

ROSEリポジトリいばらき（茨城大学学術情報リポジトリ）

Title	脂質二分子膜の電気測定--GP-IBインターフェイスを利用した計測プログラム並びにデータ処理プログラムの作製
Author(s)	熊沢. 紀之 / 天尾. 豊 / 馬籠. 信之
Citation	茨城大学教養部紀要(24): 83-102
Issue Date	1992
URL	http://hdl.handle.net/10109/9933
Rights	

このリポジトリに収録されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作権者に帰属します。引用、転載、複製等される場合は、著作権法を遵守してください。

お問合せ先

茨城大学学術企画部学術情報課（図書館） 情報支援係
<http://www.lib.ibaraki.ac.jp/toiawase/toiawase.html>

脂質二分子膜の電気測定

—GP-IB インターフェイスを利用した計測
プログラム並びにデータ処理プログラムの作製—

熊 沢 紀 之 (教 養)

天 尾 豊 (理学部)

馬 籠 信 之 (理学部)

1. はじめに

脂質二分子膜は、生体膜の基本構造として生物の情報伝達、物質認識、エネルギー変換に重要な役割を果たしている¹⁾。脂質二分子膜を人工的に作製するモデル膜の手法も確立し、その電気特製を解析する研究が近年盛んに行われている。モデル膜の電気特性を検討することは、生命現象の理解のみでなく、生物の高度な機能を模倣したバイオセンサーやバイオ素子の開発にも密接に関連する分野である。本研究室では、主要な人工リン脂質二分子膜作製法である、黒膜法²⁾、Montal - Mueller法³⁾、チップーディップ法⁴⁾の三つの実験手法並びに計測システムを確立している。

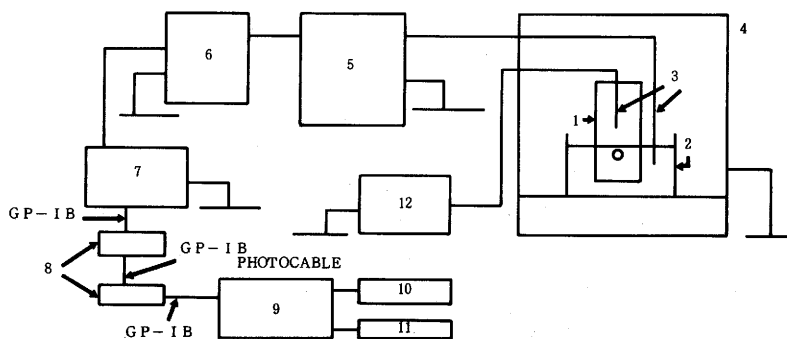


図1 電気測定システム図

- 1: テフロンポット
- 2: プラスチックセル
- 3: 銀-塩化銀電極
- 4: シールドボックス
- 5: 電圧印加及び微小電流測定器(CEZ-220 NIHON KOHDEN)
- 6: デイケードフィルター(E-3201A NF 回路設計ブロック)
- 7: デジタルストレージスコープ(SS5802 岩通)
- 8: GP-IBバス拡張装置(GPNEText488A NETWORK SUPPLY)
- 9: パーソナルコンピュータ(PC9801-VX NEC)
- 10: X-Yプロッター(DXY-101 Roland)
- 11: プリンター(M-1024IIP/X brother)
- 12: ファンクションジェネレーター(MODEL187 WAVETEK)

図1に人工リン脂質二分子膜電気測定の概略を示した。膜の電気測定は、大きく分けて以下の方法がある。1) 膜内外に直流電圧を印加し膜を通過する電流値を測定する。この方法では、膜の電気抵抗に関する情報が得られる。またタンパク質等のイオンチャンネルに関する情報も得ることが出来る。2) 膜に矩形波あるいは交流電場を印加し、膜通過電流の過渡的応答を観測する。この方法によって膜電気容量に関する情報を得ることが出来る。3) 膜の内外の電極の電位差を計測する方法。この方法は、光起電性物質の特性の検討に利用できる。(膜形製法並びに電気計測法についての詳細は文献⁶⁾参照。) この実験系において、得られた電気信号をインターフェイスを介しコンピュータに取り込むシステムが、計測の自動化、並びにデータの定量的処理の課程で重要である。我々は、計測の自動化プログラム並びにこのプログラムで記録したデータの解析プログラムを開発した。計測自動化プログラムは、計測システムに広く用いられているGP-IB (IEEE-488) インターフェイス⁶⁾を利用したプログラムである。また、データ解析プログラムは、本報告で述べるヒストグラム解析のみでなく、適応化平滑法などを用いた雑音除去あるいはフーリエ変換などの解析⁷⁾にも応用できる。従ってこれらのプログラムは、人工膜系の研究者のみでなく計測の自動化を目指す研究者にとっても有用であると考えられるため、ここにプログラムを記載しその概略について解説する。

2. 自動計測プログラムの解説

本プログラムは、膜を通過する電流を増幅器によって電圧に変換し、その電圧をストレージ型オシロスコープのメモリに記録しそのデータをGP-IBインターフェイスを介してパソコン(NEC9801VX21)に転送し処理するプログラムである。

本システムで使用したストレージ型オシロスコープは、2チャンネル入力に対して各々2キロバイトのメモリを有し、メモリの分解能は8ビットである。設定によって、1チャンネルのメモリを4キロバイトとすることも可能であるが、本プログラムの場合1チャンネル2キロバイトの標準的なメモリ設定にして使用した。

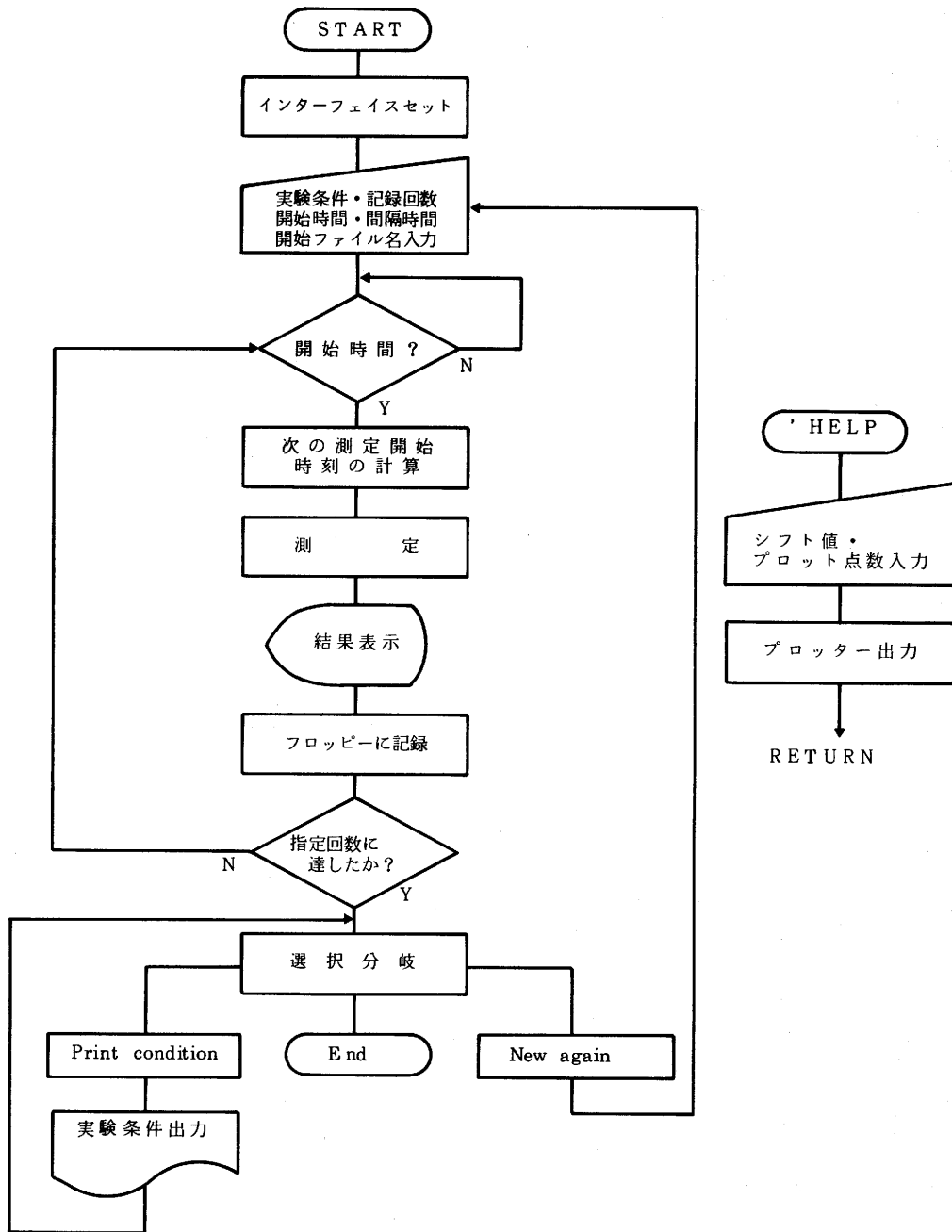


図2 自動測定プログラムのフローチャート
開始時刻等入力後、選択分岐に至るまでは自動的に作動する。
なお、プロッター出力への分岐は任意の時点で可能。

```

1000 'SS 5801<=>PC9801 CONTROL AND BINARY 2048*(1-5)*x DATA TRANSPORT
1010 '*****SS5801 GP-1B CLEAR
1020 ' edited KUMAZAWA & MAGOME ***58B5F3M**
1030 '*****INTERFACE SET
1040 ISET IFC
1050 ISET REN
1060 CMD DELIM=0
1070 WBYTE 50;
1080 CLS 3
1090 WIDTH 80,25
1100 CONSOLE 0,25,0,1
1110 DIM X(5,2048),TIM$(5)
1120 LPRINT "M2800,2500"
1130 LPRINT "Pdate : ";DATE$
1140 INPUT"EXPERIMENTAL REMARKS ":EX$
1150 LPRINT"M500,2300"
1160 LPRINT"PREMARKS: ":EX$
1170 LPRINT"M500,2500"
1180 LPRINT"PCchannel 1==> 2048/N points PLOTTING ==>"
1190 PRINT"Please Input the value of TIME/DIV"
1200 PRINT" 1:10sec 2:5sec 3:0.2sec 4:0.1sec 5:50msec 6:20mse "
1210 INPUT" 7:10msec 8:5msec 9:2msec 10:1msec 11:0.5msec 12:0.2msec ";:T
1220 IF T=1 THEN LPRINT"PTIME/DIV =10 sec":GOTO 1350
1230 IF T=2 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 5 sec":GOTO 1350
1240 IF T=3 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 0.2 sec":GOTO 1350
1250 IF T=4 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 0.1 sec":GOTO 1350
1260 IF T=5 THEN LPRINT"PTIME/DIV =50 msec":GOTO 1350
1270 IF T=6 THEN LPRINT"PTIME/DIV =20 msec":GOTO 1350
1280 IF T=7 THEN LPRINT"PTIME/DIV =10 msec":GOTO 1350
1290 IF T=8 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 5 msec":GOTO 1350
1300 IF T=9 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 2 msec":GOTO 1350
1310 IF T=10 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 1 msec":GOTO 1350
1320 IF T=11 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 0.5 msec":GOTO 1350
1330 IF T=12 THEN LPRINT"PTIME/DIV = 0.2 msec":GOTO 1350
1340 GOTO 1210
1350 LPRINT"M500,2400"
1360 PRINT@ 2:"C2"
1370 INPUT@ 2:C2$
1380 VD=VAL(MID$(C2$,1,2))
1390 IF VD=1 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV =10 V" :GOTO 1500
1400 IF VD=2 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV = 5 V" :GOTO 1500
1410 IF VD=3 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV = 2 V" :GOTO 1500
1420 IF VD=4 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV = 1 V" :GOTO 1500
1430 IF VD=5 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV =0.5 V" :GOTO 1500
1440 IF VD=6 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV =0.2 V" :GOTO 1500
1450 IF VD=7 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV =0.1 V" :GOTO 1500
1460 IF VD=8 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV = 50 mV":GOTO 1500
1470 IF VD=9 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV = 20 mV":GOTO 1500
1480 IF VD=10 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV = 10 mV":GOTO 1500
1490 IF VD=11 THEN LPRINT"PVOLTS/DIV = 5 mV"
1500 LPRINT "M500,362"
1510 LPRINT "D2547,362"
1520 LPRINT "D2547,2000"
1530 LPRINT "D500,2000"
1540 LPRINT "D500,362":LPRINT"M524,362"
1550 LPRINT"X1,200,10":LPRINT"M500,362"
1560 LPRINT"X0,205,7":LPRINT"M500,1181"
1570 '*****INPUT*****
1580 CLS 3 : FILES "B:
1590 PRINT : INPUT"STARTING FILENAME==> WITHIN 8":FILES$
1600 BS=LEFT$(FILES$,LEN(FILES$)-2)
1610 FF=VAL(RIGHT$(FILES$,2))
1620 INPUT "INTERVAL (minute) ==",M
1630 INPUT "HOW MANY LINES (1-5) ==",NL
1640 INPUT "REPEAT ==",R
1650 INPUT "DISPLAY POINTS 1:512 2:1024 4:2048 ",DP
1660 IF DP=1 THEN DDP=4
1670 IF DP=4 THEN DDP=1 ELSE DDP=DP
1680 PRINT : PRINT TIMES$
1690 INPUT "START TIME (**:***:**)==" ,AS
1700 ON HELP GOSUB *PLOT
1710 HELP ON
1720 '
1730 '*****WAIT*****
1740 SCREEN 3 : CLS 3

```

```

1750 TT=1
1760 GOSUB *LLINE
1770 IF A$="" THEN A$=TIME$ : GOSUB *START
1780 LOCATE 6,1 : PRINT A$
1790 ON TIME$=A$ GOSUB *START
1800 TIME$ ON
1810 LOCATE 60,0 : PRINT TIME$ : GOTO 1810
1820 '
1830 BEEP:BEEP:BEEP
1840 LOCATE 32,1 : =PRINT" "
1850 LOCATE 0,23:INPUT" New again=1 End=2 Print conditions=3";NEP
1860 ON NEP GOTO 1570,1890
1870 IF NEP=3 THEN GOSUB *PRINTOUTS
1880 GOTO 1850
1890 CLS 3
1900 CONSOLE 0,25,1,1
1910 TIME$ OFF : HELP OFF
1920 END
1930 '
1940 '
1950 '*****START*****
1960 *START
1970 HH=VAL(LEFT$(TIME$,2)):MM=VAL(MID$(TIME$,4,2))
1980 MM=MM+M
1990 FOR L=0 TO 1
2000 HH=HH+MM*60 : MM=MM MOD 60
2010 HH=HH MOD 24
2020 NEXT
2030 HH$=RIGHT$("0"+RIGHT$(STR$(HH),LEN(STR$(HH))-1),2)
2040 MM$=RIGHT$("0"+RIGHT$(STR$(MM),LEN(STR$(MM))-1),2)
2050 SS$=RIGHT$(TIME$,2)
2060 A$=HH$+" "+MM$+" "+SS$
2070 CLS 2 : GOSUB *LLINE
2080 LOCATE 1,1 : PRINT " "
2090 LOCATE 5,22 : PRINT " "
2100 LOCATE 32,1 : PRINT "BUSY ! "
2110 LOCATE 32,0 : PRINT TT
2120 GOSUB *INPUTJ
2130 GOSUB *FLOPPY
2140 LOCATE 32,1 : PRINT " "
2150 LOCATE 5,22 : PRINT "PLOT OUT === PUSH 'HELP' KEY"
2160 IF TT=R THEN GOTO 1830
2170 LOCATE 1,1 : PRINT "NEXT"
2180 TT=TT+1
2190 RETURN 1780
2200 '
2210 '*****MEASUREMENT AND DISPLAY*****
2220 *INPUTJ
2230 FOR J=1 TO NL
2240 PRINT@ 2:"N1 1"
2250 IF T=1 THEN PRINT@ 2:"D1 1" :GOTO 2370
2260 IF T=2 THEN PRINT@ 2:"D1 2" :GOTO 2370
2270 IF T=3 THEN PRINT@ 2:"D1 3" :GOTO 2370
2280 IF T=4 THEN PRINT@ 2:"D1 4" :GOTO 2370
2290 IF T=5 THEN PRINT@ 2:"D1 5" :GOTO 2370
2300 IF T=6 THEN PRINT@ 2:"D1 6" :GOTO 2370
2310 IF T=7 THEN PRINT@ 2:"D1 7" :GOTO 2370
2320 IF T=8 THEN PRINT@ 2:"D1 8" :GOTO 2370
2330 IF T=9 THEN PRINT@ 2:"D1 9" :GOTO 2370
2340 IF T=10 THEN PRINT@ 2:"D1 10" :GOTO 2370
2350 IF T=11 THEN PRINT@ 2:"D1 11" :GOTO 2370
2360 IF T=12 THEN PRINT@ 2:"D1 12" :GOTO 2370
2370 PRINT@ 2:"03"
2380 PRINT@ 2:"06"
2390 PRINT@ 2:"S1"
2400 INPUT@ 2:S1$
2410 IF S1$="+00003" THEN GOTO 2430
2420 GOTO 2390
2430 PRINT@ 2:"NO 1"
2440 PRINT@ 2:"F1"
2450 PRINT@ 2:"RO 2047"
2460 WBYTE 63,64+2,32+1;
2470 FOR N=0 TO 2047
2480 RBYTE :X
2490 IF X>127 THEN X(J,N)=(X-256)/32 ELSE X(J,N)=X/32
2500 NEXT N

```

```

2510 PRINT@ 2:"02"
2520 A=0 : B=0
2530 FOR I=0 TO 2047 STEP DDP
2540 A=I/DP+44
2550 B=50-X(J,I)*40+J*50
2560 PSET (A,B),J+1
2570 NEXT I
2580 TIM$(J)=TIMES
2590 CIRCLE(590,50+50*J),6,J+1
2600 NEXT J
2610 RETURN
2620 '
2630 '*****RECORD*****
2640 *FLOPPY
2650 FOR J=1 TO NL
2660 FILE$="B:"+B$+RIGHT$("0"+RIGHT$(STR$(FF),LEN(STR$(FF))-1),2)+".DAT"
2670 OPEN FILE$ FOR OUTPUT AS #1
2680 WRITE#1,EX$
2690 WRITE#1,DATES
2700 WRITE#1,TIM$(J)
2710 WRITE#1,T
2720 WRITE#1,VD
2730 FOR I=0 TO 2047
2740 WRITE#1,X(J,I)
2750 NEXT I
2760 CLOSE #1
2770 FF=FF+1
2780 NEXT J
2790 BEEP : RETURN
2800 '
2810 '*****DRAW LINE*****
2820 *LLINE
2830 LINE(44,30)-(556,30),1
2840 LINE(44,30)-(44,370),1
2850 LINE(44,370)-(556,370),1
2860 LINE(556,370)-(556,30),1
2870 SX=0 : SY=0
2880 FOR I=-5 TO 5
2890 SX=300+I*50
2900 LINE(SX,370)-(SX,360),1
2910 NEXT I
2920 FOR I=-4 TO 4
2930 SY=200+I*40
2940 LINE(44,SY)-(54,SY),1
2950 NEXT I
2960 RETURN
2970 '
2980 '*****PLOT OUT*****
2990 *PLOT
3000 LOCATE 5,22 : PRINT "
3010 POS$="Print out Red=1 Violet=2 Green=3 Sky=4 Yellow=5"
3020 LOCATE 0,22
3030 IF NL=1 THEN PRINT LEFT$(POS$,16):LOCATE 16,22:INPUT PJ:GOTO 3080
3040 IF NL=2 THEN PRINT LEFT$(POS$,25):LOCATE 25,22:INPUT PJ:GOTO 3080
3050 IF NL=3 THEN PRINT LEFT$(POS$,33):LOCATE 33,22:INPUT PJ:GOTO 3080
3060 IF NL=4 THEN PRINT LEFT$(POS$,39):LOCATE 39,22:INPUT PJ:GOTO 3080
3070 IF NL=5 THEN PRINT POS$ :LOCATE 48,22:INPUT PJ
3080 PAINT(590,50+50*PJ),PJ+1
3090 LOCATE 0,22 : INPUT "No. OF PROTING 1:2048, 2:1024, 4:512 1/2/4 ":PN
3100 IF PN<>1 AND PN<>2 AND PN<>4 THEN GOTO 3090
3110 LOCATE 0,22 : PRINT "
3120 LOCATE 5,22 : INPUT "Shift Step -5<sft<5":SFT
3130 LPRINT"M500,1181"
3140 FOR I=0 TO 2047 STEP PN
3150 XA=500+I
3160 YA=INT(204.8*X(J,I)+205*SFT+1181)
3170 LPRINT"D":XA:",":YA
3180 NEXT I
3190 LPRINT"P ":TIM$(J):"N=":PN:"SFT=":SFT
3200 LOCATE 5,22 : PRINT "PLOT OUT === PUSH 'HELP' KEY"
3210 IF TT=R THEN RETURN 1850
3220 RETURN 1790
3230 '
3240 '*****PRINT OUT*****
3250 *PRINTOUTS
3260 LOCATE 0,22:PRINT "

```

```

3270 LOCATE 0,22:INPUT "SELSECT CABLE TO PRINTER Y/N" ":SEL$
3280 IF SEL$="Y" OR SEL$="y" THEN GOTO 3300
3290 GOTO 3260
3300 LPRINT"*****"
3310 LPRINT"REMARKS: ";EX$
3320 LPRINT "date : ";DATE$;" time:"TIM$(FJ)
3330 IF T=1 THEN LPRINT"TIME/DIV = 10 sec"
3340 IF T=2 THEN LPRINT"TIME/DIV = 5 sec"
3350 IF T=3 THEN LPRINT"TIME/DIV = 0.2 sec"
3360 IF T=4 THEN LPRINT"TIME/DIV = 0.1 sec"
3370 IF T=5 THEN LPRINT"TIME/DIV = 50 msec"
3380 IF T=6 THEN LPRINT"TIME/DIV = 20 msec"
3390 IF T=7 THEN LPRINT"TIME/DIV = 10 msec"
3400 IF T=8 THEN LPRINT"TIME/DIV = 5 msec"
3410 IF T=9 THEN LPRINT"TIME/DIV = 2 msec"
3420 IF T=10 THEN LPRINT"TIME/DIV = 1 msec"
3430 IF T=11 THEN LPRINT"TIME/DIV = 0.5 msec"
3440 IF T=12 THEN LPRINT"TIME/DIV = 0.2 msec"
3450 IF VD=1 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 10 V"
3460 IF VD=2 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 5 V"
3470 IF VD=3 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 2 V"
3480 IF VD=4 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 1 V"
3490 IF VD=5 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 0.5 V"
3500 IF VD=6 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 0.2 V"
3510 IF VD=7 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 0.1 V"
3520 IF VD=8 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 50 mV"
3530 IF VD=9 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 20 mV"
3540 IF VD=10 THEN LPRINT"VOLTS/DIV CH1= 10 mV"
3550 LOCATE 5,22 : PRINT "PLOT OUT === PUSH 'HELP' KEY"
3560 RETURN 1850

```

図3 自動計測プログラムリスト

図2にフローチャート，図3にプログラムを示す。本プログラムの特徴は，最初に実験条件や開始時刻などを入力してしまえば，あとはパソコンの内部クロックによって自動的に設定時間間隔で測定を開始しオシロスコープ上にデータを記録しそのデータをパソコンに転送しフロッピーディスクへの記録という一連の処理の全てを行うことができる点である。測定は指定回数に達するまで行われるが，連続した最大5回までの任意の回数の測定を1度に扱えるようになっている。この時，フロッピーに記載されるデータファイル名は開始ファイル名の下2桁の番号を始点として1回の測定毎に1ずつ数を増やす形で決定される。1つのファイルには，測定の日付，実験条件，測定周期，オシロスコープの入力条件(VOLT/DIV)，2キロバイトの実測データが記録される。またパソコンメモリー上に転送されたデータはディスプレイ上にも表示されるため，膜の状態を常に観測することができ膜破壊等の事態にも早急に対応可能である。パソコンメモリー上のデータは，HELPキーによるサブルーチン分岐によって，X-Yプロッターへ出力できるようになっている。この出力には時間がかかるため，通常はフロッピーディスクに記載したデータを次節に示すデータ解析プログラムを用いる。

3. データ解析用プログラムの解説

このプログラムは2つのルーチンからなっている。図4 a, 図4 bに各々のルーチンのフローチャート図5にその全プログラムを示す。

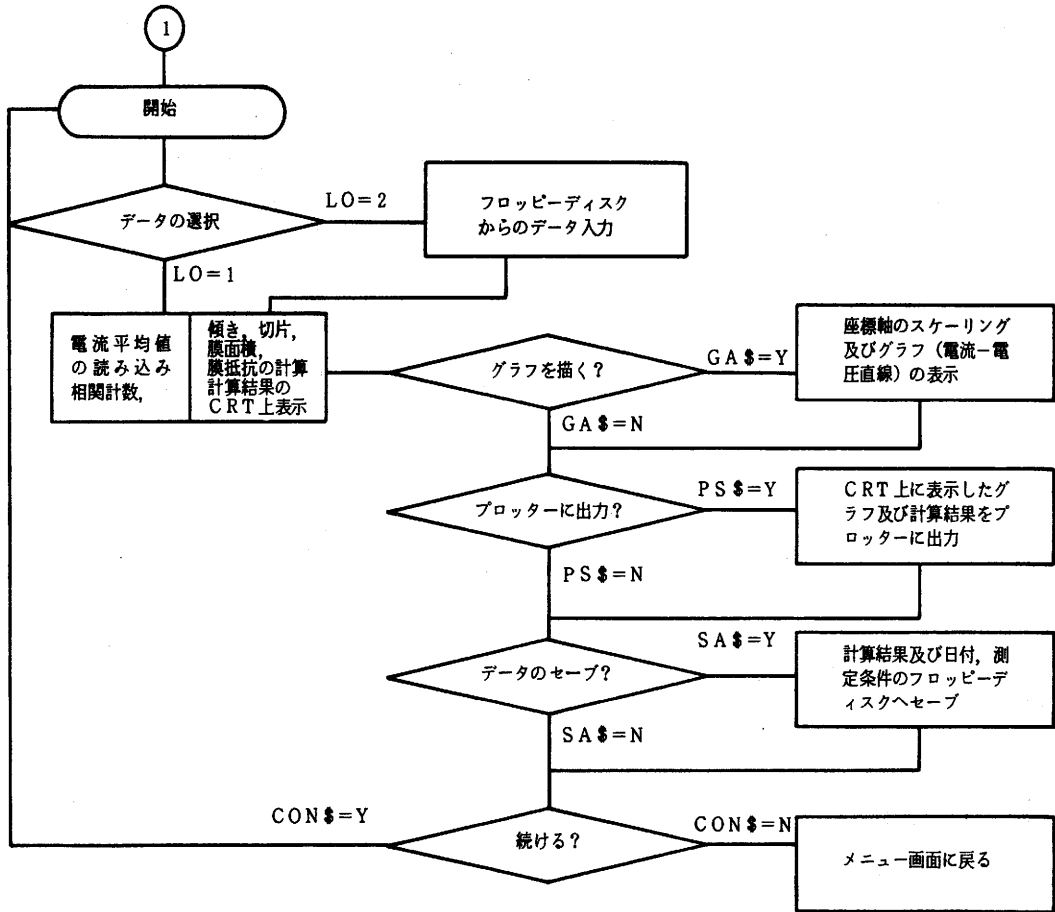


図4-a 膜抵抗解析用プログラムのフローチャート

図4 aに示したルーチンは、人工膜の膜抵抗を算出するプログラムである。ここで、あらかじめ他のプログラムにより一定電圧で膜を通過する電流を読みだし平均値を算出しフロッピーに記録しておく。この平均値と電圧の関係を1次の最小自乗法で計算し、その傾きから膜の見かけの抵抗値を算出する。その抵抗値に顕微鏡測定によって計測した膜面積を乗じることにより膜抵抗 (単位: ohm cm^2) を算出する。計算結果と電流の平均値と電圧の関係のグラフはX-Yプロッターに出力される。なお平均値を計算するプログラムは、本節の共通ルーチンに単純なプログラムを加えたものであるため記載は省略した。

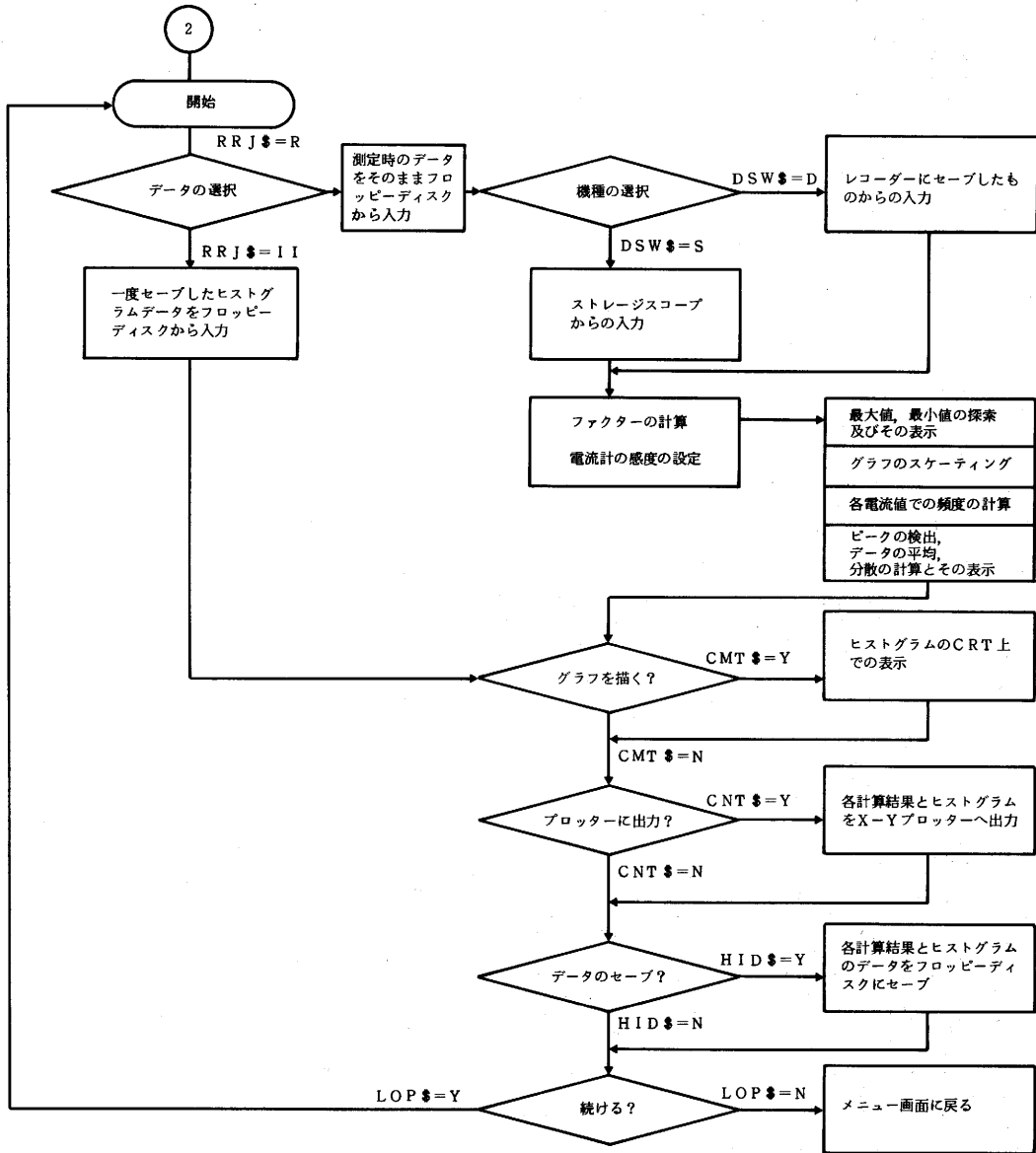


図4-b データ読みだし及びヒストグラム解析用プログラムのフローチャート

```

1000 *****
1010 * Program for analysis of electric charactar(draw the V-C line ,*
1020 * calculate of resistance ) and of ionic channel (draw the his-*
1030 * togram ).
1040 * Made by 88S3002R(B4):filename:BLM1000 :1991/9/25
1050 *****
1060 SCREEN 0:WIDTH 80,25:WINDOW (0,0)-(639,199):CLS 3
1070 LOCATE 27,3:PRINT "Menu"
1080 LOCATE 17,5:PRINT "1-----Analysis of electric charactar"
1090 LOCATE 17,9:PRINT "2-----Analysis of channel "
1100 LOCATE 17,13 :PRINT "3-----End of operation"
    
```

```

1110 LOCATE 17,23:INPUT"INPUT NUMBER ",N
1120 ON N GOTO 1150,4030,1140
1130 GOTO 1070
1140 CLS 3:END
1150 '***** Analysis of electric charactor *****
1160 CLS 3
1170 'voltage-current curve
1180 INPUT "Input data from average data(1) or floppy(2)":LO
1190 IF LO=1 THEN GOTO 1320
1200 IF LO=2 THEN GOTO 1220
1210 '*****Input data from floppy sector *****
1220 FILES "B:"
1230 LOCATE 1,22:INPUT "INPUT FILENAME ":FI$
1240 FI$="B:"+FI$
1250 OPEN FI$ FOR INPUT AS #1
1260 INPUT #1,N,D$,R$,T$,B,C,H,G,K1,KO,L,RT
1270 FOR I=1 TO N
1280 INPUT #1,E(I),I(I)
1290 NEXT I
1300 CLOSE #1
1310 GOTO 1540
1320 '*****Input data sector*****
1330 CLS 3
1340 PRINT "Input the data"
1350 INPUT "DATE=",D$
1360 INPUT "REMARKS=",R$
1370 INPUT "TEMPERTURE K=",T$
1380 CIRCLE (400,60),100,7
1390 CIRCLE (400,60),80,7
1400 PAINT(400,60),1,7
1410 LINE (500,180)-(300,180):LINE(630,10)-(630,110)
1420 LINE (550,20)-(550,100):LINE(320,140)-(480,140)
1430 LINE (400,10)-(800,10),7,,&H8888:LINE (400,110)-(800,110),7,,&H8888
1440 LINE (400,20)-(550,20),7,,&H8888:LINE (400,100)-(550,100),7,,&H8888
1450 LINE (500,60)-(500,180),7,,&H8888:LINE(300,60)-(300,180),7,,&H8888
1460 LINE (320,60)-(320,140),7,,&H8888:LINE (480,60)-(480,140),7,,&H8888
1470 LOCATE 49,16:PRINT "R'1":LOCATE 49,21:PRINT "R1"
1480 LOCATE 67,7:PRINT "R'2":LOCATE 76,7:PRINT "R2"
1490 INPUT "R1=",B
1500 INPUT "R2=",C
1510 INPUT "R'1=",H
1520 INPUT "R'2=",G
1530 GOSUB 1670
1540 GOSUB 1980
1550 '*****
1560 LOCATE 0,22:INPUT" GRAPH AND AREA(Y/N)":GAS
1570 IF GAS="Y" OR GAS$="y" THEN GOSUB 2120
1580 LOCATE 0,22 :INPUT "PLOT OUT(Y/N)":PS$
1590 IF PS$="Y" OR PS$="y" THEN GOSUB 2770
1600 LOCATE 0,22 :INPUT "Data save or not (Y/N)":SAS
1610 IF SAS="Y" OR SAS$="y" THEN GOTO 3910
1620 CLS 3:INPUT "Are you continue(Y/N)":CON$
1630 IF CON$="Y" OR CON$="y" THEN GOTO 1640 :ELSE 1650
1640 ELASE E,I:GOTO 1160
1650 CLS 3:INPUT "Return Menu Screen.Hit return key",MENU$
1660 GOTO 1060
1670 '*****Read average data sector *****
1680 CLS 3
1690 INPUT "INPUT FILENAME":JI$
1700 JI$="B:"+JI$
1710 OPEN JI$ FOR INPUT AS #1
1720 INPUT #1,N
1730 DIM E(N),I(N)
1740 FOR I=1 TO N
1750 INPUT #1,E(I),I(I)
1760 NEXT I
1770 CLOSE #1
1780 MX=0:MY=0
1790 FOR I=1 TO N
1800 MX=MX+I(I):MY=MY+E(I)
1810 NEXT I
1820 MX=MX/N:MY=MY/N
1830 '***** Calculation of factor sector *****
1840 SX=0:SXY=0:SY=0
1850 FOR I=1 TO N
1860 W=I(I)-MX

```

```

1870 V=E(I)-MY
1880 SY=SY+V*V
1890 SX=SX+W*W
1900 SXY=SXY+W*(E(I)-MY)
1910 NEXT I
1920 KI=SXY/SX
1930 KO=MY-KI*MX
1940 RT=SXY/SQR(SX*SY)
1950 '***** Calculation of area membrane *****
1960 L=G*H/(C*B)*.007856
1970 RETURN
1980 '***** Sumilation of data sector *****
1990 CLS 3
2000 PRINT
2010 PRINT "Sumilation of data"
2020 PRINT "DATE=";D$
2030 PRINT "REMARKS=";R$
2040 PRINT "temperture K=";T$
2050 PRINT "sample=";N
2060 PRINT USING "current-voltage line E=(#.###^)+(.###^)*E09*I":KO:KI
2070 PRINT "correlation factor r=";RT
2080 PRINT "resistance*E09 ohm=";K1
2090 PRINT "area of membrane cm2=";L
2100 PRINT "resistance of membrane*E09 cm2 ohm=";L*K1
2110 RETURN
2120 '***** Scaling of V-C line sector *****
2130 CLS 3
2140 LOCATE 10,10:PRINT "Scaling of X-axis "
2150 LOCATE 10,12:PRINT "-1-----150/150(mV)"
2160 LOCATE 10,14:PRINT "-2-----300/300(mV)"
2170 LOCATE 10,16:PRINT "-3-----600/600(mV)"
2180 LOCATE 10,18:INPUT "Select No. (1 / 3)";ER
2190 CLS
2200 LOCATE 10,8:PRINT "Scaling of Y-axis "
2210 LOCATE 10,10:PRINT "-1-----1.5/1.5(pA)"
2220 LOCATE 10,12:PRINT "-2-----3.0/3.0(pA)"
2230 LOCATE 10,14:PRINT "-3-----6.0/6.0(pA)"
2240 LOCATE 10,16:PRINT "-4-----12/12(pA)"
2250 LOCATE 10,18:PRINT "-5-----25/25(pA)"
2260 LOCATE 10,20:PRINT "-6-----100/100(pA)"
2270 LOCATE 10,22:INPUT "Select No. (1 / 6)";FR
2280 '***** Factor of scaling sector *****
2290 CLS
2300 IF ER=1 THEN ERQ=1.2:IF ER=2 THEN ERQ=1.5:IF ER=3 THEN ERQ=2.5
2310 IF ER=1 THEN ERQ=.5:IF ER=2 THEN ERQ=1.25:IF ER=3 THEN ERQ=2.5
2320 IF FR=1 THEN FRQ=64:IF FR=2 THEN FRQ=32:IF FR=3 THEN FRQ=16:IF FR=4 THEN FRQ=8:IF FR=5 THEN FRQ=4:IF FR=6 THEN FRQ=2
2330 IF FR=1 THEN FW=300:IF FR=2 THEN FW=150:IF FR=3 THEN FW=75:IF FR=4 THEN FW=37.5:IF FR=5 THEN FW=18.75:IF FR=6 THEN FW=9.375
2340 IF FR=1 THEN FRQ=64:IF FR=2 THEN FRQ=32:IF FR=3 THEN FRQ=16:IF FR=4 THEN FRQ=8:IF FR=5 THEN FRQ=4:IF FR=6 THEN FRQ=2
2350 IF FR=1 THEN FW=300:IF FR=2 THEN FW=150:IF FR=3 THEN FW=75:IF FR=4 THEN FW=37.5:IF FR=5 THEN FW=18.75:IF FR=6 THEN FW=9.375
2360 IF FR=1 THEN FRQ=64:IF FR=2 THEN FRQ=32:IF FR=3 THEN FRQ=16:IF FR=4 THEN FRQ=8:IF FR=5 THEN FRQ=4:IF FR=6 THEN FRQ=2
2370 IF FR=1 THEN FW=300:IF FR=2 THEN FW=150:IF FR=3 THEN FW=75:IF FR=4 THEN FW=37.5:IF FR=5 THEN FW=18.75:IF FR=6 THEN FW=9.375
2380 IF FR=1 THEN FRQ=64:IF FR=2 THEN FRQ=32:IF FR=3 THEN FRQ=16:IF FR=4 THEN FRQ=8:IF FR=5 THEN FRQ=4:IF FR=6 THEN FRQ=2
2390 '***** Draw the V-C line sector*****
2400 CLS:AS=0:BS=0:CS=0:DS=0
2410 LINE (210,100)-(610,100):LINE (410,0)-(410,200)
2420 FOR KL=0 TO 6 :XO=230+60*KL
2430 LINE (XO,99)-(XO,101)
2440 NEXT KL
2450 FOR KJ=0 TO 6 :YO=3+32*KJ
2460 LINE (409,YO)-(411,YO)
2470 NEXT KJ
2480 FOR I=1 TO N:CIRCLE(E(I)*ERQ+410,-I(I)*FRQ+100),5
2490 NEXT I
2500 AS=FRQ*(-60/ERQ*3.5-KO)/K1:CS=100-AS
2510 BS=FRQ*(60/ERQ*3.5-KO)/K1:DS=100-BS
2520 LINE (200,CS)-(620,DS),2
2530 LOCATE 75,13:PRINT "(mV)"
2540 LOCATE 52,0:PRINT "(pA)"
2550 LOCATE 53,13:PRINT "0"
2560 FOR KP=1 TO 3
2570 LOCATE (43-(KP-1)*8),13:PRINT (-KP*60/ERQ)
2580 LOCATE (57+(KP-1)*7),13:PRINT (KP*60/ERQ)
2590 NEXT KP
2600 FOR KQ=1 TO 3
2610 LOCATE 47,(8-4*(KQ-1)):PRINT (KQ*32/FRQ)
2620 LOCATE 46,(16+4*(KQ-1)):PRINT (-KQ*32/FRQ)

```

```

2630 NEXT KQ
2640 '***** Area of membrane sector *****
2650 CIRCLE (50,150),20,7
2660 CIRCLE (50,150),40,7
2670 PAINT (50,150),1,7
2680 LINE (10,150)-(10,110),7,,&H8888:LINE (90,150)-(90,110),7,,&H8888
2690 LINE (50,160)-(140,160),7,,&H8888:LINE (50,140)-(140,140),7,,&H8888
2700 LINE (50,130)-(150,130),7,,&H8888:LINE (50,170)-(150,170),7,,&H8888
2710 LINE (30,150)-(30,120),7,,&H8888:LINE (70,150)-(70,120),7,,&H8888
2720 LOCATE 5,13 :PRINT B:LOCATE 5,15:PRINT H
2730 LOCATE 16,18 :PRINT G:LOCATE 21,18:PRINT C
2740 LOCATE 2,12 :PRINT "area of membrane"
2750 RETURN
2760 '*****Plot out sector *****
2770 *PLOTING1
2780 LPRINT "S9":LPRINT "M50,2400":LPRINT "PEXperimental data":LPRINT "S3"
2790 LPRINT "M2000,300":LPRINT "D2000,300,2000,2500":LPRINT "M500,2000"
2800 LPRINT "PVoltage-Current line":LPRINT "M200,1000":LPRINT "D200,1000,1800,
1000"
2810 LPRINT "M1000,400":LPRINT "D1000,400,1000,1500"
2820 FOR KR=1 TO 3
2830 X3=750-250*(KR-1):Y3=1000:Y4=990:Y5=1010:Y6=960
2840 LPRINT "M":X3:",":Y3
2850 LPRINT "D":X3:",":Y4:LPRINT "D":X3:",":Y5
2860 LPRINT "M":X3:",":Y6
2870 LPRINT "P":(-KR*60/ERQ)
2880 NEXT KR
2890 FOR KRR=1 TO 3:X4=1250+250*(KRR-1)
2900 LPRINT "M":X4:",":Y3
2910 LPRINT "D":X4:",":Y4:LPRINT "D":X4:",":Y5
2920 LPRINT "M":X4:",":Y6
2930 LPRINT "P":(KRR*60/ERQ)
2940 NEXT KRR
2950 LPRINT "M1020,960":LPRINT "P0"
2960 LPRINT "M1850,960":LPRINT "P(mV)"
2970 LPRINT "M1020,1500":LPRINT "P(pA)"
2980 FOR KO=1 TO 3
2990 X5=1000:X6=990:X7=1010:X8=1020:Y7=1150+150*(KO-1)
3000 LPRINT "M":X5:",":Y7
3010 LPRINT "D":X6:",":Y7:LPRINT "D":X7:",":Y7
3020 LPRINT "M":X8:",":Y7
3030 LPRINT "P":(KO*32/FRQ)
3040 NEXT KO
3050 FOR K00=1 TO 3
3060 Y8=850-150*(K00-1)
3070 LPRINT "M":X5:",":Y8
3080 LPRINT "D":X6:",":Y8:LPRINT "D":X7:",":Y8
3090 LPRINT "M":X8:",":Y8
3100 LPRINT "P":(-K00*32/FRQ)
3110 NEXT K00
3120 '***** Graph sector*****
3130 FOR I=1 TO N
3140 X=1000+EQ*E(I):Y=1000+FW*I(I)
3150 LPRINT "A":X:",":Y
3160 LPRINT "G15,0,360"
3170 NEXT I
3180 ES=FW*(-3.2*60/ERQ-K0)/K1:YA=1000+INT(ES+.5)
3190 GS=FW*(3.2*60/ERQ-K0)/K1:YB=1000+INT(GS+.5)
3200 XA=200:XB=1800
3210 LPRINT "M":XA:",":YA
3220 LPRINT "D":XA:",":YA
3230 LPRINT "D":XB:",":YB
3240 '*****Data sector*****
3250 LPRINT "M2200,2500"
3260 LPRINT "PDATA SECTION"
3270 LPRINT "M2200,2400"
3280 LPRINT "PDATA :":DS
3290 LPRINT "M2200,2300"
3300 LPRINT "PREMARKS :":RS
3310 LPRINT "M2200,2200"
3320 LPRINT "PTEMPERATURE (K):":TS
3330 LPRINT "M2200,2100"
3340 LPRINT "PCORRELATION FACTOR :":RT
3350 LPRINT "M2200,2000"
3360 LPRINT "PRESISTANCE OF MEMBRANE (*E09)cm2·ohm:":L*K1
3370 LPRINT "M2200,1900":LPRINT "PVoltage(mV)-Current(pA)DATA"

```

```

3380 LPRINT "M2100,1890":LPRINT "D2100,1890,3000,1890"
3390 LPRINT "M2200,1850":LPRINT "PVoltage(mV) Current(pA)"
3400 FOR I=1 TO N
3410 WA=1800-50*(I-1):KA=2200:SO=E(I):TA=I(I)
3420 LPRINT "M":KA:"," :WA:LPRINT "P":SO: " :TA
3430 NEXT I
3440 LPRINT "M2200,1100"
3450 LPRINT "PArea of membrane"
3460 LPRINT "A2700,850"
3470 LPRINT "G200,0,360"
3480 LPRINT "A2700,850"
3490 LPRINT "G180,0,360"
3500 LPRINT "M2700,1030"
3510 LPRINT "B30":LPRINT "L1"
3520 LPRINT "D2700,1030,3000,1030":LPRINT "M2700,1050"
3530 LPRINT "D2700,1050,3200,1050":LPRINT "M2700,670"
3540 LPRINT "D2700,670,3000,670":LPRINT "M2700,650":LPRINT "D2700,650,3200,650"
3550 LPRINT "L0":LPRINT "B30"
3560 LPRINT "M3220,670"
3570 LPRINT "D3220,670,3200,650"
3580 LPRINT "D3200,650,3200,1050"
3590 LPRINT "D3200,1050,3220,1030"
3600 LPRINT "M3020,1010":LPRINT "D3020,1010,3000,1030"
3610 LPRINT "D3000,1030"
3620 LPRINT "D3000,670,3020,690"
3630 LPRINT "M2880,850"
3640 LPRINT "B30":LPRINT "L1"
3650 LPRINT "D2880,850,2880,600"
3660 LPRINT "M2900,500"
3670 LPRINT "D2900,500,2900,850"
3680 LPRINT "M2520,850"
3690 LPRINT "D2520,850,2520,600"
3700 LPRINT "M2500,500"
3710 LPRINT "D2500,500,2500,850"
3720 LPRINT "M2520,480"
3730 LPRINT "L0":LPRINT "B30"
3740 LPRINT "D2520,480"
3750 LPRINT "D2500,500,2900,500"
3760 LPRINT "D2880,480"
3770 LPRINT "M2860,580":LPRINT "D2860,580"
3780 LPRINT "D2880,600,2520,600":LPRINT "D2520,600,2540,580"
3790 LPRINT "M2650,560"
3800 LPRINT "PR1":":H
3810 LPRINT "M2650,460"
3820 LPRINT "PR1":":B
3830 LPRINT "M3010,850"
3840 LPRINT "PR2":":G
3850 LPRINT "M3220,800"
3860 LPRINT "PR2":":C
3870 LPRINT "M2600,300":LPRINT "PMEMO"
3880 LPRINT "H"
3890 RETURN
3900 '
3910 '*****Data save sector*****
3920 CLS 3:INPUT "INPUT FILENAME":FII$
3930 FI$="B:"+FII$
3940 OPEN FI$ FOR OUTPUT AS #1
3950 WRITE #1,N,D$,R$,T$
3960 WRITE #1,B,C,H,G,K1,KO,L,RT
3970 FOR I=1 TO N
3980 WRITE #1,E(I),I(I)
3990 NEXT I
4000 CLOSE #1
4010 GOTO 1620
4020 '
4030 '***** Analysis of channel sector *****
4040 CLS 3
4050 LOCATE 0,1:INPUT "Input data of Histogram(H) or Rawdata(R)":RRJ$
4060 IF RRJ$="R" OR RRJ$="r" THEN GOTO 4070: ELSE GOTO 5790
4070 CLS 3:LOCATE 0,1:INPUT "data from DRF1(D) or SS5802(S)":DSW$
4080 IF DSW$="S" OR DSW$="s" THEN GOTO 4110
4090 IF DSW$="D" OR DSW$="d" THEN GOTO 4250: ELSE GOTO 4070
4100 '*****STRAGESCOPE sector *****
4110 CLS:LOCATE 0,1:PRINT "Volts/div of stragescope"
4120 LOCATE 0,2:INPUT "1:5mV 2:10mV 3:20mV 4:50mV 5:0.1V 6:0.2V 7:0.5V 8:1V
9:2V 10:5V 11:10V":VD

```

```

4130 IF VD=1 THEN FACTOR=.005
4140 IF VD=2 THEN FACTOR=.01
4150 IF VD=3 THEN FACTOR=.02
4160 IF VD=4 THEN FACTOR=.05
4170 IF VD=5 THEN FACTOR=.1
4180 IF VD=6 THEN FACTOR=.2
4190 IF VD=7 THEN FACTOR=.5
4200 IF VD=8 THEN FACTOR=1
4210 IF VD=9 THEN FACTOR=2
4220 IF VD=10 THEN FACTOR=5
4230 IF VD=11 THEN FACTOR=10
4240 GOTO 4280
4250 '***** DRF1 sector *****
4260 FACTOR=1:GOTO 4280
4270 '***** Adjust of gain sector *****
4280 CLS
4290 LOCATE 0,1 :PRINT "Gain of amp"
4300 LOCATE 0,2:INPUT "1:5mV/pA 2:10mV/pA 3:20mV/pA 4:50mV/pA 5:100mV/pA":GA
4310 IF GA=1 THEN GAIN=.005
4320 IF GA=2 THEN GAIN=.01
4330 IF GA=3 THEN GAIN=.02
4340 IF GA=4 THEN GAIN=.05
4350 IF GA=5 THEN GAIN=.1
4360 CLS:GOTO 4370
4370 '***** Input data sector *****
4380 LOCATE 0,9 :INPUT "applied voltage ":AVS
4390 '***** Input file nama sector *****
4400 CLS 3
4410 FILES "B:"
4420 LOCATE 0,23 :INPUT"INPUT THE FILE NAME":FILEQS
4430 '***** Input data sector *****
4440 CLS 3
4450 FILES="B:"+FILEQS
4460 OPEN FILES$ FOR INPUT AS #1
4470 INPUT #1,N,TF$,RE$,DAT$
4480 DIM X(2048*N),Y(2048*N),D(2048*N)
4490 QW=2047*N+(N-1)
4500 FOR I=0 TO QW
4510 INPUT #1,X(I)
4520 NEXT I
4530 CLOSE #1
4540 '*****
4550 CLS 3
4560 FOR I=0 TO QW
4570 D(I)=X(I)*FACTOR/GAIN
4580 NEXT I
4590 GOSUB 4760:GOSUB 5020
4600 GOSUB 4620:GOSUB 4640
4610 '*****
4620 LOCATE 0,10:INPUT "Draw the Histogram (Y/N) ":CMT$
4630 IF CMT$="Y" OR CMT$="y" THEN GOTO 5270:ELSE 4660
4640 LOCATE 0,23 :INPUT "PLOT OUT (Y/N) ":CNT$
4650 IF CNT$="Y" OR CNT$="y" THEN GOTO 5360:ELSE 4660
4660 CLS 3: INPUT "Data of histogram save (Y/N)":HID$
4670 IF HID$="Y" OR HID$="y" THEN GOTO 5670:ELSE 4680
4680 CLS 3:INPUT "Are you continue (Y/N)":LOP$
4690 IF LOP$="Y" OR LOP$="y" THEN GOTO 4700:ELSE 4730
4700 IF RRJ$="R" OR RRJ$="r" THEN GOTO 4710 :ELSE 4720
4710 ERASE D,Y,X:GOTO 4050
4720 ERASE Y:GOTO 4050
4730 CLS 3:INPUT "Return Menu Screen.Hit return key",MENU$
4740 GOTO 1060
4750 '
4760 '***** Scaling of graph sector *****
4770 GMAX=-1E+10:GMIN=1E+10
4780 FOR I=0 TO QW
4790 IF GMAX<D(I) THEN GMAX=INT(100*D(I)+.5)/100
4800 IF GMIN>D(I) THEN GMIN=INT(100*D(I)+.5)/100
4810 NEXT I
4820 PRINT
4830 LOCATE 0,2 :PRINT "maximum of data ":GMAX
4840 LOCATE 0,4 :PRINT "minimum of data ":GMIN
4850 LOCATE 0,8:PRINT "Scaling of X-axis"
4860 LOCATE 0,10:INPUT "X(left)pA (-20/0)":HJ
4870 LOCATE 0,12:INPUT "X(right)pA (0/20)":HG
4880 WK=10

```

```

4890 CLS 3
4900 '
4910 '***** Draw the graph sector *****
4920 LINE(300,180)-(600,180),3:LINE(300,20)-(300,180),3:LINE(300,20)-(600,20),
3:LINE(600,180)-(600,20),3
4930 FOR KI=1 TO 10:LINE(300+30*KI,180)-(300+30*KI,178),3:NEXT KI
4940 FOR I=0 TO QW
4950 J=(D(I)-HJ)*WK
4960 K=INT(J+.5)
4970 Y(K)=Y(K)+1
4980 WS=(HG-HJ)*WK:S=300/WS
4990 PSET(300+K*S,180-Y(K)/12.8/N)
5000 NEXT I
5010 RETURN
5020 '***** Sumilation of data sector*****
5030 Y(SH)=0
5040 FOR K=0 TO WK*(HG-HJ)-1
5050 IF Y(SH)<Y(K) THEN SH=K
5060 NEXT K
5070 SR=0
5080 FOR I=0 TO QW
5090 SR=SR+D(I)
5100 NEXT I
5110 SS=SR/(2048*N)
5120 SU=INT(100*SS+.5)/100
5130 '
5140 HY=0
5150 FOR I=0 TO QW
5160 HY=HY+(D(I)-SS)^2
5170 NEXT I
5180 LOCATE 0,2:PRINT "peak (counts)(pA) ";Y(SH):(SH/10+HJ)
5190 LOCATE 0,3:PRINT "peak (average)";INT(Y(SH)/N+.5)
5200 LOCATE 0,4:INPUT "magnification":H
5210 LOCATE 0,5:PRINT "X(left)pA ";HJ
5220 LOCATE 0,6:PRINT "X(right)pA ";HG
5230 LOCATE 0,7:PRINT "X-axis/div";(HG-HJ)/10
5240 LOCATE 0,8:PRINT "average of data pA ";SU
5250 LOCATE 0,9:PRINT "dispersion ";HY/(2048*N)
5260 RETURN
5270 '***** Draw the histogram sector *****
5280 CLS 2
5290 LINE(300,180)-(600,180),3:LINE(300,20)-(300,180),3:LINE(300,20)-(600,20),
3:LINE(600,180)-(600,20),3R KH=1 TO 10
5300 LINE(300+30*KH,180)-(300+30*KH,178),3:NEXT KH
5310 Z=0:Z=K
5320 FOR Z=0 TO WK*(HG-HJ)-1
5330 LINE(300+Z*S,180-Y(Z)*H/12.8/N)-(300+(Z+1)*S,180-Y(Z+1)*H/12.8/N),6
5340 NEXT Z
5350 RETURN
5360 '*****Draw the histogram (plotter) sector 1 *****
5370 CLS
5380 LPRINT "M500,2500":LPRINT "Pdate:":DAT$
5390 LPRINT "M500,2400"
5400 LPRINT "PFILE NAME:":FILEQ$
5410 LPRINT "M500,2300"
5420 LPRINT "PFILE NAMES :":TF$
5430 LPRINT "M500,2200":LPRINT "Ppoints:":2048*N
5440 LPRINT "M500,2100":LPRINT "Ppeak (counts)";Y(SH):LPRINT"P(pA)";(SH/10+H
J):LPRINT "Ppeak (average)";INT(Y(SH)/N+.5)
5450 LPRINT "M500,2000"
5460 LPRINT "PY-axis Scaling X":H:LPRINT "PX-axis/div(pA)";(HG-HJ)/10
5470 LPRINT "M500,1900":LPRINT"PREMARKS :":RES$
5480 LPRINT "M500,1800":LPRINT "Papplid voltage (mV)":AV$
5490 LPRINT "M500,1700":LPRINT "PX(left)pA":HJ
5500 LPRINT "M1000,1700":LPRINT "PX(RIGHT)pA":HG
5510 LPRINT "M500,1600":LPRINT "Paverage of data (pA)";SU
5520 LPRINT "M500,1500":LPRINT "Pdispersion";HY/(2048*N)
5530 LPRINT "M500,360":LPRINT "D1700,360,1700,1384"
5540 LPRINT "D500,1384,500,360"
5550 LPRINT "M500,360":LPRINT "X1,120,10"
5560 '*****Draw the histogram sector 2 *****
5570 LPRINT "M500,360"
5580 Z=0:Z=K
5590 FOR Z=0 TO WK*(HG-HJ)-1
5600 ERO=(HG-HJ)*WK:SA=1200/ERO
5610 XA=500+INT(Z*SA):YA=360+INT(Y(Z)*H/2/N):XB=500+INT((Z+1)*SA):YB=360+INT(Y

```



```

(Z+1)*H/2/N)
5620 LPRINT "M":XA:",":YA:LPRINT "D":XA:",":YA
5630 LPRINT "D":XB:",":YB
5640 NEXT Z
5650 YC=360+INT(Y(SH)*H/2/N):LPRINT "M":350:",":YC:LPRINT "P":INT((Y(SH)/N)+.
5):LPRINT "M":500:",":YC:",":YC:LPRINT "D":520:",":YC:LPRINT "M500,1384":LP
RINT "P":INT(2048/H+.5)
5660 LPRINT "H":GOTO 4660
5670 '*****Data of histogram sector *****
5680 CLS 3:PRINT "FILENAME====>":FILE$
5690 INPUT "INPUT FILENAME OF HISTOGRAM*****.HIS":HISTQ$
5700 HIST$="B:"+HISTQ$+".HIS"
5710 OPEN HIST$ FOR OUTPUT AS #1
5720 WRITE #1,DAT$,RE$,TF$,AV$,FILEQ$
5730 WRITE #1,S,GMAX,GMIN,HJ,HG,WK,WS,N,H,SR,QW,SU,HY,GAIN,FACTOR,SH,SS
5740 FOR K=0 TO WK*(HG-HJ)
5750 WRITE #1,K,Y(K)
5760 NEXT K
5770 CLOSE #1
5780 GOTO 4680
5790 '***** Read data sector *****
5800 DIM Y(2048*N)
5810 GLS 3:FILES "B:"
5820 LOCATE 0,21:INPUT "INPUT FILENAME OF HISTOGRAM*****.HIS":HISQ$
5830 HISQ$="B:"+HISQ$+".HIS"
5840 OPEN HISQ$ FOR INPUT AS #1
5850 INPUT #1,DAT$,RE$,TF$,AV$,FILEQ$,S,GMAX,GMIN,HJ,HG,WK,WS,N,H,SR,QW,SU,HY,G
AIN,FACTOR,SH,SS
5860 FOR K=0 TO WK*(HG-HJ)
5870 INPUT #1,K,Y(K)
5880 NEXT K
5890 CLOSE #1
5900 CLS 3:GOTO 4600

```

図5 データ解析用プログラムリスト

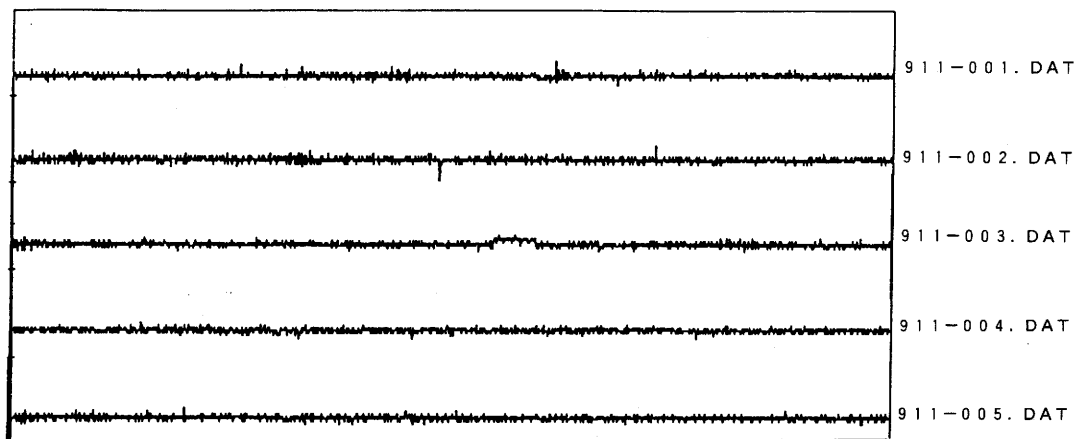
図4 bに示したルーチンは、前節で示したプログラムによってフロッピーディスクに記録されたデータの読みだし並びにその解析ルーチンである。

読みだしたデータをアンプの増幅率を入力し電流値に変換し、平均値と分散を値を計算した後、0.1 pA刻みに順次ヒストグラムをとり、X-Yプロッターに出力するものである。また、計算結果をフロッピーに記録することができる。ヒストグラム解析のルーチンを他の目的のプログラムと交換することも容易である。

4. 本プログラムを用いた測定結果

図6 aにMontal - Mueller法を用いて形成したリン脂質二分子膜一定電圧下での電流の時間的変動を自動計測プログラムを用いて測定しX-Yプロッターに出力したものを示した。

(1)



(2)

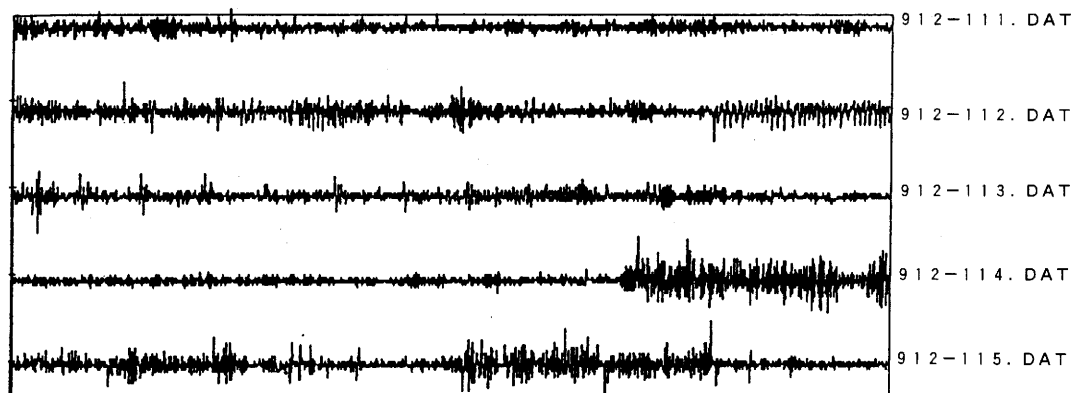


図 6 a 自動計測システムを用いて得たデータ

- (1) 大豆レシチン10mg/Decane 1 m 10mV 24.4℃
Filter 25Hz
- (2) 大豆レシチン10mg/Decane 1 m 150V 24.2℃
Filter 25Hz

比較の意味で、電流値の揺らぎが小さな膜と大きな膜のデータをそれぞれ示した。
これらの結果に基づきデータ解析プログラムによってヒストグラム解析を行った結果を図 6 b に
各々示した。

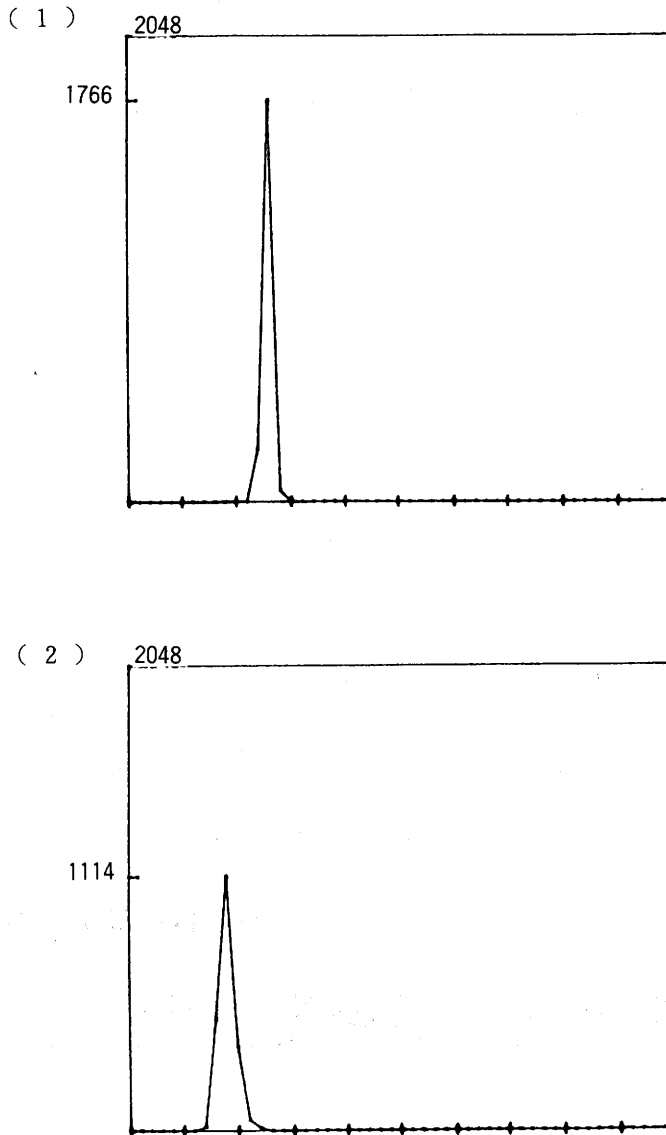


図6 bデータ解析用プログラムによるヒストグラム

5. 計測システムの評価

a: システムの問題点

以上のプログラムは、BASIC言語で作製したものを、BASICコンパイラーを用いてMS-DOS上で作動するように変換した。この変換によって、データのコピーディスクへの転送速度が向上し、数秒でコピーにデータを記録することができるようになった。データ記録の信頼性の面から、本研究ではコピーディスクを使用しているが、ハードディスクを用いるとこの

時間はより短縮される。ここで、このシステムの律速段階は、オシロスコープからパソコンへの転送課程である。2キロバイトの転送に約2秒を必要とする。この時間は、現在最も頻繁に使用している2キロバイトが50秒に相当する実験系ではさほど問題にならない。しかしながら、このオシロスコープの測定限界である2キロバイトが1ミリ秒に相当する実験条件では、測定時間の2000倍の時間が転送に使用されることになる。パソコンの使用言語をより高速の演算処理が可能なC言語に変えても、転送速度の向上はほとんど見られなかった。このことは、オシロスコープのGP—IBインターフェイスのデータ読みだし速度の最大が2キロバイト/2秒程度であることを意味している。高速の現象を計測するシステムを構築する際、インターフェイスの転送速度まで留意して検討する必要がある。最近では転送速度を向上させたDirect Memory Access (DMA転送)が可能なGP—IBインターフェイスを備えた機器が普及してきている。このような機器を使用することにより、転送速度の問題点は解消されるものと考えられる。

b: システムの利点

本システムでは、以上述べたように使用したオシロスコープの転送の問題は存在するにしても以下に述べるような利点があった。

—計測の自動化プログラムに関して—

一定時間間隔で測定を行うといった場合は、測定者が近傍に付き、随時指令を与えねばならなかった。しかしこのシステムを用いることによって、測定者は測定中に例えばデータの整理を行うといったような有効な時間の使い方が可能になった。また、手動で測定を行う際には、仮説に合致する結果を選択し記録しがちであるが、そのような研究者の主観が入り込む余地がなくなった。

—データ解析プログラムに関して—

膜に非対象性が生じた時は電流—電圧の関係が1次の最小自乗法で近似出来ない場合があり、この関係をグラフ化することはデータ解析の誤りを回避する上で意義がある。また、図6bの結果から、膜通過電流の揺らぎの大きさはヒストグラムの形に明確に関連している。このことは、近年注目されている膜の動的構造の解析や、イオンチャンネル挙動の評価ヒストグラム解析が活用できるものと考えられる。

c: 計測システムの総合的評価

プログラム開発に要した時間とそのプログラムによって節約された時間の比がプログラムの評価に重要であると考えられる。この視点からみれば、このプログラム開発は十分な利点がある。本節aで述べたようなハードウェア上の問題点もあるが、これは暫時新機種を導入することによって解決できるものと考えられる。オシロスコープを新機種に変更しても、プログラムの基本構造は変化しないためプログラム改編は容易である。パソコンを更新の際には、使用しているGP—IBインターフェイスの共通性が高いために、プログラム改編はより容易である。

プログラム作製に関しては筆者らは専門家ではなく、また使用したパソコンや周辺機器も必ずしも最新のものではなかった。しかしながら、GP—IBインターフェイスを介しパソコンを実験制御機器として利用することは、計測の補助として大きな役割を果たすことが分かった。

参 考 文 献

- 1) 例えば成書として,
 - a: 吉川研一：味覚センター，第1版，東京，冬樹社，1990年
 - b: 高分子学会 バイオ高分子研究会編：生体複合体と合成膜の機能デザイン，第1版，東京，学会出版センター，1988年
- 2) 花井哲也：リン脂質二分子層膜“生体膜実験技術”大西勲編，東京，南江堂，1967，350—366
- 3) Montal, M. and Mueller, P. : Proc. Nat. Acad. sci. USA, 69, 1972, 3561-3566
- 4) Coronado, R., Latorre, R. : Biophys. J., 43, 1983, p231-p236
- 5) 熊沢紀之：膜酵素—基礎と実験—，松田佳子，寺田弘，三原勝芳編，第1版，東京，広川書店，1990年，p331-p351
- 6) 岡村勉夫：標準デジタルバス（IEEE-488）とその応用，第4版，東京，CQ出版，1983年
- 7) 南茂夫：科学計測のための波形データ処理，第1版，東京，CQ出版，1986年