

パーソナルコンピュータを用いたアナログデータ処理

鮫 島 道 和・保 智 己

(浜松医科大学第一生理学教室)

I はじめに(目的)

生理学実験のみならず多くの実験で、計測記録が電氣的なアナログ信号として出力されてくる。これらは、普通には、ペンレコーダやオシロスコープを用いて紙や画面上に表示して記録を取り、それを計測して使っている。この方法は一度取り出してしまった記録を、スケールを変えて書き改めようとしたり、一部分だけを拡大・縮小しようとする場合に、手間が掛かり不便である。また、スライドにする場合にも、一度写真に撮ったり、トレースし直したりせねばならず、仲々手間がかかる。

こうした不便を解消する方法として、アナログ信号をデジタル化して記録・保存する方法がある。これには信号をアナログ・デジタル変換をして、パーソナルコンピュータ(以後、PC)などに取り込むのが普通であるが、これまで、パーソナルコンピュータを利用したデータの取り込みには、アナログ・デジタル変換器やデジタル信号の表示用ソフトの組立にそれなりの専門的な知識や技能が必要と思われて来た。あるいは、アナログ・デジタル変換器やデジタル信号の表示用ソフトの組立は、電気生理学を中心とした一部の実験のための専用装置と考えられて来た。

しかし、PCの普及とアナログ・デジタル変換の一般化によって、電氣的なアナログ信号は簡単にデジタル化して、PCに取り込めるようになり、そうしたデータをPCの補助記憶装置に貯めておいて、後から取り出して繰り返し再現したり、拡大・縮小をして様々な形に表現したり、比較検討することが出来るようになった。記録も使用中のPCのプリンターにそのま

ま出力できるので、これまでのペンレコーダに較べたら簡単に、形を変えた出力が繰り返してできる。さらに、スライドを作るソフトと組み合わせると図表にしたり、多くの計測数値を表計算ソフトに持ち込んで統計処理をしたりすることもできる。PCの補助記憶装置も各種のメディアが安い価格で手にはいるようになったので、ペンレコーダの様に記録紙を大量に保管しておくといった手間も不要になる。

こうした、PCを利用したアナログ電気信号のデジタル記録の具体的な方法と、その利点・欠点、記録上注意すべき事などを述べる。

II 対象となる記録の範囲

結果として出てくる出力が、アナログの電気信号ならどんなものでも可能であり、特に電気生理学的な実験に限定されない。電気生理学的な実験には、それ専用チューニングされた高度な機器やソフト(Axon社のp-clampとか、日本光電のCEZ-2400・2451/MASCOMP/MAXIONといったもの)があり、専門家にはおなじみなので、ここではそれらには触れない。ここで対象とするのは、もっと簡単な、ごく普通に、実験室でペンレコーダやオシロスコープを用いて記録をする場合を想定して、ペンレコーダの代わりとして普段ワープロや計算に使っているPCを使って記録を取ることを考える。従って、対象となる記録は心電図であったり、張力検出器や圧力センサーの出力、音響・振動・加速度センサー、温度センサー、pHメータ、熱量測定、などの出力である。また、ばあいによっては高速液体クロマトグラフィーや分光光度計の出力であってもよい。要は、ペンレコーダに記録する、あるいはキモグラフで記録

をとる様な実験を想定して、これらの実験のペンレコーダやキモグラフの代わりに手持ちの PC を使うと考えて頂けば良い。もちろん活動電位の記録や筋電図の記録も可能であるし、簡単な電気生理学実験にも使うことができる。

PC も最先端の高級機である必要はなく、2～3年前の古い PC で十分であり、新しい PC を買った機会に、今までの古い PC を小さなラックに載せて記録専用機として使うことも出来る。以下に述べるようなことを、私たちは、LC 475 という数年前の旧式のマックで実現しているので、CPU の性能については現在の製品であればほとんど気にする必要はない。(もちろん最新の CPU が使えるならそれにこしたことはないけれど。)

Ⅲ 実際に用いる機器

信号は PC に取り込むわけであるから、もとのアナログデータをデジタル化する必要がある。アナログ・デジタル変換器が必要である。また、PC 上で、取り込んだデータを処理・表示するソフトが必要である。これらは充分原理を知った上で自作することも可能であるが(実際、以前はそうしていた)、すでにアナログ・デジタル変換器とソフトを組み合わせた既存の製品があるのでそれを利用することを考えた方が手っ取り早い。こうした製品には様々ものがあり、どれを選んでも良いわけだが、機能がそれなりに価格が安く、かつ日頃使っている PC が利用可能であるという点から、実際に私達自身が日頃使っている機器を例として話を進める(バイオリサーチセンター(株)が扱っている、マックラブ(MacLab)という製品:本誌広告頁)。類似の製品はいくつかあるので、特段私達が使っている機器でなくても同じことである。この機器の利点は、価格が手ごろだということ、機能を拡張するパーツが豊富にあること、ソフトが比較的良くできていることである。また、多くの基本的な生理学実験に関して、記録方法を紹介したノートが入手可能な点である(無料)。参考までに公表されている価格を上げておく(表

表1. 価格例 (1997年9月1日)

機器名	入力数	サンプリング速度	価格(円)
マックラブ	2チャンネル	1 KHz	450,000
	4チャンネル	1 KHz	750,000
		20 KHz	890,000
	8チャンネル	1 KHz	850,000
20 KHz		980,000	
パワーラブ	16チャンネル	20 KHz	1,180,000
	2チャンネル	1 KHz	450,000
ワークベンチ	4チャンネル	1 KHz	750,000
	32チャンネル	416 KHz	2,700,000

1)。

通常使われる2チャンネル分なら、アナログ・デジタル変換器とソフトのセット価格は、オシロスコープとペンレコーダの組み合わせ価格とほぼ同じかむしろ安い。これで、1 KHz のサンプリングができ、活動電位の観察まで充分対応出来き、手持ちの PC がつかえるのだから便利だと思う(マックラブの場合は、PC はマキントシュだが、Windows に対応したパワーラブがあるので、DOS/V 機をお持ちの方はそれを使えば良いが、現状ではまだチャートしかない。他の Windows に対応した類似の機器を選んでも基本は同じであり、例えば、Workbench とか Spike 2 を使えば良いと思う。) 以下の話はいちおう私どもの使っている機器を念頭に話を進めるので、その基本的なスペックを表2に上げた。

Ⅳ 実際の記録

記録しようとする信号の出力は、アナログ・デジタル変換器であるマックラブ本体の入力端子に接続する。入力端子はプラスとマイナスがそれぞれあり、独立にプラス入力/マイナス入力として使うことができるし、差動入力(プラスとマイナスの差)として使うことも出来る。この時注意しなくてはいけないのは、マックラブ本体の入力端子の入力抵抗は 1M オームしかない事である。従って、必ずしも全てのアナログ出力を直接つなげられる訳ではない。10K オーム以上の出力抵抗を持つセンサーの類は、

表 2.

入 力	
●入力チャネル幅	: / 4 s-4cH, /8s-8cH, /16s-16 cH
●入力構成	: 差動またはシングルエンド(/4s のみ差動)
●入力範囲	: フルスケール±10 V ~ ±2 mV 12段階
●最大入力電圧	: ±15 V
●入力インピーダンス	: ~1 MΩ, 47 pF@DC
●入力カップリング	: DC or AC 0.1 Hz (ソフト上で切替え)
●CMRR(差動)	: 96 dB @50 Hz
●チャンネルクロストーク	: -110 dB
●入力ノイズレベル	: < 1 μVrms
サンプリング	
●A/D コンバータ分解能	: 16 Bit (Chart, Scope は 12 Bit 使用)
●サンプリング速度	: 0.2 Hz ~ 100 KHz (Chart) 2.0 Hz ~ 100 KHz (Scope)
出力アンプ	
●出力構成	: 差動
●出力分解能	: 12 bit
●出力範囲	: フルスケール±10 V ~ ±100 mV
●最大出力電流	: ±25 mA
●出力インピーダンス	: 0.1 Ω
外部トリガー	
●トリガーレベル	: +2.9 VTTL (>5 μS)
●最大入力電圧	: ±12 V
I/O	
●データ転送	: SCSI (Max 4 M/s, 使用マッキントッシュに保存)
●12C	: フロントエンドユニットの電源, 制御バス
●デジタル入出力	: TTL (IN, OUT 各独立ライン)
外 観	
●サイズ	: 308 W × 60 H × 320 mmD
●重量	: 5 kg
●使用電源	: 100 ~ 120 V 50 W

一度アンプを介してつながなくてはいけない。また、出力抵抗が測定しようとしているパラメータによって変化するようなセンサーもアンプを通して接続する。実際には、多くのセンサーは専用のアンプと組み合わせて使う事になっているので、このアンプの出力を入力端子に接続すれば問題は無い。マックラブにも各種のアンプが用意されているが、必ずしもこれを用いる必要はなく、使用中のセンサーに付属しているアンプの出力ならたいはいは接続できる。

もちろん、出力抵抗が 10 K オーム以下で安定していることが分かっているようなものなら直結して構わない。例えば、湿気を十分に保った神経筋標本から銀線を使って活動電位を取るような場合なら、直結しても記録が可能である。このマックラブを SCSI ケーブルを介してマック本体につなぎ、あらかじめインストールしておいた「チャート」あるいは「スコープ」いうソフトウェアを使って信号を読む。

「チャート」と「スコープ」は読んで字のご

とく、ペンレコーダ代わりに PC を使うソフト(「チャート」と、オシロスコープ代わりに PC を使うソフト(「スコープ」)である。この二つで生理学的な実験の多くの信号が記録可能である。(ここでは、あくまで一般的な話をする。波形の高速な分析や、数日といった長時間の記録を必要とするような実験については、専用の機器・ソフトを使って欲しい。理由は後述べる。)

チャートの場合、アナログ・デジタル変換器の入力数分のチャンネルをもつペンレコーダのイメージが PC のディスプレイ上に表示され、ペンレコーダの紙が動いていくのと同じ様に記録がディスプレイの右から左へ流れていく。この辺はペンレコーダを使っている時とほとんど同じ感覚である。記録は、実際には PC のメモリー、あるいはハードディスクに蓄えられ、記録中にも後ろへ戻して見ることが出来るし、記録後に必要な場所を自由に取り出して見ることが出来る。

PC 記録の便利な点は、一度取った記録の解析を後から自由に出来る点である。記録の必要な部分に関して、周波数分析をしたり、周期を計算したり、積分したり微分したり、最大値・最小値を算出したり(これらはリアルタイムに可能)、FFT を用いたスペクトラム解析やスロープ・平均値・標準偏差・瞬時値など様々なデータ解析が可能である。ペンで紙に記録してからこうした解析を加えようとする場合の困難さから開放されるのは何者にも代え難い。また専用の装置やフィルターを作ってこうした解析を加えながら記録をしていた事を思うと、後から PC の上で自由に様々なフィルター処理を加える事が出来る利便さは、以前には想像出来なかった快適さを与えてくれる。

ペンレコーダで紙に記録を取っている方がいらっしゃったら、ぜひ一度この PC を用いた記録を試して見ることをお勧めする。難しいデータ解析をしない場合であっても、Y 軸の数値をマウスクリックだけで簡単に読みとっていただけるだけで、実験後の作業の大幅な軽減になること

が体感できる。スケールの読み間違いや読みの誤差を減らして正確度が上がることも、データ処理の助けになる。

一方、スコープはメモリー付きオシロスコープと考えれば良い。利点は、メモリーがメモリー付きオシロスコープに較べて格段に多く、相当量の記録が出来る事である。データ処理についても多くのオプションが用意されている。波形の拡大・縮小はもちろん、加算平均や微分・積分が簡単にできる。普通にオシロスコープで記録出来ることは全部出来るし、その他にオシロスコープだったら、追加ユニットで実現する機能の多くが、ソフトの基本機能として組み込まれているので、スコープだけでたいの処理が出来る。さらに、ファイルにして次々にデータを保存していけることは、実験のスピードアップを可能にするし、後のデータ処理がとてやりやすい。これまで、磁気テープ式の記録機に波形をため込んで再生していた事に較べると楽である。

スコープが画面表示するのは 2 チャンネル分だけである。入力装置(=AD コンバータ)が 4 チャンネルや 8 チャンネルあっても表示するのは 2 チャンネル分だけである。どの 2 チャンネルを表示するかを画面上で自由に選ぶ事が出来る。

スコープでは、簡単な刺激装置の機能もシミュレートでき、本体の出力端子から $\pm 10V$ のまでの電圧を取り出して刺激として使うことが出来る。ちょっと価格は高いが、アイソレータが別売されているので、それを使えばアースから浮かせた刺激をすることも出来る。出力波形をグラフィックで任意の形に作れるところは(実験にはあまり役には立たないかも知れないけれど)面白い。

V システムの利点・欠点

こうしたシステムを利用する最大の利点は、紙やペンのわずらわしさ、磁気テープの管理から開放される点である。条件設定さえ正しく取れば(後述)、ほとんど一日分の実験データを苦

もなくファイルとして保存しておいて、後から自由にデータ処理が出来る。

また、実験材料の鮮度保持にも貢献する。オシロスコープで波形を見たいと思うと、その間ずっと刺激を加えていないといけない(ストアレッジオシロならその必要はない)けれども、PCでの記録なら、一回取った記録は消す(あるいはページ送りをする)まで残っているの、オシロスコープを用いて実験をしている時より刺激回数がずっと少なくて済み、標本の鮮度を長く保つことが出来る。これは、はじめに予想しなかった思わぬ利点であった。その他、多くの利点があり、表3に気が付く点を上げてみた。表の最後に上げた、直接スライドに持ち込めるというのは、市販ソフトの便利な点である。自

表3. PC記録の利点・欠点

	利点	欠点
利	<ul style="list-style-type: none"> ○記録を何度でも再現・編集出来る。 ○必要な記録だけをプリントアウトすれば良い。 ○チャートの場合、ペンレコーダと較べて早い周波数まで記録できる。 ○数値化機能が組み込まれているので、縦軸・横軸共にすぐに読み出しが出来る。 ○統計処理が簡単に出来る。 <ul style="list-style-type: none"> ・そのまま簡単な統計処理が可能。 ・数値データを表計算ソフトフォーマットにして、表計算ソフトに移せるので、そちらで結構高度な統計処理が可能となる。 ○波形や分析結果を直接スライド用の図や表として持ち込める。 ○ネットワーク環境下で使っていれば、データの転送が簡単に出来る。 	
欠		<ul style="list-style-type: none"> ○記録が突然消えるおそれがあるので(停電・コンセント抜け)、注意を払う必要がある。 ○記録時間に制限がある。 ○紙記録のように超長時間記録はできない。 ○サンプリング速度の設定に注意がいる。 ○スコープは2チャンネルしか表示しない。 ○スコープが対応する周波数は、オシロスコープ程高速ではない。
点		<ul style="list-style-type: none"> ○記録の長期保管には注意が必要。 ○メモの書き込みが困難。 ○コンピュータの使い方に関する知識を必要とする。

作ソフトだと、ここまで作り込むのは少し面倒だが、既製品はそこまで対応しているので、簡単なコピー&ペーストで、スライド作成用ソフトに波形や表を持ち込んで、さっとカラースライドを仕上げる事が出来る。

欠点の第一は、紙に記録したものは消えないけれども、電子的に記録されたものは、消える点である。記録中に停電があったり、コンセントを誤って抜かれると、記録中のデータは全て失われる。紙だと、少なくとも直前までのデータは残るが、メモリー上に記録されたデータは全て消える。この不安を解消するには、無停電電源を使う事だが、それが出来ないときは、ノートパソコンを使うと良い。ノートパソコンの電池が無停電電源の代わりにしてくれる。機能的にもノートパソコンで充分用が足りるから、むしろノートパソコンの方が便利なくらいである。

記録の容量は無制限ではない、どれくらいのメモリーを積んでいるかによって制限が出てくるし、使うPCによって積めるメモリー容量にも制限がある。特に古いマックでは利用可能なメモリーはあまり大きくない。私達が使っているLC475では32MBが最大であるので、この範囲でしか使えない。これで、どれだけ記録出来るかは次節で計算してみる。

スコープでは記憶しておける画面数が最大999枚という制限がある(実際はこれで充分であるが)。また、スコープは2チャンネル分しか表示しない。オシロスコープは4チャンネルの表示が可能な場合が多いが、その点でオシロスコープに劣る。

スコープが対応する周波数についても、実質KHzのオーダーであって、非常に高速な現象はやはりオシロスコープにはかなわない。私達も詳細な波形分析を必要とする電気生理学実験にはp-クランプなどの専用ソフト載せた専用機を使っている。また、実験準備のために機器の調整をするような場合で、高周波の観測が必要になるときは、やはりオシロスコープが必要である。

さらに、ファイルとしてハードディスクに保存しているデータは数年放置すると読み出しができなくなる場合がある。重要なデータなら、2年に一度くらい交互に別の所にコピーして保存するのが良い。また、ハードディスクは何かの折りに完全に読み出し不能になることがあるので、要らなくなるまでは、必ずデータのバックアップをとって保管するのが良い。MO などを使うと簡単で良いかも知れない。

他に欠点と云えば、(紙にメモする様に)メモを入れられないことがある。「チャート」にはメモと云う機能があるにはあるが、素早くキーボード入力をしないと追いつかないので、なかなか適切な場所に書き込めない。便宜的方法として、数字だけで素早くマークをして、数字に対応したメモ内容を別にノートに取ると言う方法でしのいでいる。この点については紙の方がディスプレイより優れている。

VI こうした方法の注意すべき点

第一に重要なのはサンプリング速度を適切に決めることである。サンプリング速度は、現象の起こる速度より十分に早く取らなくてはならない。例えば、100 ms の持続時間を持った単相波形を記録する場合には、少なくとも 100 ms を 10ポイントくらいで記録しないと正しい波形は再現できない。従ってサンプリング速度は 10 ms に一回、つまり 100回/秒のサンプリング速度が必要だということになる。ただ、これは波形の再現方式にも依存する問題で、もっと少ないサンプリング速度でも実は波形の正確な再現が可能な事が理論上は証明されているのだが、その場合は波形の再現をきちんとした推計方法で行わなくてはならない(音楽用 CD-ROM などはそうした方法でより少ないサンプリング速度による忠実な波形再現を行っている)。しかし、すべてのソフトが正しい波形再現計算をしているとは限らず、単にサンプリングした時点での値をそのまま数値にして画面に表示しているだけの場合が多い。このような場合に対処するためには、上述のようにひとつのイ

ベントを少なくとも 10ポイント以上で再現するように考えておかななくてはならない。従って、例えば、筋収縮の疲労曲線を書こうと思ったら、基準となるのは単収縮の波形であって、たとえグラフ上に見える(表現される)単収縮が一本の棒にしか表現されないとしても、単収縮の棒を少なくとも 10ポイント以上で再現するようなサンプリング速度(100回/秒)を設定しなくてはならない。しかし、強縮を引き起こして、その全体の時間経過を見ればよいのなら、もっとゆっくりとしたサンプリング速度(5回/秒)で良い。

次に重要なのは、どれくらい長時間の記録が可能なのかという点である。これは基本的に利用可能な PC のメモリー量と利用可能な補助記憶装置の空き容量に依存する。取り込んだデータを保存する方法には 2つある。ひとつは PC のメモリーに蓄えていく方法である。この場合は、PC がどれだけメモリーを積んでいるかということと、そのうちどれだけがソフトに割り当てられているかに依存する。従って長時間記録を行うにはなるべく多くのメモリーを PC に搭載するとともに、利用可能なメモリーのなかの多くをソフトに割り当てておく必要がある。マックラブについて云うなら、PC の搭載メモリーを増やし、かつ、スコープやチャートに割り当てるメモリーを増やせば良い(その方法は図 1 と 2)。例えば 16 MB のメモリーを搭載したマックで、10 MB を「チャート」に割り当てたとし、この時上記の 100回/秒のサンプリング速度だったとすれば、自由に使えるメモリー量が 8 MB だったとして、1 サンプルは 2 バイトで記録されるので、 $8000000 \text{ (byte)} \div 100 \text{ (回/秒)} \div 2 \text{ (バイト)} = 40000 \text{ 秒} \approx 11 \text{ 時間}$ の記録が可能だということになる。従って、もし 2 チャンネルで記録をしていけば 5.5 時間、8 チャンネルで記録をしていけば 1.3 時間強の記録ということになる。

実際にはデータをメモリーに保存する時には、データ圧縮をかけているようで、例えば、温度センサー、pH メータ、高速液体クロマト

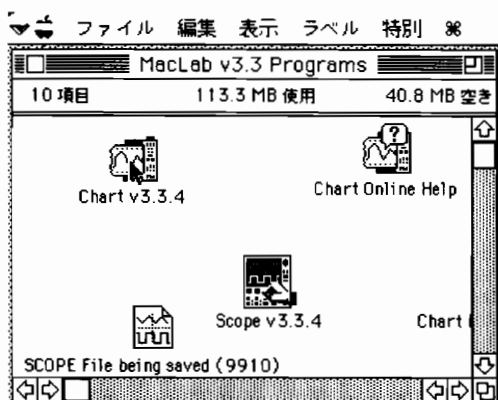


図1. マックでソフトにメモリーを割り振る方法。メモリーを割り当てたいソフトのアイコンをマウスで1回クリックして、選択した状態にしておいてから、「ファイル」メニューから「情報を見る」を選ぶ。そうすると次の図2のウィンドウが開く。

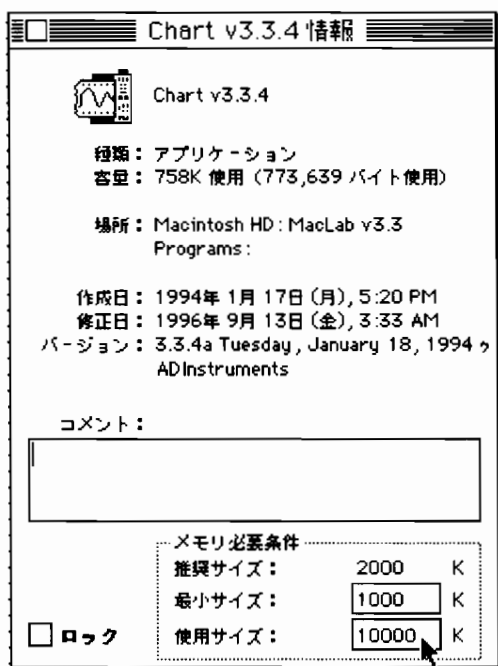


図2：メモリーの割り当て。図1の方法で開いたこの情報ウィンドウの一番したの「メモリー使用サイズ」の中に、必要なメモリー量を割り当てる。図では10MBがChartに割り当てられていることを示している。

グラフィーといったゆっくりとした変化をする出力の記録なら、圧縮の効果が上がって上記の計算より長い記録が可能なようだ。しかし大き

な振幅変化を伴う変化の激しい出力の記録であれば、圧縮の効果は小さく、ほぼ上記の計算通りの記録時間となる。私ども実際の経験では、数時間にも渡る単一記録というのはあまり無く、あらかじめ見積もった記録時間で不足したということはこれまでなかった。

ときどき起こる間違いは、記録可能容量と必要記録時間からサンプリング速度を決めてしまうことである。そうすると記録したいイベントが、サンプリング速度より早く生じてしまって、正しくイベントが記録されない場合が生ずることがある。サンプリング速度は、あくまで各イベントを正しく再現出来る頻度に決めなくてはならないのであって、その結果、記録時間は使用可能なメモリー量から自動的に決まってしまう。決まってしまった記録時間より長い記録を取る必要があるのなら、メモリーを増やすなり、(それが可能なら)途中で止めて幾つかの分割された記録として保存するなどの別の対策を立てなくてはならない。しかし、私の経験では、チャートの記録を必要とする実験で、100回/秒のサンプリング速度で2チャンネル・5.5時間という記録時間は、実験には十分である。特に秒単位や分単位のゆっくりした記録には、限られた装備のPCでも充分長時間記録が出来る。

すでに述べたが、スコープではメモリーが充分ある場合でも999画面分の記憶容量しかない。この場合も、メモリーが少なければ、メモリーが許す範囲でしか記録は出来ないが、最も記録密度の濃い1画面を2560点で表示する方法でも、999画面だと約6MBのメモリーがあればよいことになるので、たいてのPCで999画面は取れる。もちろん記録を休んで、一旦セーブすればまた改めて999画面を取れる訳だから、実質的にはこれで十分と思う。

もう一つのデータ記録方法は、一部をメモリーに蓄えた後、空き時間を利用して、素早く補助記憶装置に書き出した上で、同じメモリーに新しいデータを蓄え、また素早く補助記憶装置に書き出すという方法を繰り返すやり方である。

この方法だと、主メモリーがそんなに多くない場合でも補助記憶装置に空きがある限りは記録を続けられる。例えば、ハードディスクが 100 MB 空いていれば、上と同じ条件で、延べ138 時間分の記録が可能と云うことになる。ただ、この補助記憶装置に書き出す方式は、記録を取りながら空き時間を利用して補助記憶装置への書出しが行われるので、サンプリング速度が速い場合は実行できない。例えば、マックラブの場合は1000回/秒以下のサンプリング速度ならこの方法が利用出来ると記されている(高速版を使えば 100 KHz まで出来る様である)。電気生理学用に特化したソフトや機器では、高速のサンプリング速度の下でも、次々に補助記憶装置にデータを書き出して、長時間の記録が出来るようにしているために、それにふさわしい能力のある専用装置と、それなりのアルゴリズムのソフトが必要になり、これが価格の高いモノにしている。普通の生理学実験ではそんなに高速なサンプリングを必要としない場合が多いから、普通の PC の能力を利用でき、価格も安く済む。

上記のいずれの記録方法であれ、記録終了後は必ずファイルとして名前をつけてセーブしておくなくてはならない。

Ⅶ 学生実習への応用も可能

私どもの研究室では、マックラブを日常の研究の記録用紙代わりに用いると共に、学生実習装置をすべてこれに置き換えてしまって、効果を上げている。幸い、数年前に実習改善経費がもらえることになり、検討の結果これまでのペンレコーダやオシロスコープからなる実習装置を全て PC に置き換えた。

コンピューターを使っているのも、学生の実習に対する評判が上がったし、学生も面白がって取り組んでいる。学生の中にたいいてい数人から十数人の PC を良く知っている者がいるので、これを実習のグループに上手に割り振ると、PC に不慣れな学生もすぐにマスターする。

電気生理学用のペンレコーダやオシロスコープからなる学生実習用セットに較べれば格段に安く、保守も簡単であるうえ、実習期間外には、PC 単体として、様々な用途に使えるメリットは大きい。

また、全ての記録が残せる上、最終的に必要な部分だけをプリンターに書き出せば済むから、記録紙が無駄にならないし、全実習データを保存して、実習が終わってから何度でも取り出せる。忘れた頃に学生がやって来ていつかのデータを見たいと云った場合にも、実習の日付からファイルを判別して、対応できてしまう。こうしたことはペンレコーダやオシロスコープを使っていた頃にはできなかったことで、時代の進歩と技術革新のスピードを実感する。

Ⅷ おわりに

ずっと以前、生理学研究所の金子先生の研究室にお邪魔して実験を教えて頂いたことがある。その頃、金子先生の研究室では、確か DEC のミニコンを使って、データのオンライン処理をすでに実現していて、実験台の脇の端末からデータを取り込んで、指示を与えると、結果が直ちにデータ処理されてプリンターに出力される仕組みになっていて、感心したことがある。また、少し遅れたところに、MASSCOMP のデータ処理装置が68030を CPU に使うという情報があって、なんとか手に入らないかと思った(結局手には入らなかった)。

今や68030は旧式の CPU になってしまい、そうした頃の装置の何倍も進んだ CPU 性能を持った PC が、ノートの形で、いとも簡単に希望するデータ処理を実現してしまう。これを使わない手はないと思う。しかも、学生実習でもこれを使える云うのは実に有り難い事だと思う。生理学実験に携わる多くの方にこうした装置の有効性を知って頂いて、活用して頂ければ幸いである。

最後になってしまったが、執筆の機会を与えて下さった高田教授に感謝する。