

視覚刺激に対する単純反応時間の統計的性質と その精神医学への応用に関する基礎的研究

三池秀敏*・西田一夫**・渡辺茂樹***・蛭名良雄*・柴田二郎****

The Fundamental Study of the Statistical Characteristics of Simple
Reaction Time to Visual Stimulus and a Trial of Its
Application to Clinical Psychiatry

Hidetoshi MIKE, Kazuo NISHIDA, Shigeki WATANABE,
Yoshio EBINA and Jiro SHIBATA

Abstract

In the previous studies, we have been reported the difference of the statistical characteristics in simple reaction time (**RT**) to visual stimulus between college students and mentally deranged persons (*schizophrenics*). Here, to clarify the reason of the different characteristics of **RT**, the fundamental behavior of **RT** is examined. Changing the several intervals of visual stimulus, **RT**-test is performed on college students. The statistical parameters (average: $\langle RT \rangle$, standard deviation: SD , and autocorrelation coefficient: R_1) of **RT** are investigated. It is clarified that the expectation of stimulus timing has very important role in **RT**. The discrepancy of **RT** characteristics between college students and patients is also explained by the difference in the degree of expectation as a mental action.

1. ま え が き

精神障害は現代医学がかかえる数多くの難病の一つであり、現在までにその原因の解明及び治療法の確立は十分に達せられていない。またその疾病にも非常に多様な型があり、国際疾病分類 (ICD-8) によれば、26項目もの症病群が知られている。近年、これらの異常精神現象は心理学的、あるいは神経生理学的立場から研究がすすめられ、身体的検査としてのポリグラフや心理的検査としての種々の人格テスト (ロールシャッハテストなど) が臨床診断に用いられている。また例えば精神分裂病では、その原因を神経伝達物質の異常として捉える生物学的基礎も徐々に明らかにされつつあるが¹⁾、いずれも確立するまでには至っていない。

著者らは精神病の臨床医学あるいは予防医学的立場から、診断に際し心理・生理学的な客観性のあるデータを与え得るものとして^{2,3)}、光刺激に対し指先で応答する単純反応時間 (以下 **RT** と略す) に着目し、その基礎的特性に関する検討を行って来た。先報では健常者に見られる反応時間の種々の基本的性質 (男女の差、右手と左手の差、練習効果、作業時の外乱の影響など) を調べ⁴⁾、さらに精神分裂病患者に対象をしぼり、健常者との比較検討を行い、相違点 (平均値、標準偏差、**RT** ヒストグラムの形状、時系列相関など) を明らかにしている^{5,6)}。

本論文では健常者と精神分裂病患者の2集団に見られる、これらの **RT** 特性の違いの原因を明らかにすべく **RT** の基礎的特性を再検討し、いくつかの有用な知見を得たので報告する。すなわち、従来ほとんど3秒一定のリズムで与えていた光刺激の間隔を変化させ (1, 2, 3, 5 及び 8 秒)、これに対する **RT** の基本的特性を調べるとともに、作業に伴う刺激タイミングの予測の有無が **RT** 結果に大きく影響していることを明らかにし健常者と患者との **RT** 特性の違いを説明し得

* 電気工学科

** 大学院 電気工学専攻 (現在松下電器(株))

*** 電気工学科学生

**** 保健管理センター

る重要な要因として解釈出来ることを示す。また測定システムはマイクロコンピュータを導入することでコンパクト化され、持ち運び容易なオンラインシステムとして完成し、多量のデータの収集が可能となったので、その構成等の詳細についても言及する。

2. 実験装置及び測定方法

2.1 被験者

RT 実験は先報⁶⁾と同様に健常者と精神病入院患者の二つのグループを被験者として行なわれた。健常者は大学生及び教職員である。学生は18才から24才までの男性47名、女性24名で平均年齢22才である。教職員は20才代、30才代、40才代及び50才代の者各若干名ずつを対象とした。患者は山口県内の精神科医院の開放病棟に入院中の精神分裂病患者である。但し、近日退院予定の者を含む、比較的病状の軽い者ばかりである。この患者は23才から59才までの男性19名、女性18名であり平均年齢は42才である。

2.2 測定システム

測定システムの基本的構成及び測定の手順は従来^{4,5)}とほぼ同様であるが、マイクロコンピュータ(PET 2001: コモドル社; 以下マイコンと略す)の導入によりコンパクト化された⁷⁾ので以下に紹介する。

反応時間の計測は、マイコンを中心としたデジタル回路系により行なわれる。Fig. 1 はシステム全体の構成を示し、主要な計測動作のタイミングチャートを Fig. 2 に示す。まず視覚刺激用の赤色発光ダイオード

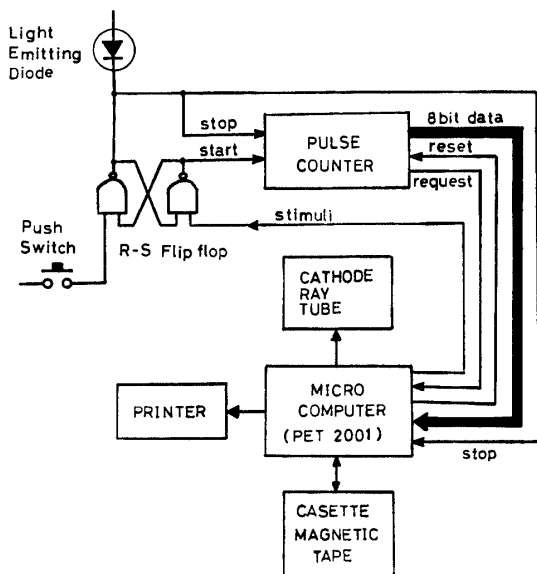


Fig. 1 The block diagram of the experimental system.

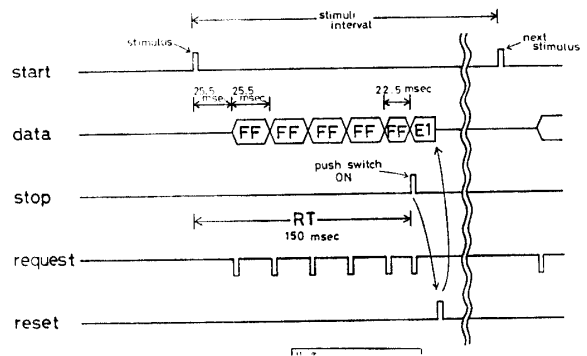


Fig. 2 Timing chart of the measurement of reaction time (RT) to visual stimulus.

を点灯させる為にマイコンよりスタートパルスが出力される。スタートパルスの繰り返しの間隔が、繰り返し与えられる光刺激の間隔であり、マイコンでプログラムにより可変にしている。マイコンよりスタートパルスが出力されると同時に発光ダイオードが点灯し、パルスカウンタはカウントを開始する。パルスカウンタは、カウント用の発振周波数を 10 KHz として作られており、0.1 msec 精度で 8 ビット分のカウントを行なう仕様である。従って、このままでは 25.5 msec までの長さのカウントに限られるので、カウンタの値がフルカウントの 255 (16進数で FF) となった時 request パルスをマイコンへ出力し、マイコンではこの request パルスを受けとった時点でデータを格納する。25.5 msec (FF) というデータはパルスカウンタがフルカウントになる毎に request パルスとともに出力され続け、マイコンではこの値を逐次加算し続ける。一方、刺激用の発光ダイオードの点灯とともに、被験者はこれを認知し、指示されていた通り手元のボタンを押すものとする。今、仮に発光ダイオードの点灯の瞬間から被験者がボタンを押すまで(本論文ではこの時間間隔を RT と定義している)に 150 msec を要したとすると、パルスカウンタからフルカウントデータ FF (25.5 msec) が 5 回マイコンへ出力された後、6 回目のカウント途中で被験者がボタンを押すことになる。この時、制御回路よりパルスカウンタにストップパルスが送られ、カウンタはその瞬間の値 (150 msec - (25.5 msec × 5) = 22.5 msec; すなわち 225 の値 (16進数で E1)) を保持する。この時点でも request パルスが出力され、さらにストップパルスがマイコンへ送られる。マイコンではストップパルスの検出とともに反応時間の終了を知り、その時のカウント値 E1 を今まで 5 回分のデータに加算し、所定のアドレスにデータとして書き込む。一方、パルスカウンタに request 信号を出力し、次のカウントに備えさせ、プログラムされた刺激時間

が来た時点で再び次の刺激用パルスを出し、測定を繰り返す。ここでは一回の実験に150回の繰り返し刺激が与えられる。一人の被験者のデータの測定が終了すると、自動的に全データは磁気テープに記録され、次の被験者に対して待期する。(パルスカウンタとマイコンのデータのやりとり及び各統計処理に関するプログラム等の詳細については文献7を参照されたい。)

2.3 実験方法

被験者に対しての視覚刺激間隔は1, 2, 3, 5及び8秒の一定間隔刺激とした。但し、患者では2秒と3秒のみである。実験用テーブルは閑静な部屋の一般照明下に置く。被験者を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様になるよう調整する。次に被験者の人差し指を押しボタンスイッチの上に置かせ、発光ダイオードを注視させ、これが点灯した時点でただちにボタンを押すよう指示を与える。一回の実験のデータ数は150であるが、実験前に被験者を押すボタン操作に慣れさせる為、予備テストとして20回ほどデータを取らずにボタンを押させている。この予備テストと本テストはマイコンのプログラムにより自動的に切り換えられ、被験者にはその区切りは判らない。

3. 実験結果及び議論

3.1 健常者と精神分裂病患者との反応時間特性の相違

視覚刺激間隔3秒でのRT特性の健常者と患者とにおける相違については先に報告し⁶⁾、平均反応時間($\langle RT \rangle$)、標準偏差(SD)及びRTヒストグラムの形状をあらわすUY値、さらには時系列の相関などに有意の差が見られることを示した。特に遅れIの自己相

関係数 R_1 で評価したRT時系列の相関の強さは、患者でより強い傾向が認められ、従来高田ら⁸⁾により示唆されている被験者の刺激リズムのカウント能力だけでは説明できないことを明らかにした。ここではまず、刺激間隔を変えて上記の事実を確認した。

Table 1 は光刺激間隔2秒と3秒に対し健常者(57人)、患者(27人)のRTテスト成績の平均値を示す。ここで遅れIの自己相関係数 R_1 は

$$R_1 = (1/(N-1)) \cdot \sum_{j=1}^{N-1} (A_j - \langle RT \rangle) \cdot (A_{j+1} - \langle RT \rangle) / ((1/N) \cdot \sum_{j=1}^N (A_j - \langle RT \rangle)^2) \quad (1)$$

により定義した。Nは刺激の繰り返し回数(ここでは150回)、 A_j はj回目の刺激に対する反応時間をあらわす。健常者に比して患者では、いずれの統計量も刺激間隔によらず、より大きな値を示している。特に時系列の相関は、各々の被験者グループにおいて刺激間隔が短くなるほど強くなっている。この結果は高田ら⁸⁾の実験結果と矛盾しない。しかし、その原因は高田らが示唆するように刺激リズムのカウントが、3秒より2秒でより容易であるためだとは考えにくい。すなわち、患者では健常者に比して、同一刺激間隔では約2倍の強い相関を示しているが、患者においてカウント能力がより優れているとは思われない。先の報告⁶⁾では患者グループで相関の強い原因の一つとして、刺激間隔が短くなるにつれて十分な反応処理が行えず、少しのミスが後の作業に尾を引くことを挙げている。

一方、Fig. 3は2秒間隔のRTテストにおける平均反応時間 $\langle RT \rangle$ と自己相関係数 R_1 との関係を全被験者に対してプロットしたものである。健常者の $\langle RT \rangle$ の上限は約240 msec(図中直線Aで示した)程度であり、この中に患者は27人中14人が入っている。

Table 1 Comparison of RT-task between college students and mentally deranged persons (schizophrenics)

	stimulus interval	college students	mentally deranged persons
Average $\langle RT \rangle$	2 sec	196.1 msec	297.1 msec
	3 sec	197.1 msec	322.7 msec
Standard Deviation	2 sec	43.1 msec	112.2 msec
SD	3 sec	48.8 msec	103.0 msec
Auto-correlation	2 sec	0.15	0.30
R_1	3 sec	0.11	0.22

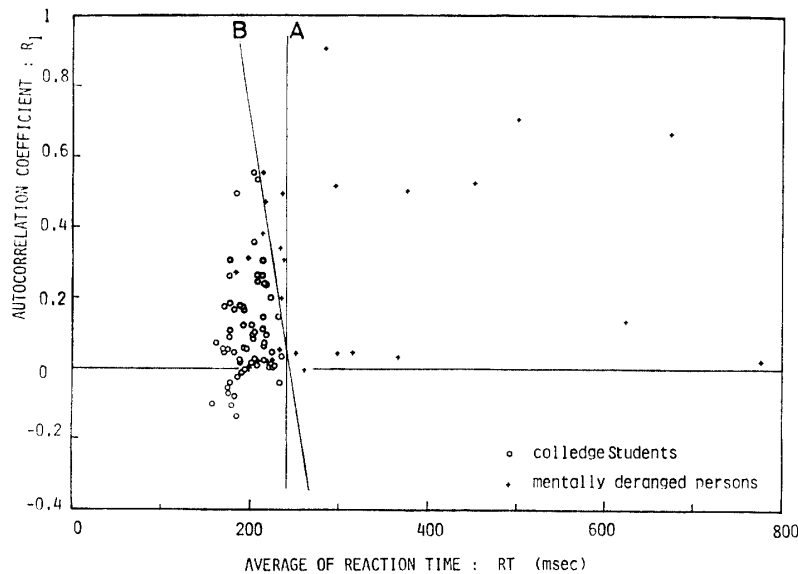


Fig. 3 Representation of all subjects (57 college students and 27 patients) on the two-dimensional space of $\langle RT \rangle$ and R_1 . The stimulus interval is 2 sec.

ここで R_1 をあわせて考えれば、直線 B により健常者グループに属する患者は27人中8人となり、健常者と患者を分離するという意味では改善されており、先に報告した3秒間隔の結果と一致している。しかし、 $\langle RT \rangle$ と R_1 の間には特に強い相関は認められず、時系列の自己相関には種々の要因が影響を与えていることが伺える。次に刺激間隔の範囲を広げて、反応時間特性のより詳細な検討を行う。

3.2 刺激間隔の変化に対する単純反応時間の振舞い

ここでは、主として健常者を対象として、光刺激間隔を1, 2, 3, 5及び8秒と広い範囲で変化させた時の各統計量の振舞いを調べ、RT 特性の基本的性質を探る。Fig. 4 は各刺激間隔に対する $\langle RT \rangle$, SD 及び R_1 の変化を示している。刺激間隔が短くなるにつ

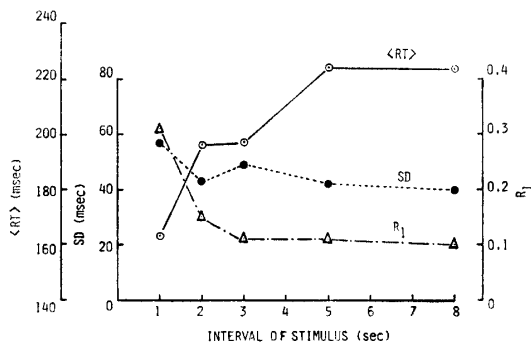


Fig. 4 Behaviors of statistical characteristics (average: $\langle RT \rangle$, standard deviation SD , and autocorrelation coefficient R_1) of RT to the various interval of stimulus.

れて、 SD 及び R_1 は増加する傾向が見られる。時に2秒以下でその傾向は顕著である。 R_1 の挙動は高田ら⁸⁾の結果と矛盾せず、3秒付近を境に相関の強さが大きく変化している。 $\langle RT \rangle$ は逆に短い刺激間隔で減少する傾向を示している。このような傾向は Table 1 に示した患者の場合でも同様であった。こうした振舞いの原因としては前の節で述べたように、刺激インターバルのカウント能力や次々に生ずる情報(刺激)を処理(応答)する作業への適応能力や集中力の程度等が考えられよう。一方、短いインターバルでの各人のRTテストの成績は、長いインターバルに比して各テスト毎に大きくばらつく傾向が強い。これは主として被験者がRT作業に取り組む態度に原因があるようである。すなわち、RT作業において刺激が一定間隔で与えられているため、次にくる刺激のタイミングがある程度予測可能であり、意識して予測出来る限り早く反応しようとする時と、刺激が与えられてから応答しようとする時とではその結果に違いが予想される。

我々は Fig. 4 に見られるような単純反応時間の振舞いより、これらの特性を説明し得るものとして予測という精神活動に着目し、さらに以下の実験を行った。すなわち初期条件として実験の直前に

- (i) 予測をしてはいけない
- (ii) 出来る限り予測し早く応答せよ

という2つの異なる条件を通告し、RT作業を行なさせた。このとき (i), (ii) の作業の順序は特に指定せずランダムに行った。Table 2 はその実験結果を示し、各々十数名の健常者に対する平均値である。 $\langle RT \rangle$ は予測を行う場合の方が約25%前後減少しており、

Table 2 Characteristics of college students' RT-task with two different conditions; one is the condition with expectation and the other is one without expectation.

	stimulus interval	with expectation	without expectation
Average	1 sec	134.1 msec	194.8 msec
<RT>	2 sec	153.6 msec	200.2 msec
Standard Deviation	1 sec	74.4 msec	39.5 msec
SD	2 sec	70.0 msec	33.5 msec
Auto-correlation	1 sec	0.18	0.45
R_1	2 sec	0.10	0.18

SD では逆に2倍程度に増加している。予測を行うことで確かに応答動作は素早くなるが、その分だけミスも犯しやすく、また予測の程度も一定していないものと考えられ、自然な結果であるといえよう。一方、興味を持たれるのは自己相関関数 R_1 の振舞いである。予測を行うことで相関の強さが半減している。予測を行うことは、いかえればリズムのカウント能力を十分に発揮させた場合とも考えることが出来る。従って、RT 時系列の相関の強さが短い刺激間隔に対して強まるのは高田らが示唆しているように刺激のリズムがカウントし易くなるためではないといえよう。予測を禁止することで相関が強くなり、また患者では健常者より相関がかなり強いことを合わせて考えると、むしろ予測という高次の精神活動は作業への適応を円滑にする役割りを果たしており、患者では作業に対する適応能力、あるいは注意の機能が十分ではないことが相関を強める原因となっていると思われる。

健常者と患者に見られる上記の RT 特性の違いは、視点を変えてみれば、単位時間内に入って来る情報の処理能力の違いとして理解することもできる。処理能力の低下は外界との情報の交換がうまくおこなわれないことにつながる。通常、人間を含めたほとんどの生物は、常になんらかの形で外界よりエネルギー（あるいはその源となる物質）を取り入れ、一方では代謝等の過程を経て外界へ熱や反応を終えた物質を放出し、全体としてエネルギー的な流れのある系を形成している。こうした系は物理的には開放系として捉えられており、「生きている」状態の一つの特徴として把握されている⁹⁾。身体的な病はこうした流れの中で形成されている動的な秩序がなんらかの形で乱れる系の状態の変化と考えることが出来よう。これは一つのアナロジーであるが、精神的な病は脳を中心とする神経系における情報の流れの乱れとして捉えることもできる。

精神分裂病の生理学的原因が神経伝達物質の異常として理解されているように、このような疾患では外部からの情報の流入、伝達、外部への流出の一連の過程がスムーズに行なわれず、情動的には閉じた系に近いものとなっている。以上より精神病治療において、向精神薬による療法のみならず、外部との情報の交換を円滑に行なわせる方法として精神療法や環境療法などが重視されねばならない背景の一端を伺うことができる。

4. おわりに

本研究では単純反応時間作業において、健常者と患者とに大きな特性の違いが存在することに着目し、その原因を明らかにすべく刺激間隔をかえた巾の広い実験を行った。その結果、刺激のタイミングを予測するか否かが、RT テストの結果に大きく影響を与えており、そのことが健常者と患者の特性の違いを説明する主たる要因であろうことを推論した。特に RT の時系列自己相関においては、相関が強いことの原因が予測能力が高いこと、あるいは予測し易い間隔であるという従来の考え方では説明できず、むしろ予測能力が低いあるいは予測しても対処できないほど多くの情報が短時間に送られて来ることによると考えることで、患者と健常者での違いも合わせて説明することができた。

最近の精神分裂病の研究によれば¹⁾、純粋に生理学的現象である脳波などには分裂病に特有な所見は認められておらず、むしろ注意とか関心など心理的なものを反映する心理生理現象に異常な所見が認められている。眼球運動のパターン¹⁰⁾や凶形の注視点の異常を調べる客観的テストなどが研究されており、RT テストもそのような客観性のあるデータを与える実験の一つと言えよう。今後さらに数多くのデータを積み重ねてゆくことにより、臨床的な応用あるいは予防医学的な

応用への可能性を探ってゆきたい。

謝 辞

本研究をすすめるにあたり、近隣精神病院の院長をはじめ各職員の方々にご協力頂いたことに深謝の意を表します。また被験者となって頂いた多くの方々に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 大月三郎：“精神医学”，文光堂出版（1978）
- 2) W. H. Teichner & M. J. Krebs: “Laws of the Simple Visual Reaction Time”, *Psychological Review*, **79**, 344 (1972)
- 3) C. S. Rebert & R. A. Mahoney: “Functional Cerebral Asymmetry and Performance III. Reaction Time as a Function of Task, Hand, Sex and EEG Asymmetry”, *Psychophysiology*, **15**, 9 (1978)
- 4) 西田一夫, 市吉清司, 三池秀敏, 古賀和利, 蛭名良雄, 柴田二郎：“視覚刺激に対する指先の反応間時の統計的性質”, 山口大学工学部研究報告, **29**, 85 (1978)
- 5) 西田一夫, 三池秀敏, 蛭名良雄, 柴田二郎：“視覚刺激に対する指先の反応時間の統計的性質—精神病入院患者と健常者の比較—”, 信学技報, **MBE 78-49**, 39 (1978)
- 6) 西田一夫, 三池秀敏, 蛭名良雄, 柴田二郎：“健常者及び精神病院入院患者の二集団における単純反応時間の統計的性質の違い”, 医用電子と生体工学, 論文投稿中
- 7) 西田一夫：“単純反応時間の統計的性質とその臨床応用に関する基礎的研究”, 山口大学修士論文, 電気工学専攻 (1980)
- 8) 高田和之, 渡辺興作, 田中正興：“同期信号に対する人間のむだ時間時系列の自己回帰モデル”, 電気学会論文誌, **98**, 51 (1978)
- 9) 清水 博：“生命を捉えなおす—生きている状態とは何か—”, 中公新書 (1978)
- 10) P. S. Holzman, L. R. Proctor, D. W. Hughes: “Eye-tracking patterns in schizophrenia”, *Science* **181**, 179 (1973)

(昭和55年4月15日 受理)