シロネズミのオペラント条件づけに おける補強配合の偏りの効果

東京大学文学部心理学研究室 杉 本 敏 夫

問 題

間歇補強* 手続きによつて条件づけないし学習を行わせるとき、連続補強手続きによるものと比べ、習得が大差なく行われる現象、その後で消去が起り難い現象が問題となり、これまで多くの研究がなされてきた(要約は(7)や(1)を参照)。最近では試行数と補強数をそれぞれ変化させる方法(11, 12)や、その両方を揃えておいて補強型を変化させる方法(2)などにより上の現象の起る仕組みを追求しているが、そこで共通して問題となつている1つの点は間歇補強・連続補強両手続きは試行数か補強数かいずれか一方でしか揃えることができないから直接の比較ができないことである。即ち、試行数を等しくすれば間歇群は少い補強数しか与えられないし、補強数を等しくすれば間歇群は多くの試行数を要することになる。

この論文は上記の点の1種の解決をはかると同時に、補強型を変化させる実験の1部になることを意図した。即ち、試行数を等しくし補強数(試行数の $1/2$)も等しくした場合、補強が系列の前半に偏っているか、後半に偏っているか、または系列全般に一樣に配分されているかにより習得・消去の両過程にどのような効果が与えられるかをみようとした。

これまでに提出された間歇補強手続きによる学習の効果についての説明の仕方を通覧すると、およそ次の2つの仮定**が必要と思われる。1つは反応の強さに関する仮定で習得の際に無補強試行でも或程度の条件づけが起り、それにつよく補強試行ではその対比効果で強い条件づけが起り、このため間歇補強群も相当程度の反応を維持できるという考えである。いま1つは反応の永続性に関する仮定で、習得試行系列へ移行する際、連続補強手続きでは補強が全く与えられなくなるという大きな手がかり(cue)の変化があるの

* 部分強化ともいう、partial reinforcement の訳語である。

** この部分は今村(6)の論文に負うところ大きい。

に、間歇補強手続きでは習得系列のうちにもすでに無補強試行が含まれていたもので消去系列へはいつでも手がかりの変化が少なく、云いかえれば汎化上の変化度が小さいので反応は永続する傾向があるという考えである。

これらの仮定によれば以下の3実験群で、1) 習得水準を比較するとき習得系列の最終段階ではほぼ同程度に達すること、2) また消去系列では習得系列後期に補強が偏っていたものほど消去が早く起ることが期待される。

方 法

補強配合 種々の点を考慮の上採用された補強配合* の1例は Table 1 に示される。実験群は習得系列24試行でそのうち12試行に補強が与えられ(補強率の平均は $1/2$)、その直後に消去系列が続く。第Ⅰ群は全般ににわたり $1/2$ セミランダム、第Ⅱ群は前半 $1/4$ セミランダム後半 $3/4$ セミランダム、第Ⅲ群は第Ⅱ群の系列を逆にしたもの。その他に对照群として24連続補強($1/1$)の群がある。

Fig. 1

被験動物 生後110~150日のものシロネズミ、体重100~220 gm.のもの各群8匹計32匹が使用された。以前に他の実験に使用されたことはない。

装置 GRAHAM 型高架直線走路(3, 4, 5)に MILLER たち(8)の改良を取り入れた装置を使用した。寸法詳細は上記論文にゆずるが Fig. 1に示す如く、黒い出発箱($5\frac{1}{2} \times 6 \times 7$ in.)と白い目標餌合($5\frac{1}{2} \times 7$ in.の水平部分と 8×11 in.の垂直部分よりなる)と両者を結び巾 $1\frac{1}{4}$ in. 長さ3 ft.の灰色の走路よりなり、

全体は床上3 ft.の高さに固定され、ネズミは降ることができないようになっていゝる。出発箱には扉が走路に向つて取り付けられ、装置を囲む衝立ての陰より糸で開閉できるようになつてゐる。走路は扉より4 in.離れたところに潜時をきめるための印がある。出発箱の後方に待期用の籠が置かれる。

* 間歇補強においては補強と無補強との組合わせを様々に変化させうるが、その補強の習得系列全般に対する配分の仕方を指す広い意味をもたせた言葉。補強率、型、補強数・試行数そのものの変化などを含む。

実験手続き 出発箱に入れられた空腹のネズミが走路を渡つて目標合に到着したときのみ報酬としての餌が与えられるといういみで、手続きは オペラント条件づけである。この実験では装置に入れられたネズミが最初から 間歇補強手続きで習得訓練をうける点と*、消去系列が習得系列に直ちにつづいて行われる点に特徴がある。

予備訓練 数日間の給餌とハンドリングによる調整を行つてから、4日間毎日絶食 24 時間のネズミは 8 ft. の走路（両端には合や箱などは接続していない）の上のにせられ 10 分間歩く訓練をうけた。その直後目標合と同型同大で 灰色の餌合（走路と接続されていない）に移されその上で 20 分間餌を食べる訓練を受けた。餌は イモと魚粉のねり餌であり、実験日の報酬も同じものである。

Table 1 The distribution patterns of reinforcements

	Former part of acquisition series												Latter part of acquisition series												Extinction series						
Trial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	...
Gr. I ($1/2$)	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	...
Gr. II ($1/4 + 3/4$)	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	...
Gr. III ($3/4 + 1/4$)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	...

●.....reinforcement trial

○.....non-reinforcement trial

本訓練 第5日目が実験日で、ネズミは 出発箱に入れられ蓋がしまると同時に押止時計が動き出す。10秒目に箱の扉は開かれるが、このときからネズミが 4 in. の 印を越えるまでを潜時と定めて時間が記録される**。ネズミが目標合に到着すると穴の中から約 0.1 gm. の上記のねり餌をとることができる。無補強試行では穴の中が空である点が異なる。ネズミが餌をとるとすぐに（餌のないときは相当時間後に***）籠に入れられ次の試行を待つ。約 60 秒後に次の試行が以上の手続きと同様に行われる（初めの 10 秒とネズミを移す時間を入れて試行間隔は 75 秒である）。

* 他の間歇補強実験では通常連続補強手続きによつて 或程度の習得訓練をうけた後に 間歇補強手続きが適用される。この実験では 初めて 出発箱に入れられたネズミが 出発するか、また初めより $1/4$ という低い補強率で習得訓練をうけるネズミが 第 4、第 5 試行にも 出発するかの保証がないので、下記の予備訓練を行つた。

** ネズミが印を越えると扉は閉められるが、一旦出発しても 走路の途中から戻つてきて印の後側に留る場合は潜時は続くものと記録される。結局 最後に出発したときまでが潜時と定められるわけである。

*** 目標合には扉がないので、餌をとるとすぐに、また餌がないときは合の上で、または戻つてくる個体は走路の途中で、すぐに取り上げる。

習得第1試行で600秒経つても出発しない場合、習得系列の途中で2度600秒経つても出発しない場合、餌をとらない場合、そのネズミはデータより除外された。

消去訓練 消去訓練は餌が穴の中になく点が出発訓練と異るだけで、後者にすぐつづいて行われた。消去基準は「300秒たつても出発しないとき」ときめた。これは他の実験(3, 4)をも参照したが、実際にこの基準を過ぎてからの出発は殆んどないことが予備実験の際にみられたからである。

Fig. 2 Solid signs represent the geometrical mean latent periods of four trials for eight animals; open signs the values including the extinction reached animals' supposed values (300 seconds).

結果と考察

1. **潜時の変化** えられた潜時は GRAHAM たち(3, 4, 5)にならつて対数になおしその平均を求めた。(これを真数にもどした数値は幾何平均となる。) その際、補強試行の次の試行の潜時と無補強試行の次のそれとの間のふれが大きいために、また各群間の比較を容易にするために4試行毎のブロックにまとめて計算した。習得第1試行の潜時は初めての反応の指標と考えられるので独立に、それ以後は第2～5, 6～9試行……というブロックに分けられた*。従つて消去第1試行の潜時は習得第22～24試行と同じブロックに入れ

* 或る試行で補強された否かは次の試行の潜時に影響をもつと考えられる。この実験計画ではセミランダム方式で第1～4, 5～8試行……のブロック毎の補強率は定まつているのでこの区分が適当と思われる。

られることになる。Fig. 2に潜時による学習曲線を示すが、縦軸には真数を目盛った。消去訓練中の白抜きの各印は、それまでにすでに消去基準に達し試行を打切った個体の潜時をそれ以後便宜的に300秒ときめて計算した値を示す。

図より習得第1試行の潜時幾何平均は（第Ⅱ群がやゝ離れているが有意差なし）ほぼ等しいことがみられ、各群の初めての反応水準に大差なかつたことが推察される。

習得系列前半に第Ⅱ群が幾分学習進行の遅れる傾向がみられる（有意差なし）がこれは補強率の低さ（ $1/4$ ）によると考えられる。後半に至つて第Ⅱ群の学習の進行がやゝ著しいのは補強率の変換（ $1/4 \rightarrow 3/4$ ）と考え合わせて興味深い。習得系列の最終段階（習22～消1試行）においては各群の学習水準がほぼ一致するが、初めに立てた予想1がほぼ適中したことになる。

Table 2 Extinction-indices for each animal

	Animals	1	2	3	4	5	6	7	8	Mean
First level	G.Ⅲ($3/4+1/4$)	0.74	0.81	0.95	0.97	0.98	1.00	1.12	1.94	1.06
of ext./Last	G.Ⅰ($1/2$)	0.84	0.89	0.91	1.05	1.20	1.20	1.39	1.46	1.12
level of acq.	G.Ⅱ($1/4+3/4$)	0.50	1.19	1.20	1.26	1.39	1.40	1.54	1.59	1.26
Third level	G.Ⅲ($3/4+1/4$)	0.54	0.90	1.05	1.19	1.37	1.43	1.50	1.61	1.20
of ext./Last	G.Ⅰ($1/2$)	1.15	1.50	1.53	1.60	1.65	2.89	—	—	1.72
level of acq.	G.Ⅱ($1/4+3/4$)	1.60	1.63	1.89	2.01	2.09	2.58	2.80	3.44	2.26

Each value shows the ratio log. mean latent period of first (or third) four extinction-trials to log. mean latent period of last four acquisition-trials.

消去系列に入ると潜時の増し方は習得系列の後半に補強が偏っていた群ほど大きいことがみられる。いゝかえれば習得系列後半の補強率は第Ⅲ群（ $1/4$ ）、第Ⅰ群（ $1/2$ ）、第Ⅱ群（ $3/4$ ）の順に大きいが曲線の勾配も同じ順に大きくなっている。対照群（ $1/1$ ）のそれを直接比較するのは不適當かもしれないが補強率が高い点と曲線の勾配が最大な点は注目すべきである。

Fig. 2の数値のまゝ統計処理することは1つには消去基準に達した個体の分まで含まれていること、いま1つは潜時の個体差が大きいことの理由から不適當なので、各個体の習得最終段階（習22～消1）の対数潜時と消去系列初期（消2～5）のそれ及び消去系列中期（消10～13）のそれとの比率を計算した。（Table 2）

消去初期との比率を大きい方よりとれば12番目(24個体の $\frac{1}{2}$)までに第Ⅱ群の7個体が含まれるが、符号検定法(9)によればこのように偏る確率は10%の危険率で有意差がある。また比率の小さい方よりとつても12番目までに第Ⅲ群の個体が含まれることになるのでやはり同じ差があることになる。

消去中期との比率についても上と全く同じ差がみとめられる。

2. 消去基準に達する試行数 初めにきめた基準は300秒であるが、仮に120秒をも基準にとると、Table 3に示すような試行数が記録されたは、48+は実験を消去第48試行で打切つたためにそれまでに基準に達しなかつた個体のことを示す。

この表よりも Table 2 と同じく 習得系列後半の 補強率が低いものほど消去が遅れることが読みとれる。予想2がほぼ確められた*。

Table 3 Number of extinction trials required to reach the two criteria

Criterion	Animals	1	2	3	4	5	6	7	8
120 sec. no response	G.Ⅲ ($\frac{3}{4}+\frac{1}{4}$)	11	20	29	32	47	48+	48+	48+
	G.Ⅰ ($\frac{1}{2}$)	5	5	16	28	29	32	48+	48+
	G.Ⅱ ($\frac{1}{4}+\frac{3}{4}$)	4	5	7	13	14	16	31	48+
	G.C. ($\frac{1}{1}$)	2	3	13	14	24	25	45	48+
300 sec. no response	G.Ⅲ ($\frac{3}{4}+\frac{1}{4}$)	17	48+	48+	48+	48+	48+	48+	48+
	G.Ⅰ ($\frac{1}{2}$)	7	9	27	32	34	35	48+	48+
	G.Ⅱ ($\frac{1}{4}+\frac{3}{4}$)	3	15	17	18	19	36	48+	48+
	G.C. ($\frac{1}{1}$)	5	6	15	22	26	46	48+	48+

The sign “+” shows that several animals have not reached the criterion in the 48 extinction trials.

3. 全般的考察 以上の結果を通覧すると初めに立てた2つの予想はほぼ確かめられたことになり、ひいては仮定の第2が裏付けられたと考えられる。即ち習得系列の後期において補強率が低い群ほど消去系列との手がかり(主として補強の有無)の差が少いのであるが、それが反応として消去の遅れる事実に現われたと考えられる。習得系列の中途で行つた補強率の変化による影響をもし無視できるとすれば、以上の結果よりみて間歇補強群が(それも補強

* 対照群の数値と第Ⅱ群のそれとが必ずしも上の傾向通りになつていないものもあるが、対照群を実験の後期になつて加えたことがその原因の1部であろう。

率が低い群ほど) 消去し難いという現象は主として習得・消去試行間の補強率の類似度の差が原因であると推論される。汎化の考え方によれば、類似度が大きいものほど反応の減弱は小さいということになる。しかも実験群は習得系列の補強数が等しいのであるから、直接の比較にたえうと考えられる。

それでは習得系列の中途における補強率の変化はその後の習得水準にいかなる影響を与えるか? それはこの実験が本来習得系列と消去系列との補強率の差の効果をみることを主眼としたので、習得系列は前半・後半ともに12試行に組んで幾分短いため特徴的にとらえることはできなかつた。しかし補強率が $1/4 \rightarrow 3/4$ または $3/4 \rightarrow 1/4$ と変化される際、それに従つて学習の進行が早くまたは遅くなる傾向がわづかに見られたことが示唆となろう。今後の実験にまたねばならない。筆者の実験と同時期に永野(10)は HUMPHREYS 式の予想を立てる実験(被験者成人)の形で種々の補強率* の間の変化を組織的に研究したが、補強の意味の違いなどから上述の傾向のように単純な結果とはならなかつた。

次に仮定の第1についてもこの実験から直接確める事は不適當である。しかし、最初から $1/4$ のように低い補強率でも学習が相当程度進行する事実、また個々のデータにおいてみられた補強試行の次の試行の潜時が短くなる事実、しかもそれが無補強試行の続いたあとの場合に著しく、補強試行の続いたあとの場合にはさほど著しくない点の一つの示唆となろう。

最後に実験全般を通じて、各個体の総試行数が1日の分量として過重であつたと認められるが、実験計画よりの要求からして止むを得なかつた、この点を深く反省している旨付記しておく。

要 約 と 結 論

1. シロネズミに高架直線走路における走行訓練を行つた。補強条件は試行回数等しく(24) 補強数も等しい(12) 3群のうち、第Ⅰ群は全般を通じて一様($1/2$)であるが、第Ⅱ群は後半に偏り($1/4 + 3/4$)、第Ⅲ群は前半に偏る($3/4 + 1/4$) 補強型が適用された。対照群として24試行連続補強群が含まれる。

2. 習得訓練の後期において各群はほぼ同じ習得水準に達した。

3. それにすぐ続く消去訓練では、潜時の増し方が習得系列後半に補強が

* 条件づけの手続きの意味からは補強とはいふ難いが、立てた予想に対して与えられる当否の教示を補強に類似したものと考える。

偏つて与えられた群ほど大きく、消去基準に達する試行数はそれと逆に少かつた。

4. 上の事實は、習得・消去試行間の類似度の差が少いものほど消去が遅れることを示していると考えられる。これは一般に間歇補強群の方が（それも補強率の小さい程）連続補強群より消去し難い現象は主として補強率の類似度の差に基くという考え方を支持するものと思われる。

この論文は 相良教授、八木助教授の指導の下に行われた卒業論文の一部である。感謝の微意をさしあげる。
(1955年1月21日原稿受付)

References

1. 浅見千鶴子 部分強化. 日本応用心理学会編 心理学講座 第5巻「学習理論」1953, 100—108. 中山書店.
2. 浅見千鶴子 間歇強化に於ける配合型の効果について. 心理学研究, 1953, 24, 268—276.
3. FINGER, F.W. The effect of varying conditions of reinforcement upon a simple running response. *J. exp. Psychol.*, 1942, 35, 53—68.
4. FINGER, F.W. Retention and subsequent extinction of a simple running response following varying conditions of reinforcement. *J. exp. Psychol.*, 1942, 31, 120—133.
5. GRAHAM, C.H. & GAGNÉ, R.M. The acquisition, extinction, and spontaneous recovery of a conditioned operant response. *J. exp. Psychol.*, 1940, 26, 251—280.
6. 今村護郎 間歇逃避訓練とその実験的消去について. 東大昭和27年度卒業論文. (動物心理学年報, 1954, 4, 53—60; 心理学研究, 1955, 26, 予定)
7. JENKINS, W.O. & STANLEY, J.C. Partial reinforcement: a review and critique. *Psychol. Bull.*, 1950, 47, 193—234.
8. LAWRENCE, D.H. & MILLER, N.E., A positive relationship between reinforcement and resistance to extinction produced by removing a source of confusion from a technique that had produced opposite results *J. exp. Psychol.*, 1947, 37, 494—509.
9. 三浦新・朝香鉄一編 QC テーブル —品質管理の数値表と使い方—. 1953, 丸善, 73—77, 151 pp.
10. 永野重史 先だつ経験によつて予想のたて方はどう変るか —ハンフレイズ効果(1939年)の吟味—. 東大昭和28年度卒業論文. (未発表)
11. 岡本栄一 補強条件の消去過程に及ぼす影響. 心理学研究, 1952, 23, 173—181.
12. 竹中治彦 補強の諸問題についての予備的考察. 東大昭和27年度卒業論文. (心理学研究, 1955, 26, 予定)

Abstract

THE EFFECTS OF EARLY AND LATE
DISTRIBUTION OF REINFORCEMENTS UPON
A OPERANT CONDITIONING OF WHITE RATS

TOSIO SUGIMOTO

Department of Psychology, University of Tokyo

The aim of this experiment is to examine the effects of early and late distribution in the partial reinforcement schedule.

Thirty-two male white rats were trained in a simple elevated runway (see Fig.1) They were divided into three experimental groups and one control group. Experimental groups all received twelve reinforcements (food rewards) during the acquisition period of twenty-four trials, but the distribution patterns of reinforcements were varied group to group. Group I ($1/2$) received uniform distribution of reinforcements, Group II ($1/4+3/4$) received three reinforcements in the first half period and nine in the second half period, and Group III ($3/4+1/4$) received nine reinforcements in the first half period and three in the second half period (Table 1). The control group ($1/1$) received reinforcements in every trials during the acquisition period of twenty-four trials. All the four groups were given extinction trials immediately after the acquisition trials.

Each group reached the similar response level in terms of latent periods at the last part of acquisition trials. But the degrees of the increment of latent period on the early extinction period were positively related to the distribution of reinforcements on the last part of acquisition period (Table 2). The number of trials required to reach the extinction criterion (no response for two or five minutes) was reciprocally related to the distribution of reinforcements on the last part of acquisition period (Table 3).

These results indicate that the early distribution of reinforcements will delay the extinction, while the late distribution will quicken the extinction. It is suggested that the resistance to extinction depends on the degree of similarity between the distribution of reinforcements in acquisition period and that in extinction period.