

改良型Hill迷路を用いたワイルドカードテストによるラットの系列学習過程の検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00000099

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



改良型 Hill 迷路を用いたワイルドカードテストによる ラットの系列学習過程の検討

木村誠 谷内通 金沢大学

Examination of rats' serial learning process with
a wild card test in a modified Hill maze

Makoto Kimura and Tohru Taniuchi (Kanazawa University)

The present study examined rats' learning process of three-item series task in a modified Hill maze, using a subset test and a wild card test. In the first phase, four rats were trained with three item series composed of three simultaneously presented barriers (items A, B, C). They learned to get over the barriers in a prescribed order (A-B-C) reliably. In the next phase, three subsets of items (AB, BC, AC) were presented as probe trials. All rats responded to the subsets in a serial order consistent with the original series. In the final phase, rats were trained to produce "wild card" series (W-B-C, A-W-C, A-B-W) in addition to the original series. With training, rats mastered to substitute the wild card item (W) for the omitted original items. These results suggested that rats learned the series without using item association learning or response chaining.

Key words: rats, serial learning, Hill maze.

The Japanese Journal of Psychology
2005, Vol. 76, No. 3, pp. 276-281

複数事象の時間的連続に関する学習である系列学習については、ヒトのみならず様々な動物を対象として研究が行われてきた。なかでも、ラットを用いた系列学習研究は、主に直線走路における報酬量を項目とし、走行速度を指標とする報酬系列学習と呼ばれる独自の方法を用いて研究が行われてきた。報酬系列学習の手法を用いた研究においては、系列の構造の複雑性の効果 (Hulse & Dorsky, 1977)、学習の系列間転移 (Hulse & Dorsky, 1979; 水原・石田, 1990; 谷内, 1995)、新奇項目の推定 (Fountain & Hulse, 1981)、分節化による学習の促進効果 (Fountain, Henne, & Hulse, 1984)、などの多くの基礎事実が明らかにされてきている (谷内, 1998)。また、系列構造の学習や項目間連合の形成、または系列位置学習などの学習過程について詳細に検討されてきた。

報酬系列学習では項目予期に基づく系列学習を検討するが、系列学習の課題としては、複数項目を同時に提示して一定の系列順序で選択させ、学習を項目選択の精度に基づいて吟味する方法も考えられる。実際

に、霊長類や鳥類の系列学習では、報酬系列学習のような項目予期法ではなく、同時に提示される項目の系列的な選択を求める手法が用いられてきた (D'Amato & Colombo, 1989; Terrace, Chen, & Newman, 1995)。げっ歯類においてもこのような項目選択法によって系列学習を検討可能な課題を確立することができれば、報酬系列学習とは異なった側面からげっ歯類の系列学習と学習過程について比較検討することが可能になると考えられる。

げっ歯類において項目を同時に提示し、正誤反応を指標として系列学習を検討する装置としては、Hill 迷路 (Hill, 1939) が挙げられる。Hill 迷路では、走路内の複数の選択点において 1 方向ドア式の複数のゲートが一列に設置され、ラットは各選択点において特定の位置のゲートを通ることを要求される。しかしながら Hill 迷路は、各選択点において選択すべきゲートの位置が課題を通して固定されているため、運動反応の連鎖に基づいて解決可能であるという重大な問題点が存在する。

木村・谷内 (2004) は、視覚および触覚的に異なる刺激をゲート内に項目として配置する改良を Hill 迷路に加えることによってこの問題についての解決を試みた。ゲートへの項目の配置は試行ごとに変えるた

め、反応連鎖によって正反応を導くことは不可能であった。この改良型 Hill 迷路では、同時に提示される視覚的・触覚的に異なる障壁を項目とし、一定の順序で選択することを求める。結果的に、ラットはこの装置において3項目系列を速やかに学習することが示された。また新奇な空間配置で項目を提示しても遂行成績に変化が見られなかったことから、ラットが一定の運動パタンの学習である反応連鎖によって課題を遂行している可能性も排除された。

本研究は、この改良型 Hill 迷路を用いた3項目系列の学習において、報酬系列学習課題では実施が困難であったテスト方法を用いることにより、ラットの学習過程について検討することを目的とした。ハトやサルを用いた研究では、系列の学習過程を吟味するために、部分セットテスト (Straub & Terrace, 1981; Terrace et al., 1995) やワイルドカードテスト (D'Amato & Colombo, 1989; Terrace et al., 1995) と呼ばれる手法を用いた検討が行われている。本研究では、3項目系列の習得後にこれらの部分セットテストとワイルドカードテストを実施することにより、改良型 Hill 迷路における3項目系列の学習過程について検討した。

部分セットテストとは、原系列を構成する項目から項目を二つ取り出して提示し、その項目組み合わせに対する反応順序を吟味するものである。ワイルドカードとは原系列を構成するすべての項目と置き換え可能な項目のことである。A-B-C という3項目系列では、ワイルドカード (W) を導入することによって、W-B-C, A-W-C, A-B-W という3種類のワイルドカード系列が生成される。第1に、ラットがこのようなワイルドカード項目が導入された系列を習得できるか検討した。第2に、ワイルドカード系列間の習得速度の差について吟味することにより、ワイルドカード系列を新たな項目間連合の形成によって学習する可能性について検討した。

方 法

被験体 実験経験のない Wistar 系のオスのラット4匹を被験体として用いた。実験開始時において約60日齢であった。

装置 改良型 Hill 迷路を用いた。装置全体の大きさは縦120 cm、横120 cm、高さ30 cmであった。装置は長さ40 cm、幅30 cm、高さ30 cmの選択箱が四つ、選択箱と同じ大きさの報酬箱が四つそれぞれ交互に配置された周回型の迷路であった。装置は木製で全体をつや消しの灰色に塗った。各選択箱の3箇所幅9 cm、高さ30 cm、奥行き10 cmのゲートが配置されており、各ゲートには奥行き10 cm、幅9 cm、高さ15 cmの移動可能な障壁が配置された。それぞれの障壁には、視覚的・触覚的に異なる、緑色の人工芝、黒

色の紙やすり、無着色のコルクシート、白色の塩ビ板の4種類のいずれかが貼りつけられた。この4種類の刺激の内、3種類を習得訓練における原系列を構成する項目 A, B, C として用いた。残る1種類はワイルドカードテストにおけるワイルドカード項目 (W) として用いた。各障壁の奥には1方向ドアが設置されていた。改良型 Hill 迷路は4項目からなる系列までの検討が可能な構造で作成されたため、各選択箱には四つのゲートがあり、それぞれに障壁が配置可能であった。本研究では、3項目系列についての検討を行うため、各選択箱の4箇所の障壁の内、最も右のゲート1箇所を装置と同色の木製の板によって封鎖し、残りの3箇所のゲートを用いて実験を行った。報酬箱の中央に報酬用ペレットの受け皿を配置し、45 mg の餌ペレット2粒を報酬として置いた。装置の詳細な構造については、木村・谷内 (2004) が俯瞰図等を用いて記述している。

手続き 本訓練に先立って20日間の予備訓練を行った。この期間に、食餌制限によってラットの体重を約85%に減量し、実験期間を通じてこの水準を維持した。実験セッション中を除き、水は自由に摂取可能であった。1-7日目までは毎日5分間のハンドリングを与えた。8-10日目には装置馴致として30分間の装置内の自由探索を個別に行わせた。装置馴致は1組の選択箱と報酬箱を用いて行った。探索を行う選択箱と報酬箱はセッションごとに変えた。自由探索では、すべての1方向ドアを開放し、装置内に45 mg のペレットを10粒散在させて食べさせた。11-20日目には反応形成として各ゲートへの強制的な選択を24試行ずつ行った。反応形成ではゲートの障壁を15 cmの高さまで徐々に高くした。反応形成時に用いた障壁は装置と同じ色に塗装した木製であった。強制選択では、決められた一つのゲート以外は封鎖した。反応形成に用いるゲートの位置はセッション内で相殺した。

反応形成が終了した翌日から系列の習得訓練を行った。第1段階では1項目系列の訓練として、同時に提示される3種類の項目刺激 (障壁) の中から項目 A を選択する弁別訓練を行った。試行の開始時に、被験体は実験者によって待機用ケージから選択箱に移された。被験体ごとに指定された項目 A の障壁に登った時点で正反応とみなした。正反応の場合には、障壁の奥にある1方向ドアを通過し、報酬箱に移動することが可能であった。誤反応の場合にはドアは開かなかった。誤反応の場合には、被験体が正しいゲートへ移動して報酬を獲得することで試行が終了する自己矯正法を用いた。試行を開始する選択箱は試行ごとに変えた。試行間隔は約5分間であった。1セッションに12試行を行った。1セッションの12試行中で10以上の正反応が2日間連続することを学習基準とし、基準

を達成すると訓練段階の移行を行った。第 2 段階として 2 項目系列 A-B の訓練を行った。最初の選択箱で第 1 項目を選択し、報酬箱で報酬を獲得した後、ラットは第 1 の報酬箱と第 2 選択箱の間に設置された 1 方向ドアを通して第 2 選択箱へ移動し、第 2 項目である項目 B を選択することを求められた。第 1 項目と第 2 項目の両方に対して正反応を行うことを正試行とし、1 セッションの 12 試行中で 10 以上の正試行が 2 日間連続することを学習基準とした。その他の手続きは第 1 段階と同じであった。第 2 段階の終了後、第 3 段階として 3 項目系列 A-B-C の習得訓練を行った。第 2 項目への反応後、3 番目の選択箱へ移動し、第 3 項目である項目 C の選択を求められた。その他の手続きは第 2 段階と同じであった。視・触覚的に異なる障壁の、項目 A, B, C への割付けは被験体間で相殺した。各項目のゲートへの割付けは試行ごとに変えたが、試行内では各選択箱間で同じであった。

3 項目系列についての訓練が終了した翌日から部分セットテストを 16 日間行った。部分セットテストは A-B-C 系列から取り出される 2 項目の対である AB, BC, AC を原系列 A-B-C を用いた試行間にブロープ試行として挿入して行った。部分セットテストでは 1 セッションに 15 試行を行い、その内の第 5, 10, 15 試行の 3 試行において各部分セットを 1 日に 1 回提示した。部分セットの提示順序はランダムに決定した。部分セットテストは連続する 2 箇所の選択箱を用いて行った。部分セットを構成する 2 種類の項目は、3 箇所あるゲートの内の最も左の一つを封鎖して残りの 2 箇所で提示された。部分セットテストでは全強化ブロープ法を用い、被験体はいずれの項目を選択してもドアを通過して強化子を得ることが可能であった。

部分セットテストが終了した翌日からワイルドカードテストを 30 日間行った。このテストでは原系列を用いた試行と併行して、ワイルドカード試行を行った。ワイルドカード試行では、新たなワイルドカード項目 (W) が原系列のいずれか一つの項目と交換された。この手続きにより、W-B-C, A-W-C, A-B-W という三つの新しい系列が生成され、被験体が学習を求められる系列は原系列の A-B-C 系列を含めて 4 種類となった。1 セッションに 12 試行を行い、原系列試行を 6 試行、ワイルドカード試行を 6 試行行った。1 日のセッションではワイルドカードを用いた 3 種の系列についてそれぞれ 2 回ずつ訓練した。ワイルドカード系列の提示順序はランダムに決定したが、同じ系列を連続して提示しないようにした。ワイルドカード刺激として用いる項目刺激は被験体間で相殺した。

結 果

3 項目系列の習得 Figure 1 に、習得結果の代表例

としてラット 1 の 3 項目系列の訓練の成績を示した。すべての個体が 31-37 セッションの訓練で 3 項目系列について学習基準に達した。各段階における習得に要するセッション数に若干の差が認められたほかは、各項目に対する正反応率の推移は被験体間で類似していた。3 項目系列の学習基準に達したセッションにおける平均正反応率は 83.33% であった。また、系列に対する正反応率は 3 項目のすべてに対して正しく反応した試行の割合であるので、各項目についての正反応率はさらに高い水準に達した。

部分セットテスト Table 1 に各部分セットに対する反応パタンの生起頻度を示した。すべての個体において、すべての部分セットに対して原系列の系列位置順序にしたがった項目選択が 87.50% 以上の反応率で認められた。Table 1 によると、原系列の系列位置順序にしたがった反応を正反応とした場合の平均正反応率は AB で 93.75%, BC で 95.31%, AC で 95.31% で

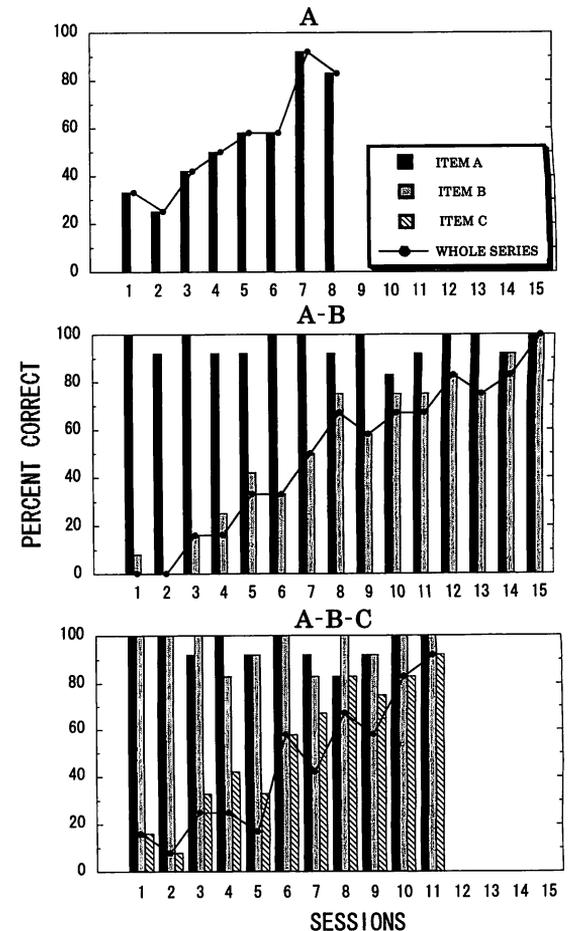


Figure 1. Percent of correct responses to items in one-, two-, and three-item series for Rat 1. The lines indicate percent of errorless trials in each session. The other three subjects showed similar performance to that of Rat 1.

Table 1
Distribution of response patterns on each subset.
Sets of two alphabets represent possible response patterns.

Subset		AB			
Response pattern		A-A	A-B	B-B	B-A
RAT 1		2/16	14/16	0/16	0/16
RAT 2		2/16	14/16	0/16	0/16
RAT 3		0/16	16/16	0/16	0/16
RAT 4		0/16	16/16	0/16	0/16
Subset		AC			
Response pattern		A-A	A-C	C-C	C-A
RAT 1		0/16	16/16	0/16	0/16
RAT 2		2/16	14/16	0/16	0/16
RAT 3		0/16	16/16	0/16	0/16
RAT 4		1/16	15/16	0/16	0/16
Subset		BC			
Response pattern		B-B	B-C	C-C	C-B
RAT 1		0/16	16/16	0/16	0/16
RAT 2		2/16	14/16	0/16	0/16
RAT 3		0/16	16/16	0/16	0/16
RAT 4		1/16	15/16	0/16	0/16

あった。正反応率について、部分セット(3)×被験体の分散分析を行った。分析の結果、部分セットの主効果はみられなかった ($F(2, 6) = .158$)。この結果は、ラットが各部分セットに対して原系列の系列位置順序にしたがって反応し、部分セット間に成績の差は認められなかったことを示すものである。

ワイルドカードテスト Figure 2に5セッション

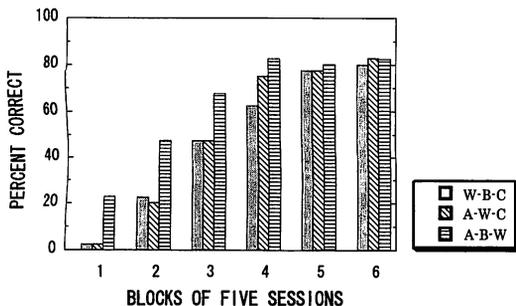


Figure 2. Mean percent of errorless trials for the three wild card series. Each column indicates percent of errorless trials in blocks of five sessions. Each block consisted of 10 trials of each wild card series.

ブロックごとのワイルドカードテストにおける平均反応率を示した。30セッションの訓練の結果、すべての個体においてワイルドカード系列に対する正反応率が70%から90%に達した。原系列に対する遂行成績は、ワイルドカード系列導入直後は若干の低下が認められたが、急速に学習基準(83.33%)にまで回復した。ワイルドカード系列に対する正反応率について、系列の種類(3)×ブロック(6)×被験体の分散分析を行った結果、系列の種類 ($F(2, 6) = 55.53, p < .001$) とブロック ($F(5, 15) = 90.47, p < .001$) について有意な主効果が得られたが、系列の種類×ブロックの交互作用は有意ではなかった ($F(2, 6) = 1.71, p > .05$)。系列の種類の主効果について Tukey の HSD 検定を行ったところ、W-B-C 系列と A-W-C 系列の間には有意な差は認められなかった。一方、A-B-W 系列は W-B-C 系列および A-W-C 系列よりも有意に成績が高かった ($p < .05$)。この結果から、W-B-C 系列と A-W-C 系列の習得には差が認められなかったこと、および A-B-W 系列は他の系列よりも成績が優れること、が示された。

考 察

いずれの個体も原系列を速やかに習得し、遂行成績の漸近値は高い水準に達した。この結果は、改良型 Hill 迷路における速やかな系列学習を示した木村・谷内(2004)の結果を再現するものである。

全強化プローブ法を用いた部分セットテストでは、部分セット AB は原系列と一致している。これに対し、部分セット BC は、習得段階において最初に選択することを要求されていた項目 A が存在しない。また、部分セット AC については、項目 C に先行した項目 B が存在しない。したがって、ラットが項目間連合の形成によって3項目系列を学習したのであれば、部分セット AC と BC に対する正反応率は、AB に対する正反応率よりも低くなると予測される。しかしながら、すべての部分セットに対して原系列に対応した反応が同等に認められた。この結果は、直前の項目が後続項目の手がかりとなることを仮定する項目連合学習から説明することは困難であると考えられる。また、部分セットテストでは原系列とは要求される運動反応のパターンが異なるにもかかわらず、系列位置にしたがった反応が示された。このことは、ラットが反応連鎖によって系列に反応した可能性を排除するものであると考えられる。

ワイルドカード系列の訓練においては、すべての系列に対する遂行は高い漸近値に達した。第1に重要な点は、原系列のすべての項目がワイルドカードと交換されるという特殊な操作が加えられたにもかかわらず、ワイルドカード系列がきわめて少ない試行数で習得されることが示されたことである。これまで霊長類

とハトでしか示されていなかったワイルドカード項目を使用した系列学習がラットにおいても可能であることが明らかとなった。

第2に重要な点は、W-B-C系列やA-W-C系列よりも、A-B-W系列の獲得が有意に速やかであることが示された点である。この事実から、追加された三つのワイルドカード系列について、新たな項目間連合を形成することによって学習した可能性は低いと考えられる。すなわち、項目間連合の視点からみると、ワイルドカードを導入することによって生成される三つの系列は、新たに学習する際の難易度がそれぞれ異なっている。ワイルドカード系列W-B-C系列を項目間連合の形成によって学習するためには、新たにW-Bの項目間連合を形成する必要がある。ワイルドカード系列A-W-Cでは、A-WとW-Cの二つの新たな項目間連合を形成する必要がある。ワイルドカード系列A-B-Wで形成すべき新たな連合はB-Wの一つである。したがって、ワイルドカード系列を項目間連合の形成によって習得するのであれば、新しく必要となる項目間連合が多いA-W-C系列の学習が際立って遅れると予測される。このように、ワイルドカード系列の習得に関する本研究の結果は、項目連合学習からは説明が困難であると考えられる。

部分セットテストの結果とワイルドカードテストの結果から、改良型Hill迷路におけるラットの3項目系列学習は、反応連鎖や項目間連合に依存しない可能性が強く示唆されたと考えられる。一方、ラットが各項目の系列位置を学習した場合には本研究の結果は説明可能である。部分セットテスト、ワイルドカードテストにおいて、項目は位置によって信号されるため、隣接項目によって規定されない。よって、先行項目が不在の場合や、ワイルドカード項目へ置き換えられた場合にも、原系列の系列順序に従った反応が可能になると考えられる。しかしながら、ラットが各項目の正確な系列位置の学習を行う可能性については、系列間転移(Terrace, 1986)等の手法を用いた更なる検証が必要であると考えられる。

一方、本研究では3項目系列のみを検討の対象としたため、改良型Hill迷路における系列学習過程に関する知見としては比較的限定された結論とならざるを得ない。ハトにおける研究では系列を構成する項目数によって学習方略が異なることが示唆されている(Terrace et al., 1995)。したがって、今後は、ラットにおいても4項目以上の系列を用いて検討を行う必要があるだろう。

改良型Hill迷路における系列学習では、多様な課題設定が考えられる。例えば、本研究では、各反応ごとに強化を行ったが、すべての項目への反応が終わった後に一度だけ強化を行う方法を採用することも可能である。また、複数項目からなる系列の習得訓練を1

項目系列の習得から逐次的に行うのではなく、最終的な項目数の系列から訓練を開始することも可能である。これらの訓練条件の設定については、動物を用いた系列学習研究の中でも必ずしも一貫していない。本研究で得られた知見が、手続きの特殊性を反映している可能性について検討するためにも、これらの実験手続きの差異が学習過程に与える影響についても検討が必要である。

引用文献

- D'Amato, M. R., & Colombo, M. (1989). Serial learning with wild card items by monkeys (*Cebus apella*): Implications for knowledge of ordinal position. *Journal of Comparative Psychology*, *103*, 252-261.
- 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 Processes*, *10*, 30-45.
- Fountain, S. B., & Hulse, S. H. (1981). Extrapolation of serial stimulus patterns by rats. *Animal Learning & Behavior*, *9*, 381-384.
- Hill, C. J. (1939). Goal gradient, anticipation, and perseveration in compound trial-and-error learning. *Journal of Experimental Psychology*, *25*, 566-585.
- 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 stimulus relationship and the significance of nonreinforcement. *Animal Learning & Behavior*, *7*, 211-220.
- 木村 誠・谷内 通 (2004). ラットによる改良型Hill迷路を用いた3項目系列の習得 動物心理学研究, *54*, 99-103.
- (Kimura, M., & Taniuchi, T. (2004). Acquisition of three-item series with a modified Hill maze by rats. *Japanese Journal of Animal Psychology*, *54*, 99-103.)
- 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.
- (Mizuhara, Y., & Ishida, M. (1990). The effects of change in reward from food pellets to saccharin solution on serial pattern learning. *Japanese Journal of Psychonomic Science*, *8*, 61-68.)
- Straub, R. O., & Terrace, H. S. (1981). Generalization of serial learning in the pigeon. *Animal Learning & Behavior*, *9*, 454-468.
- 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.

- (Taniuchi, T. (1995). Interseries transfer and effect of retention interval in rats' serial pattern learning. *Japanese Journal of Animal Psychology*, **45**, 21-29.)
- 谷内 通 (1998). ラットにおける系列学習研究とその展開 心理学評論, **41**, 392-407.
- (Taniuchi, T. (1998). Basic evidence and recent developments of serial pattern learning in rats. *Japanese Psychological Review*, **41**, 392-407.)
- Terrace, H. S. (1986). Positive transfer from sequence production to sequence discrimination in a nonverbal organism. *Journal of Experimental Psychology: Animal Processes*, **12**, 215-234.
- Terrace, H. S., Chen, S., & Newman, A. B. (1995). Serial learning with a wild card by pigeons (*Columba livia*): Effect of list length. *Journal of Comparative Psychology*, **109**, 162-172.

—2004. 6. 28 受稿, 2005. 1. 29 受理—