

放射状迷路を用いたラットの 系列パターン学習における順向抑制

地域社会環境学専攻

谷内 通

Proactive Inhibition Manifested in Rats' Serial Pattern Learning on the Radial Maze

Tohru Taniuchi

ABSTRACT

The present experiment was designed to test rats' reward-magnitude tracking performance on the four arm radial maze. One group was presented with serial patterns of 6-3-1-0, 3-6-0-1, 1-0-6-3, and 0-1-3-6 food pellets. Another group was trained with patterns of 6-3-1-0, 3-6-0-1, 1-0-3-6, and 0-1-6-3 food pellets. These serial patterns were assigned to each of the four arms. It was expected that rats would track reward magnitude of monotonic patterns more easily than that of nonmonotonic patterns. In training, rats in both groups developed stereotypical response patterns, adopting few response patterns regardless of reward magnitude of the items. Analysis of rats' response patterns and of reentering responses to arms suggest that these stereotyped response patterns developed as a response strategy to cope with proactive inhibition in spatial memory.

Key words

rats, serial learning, spatial memory, proactive inhibition, radial maze

直線走路を用いたラットの系列パターン学習研究の典型的な実験パラダイムでは、継起する走行に対して目標箱で与える報酬量(45mgの餌ペレットの数)を項目として系列を構成する(e.g., 14-7-3-1-0; 数字は餌ペレットの数)。このとき、各項目に対する走行速度が、項目予期を示す測度とされる。すなわち、大報酬項目に対する速い走行、および、小報酬項目、特に無報酬項目に対する遅い走行が、項目の正確な予期を示す指標となる。このような項目予期を媒介する学習過程の性質については、系列の法則構造に関する学習を強調する法則符号化仮説(e.g., Hulse, 1978; Hulse & Dorsky, 1977)と、項目間の連合の形成によって説明する記憶弁別理論(e.g., Capaldi & Molina, 1979; Capaldi, Nawrocki, Miller, & Verry, 1985; Capaldi,

Verry, & Davidson, 1980)という2つの仮説が提起されている。

法則符号化仮説は、ラットが $I(i) > I(i+1)$ (I : 項目, i : 系列位置) という、隣接する項目間の増減関係である法則構造を符号化・表象することによって系列を学習すると説明する。この法則符号化仮説は、系列の法則構造が単調であるほど項目予期が優れること(Hulse & Dorsky, 1977)、単調な法則構造を持つ系列間では、その学習に正の転移効果が生じること(Hulse & Dorsky, 1979; 谷内, 1995)、4項目からなる単調減少系列によって訓練されたラットが、第1-4項目の法則構造に基づいて新奇な第5項目の報酬量を推定すること(Fountain & Hulse, 1981)、または、25項目からなる長い系列内の項目は、単一の法則構造を持つ下位系列に分節

された場合に、正確に予期されること(Fountain, Henne, & Hulse, 1984)等の証拠によって支持されてきている。

これに対し、記憶弁別理論は、ラットは項目間連合を形成することによって系列を学習すると説明する。すなわち、ラットは先行する項目に関する記憶表象を弁別手がかり(シグナル)として後続の項目を予期すると説明される。また、記憶弁別理論は、シグナル間で生じる報酬予告強度の刺激般化によって、法則構造の効果(Capaldi et al., 1985)、系列間転移(Capaldi et al., 1980)、新奇項目の推定(Haggbloom & Brooks, 1985)、分節の効果(Capaldi, Verry, Nawrocki, & Miller, 1984)等の現象の説明を行っている。

このように、これまでの系列パタン学習研究では、系列内の項目予期を媒介している学習過程を特定することに焦点が当てられてきた。しかし、ラットのこの種の系列学習能力、言い換えれば、報酬量トラッキング(reward quantity tracking)能力が、直線走路事態以外の、より複雑な場面でのように機能するののかという問題はほとんど研究されてきていない。

Olton (1985)は、全ての記憶は、事象、空間、時間という3つの要素から構成されており、その記憶に基づいて個体が適切な決定を行なうためには、これらの3要素が統合されなければならないと述べている。この観点に基づくと、直線走路を用いた系列パタン学習事態は、事象および時間に関する情報は複雑であるが空間に関する情報は比較的単純な事態であるといえる。すなわち、系列パタン学習事態において、ラットは目標箱内で複数の報酬事象に直面し、それらの間の時間的な前後関係を学習しなければならない。しかし、このような記憶は、常に同じ直線走路の目標箱で生じるため、その空間的側面は恒常で単純である。

これとは対照的に、主に放射状迷路を用いて行なわれてきたラットの空間記憶に関する学習事態(e.g., Olton, 1978)は、報酬事象が複数の空間位置で生じる点で、空間に関する情報は複雑となる。例えば、放射状迷路課題の場合、課題を適切に遂

行するためには、ラットはアーム進入に関する情報を作業記憶内に保持し、未進入のアームを選択しなければならない。放射状迷路課題においてラットが保持しなければならないアームの数については議論があるが、少なくとも全体の半数のアームを同時に保持する必要があると考えられている(Cook, Brown, & Riley, 1986)。これに対し、保持しなければならない事象は、あるアームに対する進入の有無(もしくは、そのアームにおける報酬獲得の有無)という2種類の事象のうちのいずれか一方だけである。

ラットの報酬量トラッキング能力と空間記憶能力を関係づけたいくつかの研究がある(e.g., Hulse & O'Leary, 1982; Olton, Shapiro, & Hulse, 1984)。例えば、Hulse & O'Leary (1982)は、4方向放射状迷路の各アームに4種類の報酬量(18, 6, 1, 0ペレット)を定常的に割り付け、ラットは試行内で4本のアームに侵入し、全ての報酬を食べることができた。彼らは、このような訓練の後に、ラットが報酬量に対応したアーム選択を行うことを観察している。この結果は、参照記憶内に保持された空間位置-報酬量の対応関係と、侵入・未侵入に関する作業記憶内の情報の両方に基づいて、ラットが柔軟に反応し得ることを明証している。しかし、この学習事態は、事象間の時間的關係に関しては比較的単純である。すなわち、この研究では、アームへの報酬量の割り付けは固定していた。このため、ラットは、参照記憶内に保持されている未侵入のアーム間の報酬量を比較して、アームを選択することができた。つまり、ラットはこの事態において、直線走路を用いた系列パタン学習事態で要求されるような“複数の事象の間の時間的關係”について学習する必要はなかったと理解される。

この観点から、Phelps & Roberts (1991)の研究が注目される。彼女らの考案した学習事態は、事象、空間、時間の全てを手がかりとして要求する複雑な事態である。彼女らは、直線走路事態で学習が困難であることが示されてきた2重交替パタンの学習を取り上げ、次のような選択事態を考

案した。装置は4アームの放射状迷路である。各アームの入り口には高さ15cmのバリアーが取り付けられる。また、各アームのつきあたりにある餌皿の上には重さ78gの鉄製の蓋が置かれる。ラットは報酬を得るために、バリアーを乗り越え、餌皿の蓋を押し退けなければならない。ただし、各試行において全てのアームに報酬が置かれるのではなく、あるアームに報酬が置かれているか無報酬であるかは一定のパタンに基づいて決定される。例えば、Phelps & Roberts (1991, 実験2)では、1日当り12試行が行なわれ、4種類の系列パタンが各アームに割り付けられた。これらのパタンは、RNNRRNNRRNN (R;報酬項目, N;無報酬項目)という単一交替系列, RRNNRRNNRRNN という二重交替系列, および, RNNRRNNRRNNR とNNRRRRNNRRNNR という2種の非単調系列であった。第1試行では、4種類の系列の第1項目、第2試行では第2項目が各アームにセットされた。その結果、単一交替系列と二重交替系列において、ラットは報酬の有無に対して分化的に反応することが示された。すなわち、各項目を選択する順位は、報酬項目に対して早く、無報酬項目に対して遅くなった。これに対し、2つの非単調系列では、そのような項目間の選択順位の分化はほとんど示されなかった。系列学習事態としてのこの種の実験パラダイムの有用性を確認した Phelps & Roberts (1991, 実験3)は、8-4-2-1-0単調減少系列, 0-1-2-4-8単調増加系列, 2-8-1-0-4非単調系列, および4-0-1-8-2非単調系列の間の選択を吟味した。その結果、2種類の単調系列内では報酬量に対応した選択順位の分化が観察されたが、非単調系列内ではそのような分化は見られなかった。これは、直線走路状態で確認されてきたように、単調系列が容易に学習されるのに対して、非単調系列の学習が困難であることによるものであると説明された。

Phelps & Roberts (1991)の実験事態において、アームに割り付けられた系列内の項目を予期するためには、ラットは項目情報を空間位置情報と結合して保持し、同じ空間位置(アーム)で生じた複

数の項目をその時間的性質に基づいて関係づける必要がある。また、ラットは、ある試行内で、項目事象を保持することによって、未侵入のアームを選択しなければならない。したがって、この実験パラダイムは、系列パタン学習と空間記憶という、これまで別個に扱われてきたラットの認知的能力を統合した事態であるといえる。このような事態は、必然的に、事象、空間、および時間的性質の全てについて複雑なものになる。

ところで、Phelps & Roberts (1991, 実験3)では、2つの単調系列において、項目の報酬量に対応した選択順位の分化が観察された。しかし、ある試行における特定のアームの選択順位は、他のアームの選択順位と独立ではない。すなわち、あるアームを早く選択することは、その他のアームに対する選択を遅らせる結果を伴う。したがって、一方の単調系列において生じた選択順位の分化は、もう一方の単調系列に対する選択にも依存するものと考えられる。例えば、Phelps & Roberts (1991, 実験3)の例でいうと、8-4-2-1-0系列の0ペレット項目に対する遅いアーム選択は、この系列内の0ペレットの回避と、0-1-2-4-8系列の8ペレット項目に対する早い選択の両者に依存すると考えられる。しかし、この点について、Phelps & Roberts (1991)は明らかにしていない。本研究は、こうした点を明らかにするために計画された。すなわち、(1)Phelps & Roberts (1991, 実験3)の結果を再現すること、および、(2)単調減少系列に対する選択が、単調増加系列に対する選択に依存することの検証を目的とした。

また、Phelps & Roberts (1991, 実験3)のように、8-4-2-1-0系列, 4-0-1-8-2系列, 2-8-1-0-4系列, および0-1-2-4-8系列を提示した場合には、ラットは試行ごとに異なる4項目の間で選択を行うことになる。例えば、第2試行では、8, 4, 1, および0ペレットという4項目が、第3試行では2, 2, 1, および1ペレットという4項目が各アームに割り付けられている。ここで、8-4-2-1-0系列内の4ペレット項目と2ペレット項目について、ラットがこれ

らの系列の項目を完全に予期した場合に期待される選択順位は、第2試行の4ペレット項目については2位であり、第3試行の2ペレット項目については1.5位になる。このように、Phelps & Roberts (1991)が用いた系列では、系列内の報酬量と、最適な選択が行なわれたときに期待される選択順位が必ずしも対応していない。この難点を補うため、本研究では、各アームに割り付けられる4項目のバリエーションを試行間で等しくするによって、ラットの示す選択順位を最適な選択順位と比較することも目的とした。

2群のラットの一方には、6-3-1-0, 3-6-0-1, 1-0-6-3, および0-1-3-6という2つの単調系列を含む4系列を与える(2M群)。もう一方の群には、6-3-1-0, 3-6-0-1, 1-0-3-6, および0-1-6-3という単調減少系列を1つだけ含む4系列を与える(1M群)。前述したように、単調系列における項目間の選択順位の分化の程度は、その単調系列の項目予期の正確さだけでなく、他の3系列における項目予期の正確さにも依存すると考えられる。したがって、6-3-1-0単調減少系列内の項目間の選択順位の分化は、他の3系列が非単調系列である1M群よりも、他の3系列に単調増加系列を含む2M群の方が大きいと予測される。

方 法

被験体 日本チャールズ・リバー社から購入したSprague Dawley系の雄ラット16匹を被験体として用いた。これらのラットは、廊下式直線走路において、18-10-6-3-1-0系列、もしくは18-1-0系列のいずれかの習得訓練を受けた経験があり、実験開始時におよそ210日齢であった。

装置 Phelps & Roberts (1991)の装置をモデルにした高架式4方向放射状迷路を装置として用いた。中央プラットホームは、対角線が35cmの正8角形であった。互いに隣接するアームは90°の角度で中央プラットホームから放射していた。アームは長さ75cm、幅10cmであった。中央プラットホー

ムの8辺のうちでアームに面していない辺と、各アームの周囲には高さ2.5cmのガードレールが取り付けられていた。また、各アームのつきあたりには直径3.2cm、深さ1.9cmの餌皿が埋め込まれていた。餌皿の蓋は鉄製であり、1辺3.5cmの正方形で厚さ0.8cm、重さ84gであった。中央プラットホームから各アームに1.5cm入ったところには、高さ15cm、幅16cm、奥行5.4cmのバリエーが取り付けられていた。餌皿およびその蓋が白色であった他は、装置は黒色であった。中央プラットホームおよびアームの床が、実験室の床から60cmの高さになるように装置を固定した。報酬には45mgの餌ペレットを用いた。

手続き 本訓練に先立ち、18日間の予備訓練を行った。1日目から7日目までの期間に、ラットの体重を自由摂食時の85±2%に減量し、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1分間のハンドリングを行った。8日目と9日目には装置の自由探索を個別に10分間与えた。この時、バリエーと餌皿の蓋は取り除き、各餌皿に餌ペレットを1粒ずつ置いた。10日目から18日目までは、バリエーを乗り越え、餌皿の蓋を押し退けて報酬を食べさせる訓練を行なった。この訓練は、1日に2試行を行なった。各試行内で、ラットは各餌皿に1粒ずつ置かれた餌ペレットを全て獲得するまで、迷路内を自由に移動できた。最初、バリエーが無い状態から始め、徐々に高さ5cmから10cmのものに取り替え、最終的に15cmのバリエーを乗り越えるように訓練した。また、餌皿の蓋も開放状態から始めて、最終的には餌皿を完全に覆った蓋を押し退けるように訓練した。これらの訓練は同時に進められた。予備訓練18日目までに、高さ15cmのバリエーを乗り越えられなかった4匹のラットを除外し、残りの12匹について本訓練を行なった。

予備訓練終了の翌日から本訓練を16日間行なった。ラットを過去の実験経験について両群の匹数が等しくなるという制限の下で、ランダムに2群に振り分けた(n=6)。2M群には6-3-1-0, 3-6-0-1, 1-0-6-3, および0-1-3-6系

列を与え、1M 群には6-3-1-0, 3-6-0-1, 1-0-3-6, および0-1-6-3系列を与えた。毎日、4試行を行った。4種類の系列を4本のアームにそれぞれ割り付けた。第1試行では、各系列の最初の項目を各アームの餌皿で与え、第2試行では第2項目、第3試行では第3項目、第4試行では第4項目を与えた。4種類の系列のアームへの割り付けは4日ブロックのラテン方格で訓練日ごとに替えた。各試行内で、ラットは4本の全てのアームに侵入し、全ての報酬を獲得するまで自由に迷路を移動することができた。ラットが全ての報酬を獲得して、中央プラットホームに戻ってくると、迷路から取り出して拘留用ケージに入れた。試行間間隔 (intertrial interval ; ITI) は60秒間であった。ITIの間に、各餌皿に次の試行で与える報酬を置いた。ITIが終了すると、ラットを

中央プラットホームに置いて、次の試行を開始した。ラットがアームに侵入した順序と、既侵入のアームに対する再侵入を記録した。

結果および考察

両群の各系列の項目に対する平均選択順位を、2M 群については Figure 1 に、1M 群については Figure 2 に示した。6-3-1-0 単調減少系列について、選択順位における系列内の項目間の分化を吟味するために、群(2)×項目(4)×日ブロック(4)の分散分析を行なったが、いずれの効果も有意ではなかった。2M 群の3-6-0-1 系列、1-0-6-3 系列、および、0-1-3-6 系列について、項目×日ブロックの分散分析を別個に施した。しかし、3つの系列の全てについて、いずれの効果も有意

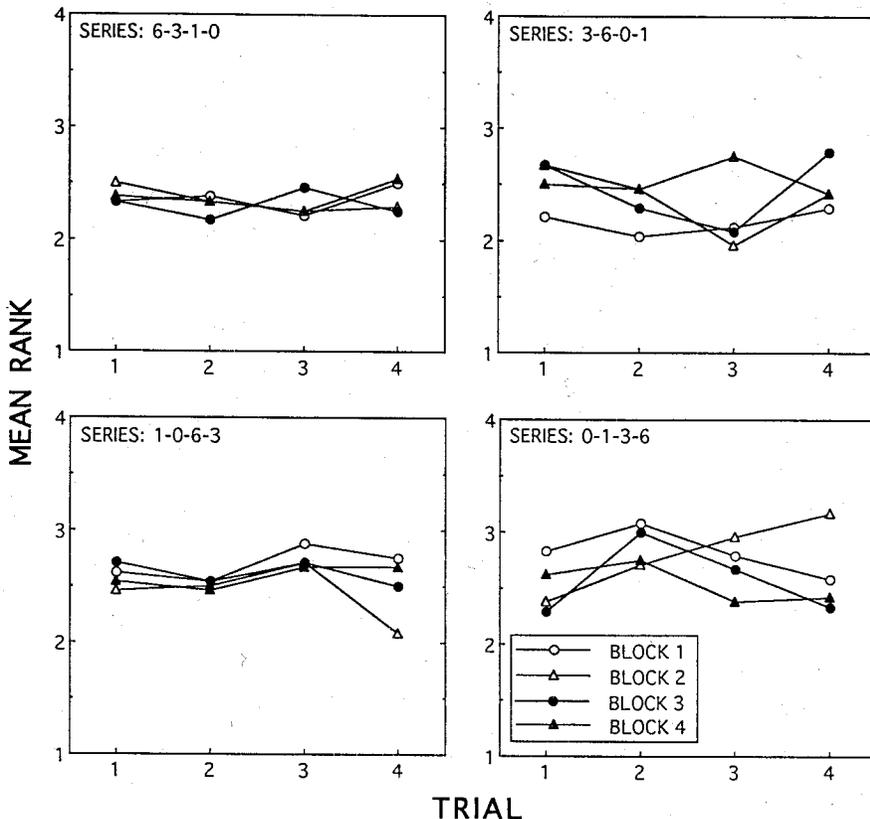


Figure 1. Mean ranks of arm choice of Group 2M on each of trials for the four series. Separate curves are shown for successive blocks of 4 days of training.

ではなかった。また、1M群についても、3-6-0-1、1-0-3-6、および、0-1-6-3系列について、項目(4)×日ブロック(4)の分散分析を別個に施した。しかし、1M群においても3系列の全てについて、いずれの効果も有意ではなかった。これらの結果は、2M群と1M群の両群について、いかなる系列内の項目間にも選択順位に有意な差は認められなかったことを表している。

第4ブロック(13-16日目)における平均選択順位を Table 1 (2M群)と Table 2 (1M群)に示した。各項目に対する系列間の選択順位の分化を試行ごとに吟味した。試行内の各項目に対する選択順位は互いに独立ではないので、比較にはフリードマンの検定を用いた。Table 1および Table 2には、この検定によって算出された χ^2 値を付記してある。その結果、両群ともに、全ての試行において、系

列間の選択順位に有意な差は認められなかった。これらの結果は、系列間の比較においても、選択順位の分化が見られなかったことを示している。

系列内および系列間の項目の選択順位についての統計的分析の結果は、非単調系列だけでなく単調系列においても、選択順位の分化が認められなかったことを示すものである。したがって、本研究では Phelps & Roberts (1991)の結果を再現できなかつたといえる。

本研究において Phelps & Roberts (1991)の結果が再現されなかつた原因としては、次の2つが考えられる。第1には、本研究と Phelps & Roberts (1991)が用いた報酬系列が異なつていたことである。本研究では、4試行のすべてにおいて、常に、6、3、1、および、0ペレットが与えられるような4系列を用いた。項目数が少ないことにより、

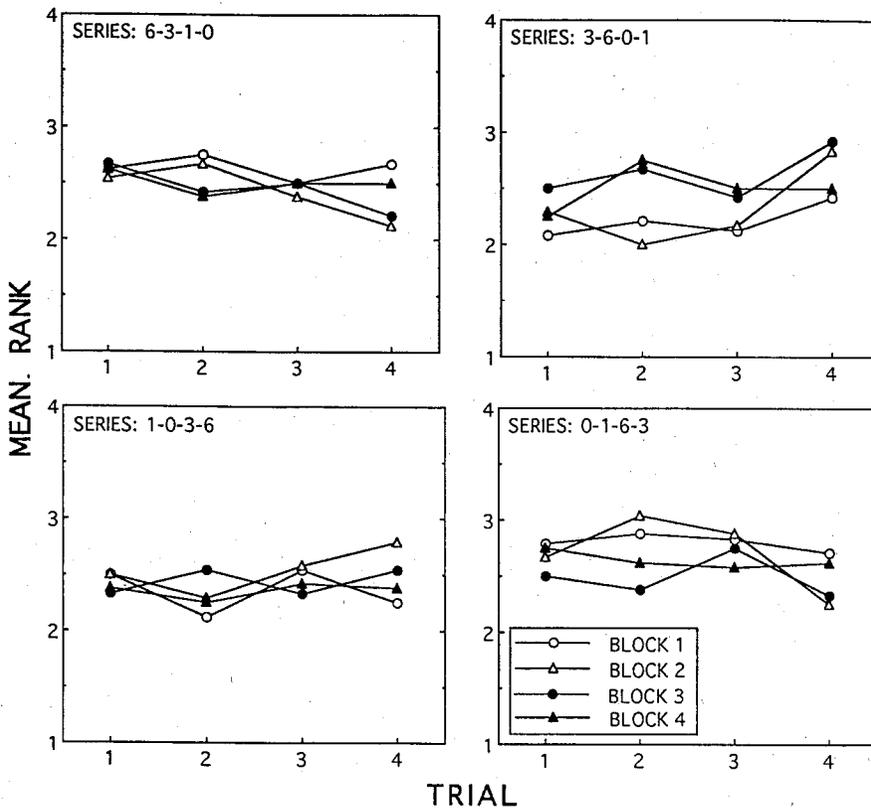


Figure 2. Mean ranks of arm choice of Group 1M on each of trials for the four series. Separate curves are shown for successive blocks of 4 days of training.

Table 1. Mean ranks of entry into arms containing each of four series for Group 2M on Days 13-16 of training.

Series	Trial			
	1	2	3	4
6-3-1-0	2.33	2.17	1.75	2.58
3-6-0-1	2.33	2.17	2.92	2.33
1-0-6-3	2.50	2.50	2.83	2.42
0-1-3-6	2.83	3.17	2.50	2.67
χ^2	0.60	2.40	3.05	0.25

本研究の4項目非単調系列の構造は、Phelps & Roberts (1991)の5項目非単調系列よりも単純なものであったかもしれない。本研究の6・3ペレット項目は常に隣接して、系列の前半もしくは後半に生起していた。ここで、本研究のラットが6・3ペレットを大報酬、1・0ペレットを小報酬としてカテゴリ化したと仮定する。すると、本研究で使用された全ての系列は、“大報酬-大報酬-小報酬-小報酬”系列と、“小報酬-小報酬-大報酬-大報酬”系列という2種類の系列のいずれかに分けられる。系列の法則構造の単調性よりも、上述のような項目のカテゴリ化が顕著であったと仮定すると、非単調系列と単調系列は、その法則構造、または、項目間連合について等しいことになる。ある試行内における選択順位は系列間で独立ではない。したがって、大報酬に対する接近と小報酬の回避に基づいたアーム選択順位が、単調系列と非単調系列の大報酬間、および、小報酬間に分散した場合、単調系列の選択順位の分化の程度は小さくなくとも考えられる。しかしながら、本研究の結果は、単調系列だけでなく非単調系列においても項目間の選択順位の分化が見られなかったことを示している。報酬量についてのカテゴリ化が行なわれたのであれば、単調系列内の項目間や非単調系列内の項目間で、程度は小さくとも、選択順位の分化が見られたはずである。したがって、本研究がPhelps & Roberts (1991)の結果を再現できなかったことは、単に、両研究で用いられた系列の違いによっては説明できないようである。

第2は、本研究の訓練中に、ステレオタイプ化したアーム選択パターンが観察されたことである。

Table 2. Mean ranks of entry into arms containing each of four series for Group 1M on Days 13-16 of training.

Series	Trial			
	1	2	3	4
6-3-1-0	2.83	2.08	2.75	2.67
3-6-0-1	1.92	3.00	2.50	2.42
1-0-3-6	2.00	2.00	2.08	2.42
0-1-6-3	3.25	2.92	2.67	2.50
χ^2	4.55	3.05	0.95	0.15

最も多く見られたパターンは、迷路を周回するようにアームを選択するというものであった。このような選択方略の使用は、各項目に対する選択順位をチャンス・レベルに近付けるように作用する。すなわち、最初に選択されるアームがランダムに決定された場合には、各項目の平均選択順位は、1位から4位の平均、すなわち2.5になることになる。

放射状迷路課題において、ラットがステレオタイプ化した選択パターンを示す原因としては、Roberts & Dale (1981)が空間記憶における順向抑制によって説明している。彼らは、8方向放射状迷路を用いた訓練を1日に5試行行なったときに、ラットは隣接したアームを次々に選択するというステレオタイプ化した選択パターンを示すことを見いだした(Roberts & Dale, 1981, 実験1)。また、このようなステレオタイプ化した選択パターンが有効ではない空間記憶課題を1日に複数試行を行った場合には、既侵入のアームに対する再侵入数が、試行の進行に伴って増加することが示されている(e.g., Roberts & Dale, 1981; 山上, 1995)。これらの結果は、先行する試行におけるアーム侵入に関する記憶は、その試行の終了後にリセットされるのではなく、後の試行まで保持され続けていることを示している。すなわち、ある試行を適切に遂行するためには、ラットは当該試行におけるアーム進入に関する情報を作業記憶内に保持し、未進入のアームを選択しなければならないが、第2試行以降の試行においては、先行する試行におけるアーム侵入に関する記憶と、当該試行のアーム侵入に関する記憶の両方が作業記憶内に保持さ

れているため、既侵入のアームへの再侵入が多くなると説明される。また、ステレオタイプ化した選択パターンについては、このような順向抑制を被る事態に対する適応行動であると説明される。すなわち、隣接するアームを選択するパターンは、選択時点の直前に侵入したアームの保持しか必要としない。選択時点の直前に侵入したアームの記憶は先行する試行における記憶と時間的に離れているので、これらの記憶は生起してからの経過時間を手がかりとして比較的容易に弁別される。したがって、ステレオタイプ化した選択パターンを使用したラットは、一度侵入したアームへの再侵入をほとんど行わずに、全ての報酬を獲得できるのだと説明される (Roberts & Dale, 1981)。本研究の手続きも、1日に複数試行を行なうものであった。したがって、本研究で観察されたステレオタイプ化した選択パターンの発達を、空間記憶課題における順向抑制に起因するものであったと考えることは可能である。

訓練に伴う選択パターンのステレオタイプ化の発達を量的に評価するために、ラットが報酬を獲得した順序を、アーム間の位置関係に基づいて符号化した。このような符号化に基づく、4方向放射状迷路における選択パターンは RRR, LLL, RFL, LFR, FRF, もしくは FLF (R;隣接する右アーム, L;隣接する左アーム, F;正面のアーム)の6パタ

ンのいずれかに分類できる。4日ブロックにおけるこれらのパターンの生起頻度に基づいて、U値 (Miller & Frick, 1949) を算出した。U値は、系列の定型度、もしくは変動度を示す指標として用いられる。例えば、上記の6パターンが等しい確率で生起した場合には、U値は100となり、単一のパターンだけが生起する場合には、U値は0となる。すなわち、U値が低いほど、選択パターンのステレオタイプ化度は高いことになる。Figure 3は、U値を2M群と1M群について4日ブロックで示している。このデータについて、群(2)×日ブロック(4)の分散分析を施したところ、ブロックの主効果が有意であった [$F(3, 30) = 5.15$, $MSE = 203.85$, $p < .01$]。ブロックの主効果について Newman-Keuls 検定を行なった。その結果、U値は第1および第2ブロックよりも第4ブロックにおいて有意に低かった ($ps < .05$)。この結果は、訓練の進行に伴って、ラットが特定のパターンを選好して使用するようになったことを示している。

また、Roberts & Dale (1981) が主張したように、ステレオタイプ化した選択パターンの発達を、強い順向抑制を被る事態に対するラットの適応行動であると仮定すると、ステレオタイプ化した選択パターンが生起した試行の方が、その他のパターンが生起した試行よりも、既侵入のアームに対する再侵入数は少ないと期待される。ステレオタイプ化し

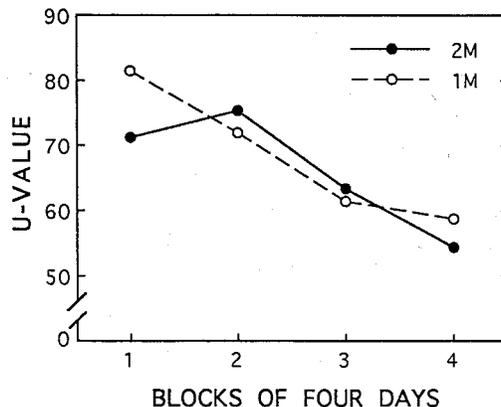


Figure 3. Mean U-value, a measure of sequence variability, for Group 2M and for Group 1M on each of four blocks of 4 days of training.

た選択パタンの使用が再侵入数を低減したかどうか吟味するために、ステレオタイプ化した選択パターンが生じた試行と、その他のパターンが生じた試行の正選択率を比較した。このとき、4日ブロックにおいて最も生起頻度の高いパターンをステレオタイプ化した選択パターンとして定義した。また、正選択率は、試行内の総進入数に占める未進入アームに対する進入数の割合である。Figure 4に、第4ブロックにおける両群の正選択率を、ステレオタイプ化した選択パターンが生じた試行と、その他のパターンが生じた試行のそれぞれについて示した。なお、単一のパターンが生起する割合のチャンスレベルは16.67%であるが、第4ブロックにおいてステレオタイプ化した選択パターンが生じた割合は、2M群で62.50% (SD=16.54)、1M群で59.38% (SD=11.83)であり、この水準を大きく越えていた。Figure 4に示したデータについて、群(2)×選択パターン(2)の分散分析を施した。その結果、選択パタンの主効果が有意であった〔 $F(1, 10)=11.45$, $MSE=42.18$, $p < .01$ 〕。この結果は、既侵入のアームに対する再侵入数が、ステレオタイプ化した選択パターンが使用された試行よりも、その他のパターンが使用された試行において有意に多かったことを示している。すなわち、ステレオタイプ化した選択パタンの使用が、再侵入数

を低減させたと考えられる。また、この結果は、ステレオタイプ化した選択パタンの出現が、強い順向抑制を被る状況に対する適応行動であるというRoberts & Dale(1981)の仮説からの予測を支持するものである。したがって、本研究において、各群のいずれの系列においても報酬量に対応したアーム選択が示されなかったという結果は、空間記憶課題における順向抑制に対して、ステレオタイプ化した選択パターンが発達したことに起因すると考えられる。

結 論

本研究では、2M群・1M群ともに、報酬量トラッキング行動は示されず、Phelps & Roberts(1991)の結果は再現されなかった。このため、序で述べたような当初の目的については検討できなかった。また、訓練の進行に伴い、両群において、ステレオタイプ化した選択パタンの発達を観察された。ステレオタイプ化したパターンに基づいてアーム選択が行われた試行よりも、その他のパターンに基づいてアーム選択が行われた試行において、正選択率が有意に低かった。これらの結果は、ステレオタイプ化した選択パタンの発達、空間記憶における順向抑制に起因したことを示唆するも

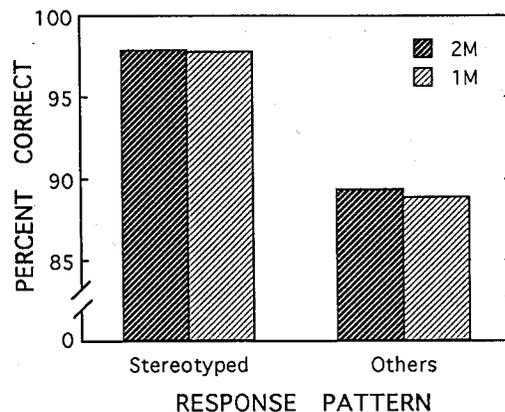


Figure 4. Percentage of correct choices for Group 2M and for Group 1M on trials stereotyped choice patterns occurred and on trials other choice patterns occurred on Days 13-16 of training.

のである。また、このようなステレオタイプ化した選択パターンは、各項目の選択順位をチャンスレベルに近づけるように作用する。したがって、ステレオタイプ化した選択パターンの発達が、本研究で報酬量トラッキング行動が示されなかった原因であることが示唆される。

Roberts & Dale(1981)は、同一のアームにおける報酬項目に関する記憶間の時間間隔が、空間記憶における順向抑制の強度に影響することを示唆している。この仮説は、ITIの延長が空間記憶における順向抑制を緩和し、その結果、ステレオタイプ化した選択パターンの発達を抑制し得る可能性を示唆する。本研究のITIはPhelps & Roberts(1991)と同じ60秒間であったが、さらに長いITIのもとで報酬量トラッキング行動を吟味する必要があると思われる。

本研究において観察されたステレオタイプ化した選択方略の発達は、ラットが、大報酬を速く選択するという方略(Hulse & O'Leary,1982; Olton et al.,1984)よりも、既侵入のアームへの再侵入数、もしくは、再侵入による報酬獲得までの時間的遅延を低減する方略(Roberts & Dale,1981)を採用したことを示している。この仮説は、本研究においてPhelps & Roberts(1991)の結果が再現されなかった原因が、再侵入に伴うエネルギー損失、もしくは時間的遅延が、Phelps & Roberts(1991)よりも本研究において大きかった可能性を示唆する。さらに、この仮説からは、放射状迷路におけるラットの報酬量トラッキング行動の発現が、報酬量、アーム進入に要する運動負荷(もしくは時間的遅延)、および、空間記憶における順向抑制の強度等の複数の要因に規定されることが示唆される。今後、これらの要因が報酬量トラッキング行動の発現に対して持つ作用を検討することによって、ラットの系列学習能力が空間的行動のなかで機能する仕組みを明らかにする必要がある。

REFERENCES

- 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., Verry, D.R., & Davidson, T.L. (1980) Memory, serial anticipation pattern learning, and transfer in rats. *Animal Learning & Behavior*, 8, 575-585.
- Capaldi, E.J., Verry, D.R., Nawrocki, T.M., & Miller, D.J. (1984) Serial learning, interitem associations, phrasing cues, interference, overshadowing, chunking, memory, and extinction. *Animal Learning & Behavior*, 12, 7-20.
- Cook, R.G., Brown, M.F., & Riley, D.A. (1985) Flexible memory processing by rats: Use of prospective and retrospective information in the radial maze. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Process*, 11, 453-469.
- Fountain, S. B., & Hulse, S.H. (1981) Extrapolation of serial stimulus patterns by rats. *Animal Learning & Behavior*, 9, 381-384.
- Haggblom, S.J. & Brooks, D.M. (1985) Serial anticipation and pattern extrapolation in rats as a function of element discriminability. *Animal Learning & Behavior*, 13, 303-308.
- 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., & 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.
- Hulse, S.H. & O'Leary, D.K. (1982) Serial pattern learning by rats: Teaching an alphabet to rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Process*, 8, 260-273.
- Miller, G.A., & Frick, F.C. (1949) Statistical behavioristics and sequences of responses. *Psychological Review*, 56, 311-324.

- Olton, D.S. (1978) Characteristics of spatial memory. In S.H. Hulse, H. Fowler, & W.K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, NJ : Erlbaum. Pp. 341-373.
- Olton, D.S. (1985) The temporal context of spatial memory. In L. Weiskrantz (Ed.), *Animal Intelligence*. Oxford : University Press. Pp. 79-86.
- Olton, D.S. & Shapiro, M.L., & Hulse, S.H. (1984) Working memory and serial patterns. In H. L. Roitblat, T.G. Bever, & H.S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, NJ : Erlbaum. Pp. 112-146.
- Phelps, M.T. & Roberts, W.A. (1991) Pattern tracking on the radial maze : Tracking multiple patterns at different spatial locations. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Process*, 17, 411-422.
- Roberts, W.A. & Dale, R.H. (1981) Remembrance of places lasts : Patterns of choice in rat spatial memory. *Learning and Motivation*, 12, 261-281.
- 谷内 通 (1992) ラットの系列パタン学習における走行間隔と系列移行の効果 動物心理学研究, 42, 77-86
- 谷内 通 (1995) ラットの系列パタン学習における系列間転移と保持間隔の効果 動物心理学研究, 45, 21-29.
- 山上史野 (1995) ラットによる放射状迷路における空間学習 : 順向抑制の効果について 金沢大学行動科学科 実験行動学講座 実験2レポート (未公刊)