汎用反応潜時測定装置の試作

九州大学 菱谷 晋介・弓野 憲一¹

A DEVICE FOR MULTI-PURPOSE LATENCY MEASUREMENT SYSTEM²

SHINSUKE HISHITANI AND KENICHI YUMINO

Department of Educational Psychology, Kyusyu University

A new latency measurement system was devised for multi-purpose (LAMS-I) use at the Department of Educational Psychology of Kyusyu University. This system has the following merits: (a) It can control 2 kinds of stimuli (visual and auditory), and can measure reaction times in msec units, (b) it is equipped with the circuit which is relatively robust against the internal and/or external noises, (c) stimulus presentation times, interstimulus intervals, and intertrial intervals can be varied independently, (d) the Ss can respond with 2 modes (voice or hands), (e) if an adaptor is attached to this device, latencies can be measured even with very low pressure and strain, and (f) the body is compact and light, and can be made at a low price.

人間の情報処理過程を解明する際の測度として、反応潜時を用いた研究は、従来から種々行なわれてきた。例えば、記憶研究の分野では、視覚走査 (visual scanning) や、再認記憶 (recognition memory) の測定の指標として、反応潜時を用いる研究が活発に行なわれており、他の分野でも、識別実験 (identification, disjunctive reaction) や視知覚 (visual perception) さらには、暗算過程の分析にも反応潜時が測度として用いられている。また、刺激に対して連想される語やイメージの喚起されやすさの測度として、潜時を用いた研究も行なわれている。学習心理学の分野でも、反応潜時は古くから多くの研究者の注意を引き、理論的検討もいろいろな角度からなされている (Gilinsky & Cohen, 1972; Lappin & Disch, 1972; Neisser, 1963; Pavio, 1966; Sternberg, 1966)。

このように、反応潜時はいろいろな実験場面で測定されているが、そこで使われている測定装置は、ストップウォッチや、あるいは押しボタンスイッチとタイマーを組み合わせただけの最も簡単なものから、電子計算機と on-line で結んだ高級なものまで、種々様々である。

押しボタンスイッチとタイマーだけからなるような種類の装置は、構造が簡単で故障も少なく、持ち運びも容易で使い易いが、刺激呈示のコントロールは不可能であり、実験を行なう際には、刺激コントロール用装置や、実験助手が必要になる。さらに、この種の装置では被験者の音声による反応や、反応用紙に記入する際の微小な

圧力による反応潜時などは測定できない。また測定誤差が大きくなるという欠点もある。

一方、電子計算機でコントロールされるような種類の装置は、上に述べたような欠点なくなるばかりでなく、実験者が誤って刺激を呈示したりすることもなくなる。さらに、刺激の呈示や反応の記録が正確、迅速になり、実験の進行と同時にデータを処理し、その結果をフィードバックして、被験者の反応に応じて刺激の種類やレベルを変更することも可能となる。しかし、その反面このようなシステムはコストが非常に高くつくという欠点があり、誰でもがすぐに利用するという訳にはいかないし、実験の現場に持ちこんで使用するということは、まず不可能である。通常の心理学実験の場合、被験者に小・中・高校生を多人数使うことが多いため、被験者の所へ赴きデータを収集することが大部分である。このようなことから、持ち運びが不可能に近いということは、致命的な欠点となる。

筆者らの知る限りでは、上記二者の長所をある程度備えており、かつ低コストで保守や操作も容易な広範囲の実験に使える装置は、現在のところ、まだ市販されていないようである。そこで筆者らは、従来の装置の欠点を改良し、広範囲な実験に使用できる反応潜時測定装置を今回設計・試作したが、一応満足のゆく結果が得られたので、以下に報告する。

本装置の回路

本装置のブロックダイアグラムを Fig. 1-a, b に示す。

(1) 聴覚材料コントロールユニット 以下に、主にテープレコーダーで刺激を提示し、音声反応によって潜時を測定する聴覚材料コントロールユニットの動作原理

¹ 本装置の製作にあたり、ご指導ご支援をいただきました九州大学教育学部山内光哉助教授に感謝致します。

² LAMS-I.

TABLE 1

Truth table of the auditory material control unit

Tape recorder T	Microphone M	Electronic switch S
1	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	0

Note. T=1: Tape recorder generates outputs.
M=1: Inputs enter on the microphone. S=1:
Electronic switch is on.

を説明する。

動作の真理値表は Table 1 に示すとおりである。論理式で表わせば、

$$S = \sim T \wedge \sim M = \sim (T \vee M)$$

となる (S, T, M については, Table 1 参照)。論理式から明らかなように, 本ユニットの構成の基本は OR-gate と Inverter である。

次に, Table 1 に従って本ユニットの動作を説明してゆく。まず, テープレコーダーで材料が呈示され, 外部からの雑音もない場合を考えてみる。この状態は, T=1, M=0 なので, S=0 となり, カウンターは動作しない。次に, 材料呈示中に雑音があった場合を考えると, T=1, M=1 となって, この時も S=0 なのでカウンターは動作しない。材料呈示が終了し, 被験者も反応しない状態は T=0, M=0 であり, この時は S=1 となってカウンターは計数を始める。そして, 被験者の反応があると, M=1 となり, この時 T=0 なので S=0 とな

FIG. 1-a. Block diagram of the auditory material control unit.

って, カウンターは計数を停止する。ただし, 音声や断続音を材料として使う場合には, 材料呈示が終了していても, テープレコーダーの出力が 0 即ち T=0 となる場合がある。この時, 外部からの雑音がマイクに入力されれば M=1 となるので S=0 となり, カウンターは計数しないが, マイク入力がなければ M=0 なので, カウンターは計数を始める。しかし, 次にテープレコーダーから出力があれば, T=1 となるので S=0 となり, カウンターはストップする。そして, 材料呈示が最終的に終了した時点でカウンターはリセットされ, 新しく計数を始める。以上の動作は, OR-gate と Inverter の基本回路だけで行なわせることができるが, この回路のみでは被験者の発声の終わった時点, もしくは発声の切れ目の部分で M=0 となり, カウンターはリセットされ新しくカウントを始めてしまう。このような誤動作を防ぐため, 本ユニットでは被験者の最初の発声を記憶する, 記憶回路を設けている。しかし, 記憶回路だけでは材料呈示中の雑音を記憶して, 材料呈示終了前にカウンターがストップしてしまい, カウントを始めなくなる恐れがある。そこで, 材料呈示中は記憶回路が動作しないように, テープレコーダーの出力で記憶回路をリセットするオートリセット回路, およびマニュアルリセット回路を設けている。

次に, 材料呈示コントロール部について述べる。材料呈示に関する時間的変数の操作は, テープレコーダーに材料を録音する際に, 後述の Synchronized 3-channel timer を用いて, 大部分行なってしまうので, 本ユニットでは材料間の呈示間隔のみを内蔵のタイマー (時間設定範囲は, 2—30 秒) でコントロールするように設計している。

一口に材料の呈示間隔と言っても実験の条件によっては, 少なくとも次の 3 通りの場合が考えられる。

FIG. 1-b. Block diagram of the visual material control unit.

T_1 : 材料呈示終了から次の材料の呈示までの時間.

T_2 : 被験者の反応開始から次の材料の呈示までの時間.

T_3 : 被験者の反応終了から次の材料の呈示までの時間.

これらの呈示間隔は, Fig. 1-a の Start sw. と Stop sw. の次のような組み合わせで得られる.

T_1 の場合は, 材料呈示終了時に両 sw. を同時に on にする. T_2 の場合は, 呈示終了で Stop sw. を on にし, 被験者の反応開始で Start sw. を on にする. T_3 の場合は, 呈示終了で Stop sw. を on にし, 反応終了で Start sw. を on にする.

以上 3 通り全ての場合を簡単な操作で行なえるように, 今回はこの部分は手動とした.

(2) 視覚材料コントロールユニット 視覚材料コントロールユニットの動作原理を Fig. 1-b のブロックダイアグラムに従って説明する.

スライドプロジェクターのコントローラーを手動で on にすると, プロジェクターのランプが一定時間点灯し, 被験者の前に置かれたスクリーン上に刺激材料が写し出される. すると, スクリーンの隅に取り付けられたフォトダイオード PD_1, PD_2 に光が当たりフォトダイオードの抵抗値が変化する. この変化を Amp. 1, Amp. 2 が増幅し, A_1, A_2 の点に出力 1 (1 は回路の on 状態を示す) があらわれる. A_1 の出力は Inverter で反転され NAND の端子に入り, A_2 も入る. A_1, A_2 から C_1 までの回路の動作を論理式で表わすと次のようになる (A_1, A_2, C_1 については, Fig. 1-b 参照).

$$C_1 = \sim A_1 \wedge A_2 \quad (1)$$

(1) 式より, C_1 が 0 (0 は回路の off 状態を示す) になるのは PD_1 が 0 で PD_2 が 1 の時のみである. それゆえ, 反応潜時の測定をする場合は, PD_1 に光が当たらないようにフィルムの隅を黒くしている. C_1 の 0 パルス出力は Inverter を通して記憶回路 (マスタースレーブフリップフロップ回路) に入り, カウンターを on にし, 反応潜時の測定を開始させる. 一方, 被験者はスクリーン上の刺激材料を見て, 音声反応 (あるいは, 手による反応) をする. これがマイクを通じて Amp. 3 に入り, 波形整形回路でパルスに直され, 微分回路, Inverter を経て記憶回路の Clear 端子に入る. 刺激材料が呈示され, Clock パルスが記憶回路に入った瞬間から Clear パルスが入るまでの時間が反応潜時としてカウンターで計られる.

プロジェクターの刺激呈示間隔は, コントローラーによって制御されている. このコントローラーのスイッチを“連続”にセットしておけば, 一定時間の周期で刺激呈示と刺激間隔を繰り返してくれる. それゆえ, 連続して多くの刺激を呈示する時には, コントローラーのスイ

ッチを on にし, 必要なところで off にすればよい. ところが, 1 試行が 3, 5 あるいは 7 枚と比較的多数のフィルムで構成されている場合は, 実験者がコントローラーのスイッチを頻繁に on, off しなければならない. これは実験者の負担を増加させるし, 実験条件を統制する上からも好ましくない. そこで, この操作を自動化する必要が起きてくる. この問題は次のような回路を構成することで解決した.

プロジェクターのコントローラーのタイマーは他の回路と独立に時間間隔が設定できるようになっており, 刺激が呈示されて一定時間過ぎると自動的にプロジェクターを off 状態にする. するとスクリーン上は暗くなり PD_1, PD_2 共に 0 状態になる. この瞬間 C_1 は (1) 式より, 0 から 1 に戻る. このパルスがワンショットマルチ回路を通して, コントローラーを off にする.

次の試行を開始させるためのトリガーパルスは, 被験者の反応を遅延タイマー (時間設定範囲は, 0—20 秒) によって一定時間遅らせて作られる. Fig. 1-b の L から分枝した試行間隔タイマー, ワンショットマルチが, このために設けられた回路である.

刺激呈示時間を τ_1 , 刺激呈示間隔を τ_2 , 試行間隔タイマーの設定時間を τ_3 とし, 被験者が刺激呈示から τ_3 後に反応したとする. その時, 本ユニットが正常に働くためには (2) 式のような制約が出てくる.

$$\tau_1 - \tau_3 < \tau_2 \quad (2)$$

上に述べたように, コントローラーが off になるのは, 刺激呈示が終了した瞬間である. もし, (2) 式と逆に左辺が右辺より大になればプロジェクターを on にするためのトリガーパルスが, プロジェクターが on のうちに出てしまう. 従って, 次の試行を開始することができなくなる.

実験条件によっては, 被験者の反応と同時にプロジェクターを off にしたい場合があるかもしれない. これは, C_1 からコントローラーに入る回路を切り離し, L または記憶回路の Q に直結することで可能になる. しかし, このようにすると被験者が誤って発した声や周囲の雑音により, ただちにプロジェクターが off になる可能性が出てくる. 勿論, この弊害は反応が音声でなければ取り除ける.

本装置の評価及び今後の課題

聴覚および視覚材料コントロールユニットの重量はそれぞれ 3.8 kg, 3.3 kg であり, 小型軽量で持ち運びが容易ということが長所の 1 つである. また, 聴覚材料と視覚材料のコントロールが可能であり, さらに全て半導体を用いた電子回路なので, 測定誤差が非常に小さくなり, msec 単位の測定が可能である. 現在は主に音声反応による潜時の測定を行なっているが, アダプターを付加すれば触反応や押しボタンスイッチによる反応で潜時

を測定することもできる。また、特殊な部品を使用していないので製作費が安く(約5万円)、保守も容易である。

以上が本装置全体の特色であるが、次に各ユニットについての長所、短所を更に詳しく述べる。

聴覚材料コントロールユニット 従来の装置は刺激源としては連続音しか使用できず、潜時も刺激呈示の瞬間から反応までの間しか測定できなかった。また、例え連続音であっても、テープレコーダーに録音されたものは刺激源としては使用できず、雑音に弱いという欠点もあった。

本ユニットは、連続音は勿論断続音も刺激源として使用することができ、テープレコーダーのコントロールも可能で、全ての音源を刺激源として使用することができる。さらに、刺激呈示終了から反応までの潜時を測定することができる。

本ユニットは、材料が呈示されている間は、どのような種類の雑音が生じようとも、完全に排除することができ、従来の装置の雑音に弱いという欠点をかなり克服している。

本ユニットは、刺激呈示終了から被験者が反応するまでの時間を測定するために作られているが、Amp. 2 と Rectifier 1 の間に Inverter を入れ、Auto-reset から Memory-circuit に行くラインを切り離せば、刺激を呈示した瞬間から反応までの時間を測定することもできる(Fig.1-a)。ただし、こうした場合は、音声反応の時に雑音の影響を受けやすくなる。

本ユニットの欠点は、刺激呈示コントロール部分が完全に自動化できなかった点、および刺激呈示終了から反応が生起するまでの間に生ずる雑音に対して、方策が不完全であるという点である。

視覚材料コントロールユニット 本ユニットの最大の長所は、一度スイッチを入れるだけで、1つのセッションが終るまで全て自動的に行なわれることである。この間、実験者は潜時を記録するだけでよい。

FIG. 2. Synchronized 3-channel timer.
† One-shot Multivibrator.

本ユニットの欠点は、外部の雑音に対して弱く、スライドプロジェクター等の発する音で誤動作をする危険があることである。また、両ユニット共通の欠点は、タイマーがアナログ式という点である。今回は、費用や時間の関係で以上のような欠点が残ったが、雑音に関してはマイクを被験者に近づけ、Amp. の利得を調整することで、実用上は何等支障をきたしていない。

付 記

(1) テープレコーダーに、材料を録音する際には、Synchronized 3-channel timer を用いている。以下、簡単に、動作を説明する。

この回路は、3個の IC による、ワンショット・マルチバイブレーターからなっている。今、各項目の呈示時間を t_1 、項目、リスト間のインターバルを、 t_2 , t_3 とすると、各時間は、それぞれタイマー 2 (時間設定範囲: 0.5—30 秒), 1 (0.05—30 秒), 3 (0.5—45 秒) でセットされる。

電源スイッチを on にすると、タイマー 2 が作動し、 t_1 の間、oscillator の発振音出力される。これが、材料録音の際のマーカとなる。次に、タイマー 2 の動作が終了すると、その時の立ち下がりパルスが、タイマー 1 を起動し、 t_2 の間は、発振音が出力されない。そして、さらに、タイマー 1 の立ち下がりパルスが、タイマー 2 を起動する。以下、1 リストの録音が終了するまで、この動作をくり返す。リスト内の最終項目のマーカとして、タイマー 2 が作動している間に、Delay sw. を on にすると、タイマー 2 の終了から t_3 だけ遅れて、立ち上がりパルスが発生し、これが SCR をトリガーして、テープレコーダーをストップさせる。

各タイマーは、完全に同期しており、また、安定化電源を使用しているため、動作は、かなり安定している (± 5 msec)。

(2) 本装置は現在、長期記憶ならびに短期記憶に保持されている項目が、どのように検索されるかを調べる

FIG. 3. Mean reaction time as a function of memory category size for positive and internal negative conditions.

ための再認記憶実験に使用されている。以下に、実験の概略と結果の一部を簡単に説明する。

まず被験者に、3つのカテゴリーからなるそれぞれ2, 4, 8個、計14個の項目を記銘セットとしてあらかじめ記銘させておく。そして実験にあたっては、その記銘セットに含まれる項目の1つ(positive item),あるいはカテゴリーは同じであるけれども記銘セットにはない項目(internal negative item)をターゲットとして提示し、記銘セットにあった項目には“ある”,なかった項目には“ない”の反応を求める。その際ターゲット項目がスクリーン上に出現してから、被験者が反応するまでの反応潜時を測定し、8人の被験者の平均を図に表わしたのがFig.3である。いずれも直線がよく当てはまる。

Fig.3の左図のCued条件は、ターゲット項目が出現する直前に、出現するターゲット項目が3つのカテゴリーのいずれに属するか情報が与えられる条件であり、右図のNon-cuedはそのような情報の与えられない条件である。2条件間には直線の傾きに差がみられ、異った

検索の過程が存在することが予想される。

引 用 文 献

- Gilinsky, A. S., & Cohen, H. H. 1972 Reaction time to change in visual orientation. *Perception and Psychophysics*, **11**, 129—135.
- Lappin, J. S., & Disch, K. 1972 The latency operating characteristics: I. Effects of stimulus probability on choice reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, **92**, 419—427.
- Neisser, U. 1963 Decision time: Experiment in visual scanning. *American Journal of Psychology*, **76**, 376—385.
- Pavio, A. 1966 Latency of verbal associations and imagery to noun stimuli as a function of abstractness and generality. *Canadian Journal of Psychology*, **20**, 378—387.
- Sternberg, S. 1966 High-speed, scanning in human memory. *Science*, **153**, 625—654.

—1975. 5. 19. 受稿—

The Japanese Journal of Psychology
1976, Vol. 47, No. 1, 44—49

資 料

幼児のクラス包摂についての実験的研究

香川大学 高橋 茂雄・中塚 勝俊

AN EXPERIMENTAL STUDY OF YOUNG CHILDREN'S RESPONSE TO CLASS-INCLUSION TASKS

SHIGEO TAKAHASHI AND KATSUTOSHI NAKATSUKA

Department of Psychology, Kagawa University

This study was designed to examine the effects of procedural variations on young children's responses to classification tasks. The Ss consisted of children of 3 age groups, kindergarteners, first graders and second graders of which mean age is 5½, 6½ and 7½ years, respectively. Each child was assigned 2 kinds of tasks to perform: One was to recognize those superordinate class materials such as flowers, children and animals, the other was to recognize those superordinate classes as to their colors, shapes and sized. Major findings were as follows: (a) The kindergarteners obtained a higher mean scores of correct responses to classification questions than first graders. (b) There were significant differences of the total mean scores between 2 sexes from each group. (c) The verbal-facilitation effects were not necessarily established all through the experiments.

幼児のクラス包摂についての実験的研究については、ふつう、たとえば“6匹の犬と2頭の馬を描いてある絵”を幼児に示し、“この絵の中には、犬の方がたくさ

んいるか、それとも動物の方がたくさんいるか?”という質問を発し、それに対して幼児がいかに反応するかを調べるのが典型的方法であった。