

# ヒトにおける固定比率強化スケジュールと 固定間隔強化スケジュールの効果の比較

—離散試行型選択法による検討—\*

田 島 裕 之

Effects of Fixed-Ratio versus Fixed-Interval Schedule of Reinforcement  
on Human Discrete-Trial Choice

Hiroyuki Tajima

5名の大学生が、一定の時間間隔で2つの行動を繰り返し選択する実験に参加した。2つの行動は、いずれも、コンピュータディスプレイの画面に触れることであった。FR条件では、2つの行動のうち的一方（標的行動）が一定回数選択されるたびに強化子が後続した。FI条件では、一定の試行回数を経過した後に標的行動が1回選択されると強化子が後続した。強化子が1回後続するために必要な最低限の試行回数は、両条件で等しかった。なお、強化子は換金可能な得点の増加であった。その結果、差は小さかったものの、すべての被験者がFR条件でより高い標的行動選択率を示した。標的行動の強化率および標的行動の局所的強化率は概してFI条件の方が高かったにもかかわらず、FR条件での標的行動選択率が高かったというこの結果は、ヒトは強化率の大きさよりも、行動量を変化させたときの強化率の変動の大きさに強く影響されるということを示唆している。

Key words 強化効果 固定比率強化スケジュール 固定間隔強化スケジュール 離散  
試行型選択法

## 問 題

生体の行動は、レスポナント行動とオペラント行動とに分けることができる。レスポナント行動とは、その行動に先行するある特定の環境事象によって誘発されるが、その行動に後続する環境事象には影響されない行動のことである。熱いものが手に触れたときに手を引っ込める、目の前にボールが飛んできたときに目を閉じる、などがレスポナント行動の例である。これに対して、オペラント行動とは、その生起確率が行動に後続する

環境事象によって影響される行動のことである。歩く、テレビを見る、会話をするなど、私たちの日常行動の多くはオペラント行動である。オペラント行動の生起確率に影響する後続事象のうち、行動の生起確率を高める機能を持つものを強化子といい、行動に対する強化子の後続のさせ方を強化スケジュールという。

強化スケジュールがオペラント行動にどのように影響するかは、主に自由オペラント法と呼ばれる方法で研究されてきた。自由オペラント法とは、生体を、研究者が着目したあ

---

\* 本研究の一部は、日本行動分析学会第22回年次大会（帝京大学）において発表された。

る特定の行動（以下、標的行動と呼ぶ）を自由に自発することができる状況に置き、そこでの標的行動の生起頻度（標的行動の生起回数/時間）を従属変数として測定するというものである。

ところで、標的行動が生起していないとき、生体は何も行動していないのであろうか。そうではなく、そのとき生体は標的行動以外の何らかの行動（以下、非標的行動と呼ぶ）を行っているはずである。このように考えていくと、標的行動が生起するか否かという問題は、標的行動と非標的行動との選択の問題ととらえることができるのである。

このような見方に立つと、自由オペラント法ではある種の変数が考慮されていない、ということが見えてくる。それは、非標的行動に関する諸変数である。非標的行動を明示的に取り扱っていない自由オペラント法では、非標的行動に後続する強化子の種類、非標的行動の強化スケジュール、といった変数は、まったく無視されているのである。このことは、これらの変数が標的行動の生起頻度にほとんど影響しないというのであれば、大した問題ではない。ところが、2つの行動を明示的に扱った研究の多くは、一方の行動の生起頻度が、他方の行動に後続する強化子の種類や他方の行動の強化スケジュールに大きく影響されるということを示しているのである。例えば、2つの行動に同じ種類の強化子が後続する場合は、一方の行動の強化頻度（その行動に強化子が後続する回数/時間）が一定であっても、他方の行動の強化頻度が高くなれば、前者の行動の生起頻度は一般に減少する<sup>1) 2)</sup>。これに対して、2つの行動に種類の異なる強化子が後続する場合は、その強化子の組み合わせによっては、一方の行動の生起頻度が、他方の行動の強化頻度が高くなることによって増加することもある<sup>3)</sup>。これらの事実は、標的行動の生起頻度を分析する際、非標的行動に後続する強化子の種類（より正

確には、標的行動に後続する強化子の種類と非標的行動に後続する強化子の種類との組み合わせ）、非標的行動の強化スケジュール、といった干渉変数を十分に統制する必要があるということを示唆している。この必要性は、複雑な人間の行動を分析する場合に特に大きいと思われる。

自由オペラント法が抱える上記の問題点を解消できる方法が離散試行型選択法である。これは、複数の行動を選択肢として明示的に取り上げ、それを生体に一定の時間間隔で選択させ、その中のある特定の行動の選択率（選択回数/試行回数）を従属変数として測定するという方法である。その最も単純かつ基本的な形は、同質な2つの行動を選択肢とするものである。

本研究では、自由オペラント法において基本的な強化スケジュールとされている固定比率（fixed-ratio, F R）スケジュールと固定間隔（fixed-interval, F I）スケジュールを取り上げ、これらが人間の行動の生起確率を高める効果（強化効果）を、同質な2つの行動を選択肢とする離散試行型選択法を用いることによって比較した。F Rスケジュールとは、ある行動が一定回数生起すると強化子が1回後続するスケジュールのことである。本研究で用いたF Rスケジュールは、この定義に従い、ある特定の行動が一定回数選択されると強化子が1回後続する、というものとした。F Iスケジュールとは、一定時間経過後にある特定の行動が1回生起すると強化子が1回後続するスケジュールのことである。本研究で用いたF Iスケジュールは、この定義の“一定時間経過後”という部分を“一定試行回数後”に置き換えたもの、すなわち、一定の試行回数後にある特定の行動が1回選択されると強化子が1回後続する、というものとした。なお、F RスケジュールとF Iスケジュールとの強化効果の比較は、1回の強化子が後続するために必要な最低限の試行回数

が等しいもの同士で行った。

## 方 法

### 被験者

5名の大学生（男性3名、女性2名）が実験に参加した。

### 装置

被験者は14インチカラーディスプレイ（NEC, PC-KD853N）を刺激呈示装置として設置した机の前に座って実験を受けた。ディスプレイには、選択行動測定用にタッチスクリーン（NEC, PC-9873L）を取り付けた。実験制御は、タイマーボード（JAC, タイマーボードⅡ）を取り付けたパーソナルコンピュータ（NEC, PC-9801DS）によって行った。

### 手続き

各被験者に、ディスプレイ画面の黒い背景に横に並んで表示された2つ（青色と黄色）の四角形の中から1つを選んで触れるという試行を240回繰り返す選択課題を、12セッション行わせた。試行間間隔（ITI）は2秒とし、その間、2つの四角形は表示しなかった。なお、各セッションの開始直後も、このITIとした。各被験者が1日に行うセッション数には特に上限を設けなかったが、5分間以上の間隔をおくようにした。

12セッションのうち、半分の6セッションはFR条件、残り半分の6セッションはFI条件とし、その実施順序は被験者ごとにランダムとした。どちらの条件においても、一方の色の四角形に触れるという行動が標的行動、他方の色の四角形に触れるという行動が非標的行動であり、いずれかの行動が選択されるとピープ音が鳴るようにした。FR条件では、標的行動がn回選択されるたびに強化子が後続するようにした。強化子は、2つの四角形が消えてディスプレイ画面全体が白く

なり、ディスプレイ画面上部に表示した数字が0.5秒間隔で1点ずつ、n点増加するというものとした。FI条件では、標的行動と非標的行動のどちらを選択してもかまわない試行がn-1回経過した後に標的行動が1回選択されると強化子が後続するようにした。強化子は、FR条件と同じとした。nの値は、S1、S3、S4については12、S2については5、S5については9とした。

被験者が獲得した得点はセッション終了まで常に画面に表示し、各セッション終了後、被験者に得点に応じた金額を1点につき1円の割合で支払った。各条件の半分のセッション（3セッション）では青色の四角形に触れる方を標的行動とし、残り半分のセッションでは、黄色の四角形に触れる方を標的行動とした。この実施順序は各条件内でランダムとした。また、各セッションの半分の試行（120試行）では右側の四角形に触れる方が標的行動となるようにし、残り半分の試行では左側の四角形に触れる方が標的行動となるようにした。この実施順序は各セッション内でランダムとした。

なお、各セッションの開始前に被験者に以下の教示を書面で与えた。

これは、選択に関する実験です。実験中、あなたは得点をかせぐことができます。画面上に2つの四角形が表示されたら、あなたはそのどちらか一方を選び、それに触れてください。もし画面が白色になれば、あなたは得点を獲得したことになります。あなたの得点は、画面の上部に常に表示されます。実験終了後、あなたの獲得した得点に応じた金額が支払われます。1点は1円に相当します。画面に実験終了のメッセージが表示されるまでは席を立たないようにしてください。

この教示を読んだ被験者から質問があった

場合は、実験者は教示に書かれている範囲で質問に答えた。その後、実験者はセッションが終了するまで部屋を立ち去り、被験者は一人で実験を受けた。教示の紙は、実験中に被験者が読み返すことができるようにディスプレイ脇に置いたままとした。

### 結 果

各被験者について、標的行動の選択率の平均値を強化スケジュール条件ごとに求めた。図1はその結果を示したものである。FR条件においては、5名の被験者全員について、標的行動の平均選択率が0.5を上回った。そのうち、S3を除く4名の被験者については、標的行動の平均選択率が0.75以上の高い値を示した。この結果は、“換金可能な得点の増加”という事象が、強化子として機能していたことを示している。FI条件においても、標的行動の平均選択率が5名全員について0.5を上回った。しかし、その値は、5名と

も、FR条件より低いものであった。ただし、ランダム化セッション検定を行ったところ、その標的行動の平均選択率の条件差は有意ではなかった。

図2は、標的行動の選択率のセッション進行に伴う推移を、被験者ごとに示したものである。S1については、FR条件における標的行動の選択率が上昇し始めても、FI条件における標的行動の選択率はあまり上昇せず、0.6を超えることはなかった。S2、S4の2名については、FR条件における標的行動の選択率が上昇し始めると、それに続いてFI条件における標的行動の選択率が上昇し始めた。残りの2名（S3とS5）については、標的行動の選択率の上昇の速さに、はっきりとした条件差は認められなかった。

### 考 察

結果はあまり明確ではないものの、総合的に見ると、強化効果はFRスケジュールの方

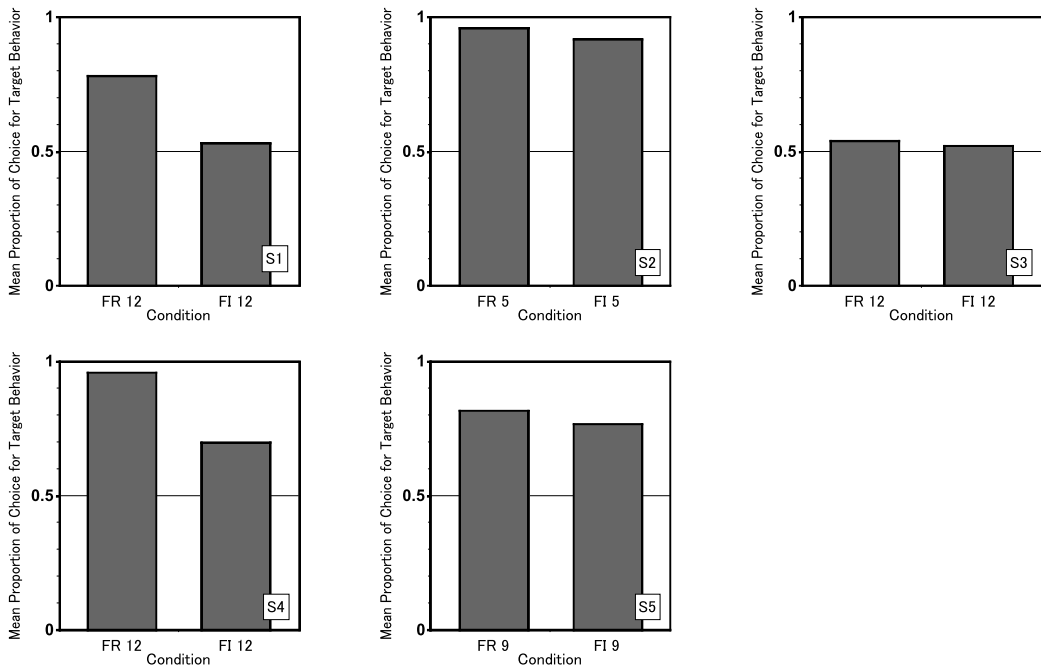


図 1 FR条件とFI条件における標的行動の選択率の平均値

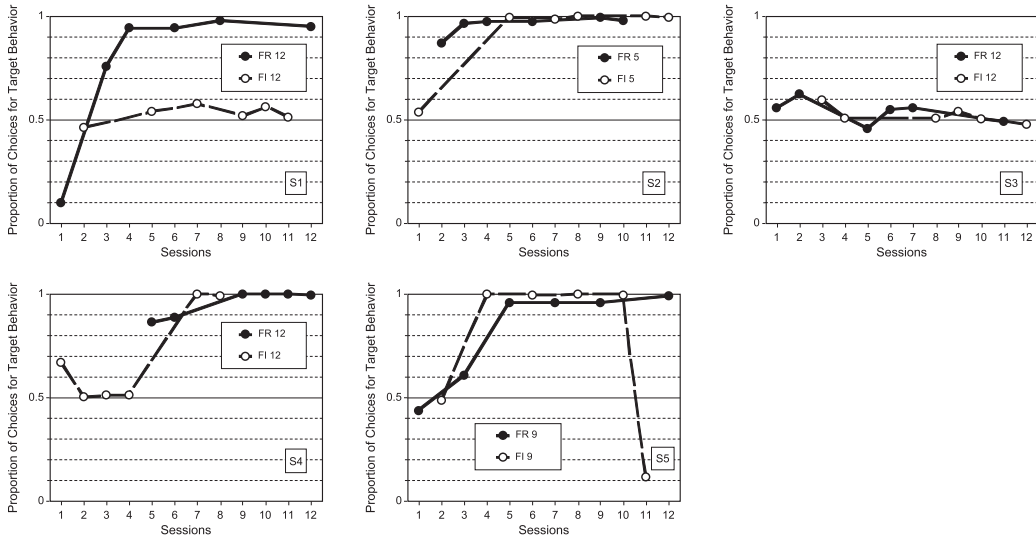


図2 セッション進行に伴う標的行動の選択率の推移

がF Iスケジュールより高いと考えられる。

では、F Rスケジュールの強化効果はなぜF Iスケジュールより高くなるのであろうか。

まず考えられる要因は、“標的行動の強化率（標的行動に強化子が後続した回数/選択試行回数）”である。ところが、これは、1回の強化子に必要な最低限の選択試行回数を条件間で等しい値（ $n$ ）とした今回の実験においては、概して、F I条件の方がF R条件より高いのである。F R条件での標的行動の強化率は、標的行動の選択率が1のときに最大値である $1/n$ となる。標的行動の選択率が減少すると、標的行動の強化率はそれに伴ってほぼ直線的に減少し、標的行動の選択率が0のときに最小値である0となる。これに対して、強化子出現に必要な選択試行回数のうちの $n-1$ 回までは標的行動と非標的行動のどちらを選択してもかまわないF I条件では、標的行動の選択率が1のときに標的行動の強化率が最大値である $1/n$ となり、標的行動の選択率が0のときに標的行動の強化率が最小値である0となる点こそF R条件と同じであるが、標的行動の選択率がそれ以外の範囲では標的行動の強化率はF R条件のそれ

よりも高くなる。つまり、今回の実験では、標的行動の選択率が同じとき、標的行動に強化子が後続するという経験する頻度はF I条件の方がF R条件より高かったのであるが、それにもかかわらず、強化効果はF R条件の方が高かったのである。

次に考えられる要因は、“標的行動の局所的強化率（標的行動に強化子が後続した回数/標的行動の選択回数）”である。しかし、これも、今回の実験では、概してF I条件の方がF R条件より高いのである。F R条件での標的行動の局所的強化率は、標的行動の選択率に係らず、 $1/n$ である。これに対して、F I条件における標的行動の局所的強化率は、標的行動の選択率が1の場合のみ $1/n$ となり、それ以外ではそれより大きい値となる。つまり、今回の実験では、標的行動を選択した場合の中で強化子が後続する確率は、F I条件の方がF R条件よりも高かったのであるが、それにもかかわらず、F R条件の強化効果の方が高かったのである。

ところで、自由オペラント法によって変動比率（variable-ratio, VR）強化と変動間隔（variable-interval, VI）強化の強化効率を比

較した実験では、両方の標的行動の強化頻度を等しくした場合、一般にVRスケジュールの方での標的行動の生起頻度が高くなるという、今回の実験と似たような結果が得られている<sup>4) 5)</sup>。この結果を説明できる理論の1つが反応間時間 (inter-response time, I R T) 分化強化理論<sup>6)</sup>である。この理論は、VIスケジュールには、ある時間までは反応間時間 (標的行動の生起間時間) が長いほど標的行動に強化子が後続する確率が高くなるという関係があるという点に着目する。例えば、VI 30秒スケジュールでは、30秒までは反応間時間が長くなるほど標的行動に強化子が後続する確率は上昇し、30秒以降は最大値である1となる。これに対して、VRスケジュールでは反応間時間の長さによって標的行動に強化子が後続する確率は変わらない。I R T分化強化理論は、VIスケジュールでは標的行動の反応間時間が長くなるほど強化確率が高くなるということが反応間時間の長い標的行動を増加させ、その結果、標的行動の生起頻度はVRスケジュールより低くなる、と主張する。

さて、I R T分化強化理論は今回の実験結果を説明できるであろうか。今回の実験では、標的行動の選択から次の標的行動の選択までの試行数、すなわち、非標的行動の連続選択回数がI R Tの長さに相当する。確かに、今回の実験のF I条件でも、標的行動に強化子が後続する確率は、非標的行動の連続選択回数が多くなるほど高くなる。しかし、その確率は、非標的行動の連続選択回数が $n - 1$ となるまで上昇するのである。従って、F I条件では、標的行動の選択率が $1/n$ 付近まで減少するはずである。ところが、今回の実験でそのような結果を示した被験者は1人もいなかった。被験者の標的行動の選択率は、I R T分化強化理論で予測される値よりはるかに高かったのである。

自由オペラント法におけるVRスケジュー

ルとVIスケジュールとの強化効果の違いを説明することができる理論には、他に反応-強化子相関理論<sup>7) 8)</sup>がある。この理論は、標的行動の生起頻度とその強化頻度との関係の強さがVRスケジュールとVIスケジュールとで異なっているという点に着目する。標的行動の生起によって強化子が準備されるVRスケジュールでは、標的行動の生起頻度とその強化頻度との関係は非常に強く、標的行動の生起頻度の増加によってその強化頻度がほぼ直線的に増加する。これに対して、標的行動の生起回数とは無関係に、時間によって強化子が準備されるVIスケジュールでは、標的行動の生起頻度とその強化頻度との関係はあまり強くない。反応-強化子相関理論は、この違いによって、VRスケジュールの強化効率がVIスケジュールより高くなると主張する。

今回の実験において、自由オペラント法での標的行動の生起頻度とその強化頻度に相当するものは標的行動の選択率とその強化率である。この両者の関係は、F R条件の方がF I条件より強い。従って、今回の実験結果は、反応-強化子相関理論によって説明可能である。

今回の実験は、標的行動の強化率、標的行動の局所的強化率、といった変数を独立変数として直接操作したものではない。従って、これらの変数にどの程度の標的行動強化効果があるのかを特定することはできない。しかし、F Rスケジュールの強化効果の方がF Iスケジュールより高いという今回の実験結果は、人間のある行動の生起確率を高めようとするとき、その行動の強化率や局所的強化率を高くするよりも、その行動の選択率 (生起率) によって強化率が変化するようにする方が効率的である、ということを示唆している。

## 文 献

- 1) Herrnstein, R. J., 1961 Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 267-272.
- 2) Herrnstein, R. J. & Loveland, D. H., 1975 Maximizing and matching on concurrent ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 24, 107-116.
- 3) Hursh, S. R. 1978 The economics of daily consumption controlling food- and water-reinforced responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 29, 475-491.
- 4) Catania, A. C., Matthews, T. J., Silverman, P. J., & Yohalem, R. 1977 Yoked variable-ratio and variable-interval responding in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 28, 155-161.
- 5) Matthews, B. A., Shimoff, E. Catania, A. C., & Sagvolden, T. 1977 Uninstructed human responding: Sensitivity to ratio and interval contingencies. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 27, 453-467.
- 6) Skinner, B. F., 1938 *The behavior of organisms*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- 7) Baum, W. M. 1973 The correlation-based law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 20, 137-153.
- 8) Green, L., Kagel, J. H., & Battalio, R. C. 1987 Consumption-leisure tradeoffs in pigeons: Effect of changing marginal rates by varying amount of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 47, 17-28.

