McCarthy, G. 1977 On the influence of task relevance and stimulus probability on event-related-potential components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **42**, 1-14.

Tueting, P., Sutton, S., & Zubin, J. 1971 Quantitative evoked potential correlates of the probability of events. *Psychophysiology*, **7**, 385-394.

——1979. 6. 22. 受稿——

The Japanese Journal of Psychology
1980, Vol. 51, No. 2, 100-104

資 料

マイクロコンピュータによるリアルタイム・BASIC・ラボラトリ

——知覚実験のランダム制御¹——

追手門学院大学 苧 阪 直 行

A MICROCOMPUTER-BASED PSYCHOPHYSICAL EXPERIMENTATION USING REAL-TIME BASIC LABORATORY AUTOMATIZATION TECHNIQUE

NAOYUKI OSAKA

Department of Psychology, Otomon-Gakuin University

Using a microcomputer-based real-time BASIC laboratory automatization (RBLA) technique, a psychophysical threshold measurement was made at low cost. Random pulse train applied to the output port of the peripheral interface adaptor set an angle of the rotation of the pulse motor-controlled stimulus wheel. Key-input response of the subject was automatically filed onto the cassette memory.

ヒトや動物を対象として精神物理学の実験を行なう際に随伴してくる問題の1つに刺激のランダム呈示化の操作がある。ランダム呈示には、排他的論理和の原理等を利用したハードウェア的方法(苧阪, 1978)と、インタプリタ言語等の内部組込みランダム関数(多くは合同法による0-1区間の擬似一様乱数)を利用したソフトウェア的方法とが考えられる(宮武・脇本, 1978; Osaka, 1979a, b)。原理的には前者がランダム・ロジック(布線論理)によっているために自由度がおさえられているのに対して、後者は擬似一様乱数をユーザー・プログラム内で発生させることが可能なため、ランダム刺激呈示の手順を大幅にソフトウェア・レベルでの記述に置き換えることができる利点がある。さらに、刺激の呈示から反応データのメモリへの格納や処理に渡ってソフトウェアによる制御対象をより拡張できる点も見逃すことができない(秋田・江島, 1978; Dillon, Millman, Tombaugh, Fergusson, & Bezanson, 1979; Tombaugh, Dillon, Millman, & Bezanson, 1979)。

精神物理学の測定分野での刺激のオンライン・リアルタイム制御は主として、ミニコンピュータや個別集積

回路をベースとした高価なシステムが報告されている(Apter & Westby, 1973; 森, 1977; 難波・中村・安田, 1973; 難波・吉川・安田, 1969; Uttal, 1967, 1972)。

しかし、近年に至って1-16ビット語長の処理系をもつマイクロプロセッサとその周辺サポート半導体素子(RAM, ROM, EPROM, VIA²等)の著しいワンチップLSI化、低価格化(Brown & Deffenbacher, 1978; Milkman, Shapley, & Schick, 1978; Santa & Streit, 1978)はそれらの素子の機能的統合の結果としてパーソナル・マイクロコンピュータを生み出し、それはシンプルな会話型言語 BASIC(田中, 1975)の並行利用と相俟って融通性に富む外部刺激装置のランダム制御をリアルタイム処理で遂行することを可能にしたと言えよう。このような、リアルタイム BASIC による実験室の自動化(Real Time BASIC Laboratory Automatization: RBLA)は一般に、極めて、低価格高効率で実験できるのがその特徴である(Durrett, 1978; Sidowski, 1978³)。従来の8Kクラスの制御用ミニコンピュータが実験室で効率良く利用できなかったのは、メモリ・サイズの不足

¹ 本研究の一部は昭和53年度文部省科学研究費・奨励研究A(課題番号371038)を受けた。

² Versatile Interface Adaptor の略で、CPU プロセッサと外部装置(制御対象)をハードウェア的にインターフェースする機能をもつLSI素子。

FIG. 1. Microcomputer communication with the outside I/O logic devices via versatile interface adaptor (VIA) registers. Processing of subject's response inputs and stimulus outputs are both under software control.

```

10 ?"REAL-TIME BASIC LAB(RBLA)/THRESHOLD"
20 DIM X(50):?"CLR"
30 GOSUB 500:GOSUB 550
35 W=1:GOSUB 1000
40 FOR I=1 TO TR:X(I)=I:NEXT I
45 W=0
60 GOSUB 700
70 N=N+1
80 IF N=TR GOTO 110
90 GOTO 60
110 ?
115 IF W=1 GOTO 130
120 GOTO 35
130 GOSUB 1450
140 CLOSE 1
150 STOP
160 END
400 FOR Y=1 TO 30:?"-":NEXT Y
410 ?:"RETURN"
500 A=59459:B=59464:C=59466:D=59467:E=59471
510 POKE A,112:POKE E,0:RETURN
550 OPEN 1,1,1:PRINT#1,"--DATA--"
560 ?"DATE,TIME,SUB":INPUT D$,T$,S$
570 ?"SESSION,TRIAL":INPUT S$,TR
580 ?"FLASH,TONE(S)":INPUT FS,SD
585 TND=SD*60:FLD=FS*60
590 TS=TS
600 PRINT#1,"DATE="D$:"/TIME="T$:"/SUB="S$
610 PRINT#1,"SESSION="S$:"/TRIAL="TR:"/FLASH="FS:"
620 PRINT#1,"-----"
630 PRINT#1,"SESS/TRL/LCM/RES"
640 RETURN
700 R=INT(RND(1)*TR)+1
710 IF X(R)=0 THEN 700
720 ?"SESS="W:"TRL="N+1
730 ? X(R) SW=X(R)
740 FOR J=1 TO RN:FOR N=1 TO 50:NEXT N
750 POKE E,16:POKE E,0:NEXT J
760 GOSUB 1000:GOSUB 1100:GOSUB 1000
770 RN=(INT(RND(1)*10)+1)*60
772 KK=TI
775 IF TI-KK=RD THEN 780
778 GOTO 775
780 ?GOSUB 1200:GOSUB 1300
790 IF RS=2 THEN 760
800 GOSUB 1400
810 FOR U=1 TO 2000:NEXT U
820 Q=TR-RN
830 IF Q=0 THEN 860
840 FOR V=1 TO Q:FOR Z=1 TO 20:NEXT Z
850 POKE E,16:POKE E,0:NEXT V
860 X(R)=0:RETURN
1000 TM=TI
1010 IF TI-TM=300 THEN 1030
1020 GOTO 1010
1030 RETURN
1100 POKE D,16:POKE B,123:POKE C,151
1110 KK=TI
1120 IF TI-KK=TND THEN 1140
1130 GOTO 1120
1140 POKE D,0
1145 ? TAB(5)"TONE="SD"S"
1150 RETURN
1200 POKE E,96
1210 FD=TI
1220 IF TI-FD=FLD THEN 1240
1230 GOTO 1220
1240 POKE E,0: ? TAB(5)"FLASH="FS"S"
1250 RETURN
1300 F=TI
1305 IF TI-F=600 THEN 1370
1306 RS=PEEK(E) AND 3
1310 IF RS=1 THEN 1370
1320 IF RS=2 THEN 1380
1330 GOTO 1305
1370 ? TAB(25)"RESP="RS:RETURN
1380 ? TAB(14)"TRY AGAIN":?:"RETURN
1400 PRINT#1,W:N:X(R):RS
1410 RETURN
1450 PRINT#1,"-DATA END-"/TIME="TIS
1460 RETURN

```

FIG. 2. An example program for the real-time BASIC laboratory automatization for threshold measurement.

と、入出力命令をもつシンプルな言語構造を有するインタプリタ言語によって既存の装置をVIAを介してCPUのインテリジェント・ターミナル化できなかったことによると考えられる。RBLAによって心理学実験を制御したり (McLean, 1978), タキストスコープ的に応用する例 (Perera, 1978) は現在のところ非常に少ない。ここでは、RBLAを用いたランダム刺激呈示システム (恒常法による閾値測定) の試作例を報告する。

方 法

RBLAの中核となるプロセッサ・システムの条件としては (1) 良質の擬似一様乱数を高速に発生し, (2) VIAの一部がユーザーに開放されており, (3) 入出力 (I/O) 専用のBASIC命令が豊富で, VIAレジスタにアクセス可能であり, (4) リアルタイム・ソフトウェア・タイムがあること等が必要である。

³ 低価格とは、CRT、キーボード、カセット等が一体化されたBASICシステムで20万円前後のものをさす。*Behavior Research Methods & Instrumentation* 誌のVol. 10, No. 4 (1978) はマイクロコンピュータと心理学実験の特集号にあてられている。また、National Conference on the Use of On-Line Computers in Psychology (米国) では第7回大会 (1977) 以降、マイクロコンピュータのセッションが設けられている (上述誌 Vol. 10, 11 共に No. 2)。心理学へのマイクロコンピュータのインパクトについてはPolson (1978) やSidowski (1978) が概観している。

⁴ CPUは8ビット並列処理 (MCS 6502) で、8K・RAM、14K・ROMと周辺ファミリー素子で構成され、9インチ白黒CRT、内蔵カセット、英数字・グラフィックキーを持つ。VIA (MCS 6522) の8ビットがユーザーポートとして解放されている他、IEEE-488バス、自己診断機能を有する (Yob, 1979) (1978年10月現在)。BASICインタプリタはROM化されており (programmer's tool kitを含む)、電源投入後、直ちに使用でき、また高速処理が必要な場合はマシン語が混用 (USR, SYS文) できる。重量約20kgで可搬性あり。入出力ポートが8ビット以上必要な場合はメモリ拡張コネクタに必要なだけプログラマブル周辺インターフェース用LSI PPI (MPD 8255) をつける (1ヶあたり24ビットの拡張が可能)。心理学実験室におけるマイクロコンピュータの使用機種やその利用状況等についてはアンケート調査 (1980年4月現在) が行なわれた (心理学ラボラトリコンピュータ研究会)。

ハードウェア

Fig. 1 に装置のブロック・ダイアグラムを示す。マイコンコンピュータは PET 2001-8⁴ (コモドル社製) を用い (本体は省略), PET の VIA (MCS 6522) を介して外部入出力装置をリアルタイム BASIC で制御した。VIA のうちの 8 ビットライン (PA 0-PA 7) はプログラムで入出力いずれにも定義できるが, 本試作例では被験者の反応入力用に 2 本 (PA 0, 1), 刺激の出力制御用に 3 本 (PA 4—6) をあてている。出力ラインのうち, ポートの PA 4 は PET が発生させた乱数を出力バッファを介してパルス出力して 4 相パルスモータ (日本パルスモータ社製, PA 62, 駆動回路 PS-1 LD-4) の回転角度のランダム制御を, PA 5, 6 の各ポートは実験者用モニタ LED の駆動と光刺激用放電管 (シルヴァニア社製 R 1131 C グローモジュレーター管) の駆動をそれぞれ行なう。パルスモータ (15° ステップ) の回転軸には 24 個の同心円上に配列された円型スリット (直径 5°) をもつホイールが結合されており, 光源からの光はいずれかのスリットを透過して被験者の眼に入るようになっている。また, 24 個のスリットには 0.1 log ステップで 2.4 log unit の輝度範囲をカバーする ND フィルタ (Kodak Wratten No. 96) が挿入されている。

次に, 入力ラインのうち, PA 0, 1 の各ポートは被験者の刺激に対する反応を PET 内に入力したり (刺激が見えたらスイッチを接地し, 見えなければそのまま), 再試行要求の信号を入力したりする。いずれの入力ポートも反応信号は入力シュミット・バッファを介して VIA に入力される。CA 1 と CB 2 はそれぞれ, 同期信号を入力したり (CA 1), 特定の周波数をもつ矩形波を (周波数はソフトウェアでプログラム可能) 出力するための特殊ポートである。

ソフトウェア (実験の手順)

Fig. 2 にプログラム例を示す。主な行番号と対応する

```

5  REM READOUT DATA FROM CASSETTE#1
10 OPEN 1:
20 ?"READOUT DATA FILE UP TO:";INPUT N
30 FOR I=1 TO N
40   INPUT I,XS
50   ? XS
60 NEXT I
70 CLOSE 1
80 STOP

RUN

DATE=1978/12/16/TIME=152040/SUB=SR/FN/19
SESSION=2/TRIAL=5/FLASH=15

SESS/TRI/LUN/RES
1 0 3 0
1 1 2 0
1 2 4 1
1 3 1 0
1 4 5 0
-----
2 0 4 0
2 1 1 0
2 2 3 0
2 3 2 0
2 4 5 1
-----
-DATE END-/TIME=152556

```

FIG. 3. An example program for readout stored data from cassette memory and the data printed on CRT display after program execution.

主な処理は以下の如くである。

10—160 (行番号): 主プログラムで, W, N はセッション数, 試行数のカウンタである。主プログラムで合計 10 個の以下のサブルーチンを適宜呼んで処理させる。プログラム中の “?” 記号は “PRINT” の略号を示す。

400—410: CRT 上に破線を引く。

500—510 (アドレス指定): A—E はユーザーポート名で, その値は I/O 選択関係の PET 内 10 進アドレスを示す。機械結合命令 POKE A, 112 (510) は, 8 ビットの入出力ポートのうち, PA 4—6 のみにビットをたて ($01110000_2 = 2^6 + 2^5 + 2^4 = 112_{10}$), これら 3 つのポートを出力用にセットすることを意味する。

550—640 (初期値入力用): カセット #1 のファイルを反応データ入力用に OPEN する。実験開始日時 (分秒), 被験者特性, さらにセッション, 試行数, 光刺激, プザーの呈示時間 (秒) 等の入力をコンピュータが要求してくるのでキーボードから入力し, 次いでこれらの条件値を保存パラメタとしてファイルに書き込む。

700—860 (ランダム出力制御): 入力試行数 (TR) までの整乱数を同一セッション内で重複させずに発生させ (700—730, 860), その乱数パルスを PA 4 (POKE E, 16) からパルスモータに出力し, 角度が決ったら 5 秒後 (GOSUB 1000) にプザー (CB 2) を行番号 580 で指定した時間だけ鳴らし (GOSUB 1100), 5—15 秒のランダム Foreperiod (一様分布: 770—778) の後に行番号 580 で指定した時間だけ光刺激 (とモニタ LED) が点灯される (PA 5, 6: POKE E, 96 = 32 + 64: GOSUB 1200)。続く 10 秒間のうちに被験者は刺激が見えたら反応キーを押す (再試行したい場合は PA 1 のキーを押すと [RS=2] Try again となり, プログラムは 760 番に戻る)。反応が終了したら, カセットにセッション (W), 試行 (N), 刺激ナンバー (X(R)), 反応 (RS) を書き込み (GOSUB 1400), 次にパルスモータを再回転させて初期の位置にまき戻す (820—850)。740 行等のソフトウェア・タイマー (FOR—NEXT ループ) はパルスモータの追従速度の調整のための空白時間をつくっている (ループ 50 回で 73 ms)。

1000—1030 (タイマ): TI パラメタは PET のソフトウェアタイマでその単位は 1/60 s。従って, 1010—1020 で 5 秒間の空白時間を生成している。

1100—1150 (周波数指定とプザー): 1100 で 1 kHz の矩形波を発生, それを TND 時間 (1/60 s) 保持。

1200—1250 (光呈示): 光刺激を FLD 時間 (1/60 s) 呈示。

1300—1380 (反応入力): 光刺激の呈示後 10 秒間, PEEK (E) 命令で PA 0 と 1 ($2^0 + 2^1 = 3_{10}$) の各ポートの値との論理積をとることにより, いずれかのポートに反応信号が入っていないかどうかをスキニングし, 入

力信号を受けたポートによって分岐処理 (1370, 1380) する。

1400—1410 (データ書き込み) : カセット #1 (PET の 2 台のカセットのうち内蔵カセットを示す) にデータを書き込む (既述)⁵。

1450—1460 (エンド・マーク書き込み) : ファイルに END マークと実験終了時 (分秒) を書き込む。

以上の処理は全て自動的に行われ、処理の中間結果 (W, N, X(R), RS 等) は全て CRT 上に順次ディスプレイされるので実験の進行状況は常に監視できる。結果の統計的処理は後日別の処理プログラムでデータカセットの内容を読み出した上で行なう。

結果と評価

Fig. 3 に記録したファイルを CRT 上に出力するプログラム例と、その短いサンプル・ランの結果を示す。このサンプル実験は 1978 年 12 月 16 日、15 時 20 分 40 秒に開始され、5 分 16 秒後に終了したこと、被験者は SH, 女性、19 歳、実験は 2 セッション、5 試行から成り、光刺激は 1 s 呈示されたことが分る。データはセッション (SESS), 試行 (TRL), ランダム輝度条件 (LUM), 及び反応 (RES) から成り、LUM 条件はセッション内でランダム化され、RES は 4 以上で刺激が見えたことを示している。実際には、本試作例のパルスモータは 24 個の刺激をランダム呈示できるので LUM の列は各セッション内に 1—24 までの数がランダムに出現することになる (紙幅の都合で省略)。10 セッション、24 試行 (光、音は 1 s 呈示) の場合の所要時間は、2 時間 21 分 4 秒であった。本システムの場合、反応データ等は順次カセット・バッファメモリにため込まれ、自動的にファイルに書き込まれてゆくと電源を入れてプログラムを実行させれば、実験者は全く必要とされない。従って、セッションや試行を増やして、動物等では数日間にわたって実験が継続できよう。

以上のような RBLA は CRT 面を刺激呈示に利用する知覚実験 (タキストの利用、因果性知覚等の運動刺激の生成、CRT へのランダムドットのプロット等) のみならず、種々の乱数発生器、数人の RT 測定器にもプログラムを変えるだけで実現できる。A/D, D/A コンバータをインターフェースすれば輝度計のデータ入力やオシロスコープへの図形出力にも使える。また、記号やカナ文字を乱数検索することにより、概念学習、記憶実験等の CAI 的利用にも使用できる。授業用等 (例えば乱数を使った統計の授業) には同一画像を複数の大型モニタ TV にも出力できる。

⁵ Fig. 2 のプログラムで OPEN 4, 4 と CLOSE 4 を入れ #1 を #4 に入れ替えると IEEE-488 バスを通してプリンター (モデル 2022) にデータが出力される。

引用文献

- 秋田宗平・江島義道 1978 オンライン方式による視覚情報処理装置の試作研究 日本心理学会第 42 回大会発表論文集, 6-7.
- Apter, M. J., & Westby, G. 1973 *The Computer in Psychology*. London: Wiley.
- Brown, E. L., & Deffenbacher, K. 1978 Microcomputers big and little: Selecting a low-cost laboratory computer network. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 241-245.
- Dillon, R. F., Millman, B., Tombaugh, W. R., Fergusson, W. R., & Bezanson, W. R. 1979 A microcomputer-controlled laboratory: Hardware. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **11**, 293-300.
- Durrett, H. J., Jr. 1978 Inexpensive microcomputer systems for research and instruction: A dream or reality? *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 345-351.
- McLean, R. S. 1978 The Commodore PET: Using personal computers for experimental control. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 468-473.
- Milkman, N., Shapley, R., & Schick, G. 1978 Experimental applications: A microcomputer-based visual stimulator. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 539-545.
- 宮武 修・脇本和昌 1978 乱数とモンテカルロ法 森北出版, Pp. 4-50.
- 森 英雄 1977 オンライン CRT 視覚マスキングシステム 心理学研究, **47**, 338-342.
- 難波精一郎・中村敏枝・安田園子 1973 音刺激制御装置の試作 心理学研究, **43**, 307-311.
- 難波精一郎・吉川敏枝・安田園子 1969 心理学における実験の自動化 心理学評論, **12**, 181-196.
- 荳阪直行 1978 シフトレジスタ系列による MOD-2 擬似ランダムパルスの発生 心理学研究, **49**, 99-102.
- Osaka, N. 1979 a Microprocessor-based real-time BASIC laboratory: A pulse motor controlled visual stimulator. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **11**, 581-584.
- Osaka, N. 1979 b A microprocessor-based real-time BASIC random inter-stimulus interval generator with different probability density functions. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **11**, 549-552.
- Perera, T. B. 1978 A versatile microcomputer-based multiple-field tachistoscope. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 546-547.
- Polson, P. G. 1978 Microprocessors: Their impact on real-time computing in psychology. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 463-

- 467.
- Santa, J.L., & Streit, P.A. 1978 A microprocessor reaction time laboratory. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 352-355.
- Sidowski, J.B. 1978 Microcomputers in psychology. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **10**, 463-467.
- 田中良久 1975 ペーシック入門 東京大学出版会.
- Tombaugh, J.W., Dillon, R.F., Millman, B., & Bezanson, W.R. 1979 A microcomputer-controlled laboratory: Software. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **11**, 301-310.
- Uttal, W.R. 1967 *Real-time computers: Technique and applications in the psychological sciences*. New York: Harper & Row.
- Uttal, W.R. 1972 Misuse, abuse, overuse, and unuse of on-line computer facilities by psychologist. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **4**, 55-60.
- Yob, G. 1979 PET user port cookbook. *Kilobaud*, # 25, 62-73.

—1979. 7. 16. 受稿—