

スキナー以後の行動分析学¹⁾ 乱数生成行動の研究が目ざしたもの

長 谷 川 芳 典

2006年度の日本行動分析学会24回年次大会において、「行動変動性の実験研究とその応用可能性」というタイトルのシンポジウム^{*)}が開催され、筆者は指定討論者をつとめた。ここでいう、行動変動性 (Behavioral variability:)^{*)2}とは、大ざっぱに言えば、できるだけランダムに、変化のあるように行動することである。この研究はかつて「乱数生成行動」というタイトル、あるいは「人はどこまでランダムに振る舞うことができるか」というような問題設定のもとに実験的に検討されてきた。

本稿は、行動変動性研究の前身にあたる乱数生成行動研究を概観し、今後の検討課題と研究の進むべき方向について考察することを目的とする。なお、紙数の都合により、本稿では主として、筆者自身が行った実験研究を中心に総括する。筆者以外の研究を含めた、行動変動性についての全般的な総括は別途、学会誌投稿論文において論じる予定である。

1. 乱数生成研究

1.1. 過去の研究

乱数生成行動に関する実験的研究は、1950年代頃から実験的に検討されてきた^{*)3}。乱数生成行動とは、数表など外部の手掛かりの助けを借りることなしに、0～9などの数字列をなるべくランダムに生成する行動のことをいう。

Wagenaar (1972)によれば、これまでに報告された実験的検討は多岐にわたっており、行動対象としては、筆記、発声、ボタン押し等、選択肢としては、0～9や1～10の数字のほか、2個のボタンやアルファベット等が、また、ランダム性の指標としては、度数検定、独立性、1次階差分布に関する検定等が用いられてきた。

* 1 行動変動性の実験研究とその応用可能性 (Behavioral Variability: Experimental Research and Its Utility in Applied Settings) / 企画：石井拓・山岸直基・小野浩一／話題提供：八賀洋介・山岸直基・武藤崇／指定討論：長谷川芳典／2006年9月1日、関西学院大学。

* 2 「Behavioral variability」は、長谷川の過去の著作では「行動可変性」と訳していた。今回のシンポジウムのタイトルに「行動変動性」が採用されたことにより、本稿では「変動性」の呼称を用いることとする。

* 3 1950年代以前にも、小保内虎夫の感応理論などにおいて、結果的に似たような研究が行われたことはあった。1950年代から1960年代前半の研究としては、Ross (1955)、Bakan (1960)、Teraoka (1963) などがある。

これらの研究では、数学的な乱数列と比べて人間が生成する数列にはどのような偏りがあるのか、何が偏りをもたらしているのか、といった点が、記憶容量などに関連づけて検討された（例えば、Baddeley, 1966）。

これらの基礎的な研究に加えて、統合失調患者などにみられるステレオタイプな選択傾向を測定する手段としても幅広く検討されてきた。Weiss (1964, 1965) はランダムな二項系列を生成させる実験を、Yavuz (1963) はランダムなアルファベットの系列を生成させる実験を、いずれも統合失調の患者と健常な成人を対象に行い、患者群のほうがよりステレオタイプな系列を作ることを示した。Matsuda (1973) は、やはり統合失調の患者が生成した系列のデタラメ度が低いことを示した上で、これを拡散的思考 (Guilford, 1959) の乏しさの表れとした。黒木 (1978) は、統合失調の患者、てんかん、正常者に対して、1～10までの数字を「なるべくランダムになるように」発声させ、統合失調患者ではデタラメな数列を作り出すことが困難であり、統合失調が心的構えの非可塑性と文節化を思考障害の基礎としていることを指摘した。

1.2. 1970年代までの研究の問題点

以上に紹介した1970年代頃までの実験研究*4は、しかしながら、研究方法上で少なくとも2点、また、その捉え方に関して少なくとも1点、問題点を抱えていた（長谷川, 1986; 1987, 1989など参照）。

研究方法上の問題点の第1は、対象者にどのような形で教示を行うかという問題である。1970年代までの研究の典型的な方法としては、①まず、ランダム性や抽出の無作為性に関する簡単な説明を行い、●次に「できるだけランダムに（デタラメに）数字を書き並べて（発声して）ください」というような言語的教示を行う方法がとられてきた。しかし、こうした方法では、数学的説明をどれだけ詳しく行うか、どれだけ分かりやすく行うかといった違いや、被験者がどれだけ熱心に説明を聞いていたかといった違いによっても結果が大きく異なってしまう恐れがある。

たとえば、黒木 (1978) は、「1から10までの数をできるだけデタラメに言って下さい」という指示を与え、デタラメに言えない被験者に対しては「例えば、1, 2, 3, 4はデタラメでないが、3, 8, 5, 2はデタラメですね」といった説明を付加したというが、この教示は、被験者に、数学的には誤った乱数の概念をうえつけてしまう恐れがある。なぜなら、乱数列において「1234」という系列と「3852」という系列は、まったく同じ確率で生起するからである。また、Finke (1984) は、「なるべくランダムに」という教示の代わりに「なるべく予想されないように」という教示を与えたほうが、ランダムに近い数列が生成されたことを報告しているが、これもまた、言語的教示が異なると生成される系列のランダム性が大きく影響されることを示唆するものである。

*4「実験研究」と呼んだが、厳密には実験的方法を用いておらず、対象者に「ランダムであると思われる数字列を書いてください」というような自由記述型の質問調査、もしくは作業検査に近い。

このほか、言語的敎示に頼る限りは、「ランダム」という概念を理解できない幼児や、人間以外の動物を被験体とした比較心理学的な検討が全くできないという別の問題がある。人間以外の動物でも不規則な行動パターンを示すことは多々あるが、これらを系統発生的に分析するためには人間と動物における共通の研究方法を確立する必要がある。

研究方法上の問題点の第2は、被験者の行動をどのように動機づけるのかという問題である。紙の上にたくさんの数字を書く作業にしても、発声する方法にしても、きわめて退屈な作業であるに違いない。しかも、クレペリン検査の用紙に数字を書き込む場合には足し算を正確に行う必要があるのに対して、乱数生成テストではどのような数字を書いても発声しても何ら罰を受けることはない。実験者が、「被験者は乱数列を真剣に生成している」と思っても、被験者は「投げやりに、いい加減に振舞っている」だけであるのかもしれない。すなわち、いかなる指標でランダム性を分析したとしても、それが被験者固有の行動特性を反映しているのか、それともその時の「やる気」の度合を測っているのか、区別することができない。

次に、「乱数生成行動」の捉え方について1点指摘しておく。1970年代までの研究では、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。例えば、乱数テスト研究会（1973）は、生成速度と「乱数度」という両指標から、運転適性、精神発達等、種々の応用の可能性があることを論じた。要するに知能テストや適性検査と同じ発想で、乱数生成テストの利用を目ざしていたのである。

しかし、乱数生成の特性はそうように固定的な特性であるのか、それとも年齢とともに発達したり、また、何らかの訓練を行うことで上達できる能力であるのかどうかは検討の余地がある。

1.3. コンピュータを用いた、リアルタイムのフィードバック

1970年代後半になって、いわゆるマイコン（マイクロコンピュータ）が、さらに、1980年代になって、エプソン（当時信州精器）からHC-20、やHC-40などの「ハンドヘルドコンピュータ」、同じく1982年には16ビットCPUを採用したNEC社の「PC-9800シリーズ」が登場、また、インタフェース上、各種実験装置の制御に適したMSX機が低価格で発売されるようになった。

これらコンピュータの高性能化・低価格化は、乱数生成行動の実験研究に多大な技術的貢献をもたらした。すなわち、

- ①被験者（被験体）の選択行動をリアルタイムで記録。
- ②反応傾向を高速で解析。
- ③反応傾向の特徴に応じて、瞬時にフィードバック。

が可能となったのである。

このことによって、1.2. に指摘した問題点は次のような形で解消可能となった。

まず、「なるべくランダムに」というような言語的敎示ではなく、得点を争うゲームとして実施することができるようになった。パーソナルコンピュータによる処理の高速化によって、あらかじめ設けた基準に基づいて、よりランダムな反応に得点を与えることができるようになったのである。つまり、得点獲得が何らかの形で動機づけられている限りにおいては（得点が

好子として機能している限りにおいては)、1.2. で指摘した問題点は少なくとも部分的に解消する。なぜならば、もし被験者が「投げやり」に行動した場合は得点は困難になるし、また、単に得点を獲得させるように仕向ければ、ランダム概念について別途数学的な説明をする必要がなくなるからである。

さらに、得点を餌に置き換えることによって動物実験が可能となるほか、訓練を繰り返すことによる学習の効果や限界を検討することもできるようになった。

2. 新しい乱数生成テストの開発

2.1. 実験のロジック

紙数の都合により、本稿では0～9の数字を記したキー（もしくはタッチパッドのキーエリア）を選ぶという実験手続を例として説明する。

これらの方法は、ここで述べるテスト場面のほか、3. に述べる訓練場面においても、共通して用いられた。

これらの実験では、反応が起こるたびに、その反応と直前の反応とによって構成されるダイグラム (digram) の出現頻度が計算される。被験者 (被験体) が、3、1、4、1、5、9、2、... というように選択した場合のダイグラムは、“31”、“14”、“41”、“15”、“59”、“92” というように記録され、それぞれの出現頻度がカウントされる。

強化を与えるルールは以下の通りである。

・ [一般ルール]

$n-1$ 回目の反応において選択された数字を k とする。 n 回目の反応時に新たに生成可能なダイグラムは、“ $k0$ ”、“ $k1$ ”、“ $k2$ ” ... “ $k8$ ”、“ $k9$ ” の10通りである。パソコンは当該実験セッション内でのその時点までの $k0 \sim k9$ の生起頻度を参照し、頻度の低いほうからの順位づけを行う。そして、 n 回目において頻度の低いほうから5位までのダイグラムが生じた場合に得点を与える。

・ [補足ルール1]

複数のダイグラムの生起頻度がゼロであるために順位づけできない場合は、ランダムに順位を定める。

・ [補足ルール2]

複数のダイグラムの生起頻度が1以上かつ同頻度であるために順位づけできない場合には、古く生じたダイグラムほど高順位とする。

以上に述べた強化ルールは、直前の反応への依存傾向、あるいは、特定選択肢に対する固執傾向が生じると全く得点が与えられなくなるという特徴をもつ。すなわち、たとえば1の次には必ず2を選ぶというような、直前の反応への依存性が強い反応傾向があった場合、“12” というダイグラムの生起頻度は、“10”、“12”、“13”、“14”、... “19” という10通りのダイグラムの中できわめて高くなり低頻度5通りの強化候補から除外されるため、強化の対象とならない。また、たとえば“7”に対する固執傾向があった場合、“ $k7$ ($k=0, 1, 2, \dots, 9$)” というダイグラ

μの生起頻度は、kの値にかかわらず高くなり、“7”選択時には全く強化が与えられなくなる。

これらによって、結果的に、(1)直前の選択内容から独立した反応、(2)出現頻度の少ない選択肢を選ぶ反応、が強化されやすくなると、期待される。

2.2. 変動性の諸指標

生成された反応系列の変動性の大きさは、乱数列の検定に用いられるいくつかの指標(脇本, 1970参照)により測定された。その基本は、等頻度性と独立性にある。

等頻度性とは、特定の選択肢に偏らないように選ばれることである。

独立性とは、過去の反応と独立した選択がなされることである。等頻度性が保たれても、独立性が高いとは必ずしも言えない。たとえば、「012345678901234567890123456789…」というように、数字を順繰りに選んだ場合、0から9の数字は等頻度で出現する。しかし、0の次には必ず1、1の次には必ず2が現れているので、独立とは言えない。0～9の数字が作るダイグラムは00～99までの100通りであるが、これらに偏りが無いということは、直前の反応からの独立性を示していることになる。

このほかにも、直近2反応からの独立性や3つの数字の階差*5の独立性も変動性指標として用いられた。

2.3. 乱数生成テストの実際

紙数の都合で、本稿では、筆者が、暦年齢3.9歳から12.3歳までの子どもたち45名に対して行った乱数生成テストの結果を紹介するとどめる(長谷川, 1989)。これらの被験児のうち19名は自閉症または学習障害の特徴を示すことが専門家により確認されている。テストは、各被験児がパソコンに接続した入力装置(オムロン製のタッチパッド)を通じて、0～9のいずれかの数字を601回選び、得点を増やすというゲーム方式で行われた。得点を与えるルールは、2.1.によった。

図1は、暦年齢を横軸に、実験セッション中の獲得点数を縦軸にした時の、各被験児の得点分布を示したものである。なお、これらの得点と、変動性諸指標の間には高い相関のあることが確認されている(=得点の高いほど変動性が大きい)。

この研究の結果から、健常児の場合、6歳から7歳のあたりで、反応パターンに質的な発達が生じている可能性が示唆されている、いっぽう、自閉症や学習障害の特徴をもつ発達障害児の場合は、ステレオタイプな反応傾向が暦年齢にかかわらず認められた。このほか各種指標に基づく分析が行われた。

ここで用いられた乱数生成テストは、発達障害児のステレオタイプな選択傾向の度合いを測定し、改善につなげる方策を見いだす上で有用であると考えられる。

*5 n_1, n_2, n_3 という数字が出現した時の階差は、 $(n_1 - n_2)$ と $(n_2 - n_3)$ である。階差の独立性とは $(n_1 - n_2)$ と $(n_2 - n_3)$ の値の現れ方が独立しているという意味である。この階差は、厳密には数値の差が意味をもつ場合に限られる。しかし、数字を付した反応キーの配置によっては、「隣り合ったキーを押すか」、「近くのキーや離れたキーをバラバラに押しているか」を見極める指標になりうる。

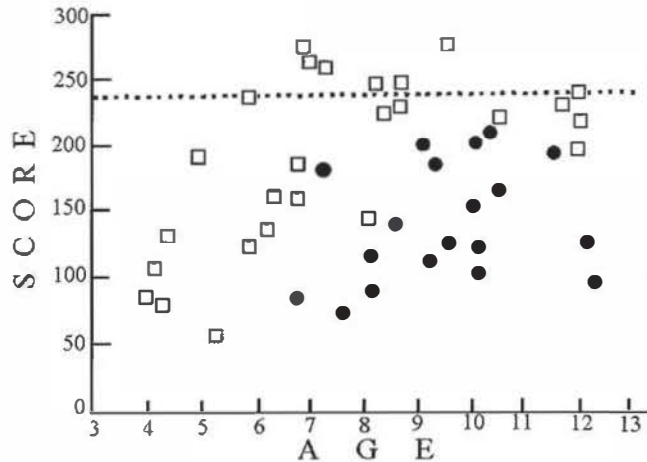


図1. 園児・児童を対象とした乱数生成テストの結果。横軸は暦年齢、縦軸は実験セッション中に獲得した点数を示す。

「□」は健常児、「●」は発達障害児のデータ、また図の中の水平の点線は、同じ条件で実施した成人一般の中央値を示している。この図で、得点が高いことは、変動性、特に直前反応と独立した反応を生じる傾向の高いことを示す。長谷川（1989）の40頁の図3を改変の上転載。

3. 変動性を高めるための条件づけ

上記2. に紹介した実験は、各被験児に1回限り実施したものであり、研究分類上は「測定」として位置づけられる。しかし、セッション中の方法自体は、

- ・低頻度のダイグラムが出現した時*→得点あり
- ・高頻度のダイグラムが出現した時→得点なし

という分化強化の手続を含んでいる。すなわち、この実験セッションを反復することは、結果的に、低頻度ダイグラムオペラント条件づけ訓練を行うことになる。

この強化訓練は「ランダムとは何か」という言語教示を必要としないので、得点を餌に置き換えることにより、人間以外の動物にも実施が可能となる。訓練を繰り返すことによって、選択行動の変動性はどこまで高められるのか、どのような限界があるのかを検討することが課題となる。

*6 選択反応としては、あくまで0～9いずれかの数字を選ぶことになる。したがって、操作手続上は、直前に選択した数字nを十の位として生成可能な“n0”、“n1”、…、“n9”という10通りのダイグラムのうち、過去の出現頻度の少ない5個のダイグラムを新たに出現させるように数字を選ぶ”という基準に従った分化強化ということになる。

紙数の都合で、本稿では、短大生8名に実施した筆者の実験研究(長谷川, 1993)の結果のみを引用する。

この実験は、ABAB反転実験計画に基づき、ベースライン条件(A条件)と実験条件(B条件)をA1, B1, A2, B2の順で実施し、低頻度ダイグラム出現を分化強化することの効果を検討した。A条件においては、反応とは無関係に50%の確率で得点が与えられた。B条件においては、すでに述べた「乱数生成テスト」と同じ強化基準に基づいて得点が与えられた。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。各条件のセッション数は、A1とB2条件は所定の変動性指標の値が安定基準(=直近の3セッションにおいて単調増加または単調減少傾向がないこと)を満たすまで反復された。但し、B1条件は5セッション、A2条件は3セッションにそれぞれ固定された。

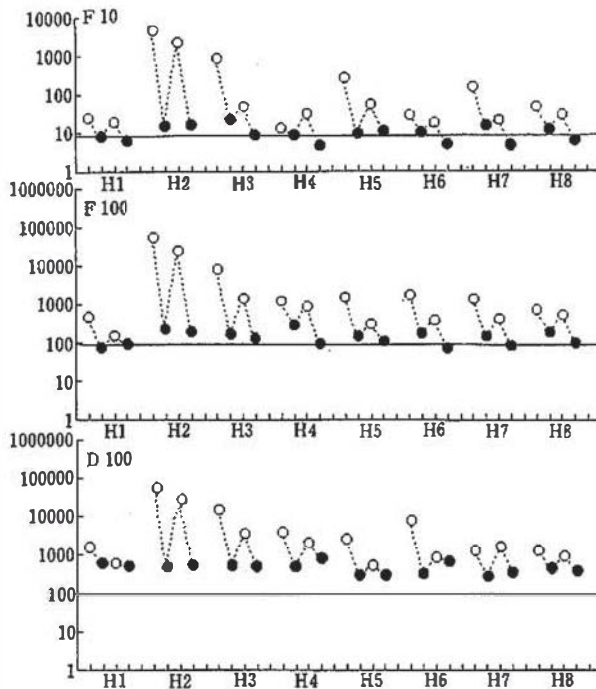


図2. 短大生8名(H1~H8)に実施した、行動変動性を増加させるための訓練の結果。4条件(A1, B1, A2, B2)における最終3セッションの変動性指標値の中央値の変化を被験者別に示す。A条件はベースライン、B条件は実験条件。変動性指標値としては、等頻度性指標(F10)、独立性指標(F100)、階差独立性指標(D100)の3種類が用いられた。いずれの指標も、値が小さいほど変動性が高いことを意味する。なお、各図における水平の実線は、矩形乱数表に基づいて反応した場合の値を示す。詳細は原典を参照されたい。長谷川(1993)の151頁の図1を転載。

図2は、4条件（A1, B1, A2, B2）における最終3セッションの変動性指標値の中央値の変化を被験者別に示す。なお、この実験では変動性指標値として、等頻度性指標（F10）、独立性指標（F100）、階差独立性指標（D100）の3種類が用いられた。いずれの指標においても、値が小さいほど変動性が大きいことを意味している。詳細は長谷川（1993）を参照されたい。

この実験では、3つの変動性指標値のいずれにおいても、すべての被験者が、ベースラインA条件において値が大きく（＝変動性が低く）、実験条件において値が小さい（＝変動性が大きい）という変化を示した。これらの変化は、繰り返しのある場合に拡張されたFriedman検定および多重比較で有意な差が認められている。

以上から、低頻度のダイグラムが生じるほど得点が増えるという強化随伴性の導入は、乱数生成行動の変動性を高める上で有効であることが確認された。

変動性を高めるための条件づけは、その後、マカサル（ニホンザル1頭、アカゲザル5頭、合計6頭）に対しても実施された（長谷川, 1997, 75-79頁参照）。実験方法や条件づけのプログラムは上記とほぼ同様であるが、装置としては霊長類実験用のスキナー箱内で行われた。箱の全面には10個のパネルキー（5個×2段）が取り付けられている。ビデオ記録を容易にするためと、人の実験になるべく類似した刺激条件を実現するため、各パネルキーには0から9の数字が記されていた。

パネルキーのすぐ下には餌皿があり、強化の際には、サツマイモの切片が、自動給餌器からこの皿に放出される。実験制御にはMSXパソコンを使用した。

以下の数列は、本条件づけの実験条件期に被験体のうちの1頭であるニホンザルが生成した数字列の一部である。サルにとってパネルキー上の数字は幾何学的模様以上の何物をも意味するものではないが、ここで生成された数字を、キーの位置に対応したカテゴリカルな記号としてとらえる範囲において、サルは優秀な乱数生成機械になりうることを示唆している。

96238735914624764507216182976725920 8139606571265032766846158764656 265895666 3
849502177266409503890258 3115024 116867856512601709338191160450270702483165331
61 8141159 21633146099065520 892654027392

その後、同様の実験は、チンパンジー3頭に対しても行われた（長谷川, 1997, 80-82頁参照）。但しこの実験に限り、ベースライン条件は実施せず、上記同様の条件づけを反復することで、どのくらいまで変動性を高めることができるかが検討された。興味深い点は、3頭が生成した数字列の変動性の程度が、マカサルより悪かったという点である。チンパンジーが相対的にステレオタイプな選択しかできなかった原因としては次の2点が考えられる。

1つは、今回実験対象としたチンパンジーは、研究所内で、過去にも、また実験期間中にも、他のさまざまな実験に使用されているということである。この実験以外の場面では、すべて、特定の弁別刺激のもとで規則的に行動するような学習課題が与えられており、かえって「でたらめに振る舞う」行動の形成が困難になってしまっている可能性がある。

もう1つは、チンパンジーの実験では強化子としてチョコレート、レーズン、アーモンド豆などが用いられたが、主食として与えられる果物やビスケット類に比べて、これらはかならずしも強化力が高いとは言えず、行動の形成をきわめて緩やかなものにしてしまった可能性がある。

したがって、今回の実験だけからは、チンパンジーにおいて変動性を高めることができないと結論するのは早計であり、過去に実験経験を持たない被験体を対象として、さらに検討をしていく必要があるものと思われる。

4. 変動性を高める訓練の応用

以上、低頻度のダイグラム出現を強化するという手続は、選択行動の変動性を高める上で有効であることが分かった。この成果に基づく応用研究としては、少なくとも次の2つの方向が考えられる。

1つは、長谷川（1993）が示唆したような、拡散的思考（Guilford, 1959）能力を高め、創造性を伸ばすことを目的とした応用研究である。但し、本訓練が創造性を伸ばす上で有効であるかどうかは、今のところ実証されていない。

もう1つは、ステレオタイプな行動が起こりがちな発達障害児に対して、変動性の高い選択行動を形成するための応用研究である。その一環として行われた実験研究の結果の一部を図3に示す（長谷川, 1990）*7。

さて、本稿で引用した一連の実験研究では共通して0～9の数字を付した10個のキーボードエリアが0～4と5～9の2段に配置されていた。すでに引用した長谷川（1989）の研究においても、発達障害児では、同じエリアを繰り返し選んだり、隣の位置に順番に移動するといったステレオタイプな行動が観察された。そこで、この特徴を視覚的に把握するために、長谷川（1990）では「遷移リズム」を図示するという方法が採用された。同じキーエリアを繰り返し選択すると、「遷移リズム」は水平線として描かれる。また隣同士を選ぶと、単調増加または減少の緩やかなカーブとなる。反面、変動性が高い選択では、不規則な上下の変動が図示されるようになる。

図3は、訓練開始時（それぞれの上段）と、訓練を1年間または10カ月後間実施した後に生成された、被験児D4とD5の乱数生成遷移リズムを比較したものである。いずれも、訓練開始時に比べて下段の遷移リズムでは微細な変動が見られるようになっており、改善の様子がうかがえる。但し、これらの被験児には、作業療法士による感覚統合の訓練のほか、筆者自身による「漢字の読み学習」や「パソコン画面を使った迷路ゲーム」などが併せて継続的に実施されていたため、ここに示された改善が、本訓練の反復による成果であるのか、他の訓練の成果であるのか、あるいは、それらの複合的な成果であるのかを同定することはできない。

*7 この実験は、健常児5名と発達障害児6名に対して行われたが、紙数の都合で、ここでは、発達障害児2名の最終結果のみを示す。

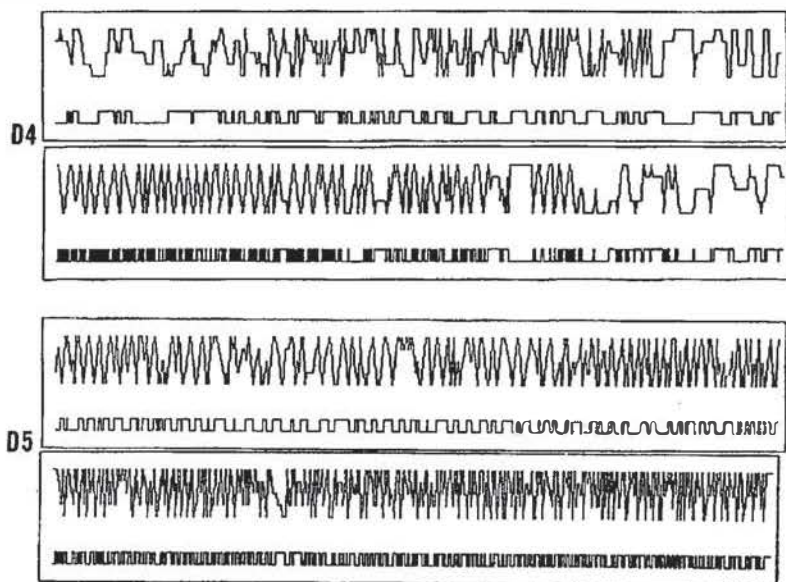


図.3. 発達障害児2名（被験児名D4およびD5）の乱数生成遷移リズムの変化。それぞれの
上段は、この訓練の開始時。下段は、約1年後（D4）または10カ月後（D5）。D4は開始時
9.2歳。情緒障害学級に在籍、自閉症と診断され、2週間に1度の割合で、作業療法士による
感覚統合の訓練を受けていた。数の加算・減算、量の比較、序数などで極度の理解困難があっ
た。WISC-Rで測定したIQ47で自閉症と診断されていた。D5は開始時10.2歳。普通学級に在
籍し、学力は中程度であるが、算数が苦手で、1桁どうしの足し算、10個以内の数の比較など
においても、ミスをすることが確認されている。WISC-Rで測定したIQは66。

5. その他の関連研究

以上の実験的検討はすべて、0～9の10通りの選択肢をもつ乱数生成行動を対象としていた。
筆者が行ったこれ以外の実験研究について、以下簡単に触れておく。

5. 1. 二項選択

二項選択とは、「左か右か」、「表か裏か」、「0か1か」といった、2つの選択肢を選ぶ行動
のことである。

長谷川（1986）は、大学生・大学院生およびコンピュータ関係の専修学校生20名（18歳か
ら25歳）を対象に、ハンドヘルドコンピュータ（エプソンHC-41）のキー押しに選択における
変動性について種々の実験検討を行った。

二項選択を研究することのメリットとしては

- (1)被験者の行動を「stay」（＝同じ選択肢を選ぶ）、「shift」（＝もう1つの選択肢に切り替える）
という2つのタイプに分類し、それぞれの生起頻度が結果の随伴によってどのように影響を
受けるかが詳細に分析できる。

- (2)十項選択に比べると反応系列がシンプルであるため、比較的短い時間の実験セッションによって、系列の長さや系列依存との関係を分析することができる。
- (3)被験者が次にどちらを選ぶか、についての予測方略の研究に役立つ。

などを挙げることができる。

(3)に関しては、過去の系列依存性に基づいて次の反応を予測するという方略は、おおむね、50%～60%（50%よりは有意に多い）的中率を上げられること、的中率を上げるためには直前2桁からの反応系列を調べれば充分、といった結果が得られている。

5.2. 三項選択

長谷川（1992）は、日常のゲーム場面の類似性を活かし、3種類の選択場面において、「なるべく予想されないように隠れる」という場面と、「相手が隠した宝を見つける」という場面における変動性を検討した⁸。これらの実験手続はじつは言語的教示以外はすべて等しかったのであるが、結果として「隠れんぼ」群は「宝探し」群より、同じ選択肢を選ぶ比率が少なかった。人間は一般に、同じできごとが反復して生じるのはランダムではないと考えている。特に「隠れんぼ条件」では、同じ場所ばかりに隠れていると「見つかりやすい」というように、同一反応の繰り返しを避ける傾向が多めにでることが確認された。

長谷川（1992）はまた、過去の反応内容の記憶を妨害するような作業を挿入することで、変動性がどのように影響を受けるのかも検討した。別の作業挿入後に、前回に選んだ位置を明示する条件（＝過去の選択を「思い出させる」条件）と、明示しない条件（＝何を選択したのかが「忘れられている」条件）が比較された。その結果、過去の反応を「思い出させる」条件のほうが、続けて同じ選択肢を選びやすい傾向があることが示された。

5.3. ラットを被験体とした二項選択および三項選択の研究

以上のほか、ラットの迷路選択の変動性を検討した研究として長谷川・橋本（1992）および橋本・長谷川（1992）がある。

6. 研究対象の拡張

以上、乱数生成行動およびそれに関連した諸行動について、筆者自身が行った実験研究を中心に総括した。行動分析学の分類に従えば、乱数生成行動はオペラント行動であり、「同じクラス⁹に属する複数種類の行動」として位置づけることができる。

⁸ この論文は、岡山大学文学部学生・熊埜御堂（くまのみどう）由希が長谷川の指導のもとに行った卒業論文研究の実験結果を長谷川が再整理し、独自の観点から考察したものである。

⁹ 反応クラスとは、

●何らかの共通特性をもった反応の集合

として定義されている（杉山ほか、1998）。反応クラスという概念は、分化強化や分化弱化的手続を行う際に重要である。

しかしこれ以外の行動（もしくは行動間の属性）も変動性研究の対象に含めることができる。以下に代表的なものを挙げる。

6.1. 反応自体の属性

反応の強さ、継続時間などの変動性である。例えば、1本の指でピアノの1つの鍵盤を叩く強さが不規則かつ様々に変化すれば変動性が高いと言える。

6.2. 反応間の属性

複数の反応間の時間間隔（反応間隔）などの変動性がある。

6.3. 質的に異なる複数の行動

3時間にわたってピアノを弾き続ける人と、3時間のうちにピアノを弾く行動、CDでピアノ曲を聴く行動、ギターを弾く行動などいろいろな行動を行う人では、後者のほうが変動性が高い。これは、1本の指でランダムに鍵盤を叩く場合の行動の変動性とは異なり、「質的に異なる複数の行動」における変動性として位置づけられる。

7. 今後の研究の課題と方向性

乱数生成行動に関する実験的研究は1950年代頃から始まり、その後の行動変動性研究を含めれば50年以上にわたる歴史をもつ。しかし、今なお、いくつかの未決着の議論や、検討すべき課題を含んでいる。

7.1. 変動性の定義をめぐる諸問題

変動性の定義は、理論的な問題と、実験場面において操作可能であるかという問題の両方を含んでおり、簡単には解決しない。

7.1.1. ランダム性の数学的定義

乱数生成テストにおける「ランダム性」はもともと数学の乱数の定義に基づくものであった。数学辞典によれば

日本数学会（1968）によれば、乱数は、

●同一分布に従う独立な確率変数の系列の実現値と見なしうる数列として定義されている。このうち矩形分布に従う系列の実現値は等頻度となるため、この定義に基づく0～9の乱数列では、

- ・カテゴライズされた反応が等頻度で出現していること（等頻度性）
- ・過去の反応系列から独立して出現していること（反応独立性）

が変動性の必要十分条件となっている。

しかし、この定義では、有限個数の数字列にどの程度変動性があるのかどうかを区別することができない。例えば、以下の2つの系列があったとしよう。

系列A：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

系列B：7, 5, 9, 2, 8, 5, 3, 0, 3, 2

素朴に考えると、系列Aのほうは規則的に見え、系列Bはランダムであるように見えるが、これら10個の数字列が乱数表に出現する確率はAとBとで全く変わらない。つまり、有限個の数字列について、それがどの程度ランダムであるかという議論は数学的には成り立たないのである。

7.1.2. 数列記述上の非簡潔性

別の基準として、有限数列の記述上の非簡潔性を指標とすべきだとの考えが出てくる。例えば、いま挙げた系列Aでは、 n 番目の数字を $f(n)$ と表した時、少なくとも10番目までの数字列については、

$$f(n) = n$$

というように「簡潔に」表すことができる。いっぽう系列Bは n との対応関係を簡潔に表すことができない。この点で（定義4）の基準によれば、系列Aより系列Bのほうが変動性が高いとすることができる。

もっともこれは、過去に生成された数列から事後的に法則性を見いだすことによって初めて可能となる手法である。法則性を見いだすアルゴリズムは多種多様であり、事前に判別基準を網羅することはできない。つまり、反応が生じるたびにリアルタイムに変動性の程度をフィードバックすることは困難であり、本稿で引用したような条件づけに利用することはできない。

7.1.3. 予測困難性

予測困難性は、系列を予測する側から見た変動性である。サイコロの目を予測する場面を想定すればわかるように、乱数系列は当然、予測も困難となる。

もっとも、予測というのはあくまで頻度の偏りや法則性が見いだされて初めて可能となるものである。予測方略は多種多様であり、事前に準備することができない。つまり、7.1.2.と同様、反応が生じるたびにリアルタイムに変動性の程度をフィードバックすることは困難であり条件づけに利用することはできない。

7.1.4. このほかの変動性

まず、文字通りの変化の激しさとしての変動性が考えられる。例えば、1本の指でピアノの1つの鍵盤を叩く強さが不規則かつ様々に変化すれば変動性が高いと言える。また、複数の反応間の時間間隔（反応間隔）においても、平均間隔からのばらつきが大きければ変動性が高いと言える。

次に反応の豊富性という概念が考えられる。子どもの遊び場を例に取れば、遊び方のリポートリーが広いことは、それだけ「豊富」という意味での変動性が高い。

7.1.5. 変動性の反対語は何か？

変動性の定義はけっきょく、反対語にどういう概念を置くかという問題にもつながる。例えば、「規則性」を反対語とした場合と「安定性」を反対語とした場合では、変動性の意味内容は変わってくる^{*10}。

長谷川（2006）が指摘したように、変動性の反対語としての安定性には「環境変化への頑健性（頑強性）」というような意味もある。

論理的には、環境変化への頑健性の有無と行動の安定性（不変性）には 2×2 の4通りのパターンが考えられる。

頑健性 ○、行動安定性 ○ →どのように環境が変化しても、いつも同じパターンで対処する。「不屈の精神」、「頑固で融通がきかない」

頑健性 ○、行動安定性 × →環境変化には無頓着だが、行動が不安定で何をするか分らない。「情緒不安定」、「衝動的、発作的な行為」

頑健性 ×、行動安定性 ○ →環境変化に応じて臨機応変に対処。「シゾフレ型人間」、「モード性格」

頑健性 ×、行動安定性 × →環境の変化を受けやすく、なおかつ、それにうまく対処できない。→「ちょっとした変化にたじろぐ」

という4通りである（「☐」内は、そのようなパターンに対する一般的な形容）。

7.1.3.に述べた「予測困難性」を「予測容易性」と対比させた場合にもいくつか検討すべき点が考えられる。例えば、

0、2、4、6、8、0、2、4、6、☐

という系列があり、次に来る☐内の数字を予測するという場面を考えてみよう。これらが0～9の数字からなる乱数列であると仮定すると、☐内に「8」が入る確率も「9」が入る確率も10分の1で等しい。いっぽう、観察者がこれらの数字列に規則性があると判断した場合、☐内に「8」が入る確率は限りなく1.0に近く、「9」が入る確率は0.0に近くなる。観察者にとって「9」が入るということは予測困難であり、もし本当に「9」であった時には「意外性」を与えることになる。

自然現象相手ではなく、相手の人間の行動を探り合うような場面では、単にランダムに振る舞うよりも、「裏をかく」ことのほうが有利にはたらく場合が多い。相手に一定の予測方略を作られておいて、一番重要な場面でその予測方略を破るような振る舞いを見せたほうが「意外性」の度合いは大きいのである。

変動性を「一貫性」の反対語として考えることもできる。これは6.3.に述べた「質的に異なる複数の行動」に関する概念であり、より長期的な視点が求められる。このことについては、7.3.の「時間的スパンと『入れ子』構造」で改めて述べる。

*10 気象変化を例にとれば、太平洋高気圧に覆われた真夏は天候が「安定している」と言われる。いっぽう、三寒四温の天候は安定はしていないが、規則的ではある。

7.2. 手続的定義と制御変数的定義

学習心理学の実験場面においては、実験者が複雑な刺激や条件を設定したとしても、被験者(被験体)はそれらすべてを手がかりとして利用するとは限らない。身近な歩行者用信号機を例に挙げておこう。周知のように、歩行者用信号機では、青と赤というランプの色の違いのほか、ランプの上下の位置(上が赤)、さらにはランプの中に描かれた人の絵の違いでも、「渡れ」と「止まれ」を区別することができる。しかし常にこれら3つの手がかりすべてを利用しているわけではない。実験者が手続的定義として「色」「位置」「形」という3つの刺激を「複合」したとしても、制御変数としては「位置」だけが制御変数になっているという場合もありうる^{*1)}。行動変動性の実験研究においては、結果として出てくる「反応系列」自体は明白ではあるが、何が制御変数になっているのかは明確でない場合が多い。

一般論として、行動変動性を検討するにあたっては、

弁別刺激→反応→結果

という三項随伴性の中で反応系列に目を向ける必要がある。反応系列がランダムであるというだけでは必ずしも変動性が高いとは言えない。例えば、乱数表の数字の通りに順番にテンキーを押すという行動では、当然のことながら反応系列は乱数そのものである。サイコロをふって、出た目を記録するという行動も同様である。要するに、「1」という弁別刺激に対しては「1」を選ぶという反応を起こす、というように弁別刺激と反応との間に一对一の固定的な対応関係があるだけだ。

実際の実験場面では、被験者が何らかの外部刺激を手がかりとして利用しないように配慮されているが、そうは言っても、実験者が想定していない刺激、例えば実験室の天井、窓の外の騒音、机の上の落書きなどが利用されていないとは限らない。外部的な手がかりを利用したかどうかを実験後に被験者から聞いたとしても、被験者自身が気付いていないような手がかりまでは聞き取ることはできない。動物実験ともなれば聞き取りさえできない。

本稿の3.で引用した「変動性を高めるための条件づけ」は、手続的には

直前に選択した数字 n を十の位として生成可能な " $n0$ "、" $n1$ "、...、" $n9$ " という10通りのダイグラムうち、過去の出現頻度の少ない5個のダイグラムを新たに出現させるように数字を選ぶ" という基準に従った分化強化

*1) これに関連した古典的研究としては、Reynolds (1961) のハトの「選択的注意」についての実験が知られている。

となっている。つまり、もし被験者（被験体）が過去に自分が生成した数字をすべて記憶し、かつそのダイグラムの頻度を集計して利用できる状態にあったとしたら、この実験では100%に近い高率^{*12}で得点を獲得することができる。つまり、原理的には、ランダムに振る舞うことよりも、ある種の規則に則って振る舞ったほうが有利に働くことになる。

上記に限らず一般に、行動変動性を高める目的で分化強化を試みる場合は、ある種の基準を満たした場合には強化、基準を満たしていない時には強化しないという手続をとるが、これは原理的には、ある種の「規則的行動」を形成していることになる。

結局のところ、乱数生成も、一般的な変動性も、訓練としては「疑似乱数」、「疑似変動性」を強化基準としているにすぎない^{*13}。

7.3. 時間的スパンと「入れ子」構造

以上に論じた行動変動性では、行動の「場」や時間的要因はあまり考慮してこなかった。乱数生成行動であっても、それ以外の行動の場合も、行動単位をカテゴライズし、記号化された系列がどれだけランダムになっているのかというような議論であった。

しかし、例えば児童公園で遊ぶ子どもの行動をとらえた場合、まずは

●砂場でどういう遊びをするか？、穴を掘るか、砂山をつくるか、水を流すか、といった選択行動についての変動性

がある。そしてさらには、同じ児童公園において

●砂場で遊ぶか、鉄棒で遊ぶか、ジャングルジムで遊ぶか、縄跳びをするか、...

といった複数種類の遊びのリパートリーについての変動性が考えられる。

さらには、毎日の遊びの時間の中で

●児童公園に行き遊ぶか、自宅で遊ぶか、友達の家に行き遊ぶか、...

といった選択における変動性が考えられる。

以上よりさらに長期の行動にも目を向ける必要がある。長谷川（2006）が指摘したように、行動分析学はこれまで、比較的短期間における行動改善を検討対象としてきたが、近年では、長期に及ぶ安定的な行動傾向（trait）に注目し性格心理学との接点をさぐる動きも見られるようになってきた。この議論には、「自己の一貫性」も含まれる。その反対語としての変動性には、「モード性格」（サトウ・渡邊, 2005）や「シゾフレ日本人」（和田, 1994）といったタイプの行動も含まれるようになる。

*12 この実験の強化条件の中には“複数のダイグラムの生起頻度がゼロであるために順位づけできない場合は、ランダムに順位を定める”という【補足ルール1】がある。パソコン側がランダムに定めた順位は予測できないので、100%の得点率となることは困難。

*13 但し、手続的定義と制御変数的定義の違いのところでも述べたように、手続として「規則的行動」を形成するような基準を設けたとしても実際に形成される行動がその基準にすべて合致するとは限らない。例えば、オペラント消去の段階ではしばしばランダムな行動が出現するが、これは消去という基準に合致して形成された行動とは言えない。

要するに、行動の変動性を長期的にとらえる場合には、まずは、上記の子どもの遊びのように、児童公園が自宅かといった大枠、その中に、砂場とか鉄棒といった枠、さらには砂場における遊びというように、「入れ子」の構造があり、それぞれのレベルで変動性があることに留意しなければならない。そしてさらに長期的にとらえることとなると、一貫性という議論も出てくる。

長谷川（2006）が論じたように、長期的な視点から行動を捉える際の「安定性」や「一貫性」は、自分自身ではなく他者にとって有用な特徴となることが多い。なぜなら、他者にとっては、当人の行動がより安定し一貫しているほど予測しやすく、対処しやすいからである。

「安定性」や「一貫性」を強化することが本人自身のメリットになるのかどうかは、一概には言えない。安定的で一貫した行動は、行動自体の精緻化、高度化を可能にするばかりでなく、結果を蓄積させ、より大きな付加価値をもたらす。例えば、いろいろな楽器の演奏を中途半端に習う人よりは、ピアノ一筋で練習に励む人のほうが、演奏技術のレベルが向上し、より美しいメロディーを奏でる結果を出現させることができる。反面、現代の消費社会の中では、多様な価値観が混在し、一貫性よりも「モード性格」のほうが適応しやすいという状況にもある。

結局のところ、長期的な視点における行動変動性は、反対語である「安定性」や「一貫性」の有用性やニーズによって決まってくる。社会や集団が求める変動性もあるし、個人を利するような変動性もある。逆に、社会や集団、あるいは個人にとっては望ましくないと言われる変動性もある。となると、「場」や時間的スパンを無視して、一般的な行動変動性を論じてあまり生産的とは言えない。それぞれの状況に応じて、変動性の有用性（もしくは弊害）を検討し、必要に応じて、それを高めたり低めたりするための手法を開発するべきであろう。

引用文献

- Baddeley, A. D. (1966). The capacity for generating information by randomization. *Quarterly journal of experimental psychology*, 18, 119-129.
- Bakan, P. (1960). Response-tendencies in attempts to generate random binary series. *American Journal of Psychology*, 73, 127-131.
- Finke, R.A. (1984). Strategies for being random. *Bulletin of the Psychonomic Society* 1984: 22: 40-41.
- Guilford, J.P. (1959) *Personality*. McGraw-Hill: New York.
- 長谷川芳典 (1986). 乱数生成行動の条件づけ. 第2回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 205-210.
- 長谷川芳典 (1987). デタラメにあるまじくことの学習. 第3回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 189-194.
- 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, 33-42.
- 長谷川芳典 (1990). 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——移リズムからみた特徴—— 長崎大学医療技術短期大学部紀要, 4, 61-66.
- 長谷川芳典 (1992). 3項随伴性の柔軟性に及ぼす教示内容と記憶負荷の効果. 岡山大学文学部紀要, 17, 99-109.
- 長谷川芳典・橋本隆夫 (1992). T迷路の左右選択に及ぼすランダムな強化配列の効果. 日本行動分析学会第10回年次大会発表論文集.

- 長谷川芳典 (1993). 拡散的思考と創造性：乱数生成行動の学習要因の実験的分析, *創造性研究*, 10, 142-159.
- 長谷川芳典 (1997). オペラント条件づけによる可変的な選択行動の形成, *岡山大学文学部叢書*14. (岡山大学文学部)
- 長谷川芳典 (2006). スキナー以後の行動分析学(6)長期的な視点で行動を捉える, *岡山大学文学部紀要*, 45, 11-26.
- 橋本隆夫・長谷川芳典 (1992). 3方向迷路の選択に及ぼす強化随伴の効果, *日本行動分析学会第10回年次大会発表論文集*.
- 黒木健次 (1978). 乱数生成法からみた分裂病の臨床経過, *日大医学雑誌*, 37, 1333-1344.
- Lopes, L. L. (1982). Doing the impossible: A note on induction and the experience of randomness, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 626-636.
- Matsuda, K. (1973). Creative thinking and random number generation test, *Japanese Psychological Research*, 15, 101-108.
- 乱数テスト研究会 (1973). 人間乱数—頭脳のプリズム—, *自然*, 28, 49-57.
- Reynolds, G. S. (1961). Attention in the pigeon, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 203-208.
- Ross, B. M. (1955). Randomization of a binary series, *American Journal of Psychology*, 68, 136-138.
- サトウタツヤ・渡邊芳之 (2005). 「モード性格」論—心理学のかしこい使い方, 紀伊国屋書店.
- 杉山・島宗・佐藤・マロット・マロット (1998). 行動分析学入門, 産業図書.
- 日本数学会 (1968). 数学辞典第2版, 岩波書店.
- Teraoka, T. (1963). Some serial properties of subjective randomness, *Japanese Psychological Research*, 5, 120-128.
- 和田秀樹 (1994). シンプル日本人, KKロングセラーズ.
- Wagenaar, W. A. (1972). Generation of random sequences by human subjects: A critical survey of literature, *Psychological Bulletin*, 77, 65-72.
- 脇本和昌 (1970). 初等情報処理講座 5 乱数の知識, 森北出版.
- Weiss, R. L. (1964). On producing random responses, *Psychological Reports*, 14, 931-941.
- Weiss, R. L. (1965). Variables that influence random-generation:—An alternative hypothesis, *Perceptual and Motor Skills*, 20, 307-310.
- Yavuz, S. (1963). The production of random letters sequences in schizophrenics, *The Journal of Psychology*, 56, 171-173.