ラットの放射状迷路における win-shift 行動と win-stay 行動の比較

関西学院大学 津 田 泰 弘¹・今 田 寛

A comparison of win-shift and win-stay performance of rats in a radial arm maze
Yasuhiro Tsuda and Hiroshi Imada (*Department of Psychology, School of Humanities, Kwansei Gakuin University, Nishinomiya-shi, Hyogo 662*)

The purpose of the present experiment was to compare the performance of rats in a win-shift task and a win-stay task in a radial arm maze. To this end, three experiments were conducted using a variety of procedures. In general, the win-shift task required the rats to choose the unvisited arms and the win-stay task required the rats to return the visited arms. In Experiment 1, a free-choice memory recognition procedure was used, and in Experiments 2 and 3, a forced-choice memory recognition procedure was used. All three experiments showed that in the win-shift task, rats rapidly learned the task and performed well whereas in the win-stay task, the rats consistently showed a chance-level performance despite of the prolonged trainings. In addition to these findings, when the tasks were reverse (i.e. from the win-shift to the win-stay, and vice versa), the rats still showed a response strategy previously adopted (Experiment 3). These findings seem to be important in considering the characteristics of spatial memory in rats.

Key words : radial arm maze, rat, win-shift, win-stay, spatial memory.

近年、放射状迷路を用いたラットの作業記憶に関する研究が多く行われ、ラットの優れた空間記憶の特徴が明らかにされてきている (e.g. Olton, 1978; Olton, Handelman, & Walker, 1981; Roberts, 1984; 津田, 1984). Olton ら (Olton, 1978; Olton et al., 1981; Olton & Schlosberg, 1978) は、放射状迷路におけるこのようなラットの優れた空間記憶は、ラットの生得的な食物探索方略と関係していることを示唆している。すなわち彼らは、ラットは餌を発見した場所を避けるという生得的な win-shift (SH) 方略を持っており、このような方略は一度侵入した走路を避けると正反応となる通常の放射状迷路課題では有利に働くと考えている。このようなラットの食物探索方略や空間記憶過程の特徴を調べる上で、SH 課題と、一度侵入した走路を再び選択すると正反応となる win-stay (ST) 課題の遂行を比較することは重要であると思われるが、放射状迷路を用いたこのような研究は現在のところあまり行われていない (DiMattia & Kesner, 1984; Gaffan & Davies, 1981; Olton & Schlosberg, 1978). これは放射状迷路が基本的に SH 傾向を調べるのに適した課題であるためであると思われる。そこで本研究では、結果の妥当性を高めるため様々なバリエーションの手続きを用いて、SH 課題と ST 課題におけるラットの遂行を比較する。

実 験 1

実験 1 では、Olton & Schlosberg (1978) や Gaffan & Davies (1981) と同様の手続きを用いて、SH 課題と ST 課題における遂行を比較する。

方 法

被験体 実験経験のない雄の SD シアルピノ・ラット 16 匹を用いた。実験開始時の平均体重は 289 g (266—304 g) で、実験期間中、自由摂食時の 85 % に体重を維持した。

装置 装置として床上 50 cm の高さに設置された木製の 8 選択肢高架放射状迷路を用いた。この放射状迷路は直径 34 cm、一辺 13 cm の八角形の中央プラットホームと、そこから放射状に伸びている幅 7 cm、長さ 86 cm の 8 本の走路から構成されている。各走路の入り口には高さ 10 cm、幅 7 cm のギロチンドアが取り付けられており、それぞれのギロチンドアは独立に開閉することが可能であった。各走路の先端部には直径 1.5 cm、深さ 0.6 cm の餌皿が、側面には高さ 5 cm の透明のプレキシグラス製の側壁が取り付けられていた。また放射状迷路の周りには、椅子、テーブル、小型冷房機などの様々な迷路外手がかりが置かれていた。

手続き (1) 装置への馴致 (2 日間): 各被験体に対して、餌の置かれていない迷路内を 1 日 5 分間、自由に探索させた。この馴致期間中の被験体の平均体重と走路への侵入回数をもとに被験体を SH 群と ST 群の 2 群にわけた。

¹ 本研究の実験 1 の実施に際して、ご協力いただいた関西学院大学の芝むつみさんに感謝いたします。

(2) テスト訓練期 (20 日間): 1 日 1 試行. 各試行が開始される前は, 全ギロチンドアは閉じられており, 全走路の餌皿には 95 mg のペレットが 1 個置かれていた. SH 群では, 最初全てのギロチンドアが開かれた状態で自由に選択することが許され², 異なる 4 つの走路を選択し中央プラットフォームに戻った時点で, そこに 1 分間拘束された. 拘束後再び全てのギロチンドアが開かれテスト選択が行われた. テスト選択は, 拘束前に選択した以外の 4 走路すべてを選択するか, 試行開始後 10 分間経過するまで試行が続けられた. 以上のように SH 群では, テスト選択において, 拘束前に選択した走路を避けることが要求された. ST 群では, 拘束までは SH 群と同じ手続きであったが, 拘束中にペレットが拘束前に選択されなかった走路から, 選択された走路に置き直された. そして拘束後のテスト選択は, 拘束前に選択した 4 走路すべてを選択するか, 10 分間経過するまで試行が続けられた. 以上のように, ST 群ではテスト選択において, 拘束前に選択した走路を再び選択することが要求された.

結果及び考察

訓練の前半 10 日間においては, 試行開始後 10 分以内に試行を終了しなかった被験体が多いため, 後半 10 日間のデータのみを分析した.

Fig. 1 は, 各群における拘束後の平均選択数と, 拘束後の最初 4 選択における平均正答数を示している. 図から明らかなように, ST 群は SH 群より, 試行を終了するために多くの選択数を要しており, 拘束後の 4 選択中の平均正答数も低い. 選択数, 正答数それぞれについて群 (2) × ブロック (2) の分散分析を行ったところ, それぞれにおいて群の主効果のみが有意 (それぞれ, $F_{(1,14)}=66.84, p<.01$; $F_{(1,14)}=117.69, p<.01$) であったが, ブロックの主効果, 群とブロックの交互作用は有意でなかった.

以上のように, 実験 1 では SH 課題よりも ST 課題の遂行が劣るという結果が得られた. このような結果は, 幼児ラットを用いた Olton & Schlosberg (1978) の結果や 4 選択肢放射状迷路を用いた Gaffan & Davies (1981) の結果と一致するものである. しかし実験 1 で用いられた手続きでは, 課題そのものの難易度に差があったという可能性が考えられる. すなわち, SH 群では拘束前後とも, 一貫して win-shift 方略を用いることで課題を解決することが可能であるのに対して, ST 群では拘束前は異なる 4 本の走路を選択し, 拘束後は拘束

前に選択した走路と同じ走路を選択しなければならない. 従って, ST 群の課題は厳密な意味では ST 課題のみを用いる課題ではなく, ST 課題と SH 課題の混合課題であると考えることができ, SH 課題より課題そのものが複雑であったという可能性も考えられる. そこで実験 2 では, このような手続上の問題点を改良し, SH 課題と ST 課題におけるラットの遂行を比較する.

実 験 2

実験 2 では, DiMattia & Kesner (1984) で用いられた強制選択手続きを用いて, SH 課題と ST 課題でのラットの遂行を比較する.

方 法

被験体 実験経験のない雄の SD 系アルビノ・ラット 14 匹. 実験開始時の平均体重は 278 g (268—289 g) で, 実験期間中, 自由摂食時の 85% に体重を維持した.

装置 実験 1 と同じ 8 選択肢高架式放射状迷路. 各走路の餌皿には報酬用のペレットが 2 個 (計 90 mg) 置かれた.

手続き (1) 装置への馴致 (1 日間): 1 日 5 分間. (2) 強制走行訓練期 (10 日間): 1 日 1 試行. ランダムに選ばれた 5 走路を, 一度に 1 走路ずつ強制走行させた. この時, 各走路の餌皿には強化子が置かれていた. 訓練最終 3 日間の 5 走路を走行するのに要した平均潜時及び平均体重をもとに, 被験体は SH 群と ST 群に分

Fig. 1. Upper panel: The mean number of choices after confinement in the win-shift and the win-stay groups for the last 10 trials. Lower panel: The mean number of correct choices in the first four choices after confinement in the win-shift and the win-stay groups for the last trials.

² 本実験では, 選択反応は被験体の四肢がすべて走路に入ることで規定された. 訓練初期においては, 走路の途中で餌を取らずに引き返す被験体もみられたが, それ以後は一旦走路に侵入した被験体はすべて走路端の餌を摂取し, 途中で引き返す傾向はみられなかった.

けられた。

(3) テスト訓練期 (50 日間): 1 日 2 試行。強制走行訓練と同様にランダムに選ばれた 5 走路への強制走行を行わせた後、被験体を中央プラットホームに 20 秒間拘束した。拘束後、被験体に対して、強制走行を行わせた 5 走路の内の 1 走路と未選択走路の内の 1 走路の計 2 走路に通ずるギロチンドアのみが開かれ、そのいずれかの走路を選択させるテスト選択が行われた。この時、SH 群では未選択走路の選択が、ST 群では強制走行走路の選択が正選択であり、これらの走路を選択すれば強化子が与えられ、その後被験体が中央プラットホームに戻った時点で迷路から取り出され試行が終了した。また、被験体が誤選択を行った場合にも、選択後同様に試行を終了する非修正法を用いてテスト選択が行われた。そして全被験体が第 1 試行を終了した後、第 2 試行が行われた。試行間隔は約 90 分であった。訓練は 5 日間 10 試行を 1 ブロックとして行われ、各ブロックにおいて 5 つの系列位置のいずれかの走路と未選択走路との間のテスト選択が 2 回ずつ行われた。

結果及び考察

Fig. 2 は、各群のテスト訓練期のテスト選択における平均正答率を 5 日間を 1 ブロックとして示したものである。図から明らかなように、SH 群では訓練初期から高い正答率を示し、最終 2 ブロックでは 100 % の遂行を示しているのに対して、ST 群ではブロックを通じてほぼ偶然の遂行レベルに留まっている。正答率に関して群 (2) × ブロック (10) の分散分析を行ったところ、群の主効果、ブロックの主効果が有意であった (それぞれ、 $F_{(1,12)}=242.25$, $p<.001$; $F_{(9,108)}=5.68$, $p<.01$)。

以上のように、実験 2 においても実験 1 と同様、SH 群の方が ST 群よりも優れた遂行を示した。しかし、同様の手続きを用いた DiMattia & Kesner (1984) の実

験では、ST 群において訓練開始 30 試行目以降遂行の改善が認められているが、本研究では 50 日間 100 試行を行った後も ST 群はほぼ偶然レベルの遂行に留まっている。このような結果の違いに関しては、系統差や手続き、装置の微妙な差異が結果に影響を及ぼしたものと考えられる。しかしいずれにしても、これらの結果からラットは ST 課題よりも SH 課題をより容易に解決するということが結論できる。そこで実験 3 では、課題より簡単にした場合に、ラットが ST 課題を解決できるか否かを検討する。

実験 3

実験 3 では、実験 2 で行われた強制走行の回数を 5 走路から 1 走路にした手続きで、SH 群と ST 群の遂行を比較する。特に、このように単純化された手続きにおいて、SH 群と ST 群の訓練条件を逆転した場合に、両群の遂行がどのように変化するのかも検討する。

方法

被験体 実験 2 と同じ被験体を用いられた。

装置 実験 2 と同じ。

手続き (1) テスト訓練期 1 (50 日間): 1 日 2 試行。ランダムに選ばれた 1 走路に対する強制走行を行わせた後、被験体を中央プラットホームに 20 秒間拘束した。拘束後、被験体に対して、強制走行を行わせた走路と未選択走路の内の 1 走路のいずれかを選択させるテスト選択を行わせた。実験 2 と同様に、SH 群では未選択走路の選択が、ST 群では強制走行走路の選択が正選択であった。また、実験 2 とは異なり、被験体が誤選択を行った場合には、正しい走路を選択するまで選択を続けさせる修正法を用いた。

(2) テスト訓練期 2 (15 日間): 1 日 2 試行。以下の点を除いてテスト訓練期 1 と同じ手続きを用いた。第 1 に、テスト選択で正選択を行った場合、強化子をこれまでの 3 倍、すなわち 45 mg のペレットを 6 個与えた。第 2 に、実験 2 や実験 3 のテスト訓練期 1 と同じように、非修正法でテスト選択が行われた。以上の手続きの変更は、テスト選択での正選択と誤選択との弁別性を高めるために行った。

(3) 逆転訓練期 (20 日間): SH 群を ST 群の、ST 群を SH 群の条件に逆転した点を除いて、テスト訓練期 2 と同様の手続きで行った。

結果及び考察

Fig. 3 は、各訓練期における SH 群、ST 群の平均正答率を示したものである。テスト訓練期 1、2 の結果から明らかなように、長期間比較的単純な手続きで訓練を行ったにもかかわらず、ST 群では遂行の改善が見られず、ほぼ偶然レベルの遂行に留まっている。テスト訓練期 1、2 それぞれに関して群 (2) × ブロック (10 と 3) の

Fig. 2. Mean percentage of correct choices in the test runs in the win-shift and the win-stay groups.

分散分析を行ったところ、群の主効果のみが有意（それぞれ、 $F_{(1,12)}=253.02$, $p<.001$; $F_{(1,12)}=133.75$, $p<.001$ ）で、ブロックの主効果及び、群とブロックの交互作用は有意でなかった。また、条件を逆転した逆転訓練期の結果をみると、SH 群、ST 群とも条件が移行したにも拘わらず、それまでの反応方略を取り続けていることがわかる。逆転訓練期正答率に関して、群（2）×ブロック（4）の分散分析を行ったところ、群の主効果のみが有意（ $F_{(1,12)}=181.79$, $p<.001$ ）で、ブロックの主効果および群とブロックの交互作用は有意でなかった。

総 合 論 議

本実験は、放射状迷路の様々なバリエーションの手続きを用いて、SH 課題と ST 課題でのラットの遂行を比較することを目的として行われた。その結果、すべての手続きにおいて SH 群では訓練の初期から非常に高い正反応率を示すのに対して、ST 群ではほぼ偶然レベルの遂行に留まっており、一貫して SH 群のほうが ST 群より成績が良いという結果が得られた。以上のような結果は、序でも述べたように、ラットの生得的な SH 傾向が SH 課題の習得には有利に働き、ST 課題の習得には不利に働くために生じたものであると考えられる。

本実験における ST 課題と SH 課題は、空間的な課題と非空間的な課題の違いはあるが、それぞれハトやサルでの遅延見本合わせ課題と遅延非見本合わせ課題とに対応する課題であると考えることができる。ラットではこのような非空間的な課題はほとんど行われていないが、ハトなどで視覚刺激を用い ST 課題に対応する遅延見本合わせ課題を行わせた場合には、ラットの放射状迷路を用いた SH 課題に比べて課題の習得は遅いものの非常に

高い正答率で遂行を行うことが知られている（e.g., 津田, 1984）。さらに遅延を含まない課題ではあるが、ハトで見本合わせ課題と非見本合わせ課題を行わせた場合には、両課題の遂行に殆ど差はみられないという報告がなされている（e.g., Zentall & Hogan, 1974, 1978）。従って、本実験においてみられた結果は、少なくともラットの空間記憶課題において顕著に認められる結果であると考えることができる。しかし現在のところ、ラットで視聴覚刺激などを用いた非空間的な遅延見本合わせ課題と遅延非見本合わせ課題を比較した研究、またラット以外の動物において、本実験のような空間的な課題で SH 課題と ST 課題を比較した研究は殆ど行われていない。従って、本研究で得られたような結果がラットの非空間的な課題においてもみられるのか、またラット以外の動物における空間的な課題についてもみられるのかは今後の研究結果を待たなければならない。

引 用 文 献

- DiMattia, B. V., & Kesner, R. P. 1984 Serial position curves in rats: Automatic versus effortful information processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **10**, 557-563.
- Gaffan, E. A., & Davies, J. 1981 The role of exploration in win-shift and win-stay performance on radial maze. *Learning and Motivation*, **12**, 282-299.
- Olton, D. S. Characteristics of spatial memory. 1978 In S. H. Hulse, H. Fowler, & W. K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Olton, D. S., Handelmann, G. E., & Walker, J. A. 1981 Spatial memory and food searching strategies. In A. C. Kamil & T. D. Sargent (Eds.), *Foraging behavior: Ecological, ethological, and psychological approaches*. New York: Garland STPM Press.
- Olton, D. S., & Schlosberg, P. 1978 Food-searching strategies in young rats: Win-shift predominate over win-stay. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **92**, 609-618.
- Roberts, W. A. 1984 Some issues in animal spatial memory. In H. L. Roitblat, T. G. Bever, & H. S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- 津田泰弘 1984 動物の記憶(行動的研究) —基礎編— 関西学院大学人文論究, **33**, 91-115.
- Zentall, T. R., & Hogan, D. E. 1974 Abstract concept learning in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology*, **102**, 393-398.
- Zentall, T. R., & Hogan, D. E. 1978 Same/different concept learning in the pigeon: The effect of negative instances and prior adaptation to the transfer stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **30**, 177-186.

—1987. 10. 28. 受稿, 1988. 7. 9. 受理—

Fig. 3. Phases 1 and 2: Mean percentage of correct choices in the test runs in the win-shift and the win-stay groups. Phase 3: Mean percentage of correct choices in the reverse condition (i.e. shift→stay, stay→shift).