慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	ランダム系列の知覚と系列内パラメータ変化の検出
Sub Title	Random series perception and the detection of parametric change
Author	小林, ポオル(Kobayashi, Paul)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	1981
Jtitle	慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要 : 社会学心理学教育学 (Studies in sociology, psychology and education). No.21 (1981.) ,p.59- 73
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00069 57X-00000021-0059

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

ランダム系列の知覚と系列内パラメータ変化の検出

Random Series Perception and the Detection of Parametric Change

小　林　ポオル
Paul Kobayashi

Four experiments were conducted to investigate the human perception of random series and the detection of parameter changes in them. Stimuli exposed for subjects were several kinds of trains in which an "event" appeared repeatedly. Their inter-occurence interval or the magnitude of the event was generated from the exponential random process. In experiment I & III, stimulus series contained one parameter change, and human detection of its change was studied. In experiment II & IV, these series were treated as "patterns" and the mechanism of their discriminations were studied.

In first two experiments with visual stimuli, we found:

1. Subjects perceived various "subjective" patterns or rules in the series, although they were generated randomly.
2. Therefore, when the series contained a parameter change, subjects perceived different patterns or rules, and according to this mechanism they ditected the change in the series.

However experiment III, in which all series had different patterns (therefore the total series had no typical local characteristics), showed similar results as given in standard experiments of discrimination thresholds.

Experiment IV in which auditory time series were used confirmed the results in experiment I & II.

は じ め に

人間は日常生活のさまざまな場面で，外界からの情報を受容し・それを処理した後何らかの決定を行い・それに応じた行動を外界に対して執る，という一連のプロセスを行っていると考えられる。このとき，受容した情報が今までに全く経験したことが無いものであるという場合は少なく，多くの場合最終的に今までに人間の側に蓄えられてきた同種の情報に比べて量あるいは程度が変化した，という情報と見ることが出来る。例えば「此頃電車がすいている。」，「最近は交通事故が多い。」等はそれぞれ，「今までの電車の混み具合いに比較して，ここ二三日は乗客が少ない。」，「例年新聞で見る交通事故の記事の頻度に比べて，ここのところ事故の記事ばかり目につく。」という頻度の変化の判断に基づいていると考えられる。

また，さらにミクロな場面，例えば音や光を知覚する，ということについて考えてみる。この場合もまた，刺激受容器から中枢神経系に伝えられるパルスの頻度の変化を検出して，当該刺激の有無・強度の変化を判断していると思われる。

このように，多くの場合情報をそれとして受容する，ということは対象の頻度変化を検出することに相当すると考えられる。ところで，外界である事象がくり返し生起するという事態は通常規則的には起こらない。電車はいつも同じだけ混んではいないし，交通事故の記事は3

日に1度と云うきまった割合で新聞に載る訳ではない。またある一定の強さの音が常に一定間隔のパルス列を中枢に送り込むわけでもない。多かれ少なかれそこにはバラつきがあるし，頻度の変化もそのようなバラつきのなかに埋まった形で現われてくる。このように考えると，我々が行っている変化の判断は，「通常不規則に生起している事象が〝ふつうのバラつき〟の程度では考えられない程大きくずれて生起した」ということを検出していることになる。

人間のこのような判断が，〝或る確率分布に従っている事象について，その分布からのランダム・サンプルによって形成される系列を観察することにより，事象の起こり易さを推定する〟ということを基礎として行なわれるならば，いろいろな刺激材料・実験条件で行なわれている〝主観確率〟の研究はこのことに対しデータを提供してくれる筈である。例えば Edwards & Phillips (1964) は系例データによる人間のパラメータ推定と統計的最適解とを比較する実験を行っているし，Edwards (1968) は人間の推定の最適解に対する〝ずれ〟の様体とその原因と考えられるものについての討論を行っている。また Tversky & Kahneman (1973) は，より日常の生活に近い場面での人間の確率推定の特性を豊富な実験から導出している。そしてこの種の研究はほとんどの場合，数学的に定式化される〝客観確率〟と対比する形で主観確率が論じられている。しかしながら，人間の判断がその基準を〝客観確率〟におかねばならない必然性はない。従って〝人間の確率推定が客観確率とのズレを生ずる理由〟，〝確率推定メカニズムとしての人間に欠けている，または不完全な情報処理機構〟について調べる前にまず，〝ランダムな系列とその変化について人間はどのように知覚するのか〟を研究することが必要であると思われる。

目　的

そこで，この〝不規則に生起している事象〟がどのように知覚されるのか，またそのバラつきのなかに生ずる変化をどのように識別しているのか，ということについて，実験的にその状況を作り出し，それに対する人間の反応を検討することにより調べてみる。

実験事態の設定

ある事象が一定の期間ランダムに生起・不生起する，という事態を以下のように考える。

1) 事象は一定の確率でくり返し独立に生起する。

2) 時間軸上に 1) によって出来た系列をとれば，事象が生起してから再び生起するまでの時間々隔 t は，指数分布

$$f(t)=\frac{1}{\lambda}e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

に従う。

3) そこで，〝事象〟として適当な刺激をとり，それが指数分布に従う確率変数を時間々隔としてくり返し生起する刺激系列を作成し，それを人間に呈示すれば，これは〝不規則に生起している事象〟をある期間観測することに対する一番単純な近似となると考えられる。

このようにしてランダムな系列を実験室内に作り出し，その系列の統計的な性質をいろいろ変化させてそれに対する人間の主観的な変化の印象を測定し，また相異なる系列間に感じられる主観的な距離を測定することによって，人間が知覚する〝変化〟に関する基礎的なデータを収集する実験を行う。

実　験　I

先づ，ランダムな系列を生成している確率分布が途中でその分布のパラメータに変化を受けた場合，その変化を人間が検出することが出来るのか，またパラメータの変化の大きさに対応して検出の様子はどのように変化するのか，ということについて視覚刺激を用いて実験を行う。

方　法　**刺激**：刺激系列として，以下の手続で得られたものを使用する。

1) 〝事象〟を長さ 6 mm の縦線分とする。

2) 縦線分は次式に従う指数乱数 $x(mm)$ を間隔としてくり返し生起し線列を構成する。

$$f(x_i)=\frac{1}{\lambda_i}e^{-\frac{x_i-x_0}{\lambda_i}}\qquad(x\geq x_0)$$

ここで，x_0 は最小間隔を保証するための定数で，$x_0=1$ である。

3) 線列全体の長さは 600 mm である。但し長さ 300$mm\pm Cmm$ ($|C|\leq 150$，C は一様乱数) 以降は，間隔 x の従う指数分布のパラメータは λ_j とする。

つまり，この手続きで生成された線列は，ほぼ中央付近を境界として半分は λ_i+x_0 を，右半分は λ_j+x_0 を平均間隔とすることになる。線列の組成を図1に示す。また，左右のそれぞれの間隔が従っている分布の概念を図2に示す。実験に用いられる線列はひとつの $\{\lambda_i, \lambda_j, C\}$

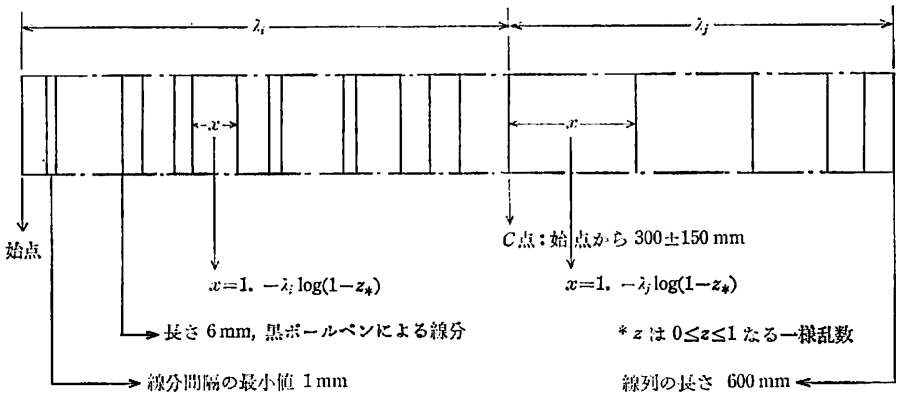

図 1　実験 I で刺激として使用した線列の組成

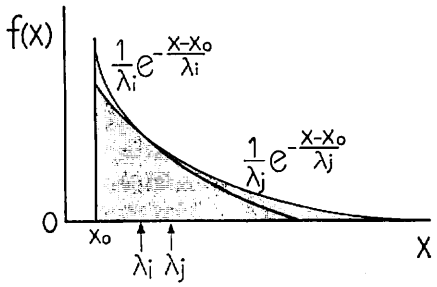

図 2　パラメータ変化による指数分布の形状の変化 $\lambda_i\rightarrow\lambda_j(\lambda_i<\lambda_j)$ でそれまで殆んど出現しない大きな間隔が現われるようになり，短い間隔の出現頻度は減少する。

について4本作成する。また $\lambda_i=2.0mm$, $4.0mm$ の2種類の組を作り，前者に対しては $\lambda_j=1.3mm$ から 2.7 mm まで 0.1mm ステップで 14 種類 ($\lambda_i=\lambda_j=2.0mm$ は作成しない)，後者に対しては $\lambda_j=2.6mm$ から 5.4mm まで 0.2mm ステップで14種 ($\lambda_i=\lambda_j=4.0mm$ は作成しない)，合計28種類の組合わせを作り，都合112本の線列を作成する。これら刺激は大型計算機とそれに接続されたX-Y プロッタによって数値計算・作図がなされた。作成された刺激のいくつかを図3に示す。

上記刺激は紙テープ状に裁断され，紙送り装置によって一定方向・一定速度で移動しながら被験者に呈示される。このとき，刺激上にはスリットが置かれ，被験者は

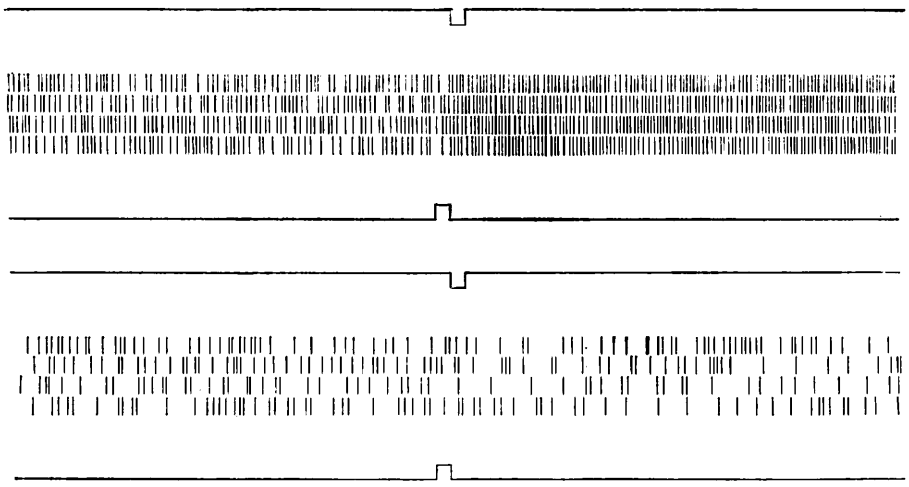

図 3　刺激線列の例　ひと組の (λ_i, λ_j) について4本ずつ作成した。上は (2.0, 1.4)、下は (4.0, 5.3) の刺激の中央部である。線列上下の印は変化点Cを示す。

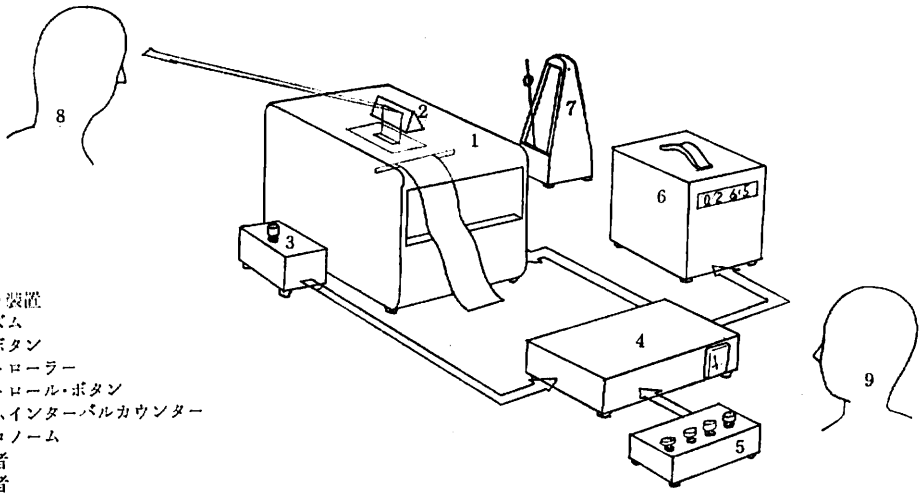

図 4　装置配置図　紙テープ状の刺激は下から照明を受けスリットを介し 1 本の線列のみが呈示される。

そのスリットを介してのみ線列を観察する。スリットは幅 5, 10, 20, 40*mm* の 4 種類で高さは何れも 7*mm* (1本の線列がちょうどはいる高さ) である。線列は被験者から見て右から左へ 21*mm/sec.* で移動する。被験者・装置の配置を図 4 に示す。

手　続：ひとりの被験者に対し 1 本の線列を呈示することを以て 1 試行とする。28種類の線列をすべて呈示することを以て 1 系列とする。ひとりの被験者は各スリット幅について 2 系列ずつ，計 8 系列の観察を行う。その際，同一スリット幅の系列に於いては，同じ (λ_i, λ_j) の組合わせの 4 本の線列のうち，重複しないものを選んで呈示する。

実験は，ひとりの被験者に対し，原則として 1 日 1 系列ずつ 6 日に分けて行う。各系列共28試行の前に 4 試行の warm up を行う。また，第 1 日目の系列の前には 14試行の habituation session を設ける。使用するスリット幅の順番はランダムである。

被験者は10名，何れも心理学科学部学生・院生である (男子 8 名，女子 2 名)。

1 系列の実験は以下の要領で行う。

1°　実験は暗室で行う。被験者はまず，約 5 分間の暗順応を行う。

2°　被験者に次の如き instructions を与える (第 1 日のみ)。

〝スリットの中を縦線が列をなして流れて行きます。線と線との間隔は一定ではなく，常にバラついています。そしてそのバラつき方が，1 回の観察中に数回変化します。何回変化するかは決まっていませんが，全体的に線の並びが密になったり，疎になったり，ということが起こります。そのような変化に気付いたらすぐに反応ボタンを押して下さい。ボタンを押せば刺激は止まります。そして次の問いに答えて下さい。

①並びが密になったのか疎になったのか。

②その変化は何秒ほど前から起こったのか。

③この判断にどれほど自信を持っているか。

②の判断を容易にする為に，実験中はメトロノームを毎秒 1 回鳴らします。③は 5 点尺度で答えて下さい。1 は殆んど自信がない，5 は非常に自信がある，を表わすものとします。答え終ったら刺激を再び観察してもらいます。新しい状態からまた変化したら，ボタンを押し①〜③に答えて下さい。ボタンは何度押しても結構です。〟

3°　14試行の練習 (2 日目以降 4 試行) の後，28試行の観察を行う。この間メトロノームは♩=60 で鳴らしておく。観察距離は明視距離，両眼観察。

4°　被験者が *C* 地点直前で反応した時は，実験者は刺激を逆行させ，*C* 地点より 100*mm* 程手前から再び観察させる。また，他の場合も刺激を少し戻してから再び観察させる。

5°　実験中，第14試行が終了した時，約 5 分の休憩

を挿入する。

このような手続により，各スリット幅の条件下で，ひとつの (λ_i, λ_j) の刺激に対し各被験者2回，全体で20回の観察を行う。

結果および考察　被験者の反応のうち，以下の3つの基準を満たしたものを正答とする。

1°　C点通過後最初の反応

2°　C点通過後0.8秒から10秒以内の反応

3°　変化の方向の判断が実際の $\lambda_i \rightarrow \lambda_j$ の変化に一致しているもの

全被験者の正答について，その正答率 P_{CR} をパラメータの変化の大きさに対してプロットしたものを λ_i 別に図5・6に示す。また，C 点通過から正答までの経過時間を反応時間とし，それを $\lambda_i=4.0\,mm$ ついて同様にプロットしたものを図7に示す。これから解かるように4種類のスリットの条件を変えることで行った情報処理の記憶に対する依存度の統御は，少なくともこの実験の範囲では効果がなかったと言える。また手続 2°－③

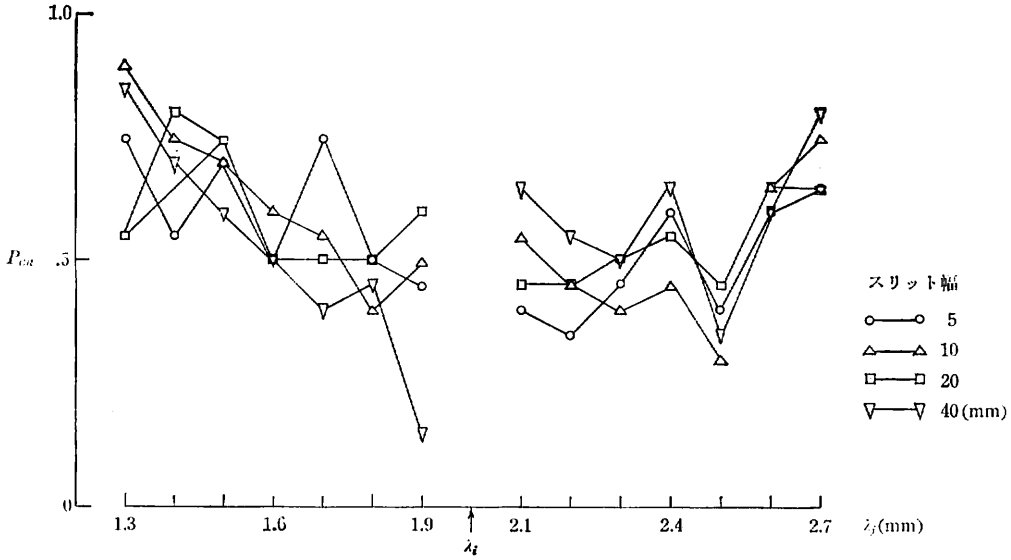

図 5　λ_i=2.0mm の線列に対する正答率の変化

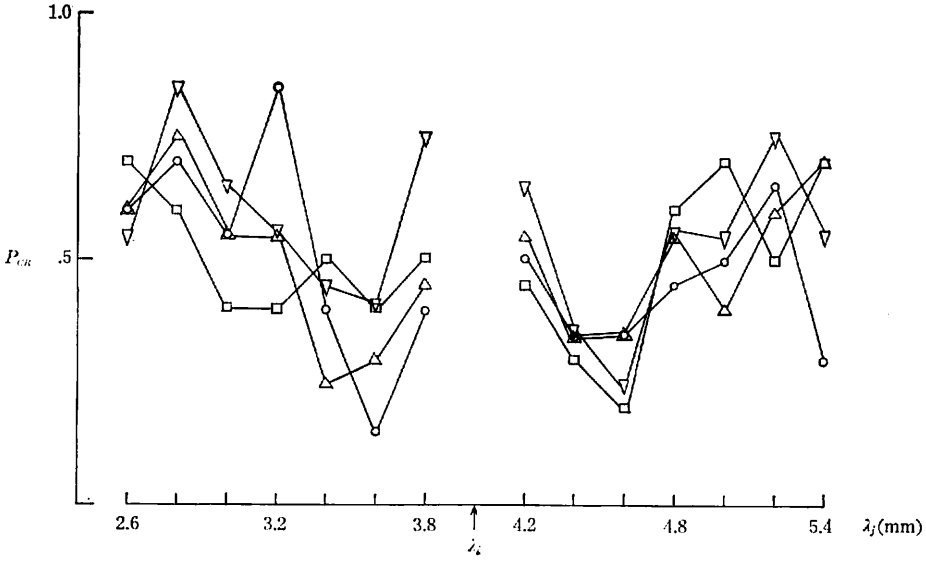

図 6　λ_i=4.0mm の線列に対する正答率の変化

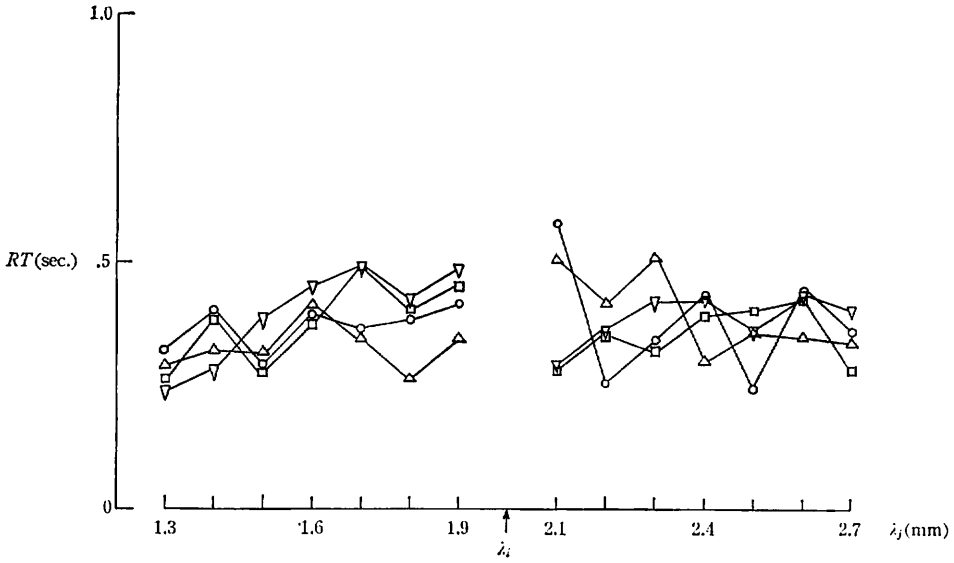

図 7 λ_i=4.0mm の線列に対する反対時間の変化

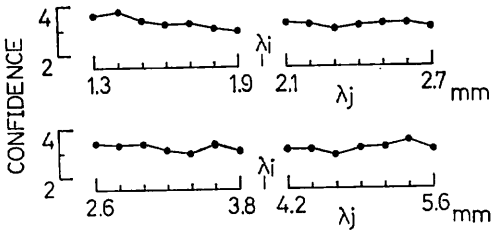

図 8 パラメータ変化量に対する確信度の変化 スリット条件は実験Ⅰにおけるどの反応測度に対しても影響を与えなかったので，これ以降4つのスリット条件についての平均値を以て結果を示す。

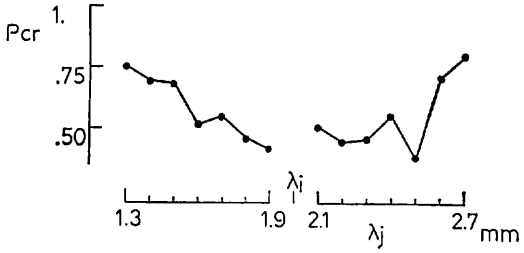

図 9 λ_i=2.0mm に対する平均正答率の変化

によって収集した確信度反応を正答についてプロットした図8により，確信度がパラメータ変化の大きさに従って変化することもないことが解かる。そこで，改めてすべてのスリット条件を合計したものについて，正答率の変化を λ_i 別に図9・10に示す。これにより，確かにパ

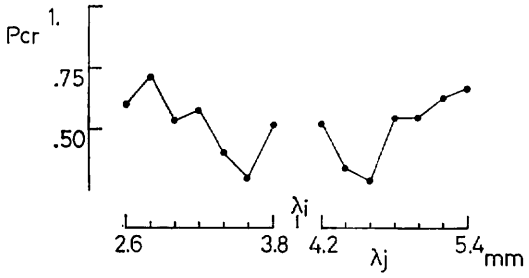

図 10 λ_i=4.0mm に対する平均正答率の変化

ラメータの変化が大きければそれの検出は容易になることが解かる。また λ_i=4.0*mm* に対し λ_j の変化の範囲を λ_i=2.0*mm* に対するそれの2倍に設定したことを考慮に入れて図9・10を比較すると，パラメータ変化の検出は $|\lambda_i-\lambda_j|$ そのものより $|\lambda_i-\lambda_j|/\lambda_i$ に依存していると考えられる。

ところで，以上の処理及び考察は〝人間はランダムな系列の内に存在する組織的な変化をどのように検出するのか〟という見方からのものであり，従って〝正答〟と見做した反応は〝*C* 点通過後一定時間に生起した反応〟であった。しかし〝正答〟でない反応も，〝何らかの変化が知覚された〟ことにより引き起こされたものであり，被験者から見ればその両者を区別する必然性はないと思われる。実際に〝誤答 (False Alarm)〟は図11に示す如く λ_i の値，(λ_i, λ_j) の組合せに拘らず1試行に約1個の割合で得られている。そこで，あるひとつの線列につ

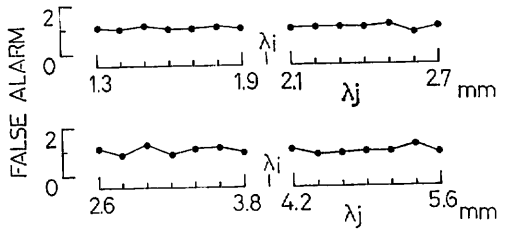

図 11　パラメータ変化量の異なる系列に対する〝誤反応〟の平均出現頻度

いて，その実際の線分間々隔及びそれに対する全被験者のすべての反応の頻度をプロットしたものを図12に示す。これによれば，

1°　ひとつの系列内のほぼすべての領域に於いて反応は存在し，

2°　系列内のいくつかの領域に特に反応が多く集中し，

3°　その特別な領域のひとつに，パラメータ変化点を検出していると考えられるものがある。

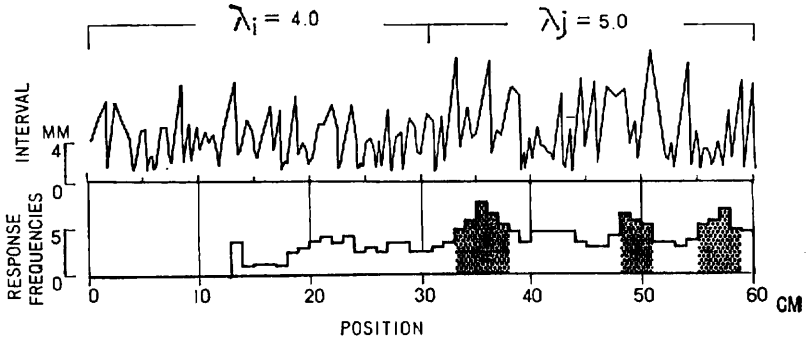

図 12　$(\lambda_i, \lambda_j)=(4.0, 5.0)$ の線列の間隔の変化およびそれに対する全被験者の反応ただし反応は系列位置 12cm から 60cm までを 1cm ずつ 48 等分し，となり合う 3 区間の反応頻度の移動平均をとり，それを示した。反応中のドットで被われた部分は，〝特殊な領域〟を示す（本文参照）。

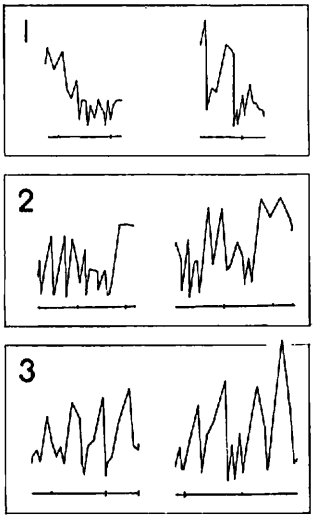

図 13　いろいろなパタン
1. だんだん短かくなった　2. 突然長くなった
3. 規則的な繰り返し

といえる。この傾向は，この実験のすべての線列について共通に見られた。そこでこの〝特殊な領域〟を〝反応が 1 区間に 6 以上または連続する 3 区間に15以上生起した領域〟と定義し，それに対応する線列の領域をぬき出し，そのいくつかを図13に示す。この図から，これらの領域はいずれも〝間隔が突然短く（長く）なった〟，〝間隔がだんだん長く（短く）なった〟，〝規則性の感じられるパタンが現れた〟等の変化を持つように見られる。しかしこれらの変化は図12に見られるパラメータ変化に伴う全体的な変化に比べて非常に局所的である。逆に言えば，この実験条件下で被験者が検出し得た〝変化〟は局所的なパタンの変化ないし局所的な規則性の存在である。このような変化は刺激系列の側から見れば，パラメータが実際に変化する地点の近傍で最も起こりやすく，且つパラメータの変化量が多ければ多い程その変化も大きくなり易い。よって，図 9・10に見られるパラメータ変化量と正答率との関係は，被験者がある程度正確にパラメータ変化を検出し得たと考えるよりは，被験者の検

出し得るパタンないしパタンの変化はパラメータ変化量の増大に伴ってその変化点近傍に現れる可能性が高まる，という構造に起因すると見る方が妥当であると考えられる。

実　験　II

ランダムな系列におけるパラメータの変化の検出が，その変化自体を見通すことによってではなく，それに起因するパタンの変化によって成されるのならば，人間がランダムな系列の内にどのようなパタンを知覚しているのか，またそのようなパタン相互の間にはどのような関係があるのか，ということが問題になる。そこで，さまざまなパラメータを持つパタンを多数作成し，それら相互の間に人間が感ずる主観的な距離をパラメータの異同に拘らず同一の条件下で測定し，その様子を見ることにする。

方　法　**刺激**：刺激カードを以下の手続で作成する。

1) 実験Ｉと同様に指数分布を確率密度関数として持つ変数 x を長さとする線分が，一定の間隔で24回生起し，線列をなす。
2) 線列内において，パラメータは変化しない。
3) 1)・2) によって，また x_0 (cut off point) を制御することによって，線列を構成する線分の長さの平均値・標準偏差がそれぞれ (28*mm*, 8*mm*), (28, 8), (28, 10), (30, 8), (30, 10) である５つの基本線列を作成する。この５つの線列のパラメータの組は互いに，

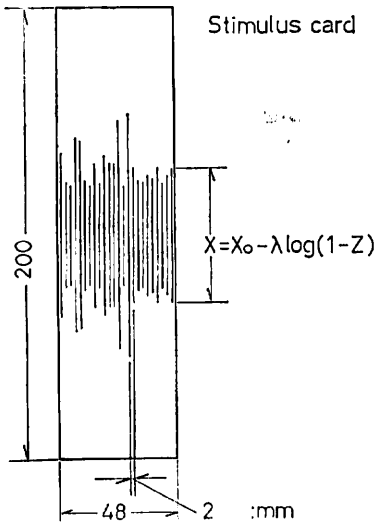

図 14　実験Ⅱで用いられた刺激カードの組成

1. 平均値・分散とも等しい
2. 平均値のみ異なる
3. 分散のみ異なる
4. 平均値・分散とも異なる

のうち何れかの関係を持つ。

4) 3) の基本線列を 2，4 ないし８本づつの区域に分割し，分割された区域を並べかえて新たな線列とし，それを刺激カードとする。これにより得られるパタンは基本線列と比べて，全体としては同一のパラメータを持ち，局所的に同一のパタンを含み，パタン全体の形状は異なる，という性質を持つ。

このようにして26の刺激カードを作成し，それらをＡ～Ｚとする。刺激カードの組成を図14に示す。刺激カード名とパラメータ・並べ換えの方法との対応を表１に，刺激カード相互の関係を図15に示す。また作成された刺激カードの例を図16に示す。

表 1　実験Ⅱで用いられた刺激カードのパラメータ
Ａを基本パタンとするとき，２本ずつ８区域に分割して並べ換えたものがＢ・Ｃ・Ｄである。基本パタンＭ・Ｕ・Ｙ・Ｑ については $n=4$ の並べ換えパタンのみ作成した。

PARAMETERS (mean, s.d.)		SEGMENT: n 2	4	8
28, 8	A	BCD	FGH	JKL
28, 8	M	——	NOP	——
28, 10	U	——	VWX	——
30, 8	Y	——	EIZ	——
30, 10	Q	——	RST	——

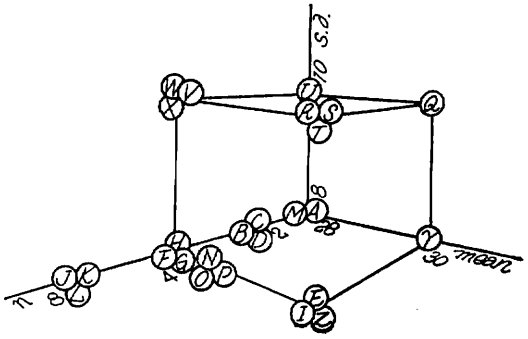

図 15　刺激カード相互のパラメータ・並べ換えの関係

手続：26のパターンから任意にひとつのパターンを選びその系列の基準刺激とする。被験者はこの刺激に対し

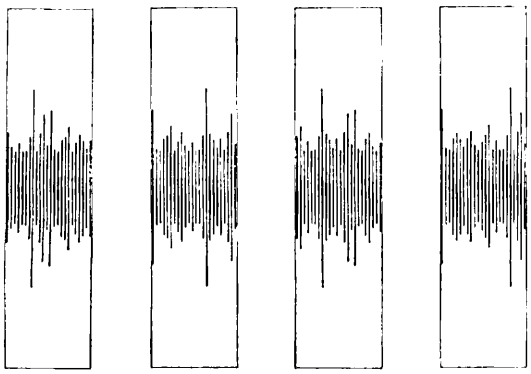

図 16　基本パタンMと $n=4$ の並べ換えパタンN・O・P

残りののパターンを〝似ている度合に応じて〟並べることを求められる。非常によく似ていれば基準刺激のすぐ右に，似ていなければもっと右方へ，というように基準刺激を左起点とする横一線の列を作る。

26のパターンから成る列が作成されたら，実験者は基準刺激から各パターンまでの距離を測定し，その系列を終わる。以上をすべてのパターンを基準刺激として26系列行い，ひとりの被験者に対する実験とする。被験者は学部学生5名。

結果および考察　実験で得られた各数値を，印東の方法 (Indow; 1960) で処理しパターン間の距離行列を作成し，Metric MDS を用いて26のパターンの布置を求めた。計算の結果から，布置はほぼ3次元空間に収まることが推定された。この布置を作図したものを図17-1に示す。

また測定値からパラメータの異なる12のパターンに関する情報を取り去り，(28, 8) のパラメータを持つ14のパターンについて同じ処理を行なった結果，2次元の布置を得た。これを作図して図17-2に示す。

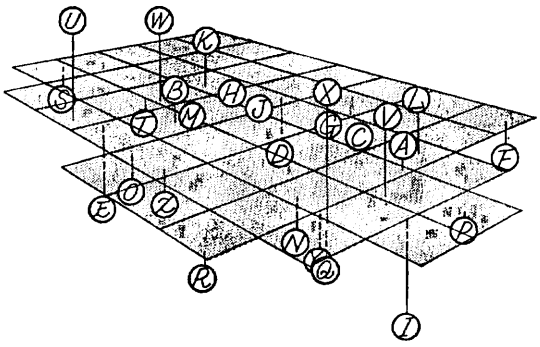

図 17-1　いろいろなパラメータ・並べ換えを含む26パタンの布置（被験者A）

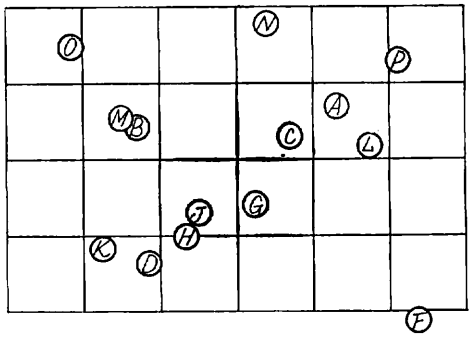

図 17-2　同一のパラメータを持つ14パタンの布置（被験者A）

図17-1を図14と対照すれば明らかなように，刺激線列を時系列としてではなく空間的なパタンとして拘えた場合，この実験で用いた範囲のパラメータの相違は結果的に識別判断の準処するひとつの軸となり得ても直接的な要因とは言えない。このような状況では全体的なパタンの類似性が重要な手掛りであり，それは局所的な共通パタンの存在よりも強く働く。そしてその〝全体的な類似性〟とは図17の結果を例にとれば，〝全体的な減少（K，H）・増大（A，P）〟，〝ピークの線化内での位置（O，M，B，G，Fの順で左から右へ）〟，〝ピーク値となり得る線分の多（U，W，K）・少（Q，Y，I）〟で特徴づけられるものと見ることが出来る。これらの特徴をもつ刺激カードを図18に示す。

もちろん，このようなパタン識別の手掛りは，パタンの時系列としての性質が強調されなお且つパラメータの差が大きいという場面では，相対的に目立たぬものとなる。この実験で用いたと同じ組成の刺激カードを使い，実験Ⅰと同等の手続で行なわれた研究（井上1976，小林1977）では，図19に示すように図9・10と同じ傾向を示す結果を得ている。しかし実験Ⅰ・Ⅱで得られた結果を基に考えれば，この場合もやはりパタンの変化・新奇なパタンの出現等の検出が判断の手掛りになっており，パラメータの変化が大きければ，その地点におけるパタンの変化が他の部分での変化に比べ非常に明確になるため結果的に〝パラメータの変化を知覚する〟ことになると思われる。

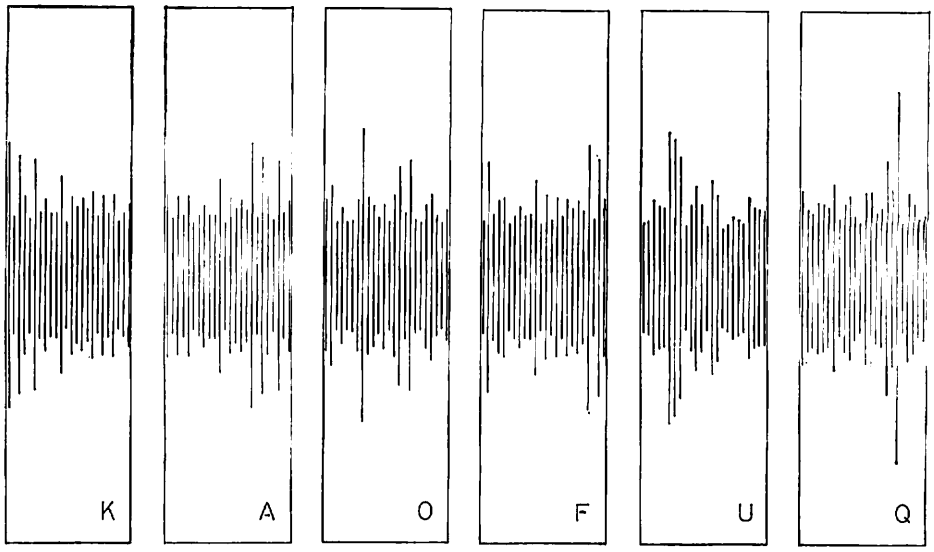

図 18 いろいろな特徴を持つ刺激パタン 右から，全体的な減少・増加・ピーク値の左・右ピークの多・小

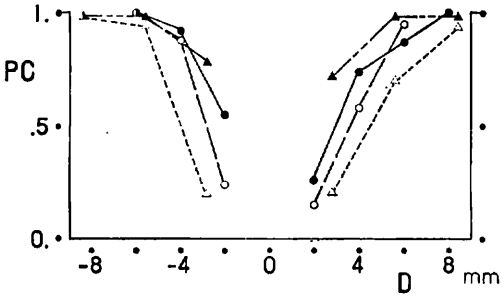

図 19 実験Ⅱと同様のカードを並べることによりパラメータが変化する系列を作成し，その変化点を検出させた実験（井上1976）の結果。○は平均値●はＳＤのみ変化，△は cut off を一定にするよう▲は極大値の出現頻度を一定にするように平均値・ＳＤとも変化させた系列。それぞれの正答率ＰＣの変化をパラメータ変化量Ｄに対してプロットしたもの。

討　論

以上ふたつの実験から，〝ランダムな系列の内での変化〟を人間が検出するということは次のように考えられる。まず，刺激系列のなかに何らかの規則性が存在するかどうか，パタンとして知覚し得るものがないかを検索する。もしそれらが存在すれば，その規則性・パタンが変化するか消滅した場合に〝変化〟を検出する。また，それらが存在しない場合には引続き検索を続け，何らかの規則性・パタンを知覚した時〝変化〟が起こったと見做す。そしてこのような系列に対し人間が知覚し得る〝規則性〟，〝パタン〟は比較的短かいスパンではあるが，その種類は多岐に渡り，その意味から言えば統計的にはランダムな系列も目まぐるしく変化する規則性・パタンの連続したものであると言える。このように考えると，〝ランダム〟という語が〝あらゆる規則性のないもの〟，〝パタンとしての形状を知覚し得ないもの〟を指し示すのならば，人間にとって最もランダムに近い系列とは，〝一定の事象が定間隔でくり返し生起する系列〟であると言うことになってしまう。

さて，この見地から最初に設定した実験事態を考察する。日常的に〝何かが変わった〟という印象を生じる事態を，〝ランダムな時系列におけるパラメータの変化〟と拘え，それに対応する刺激系列を作成した。しかし実際に〝何かが変った〟という判断を下す事態は，〝今までずっと注意して観察してきたものの生起頻度が変化した〟という場面ではない。むしろ〝今まで気に留めてはいなかったが，気が付いて見ると何か変わったようだ〟という場面が自然であろう。日常場面がそうであるならば，それには〝主観的に規則性のない時系列でのパラメータ変化〟を実験事態として対応させ，それに対する人間の変化の検出をみることが基本的な問題であると思われる。

実　験　III[1)]

時系列内での変化を検出する手掛りが全くないという意味では最も基本的な，そして部分的な〝パタン〟が全く存在しないという意味では人間が変化を検出しようとするとき最も〝ランダム〟な系列である，〝事象が等間隔で生起する系列〟を考え，その内に統計的にランダムな変動を挿入した系列を作成し，それに対する検出の様子を見る。

方　法　実験Ⅰ・実験Ⅱにおいては視覚刺激を用いたが，

1) 〝時系列内の変化の検出〟を行う機構は，基本的には刺激の入力経路に依存しないと思われる。
2) 聴覚刺激で系列を呈示すれば，時間軸上での事象の生起・不生起の列を空間布置におき変える必要がなくなり，それに附随する影響を無くすことが出来る。
3) 電子計算機によるオンライン制御で刺激を呈示する場合，聴覚刺激を用いた方が容易に多種の刺激系列を呈示することが出来る。

の3点の理由から，実験Ⅲおよび実験Ⅳでは聴覚刺激を用いることにする。

刺　激：基準となる系列として信号音が一定の間隔 τ で生起する系列を考える。ひとつの系列は31の信号音で構成される。従って信号音間の間隔ＩＳＩは30である。この系列の一部を変動するＩＳＩを持つ小系列で置き換えたものを刺激系列とする。置き換えの手続きは以下の通り。

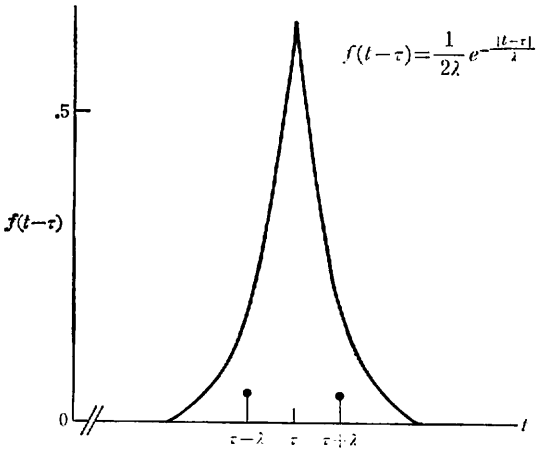

図 20　ラプラス分布　基本的に間隔 τ で生起する事象が，指数分布に従うランダム遅れを付加されたとき，事象間々隔はラプラス分布に従う。(McGill 1963)。

基準となる系列の第 k 番目以降の５つのＩＳＩを図20に示すラプラス分布に従う確率変数 t で置き換える。つまり，

$$ISI_j=\begin{cases}\tau & (j<k,\ k+5\leq j)\\ t:\ f(t-\tau)=\dfrac{1}{2\lambda}e^{-\frac{|t-\tau|}{\lambda}} & (k\leq j<k+5)\end{cases}$$

ここで $E(t)=\tau$ であり，λ は $|t-\tau|$ の平均値である。この置き換えにより，刺激系列は一定の確率で時間軸上をランダムに変動するズレを部分的に含むことになる。刺激系列の組成を図21に示す。

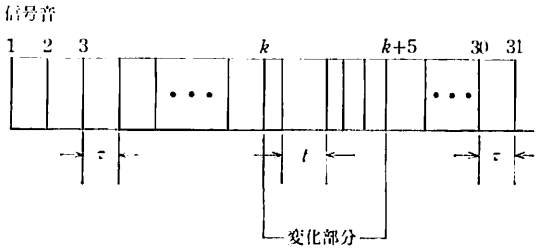

図 21　実験Ⅲで用いられた刺激系列の組成

手　続：$\tau=100,\ 140,\ 180,\ 220,\ 260$(msec.) の５条件を設け，各々について t の変動の大きさをいろいろに変化させたものを一系列ずつ被験者に呈示する。被験者はその系列に不規則な部分があったかどうかを反応する。刺激呈示は恒常法を用いる。被験者は５名，ひとりの被験者は１条件あたり100系列の刺激を５条件のすべてについて判断する。信号音は 2 KHz 純音 (20 msec.) である。乱数発生・刺激系列作成・呈示はすべて卓上電子計算機で行う。刺激系列の変化部分は呈示する度に新たに計算し，同一の刺激系列を再度使うことはしない。系列作成時に，変化部分の時間々隔の平均値 $\bar{t}$ は $\tau\pm10$ msec. に納まるよう統制が加えられる。

結果および考察　系列の変化部分の変動の大きさを示す測度として，変化部分の時間々隔の標本標準偏差（ＳＳＤ）をとることにする。ＳＳＤに対し〝変化が存在した〟という反応の相対頻度 P (+) を正規確率紙上にプロットしたものを図22に示す。また P (+) = .75となるＳＳＤの値をその τ における弁別閾値と定義し，各 τ に対する弁別閾値を図23に示す。

実験Ⅲは，〝パラメータの変化を検出する〟という意味では実験Ⅰと同じである。しかし，以下の２点で実験が単純化された。

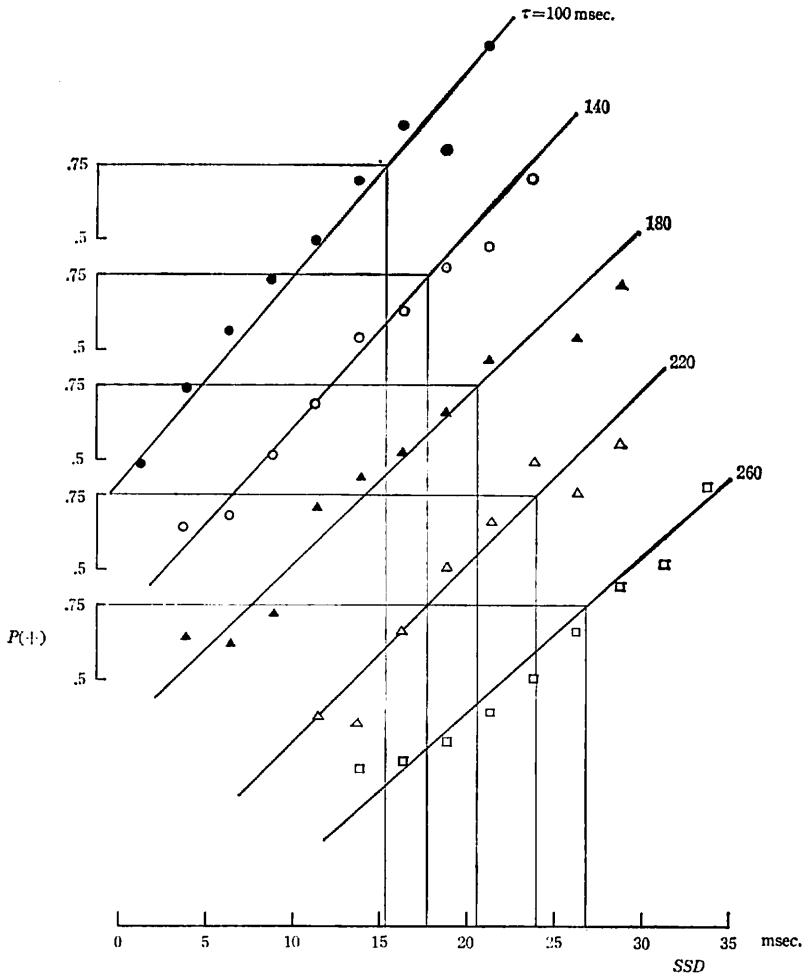

図 22 ＳＳＤに対するＰ(＋)の変化 重複を防ぐため，τ別に縦軸をずらして表示している。

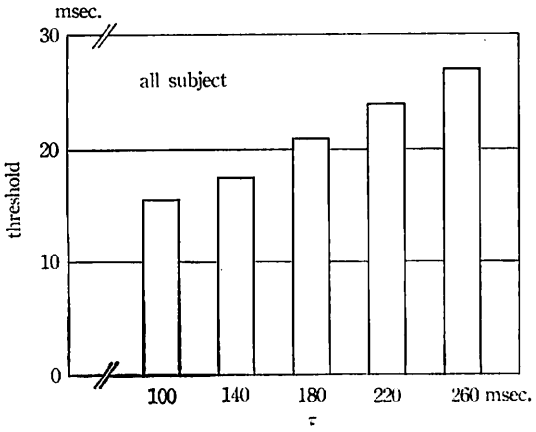

図 23 刺激系列のτの値による弁別閾値の変化

1) 系列内で変化が認められ得る区域は非常に狭い範囲に限定されている。このことにより，変化の検出とそれを引き起こした刺激変化との対応が明確になる。また，被験者の負担も軽減される。

2) 同じ刺激系列をくり近し使わぬことにより，パラメータの変化量は同じであるが変化パタンの異なる多数の刺激系列を同一の被験者に判断させることが可能になった。この結果，ひとつひとつのパタン個有の性質に依存しない，いわば〝平均化〟された変化検出の様子を見ることが出来る。

このような実験場面を設定すれば，結果は図22・23に見られるように，標準的な弁別曲線・弁別閾値の変化を示す。つまり，ランダムな変動の検出という事態も，全

体として見れば通常の step function 的変化の検出と同じ様相を示す。またパラメータ変化がある程度大きくなれば，その変化のパタンに無関係に検出が正確に行われることは実験Ⅰおよび図19から明らかである。これに対し，個々の系列における変化の検出が問題となる場面で，ランダムな変動がパラメータ変化に比肩し得る大きさを持つ事態にあっては，ランダムな変動は人間にとっては有意味なパタンとして知覚され，その変化・規則性が系列の変化を判断する主要な手掛りになっていると思われる。

実　験　Ⅳ[2),3)]

そこで，空間布置としてのランダムパタン相互の間に知覚される距離についてその構造を見た実験Ⅱと同様に，時系列としてのランダムパタン相互の関係を見ることにする。

方　法　**刺激**：以下の手続で得られる時系列パタンを17種作成し刺激とする。

1)　7個の信号音（800Hz 純音）がランダムな時間々隔で生起するものをひとつの時系列とする。

2)　時間々隔 t (sec) は指数分布に従う確率変数であり，$f(t)=\frac{1}{.75}e^{-\frac{(t-.05)}{.75}}$ である。

3)　1)・2) によって生成される系列の中から時間々隔の総和 T が 5 sec±500 msec の範囲のものを選択する。

これにより得られた17種の刺激パタンを図24に示す。

手続：上記17種の刺激パタンを対にして得られる総ての組合せについて，図25に示す時間機制で被験者に継時呈示する。被験者はふたつの刺激パタンを聴取した後，それらの間に感じられる類似性に応じて〝0（全く区別がつかない）〟から〝7（非常に異なる）〟までの整数値からひとつを選び，反応する。ひとつの刺激対の呈示一反応を1試行とし，異なる刺激パタンの組合せ（136）×呈示順（2），および同一のパタンの組合せ(17)の合計289試行を以て1ブロックとする。ブロック内での刺激

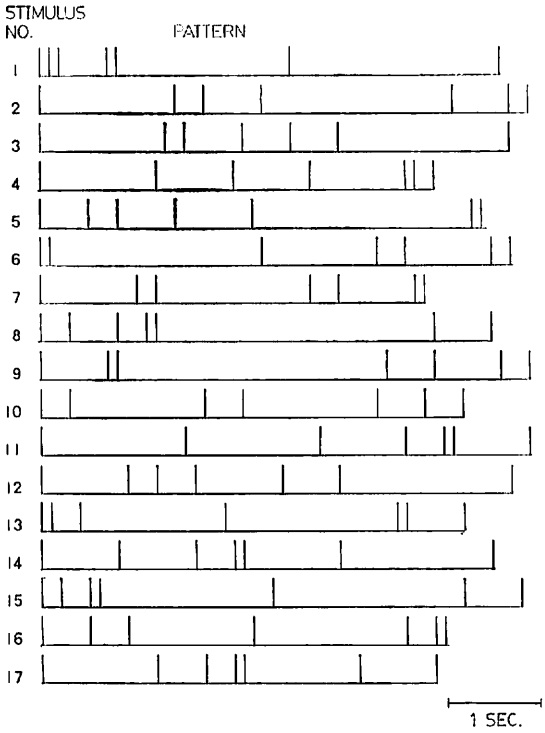

図 24　実験Ⅳで用いた全刺激パタン
信号音を従線分で，信号音の時間間隔を線分の間隔で示す。

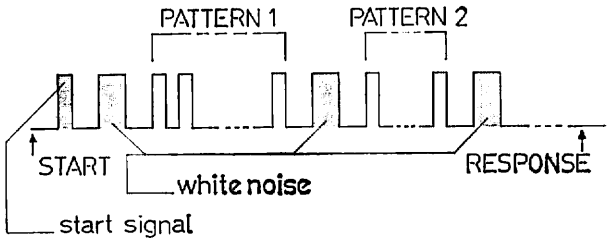

図 25　実験4の時間機制　被験者がスタートボタンを押すと1秒後に開始合図（1.3KHz 純音 0.5 秒）が示され，引続き3つのホワイトノイズ（1秒）によって区切られたふたつのパタンが連続して呈示される。呈示後被験者が反応ボタンを押すことにより，1試行が終了する。

対の呈示順はランダムである。被験者は4名，ひとり当り2ないし4ブロックの反応を収集する。刺激系列の作成・管理・呈示，反応の収集・整理・分析は総て卓上電子計算機システムで行う。

結果および考察　刺激対毎に得られた距離判断を整理し，被験者毎に Metric MDS で処理して17種の刺激系列の布置を求めた。結果は実験Ⅱのそれに比べかなり複雑で，明確な構造を特定することはできなかった。表2に全被験者に対する刺激の布置を示す。

このことの原因のひとつとして，時系列を聴覚刺激としたことが挙げられる。信号音によるパタンは記憶システム上にしか形成され得ず，対にして一回ずつ継時に呈示された場合，純粋に記憶内のみでの比較照合しか行われないので判断が困難になった。つまり時系列としての性質を強調する実験方法をとったためパタンが形成されにくくなり，系列を継時に呈示したことにより時間進行に伴う記憶強度の減少・パタン間の相互干渉が直接判断に影響を与えたものと思われる。

お わ り に

ランダムな時系列におけるパラメータ変化の検出およびランダムパタン間の識別に関する4つの実験によって以下のことが解かった。

少なくとも，パラメータの変化範囲が比較的小さいという場面では，ランダム系列に知覚されるパタン・規則性の変化のひとつとしてパラメータ変化も検出される。また，ランダムな系列に知覚されるパタン・規則性は多様であるが，人間はそれらを系統的に整理して識別判断を行っていると思われる。

これらのことは，日常生活において通常行われる判断，つまり明確な規則性が無くまたそのような規則性があり得ないことが常識的に考えられる場合にもなお何らかの規則性を求める（その顕著な場合がギャンブルにおけるツキの問題）という行動に対し，ひとつの考え方を示唆する。つまり人間は外界で起こる事象について，その生起の系列が明瞭な規則を備えていない限り，自らその規則を生成しようとする。そしてその規則生成のために必要とする情報は，いわば〝ひと目で見渡せる〟範囲に限られており，それ故その中に明確な規則性を引き出す特徴を見出し得ない場合でも，情報全体をパタンとして処理し変化検出の基準としていると考えられる。つまり人間が何らかの変化を検出する，という事態を考える場合，

表 2　実験Ⅳで得られた17パタンの布置
パタンを納める空間の次元を明確に定めることは出来なかったので，一応第5軸までの座標を示す。4名の被験者の結果は比較的似通った傾向を示すので全被験者の反応を合計して処理した。図26と対照させることによりある程度その構造を考察することは可能であるが，明瞭なものではない。

		——DIMENSION——				
		1	2	3	4	5
VARIABLES	1	−2.756	− .687	− .420	1.178	− .996
	2	1.536	1.241	− .498	− .669	.162
	3	1.877	.638	− .512	.632	.772
	4	1.279	−1.297	1.741	−1.717	.022
	5	− .134	.114	−1.092	.190	.418
	6	− .958	1.949	2.178	.884	− .885
	7	1.627	1.793	.205	− .658	− .726
	8	−1.811	−1.068	−1.444	− .385	.247
	9	.752	1.613	−1.236	− .352	−1.707
	10	−1.386	.959	2.183	1.197	1.819
	11	1.513	−2.172	2.145	.505	−1.242
	12	1.808	.709	−1.527	1.266	.607
	13	−2.468	.944	.466	− .829	.150
	14	.492	−2.863	− .311	.640	− .357
	15	−1.892	− .455	−1.586	− .221	− .384
	16	− .933	− .316	.194	−2.108	.957
	17	1.455	−1.103	− .486	.452	1.144

〝ランダムな系列〟というものは主観的には存在し得ない。系列における変化が構造的なものであるなしに拘らず，〝変動〟はすべてパタン・規則性を持つものと知覚される，と考えることが出来る。

但しここでの4つの実験は上記の考え方を正確に検証するものではないし，このように限定された刺激条件下で得られた知見がそのまま日常の人間の行動に当てはまるものでもないだろう。まず人間の生成し得るパタン・規則性を特定し，それらが構成する空間の性質を明らかにすること，またそれらのうちどの部分までが刺激の様式に依存しないものであるのか，を明らかにすることが必要と思われる。

文　献

Edwards, W. Phillips, L. D., 1964, Man as transducers for probabilities in Bayesian command and control systems. In Shelly II, M. W., Bryan, G. I. (Eds.), *Human judgments and optimality*, Wiley, 360-401.

Edwards, W., 1968, Conservatism in human information processing. In Kleinmuntz, B. (Ed.), *Formal representation of human judgment*, Wiley, 17-52.

Indow, T., 1960, Multidimensional mapping of Munsell colors varying in hue and chroma. *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 59, 321-329.

井上恵理子，1976，確率過程におけるパラメータ変化の検出（II）．慶義塾大学文学部卒業論文（未刊）．

Kahneman, D., Tversky, A. 1972, Subjective probability: a judgment of representativeness. *Cognitive Psychology*, Vol. 3, 430-454.

小林ボオル，1973，確率過程におけるパラメータ変化の検出。慶應義塾大学社会学研究科修士論文（未刊）．

小林ボオル，1974，確率過程におけるパラメータ変化の検出。日本心理学会第38回大会論文集，202-203.

小林ボオル，1977，確率過程におけるパラメータ変化の検出II．日本心理学会第41回大会論文集，256-257.

小林ボオル，1978，ランダムパターンの識別．日本心理学会第42回大会論文集，200-201.

小林ボオル，1980，ランダムパターンの識別II．日本心理学会第44回大会論文集，215.

McGill, W. J., 1963, Stochastic latency mechanisms. In Luce, R. D., Bush, R. R., Galanter, E. (Eds.), *Handbook of mathematical psychology*, Wiley, 309-360.

Tversky, A., Kahneman, D., 1973, Availability: a heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, Vol. 5, 207-232.

註

III 1) この実験は，昭和54年度慶應義塾学事振興資金の補助により行なわれた。

2) この実験は，文部省昭和55年度科学研究費補助金一般研究B「パタン認識の情報処理論的研究」（代表者小谷津孝明，課題番号545018）の一部である。

3) この実験における実験システムの作成，実験の実行解析のすべてに渡って文学部心理学研究室兼高聖雄君の多大な協力を得たことをここに記し，感謝の意を表します。