

# ラットの強化系列学習における認知過程に関する研究<sup>1)</sup>

矢澤 久史

## 目 次

第一章	強化系列学習研究に関する展望
第二章	強化試行における記憶のリセット
第1節	問題提起
第2節	実験1：2NR2N系列、R4N系列、4NR系列、N-Irg群の比較
第三章	強化事象に対する記憶がリセットされる事例
第1節	問題提起
第2節	実験2：NNR系列にNNN系列を付加した場合
第3節	実験3：RNN系列にNNN系列を付加した場合
第4節	実験4：NRN系列にNNN系列を付加した場合
第5節	系列を付加した場合の時間間隔の効果：まとめ
第四章	相対的時間間隔による記憶のリセット
第1節	長いインターバルによる記憶のリセット 実験5：2NR3N系列において長い間隔を入れた場合
第2節	短いインターバルによる記憶のリセット 実験6：2NR3N系列において短い間隔を入れた場合
第3節	系列付加場面における短いインターバルによる記憶のリセット 実験7：NNR系列にNNN系列を付加した場合
第4節	考察：2NR3N系列における相対的時間間隔による記憶のリセットについて
第五章	他の系列におけるインターバルによる記憶のリセット
第1節	問題提起
第2節	R5N系列による検討 実験8：長いインターバルによる記憶のリセット 実験9：短いインターバルによる記憶のリセット
第3節	3NR2N系列を用いた検討 実験10：長いインターバルによる記憶のリセット 実験11：短いインターバルによる記憶のリセット
第4節	5NR系列による検討 実験12：長いインターバルによる記憶のリセット 実験13：短いインターバルによる記憶のリセット
第5節	考察：直前の試行が無強化試行の場合における相対的時間間隔による記憶のリセットについて
第六章	結論：ラットの強化系列学習における認知過程
引用文献	

## 第一章 強化系列学習研究に関する展望

動物の学習に関する研究を時代的にとらえるならば、1960年代後半から1970年代にかけて大きな転換期があったと考えられる。60年代までは、動物学習研究の中心にはHull(1943,1952)の強化理論に代表される刺激-反応(S-R)理論があり、人間の学習に関する研究も動物実験から導き出されたS-R理論に基づいていた。これに対し、60年代後半からは、人間の記憶学習分野における認知研究からの影響を受け、動物学習研究にも認知的な傾向が示され始める。

この傾向は、1970年代後半に入ってさらに顕著となり、動物に対する見方も、刺激に対して受動的に反応する生物機械ではなく、能動的な情報処理体であるとみなすように、大きく変化している。

動物学習におけるS-R理論から認知的アプローチへの移行を反映しているものとして、部分強化に関する研究がある。連続強化よりも部分強化の方が消去抵抗が高いことを部分強化効果(Partial reinforcement effect)と呼ぶが、部分強化効果は1940、50年代の学習心理学を支配していたHullの理論では説明できない現象であった。そこで、1970年代中盤まで30年以上にわたり、S-R理論の枠組み内でさまざまな部分強化理論が展開された。

その後、動物研究に認知的傾向が示されたことに伴い、部分強化研究における焦点も消去から習得に移り、現在では強化系列の習得過程に関する研究が中心になっている。

強化系列学習を説明する理論として、人間の系列学習研究によって得られた知見を動物学習に適用したHulse(1978)の系列符号化理論と部分強化理論である系列理論(Capaldi, 1966, 1967)から発展した記憶弁別理論(Capaldi & Molina, 1979; Capaldi et al., 1980)の2つの理論がある。この2つの理論のうち、記憶弁別理論では、当該試行までに与えられた強化事象に関する記憶が弁別刺激になることが主張され、今までに報告されている多くの研究結果はこの記憶弁別理

論からの予測に一致する。

しかし、記憶弁別理論では、用いられた強化系列が同じであれば遂行の差がないと考えられていた。したがって、これまで強化系列以外の条件はほとんど研究されてこなかったといってもよい。

一方、人間の系列学習では系列の途中に長い時間間隔がおかれたり、項目がリズムにあわせて提示されると、長い系列がいくつかの小さな系列に分けられることが知られている(例えば、Bower & Winzenz, 1969)。この系列を分ける手がかりは、分節手がかりと呼ばれている(Restle, 1972)。人間の系列学習で見いだされたこの知見をラットの強化系列学習に適用すると、ラットも何らかの刺激を分節手がかりとして用い、系列を学習し易いように分けている可能性が挙げられる。

本論文は、動物学習研究の歴史的な流れをふまえたうえで、ラットが自発的に系列を分ける分節手がかりを捜し出し、強化事象に関する記憶のリセット機構を明らかにすることで、ラットの強化系列学習における認知過程について新しい知見を提供しようとするものである。

## 第二章 強化試行における記憶のリセット

### 第1節 問題提起

Capaldi(1966)の系列理論では、強化(R)、無強化(N)がそれぞれ次の試行において記憶 $S^R$ 、 $S^N$ を引き起こすこと、さらに、 $S^N$ が強化を受けると走行反応と条件づけられ、そこで $S^N$ の刺激変容が終了することが考えられていた。記憶弁別理論(Capaldi & Molina, 1979; Capaldi et al., 1980)は、この系列理論に基づいているので、強化を受けると $S^N$ の刺激変容が0に戻り、そこから新たな変容が開始されること、つまり、強化試行において記憶がリセットされることが仮定されていた。

一方、Capaldi & Verry(1981)は、2つの系列を提示するという並列的系列では、ラットが $S^R$ と $S^N$ を複合して用いることを示唆している。

しかし、これまで単一の系列を用いた実験では、ラットが $S^R$ と $S^N$ を複合するか、それとも強化試行で記憶をリセットするかを厳密な意味で比較する試みはなされていない。

そこで、第二章では、ラットが系列を分ける条件の第1候補として、強化試行を挙げ、5試行系列の中央に強化がくる2NR2N (NNRNN; Rは強化試行を、Nは無強化試行を示す)系列を用いて、強化試行によってラットがそれまでの強化事象に関する記憶をリセットするかどうかを検討する。

この2NR2N系列において、強化事象に関する記憶が強化試行でリセットされれば、第4試行から新たな系列が始まることになるので、強化試行直後の第4試行での走行が極めて遅く、第5試行で再び速く走ることが予測される。一方、記憶がリセットされなければ、走行曲線は第3試行を頂点とする逆V字型を描くことが予測される。

また、強化事象に関する記憶が弁別手がかりになっていることを確認するために、毎日の第5試行が常に強化を受け、残りの4試行が無強化である4NR (NNNNR)系列と、第1試行のみが常に強化を受けるR4N (RNNNN)系列、第2試行から第5試行までのいずれかがランダムに強化を受けるN-Irg群についても検討を加える。

## 第2節 実験1：2NR2N系列、R4N系列、4NR系列、N-Irg群の比較<sup>2)</sup>

### 方法

**被験体** Wistar-Imamichi系の雄ラット52匹。

**装置** 全長147cm、幅12cm、高さ16cmの直線走路。

**手続き** 予備訓練期、習得訓練期からなる。

(1)予備訓練期(12日間):ハンドリング、走路探索。

(2)習得訓練期(24日間):すべてのラットに対し、1試行の強化試行と4試行の無強化試行の計5試行からなる訓練が毎日行われた。4NR群では毎日の第5試行、R4N群では第1試行、

2NR2N群では第3試行において、それぞれ強化が与えられた。また、N-Irg群では第2試行から第5試行のいずれか1試行がランダムに強化を受けた。

強化試行では、目標箱において45mgの報酬用餌ペレットが15個与えられた。無強化試行では、ラットは目標箱内に約10秒間閉じ込められた。試行間間隔は、訓練の初期では15~25分、訓練後期では5~8分であった。

### 結果と考察

各群の走行速度の推移を、4日を1ブロックとして、Fig.1,2,3,4に示した。4NR系列は、第1、2、3と試行を追うごとに走行速度が上昇し、強化試行である第5試行で最も速く走るという走行パターンを獲得していった(Fig.1)。R4N系列では、強化試行である第1試行の走行が他の試行よりも有意に速かった(Fig.2)。

2NR2N系列では、第3試行までは試行を追う毎に走行が速まり、第3試行で強化を受けた後は、第4、第5試行と急速に走行速度が低下し、強化試行である第3試行を頂点とする逆V字型走行曲線が得られた(Fig.3)。この2NR2N系列の結果から、ラットは強化事象に関する記憶を強化試行においてリセットせずに、前試行までに与えられたすべての強化事象に関する記憶を弁別手がかりとして用いていることがわかった。

また、4NR群では無強化試行が4試行続いたことに対する記憶 $S^M$ が、R4N群では第1試行特有の記憶 $S^T$ がそれぞれ正刺激になっていたことを示しており、2NR2N系列と同様に、ラットは前試行までのすべての強化事象の記憶を用いていることがわかる。

なお、N-Irg群では、第1試行の走行のみが遅く、第2から第5試行までの走行には差が認められなかった(Fig.4)。したがって、強化試行が与えられるまで速く走り、強化試行以降は遅く走るという方略をラットは用いていないことが確認された。

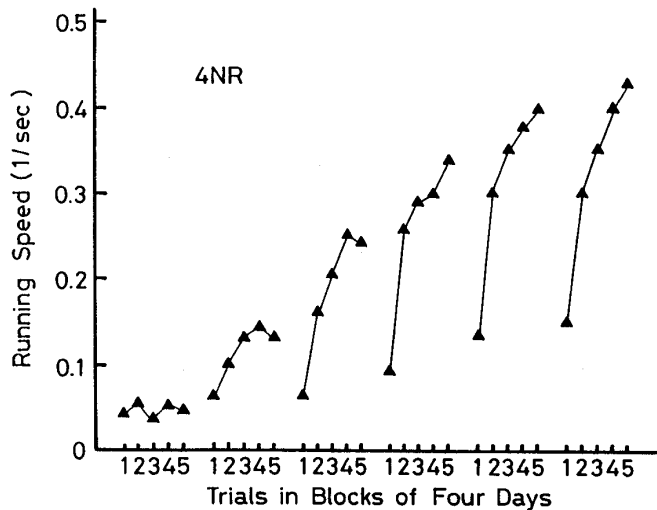


Fig.1 Running speeds of Group 4NR on each of the five trials of 4-days blocks.

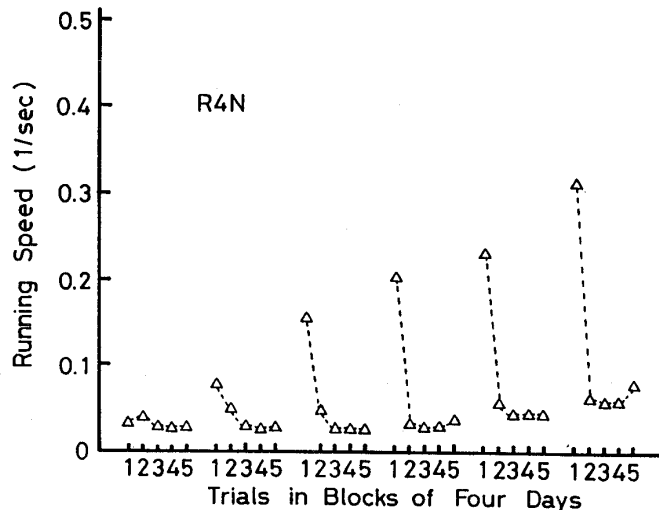


Fig.2 Running speeds of Group R4N on each of the five trials of 4-days blocks.

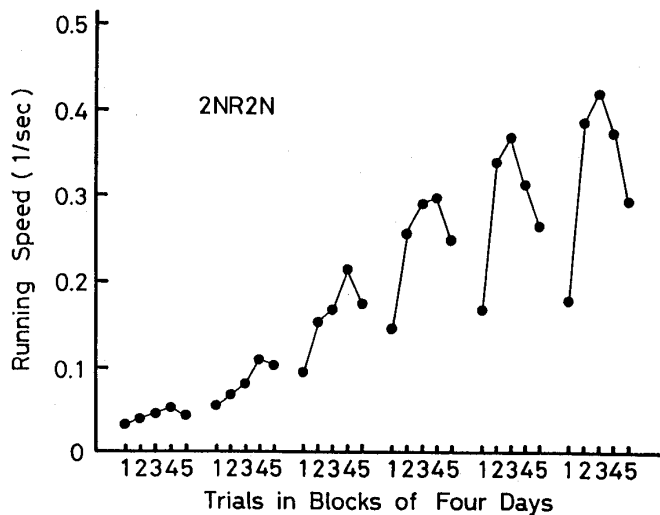


Fig.3 Running speeds of Group 2NR2N on each of the five trials of 4-days blocks.

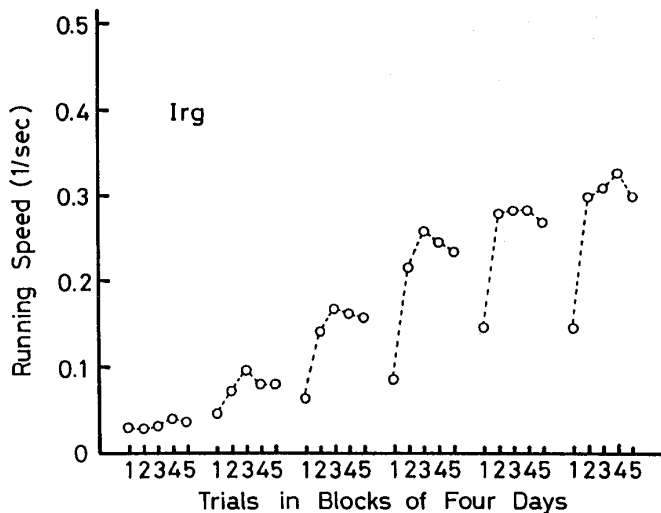


Fig.4 Running speeds of Group N-Irg on each of the five trials of 4-days blocks.

### 第三章 強化事象に対する記憶がリセットされる事例

#### 第1節 問題提起

第二章より、ラットは強化と無強化の記憶を複合させた前試行までのすべての強化事象に関する記憶を弁別刺激として用いていたことが示された。すなわち、強化試行はラットが記憶をリセットする分節手がかりではなかった。それでは、記憶がリセットされるためには、他にどのような条件が考えられるのだろうか。

人間の系列学習においては、短い試行間隔で提示された項目はまとめられ、長い時間間隔後に提示された項目は別の系列としてとらえられることが知られている(例えば、Restle, 1972)。ここでは、人間の系列学習で得られた知見を動物に適用するというHulse(1978)のアプローチ法を採用し、時間間隔、つまり、試行間隔(I T I ; Intertrial Interval) が分節手がかりになるかどうかについて検討する。

そこで、第三章では、3試行で十分な訓練を行い3試行の強化系列を習得させた後、新たな3試行系列をそれまでのI T Iの長さと同じ30

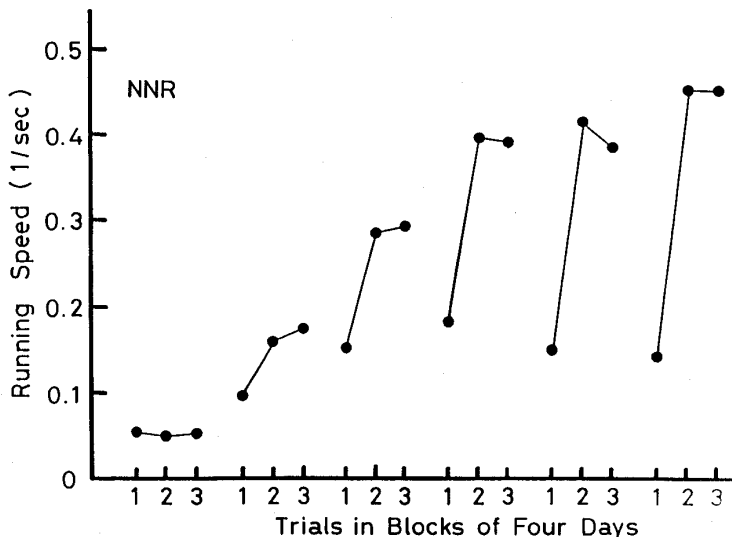


Fig.5 Running speeds under NNR sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase.

秒後に与える S-I T I (Short Intertrial Interval) 条件と、30分という長い間隔の後に与える L-I N T (Long Interval) 条件を比較する。

つまり、本章の目的は、ラットが新たに与えられた3試行をそれ以前の3試行とは別の系列として分節するか、それとも両系列をあわせて6試行からなる1つの系列として学習するかを、さまざまな系列を用いてI T Iの等間隔性という観点から検討することである。

#### 第2節 実験2：NNR系列にNNN系列を付加した場合

##### 方法

**被験体** Wistar-Imamichi系の雄ラット20匹。

**装置** 直線走路。

**手続き** 予備訓練期、習得期、付加期からなる。

(1)予備訓練(12日間)。

(2)習得期(24日間)：毎日の第1、2試行が無強化であり、第3試行のみが強化試行であるNNR系列を1日1回与えた。なお、I T Iは30秒であった。

(3)付加期(8日間)：習得期の最終レベルに差がないように、被験体はS-I T I群とL-I

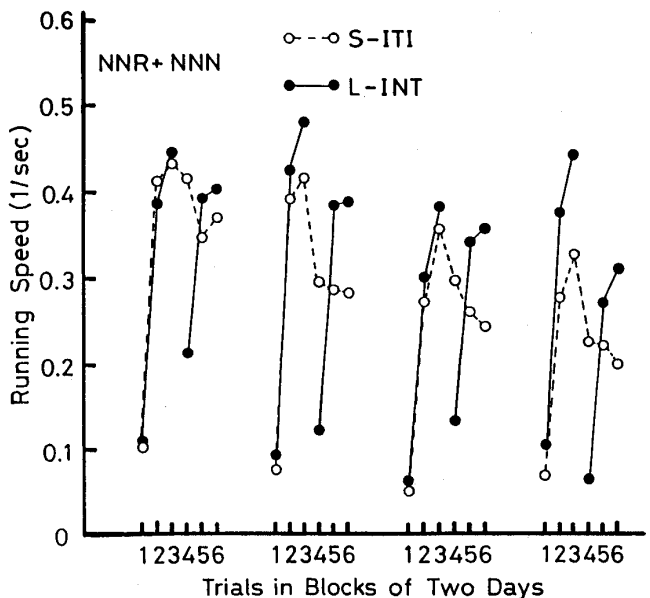


Fig.6 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under NNRNNN sequence on each of the six trials of 2-days blocks in the additional phase.

I N T群に分けられた。付加期では、S - I T I群はN N R系列の30秒後に3試行の無強化からなるN N N系列が付加された。一方、L - I N T群では、N N R系列の30分後にN N N系列が付加された。なお、両群とも系列内のI T Iは30秒であった。

**結果** 習得期 (Fig.5) : 習得期では訓練の進行に伴い、第1試行の走行速度が極めて遅く、第2、3試行で速く走るという走行パターンが獲得されていった。

付加期 (Fig.6) : 両群とも、第1試行から第3試行までは、第1試行で遅く走り、第2、3試行での走行が速いという習得期と同様の走行パターンを示していた。付加された第4試行から第6試行までの3試行において、L - I N T群では、第4試行での走行が極めて遅く、第5、6試行で速く走るという第1試行から第3試行までと類似した走行パターンを示した。一方、S - I T I群では、付加された第4、5、6試行の走行は、徐々に減少していく傾向が示された。

**第3節 実験3 : R N N系列にN N N系列を付加した場合**

**方法**

**被験体** Wistar-Imamichi系の雄ラット20匹。

**装置と手続き** 習得期にR N N系列を与えた以外は、実験2と同じ。

**結果** 習得期 (Fig.7) : 習得期では、強化試行である第1試行で速く走り、無強化試行である第2、3試行の走行速度が極めて遅いという走行パターンが獲得されていった。

付加期 (Fig.8) : 両群とも、第1試行から第3試行までは、第1試行でのみ速く走るという習得期と同様な走行パターンが維持されていた。付加された第4試行から第6試行までの3試行において、L - I N T群では、第4試行での走行のみが速く、第1試行から第3試行までのものと類似した走行パターンを示した。一方、S - I T I群では、付加された第4試行から第6試行での走行はいずれも遅かった。

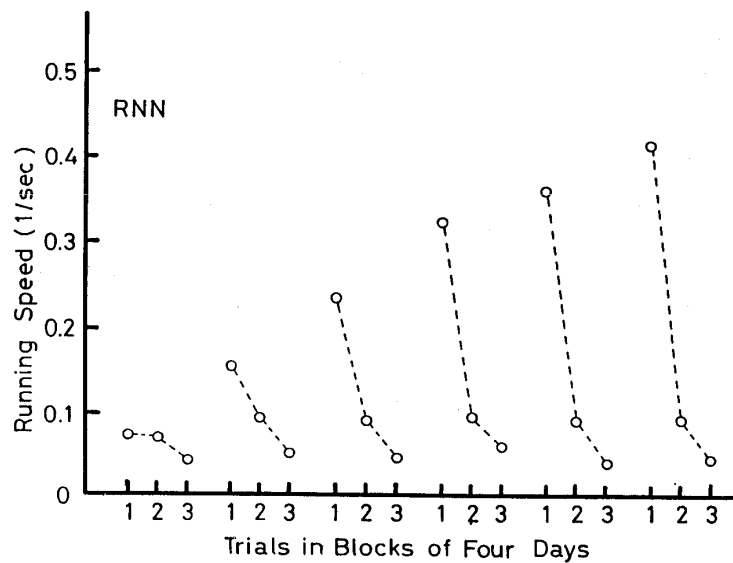


Fig.7 Running speeds under RNN sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase.

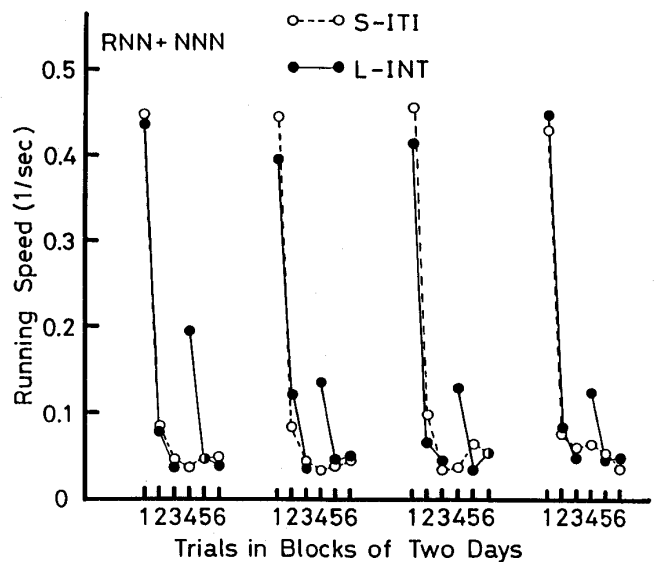


Fig.8 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under RNNNNN sequence on each of the six trials of 2-days blocks in the additional phase.

第4節 実験4：NRN系列にNNN系列を付加した場合

方法

被験体 雄ラット20匹。

装置と手続き 習得期にNRN系列を与えた以外は、実験3と同じ。

結果 習得期 (Fig.9): 習得期では、強化試行である第2試行で速く走り、無強化試行である第1、3試行の走行速度が極めて遅いという走行パターンが獲得されていった。

付加期 (Fig.10): 両群とも、第1試行から第3試行までは、第2試行でのみ速く走るという習得期と同様な走行パターンを示した。付加された第4試行から第6試行までの3試行において、L-INT群では、第5試行での走行のみが速く、第1試行から第3試行までのものと類似した走行パターンを示した。一方、S-ITI群では、付加された第4試行から第6試行での走行は遅かった。

第5節 系列を付加した場合の時間間隔の効果：まとめ

第三章での実験の結果、習得期で訓練された系列がNRN (実験2)、RNN (実験3)、NRN (実験4) のいずれの場合においても、S-

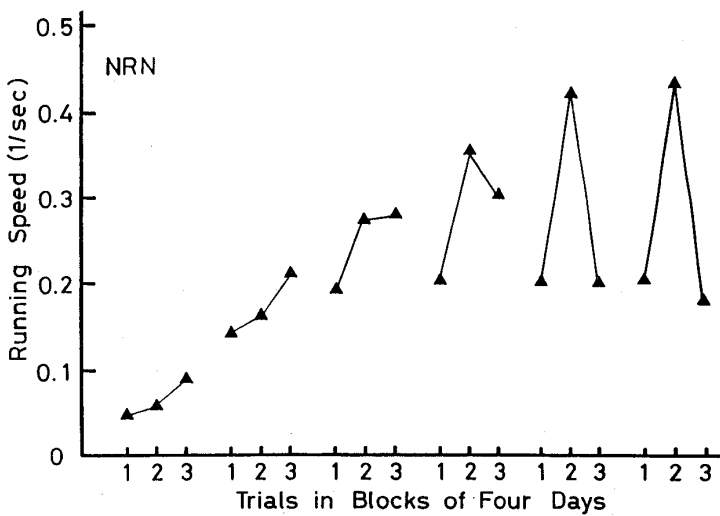


Fig.9 Running speeds under NRN sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase.

ITI群では、付加された3試行のうちのある試行で走行が速まることはなかった。これに対し、L-INT群では、どの系列においても付加期の初めから、付加された第4試行から第6試行の走行曲線は、第1試行から第3試行までのものと類似していた。

S-ITI群の結果は、それまでのITIと同じ間隔で試行が付加された場合には、強化事象の記憶はリセットされず、付加された試行は前の系列の続きとして学習されることを示している。

一方、L-INT群の結果は、長いインターバル後に試行が付加された場合には、初めて付加された時から、第3試行後にそれまでの強化事象の記憶がリセットされ、系列が2組に分節されたことを示している。さらに、付加された3試行系列は、習得期で与えられていた3試行系列がその日にもう1度行われていたものとして見なされていた。つまり、付加期のL-INT群では、実験2、3、4のいずれの場合にも、第3試行と第4試行間の長いインターバルが分節手がかかりとなり、そこで記憶がリセットされ、

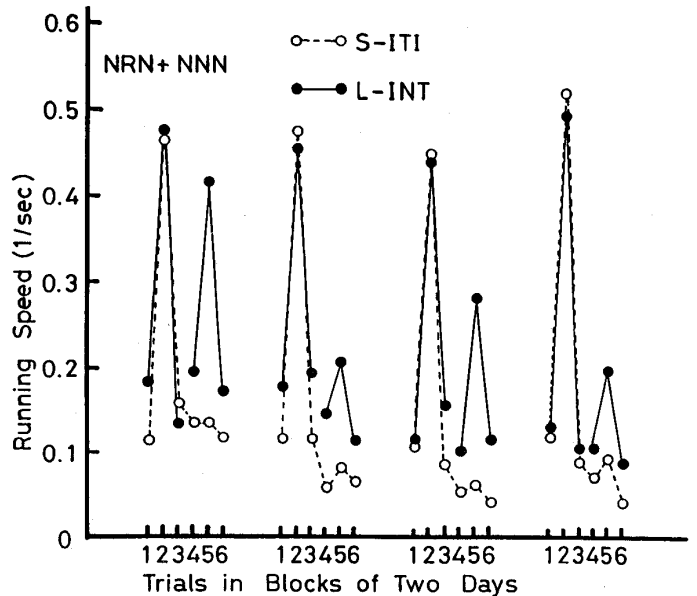


Fig.10 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under NRNNNN sequence on each of the six trials of 2-days blocks in the additional phase.

第4試行では第1試行と同じ $S^T$ が生起する。実験3のRNN系列では、 $S^T$ は第1試行で正刺激となっていたので、L-INT群の第4試行の走行も速められる。実験4では、正刺激となっていた第2試行での $S^N$ が第5試行で生起し、第5試行の走行を速める。同様に、実験2では、正刺激 $S^N$ が第6試行の走行速度を上昇させたと考えられる。

このように、ラットの強化系列学習は、ITIの変化の影響をかなり受ける。したがって、強化系列学習におけるラットの認知過程を解明するためには、強化の配置のみを重視する理論だけでは不十分であり、強化の配置に加えITIの等間隔性も考えに入れる必要があるといえよう。

#### 第四章 相対的時間間隔による記憶のリセット

##### 第1節 長いインターバルによる記憶のリセット 実験5：2NR3N系列において長い間隔を入れた場合

Capaldiの記憶弁別理論では、 $S^R$ や $S^N$ といった強化事象に関する記憶が強化系列学習の決定因であるとされていた。この考えによれば、与えられた強化系列が同じであれば、ITIの長さに関わらず走行曲線に差は生じないはずである。しかし、第三章で述べたように、強化系列が同じであっても、ラットはそれまでのITIと同じ間隔で付加された強化系列はその系列の続きとして捉えたのに対し、長いインターバルを経て付加された強化系列は新たな系列として分節していた。

第三章では、訓練の途中から新たな系列を付加するという手続きが用いられていた。これに対し、本章の実験5では、初めから6試行系列2NR3N系列で訓練を行う。そして、L-INT群では第3試行と第4試行間に長いインターバルを挿入し、ラットがこのインターバルによって以前の記憶をリセットし、前半3試行と後半3試行を分節するかどうかを検討する。

#### 方法

**被験体** 雄ラット24匹。

**装置** 直線走路。

#### 手続き

(1)予備訓練期。

(2)習得訓練期(24日間):S-ITI群では、2NR3N(NNRNNN)系列をすべて30秒ITIで1日1回与えられた。L-INT群では、第3試行と第4試行との間に30分のインターバルをおく以外は、S-ITI群と同じ手続き。

#### 結果と考察

Fig.11に示されたように、最終ブロックにおいて、S-ITI群の走行速度は第1試行から第3試行まで試行を追うごとに上昇し、第3試行以後は減少した。つまり、強化試行である第3試行を頂点とする逆V字型走行曲線を示していた。この結果から、本実験のように最初から2NR3N系列を与えられた場合にも、実験2のように途中から試行が付加された場合と同様に、ラットは30秒という短いITIで行われる6試行を1つの系列として学習し、系列の途中でそれまでの記憶をリセットしないことがわかる。

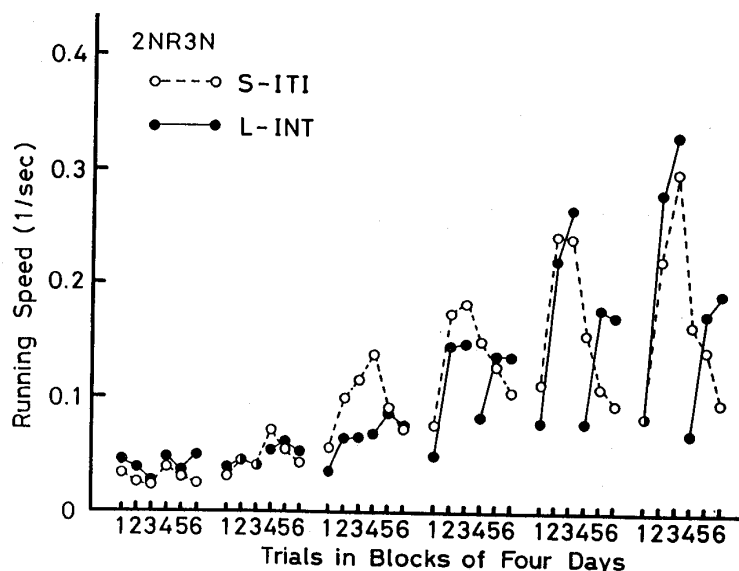


Fig.11 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under 2NR3N sequence on each of the six trials of 4-days blocks.



一方、L-I N T群では、第3試行まではS-I T I群と同様に走行速度が増加していったが、30分インターバルの直後の第4試行での走行が極めて遅く、第5、6試行で再び走行が速まっていた。つまり、第1から第3試行までとインターバル後の第4から第6試行までの走行パターンが類似していた。したがって、最初から6試行で訓練された場合にも、実験2のように途中から系列が付加された場合と同様に、第3試行と第4試行間に長いインターバルが挿入されると、ラットはそこでそれまでの強化事象に対する記憶をリセットし、系列を2組に分節していたといえる。

**第2節 短いインターバルによる記憶のリセット  
実験6：2NR3N系列において短い間隔を入れた場合**

第1節の結果から、ラットは30秒間隔で提示される強化事象をすべて記憶しているのに対し、強化試行直後に30分インターバルが挿入されると、そこで強化事象に関する記憶をリセットすることが示された。

第2節では、第1節での実験5において挿入された長いインターバルの間に記憶がリセットされたのは、30分前の強化事象をラットが記憶できないという受動的な制約なのか、あるいは、それまでのI T Iと異なる時間間隔が挿入されたことによって、ラットが能動的に記憶をリセットしたのかを検討する。

そこで、実験6では2NR3N系列を用いて、すべてのI T Iが30分で行われるL-I T I (Long Intertrial Interval) 群と、第3試行と第4試行間のI T Iのみが30秒と短く、他のI T Iは30分であるS-I N T (Short Interval) 群とを比較する。

**方法**

**被験体** 雄ラット24匹。

**装置** 直線走路。

**手続き**

- (1)予備訓練期。
- (2)習得期 (24日間)：L-I T I群は、2NR

3N系列をすべてのI T Iが30分で与えられた。一方、S-I N T群では、第3試行と第4試行間のインターバルが30秒であり、それ以外のI T Iは30分で行われた。

**結果と考察**

Fig.12から、最終ブロックにおいて、L-I T I群の走行速度は、第1試行から第3試行まで試行が進行するのに伴い上昇し、強化試行である第3試行においてピークを示した後、第4、5、6試行では徐々に減少していった。つまり、第3試行を頂点とする逆V字型走行曲線が得られた。

一方、S-I N T群は第3試行まではL-I T I群と同様な走行を示していたが、30秒インターバル直後の第4試行の走行がきわめて遅く、第5、6試行で再び走行速度が上昇していた。

L-I T I群が示した走行曲線は、実験5のS-I T I群において得られた結果と同じである。この結果は、30分間隔で次々に与えられる複数の強化事象をラットは記憶できることを示している。したがって、実験5のL-I N T群において第3試行と第4試行間に挿入された30分インターバルによって記憶がリセットされた

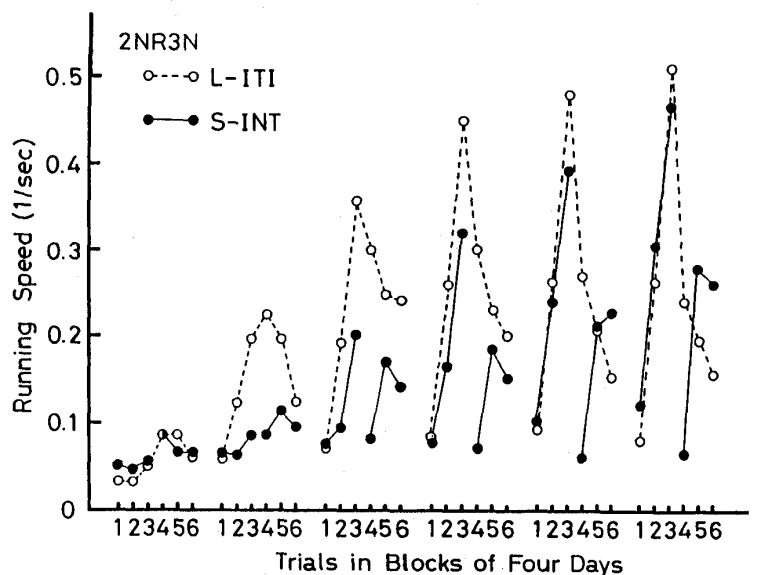


Fig.12 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under 2NR3N sequence on each of the six trials of 4-days blocks.

のは、ラットが30分前の強化事象を記憶できないという受動的な制約によるのではないことがわかる。

一方、S-I N T群の結果は、実験5のL-I N T群が描いた走行曲線と同じである。つまり、本実験のS-I N T群は、第3試行後の30秒という短いインターバルにおいて強化事象の記憶をリセットしたのである。したがって、強化試行直後のI T Iが他よりも短い場合にも、他よりも長い時と同様に分節手がかりとして働き、ラットは強化事象の記憶をリセットするといえる。

### 第3節 系列付加場面における短いインターバルによる記憶のリセット

#### 実験7：N N R系列にN N N系列を付加した場合

人間の系列学習では短い間隔で提示された項目はまとめられ、長い時間が挿入されるとそこで系列が分けられるという現象はよく知られている(例えば、Bower & Winzencz, 1969; Restle, 1972)。しかし、他よりも短いインターバルも分節手がかりになるという実験6の結果は、動物はもちろん人間の学習研究でもこれまで全く報告されていないものであり、非常に興味深い現象である。

そこで、実験7では、他よりも短いインターバルによって記憶がリセットされるという実験6の知見を確認するために、まず30分という長いI T IでN N R系列に対する十分な訓練を行った後、この系列の30秒後に新たなN N N系列を付加し、ラットが30秒という短いインターバルによって記憶をリセットするかを系列付加場面で検討することを目的とする。

#### 方法

**被験体** 雄ラット20匹。

**装置** 直線走路。

**手続き** 本実験は、実験2と同様に予備訓練期(12日間)、習得期(24日間)、付加期(8日間)からなっていた。

(1)予備訓練期。

(2)習得期：習得期では、3試行からなるN N R

系列が30分I T Iで1日1回与えられた。

(3)付加期：付加期では、L-I T I群は、N N R系列の30分後に3試行の無強化試行からなるN N N系列が付加された。一方、S-I N T群では、N N R系列の30秒後にN N N系列が付加された。また、両群とも系列内のI T Iは、30分であった。

#### 結果と考察

**習得期** Fig.13から、訓練の進行に伴い、第1試行で遅く、第2、3試行で速く走るといふ走行パターンが習得されていったことがわかる。

**付加期** Fig.14から、L-I T I群は、全体として第1試行での走行が遅く、第3試行まで走行が速まり、第5、第6試行にかけて速度が徐々に減少していったことがわかる。この結果は、ラットは付加されたN N Nという3試行系列をそれまでのN N R系列の続きとして、つまり、全体を6試行からなる2 N R 3 N系列として学習していたことを示すものである。

一方、S-I N T群はすべてのブロックにおいて、第1試行が遅く、第2、3試行で速く走り、第4試行で遅く、第5、6試行で再び速く走るといふ走行曲線を示していた。このS-I N T群の結果は、最初から6試行系列2 N R 3 Nで訓練した実験6のS-I N T群が示した走

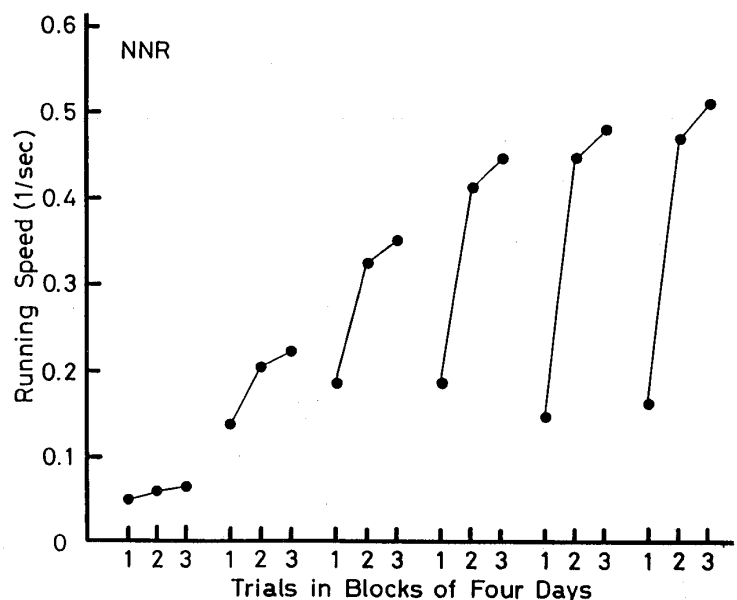


Fig.13 Running speeds under NNR sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase.

行曲線と一致する。つまり、系列付加を用いた場面においても、30秒という短いインターバルによってラットは強化事象の記憶をリセットするという実験6の知見が確認された。

**第4節 考察：2NR3N系列における相対的時間間隔による記憶のリセットについて**

第四章では、2NR3N系列を用いて、ラットが強化事象の記憶をリセットし与えられた強化系列を分節する条件として試行間の時間間隔を挙げ、強化系列学習に及ぼす試行間間隔の効果を検討した。

その結果、第1節では、ラットは30秒間隔で与えられた強化事象を複合するが、30分という長いインターバルが入れられるとそこで記憶をリセットして、系列を2つに分節することが示された。第2節では、ラットは30分間隔で提示された強化事象も複合するが、30秒という短いインターバルが入れられるとそこで記憶をリセットすることが見いだされた。さらに、第3節では、30分間隔で生起する強化事象は複合され、

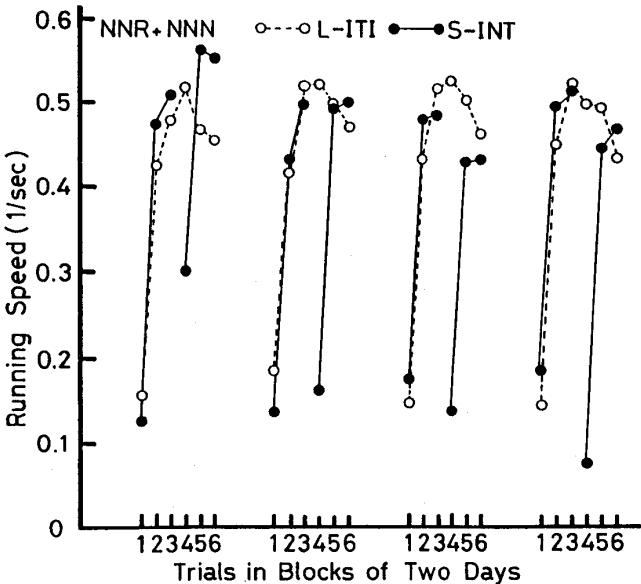


Fig.14 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under NNRNNN sequence on each of the six trials of 2-days blocks in the additional phase.

30秒後に付加された系列は別の系列として分節されることがわかった。

以上の結果から、第3章の実験2、3、4や本章の実験5において、30分インターバルにおいて記憶がリセットされたのは、ラットが30分前の強化事象を記憶できなかったのではないことがわかる。なぜならば、実験6、7で得られたように、ラットは30分前の強化事象の記憶を弁別刺激として用いているからである。同様に、実験2から実験5で示されたように、ラットは30秒前の情報を活用できるので、実験6、7においてラットが30秒インターバルで記憶をリセットしたのは、30秒前の記憶を保持できなかったのではない。

第四章の実験結果を総合すると、挿入されたインターバルが30分であるか30秒であるかという絶対的な時間の長さが重要なのではないことがわかる。つまり、ラットが記憶をリセットして系列を分節するのは、そこで与えられた時間間隔が他のITIに対してきわめて長いとか短いという相対的な時間間隔の長さの違いによるといえる。

**第五章 他の系列におけるインターバルによる記憶のリセット**

**第1節 問題提起**

第四章で用いた2NR3N系列では、長さの異なるインターバルは強化試行である第3試行の直後に入れられていた。2NR3N系列では第3試行以外の試行はすべて無強化試行であった。つまり、他と異なる強化事象が第3試行で行われた直後に、ITIの長さが変えられていた。したがって、ITIの相対的な長さと言前の強化事象という2つの要因の相互作用によって、分節化が成立していた可能性がある。

そこで、本章では、相対的な時間間隔が分節手がかりになることが、直前の強化事象に関係なく成立するか、直前の強化事象が他と異なる場合に限定されるものかを、直前試行の強化事象が他の試行と同じである系列を用いて、検討

することを目的とする。

## 第2節 R5N系列による検討

実験8、9では、第1試行のみが強化を受けるR5N系列が用いられる。R5N系列で第3と第4試行間のITIの長さを変えると、第1試行以外の試行と同様に無強化を受ける第3試行がこのITIに先行することになる。したがって、R5N系列で分節化が示されれば、直前の強化事象に関係なく、相対的な時間間隔が分節手がかりになることが結論づけられる。実験8では、すべてのITIが短い間隔で行われるS-ITI群と、第3試行と第4試行間に長いインターバルが入れられるL-INT群が比較される。また、実験9では、すべてのITIが長い間隔で行われるL-ITI群と、第3と第4試行間に短いインターバルが挿入されるS-INT群が比較される。

### 実験8：長いインターバルによる記憶のリセット

#### 方法

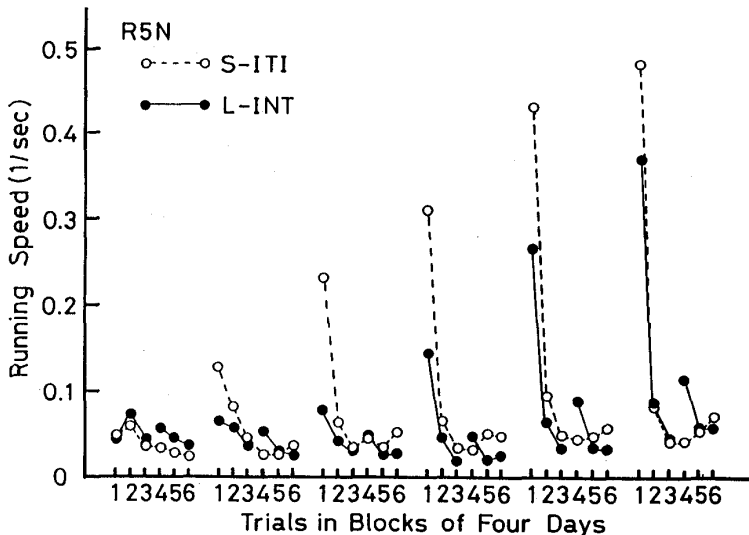


Fig.15 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under R5N sequence on each of the six trials of 4-days blocks.

被験体 雄ラット16匹。

装置 直線走路。

手続き

(1)予備訓練期。

(2)習得期：習得期では、両群に対し、毎日の第1試行のみが強化を受け、残りの5試行が無強化である6試行系列R5Nが与えられた。S-ITI群では、6試行がすべてITI30秒で与えられた。一方、L-INT群では、第3試行と第4試行間のインターバルが30分であり、これ以外のITIはすべて30秒で行われた。

#### 結果

Fig.15から、最終ブロックにおいて、両群とも第1試行の走行が他のどの走行よりも有意に速いことが示された。しかし、S-ITI群では、無強化試行である第2試行から第6試行の走行速度に有意な差は認められなかったのに対し、L-INT群では、30分インターバル直後の第4試行の走行が、第3、5、6試行よりも有意に速いことがわかった。

### 実験9：短いインターバルによる記憶のリセット

#### 方法

被験体 雄ラット16匹。

装置 直線走路。

手続き

(1)予備訓練期。

(2)習得期：以下の点を除き、実験8と同じ。L-ITI群は、すべてのITIが30分でR5N系列が与えられた。一方、S-INT群では、第3試行と第4試行間のインターバルが30秒、それ以外のITIは30分であった。

#### 結果

Fig.16から、最終ブロックにおいて、両群とも第1試行の走行だけが有意に速く、無強化試行である第2試行から第6試行の走行には差は認められなかった。

### 実験8及び実験9に関する考察

第3試行直後の長さが異なるインターバルが分節手がかりとして機能すると、そこでそれま

での強化事象に対する記憶がリセットされ、第4試行から新たな系列が始められる。この場合、第4試行では、第1試行と同様な記憶が生起し、第4試行の走行速度が速まり、第1試行から第3試行までと類似した走行曲線が第4試行以降でも得られることが予測される。実験8のL-INT群の結果は、まさにこの予測に一致する。つまり、長いインターバルは、実験5での2NR3N系列と同様に、5NR系列でも分節手がかりとなっていたことがわかる。したがって、直前の試行が強化試行であるか否かにかかわらず、他よりも長いインターバルは分節手がかりとして機能するといえる。

しかし、第3と第4試行間のインターバルが短かったS-INT群の走行曲線は、他と異なるインターバルが分節手がかりになる時に予測された第4試行の走行も速まるという結果とは一致しない。

S-INT群の結果に対し、2つの可能性が考えられる。第一の可能性は、長いインターバルの場合とは異なり、無強化を受けた直後に与えられた短いインターバルは分節手がかりにならないことである。つまり、短いインターバルが分節手がかりになるのは、実験6での2NR

3N系列のように、直前の強化事象が他と異なる場合に限られることになる。

第二の可能性は、R5N系列においても他よりも短いインターバルが分節手がかりとして機能したが、第4試行で生起した記憶と第1試行での記憶が類似していなかったために、S-INT群における第4試行の走行は上昇しなかったというものである。

### 第3節 3NR2N系列を用いた検討

第2節において、第1試行が強化を受けるR5N系列では、他よりも長いインターバルは分節手がかりとなることが示された。しかし、他よりも短いインターバルは、無強化試行直後には分節手がかりにならないという可能性と、相対的な時間間隔は分節手がかりと強化に対する弁別刺激の両機能を持つという2つの可能性が導き出された。そこで、第3節では、第4試行が強化を受ける3NR2N系列を用いて、この2つの可能性を検討する。

第3試行と第4試行間に系列が分節され、直前のITIの長さが強化に対する弁別刺激となるのであれば、L-INT群では、強化を受ける第1試行に加えて、第4試行の走行が速まることが予測される。これは、この両試行が、長いインターバルに後続する試行だからである。一方、S-INT群では、強化を受ける第4試行は短いインターバルに後続するが、第1試行は非常に長いITIに後続するので、第1試行の走行は上昇しないであろう。

### 実験10：長いインターバルによる記憶のリセット

#### 方法

被験体 雄ラット16匹。

装置 直線走路。

手続き 習得期に第4試行が強化を受け、残りの5試行が無強化である3NR2N系列が用いられたことを除き、実験8と同じ手続きが実施された。つまり、S-INT群は、3NR2N系列をすべて30秒ITIで受けたのに対し、L-

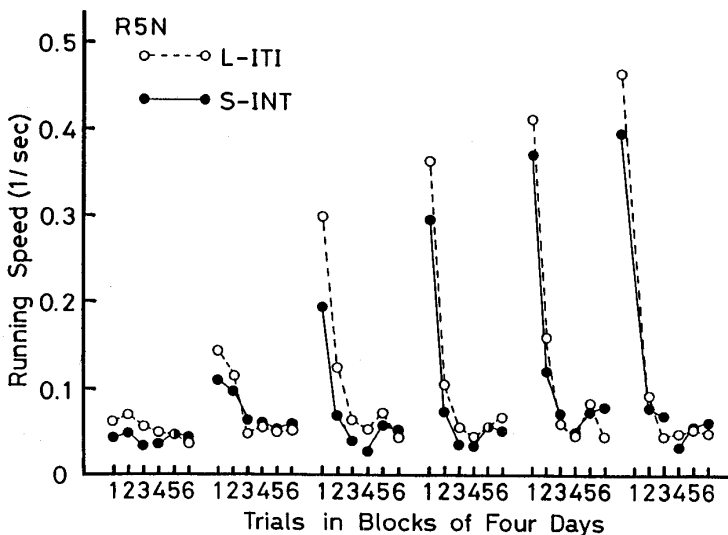


Fig.16 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under R5N sequence on each of the six trials of 4-days blocks.

I N T群では、第3試行と第4試行間のインターバルが30分である以外はS - I T I群と同じ手続き。

**結果**

Fig.17から、両群とも強化試行である第4試行で最も速く走っていた。しかし、S - I T I群が、強化試行である第4試行を頂点とするほぼV字型の走行曲線を描いていたのに対し、L - I N T群では、第3試行までと第4試行以降の走行パターンが類似していた。

**実験11：短いインターバルによる記憶のリセット**

**方法**

**被験体** 雄ラット16匹。

**装置** 直線走路。

**手続き** 習得期に第4試行が強化を受け、残りの5試行が無強化である3NR2N系列が用いられた以外は、実験9と同じ手続きで行われた。つまり、L - I T I群は、3NR2N系列をすべて30分I T Iで受けたのに対し、S - I N T群は、第3試行と第4試行間のI T Iが30秒である以外、L - I T I群と同じ手続き。

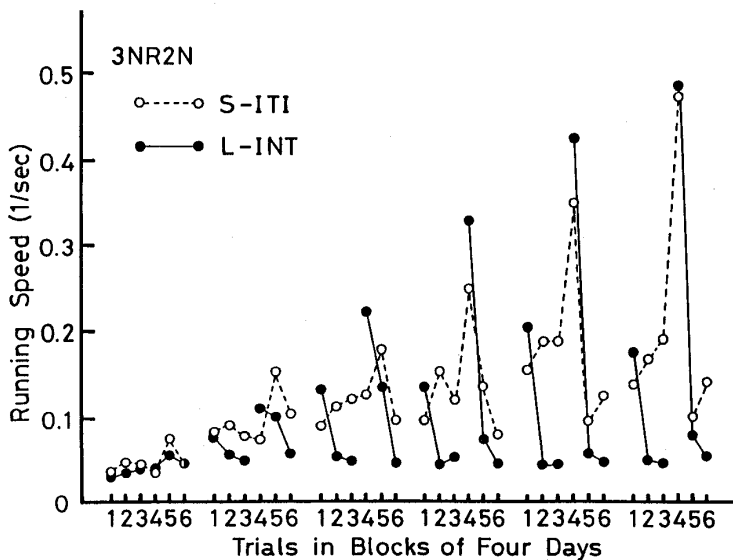


Fig.17 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under 3NR2N sequence on each of the six trials of 4-days blocks.

**結果**

Fig.18から、L - I T I群では、第4試行と第3試行の差が有意ではなかったが、強化試行である第4試行を頂点とする逆V字型走行曲線が得られた。一方、S - I N T群では、強化試行である第4試行での走行が他の走行よりも有意に速く、残りの5試行間に差は認められなかった。

**実験10及び実験11に関する考察**

実験10、11から、S - I T I群とL - I T I群は、強化試行である第4試行を頂点とする逆V字型走行曲線を示した。この結果から、この両群では、系列が分節されなかったことがわかる。

一方、L - I N T群（実験10）では第4試行に加え、第1試行での走行速度も上昇していたのに対し、S - I N T群（実験11）では、第1試行の走行が他の無強化試行と同様に非常に遅かった。この結果は、第3試行と第4試行間に系列が分節され、直前のインターバルの長さが強化に対する弁別刺激となる時に予測された結果と一致する。

第3試行と第4試行間に系列が分節された場

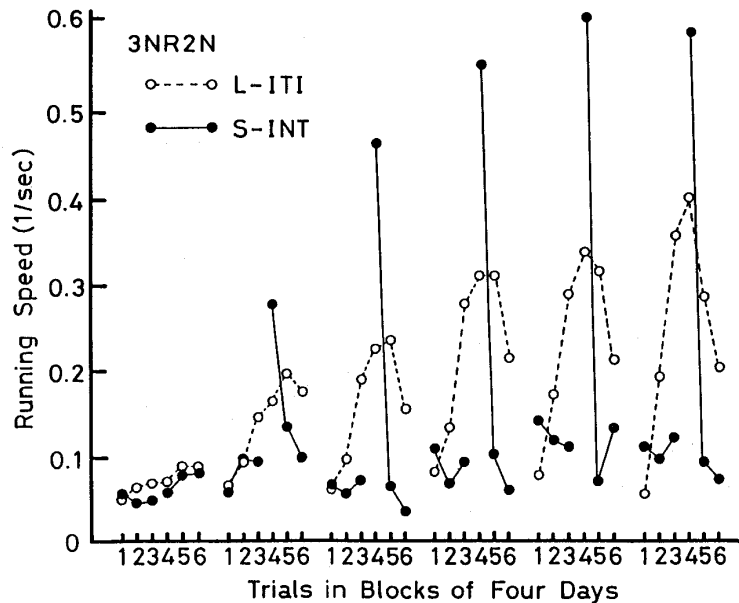


Fig.18 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under 3NR2N sequence on each of the six trials of 4-days blocks.

合、そこでそれまでの強化事象に対する記憶がリセットされる。さらに、先行するインターバルの長さが弁別刺激となるのであれば、第4試行において、L-I N T群では30分インターバルに関連した記憶が、S-I N T群では30秒インターバルに関連した記憶が、それぞれ正刺激となる。なお、両群の第1試行では、24時間I T Iに関連した $S^T$ が生起している。したがって、L-I N T群では、長いインターバルに関連した記憶が正刺激となっていたので、この正刺激と類似度が高い $S^T$ が生起していた第1試行での走行速度も上昇したと考えられる。一方、S-I N T群では、短いインターバルに関連した記憶が正刺激になっているので、第1試行の走行は速まらなかったのだろう。

**第4節 5NR系列による検討**

第2節のR 5 N系列や第3節の3 N R 2 N系列は、第四章での2 N R 3 N系列とは異なり、インターバルの直前の強化事象が他の試行と同じ系列であった。しかし、ラットが長さの異なるインターバルを分節手がかりと強化に対する弁別刺激の両者として用いることが可能な系列でもあった。そこで、第4節では、インターバルの長さを弁別刺激として用いても強化を予測できない系列である5NR系列を用いて、長さが異なるインターバルが分節手がかりとなるかを検討する。

実験12では、すべてのI T Iが短い間隔で行われるS-I T I群と、第3試行と第4試行間に長いインターバルが入れられるL-I N T群を、また、実験13では、すべてのI T Iが長い間隔で行われるL-I T I群と、第3と第4試行間に短いインターバルが挿入されるS-I N T群をそれぞれ比較する。

**実験12：長いインターバルによる記憶のリセット**

**方法**

**被験体** 雄ラット24匹。

**装置** 直線走路。

**手続き** S-I T I群とL-I N T群に対し、毎日の第6試行が強化を受け、残りの5試行が無強化試行である6試行からなる5NR系列が1日1回与えられた。

**結果**

Fig.19に示したように、S-I T I群では、第1、2、3と試行を追うごとに、走行速度が上昇し、強化試行である第6試行での速度が最も速かった。これに対し、L-I N T群では、30分インターバル直後の試行である第4試行での走行が遅く、第3試行までと第4試行以降の走行曲線が類似していた。

**実験13：短いインターバルによる記憶のリセット**

**方法**

**被験体** 雄ラット24匹。

**装置** 直線走路。

**手続き** L-I T I群とS-I N T群に対し、毎日の第6試行が強化を受け、残りの5試行が無強化試行である6試行からなる5NR系列が1日1回与えられた。

**結果**

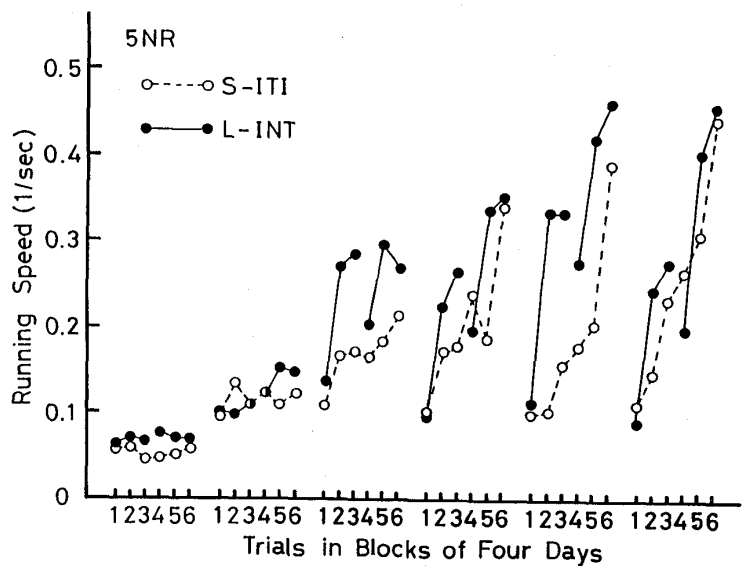


Fig.19 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under 5NR sequence on each of the six trials of 4-days blocks.

Fig.20に示したように、L-I T I群では、第1、2、3と試行を追うごとに、走行速度が上昇し、強化試行である第6試行での速度が最も速かった。これに対し、S-I N T群では、インターバル直後の第4試行での走行が非常に遅く、前半3試行と後半3試行で類似した走行曲線を描いていた。

**実験12及び実験13に関する考察**

実験12,13から、等間隔のI T Iが与えられたS-I T I群とL-I T I群は、第1試行から徐々に走行速度が上昇し、強化試行である第6試行で最も速く走るといふ右上がりの走行曲線を描いていた。この結果は、実験1の4 N R群が示したものと一致するものであり、系列が分節化されなかったことを示している。

一方、第3試行と第4試行間に長さが異なるインターバルが入れられたL-I N T群とS-I N T群では、第4試行での走行が遅く、インターバルの前の3試行と後の3試行においてほぼ同様な右上がりの走行パターンを示していた。この結果から、他より長いインターバルと短いインターバルの両者とも分節手がかりになることがわかる。

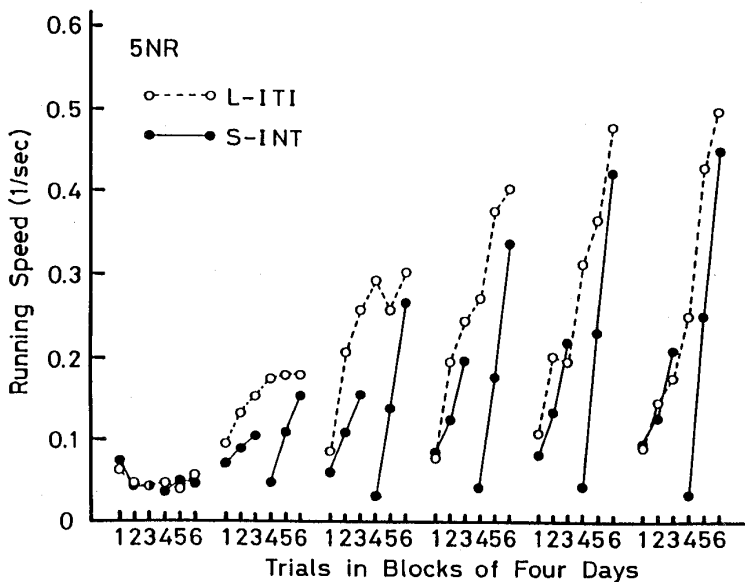


Fig.20 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under 5NR sequence on each of the six trials of 4-days blocks.

**第5節 考察：直前試行が無強化試行の場合における相対的時間間隔による記憶のリセットについて**

第五章の目的は、直前の強化事象にかかわらず、相対的な時間間隔が分節手がかりになるかどうかを検討することにあつた。実験の結果、R 5 N 系列、3 N R 2 N 系列、5 N R 系列のいずれにおいても、L-I N T 群では、第1試行から第3試行までと第4試行から第6試行までの2つの走行曲線が類似していた。このL-I N T 群の結果は、直前にどのような強化事象が与えられたかに関係なく、他よりも長いインターバルは分節手がかりとして機能することを示している。

一方、S-I N T 群では、R 5 N 系列の第4試行の走行と3 N R 2 N 系列での第1試行の走行速度が上昇せず、第3試行までと第4試行以後とで類似する走行曲線は得られなかった。しかし、このS-I N T 群の結果から、他よりも短いインターバルは分節手がかりにはならないという結論を出すことはできない。なぜならば、R 5 N 系列におけるS-I N T 群の結果は、系列が分節されなかったS-I T I 群とL-I T I 群のものと同じであったが、3 N R 2 N 系列では、S-I N T 群は等間隔のI T I が与えられた2群とは全く異なる走行曲線を描いていたからである。しかも、5 N R 系列では、S-I N T 群は系列が分節されたL-I N T 群と同様な走行を示していた。

そこで、第2、3節のR 5 N 系列と3 N R 2 N 系列におけるS-I N T 群だけでなく、L-I N T 群や、第4節の5 N R 系列、さらに第四章の2 N R 3 N 系列で得た結果のすべてに適用できる説明が必要となる。それが、実験9で第二の可能性として挙げられ、実験11で支持された解釈である。つまり、直前の強化試行に関係なく、他よりも短いインターバルは長いインターバルと同様に分節手がかりとなり、さらに、このインターバルの長さが次試行の強化に対する弁別刺激にもなっているというものである。

第四章では、強化事象に後続するI T I の相



対的な長さが分節手がかりになることが示唆されていた。この第四章の知見に加え、第五章では直前の強化事象に関係なく、I T Iの相対的な長さが分節手がかりとなるとともに、強化に対する弁別刺激としても機能することを明確にしたものと思われる。

## 第六章 結論：ラットの強化系列学習における認知過程

本論文は、動物学習に関する歴史的な流れをふまえて、ラットが自発的に系列を分ける刺激である分節手がかりを捜し出し、強化事象に関する記憶のリセット機構を明らかにすることによって、ラットの強化系列学習における認知過程について新しい知見を提供することを目的とするものであった。

第一章では、部分強化理論の展開を時代的に追うことによって、部分強化研究において強化系列がどのように捉えられていたかを検討した。

第二章では、まず、強化試行における記憶のリセットに関する現在までの見解が一致していないことを指摘した。つまり、記憶弁別理論では、強化試行において記憶がリセットされることが仮定されているのに対し、Capaldi & Verry(1981)の並列的系列を用いた研究では、強化の記憶と無強化の記憶が複合すると示唆されていることに着目した。そして、記憶弁別理論の仮定が正しいのであれば、強化試行が分節手がかりになると考えた。

そこで、実験1では、2 N R 2 N系列を用いて、強化事象に対する記憶が強化試行においてリセットされるか否かを検討した。この実験1は、単一系列場面で強化試行における記憶のリセットを調べた初めての試みであった。実験の結果、単一系列を与えた時にも、強化の記憶と無強化の記憶が複合され、強化試行では記憶がリセットされないことが示された。したがって、強化試行は分節手がかりではなかった。この見解は、Capaldiの記憶弁別理論に疑問を投げかけるものであった。

第三章では、長い時間間隔において提示され

た項目は別の系列として学習されるという人間の系列学習における知見(Restle, 1972)に注目し、訓練の途中から新たに系列を加えるという系列付加場面で、ラットは30分という他よりも長いインターバルを分節手がかりとして利用するかを検討した(実験2' 3' 4)。その結果、それまでと同じ30秒間隔で付加された系列は元の系列の続きとして学習されたのに対し、30分インターバル後に付加された系列は別の系列として分節されていた。つまり、ラットは長いインターバルを分節手がかりとして利用し、そこで記憶をリセットしていた。

第四章では、最初から6試行系列で訓練した場合にも、ラットは長いインターバルによって記憶をリセットすることが見いだされた(実験5)。また、すべての試行を30分間隔で行った場合には、ラットは与えられた複数の強化事象を記憶できることから、長いインターバルによって記憶がリセットされるのは、30分前の事象を記憶できないという受動的な制約ではなく、ラットが長いインターバルによって積極的に記憶をリセットしていることがわかった。さらに、30秒という短いインターバルによっても記憶がリセットされるという興味深い結果が得られた(実験6)。また、系列付加場面においても、他よりも短いインターバルを経て付加された系列は別の系列として分節されていた(実験7)。

これらの実験5から実験7の結果から、ラットは、分節手がかりとして、絶対的な時間間隔ではなく、そこで与えられた時間間隔が他の間隔に対して極めて長いとか短いという相対的な長さの違いを用いていることが示唆された。しかし、第四章の実験で用いられた2 N R 3 N系列では、長さが異なるインターバルが強化試行の直後に与えられていたので、分節化がI T Iの相対的な長さと直前の強化事象という2つの要因の相互作用によって成立している可能性が残された。

そこで第五章では、直前試行の強化事象が他の試行と同じであるR 5 N系列(実験8' 9)、3 N R 2 N系列(実験10' 11)、5 N R系列(実験12' 13)という3系列を用いて、上の2つの

要因を分離し、I T Iの相対的な長さが分節手がかりになるかを検討した。その結果、どの系列においても、ラットは相対的な時間の変化を分節手がかりとして利用し、分節化は直前の強化事象には依存しないことがわかった。さらに、分節後の最初の試行では、分節手がかりが強化に対する弁別刺激としても機能することが示された。

以上をまとめると、本研究では、ラットはI T Iの相対的な長さの違いを分節手がかりとして系列を分節し、系列の最初の試行では時間的手がかりを弁別刺激として用い、後続試行ではそれまでの強化事象に関する記憶に基づいて、与えられた強化系列を学習していくことが明らかにされたといえる。

なお、本研究では、強化事象に関する記憶が長い時間にわたって維持されること、絶対的な時間に依存しないリセット機構を持つことが示されたが、この2つの特徴は、Olton(1978)が放射状迷路で見いだした作業記憶と非常に類似するものである。

注1) 本論文は、1990年6月に筑波大学に提出された学位論文(教育学博士)の要約である。本研究の進行にあたり御指導いただきました筑波大学教授藤田統先生に深く感謝いたします。

注2) 実験1、5、6はYazawa & Fujita(1984)、実験2、3、4は矢澤(1990)、実験8、9、10、11は矢澤(1991)としてそれぞれ公刊されている。

#### 引用文献

Bower, G. H., & Winzenz, D. 1969 Group structure, coding, and memory for diget series. *Journal of Experimental Psychology Monograph Supplement*, 80,1-17.

Capaldi,E.J. 1966 Partial reinforcement: A hypothesis of sequential effect. *Psychological Review*, 73, 459-477.

Capaldi,E.J. 1967 A sequential hypothesis of instrumental learning. In K.W.Spence & J.T.Spence (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol.1). New York:Academic Press.

Capaldi,E.J.,& Molina,P. 1979 Element discriminability as a determinant of serial-pattern learning. *Animal Learning & Behavior*, 7, 318-322.

Capaldi,E.J.,& Verry,D.R. 1981 Serial order anticipation learning in rats: Memory for multiple hedonic events and their order. *Animal Learning & Behavior*, 9, 441-453.

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.

Hull. C. L. 1943 *Principles of Behavior*. New York: Appleton Century-Crofts.

Hull. C. L. 1952 *A Behavior System: An introduction to behavior theory concerning the individual organism*. New Haven: Yale Univ. Press.

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, N. J.: Erlbaum.

Olton,D.S. 1978 Characteristics of spatial memory. In S.H.Hulse,& H.Fowler,& W.K.Honig(Eds.) *Cognitive Processes in Animal Behavior*. Hillsdale, N. J. Erlbaum.

Restle,F. 1972 Serial patterns: The role of phrasing. *Journal of Experimental Psychology*, 92, 385-390.

矢澤久史 1990 ラットの強化パターン学習に及ぼす系列付加間隔の効果 心理学研究' 61,314-321.

矢澤久史 1991 ラットの強化パターン学習における分節化と試行間間隔との関係 心理学研究,62,

Yazawa H. & Fujita O. 1984 Reinforcement pattern learning: Do rats remember all prior events? *Animal Learning & Behavior*, 12, 383-390.