

## オペラント条件づけによる可変的な選択行動の形成

## 創造性を伸ばす一方法としての有効性

The operant conditioning of response variability  
as a procedure to increase some aspects of creativity.

長谷川芳典

岡山大学文学部心理学講座（岡山大学大学院自然科学研究科知能開発科学講座）

〒700 岡山市津島中3-1

オペラント条件づけ訓練による可変的な選択行動の形成の可能性を検討した。2つの実験を通じて、直前の反応と独立した反応傾向に対して得点を与えるという強化随伴性の導入が可変的な選択行動の形成に有効であること、その効果は、“なるべくランダムに”という、強化随伴性を伴わない言語的教示よりも相対的に大きいことが確認された。このような強化随伴性は、少なくとも、ステレオタイプからの脱却を促進するという点で、創造性を伸ばす一方法として有効であると言える。

本研究は、学習心理学的手法であるオペラント条件づけ訓練による、可変的な選択行動の形成の可能性を検討することを目的とする。

ここでいう選択行動の可変性 (variability) とは、複数の選択肢のうちの1つを、なるべくいろいろなパターンで次々と選ぶことをいう。たとえば、0~9の10個の選択肢が与えられた場合には、数学的な乱数列に近い系列で選択するほど可変的であると呼ぶ。反対に、1, 2, 3, ... のように常に同じ順序で選択したり、同じ選択肢を何度も続けて選ぶ反応は、ステレオタイプな反応系列であると呼ぶことにする。

選択行動の可変性をめぐる研究は1950年頃より“乱数生成テスト”という形で、記憶、臨床、発達など心理学の種々の側面から検討されてきた（たとえば Wagenaar【1】）。創造性研究分野においても、拡散的思考能力を測定する一手段として活用されてきた（たとえば Matsuda【2】）。

これまでの研究は、個々人のランダム性を比較的不変なものとして捉え、その特質や限界を測定することに主眼をおいていた。しかし、長谷川【3】が報告したように、そのランダム性は年齢とともに発達する。こうした発達過程において、

経験的要因がどのように関与するものなのかについては、ほとんど検討されてこなかった。

近年、パーソナルコンピュータの普及・高性能化に伴って、選択行動における反応傾向をリアルタイムに把握し、その特徴に応じたフィードバックを即時に与える操作がたやすくできるようになった。本研究は、こうした技術的進歩を生かしつつ、低頻度の反応パターンが生じるほど得点が増えるというオペラント強化訓練を反復することで選択行動における可変性がどこまで真の乱数列に近いものになるのかを検討するものである。

#### 実験1

直前の反応と独立した反応傾向に対して得点を与えるという強化随伴性を設定し、より可変的な選択行動が形成されるかどうか検討した。

#### 方法

被験者 短大生8名（男3, 女5）。類似の実験経験を持たない。

装置 パーソナルコンピュータ（NEC社:PC9801 VM2）と14インチカラーディスプレイ（SHARP社:4050）。入力装置として、松下製のタッチパッド（TP98A）を使用した。タッチパッドの入力面には、縦2行横5列の10個の長方形の入力エリアが設定されている。上段のエリアに

は左から0~4, 下段には5~9の数字が記されており, 専用スタイラスを用いてこれらの数字を選択できるようになっている。ディスプレイ画面には, 荷物を運ぶ人形の絵が表示され, 被験者が得点するたびに移動する。他に得点表示棒と, 残りの回数を示す棒グラフも表示された。

**実験計画・手続** 実験は1日につき3セッションまで, 1セッションは601反応をもって終了するものとした。

実験開始に先立って, 実験画面を見せながら次のような教示を行なった。“なるべくたくさん得点を取るよう工夫しながら0~9の数字を601回選んでください。得点をするとき, ビンゴという音が鳴り, 画面の人形が荷物を動かします。画面の左上には合計の得点が表示されます。また, 画面上部の黄色い棒グラフは, 残りの回数を示しています。いちばん得点の高かった人にはボーナスが出ますので頑張ってください。なお, 反応のスピードは得点とは関係がありません。”

ABAB実験計画に基づき, A-スライ条件 (A条件) と実験条件 (B条件) を実施し, 3種類のジグマ性指標に基づく個体内比較を行なった。A条件においては, 反応とは無関係に50%の確率で得点を与えられた。B条件においては, 後述の強化随伴性に基づいて得点を与えられた。なお, 被験者に対しては, A, Bどちらの条件を受けているのか, あるいはどのような強化随伴性が設定されているのかについては一切説明を行わなかった。なお, B1条件のみ5セッション, 他は所定の安定基準を満たすまで反復した。

**強化随伴性** 本研究では, 各被験者が数字を選択していく過程で低頻度のジグマ (digram) が生じた場合に限って得点を与えるという強化随伴性を設定した。ここで, ジグマとは, 被験者が実験セッション内で生成した数系列における, 隣合う数字対のことをいう。たとえば, 被験者が “3141592...” というように数字を生成した場合, “31”, “14”, “41”, “15”, “59”, “92” という6個のジグマが生じたものと見なす。これらの頻度はパソコのメモリに記憶される。

実験セッション開始からn-1回目の反応において,

被験者が数字kを選択したとする。n回目の反応時に新たに生成可能なジグマは, “k0”, “k1”, “k2”, …, “k8”, “k9” の10通りである。そこで, パソコは, これら10通りのジグマの当該実験セッション内での生起頻度を参照し, 頻度低いほうからの順位づけを行なう。そして, n回目において頻度の低いほうから5位までのジグマが生じた場合に得点を与えた。

**ジグマ性の指標** 各被験者が各セッションにおいて生成した601個の数字列のジグマ性を, 次の3つの指標により検討した。

(1)等頻度性 (Equability of the Frequencies of 10 Alternatives: “F10” と略す) : 2~601回目までに選択された数字それぞれの出現頻度  $f_i$  とその理論度数  $F_i$  (今回はすべて60) をもとに次の式によって算出した。

$$F10 = \sum_{i=0}^9 \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i}$$

但し,  $i$  ( $i=0, 1, 2, \dots, 9$ ) は各数字を表すものとする。

(2)前反応との独立性 (ジグマの等頻度性; Equability of the Frequencies of 100 Digrams: “F100” と略す) : 2~601回までの反応の際に生じた600個のジグマの頻度表 (反応系列の1次推移頻度表) における各ジグマの頻度をもとに次の式によって算出した。

$$F100 = \sum_{i=0}^9 \sum_{j=0}^9 \frac{(f_{ij} - F_{ij})^2}{F_{ij}}$$

但し,  $f_{ij}$  は各ジグマにおける出現頻度で, その理論度数  $F_{ij}$  はすべて6である。また,  $ij$  ( $i, j=0, 1, 2, \dots, 9$ ) はそれぞれのジグマを表すものとする (例えば,  $f_{0,2}$  は “02” というジグマが生じた頻度である)。

(3)階差の独立性 (Equability of the Frequencies of the Classified 100 Differences: “D100” と略す) : F100とは別の側面から系列依存性をチェックする指標である。

D100は, 2~601回までの反応の際に生じた600個の階差の推移 (階差ジグマ) を次のような式に基づいて10通りに分類・集計することによ

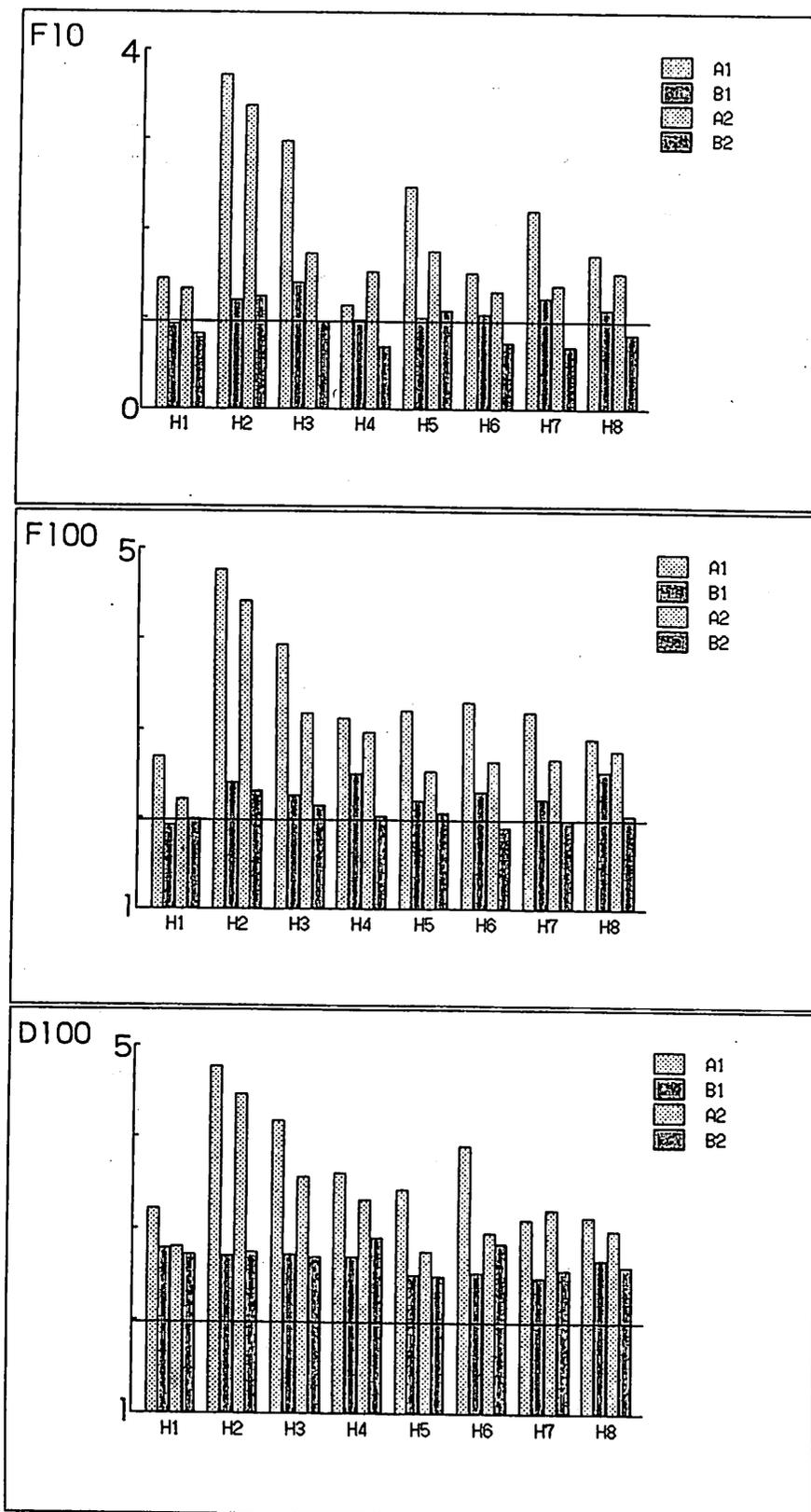


Fig. 1 4条件における指標値の変化を被験者別に示す. 数値は対数変換値.

って求められる。

$n-1$ 回目の階差： $(R_{n-1} - R_{n-2} + 10) \text{ MOD } 10$

$n$ 回目の階差： $(R_n - R_{n-1} + 10) \text{ MOD } 10$

ここで、 $R_{n-2}$ 、 $R_{n-1}$ 、 $R_n$ は、それぞれ $n-2$ 回目、 $n-1$ 回目、 $n$ 回目に選択された数値である。また、“ $a \text{ MOD } b$ ”は、整数 $a$ を整数 $b$ で割った時の余りを意味するものとする。たとえば、 $n-2$ 回目、 $n-1$ 回目、 $n$ 回目に、それぞれ、3, 1, 4が選択された場合の $n-1$ 回目の階差は、 $(1-3+10) \text{ MOD } 10=8$ 、 $n$ 回目の階差は $(4-1+10) \text{ MOD } 10=13$ 、 $\text{MOD } 10=3$ であり、これらから“83”という“階差がグラム”が1回出現したと計算される。このようにして分類された“00”から“99”までの100通りの階差がグラムの出現頻度をもとにD100を算出する。

$$D100 = \frac{\sum_{i=0}^9 \sum_{j=0}^9 (d_{ij} - D_{ij})^2}{F_{ij}}$$

但し、 $d_{ij}$ は階差がグラムそれぞれの出現頻度で、その理論度数 $D_{ij}$ はすべて6である。また、 $ij$  ( $i, j=0, 1, 2, \dots, 9$ )はそれぞれの階差がグラムを表すものとする(例えば、 $d_{0.2}$ は“02”というグラムが生じた頻度である)。

**結果の分析方法** A1, B1, A2, B2の各条件における最終セッションのジグザム性指標値を次の2通りの手法に基づいて分析した。

(1)変容パターンの分析。4条件それぞれにおける最終セッションのジグザム性指標値の中央値がどのようなパターンで変容したのかについて分析した。パット強化によってジグザムな選択行動が形成される場合には、F10, F100, D100いずれの指標値も減少する。したがって、ABAB実験計画に基づいてセッションを反復した場合、そのジグザム性指標値は、A条件を山、B条件を谷とする変容パターンをたどり(A1, A2>B1, B2)、全体としてロジ文字の“V(イ)”型のパターン(以下、“V型”と呼ぶ)が出現するものと期待される。また、可変的な選択行動が実験セッションの反復によって徐々に形成されていく場合には、A1条件よりもA2条件が、B1

条件よりもB2条件のほうが、それぞれ指標値が少なくなるものと期待される。そこで、V型(A1, A2>B1, B2)の中で、A1>A2, B1>B2という関係を満たすパターンを“完全V型”と呼ぶことにする。以上、V型及び完全V型が、何%の被験者で生じたかを分析することとした。

(2)順位和検定と多重比較。フロッグ(被験者)ごとの処理効果(条件の効果)の差及び処理間(条件間)の差を検出するために、繰り返しのある場合に拡張されたFriedman検定及びS法・T法による多重比較を行なった【4】。

### 結果

Fig. 1に、4条件(A1, B1, A2, B2)における最終セッションのジグザム性指標値の変化を被験者別に示す。

3指標値のいずれにおいても、すべての被験者が“V型”の変容パターンを示した。さらに、F10においては8名中5名、F100においては8名中7名、D100においては8名中3名が“完全V型”の変容パターンを示した。

繰り返しのある場合に拡張されたFriedman検定を行なったところ、F10, F100, D100のいずれの指標値においても有意な差が認められた(いずれも $df=3$ ,  $p<.01$ )。引き続いて多重比較を行なったところ、いずれの指標値においても、A1-B1, A1-B2, A2-B1, A2-B2の条件間で有意な差が認められた(いずれも $p<.01$ )。A1-A2間でも、F100およびD100の指標値において有意な差が認められた(T法の場合、F100では $P<=.05$ 、D100では $P<.03$ )。

### 考察

反応に独立して強化が与えられるパ-スライ条件(A1, A2条件)に比べて、実験条件(B1, B2条件)では、よりジグザムな選択反応系列が形成された。すなわち、直前の反応と独立した反応傾向に対して得点を与えるという強化随伴性の導入は、可変的な選択行動の形成に有効であることが確認された。

### 実験2

実験2では、“なるべくジグザムになるように”

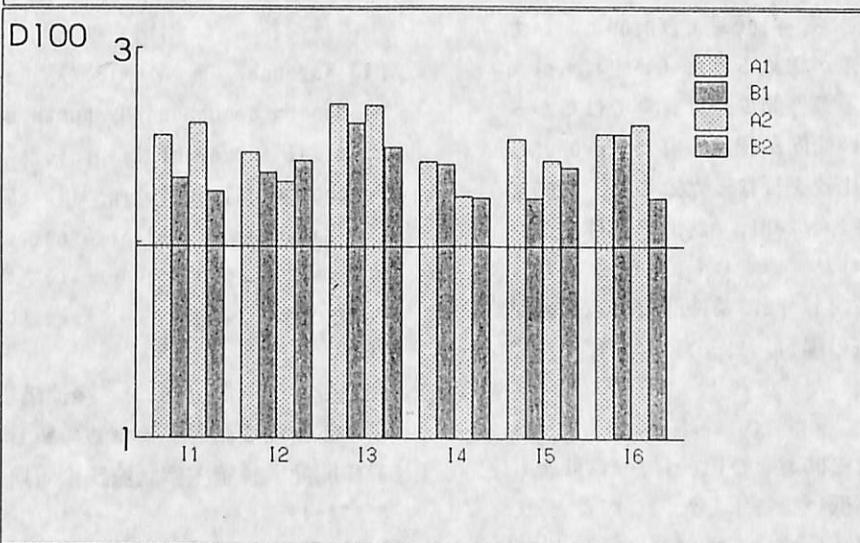
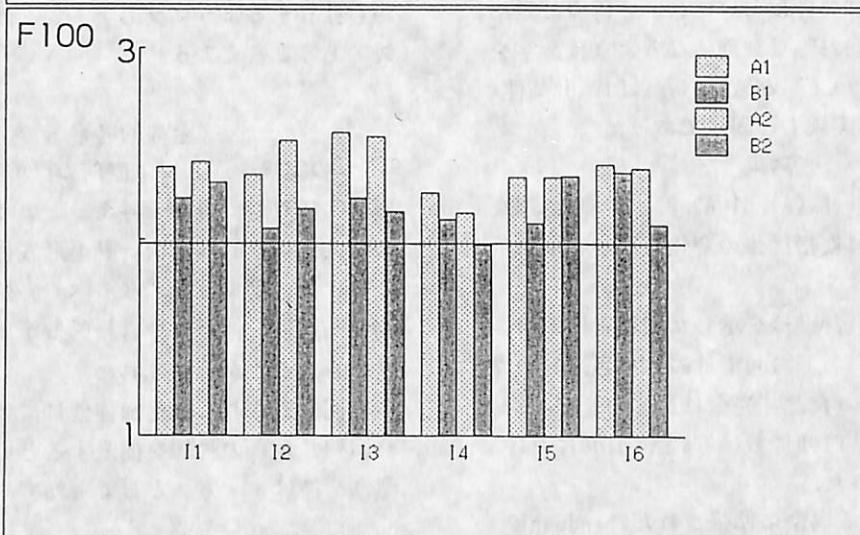
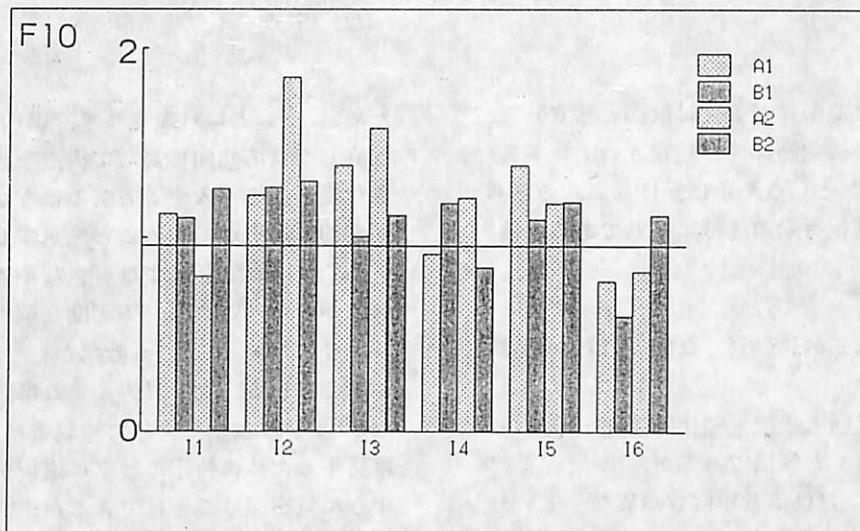


Fig.2 4条件における指標値の変化を被験者別に示す. 数値は対数変換値.

との教示を受ける条件（強化は反応と独立）と、実験1と同様の強化随伴性が設定されている条件（“ランダムに”という教示は受けない）のどちらが可変的な選択行動の遂行に有効であるか検討した。

#### 方法

**被験者** 短大生6名（男3, 女3）。類似の実験経験を持たない。

**装置・実験計画・手続・強化随伴性・結果の分析方法** 実験1と同様であるが、唯一、A条件（A1, A2条件）における教示内容が異なっていた。すなわち、A1, A2条件においては、“得点は気にせず、なるべくランダムな数列になるように数字を選択してください。”と教示した。B1, B2条件における教示は実験1と同様であった。

#### 結果

Fig. 2に、4条件（A1, B1, A2, B2）における最終セッションのランダム性指標値の変化を被験者別に示す。

“Ⅱ型”の変容パターンを示した被験者は、指標値F10では6名中1名、F100では6名中5名、D100では6名中2名であった。“完全Ⅱ型”の変容パターンを示した者は、F100における3名、D100における2名のみであった。

繰り返しのある場合に拡張されたFriedman検定を行なったところ、F100およびD100において条件間の有意な差が認められた（いずれも $p < 0.01$ ）。F10における条件間の差は有意ではなかったが、それに近い傾向が認められた（ $p = 0.057$ ）。引き続いて多重比較を行なったところ、F100では、A1-B1, A1-B2, A2-B1, A2-B2の条件間で有意な差が認められた（いずれも $p < 0.01$ ）。また、D100では、A1-B2, A2-B2の条件間で有意な差が認められた（S法の場合、A1-B2:  $p < 0.01$ , A2-B2:  $p < 0.05$ ）。

#### 考察

ランダム性指標値F100およびD100は、A条件よりもB条件のほうが低い値を示した。このことは、被験者が特定のフィードバックを受けない状況のもとで意図的に乱数系列を作ろうとするよりも、ラン

ダムということは意識せず、単に直前の反応と独立した反応傾向に対して得点を与えるという強化随伴性を導入する方式のほうが、結果的に可変的な選択ができることを示唆している。

ランダム性指標値F10では有意な条件差は認められなかった。これは、等頻度な選択に限っては、“よりランダムに”という教示が有効であることを示唆している。別の見方をすれば、“よりランダムに”という教示を受けた被験者は、ランダム性を維持するために特定の数字に選択が片寄らないように気を配ることはできるが、前反応や階差から独立するように反応することは相対的に困難であると言えよう。

#### 全体的考察

2つの実験を通じて、直前の反応と独立した反応傾向に対して得点を与えるという強化随伴性の導入が可変的な選択行動の形成に有効であること、その効果は、“なるべくランダムに”という、強化随伴性を伴わない言語的教示よりも相対的に大きいことが確認された。

今回設定された強化随伴性は、少なくとも、ステロイドからの脱却を促進するという点で、創造性を伸ばす一方法として有効であると言える。

#### 引用文献

- [1] Wagenaar, W. A. (1972). Generation of random sequences by human subjects: A critical survey of literature. *Psychological Bulletin*, 77, 65-72.
- [2] Matsuda, K. (1973). Creative thinking and random number generation test. *Japanese Psychological Research*, 15, 101-108.
- [3] 長谷川芳典 (1989). 発達障害児の選択行動の柔軟性を測定するための新しい乱数生成テストの開発. 長崎大学医療技術短期大学部紀要, 3, 33-43.
- [4] 白旗慎吾 [編] (1987). パソコン統計解析ハンドブック IV ノンパラメトリック編. 共立出版.