

# 視覚刺激に対する指先の反応時間の統計的性質

西田一夫\*・市吉清司\*\*・三池秀敏\*\*\*・古賀和利\*\*\*・  
 蛭名良雄\*\*\*・柴田二郎\*\*\*\*

## Statistical Characteristics in Reaction Time (RT) of Finger to the Visual Stimulation

Kazuo NISHIDA, Seiji ICHIYOSHI, Hidetoshi MIIKE, Kazutoshi KOGA,  
 Yoshio EBINA and Jiro SHIBATA

### Abstract

To obtain the fundamental data at a construction of Man-Machine system, we examined the reaction time (RT) of finger to the visual stimulation. The light of LED was provided to the subject at the period of 3 second. The statistical parameters (average, standard deviation, histogram, auto-correlation and its spectrum) were computed from the observed RT. The repetition of the experiment did not change these parameters, The RT histogram was classified into three types for examined subjects so far. The auto-correlation and its spectrum showed the characteristics of white noise.

### 1. まえがき

各種のシステムにおいて、人間を含むシステムが多くある。このようなシステム内では、人間の刺激に対する反応時間がそのシステムの特性を決めるのに重要な要素である。人間の反応時間は電気機械系に比べかなり遅く、また個人差によるばらつきが大きいと思われる。このシステム内で人間の反応時間よりも速い信号を処理させることは非常に困難になる。そこで刺激に対する人間の手の反応時間を調べることは、システムの設計において能率を良くする点で非常に有意義なことと言えよう。

刺激に対する反応時間を測定する方法としては種々考えられるが、刺激方法と応答動作の数を増すと、刺激種類の選択判別という操作が入るため反応時間は長くなり、また実験回数による練習効果が大きくなることが知られている<sup>1)</sup>。柴田らは<sup>2)</sup>、刺激及びその応答動作の単純化を計り、一般のシステムによく見られる、視覚刺激に対して、手による動作で反応するという方

法を採用した。目の前の右または左のランプが点灯すると、ただちに手元の右または左の押しボタンスイッチを押してこのランプを消させる。そしてその間に要する反応時間を測定し、これを統計的に処理している。

それによると、反応時間の日変化はほとんどない、つまり練習効果はないこと、また男女間の差はなく、右ききでは左手の方が若干応答が速いことなどが報告されている。

本論文では、人間工学的な立場から人間の反応時間の基礎的性質、特にその統計的性質をよりくわしく知ることを目的とした。そこで基礎的実験方法は柴田らと同様にし、次に列挙する改良あるいは新方法を用い、さらに柴田らの研究を発展させてみた。

- 1) 反応時間測定装置をすべて電子化し、誤差の減少及びデータ数の増大を計った。
- 2) 実験中、被験者にはヘッドホンを着けてもらい、騒音による外乱を少なくし、被験者の精神状態を平静にするよう務めた。
- 3) データ処理段階において、新たに反応時間(Reaction Time 以後 RT と記す) ヒストグラム、自己相関関数及びそのスペクトルを採用して個人による応答のちがいを、実験中の時間経過による反応時間の変化等を定量的にとらえようと試みた。
- 4) 平静とは異なる精神状態を作るため、ヘッドホ

\* 大学院電気工学専攻

\*\* 電気工学科学生 (現在タケダ理研(株))

\*\*\* 電気工学科

\*\*\*\* 保健管理センター

ンより故意に外乱としてベルの連続音を入れ、これにより異常発生時の人間の適応の速さについての手がかりを得ることを試みた。

この結果次のようなことがわかった。

- 1) 我々が今回用いた測定方法によっても反応時間は日変化に対してほぼ一定であり、練習効果がないことがわかった。これは柴田らの結果と一致しており、柴田らの方法が基本的な人間の反応特性を知るうえで有利であることが確認された。
- 2) **RT** ヒストグラムを調べることにより、その形は個人によってかなりちがっているが、一個人では、日変化に対しても、左右いずれの手に対してもほとんど同じ形となり個人の性格がある程度示していることがわかった。またこの **RT** ヒストグラムを多くの人について調べた結果、その分散の形によって大きく3つのタイプに分類できることがわかった。
- 3) 外乱に対しては、スペクトルに低周波分が増える傾向が見られた。

以上のことより人間の刺激に対する反応時間は、人間の性格や精神状態がある程度示していると思われる点が多くあり、ここで用いた方法は臨床医学、心理学への応用の可能性を示唆している。

## 2. 実験装置及び測定方法<sup>3)</sup>

### 2.1 装置の構成

実験装置全体の構成を **Fig.1** のブロックダイアグラムに示す。被験者に光刺激を与えるのは赤色発光ダイオードであり、これを点灯させるタイミングは超低周

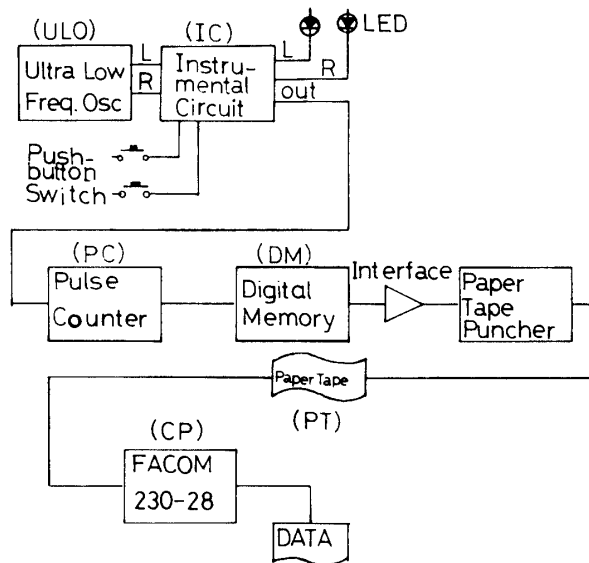


Fig. 1 Schematic diagram of experimental system.

波発振器 (**ULO**) によって制御される。被験者はこの発光ダイオードの点灯を認めたらただちに手元の押しボタンスイッチを押してこれを消灯する。この点灯の瞬間から消灯の瞬間までの時間を反応時間とする。この2つの時刻にはそれぞれ1つずつのパルスが測定回路 (**IC**) から出力され、これらのパルス間の時間はパルスカウンター (**PC**) を通してデジタルメモリー (**DM**) に一旦記憶される。このパルスカウンター及びデジタルメモリーは2進8ビット、つまり10進で0から255までの値をとることができる。時間間隔が255より大きいければ一度255なる値が記憶され、さらに残りを0から計数する。このデジタルメモリーに記憶されたデータは紙テープ (**PT**) に打ち出して、電子計算機 **FACOM 230-28** (**CP**) で処理を行なう。

### 2.2 実験用テーブル

**Fig. 2** に実験用テーブルを示す。テーブルの垂直板には直径が7mmの赤色発光ダイオードを35cm離して、また水平板には押しボタンスイッチを45cm離してそれぞれ左右に1つずつ取り付けてある。発光ダイオードは被験者によって目の高さに合わせられるように上下に可動である。被験者は左の(右の)発光ダイオードの点灯を認めたら、ただちに左の(右の)押しボタンスイッチを押す。

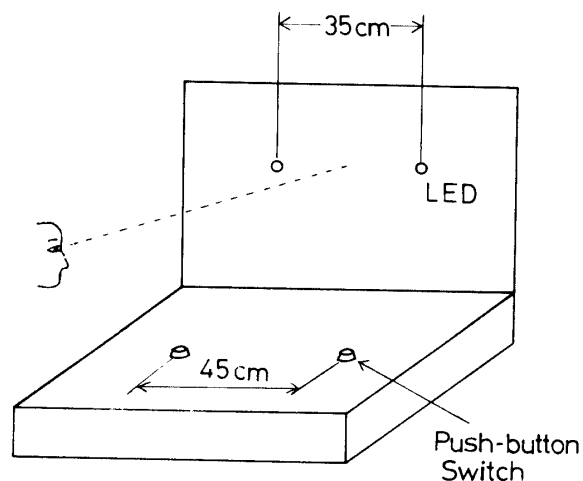


Fig. 2 Experimental table for the measurement of the reaction time of finger to the visual stimulation.

### 2.3 測定回路<sup>4)</sup>

測定回路には超低周波発振器で作られるパルスを右または左の入力端子に入れる。出力端子から出力される電圧は **Fig.3** の通りで、発光ダイオードが点灯する瞬間 ( $t_1$ )、及び押しボタンを押した瞬間 ( $t_2$ ) にそれ

ぞれパルスをつづつ出力し、それにつづいて、右手のデータか左手のデータかを区別するために、さらにパルスを1個または2個出力する ( $t_3, t_4$ )。このパルス間隔は  $60 \mu\text{sec}$  で現在使用しているパルスカウンターでは0と計数される。したがって **RT** のあとにこの0が1つあるいは2つあるかによって左右を完全に区別できる。この区別は後ほど行なう電子計算機処理の際プログラムの行なうことができる。

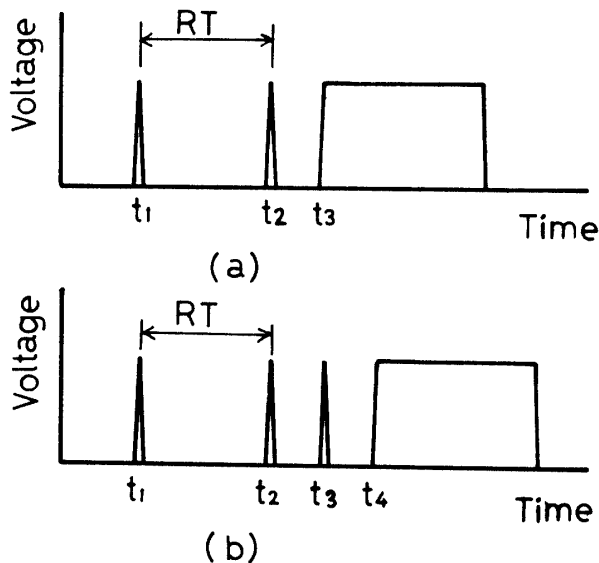


Fig. 3 Output wave-form of instrumental circuit for measuring **RT** of right hand and left hand. (a) right hand (b) left hand.

### 2.4 実験方法

被験者を実験用テーブルの前に着席させ発光ダイオードを被験者の目の高さと同しくなるよう調節する。測定回路の入力端子には左右どちらか一方だけに一定時間間隔(3秒)でパルスを加えた。この刺激モードを以下記号でそれぞれ **L(3)**, **R(3)** と書くことにする。この実験方法は実験開始前に被験者に告げてあり、実験開始の合図とともにテーブルの前に座った被験者は発光ダイオードを消灯させる動作を3秒毎に約150~200回くり返して行なう。

### 2.5 データ処理方法

150~200回分の実験データはデジタルメモリーに一時蓄えこれを紙テープに穿孔して保存する。

ここで回数が150~200となるのは、我々が用いたデジタルメモリーの記憶容量のためである。1024 wordsの記憶容量であるが左右判別用の0が各データに1つあるいは2つついているため、この分減って1度の実験における反応時間のデータ数は150~200個となる。この回数は当然個人によってちがってくる。つま

り反応時間が長い人では8ビットつまり255までの数値では足りないためその残分は次の words に入力せねばならずデータが減ってくる。

被験者によってはスイッチボタンを押し損じたために反応時間の異常に大きなものが出たり、予測によって通常の間では応答不可能と思われるような小さい値が出てくることがある。そこで計算機のプログラム操作で100 msec以下及び600 msec以上の値は異常値として省き、残りのデータより平均値及び分散を求めた。またもとの(100msec以下600msec以上の値を含む)データを用いて **RT** ヒストグラム及び自己相関関数とそのスペクトルを求めた。ただし自己相関の時間差は全データ数の半分までとした。よって自己相関は次式で示される。

$$\varphi_i = (2/n) \sum_{j=1}^{n/2} \left\{ (T_i - \mu) (T_{i+j} - \mu) / \sigma^2 \right\} \quad (1)$$

ただし、 $n$ : 全データ数,  $T_i$ : 実験開始から  $i$  番目における反応時間,  $\mu$ : 全データの平均値,  $\sigma^2$ : 全データの分散である。

## 3. 結果及び議論

### 3.1 日変化

1人の人間に対して数日間実験を行ない、これにより日変化による反応時間と分散を追った結果を **Fig.4** に示す。この図で見られるようにこれらの値は毎日少しずつは変動するが変動の幅はそれほど大きくない。しかも実験回数によって応答が速くなる事実は認められず練習効果はないようである。これは柴田らの報告とよく一致している。柴田らは右ききの被験者でも左手の方が応答が速いと報告しているが、このような結果は認められず、むしろ右手が速いか左手が速いかは、各個人によって異なっているようである。また柴田らの結果より全体的に反応時間は短くなった。これは測定回路のちがいに基づくものかもしれない。柴田らは測

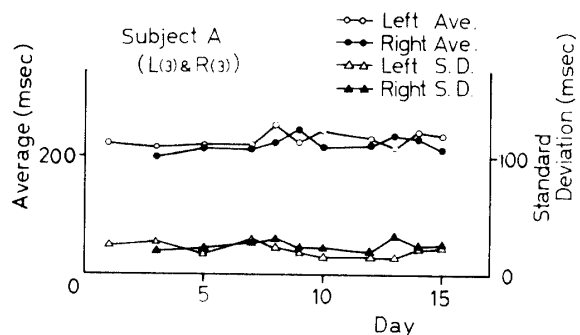


Fig. 4 Daily variation of **RT** average and standard deviation.

定回路の途中にメカニカルな電磁リレーを入れたり、また視覚刺激光としてタングステンランプを用いたため、これが点灯するのに要する時間やリレー動作の時間が微妙に効いていたのかもしれない。数名の被験者についての応答時間の平均及び分散の一例を **Table 1** に挙げている。

Table 1 RT averages and standard deviations of several subjects.

mode	L(3)		R(3)	
	Ave. (msec)	S.D. (msec)	Ave. (msec)	S.D. (msec)
subject				
A	215	23	208	26
B	186	36	184	29
C	175	23	166	27
D	180	58	186	49
E	200	52	208	60
F	197	20	199	22

### 3.2 RT ヒストグラム

**Fig. 5** に数人の被験者に対する **RT** ヒストグラムの測定結果を示す。被験者によってこの **RT** ヒストグラムは違っているが、標準偏差の大小によって **RT** ヒストグラムが縦方向に伸びている形、横方向に広がっている形及びその中間的な形という3つのタイプに分類することができた。**Fig. 5 (a) (d)** は標準偏差の小さい例であり、(b)(e) は大きい例、また (c)(f) はその中間的な例である。(a)~(c) は刺激モード **L(3)** のものであり (d)~(f) は **R(3)** のものである。一方 **Fig. 6** には **R(3)** 刺激モードについての **RT** ヒストグラムの日変化を示している。このように同一被験者ならば、**L(3)**、**R(3)** の両刺激モードにおいても、日変化に対してもヒストグラムはほぼ同じ形になっている。

以上のことから **RT** ヒストグラムは、左手と右手で明確な差はあらわれず、被験者の個人的な特性が大きく反映されていることがわかった。

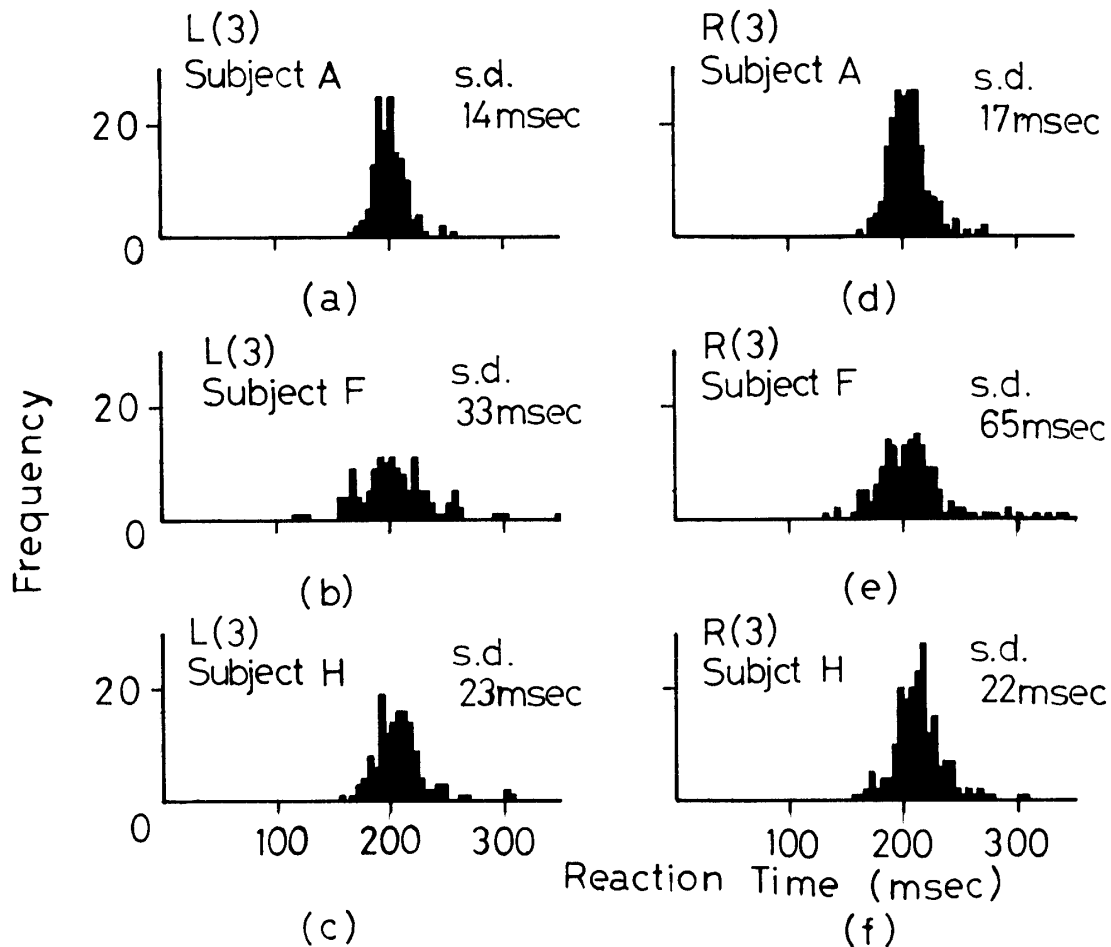


Fig. 5 RT histograms of three types. (a),(d) : small-S.D. type, (b),(e) : large-S.D. type, (c),(f) : medial type.

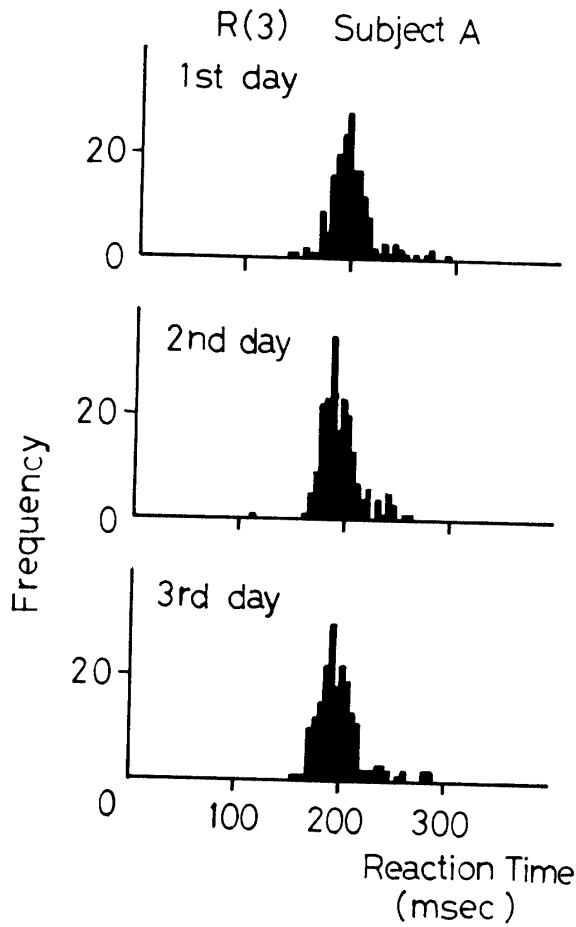


Fig. 6 Daily variation of RT histogram.

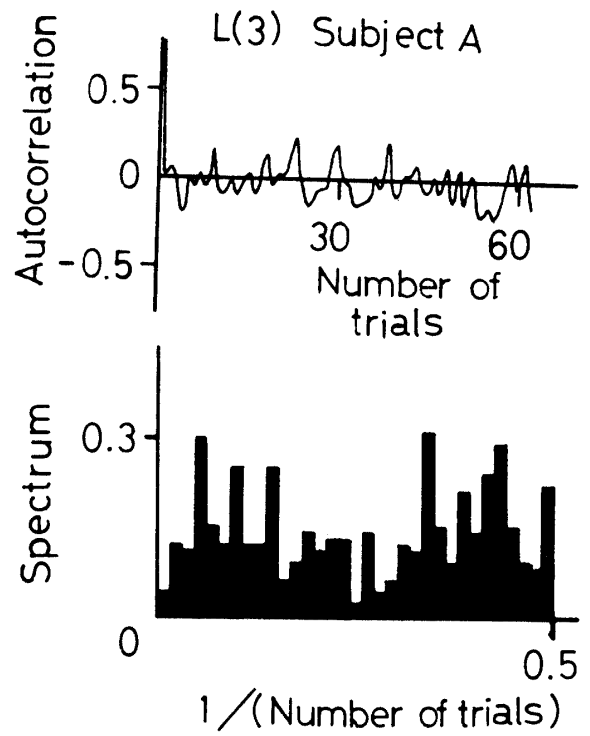
3.3 自己相関及びそのスペクトル

Fig. 7 (a) に自己相関及びそのスペクトルの例を示す。通常の場合図の様にほぼ相関はないと言える。また人によって反応時間が除々に遅くなったり、また逆に速くなったりする場合、スペクトルは低周波成分が増大する傾向は見られるものの、ほぼ白色雑音的である。また外乱を加えたときは、人によって相関時間はやや長くなっておりそのスペクトルも Fig. 7 (b) のように低周波分が増大する例が見られた。なおあらかじめ外乱があることを予知している場合の例は Fig. 8 に示されるように変化が小さいことがわかった。

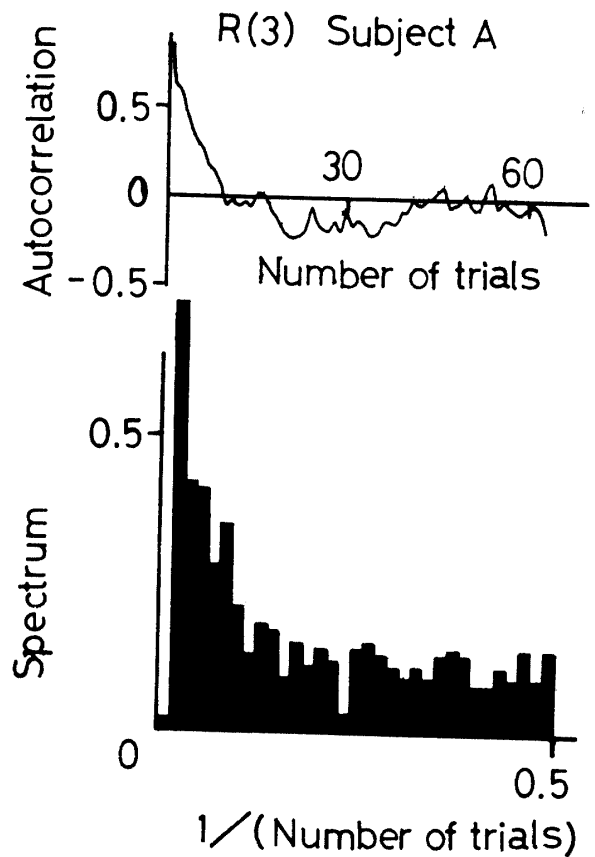
これらの事実は、ある種の未学習の選択動作を人間に突然に荷した場合、各個人がどの程度の適応能力を持っているかを知るうえでの有用な手がかりを与えているものと考えられる。

4. まとめ

視覚刺激に対する人の反応時間を調べ、これを統計的に処理した結果をまとめると次のようになる。



(a) General



(b) with Disturbances

Fig. 7 Autocorrelation and its spectrum of RT. (a) General example, (b) Disturbed example.

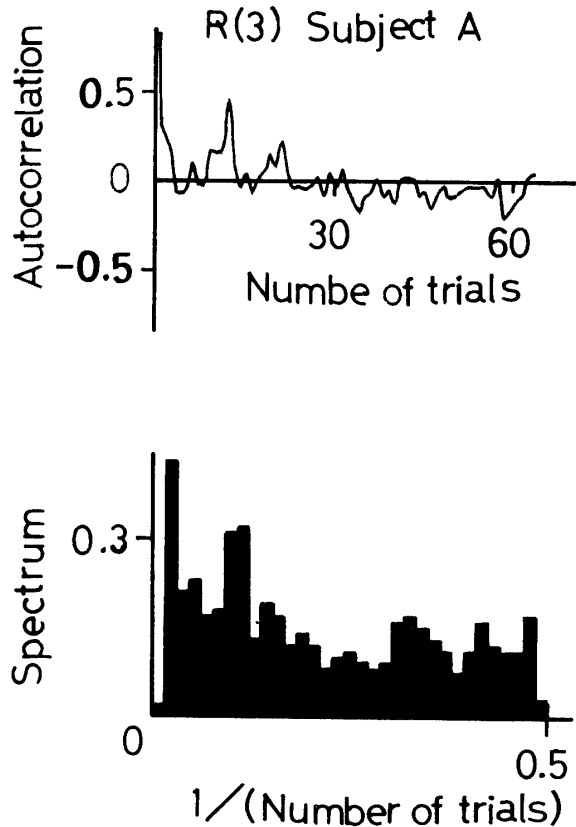


Fig. 8 Autocorrelation and its spectrum of RT with expected disturbances.

- 1) 反応時間は日変化に対してはほぼ一定であり，練習効果はほとんどない．また左右の手の差もほと

んどない．

- 2) 人の反応時間は個人によってほぼ一定の値を持ち，また RT ヒストグラムも各個人によってほぼ固有の形となる．
- 3) RT ヒストグラムは，その形状によって大きく3つのタイプに分けられる．
- 4) 実験中の時系列の自己相関は通常は相関はなく，またそのスペクトルは白色雑音的である．
- 5) 外乱があるとき，反応時間は若干長くなり，スペクトルの低周波成分が大きくなる傾向が見られる．

終わりにあたり，本研究の被験者になっていただき貴重なデータを賜った多くの方々に深く感謝致します．

#### 参 考 文 献

- 1) W.H. Teichner, M.J. Krebs: "Laws of Visual Choice Reaction Time" Psychological Rev., 81, p.75 (1974)
- 2) 谷国勝美, 柴田二郎: "Factors Influencing on the Reaction Time of Japanese College Students", 山大医学部会報, Vol. 22, No. 4 p.661 (1975)
- 3) 市吉清司, 山口大学卒業論文, 電気工学科 (1978) p.2
- 4) The Engineering Staff of TI Inc.: "The TTL Data Book" Texas Instruments Inc. (1976) p.6-2

(昭和53年4月15日 受理)