

マイコンによる眼運動解析の試み

富山医科薬科大学耳鼻科

渡辺 行雄 大橋 直樹 武田 精一

近時、マイコンの普及はめざましいものがある。マイコンの最大の利点は、購入価格が安く、従来のコンピュータの概念からは考えられない低価格でかなりの性能を持った機器を購入できる点であろう。現在、マイコンは各種統計計算、データベースの管理、情報検索、科学計算、ゲーム等々、広い範囲に応用されているが、私共はマイコンを眼運動解析に利用することを検討した。私は先に、ミニコン(PDP 11/40)を使用したENG検査の自動検査システム(渡辺1979)を開発したが、これを基に、従来、ミニコンを主体に行なわれてきた分析にどの程度マイコンを利用できるかについて模索し、マイコンによる眼運動データのサンプリングを行うプログラムを製作してみた。今回は、この経験からマイコンの眼運動(眼振)分析への導入の可能性とその問題点について述べる。

1. システム構成

使用したマイコンはコモドールCBM8032, RAM32キロバイト, 別に14キロバイトのBASIC専用ROMが付属しており, ミニフロッピーディスクCBM8050(500キロバイト×2), プリンタCBM 3022を増設した。AD変換器は基本的なモジュール(ADM08)を購入して共同研究者の武田が製作し, パラレルユーザポートを介して接続した。また, 後に述べるように, BASICのみでは眼運動分析に必要なサンプリングを行うことができなかったので, BASICの管理下で動作するアッセンブリー言語用のROMマクロティアーを増設した。

2. 機器構成上の問題点

眼運動のようなアナログ情報を分析する電算機には, 次に述べるような性能が要求される。1) 十分な記憶容量がある。2) 磁気ディスクなどの補助記憶装置がある。3) AD変換器, 実時間時計が装備されている。4) ディスプレー装置, プリンタが装備されている。

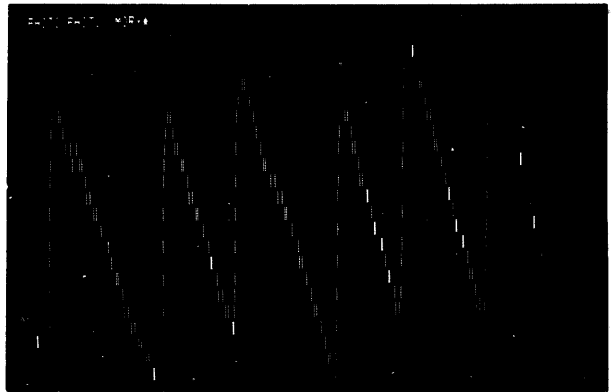
私共のマイコンシステムについて以上の諸点から眼運動分析が可能であるかどうかを検討した。

1) 記憶容量と補助記憶装置

2)

私が開発したENG自動分析システムで使用したミニコン(PDP-11/40)は記憶容量32キロワード(16ビット)で, これと比較するとCBM8032の記憶

容量自体は特に少ないとは言えない。しかし、ミニコンによる自動分析システムではサンプリング(100~200 Hz)された眼運動は次々に磁気ディスクに転送され、検査終了と同時に分析処理を行うので、サンプリング周波数に対し充分速いデータ転送が行なわれていれば、記憶容量はこの段階で大きな問題にはならない。一方、このマイコンシステムでは1000ケのデータ(8ビット)をフロッピーディスクに転送するのに約20秒を必要とするので、100 Hzでサンプリングを行った場合には、データをディスクに転送しながらサンプリングを継続することは不可能で、どこかでサンプリングを中止し、ディスクへの転送完了を待ってからサンプリングを再開する必要がある。なお、この転送時間は、ソフトウェアを改善することにより大巾に改善できる可能性がある。さて、私共が試作したサンプリングのプログラムは約2キロバイトの長さであるから、データエリアとして利用できる容量は約30キロバイトで、100 Hzでサンプリングを行った場合、300秒間のデータを連続して取込むことができる。これは、OKN、カロリックテストの2反応分のデータに相当するから、刺激の間隔を考慮すると私達が行っているOKNおよびカロリックテストの全データをこのシステムによってほぼ問題なく取込むことが可能と思われた。



図：サンプリングされた眼運動波形

ところで、補助記憶装置にはデータの格納の他に、長いプログラムを分割して格納しておき必要に応じてメモリー上に呼び出して実行すると云う役割がある。眼運動分析ではかなり多量のデータエリアを必要とするので、種々の分析を行うためには、常にプログラムをスワップする必要があるこの点からも補助記憶装置は必要である。

3) AD 変換器，実時間時計とアセンブリ言語

AD 変換器は先に述べたように当科で自作した。実時間時計はマイコンに内臓されており，1 MHz のクロックレートで作動する。この二つのデバイスについては，サポートするソフトウェアが問題となる。BASIC 命令語の PEEK, POKE を使用してこれらの機器を作動することは可能であるが，演算時間が極めて長くなるために BASIC による眼運動データのサンプリングは不可能である。このため，アセンブリ言語のための ROM マクロティーンを増設した。アセンブリ言語の詳細については省略するが，現在のマイコンを使用して眼運動分析を行うには，アセンブリ言語を使用するためのハードウェアの増設とアセンブリ言語によるプログラミングを修得する必要がある点に留意しなければならない。ミニコンにおけるサンプリングでは時計によるプログラム割込み機能が使用される。CBM 8032 でもこの機能は備っているが現段階ではこれを使用するまでに至っていない。

AD 変換器の使用にあたっては，データ精度の問題にも注意する必要がある。このシステムでは 8 Bit の変換のためサンプリングされたデータは $\pm 1V$ が ± 128 に変換される。データのドリフトや眼球振盪野の変化を考慮するとこのうち実際に使用し得るのは ± 60 程度であるから眼振の最大振巾を 40° 程度としても，眼運動 1° を 3 に相当するようにキャリブレーションする必要がある，小さな眼振が分析対象から外れる可能性がある。変換する Bit 数を増やして 2 Byte に 1 データを格納することも不可能ではないが，記憶容量，演算速度などを考慮すると必ずしも容易ではない。

4) ディスプレー装置とプリンタ

本機のディスプレイ装置はキャラクタディスプレイ装置であるために，アナログ波形の表示には若干問題であるが現状ではやむを得ない。サンプリングした眼運動波形を図に示す。データの各ポイントが 1 で表示されている。

3. ソフトウェアの問題

これまで主にデータの取り込みに重点を於いて述べてきたが，ハード，ソフト面での性能としてデータ取り込みに問題がなければ，以後の分析手順についてはミニコンと本質的に変るものではない。しかし，マイコンによる分析にあたって特に考慮しなければならないのは，演算時間の問題である。マイコンの演算機能は基本的にミニコンと大きな差はないが，演算時間の差は極めて大き

い。眼振分析で必要な微分操作を例にあげると、4096点の微分（5点間の近似直線勾配を各点毎に計算する）に要する時間は、ミニコンでは計測できない位の短時間であったのに対し、マイコン（BASICによる）では2分12秒であった。この点から、現在ミニコンで行なわれている仕事にマイコンを導入することを考慮する場合、理論的にミニコンで用いたアルゴリズムを使用することは可能であるが、実際には演算時間や先に述べたデータ精度の問題などを考慮しマイコン独自のアルゴリズムを開発する必要もあるものと考えられる。また、演算時間の短縮については、アッセンブリー言語、フォートラン言語の使用、データ転送形式の改良などによりかなり改善できる余地が残されているものと思われ、今後、マイコンの守備範囲拡大のために、メーカー側が配慮することを期待したい。

以上、マイコンを用いた眼運動分析の可能性について述べてきた。現段階では、種々の問題点も存在するが、アナログ情報処理のために、ハード及びソフト面での改良が加えられれば、各種のアナログ情報処理の分野にマイコンの利用範囲が拡大する可能性が多分にあるものと推察された。