研 究

ラットの系列パターン学習における走行間隔と系列移行の効果

金沢大学文学研究科 谷 内 通

Effects of Interrun interval and Shift of Reward Sequence on Serial Pattern Learning in Rats

TOHRU TANIUCHI

Kanazawa University Graduate School of Letters

ABSTRACT

In order to examine the effects of interrun intervals (IRI) on serial pattern learning, two groups of nine albino rats each were trained to achieve five consecutive runs in a straight alley and exposed to a series of reward magnitude varying number of 45mg food pellets at each run. In the first stage of the training, the first group (Group S) was presented with 14-7-3-1-0 monotonic series of food pellets with IRI of 15 to 20 sec between runs. The second group (Group L) was also presented with the same series as the first one but with longer IRI of 5 min between runs. Group S and Group L ran equally slow to 0 pellets in the monotonic series. In the second stage of the experiment, both groups received 14-3-7-1-0 nonmonotonic series with the IRI being same as the first stage. The shift of the series differentially affected the anticipation of the 0 pellets between groups. Anticipation of 0 pellet in Group S was more greatly deteriorated than that in Group L. These results support Hulse's dual theoretical approach to serial pattern learning rather than Capaldi's memory-discrimination theory.

動物が事象の系列をどのように学習するかを検討する試みの一つとして、ラットに報酬量の系列を学習させる「系列パターン学習」の研究が数多く行なわれている。その典型的実験パラダイムは直線走路において、継起する走行に対して目標箱で与える報酬量（45 mg の餌ペレット

の数）を項目として系列を構成し（e. g., 14-7-3-1-0, 14-1-3-7-0；数字はペレット数），その報酬系列をラットに学習させる。各項目に対する走行速度が測定されるが、特に0ペレット項目に対する走行が吟味の対象となる。つまり、0ペレット項目に対して遅く走行するほど、

この項目は良く予期されたことになる。このような事態において、系列の最終項目である0ペレット項目の予期が、それよりも前の報酬項目の配列によって大きく影響を受けることが報告されている (e. g., Hulse & Dorsky, 1977)。しかし、報酬系列について「何が学習されるのか」という問題については、法則符号化仮説 (Fountain, 1990; Hulse, 1978; Hulse & Dorsky, 1977, 1979) と記憶弁別理論 (Capaldi & Molina, 1979; Capaldi, Nawrocki, Miller, & Verry, 1985; Capaldi, Verry, & Davidson, 1980a) という2つの対立する見解がある。

Hulse & Dorsky (1977) は14-7-3-1-0個のペレットからなる強単調系列と、14-5-5-1-0弱単調系列、および14-1-3-7-0非単調系列に対するラットの遂行を比較した。その結果、0ペレットに対する走行は強単調系列において最も遅かった。彼らは、0ペレット予期についての差異が、各系列の法則構造の複雑さに起因するものであると考え、法則符号化仮説を提起した。法則符号化仮説では、ラットは報酬系列の法則構造を符号化することによって系列を学習し、この符号化は項目間の関係がより少数の法則によって定義づけられる場合ほど容易になると仮定される。弱単調系列や非単調系列が複数の法則によって定義づけられるのに対して、強単調系列は $I[i] > I[i+1]$ (I : 項目, i : 系列位置) という単一の法則によって定義づけられる。強単調系列の法則構造は弱単調系列や強単調系列の法則構造よりも容易に符号化されるので、強単調系列の0ペレット項目が最も良く予期されたと Hulse & Dorsky (1977) は説明している。

法則符号化仮説は、法則構造は一貫しているが項目数を異にする様々な系列による訓練の効果が、同じ法則構造を持つ新奇な系列に転移すること (Hulse & Dorsky, 1979), 4項目からなる単調減少系列による訓練を受けたラットが、新たに加えられた第5項目を第1-4項目の法則構造に基づいて推定すること (Fountain &

Hulse, 1981), また、ラットは25項目からなる系列内の0ペレットを、系列が単一の法則によって定義づけられるようなサブパタンに分節されたときに最も良く予期すること (Fountain, Henne, & Hulse, 1984) などの結果によって支持されている。また、本邦では、水原と石田 (1990) が、餌ペレットの報酬系列による訓練の効果が同じ法則構造を持つサッカリン溶液の系列に転移することを明らかにしており、ラットが質的に異なる報酬間に一般性のある形で系列の法則構造を符号化していた可能性を示唆している。

一方、Capaldi & Molina (1979) は Hulse & Dorsky (1977) とは異なり、0ペレット予期が15-10-5-0強単調系列よりも14-14-2-0弱単調系列や15-15-0-0弱単調系列において良く学習されることを見いだした。この結果から、Capaldi & Molina (1979) は、報酬系列についてラットが学習しているのはその法則構造ではなく個別的な項目間連合であるとする記憶弁別理論を提唱した。記憶弁別理論 (Capaldi & Molina, 1979; Capaldi et al., 1985; Capaldi et al., 1980a) によると、ある走行で生じた報酬量に関する記憶表象は、次の走行で与えられる報酬量を予告する手がかり (シグナル) として機能する。また、その系列内の0ペレットの予期は、0ペレットのシグナルに対する他のシグナルからの刺激般化に依存するとされた。例えば、15-10-5-0強単調系列では、 S^{15} (15ペレットについての記憶表象), S^{10} , および S^5 というシグナルが生起する。ここで、 S^{15} は10ペレット ($S^{15} \rightarrow 10$), S^{10} は5ペレット ($S^{10} \rightarrow 5$), S^5 は0ペレット ($S^5 \rightarrow 0$) を予告している。また、14-14-2-0弱単調系列では、 S^{14} ($S^{14} \rightarrow 14$, $S^{14} \rightarrow 2$) と S^2 ($S^2 \rightarrow 0$) というシグナルが生起する。15-10-5-0強単調系列における S^5 と14-14-2-0弱単調系列における S^2 は、ともに0ペレット項目のシグナルであるが、これらのシグナルに対しては系列内の他のシグナルから刺激般化が生じる。つまり、強単調系列の S^5 (S^5

→ 0) は, S^{15} ($S^{15} \rightarrow 10$) や S^{10} ($S^{10} \rightarrow 5$) から刺激般化を受ける。また, 弱単調系列の S^2 ($S^2 \rightarrow 0$) は, S^{14} ($S^{14} \rightarrow 14$, $S^{14} \rightarrow 2$) から刺激般化を受ける。ここで, 刺激般化の傾向は 0 ペレット項目のシグナルと系列内の他のシグナルとの間の類似性によって決定される。 S^{15} や S^{10} と S^5 との間の類似性は S^{14} と S^2 間のそれよりも高い。よって, 強単調系列の S^5 は, S^{15} や S^{10} といった比較的多くの報酬を予告しているシグナルから刺激般化を受けることになる。しかし, 弱単調系列の S^2 は, 大報酬を予告するシグナル S^{14} ($S^{14} \rightarrow 14$) から刺激般化を受ける傾向が小さい。この結果, 0 ペレットに対する反応は, 15-10-5-0 系列よりも 14-14-2-0 系列において容易に抑制されることになることを説明される。

強単調系列よりも弱単調系列において, 0 ペレット予期が優れる場合があるというこの Capaldi & Molina (1979) が示した反証に対し, Hulse (1980) は自分たちの研究と Capaldi & Molina の研究との次のような実験方法の違いを指摘し, 両研究結果の相違の説明を試みている。Hulse & Dorsky (1977) は 5 項目からなる系列を 10-15 秒間の走行間間隔 (interrun interval: 以後 IRI) で提示しているのに対し, Capaldi & Molina (1979) は 4 項目からなる系列を 4-5 分間の IRI で提示していた。Hulse & Dorsky (1977) が用いた系列は項目の種類が多いのに対して, Capaldi & Molina (1979) の系列は項目の種類が少なかった。また, 1 日当たりの系列提示回数が Hulse & Dorsky (1977) では 4 回であるのに対し, Capaldi & Molina (1979) では 1 回であった。Hulse (1980) は, これらの相違点が, Capaldi の実験において項目間連合による学習を優先させたのではないかと考えている。

ここで指摘したいのは, Hulse (1980) は, ラットの系列パターン学習が法則構造の符号化によってのみ達成されるとは断言していないことである。彼は, 場合によっては, 系列パターン学習に

項目間連合の形成が関与することを認めている。すなわち, Hulse (1980) は, 系列パターン学習は法則構造の符号化と項目間連合の形成という 2 種類の学習過程に媒介され得ると主張し, 学習過程を決定する変数の候補を具体的に提示したのである。

本研究は Hulse (1980) が学習過程の決定因として提示した変数の一つである IRI の効果について検討することを目的とする。Hulse (1980) は, 短い IRI が法則構造の符号化を促し, 長い IRI は項目間連合の形成を促すと主張している。しかし, この見解の是非については, 現在のところまだ十分な検討がなされていない。Capaldi et al. (1985, 実験 3) や矢沢と藤田 (1992) は, IRI が比較的長い場合 (4-5 分間もしくはそれ以上) でも, Hulse & Dorsky (1977) と同様に, 14-7-3-1-0 強単調系列が 14-1-3-7-0 非単調系列よりも容易に学習されることを示している。Capaldi et al. (1985) や矢沢と藤田 (1992) はこの結果を基に, ラットの系列パターン学習は項目間連合のみに媒介されており, IRI は学習過程を決定するような変数ではないと主張している。しかし, 14-1-3-7-0 系列よりも 14-7-3-1-0 系列の 0 ペレット予期の方が容易であるという結果は法則符号化仮説と記憶弁別理論の両者が予測する。よって, この結果は, 短い IRI の下では法則構造の符号化がなされるという Hulse (1980) の見解に対する強力な反証にはなり得ないように思われる。

そこで本研究では, Capaldi et al. (1985) の方法とは異なる「系列移行」という手続きを用いて, IRI に関する Hulse (1980) の見解を検証する。まず, 2 群のラットに 14-7-3-1-0 単調系列の訓練を 15-20 秒間 (S 群) もしくは 5 分間 (L 群) の IRI で行なう。次いで, IRI はそのまま, 3 ペレットと 7 ペレットの系列位置を入れ替えた 14-3-7-1-0 非単調系列による訓練を与える。このような系列移行が行なわれる事態における IRI の効果について, 記憶弁別理論と Hulse (1980) の見解からはそれぞれ異なった予

測が導かれる。

記憶弁別理論に従えば、系列の移行があっても0ペレットのシグナルが S^1 であること($S^1 \rightarrow 0$)に変化がないので、系列移行後のごく初期の段階では、両群の0ペレット予期の劣化(走行速度の上昇)はほとんど観察されないことが予測される。

これに対し、Hulse (1980) の見解では、IRI が長い場合には項目間連合の形成による学習が促され、IRI が短い場合には法則構造の符号化による学習が促されると考えられるので、第1段階で与えられる単調系列をS群は法則構造に、L群は項目間連合にそれぞれ基づいて学習すると予測される。第1段階での単調系列と第2段階での非単調系列の法則構造は異なるので、単調系列の法則構造に関する情報 $I[i] > I[i+1]$ は、第2段階での非単調系列の0ペレット予期には利用できない。よって、単調系列を法則構造の符号化によって学習すると予想されるS群は、第2段階で系列の法則構造を変更されると0ペレットを予期できなくなるはずである。逆に、系列移行後も0ペレットのシグナルが S^1 であることには変化がないので、0ペレットとそのシグナルに関する項目間連合($S^1 \rightarrow 0$)は系列移行後も有効である。よって、項目間連合の形成によって単調系列を学習すると予想されるL群は、系列が非単調系列に移行しても $S^1 \rightarrow 0$ に基づいて0ペレットを予期できるはずである。したがって、Hulse (1980) の見解によれば、系列移行に伴う0ペレット予期の劣化はS群よりもL群において小さくなると予測される。

方 法

被験体

日本チャールズ・リバー社から購入した実験経験のないSprague Dawley系の雄ラット18匹を被験体として用いた。ラットは個別ケージで飼育され、実験開始時に約80日齢であった。

装 置

全長152 cm、幅10 cm、高さ13 cmの廊下式直線走路を装置として用いた。走路は30 cmの出発箱、92 cmの走路部分、および30 cmの目標箱からなり、出発箱と目標箱はそれぞれギロチンドアによって走路部分から仕切られていた。目標箱のつきあたりには直径5 cmの餌皿を取り付けた。出発箱側のギロチンドアを引き上げてからラットが餌皿の手前5 cmの所に取り付けられた光電を遮るまでの時間を走行時間として1/100秒単位まで測定した。報酬には45 mgの餌ペレットを用いた。

手続き

予備訓練：食餌制限によって7日間でラットの体重を自由摂食時の $85 \pm 2\%$ に減量し、1日当り12-16 gの固形飼料を与えて実験終了までこの体重を維持した。また、この7日間に、毎日3分間のハンドリングを与えた。8日目と9日目には15分間の自由探索が個別に与えられた。この自由探索の間に、出発箱、走路部分、目標箱のそれぞれの床に2粒ずつまかれた餌ペレットを食べさせた。また10日目には、ギロチンドアの閉められた目標箱で餌皿から25粒の餌ペレットを与えた。

実験訓練：実験開始11日目から第1段階の訓練を32日間行なった。この段階では、全てのラットに対して14-7-3-1-0単調系列を毎日1回提示した。つまり、1日に5回の走行を行ない、第1走行では14ペレットを目標箱で与え、以下、7, 3, 1, 0ペレットを第2, 3, 4, 5走行で与えた。ラットはランダムに2群に分けられ(各群とも $n=9$)、S群はこの系列を15-20秒間のIRIで受け、L群は5分間のIRIで受けた。

ラットを出発箱に入れ、約3秒後にギロチンドアを引き上げた。ラットが目標箱内の光電を遮ると目標箱側のドアを降ろした。報酬試行の場合、ラットが全てのペレットを食べ終わると取り出して拘留用ケージに入れ、実験条件にしたがったIRIが経過した後に次の走行を開始した。0ペレット走行の場合、目標箱に入ってから

ら約 20 秒後にラットを取り出した。全ての走行において 60 秒以内に目標箱に入らない場合、ラットを装置から取り出して目標箱に入れた。この場合の走行時間は 60 秒と記録した。拘留用ケージでは水を与えなかった。毎日、同じ群のラットを 3 匹ずつ実験室に運んだ。L 群のラットの場合は IRI の間に他の 2 匹の走行を行ない、S 群では 1 匹のラットが連続して 5 回の走行を行なった。実験室に運ぶ小群 ($n=3$) は固定していたが、これらの小群を訓練する順序は毎日ランダムに替えられた。

第 1 段階終了の翌日から第 2 段階の訓練を 4 日間行なった。この期間、両群のラットは 14-3-7-1-0 非単調系列による訓練を受けたが、IRI は第 1 段階と同じで S 群は 15-20 秒間、L 群は 5 分間であった。その他の手続きは第 1 段階と同じであった。

結 果

Fig. 1 に第 1 段階の最終 4 日間と第 2 段階の 4 日間における S 群および L 群の平均走行速度を示した。第 1 段階では、第 1-4 走行において S 群が L 群よりも速く走行したが、第 5 走行における走行速度には両群間にほとんど差が見ら

れなかった。また、両群のラットは、第 1 段階よりも第 2 段階において、第 3 項目に対して遅く、第 4・5 項目に対して速く走行した。特に第 5 走行については、S 群においてこの傾向が顕著であり、系列の移行に伴う 0 ペレット予期の劣化は L 群よりも S 群で大きかった。0 ペレット予期の劣化は、第 2 段階の 1 日目から L 群よりも S 群で顕著であり、第 2 段階を通じて L 群は S 群よりも 0 ペレットに対して遅く走行した。多重 t 検定を用いた事前比較によって、両群の 0 ペレットに対する走行速度を訓練日ごとに比較した。第 1 段階では全ての訓練日において、0 ペレットに対する両群の走行速度に違いは見られなかった ($p>.05$)。しかし、第 2 段階では 3 日目を除く全ての訓練日において、L 群が S 群よりも有意に遅く 0 ペレットに対して走行した ($p<.05$)。この結果は、系列を移行した第 2 段階の第 1 日目から、L 群よりも S 群の 0 ペレット予期の劣化が大きかったことを示している。

事前比較の結果をさらに分析するために、IRI (短, 長) $\times$ 走行 (第 1, 2, 3, 4, 5 走行) $\times$ 段階 (第 1, 第 2) $\times$ 日 (1, 2, 3, 4 日目) の 4 要因分散分析 (群間要因(1), 繰り返し要因(3))

Fig. 1 Running speeds for Group S and L to each of five items on each of last four days of Stage 1 and all four days of Stage 2. The items are plotted either in the order 14-7-3-1-0 (Stage 1) or in the order 14-3-7-1-0 (Stage 2).

を行なった。IRI ($F=9.49$, $df=1/16$, $p<.01$), 走行 ($F=71.65$, $df=4/64$, $p<.01$), 段階 ($F=14.55$, $df=1/16$, $p<.01$), および日 ($F=3.86$, $df=3/48$, $p<.05$) の主効果, 走行×段階 ($F=22.99$, $df=4/644$, $p<.01$), 段階×日 ($F=4.06$, $df=3/48$, $p<.05$), および IRI×走行×段階 ($F=3.09$, $df=4/64$, $p<.05$) の交互作用のそれぞれが有意であった。走行×段階の交互作用について行なった単純効果検定では, 段階の主効果が第3走行 ($F=9.19$, $df=1/80$, $p<.01$), 第4走行 ($F=15.11$, $df=1/80$, $p<.01$), および第5走行 ($F=77.90$, $df=1/80$, $p<.01$) において有意であった。これらの結果は, 両群の走行が系列移行に伴って第3走行で遅く, 第4・5走行で速くなったことを示している。また, IRI×走行×段階の交互作用について, 各走行における IRI×段階の単純交互作用を吟味したところ, 第5走行においてのみ有意であった ($F=14.40$, $df=1/80$, $p<.01$)。第5走行で見られた IRI×段階の交互作用について単純・単純主効果を吟味したところ, 第1段階では両群の走行速度に違いが見られなかったこと ($F=.97$, $df=1/160$, $p>.05$), 第2段階ではL群がS群よりも遅く走行したこと ($F=17.98$, $df=1/160$, $p<.01$), 系列移行に伴ってS群 ($F=79.64$, $df=1/80$, $p<.01$) およびL群 ($F=12.68$, $df=1/80$, $p<.01$) の走行速度が上昇したことが明らかになった。これらの結果は, 両群の0ペレット予期は系列の移行に伴って劣化したが, 劣化の程度はIRIの長いL群でより小さかったことを示している。

考 察

系列移行に伴う0ペレット予期の劣化は, S群よりもL群において有意に小さかった。この結果はIRIに関するHulse(1980)の見解から導かれた予測を支持するものである。Hulse(1980)の見解では, 長いIRIで訓練されたL群は項目間連合の形成に, 短いIRIで訓練されたS群は法則構造の符号化によって第1段階の

14-7-3-1-0単調系列を学習すると予測された。第1段階で与えられた14-7-3-1-0単調系列と第2段階の14-3-7-1-0非単調系列では, 第5項目が0ペレットであることと第4項目が1ペレットであることは共通していた。よって, 0ペレット予期に必要な項目間連合, すなわち $S^1 \rightarrow 0$ は系列移行後も有効であったと思われる。しかしながら, これらの系列間では法則構造は異なっていた。よって, 第1段階の単調系列の法則構造に関する情報は第2段階の非単調系列の0ペレット予期には利用できないと思われる。したがって, 第1段階の単調系列を法則構造の符号化によって学習したS群よりも項目間連合の形成によって学習したL群の方が, 系列移行に伴う0ペレット予期の劣化は小さくなったと考えられる。

一方, S群とL群の間で見られた系列移行に伴う0ペレット予期の劣化の差異は, 記憶弁別理論では全く説明できないものである。第1段階の14-7-3-1-0単調系列と第2段階の14-3-7-1-0系列では, 第5項目が0ペレットであることは一貫していた。したがって, 0ペレットとそのシグナルの項目間連合 $S^1 \rightarrow 0$ は両段階を通じて有効であったと考えられる。よって, 記憶弁別理論は, 系列移行に伴って生じた両群の0ペレット予期の劣化を, 第2段階での非単調系列内の他のシグナルから S^1 へ生じた刺激般化によって説明しなければならない。ここで, 報酬系列内で生じる S^1 以外のシグナルは, S^{14} , S^7 , および S^3 である。 S^{14} が予告する報酬量は第1段階の7ペレット ($S^{14} \rightarrow 7$) から第2段階の3ペレット ($S^{14} \rightarrow 3$) に減少した。同様に, S^7 が予告する報酬量も第1段階の3ペレット ($S^7 \rightarrow 3$) から第2段階の1ペレット ($S^7 \rightarrow 1$) に減少している。よって, S^{14} や S^7 から S^1 への刺激般化は, 系列移行によってラットの0ペレット予期を劣化させなかったはずである。そうすると, 系列移行に伴う両群の0ペレット予期の劣化は, 第2段階において

S^3 が第1段階の1ペレット($S^3 \rightarrow 1$)よりも大きい7ペレット($S^3 \rightarrow 7$)を予告したことによって説明されなければならない。仮に、両群の0ペレット予告の劣化を第2段階における $S^3 \rightarrow 7$ から $S^1 \rightarrow 0$ への刺激般化によるものであったとする。しかし、このような般化は S^3 と S^1 の類似性によって決定される。 S^3 と S^1 の類似性は、3ペレットと1ペレットの類似性によって規定されるものであり、S群とL群で等しいと考えられる。よって、 S^3 から S^1 への刺激般化の般化量はS群とL群で等しいはずである。したがって、系列移行に伴う0ペレット予告の劣化は両群で等しくなければならない。この結論が本研究の結果と矛盾することは明らかである。

記憶弁別理論は項目予告の優劣を決定する要因として、シグナル間の刺激般化をのみを仮定している。また、この理論は、刺激般化の般化量を左右するような作用はIRIに仮定していない(Capaldi et al., 1985)。しかし、このような見解にしたがうと、S群とL群は同じ報酬系列を受けているので、第2段階において系列内の他のシグナルから S^1 に対して生じる刺激般化の般化量は両群間で等しいことになる。したがって、記憶弁別理論が第2段階における両群間の0ペレット予告の差異を説明するためには、IRIに刺激般化の般化量を変化させるような作用を特別に仮定する必要がある。ここで、長いIRIはシグナル間の刺激般化を減少させるような変数であると仮定してみる。 S^1 に対する他のシグナルからの刺激般化の減少は0ペレット予告を優れたものにすると考えられる。したがって、第2段階における0ペレット予告がS群よりもL群で優れていたのは、系列内の他のシグナルから S^1 に対して生じる刺激般化がS群よりもL群において小さかったことに起因することになる。しかし、このような仮定は、第2段階におけるL群の優れた0ペレット予告を説明できるものの、第1段階の結果と矛盾する予測を導く。すなわち、シグナル間の刺激般

化の減少は、S群よりもL群において第2段階における14-3-7-1-0非単調系列の0ペレット予告だけでなく、第1段階の14-7-3-1-0単調系列の0ペレット予告をも優れたものにするはずである。しかし、IRIが長いときの方が短いときよりも0ペレット予告が優れたという証拠は、本研究の第1段階においても得られていないし、これまでの研究(e. g., Capaldi, Miller, & Nawrocki, 1986; Haggblom & Thomas, 1987; 矢澤・藤田, 1992)でも示されていない。したがって、系列移行に伴う0ペレット予告の劣化がS群よりもL群で小さかったという本研究の結果は、刺激般化の般化量を左右するような作用をIRIに仮定したとしても、記憶弁別理論では説明できないと結論される。

また、本研究の結果はIRIに関するHulse (1980)の見解に対する反証として提出されてきた結果の解釈に疑問を投げ掛けるものである。序論で述べたように、Capaldi et al. (1985, 実験3)や矢澤と藤田 (1992)は、IRIが比較的長い場合でもHulse & Dorsky (1977)と同様に14-7-3-1-0強単調系列が14-1-3-7-0非単調系列よりも容易に学習されることを示し、これを以てHulse (1980)に対する反証としている。すなわち、Capaldi et al. (1985)は、Hulse (1980)によれば長いIRIの下では項目間連合の形成による学習が行なわれるので法則符号化仮説の予測とは全く異なった結果が得られるはずであると主張したのである。しかし、14-1-3-7-0系列よりも14-7-3-1-0系列の0ペレット予告の方が容易であることは法則符号化仮説と記憶弁別理論の両者が予測する。つまり、法則構造の符号化による学習が行なわれても、記憶弁別理論が主張するような項目間連合の形成が行なわれた場合でも、14-7-3-1-0単調系列は14-1-3-7-0非単調系列よりも容易に学習されることになる。本研究の結果が、長いIRIの下では項目間連合の形成による学習がなされるというHulse (1980)の見解を支持するものであることを考えると、Capaldi et al. (1985, 実験3)

や矢澤と藤田 (1992) の結果は項目間連合の機制に従って得られたものではあるが、短い IRI の下では法則構造の符号化が行なわれるという見解に対する直接の反証にはならないと考えられる。ただし、この結論は Hulse (1980) の言う項目間連合が記憶弁別理論の機制に従うものであると仮定した場合にのみ導かれるものである。確かに、Hulse (1980) は、長い IRI の下で形成される項目間連合の機制については明言していない。しかしながら、Hulse (1980) の主張が Capaldi & Molina (1979) との妥協案であることを考えると、彼の言う項目間連合が記憶弁別理論の主張しているそれであると仮定することには無理がないように思われる。

系列移行に伴う両群の 0 ペレット予期の劣化に関する本研究の結果は、IRI についての Hulse (1980) の見解を支持するものであり、記憶弁別理論では説明不可能なものである。しかしながら、検討すべき問題も残っている。例えば、両群の走行速度は系列移行に伴って第 3 走行では低下し、第 4 走行では上昇した。記憶弁別理論はこれらの結果を明確に説明できる。まず第 3 走行については、 S^3 が第 1 段階の訓練を通じ、1 ペレットを予告するようになっていたことによると説明する。また、第 4 走行については、 S^7 が、第 1 段階の訓練によって 3 ペレットを予告するようになっていたために、ラットは系列移行後も依然として 1 ペレットを与えられる第 4 走行において、より速く走行するようになったものと理解される。しかしながら、Hulse (1980) にしたがうと、S 群は項目間連合の形成ではなく法則構造の符号化によって第 1 段階の単調系列を学習していたはずである。第 1 段階の 14-7-3-1-0 系列と第 2 段階の 14-3-7-1-0 系列では第 1-3 項目の法則構造が異なっていたので、系列移行に伴って S 群の第 4 走行における走行速度が上昇したという結果については法則構造の変化による 1 ペレット予期の劣化という点から説明できる。しかし、これらの系列間では第 1-2 項目の法則構造は

$I[1] > I[2]$ であり、一貫している。よって、系列移行に伴う S 群の第 3 走行における走行速度の低下は法則構造の変化という点からは説明できない。法則符号化仮説は、ラットが報酬系列の法則構造に敏感であることを強調している (e. g., Hulse, 1978)。しかし、第 3 走行で観察された系列移行に伴う走行速度の低下は、第 2 走行で与えられる報酬量の変化に対して S 群のラットがある程度敏感に反応したことを示している。法則符号化仮説は、法則構造に関する情報が具体的な報酬量の予期をもたらし仕組みについては明らかにしていない。このようなメカニズムについて、モデルを精緻化していく必要があるように思われる。

また、ラットは隣接する項目間だけでなく遠隔した項目間にも項目間連合を形成することが報告されている (Capaldi & Miller, 1988; Capaldi, Nawrocki, & Verry, 1983)。この仮説では、第 i 項目は第 $i+1$ 項目だけでなく第 $i+2$ 項目のシグナルになっていると考える。この主張は、第 $i+1$ 項目が与えられる走行において第 $i+2$ 項目が予期されるという遠隔予期 (remote anticipation) や、第 i 項目を手がかりとした第 $i+2$ 項目の当該予期 (current anticipation) が観察されることによって確かめられている。この仮説に基づく、第 1 段階の S^7 は第 3 走行の 3 ペレットだけでなく第 4 走行の 1 ペレットをも予告するようになっていたために、系列移行直後の S^7 は遠隔した第 5 走行で 1 ペレットが生起することを予告したと考えられる。もし、短い IRI が遠隔連合の形成を、長い IRI は隣接した項目間の連合の形成を促すような変数であるならば、L 群よりも S 群の 0 ペレット予期の劣化が顕著であったのは、第 1 段階で形成された $S^7 \rightarrow 1$ の遠隔連合によって第 2 段階における第 5 走行の当該予期で 1 ペレットが予期される傾向が L 群よりも S 群で強かったことに原因があることになる。遠隔連合の形成と IRI の関係を調べた研究はまだなされていないが、本研究の結果を解釈する上

でも検討すべき問題であると思われる。

Hulse (1980) は法則構造の符号化による学習と項目間連合の形成による学習という2つの学習過程に関わる変数の候補として IRI を挙げている。この主張に対しては、ア・プリオリな根拠に基づいてなされており、理論的根拠および実験的証拠が無いという批判がなされた (Capaldi, Verry, & Davidson, 1980b)。また、IRI は記憶弁別理論では一切無視されてきた変数である。しかし、本研究の結果は、IRI が学習過程もしくは、少なくとも遠隔連合といったラットが獲得する情報内容に関わっていることを示しており、IRI に関する Hulse (1980) の見解がラットの系列パターン学習を理解する上で有効であることを示唆している。今後、IRI は法則構造と項目間連合という質的に異なる符号化を決定する変数であるのか、それとも遠隔連合という S-S 連合の範囲を決定する変数であるのか検討していく必要がある。本研究のように Hulse (1980) の見解を検証していくとともに、様々な条件下で各学習過程が機能する仕組みを明らかにしていくことが系列パターン学習のメカニズムの解明につながっていくものと思われる。

REFERENCES

- Capaldi, E. J., & Miller, D. J. 1988 The rat's simultaneous anticipation of remote events and current events can be sustained by event memories alone. *Animal Learning & Behavior*, **16**, 1-7.
- Capaldi, E. J., Miller, D. J., & Nawrocki, T. M. 1986 Retention interval and intertrial interval in serial learning or delayed discriminational task. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Process*, **12**, 59-68.
- Capaldi, E. J., & Molina, P. 1979 Element discriminability as a determinant of serial-pattern learning. *Animal Learning & Behavior*, **7**, 318-322.
- Capaldi, E. J., Nawrocki, T. M., Miller, D. J., & Verry, D. R. 1985 An examination into some variables said to affect serial learning. *Animal Learning & Behavior*, **13**, 129-136.
- Capaldi, E. J., Nawrocki, T. M., & Verry, D. R. 1983 The nature of anticipation : An inter- and intraevent process. *Animal Learning & Behavior*, **11**, 193-198.
- Capaldi, E. J., Verry, D. R., & Davidson, T. L. 1980a Memory, serial anticipation pattern learning, and transfer in rats. *Animal Learning & Behavior*, **8**, 575-585.
- Capaldi, E. J., Verry, D. R., & Davidson, T. L. 1980b Why rule encoding by animals in serial learning remains to be established. *Animal Learning & Behavior*, **8**, 691-692.
- Fountain, S. B. 1990 Rule abstraction, item memory, and chunking in rat serial pattern tracking. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Process*, **16**, 96-105.
- Fountain, S. B., Henne, D. R., & Hulse, S. H. 1984 Phrasing cues and hierarchical organization in serial pattern learning by rats. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Process*, **10**, 30-45.
- Fountain, S. B., & Hulse, S. H. 1981 Extrapolation of serial stimulus pattern by rats. *Animal Learning & Behavior*, **9**, 381-384.
- Haggbloom, S. J., & Thomas, D. H. 1987 Serial learning at one trial per day : Effects of interrun interval and interrun interval shifts. *Bulletin of Psychonomic Society*, **25**, 391-393.
- Hulse, S. H. 1978 Cognitive structure and serial pattern learning by animals. In S. H. Hulse, H. Fowler, & W. K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, NJ : Erlbaum. Pp. 311-340.

- Hulse, S. H. 1980 The case of the missing rule : Memory for reward vs. formal structure in serial pattern learning by rats. *Animal Learning & Behavior*, **8**, 689-690.
- Hulse, S. H., & Dorsky, N. P. 1977 Structural complexity as a determinant of serial pattern learning. *Learning and Motivation*, **8**, 488-506.
- Hulse, S. H., & Dorsky, N. P. 1979 Serial pattern learning by rats : Transfer of a formally defined relationship and the significance of nonreinforcement. *Animal Learning & Behavior*, **7**, 211-220.
- 水原幸夫・石田雅人 1990 系列パタン学習に及ぼす餌ペレットからサッカリン溶液への強化子移行の効果 基礎心理学研究, **8**, 61-68.
- 矢澤久史・藤田統 1992 ラットの系列パターン学習に及ぼす走行間隔の効果 心理学研究, **63**, 128-132.