少数訓練試行 PRE に及ぼす N-R 移行数ならびに強化率の効果¹

広島大学石田 雅 人

THE EFFECTS OF NUMBER OF N-R TRANSITIONS AND PERCENTAGE OF REINFORCEMENT UPON THE PRE FOLLOWING A SMALL NUMBER OF TRAINING TRIALS

MASATO ISHIDA

Department of Psychology, Hiroshima University

5 groups of 8 rats each received 5 training trials in a straight alley in order to assess the predictions from the stimulus-aftereffect hypothesis and from the nonconditioning theory of frustration concerning the small-trial PRE. 1 N-R and 2 N-R transitions were factorially combined with reinforcement percentages of 40 and 60. The 5th group was continuously reinforced for control. The PRE was clearly demonstrated, and the resistance to extinction was an increasing function of the number of N-R transitions. The 40% groups did not differ from the 60% groups. The results were interpreted as supporting the stimulus-aftereffect hypothesis rather than the theory of primary unconditioned frustration.

きわめて少数回の訓練試行後でも部分強化効果 (Partial Reinforcement Effect, 以下 PRE と略す) が報告され (例えば, McCain, 1966, 1968, 1970; Capaldi, Lanier, & Godbout, 1968 など), 従来まで PRE を説明してきた諸理論に疑問が投げかけられている。すなわち従来の理論においては, かなりの数の訓練試行を行なった場合に, PRE を規定するようなある種のメカニズムが発展することを想定したからである。たとえば Weinstock (1954, 1958) は PRE を, 部分強化群が, かなりの訓練試行を経たのちに, 無強化試行で生ずる競合反応に対して順応することから説明している。又 Lawrence & Festinger (1962) は, 部分強化群が無強化試行で不協和を生ずるが, 訓練の進行につれて動物はエキストラ・アトラクションをもつようになることから PRE を説明した。

PRE を説明する理論としてこれまでに注目されてきた Amsel 理論 (Amsel, 1958, 1962) でさえも上記の例にはもれない。更に Amsel, Hug, & Surridge (1968) では, 報酬として用いられるペレットの数が少数訓練試行後の PRE の有無を決定するとしたが, 石田 (1973) は Amsel et al. (1968) の主張には一致しない結果を得ている。

このような少数訓練試行 PRE に関して, Capaldi (1967) は刺激残効説の立場から, 比較的少数の訓練試行の場合には, 消去抵抗は無強化試行(N)から強化試行(R)への移行の数 (以下 N-R 移行数と称す) の増加関

数であるとしている。そして Capaldi の支持者である Spivey (1967) は, 10 試行の訓練事態で強化率 (30% あるいは 70%) と N-R 移行数 (1 あるいは 3) を要因配置し実験した結果, 消去抵抗は N-R 移行数の増加関数として増大したが, 強化率とは関係がなかったと報告した。すなわち Capaldi (1967) と Spivey (1967) によれば, 無強化により生ずる刺激残効 (S^N) は次の試行で強化されるならば, S^N の呈示で走行しようとする傾向が増大する。だから N-R 移行数が増す程, S^N のオペラント反応への条件づけが増大する。消去期は S^N が常に呈示される事態と考えられるので, 消去抵抗は S^N がオペラント反応を誘発する強さの増加関数, つまり N-R 移行数の増加関数であるとしている。

ところが Brooks (1969) は少数訓練試行 PRE に関して, 消去抵抗が強化率の減少関数であることを提唱した。Brooks によれば, 消去抵抗を規定するのは 1 次フラストレーション反応 (R_F) の量であるとしている。この R_F は強化数の増加関数として増大する微小予期反応 (r_g) に依存する。だから r_g の増す程, つまり強化率が増す程 R_F は大となる。しかし R_F は情緒反応であり, オペラント反応を妨害すると考えられる。故に強化率が増す程 R_F の量も大となり, 消去ははやくなる。

この Brooks の予測は, ハードル跳躍の潜時を測定することにより 1 次フラストレーションの量を求めた実験 (Brooks, 1969) に基づいて行なわれたものであるが, Capaldi (1967) の予測並びに Spivey (1967) の結果とは異なっている。

Spivey (1967) の実験は 10 試行の訓練事態というこ

¹ 本実験の概要は日本動物心理学会第 33 回大会で発表された。

TABLE 1
Training schedule

Group	N-R transitions	Percentage of reward	Training sequence
1—40	1	40%	RNNNR
1—60	1	60%	RRNNR
2—40	2	40%	NRNNR
2—60	2	60%	RNRNR
C	0	100%	RRRRR

とで行なわれたものであるが、いわゆる少数訓練試行 PRE は更に少ない試行、5 試行前後で論じられている。それ故今回の実験では 5 試行を用いる。又 Spivey (1967) の実験は 10 回の訓練試行を用いる際、本訓練以前に強化走行試行を 2 回含む予備訓練を行なっている。これは装置に対する順応の為に行なわれたものであろうが、訓練試行数の点で実質的には 10 試行をこえていることになる。そこで本実験では、真の少数訓練試行にするため、予備訓練においては強化試行は行なわず無強化で自由探索試行を施し、予備訓練の最後に動物を走行させず直接目標箱において強化する方法（目標箱内直接強化）を導入した。特にこの目標箱内直接強化を用いる理由は、本訓練に対して及ぼす無強化試行の効果（装置順応の為に施される自由探索は無強化試行と考えられる）を減殺しようとしたものである。すなわち Capaldi, Hart, & Stanley (1963) によると、動物を走行させずに目標箱で強化すると、その手続の直前の無強化試行で生じた S^N が走行反応に条件づけられることがなく、ただ S^N が S^R （強化試行の残効）に置換されるだけであるとされたからである。また今回の実験では訓練試行数が少ないために強化系列の都合上本訓練第 1 試行目が N で始まる群があるので、この N は自由探索における N とは分離されねばならない。このような場合も上に述べた方法が有効である。

本実験は目標箱内直接強化法を導入しながら、少数訓練試行事態において、消去抵抗は N-R 移行数の増加関数であるという Capaldi (1967) と Spivey (1967) の立場と、消去抵抗は強化率の減少関数であるという Brooks (1969) の立場を検討することを目的とする。

方 法

被験体 ウィスター系のシロネズミの雄 40 匹を使用した。生後約 90 日であり、実験歴はない。

装置 出発箱、走路、目標箱からなる合板製の廊下式直線走路で、全長 160 cm、幅 8 cm、高さは 11 cm である。はじめの 25 cm は出発箱、最後の 35 cm が目標箱であり、両区画とも走路とは引上げ式ギロチン戸で仕切られている。装置全体はうすい灰色に塗られ、天井部は透明なアルカリガラスにより覆われている。また目標箱には円形のアルミ製報酬皿がとりつけられている。走行時間を各セクションで測定するため 3 箇所に光電管がとりつけられた。装置のはじめから 35 cm（出発時間）に第 1 の光電管、そこから 80 cm（走路時間）のところに第 2 の光電管、更にそこから 25 cm（目標時間）のところに第 3 の光電管がとりつけられた。走行時間は電気時計により 1,000 分の 1 秒単位まで測定され、時計はネズミが待避ケージから出発箱にいれられ、ギロチン戸が引き上げられると同時に作動する。

実験計画 2×2 の要因計画が用いられた。第 1 の要因は N-R 移行数（1 あるいは 2）、第 2 の要因は強化

率（40% あるいは 60%）である。これに連続強化群（100% 強化、N-R 移行数 0）を加え計 5 群であった。

手続 本訓練にはいる 12 日前から全被験体は 1 日 12 g の食物制限を受ける。予備訓練は 10 日間行なわれ、被験体は最後の日を除く 9 日間は 1 日 2 時間のハンドリングを受けた。予備訓練 5 日目から 9 日目までは、ハンドリングの後無強化で装置内の自由探索が 1 匹ずつで 2 時間行なわれた。予備訓練 10 日目は 1 回の目標箱内直接強化が施された。この手続は待避ケージから、走路とはギロチン戸で仕切られた目標箱に直接もって行って置かれ、本訓練で用いられるペレット 4 こが与えられ、食べ終わったら直ちに待避ケージに戻された。

予備訓練終了後、1 群 8 匹ずつの 5 群にランダムに分けられ、本訓練にはいる。訓練試行は 5 試行であり、各群の N-R 移行数、強化率、ならびに強化系列は Table 1 に示されている。強化試行時 (R) は報酬として 80 mg のペレット 4 こが与えられ、ペレットを食べ終わり次第目標箱からとり出された。無強化試行時 (N) では目標箱内に 30 秒間放置された。訓練の終了後 13 回の消去試行を行なう。試行間隔は 24 時間であり、訓練と消去を通じ一定であった。各被験体はその日の試行終了後 30 分以上経てから所定の食物が与えられた。

結 果

各セクション毎の走行時間（出発時間、走路時間、目標時間）が測定されたが、ほぼ同様の傾向を示したので、全走路走行時間で分析する。

訓練第 1 試行目の走行時間を分析すると各群間には有意差はなかった ($F=0.394$, $df=4$, 35)。又訓練 5 試行にわたる走行時間の減少傾向は全群とも有意であった (C , 1—40, 1—60, 2—40, 2—60 の各群はそれぞれ $F=3.461$, $F=3.422$, $F=5.082$, $F=7.591$, $F=3.954$, いずれも $df=4$, 28 で $P<.05$)。このことは各群とも試行の効果があったことを示している。訓練の最終パフォーマンスレベルは消去第 1 試行の走行時間で分析されたが、5 群間には有意な差があった ($F=3.290$, $df=4$, 35, $P<.05$)。

Fig. 1 には消去第 1 試行ならびに消去期の走行時間が 5 群について示されている。消去期全体のパフォーマンスについて分析すると、 t 検定の結果 C 群と 1—40 群

との間には有意な差がなく、その他の3群とC群の間には有意差があった。またC群を除く4群で分散分析すると、N-R 移行数の要因、強化率の要因および交互作用も有意であった（それぞれ $F=11.990$, $F=7.658$, $F=9.222$, いずれも $df=1, 28$, $P<.01$ ）。

しかしながら今回の実験の場合、訓練の最終パフォーマンスレベルで5群間に明らかな差が生じている。それで5群の相対的な消去抵抗をみるためには、消去期における走行時間を直接比較することはできない。このような場合に消去抵抗を比率で見ようとする方法がある。この方法は Anderson (1963) によって提出されたものであり、訓練最終速度を1とした転換値を求め、各群の消去抵抗を見るものである。今回の実験においては測度が走行時間であったがこの方法を用い、訓練最終パフォーマンスを1とした転換値を全被験体で求めた。その値の平均値は Fig. 2 に示されている。

転換値により消去全体のパフォーマンスを見ると、C群と他の4群との間には t 検定の結果有意な差があり、明らかに PRE がみられている。更にC群を除く4群について分散分析した結果は Table 2 に示されている。N-R 移行数の要因が有意であり、一方強化率の要因は有意ではない。しかし交互作用も有意であり、これは Fig. 2 からわかるように、1-60 群と 2-60 群の間に有意な差がないことも影響している ($t=0.101$, $df=14$)。特に N-R 移行数の関数として示したのが Fig. 3 である。Fig. 3 から N-R 移行数の増大する程消去抵抗は高くなってゆく様子がわかる。 t 検定を行なうと N-R 0 と N-R 1 の間、および N-R 1 と N-R 2 の間に有意な差がある（それぞれ $t=2.421$, $t=2.352$, いずれも $df=14$, $P<.05$ ）。又強化率の関数として示したのが

FIG. 1. Mean total alley time in extinction (TA represents the terminal level of training).

TABLE 2

Analysis of variance for relative total alley time obtained by modified Anderson's transformation

SV	SS	df	MS	F
N-R transitions	7.268	1	7.268	8.510*
Percentage	0.702	1	0.702	0.822
Interaction	3.809	1	3.809	4.460*
Residual	23.901	28	0.854	
Total	35.680	31		

* Significant at .01 level.

Fig. 4 である。ここでは 100% と 40% の間、および 100% と 60% の間には有意な差はあったが（それぞれ $t=2.279$, $t=2.944$, いずれも $df=14$, $P<.05$ ）、40% と 60% の間には有意な差はなかった ($t=1.643$, $df=14$)。

考 察

今回の実験の結果においては、少数訓練試行で部分強化を受けたいずれの群も連続強化を受けた群よりも消去抵抗が高く PRE が見られた。又 N-R 移行数と強化率を同時に変化させたのであるが、消去のパフォーマンスを規定しているのは N-R 移行数の要因であり、消去抵抗は N-R 移行数の関数として増大する傾向が示された。

少数訓練試行で PRE がみられたことは、以前の研究、例えば McCain (1966) や石田 (1973) に一致し、再びこの現象に対するフラストレーション理論による説明が困難であることを示している。なぜなら、Amsel (1958,

FIG. 2. Relative total alley time obtained by modified Anderson's transformation.

1962) はフラストレーション (PRE を説明する際の基本概念である) が走行に条件づけられるまでには、かなりの試行数を要することを前提としたからである。

Brooks (1969) の理論の基本もフラストレーションを仮定するところにあったが、Amsel と異なるのは条件づけを必要としないフラストレーションを考えたことである。それ故フラストレーションの生起は試行数の多少には依存しない。Brooks (1969) によると PRE は、消去において生ずる 1 次的無条件フラストレーション (R_F) が連続強化群の方に大きいことから起因するとしている。これを証明するために、消去試行の際ハードル跳躍の潜時を測定した。その結果部分強化群に比べ連続強化群の跳躍が優れたことから、 R_F は連続強化群の方が大きいとし、PRE は、消去において R_F の大きい群 (つまり強化数の多い群) がより多く走行を妨害されることから生ずると考えた。そして強化数が多くなる程、すなわち強化率が高い程消去ははやいことを予測した。しかしながら今回の実験結果は Brooks の予測には一致しなかった。その原因の一端は Brooks の予測の根拠にあるように思える。すなわち Brooks はフラストレーションか

ら回避する機能としてハードル跳躍が増加したという事実から、フラストレーションが大きい程オペラント反応を妨害するという R_F の機能を導いたからである。このようなフラストレーションによる行動の抑制と促進という相反する 2 つの機能が同一のメカニズムであるかどうかは疑問であり、これを支持する見方も少なくない (例えば、Gray, 1969; Sutherland & Mackintosh, 1971)。

消去抵抗が N-R 移行数の増加関数となったことは Spivey (1967) の結果と同様であった。しかし今回の実験では特に訓練以前に目標箱内直接強化を導入し、Spivey (1967) の用いた実質の試行よりはるかに短い訓練試行のもとで行なわれたものであった。このように少数訓練試行の条件で消去抵抗が N-R 移行数の増加関数となるメカニズムはどのように説明されるだろうか。

Capaldi (1967) および彼の支持者である Spivey (1967) の刺激残効説によれば、PRE は訓練期に N を経験した部分強化群と、N を全く経験しなかった連続強化群との消去事態への汎化減少率の差から説明される。すなわち消去に似た手掛りの呈示で走行することを学習した動物の消去抵抗が高いことを意味している。すると、少なくとも 1 回の強化試行に先行するある数の N の連続 (以下 N 連と称す) が、十分に強化される回数をもつならば (試行数が十分に多ければ)、ある N 連の習慣強度は漸近値に達する。その場合ある N 連が消去事態と近似すればする程、したがって N 連が長ければ長い程消去事態への汎化減少率は小さいと考えられ、消去抵抗は高くなる。ところが与えられる試行数が非常に少ない時 (いわゆる少数訓練試行の場合には)、ある N 連の獲得する習慣強度の大きさが問題となり、それが大きい程消去において S^N の呈示のもとで走行する傾向は大きくなる。よって限定された試行数の中では、ある N 連の強化される回数が多ければ多い程、すなわち N-R 移行数の増加関数として消去抵抗は増大するのである。

以上の如く Capaldi (1967) と Spivey (1967) は PRE を基本的には、無強化刺激の残効といういわば中性刺激による媒介から説明している。これは Amsel (1958, 1962) や Brooks (1969) がフラストレーションという情動刺激を仮定したのとは異なっている。又刺激残効説においては PRE を説明した上、消去抵抗を数値的に予測しうる点で、いままでの PRE 理論にはない利点もっているように思われる。

引用文献

- Amsel, A. 1958 The role of frustrative nonreward in noncontinuous reward situation. *Psychological Bulletin*, 55, 102—119.
Amsel, A. 1962 Frustrative nonreward in partial reinforcement and discrimination learning: Some recent history and a theoretical extention. *Psy-*

FIG. 3. Relative total alley time as a function of number of N-R transitions.

FIG. 4. Relative total alley time as a function of reinforcement percentage.

- chological Review*, **69**, 306—328.
- Amsel, A., Hug, J. J., & Surridge, C. T. 1968 Number of food pellets, goal approaches, and the partial reinforcement effect after minimal acquisition. *Journal of Experimental Psychology*, **77**, 530—534.
- Anderson, N. H. 1963 Comparisons of different populations: Resistance to extinction and transfer. *Psychological Review*, **70**, 162—179.
- Brooks, C. I. 1969 Frustration to nonreward following limited reward experience. *Journal of Experimental Psychology*, **81**, 403—405.
- Capaldi, E. J. 1967 A sequential hypothesis of instrumental learning. In K. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press.
- Capaldi, E. J., Hart, D., & Stanley, L. R. 1963 Effect of intertrial reinforcement on the aftereffect of nonreinforcement and resistance to extinction. *Journal of Experimental Psychology*, **65**, 70—74.
- Capaldi, E. J., Lanier, A. T., & Godbout, R. C. 1968 Reward schedule effects following severely limited acquisition training. *Journal of Experimental Psychology*, **78**, 521—524.
- Gray, J. A. 1969 Sodium amobarbital and effects of frustrative nonreward. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **69**, 55—64.
- 石田雅人 1973 少数訓練試行事態における部分強化効果 日本心理学会第 37 回大会発表論文集, pp. 412—413.
- Lawrence, D. H., & Festinger, L. 1962 *Deterrents and reinforcement*. Stanford: Stanford University Press.
- McCain, G. 1966 Partial reinforcement effects following a small number of acquisition trials. *Psychonomic Monograph Supplements*, **1**, 251—270.
- McCain, G. 1968 The partial reinforcement effect after minimal acquisition: Single pellet reward. *Psychonomic Science*, **13**, 151—152.
- McCain, G. 1970 Reward magnitude and instrumental responses: Consistent and partial reward. *Psychonomic Science*, **19**, 139—141.
- Spivey, J. E. 1967 Resistance to extinction as a function of number of N-R transitions and percentage of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology*, **75**, 43—48.
- Sutherland, N. S., & Mackintosh, N. J. 1971 *Mechanisms of animal discrimination learning*. New York: Academic Press, pp. 338—399.
- Weinstock, S. 1954 Resistance to extinction of a running response following partial reinforcement under widely spaced trials. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **47**, 318—322.
- Weinstock, S. 1958 Acquisition and extinction of a partially reinforced running response at a 24-hr. intertrial interval. *Journal of Experimental Psychology*, **56**, 151—159.