)$$

Table 5

要因	變動	自由度	不偏分散	$/\sigma_{R \times r}$
R	8615	3	2872*	2.90**
r	3270	2	1635*	1.13
R×r	1772	6	295	—
n (Rr)		36		

Fig. 1 習得系列反応時間

Table 6 消去系列反応時間 (単位 分秒)

鼠が箱に入ってから3分間無反応になるまでの時間である。

	8	16	32	行平均
1/1	5'10"	7'36"	8'59"	7'15"
1/2	6'50"	6'58"	6'20"	6'43"
1/4	6'47"	5'58"	9'35"	7'37"
1/8	7'45"	6'55"	7'59"	7'53"
列平均	6'38"	6'52"	8'13"	

$$y = (1/4 \times x_{ijk} - 100)$$

Table 7

要 因	變 動	自由度	不偏分散	$/\sigma_{R \times r}$
R	17614	3	5871	
r	34320	2	17160**	2.74*
R×r	8630	6	1438	
n (Rr)	101419	36	2819	
Rrn	162065	47		

Table 8 消去系列反応回数

鼠が箱に入ってから3分間無反応になるまでに行つた反応数である。

	8	16	32	行平均
1/1	8.50	11.75	24.25	14.83
1/2	21.75	17.25	21.75	20.23
1/4	14.25	24.25	25.00	21.27
1/8	14.25	13.25	21.25	16.28
列平均	14.69	16.63	23.06	

$$y = (1/4 \times x_{ijk} - 5)$$

Table 9

要 因	變 動	自由度	不偏分散	$/\sigma_{R \times r}$
R	126.1	3	42.0	—
r	183.0	2	91.5*	1.92*
R×r	63.3	6	10.6	—
n (Rr)	12.8	36	0.4	
R r n	385.2	47		

Fig. 2 消去系列反応回数

Table 10 習得系列反応潜時 (単位 秒)

各群4匹の個體によつて作られた累加分布曲線から求めた中央値である。

	8	16	32	行平均
1/1	8.83	10.75	10.60	10.06
1/3	8.50	6.50	6.64	7.21
1/4	7.83	5.33	5.38	6.09
1/8	6.06	6.89	4.94	5.96
列平均	7.81	7.37	6.89	

$$y = x - 7.00$$

Table 11

要 因	變 動	自由度	不偏分散	α
R	22.77	3	7.59	5~10
r	6.89	2	3.23	20~30
R×r	11.90	6	1.98	
R r	41.56	36		

消去系列に於て3分間無反応に達するまでの反応数は非常に不規則で全ての潜時の中央値をとると多く反応した個體の方に偏るので10試行で打切つて中央値を求めた。

Table 12 消去系列反應潛時 (單位 秒)

	8	16	32	行平均
$1/1$	46.00	22.50	7.50	25.33
$1/2$	12.00	11.00	9.25	10.75
$1/4$	14.00	7.40	4.50	8.63
$1/8$	14.00	16.00	10.00	13.33
列平均	21.50	14.23	7.81	

Table 13

要因	變動	自由度	不偏分散	α
R	501.6	3	167.2	20~30
r	375.2	2	187.6	20~30
R×r	447.9	6	74.7	—
R r	1324.7	36		

反應潛時分布圖表：習得系列及び消去系列に於ける反應潛時(挺子を一度押下げてから次に押下げるまでの時間)の分布曲線を調べるため x 軸に潛時, y 軸に頻度をとる。各群別に整理すると、いずれも類似の曲線となる。即ち正規分布に比して最頻値が著しく原點に近くずれ右方に長く尾を引く所論 poisson 型らしい形となる。この場合群間を比較する代表値として最頻値から著しくずれている平均値よりも殆ど最頻値と等しい中央値をとるのがよいことは poisson 型の数式上からも當然であり Gladstone 等⁹⁾もこの點に氣付いているようである。前掲¹⁰⁾の反應潛時の検定はこの分布圖表によつて求められた中央値に依つてゐる。

單位反應潛時勾配圖表：消去系列の場合と異り、習得系列に於ては繼續して生起する反應の意味が各率によつて相違する。連續補強の場合は反應毎に補強が與えられるから各反應は同質と考えられるが間歇補強の場合は挺子を押しでも補強のある場合とない場合と二種類の反應がある。補強の有無によつて兩反應の潛時に差が生ずることが考えられる。また所謂單位反應として補強を得るまでの反應が一群の單位となつて作用することは習得系列に於て充分豫想するべきことであり殊に本實驗の如き定回間歇補強の場合には補強間に介在する潛時がいかなる起伏を示すか興味ある問題である。己に Skinner によつて行われた $1/48$, $1/96$, $1/192$ の如き高率の反應曲線を見るとその勾配から考えて補強後は潛時が長く補強に近づくにつれて漸次潛時の短縮が看取される。即ち進行方向に対して+の加速度があることになる。かゝる見地か

ら本實驗のように比較的low率でしかも補強回数の少い場合でも同様の事実が認められるかどうか。Skinner の示した圖表は s-t 圖であり加速度はその曲線の導函数として表示されるから高率の場合にはよいが低率の場合かゝる累積曲線による相互の比較は容易でない。そこで補強後第 n 番目の反應毎に潛時の確率分布圖表を作りその中央値を求めて比較した。即ち補強後第 n 番目の反應が何

Fig. 3 單位反應潛時勾配圖表

Fig. 4

秒の潛時で起るかという經驗的な確率分布曲線が得られるのである。この圖表は繁雜を避けて省くが、これにより中央値が得られ單位反應潛時勾配が見出される。上述の分布表から補強を廻つて一種の目標勾配の成立を確かめるので $1/1$ の場合には反應は全て同質であるから考慮の餘地はないが $1/2$, $1/4$, $1/8$ は補強から補強までの潛時の起伏を勾配として見る事が出来る。

序数別反應潛時圖表：これが普通に示される潛時の圖表で、補強回数には關係せず補強率に關してのみまとめて比較した。これは習得系列及び消去系列の各々を綜合して検討せねばならない。

Fig. 5 序数別反応潜時圖表 (習得系列)

Fig. 6 序数別反応時潜圖表 (消去系列)

X軸は試行数 Y軸は秒数である。

V. 結果検討

被験生體のなした行動を記録し分類し圖表化した分析した結果は以上の如くである。この実験結果を総合して問題の考察を行う。

第一に習得系列の反應時間は補強回数の多い程、また率が高くなる程即ち試行数の増すにつれて時間も長くかゝっている。検定して見ると $R \times r$ に対して R も r も 5% の有意差が認められる。これは當然豫想さるべき結果と思ふ。(Table 4, 5 及び Fig. 1 参照)

第二に消去系列の反應時間、即ち 3 分間無反應に達するまでの時間が先行系列により如何に變化するかという問題に対し、 R は有意とならないが r は 1% で有意となり第 2 種の危険率を調べると対立假設「補強回数が變化すれば消去に達するまでの時間も從屬變化する」を 70% 受入れる。これは已に Perin¹⁹⁾ が連續補強の場合 5 分間 α criterion で確めて いる事実であり、間歇補強に於てもこれが成立するわけである。(Table 6, 7 参照)

第三に消去系列に於ける反應回数は補強の矛盾に關して比較の基準とされた所であり、充分に考察されねばならない。 $R \times r$ の R に対する分散比は 5% の有意には達しないが推計紙上で見ると明かに 10% の中にあるので此の実験のみで論断を下し得ないし補強回数を更に増した群

では更に危険率は減少するものと考えられる。

一方、 r は 5% の有意で β に対しても 70% の可能性が認められる。所で $n(Rr)$ に対する分散比は R に対しても r に対しても α は 1%, β は 80% の可能性が認められる。以上は推計學による検定という點からだけの判断であるが圖表の行及び列平均を見ると注目すべき點がある。

列平均に於て補強回数の増すにつれ消去抵抗の増大が認められる。即ち連續補強のみならず間歇補強に於ても消去抵抗は補強回数の從屬變數として變化するのである。此の點は明かに r の要因が作用し效果の原理の立場が支持されるのである。

行平均は中央が高く兩端の低い拋物線様の曲線をなしている。 $1/1$ より $1/2$ が高く $1/4$ はそれより稍々高いが $1/8$ は逆に低くなっている。この様に一度上昇した消去抵抗があまり間歇率が高くなるとまた下降し始めるという事実は今迄閉却されていた盲點であり先述の様に同一補強回数ならば或る optimal な率を頂點としてその兩側が低くなる曲線が形成される。従来は間歇率が高い程消去抵抗も強くなると考え勝ちであつて間歇率を高めた學習をさせるために先行補強回数の不同を来すのを意としかつたり豫備系列に於ける補強回数を考慮に入れなかつたりしていた嫌いがある。先に挙げた Mowrer & Jones の場合も $1/1$ から $1/4$ まで同一補強回数で順次その消去抵抗も強くなっているが、同一補強回数でそれ以上に高率の間歇補強に対しては何等の豫測も可能性も示されてない。彼の場合にもより高率の群を作つて行けば或る率以上は逆に消去抵抗が減少する筈である。

Humphreys の所謂補強の矛盾なる事實は補強理論の缺陷を衝くものであつたが先にも述べた如く全面的な不信を招くものではなくかえつて連續補強及び間歇補強の兩者を包括する様なより廣い理論を要請することになる。従來の補強理論に於ては連續補強で補強回数が變化するにつれて消去抵抗も變化することが実證されている。この補強回数の變化に關しては今迄間歇補強に於て確められていないが、本実験より考えてやはり連續補強の場合と同じ關係が認められる。所が Humphreys 等の指摘する連續補強と間歇補強との抵抗差は補強回数の同一を前提とするか或はこれを考慮に入れていない。補強回数の條件變化と、補強率の條件變化とは截然と區別さるべきであり、兩者は明かに各々別の法則に従わねばならない。故に補強率を固定して補強回数を漸次増大する場合それにつれて消去抵抗も指數函数的に増加することになる。従來の補強理論は連續補強即ち間歇率の分母と分子が等しい特殊な場合のみを取上げていたわけである。これに対して補強回数を固定して補強率を變化する

場合の法則は先に述べたように或る optimal な率を頂點として拋物線様の曲線が成立するわけである。しかし此の際忘れてならないのは補強回数を變化すればそれにつれて optimal な頂點が移動するわけである。また具體的な例を上げて考えれば $1/8$ の間歇率の場合比較的少い補強回数では習得系列に於て消去の意味が已に含まれているとも見られ補強回数の増加に従つて漸次これが解消する。

とに角補強率變化は Hull の示した様な單純な方程式ではこれを考慮に入れる餘地がない。彼の方程式は間歇補強の特殊な解としての連續補強にのみ當嵌められるべきものであり、 $sHr = M'(1 - e^{-IN})$ の N 項が單純な自然数列的增加をするわけである。所が間歇率の變化を考慮に入れれば N は 2 次曲線の變化をなすことになり $N = ax^2 + bx + c$ で示され連續補強は $x=1$ の場合と云うことが出来る。かくして全體としては二重函数として表現されねばならない。

初めに間歇補強と連續補強と何故に消去抵抗に於て前者に優位の結果となるか考え直して見る必要がある。この事實は已に確定的であり、これを一般的な原理に基いて説明しなければならない。消去抵抗に於て差が生ずる理由は primary reinforcement の原理を以てしては補強回数²が等しければ率が相違しても差の生ずる理由を説明することは困難である。故にこの際必要とされるのは secondary reinforcement である。Bugelski の行つた実験では click の存在が二次的補強として作用し消去抵抗が増している。また Denny¹⁹⁾ の実験では逆に二次的補強の要因を除くと消去抵抗に差の無くなることが明かにされている。これから考えるとスキナー箱に於ける間歇補強の事態は習得系列の無補強反應がそれに續く補強反應に対して條件付けられて二次的補強としての性質を帯びるものと考えられる。かくして primary reinforcement のみを取上げて方程式を構成すると Secondary な要因の存在しない場合はよいが存在する場合には當然不整合となるからそれをも考慮して更に包括的な式とせねばならない。こうして理論的にも Hull の式の擴張が要請されるわけである。(Table 8, 9 及び Fig. 2 参照)

第四に習得系列反應潛時の分散分析を検定すると $R \times r$ に対して R も r も 5% の有意水準には達していないが前者はそれに近く後者も 20% 内外であるから偶然とはなし難い。圖表を見ると $1/1 \rightarrow 1/8$, $8 \rightarrow 32$ と潛時の減少が認められる。かかる傾向は反應潛時と sEr を表す Hull の式 $sEr = a \frac{1}{sfrb}$ を満足せしめるものであろう。しかもこの場合 R の要因が強く現れているのは Hull の方程式が間歇補強に対しても満足される様修正される必要を

認める。猶、反應潛時を示す代表値が平均値よりも中央値の方がよいことは Hull もまた認めている。即ち潛時の確率分布は poisson 型に屬するものと見られ然りとすれば軸に対する平方根變換によつて正規分布となるわけであり、また poisson 型の場合には中央値が正しい代表値である。(Table 10, 11 参照)

第五に消去系列反應潛時は R 及び r の分散比はいづれも 5% の有意水準には達していないが偶然とは見做せぬ範圍にあり、しかも習得系列の潛時とは逆に R よりも r の要因が稍々優つている。他方圖表より考察すれば行平均に於て一度減少してまた $1/8$ に至ると上つてゐるのは先に述べた方程式の係数 a が $-$ となり中の低く兩端の高い曲線となるわけである。列平均は完全に一方向の傾斜を示して居り $R Es = a \frac{1}{sfrb}$ の方程式に適合する。(Table 12, 13 参照)

次に本実験に対するもう一つの意圖として單位反應の問題がある。Mowrer & Jones の如く單位反應の假説を消去系列の中に直接持込むのは先に批判したように本末顛倒したものであるが習得系列の中では補強を廻つてかかる事實の成立する可能性は充分にある。これを調べるために反應潛時の確率分布表を作りそれから各率に分けて潛時の勾配を見たのである。 $1/1$ は單位反應の成立を考える必要はない。先づ $1/2$ 補強の場合を見ると補強後の反應と補強の伴う反應とを比較すると前者は後者よりも分布曲線の最頻値は右にづれ、しかもその尖鋭度が鈍ることが見出される。前者を n_1 、後者を n_2 とすれば n_1 の中には pellet を喰べる時間が含まれているが長くても 2 秒以上を要することはないからこの時間を考慮に入れても兩者は明かに潛時の分布に相違があり連續補強の場合には起らない週期的な潛時の起伏がある。 $1/4$ の場合には更にこの週期性が明かに現われ n_1, n_2, n_3, r_4 の中で補強直後の潛時である n_1 がやはり他に比して著しく長く他は反應の進行につれて短くなつてゐる。即ち補強を伴う反應に対して先行の反應は一種の目標勾配をなしているものと見られる。分布表で見ると $n_1 \rightarrow n_4$ へ最頻値が漸次短い潛時へづれて行くのが認められる。また $1/8$ の場合は n_1 の始發効果がやはり顕著に現れて他と明に異なる分布を示している。しかし $n_1 \rightarrow n_8$ までは必ずしも潛時の減少が續いては居らず下つた勾配がまた僅かに上昇し再び下つて n_8 に至つてゐるが更に補強数を増した条件下では $1/4$ の場合と同様一方向の目標勾配が成立することが豫想される。(Fig. 3, 4 参照)

かくして今迄とは違つた意味で習得系列の單位反應が明かになつたが、この週期的な單位反應が習得系列の初期如何にして形成されまた消去系列の初期に於て如何に

して崩壊して行くか調べて見よう。

序数別反應潛時圖表を見ると、先づ習得系列に於ては $1/4$ 潛時が漸次減少し僅かに増加した減少しているが何等規則性は認められない。 $1/2$ は n_1 の始發効果が忽ち現れて潛時が一回毎に起伏する週期性が見られる。 $1/4$ の場合も同様に殆ど直ぐ單位反應の成立が認められ 4 回目毎に長い潛時、即ち補強直後の反應は少々起り難く一度起ると續けて反應する傾向が見られる。 $1/8$ では第一回目の週期中に始發効果と同程度の長い潛時が見られるが第二週期以後は殆ど滑かな潛時の連續があり補強後に始發効果が現れている。この様に定回間歇補強の事態にあつては習得系列に於て補強を中心として直ちに單位反應の成立することが明かになった。次に、消去系列に於てこの單位反應が如何なる効果を示すであろうか。 $1/4$ を先づ比較のために見ると不規則な變動で次第に潛時が増加して行く。 $1/2$ はこれと異り潛時は暫く同じ位の値を取りそれから變動が始つている。 $1/4$ も $1/2$ に似ているが、それよりも潛時は短い。 $1/8$ は以上と異り潛時の同位性は暫く保たれているが早くから無反應に陥る個體も多くそのためかえつて潛時が長くなつている。これは先に述べたように習得系列に於て已に消去が内容的に起つている場合が少くないからであろう。

此等のことから綜合すると連續補強を豫備訓練に於て學習する場合も連續補強を完全に行い得べき閾が考えられるが、定回間歇補強の場合にも反應が平滑に連續して起るべき二次的な閾が存在するものと思われる。即ちこれは二次的補強が有效となる限界であり、かゝる點から考えても Hull の式を擴張補足する必要が認められる。

最後に此の實驗と期を一にして行われた大槻の實驗は、直線迷路を用い補強回数を一定にして補強率を $1/4$, $1/2$, $1/3$, $1/4$ の段階變化をしたものであるが消去抵抗は $1/4$ から $1/2$, $1/3$ と増しているが $1/4$ に至ると逆に減少している點本實驗と對比して興味深い。

文 献

- 1) Lewin, K. : Principles of topological psychology. (1936)
- 2) Tolman, E. C. : Purposeful behavior in animals and men. (1932b)
- 3) Skinner, A.F. : The behavior of organisms. (1938)
- 4) Hull, C. L. : Principles of behavior. (1943a)
- 5) 戸田正直 : 行動の數理的な研究, 心理學研究, 21 (2) (1951)
- 6) Tolman, E.C. : There is more than one kind of learning. : *Psychol. Rev.*, (1949) 56, 144—155.
- 7) Hilgard, E. R., and Marquis, D. G. : Conditioning and learning. (1940)
- 8) Humphreys, L. G. : 一聯の諸論文 (1939—1943)
- 9) Mowrer, O. H., and Jones, H. : Habit strength as a function of the pattern of reinforcement. *J. exp. Psychol.*, 35, 293—311. (1945)
- 10) Sheffield, V. F. : Extinction as a function of partial reinforcement and distribution of practice. *J. exp. Psychol.*, 39, 511—526. (1949)
- 11) Sheffield, V. F. : Resistance to extinction as a function of the distribution of extinction trials. *J. exp. Psychol.*, 40, 405—313. (1950)
- 12) Finger, F. W. : The effect of varying conditions of reinforcement upon a simple running response. *J. exp. Psychol.*, 30, 53—68. (1942)
- 13) Finger, F. W. : Retention and subsequent extinction of a simple running response following varying conditions of reinforcement. *J. Exp. Psychol.*, 31, 120—133. (1932)
- 14) Hull, C. L. : Behavior Postulates and corollaries *Psychol. Rev.*, 174—180. (1949)
- 15) Walker, E. L. : Variability in extinction scores in Skinner-box problems. *J. com. & Physiol.*, 41, 432—438. (1948)
- 16) Mowrer, O. H. and Jones, H. M. : Extinction and behavior variability as functions of effortness of task. *J. exp. Psychol.*, 33, 369—386. (1943)
- 17) Bugelski R. : Extinction with and without subgoal reinforcement. *J. com. Psychol.*, 26, 121—134. (1938)
- 18) Perin, C. T. : Behavior potentiality as a joint function of amount of training and the degree of hunger at the extinction. *J. exp. Psychol.*, 30, 93—113. (1942)
- 19) Denny, M. R. : The role of secondary reinforcement in a partial reinforcement situation. *J. exp. Psychol.*, 36, 373—389. (1946)
- 20) Gradstone & Others. : Some functional relationships of reaction potential and related phenomena *J. Exp. Psychol.* 37, 214—218. (1947)
- 21) 大槻 順 : 昭和26年度文理大卒論。

—1952. 10. 10 受稿—