

水文地形学の野外観測のためのデータ集録装置の試作

奥 西 一 夫

DIGITAL DATA LOGGER FOR HYDROGEOMORPHOLOGICAL OBSERVATION IN THE FIELD

By *Kazuo* OKUNISHI

Synopsis

A digital data logger for field observation of geomorphological processes was developed. An 8-bit CMOS microprocessor is the pivotal part of the system. An 8-bit A/D converter LSI and an ISO standard digital cassette tape deck work as the input and output of the system, respectively. Three snap switches and a push-button switch transmit commands of the operator to the microprocessor, while a 32-character dot-matrix LCD informs the operator of the internal conditions of the system. The microprocessor works under the machine language program written on a CMOS-ROM referring to a CMOS realtime clock LSI and using a CMOS-RAM as a working area. The mode of the data logging are variable according to the program. When 8-channel data are to be recorded every one minute, two blocks of CMT data (each 256 bytes) occur every one hour, and the cassette becomes full in 18 days. During this period the system consumes about 13AH of a 12V battery.

The construction of the hardware is orthodox and no special technique was used in the design and manufacturing, while some devices were needed for the development of the software. A training module of 6800 series microcomputer combined with a ROM writer was used to assemble the mnemonic program, to fix the assembled program on the EP-ROM and to make de-bug.

The use of digital cassette tape prevents the destruction of the recorded data at the time of the power source down. An ISO standard cassette tape is accessible by many mainframe computers and personal computers. Different versions of the logging system is possible through preparing the EP-ROMs equipped with different programs using the same hardware. The control function can be easily added be some modification in the software and hardware.

1. 既存のデータ集録装置について

野外や実験室で得られたデータを電子計算機で処理することが一般的になって来ると共に、電子計算機による処理を前提とした新しいデータ集録方法が開発され、普及するようになった。初期の段階では、データの前処理を手作業でおこなう必要があったり、電子計算機の入力媒体が限定されていたりしたので、データはいったんアナログ量として集録し、前処理をした後、手動的または自動的にデジタル量に変換して、電子計算機に入力するのが一般的であった。ところが、マイクロコンピュータの発達は、デジタルデータの前処理を容易にし、またデータ集録装置にもマイクロコンピュータが組み込まれて、高性能化と低廉化が同時に実現された。その結果、データを直接デジタル量として集録し、マイクロコンピュータを経由して、あるいは直接にメインフレームコンピュータに入力するような観測手法が急速に広まりつつある。

もっとも、現在でも高速現象のデータはリアルタイムでデジタル化することは困難である。一方、研究すべき現象の中に未知な部分が多い場合には、データ集録の自動化を急ぎ過ぎると、一面的なデータを大量に集録することによって、現象の本質を見失ってしまうおそれもある。地形変化の多くは突発現象として起

り、定量的なデータの蓄積が少ないので、地形学の野外観測においては上記のことは十分に考慮しなければならない。しかしながら、水文地形学的なプロセスについては、現象間の因果関係は定性的にも定量的にもある程度解明されており、今後は精度の高いデータの集積と詳細な解析が必要である¹⁾。このような場合には野外データをデジタル量として自動的に集録する試みが積極的になされるべきである。

デジタルデータは、ノイズが混入すると致命的な影響をこうむるので、従来は環境条件や電源をできるだけ安定化しておく必要があった。そのために、野外におけるデジタルデータの集録にはかなりの困難があった。最近 CMOS 素子の発達や記録媒体の進歩などにより、そのような困難はかなり取り除かれているが、野外観測に使えるものは多くない。以下では既存のデジタルデータ集録装置で、野外観測に向くものを、出力媒体別に概観して見よう。

マイクロコンピュータをホビ的に使う場合は、オーディオカセットテープが外部記憶媒体として使われることが多い。これは安価であり、消費電力も小さいので、簡易型のデータ集録装置²⁾の出力媒体としてよく使われている。しかしながらデータ容量が小さく（カンサスシティ規格の場合、70キロバイト程度）、信頼性が低い（カセットを別のテープデッキにかけると誤りが発生しやすい）こと、および規格が統一されていないため、あまり普及していない。特異なものとしては CMOS シフトレジスターにデータを一時蓄えた後、カーステレオ用のテープデッキによって、カセットテープに高密度で記録するのが海洋学の分野での使用を前提にして開発されているが、信頼性はかなり高いようである。

これに対して ISO 規格のデジタルカセットテープはメインフレームコンピュータへの入力媒体として開発されたもので、信頼性、容量（約270キロバイト）、高速転送のすべてにおいてオーディオカセットテープよりも優れている³⁾。そのため、これを出力媒体とするデータ集録装置は科学計測用および産業用として多数市販されている。これらの多くは転送速度が大きいことを生かして、高いサンプリング周波数のものが多いが、必然的に消費電流が多くなり、100V 電源を必要とする。最近、サンプリング周波数は低いが、スイッチによってサンプリング周波数とチャンネル数、入力電圧レンジなどを切換えられる汎用型のものが、気象観測などに使われている。これは水文地形学の野外観測用としても適したものと言えるが、やはり消費電力は大きく、バッテリーによる長期間動作は困難である。特殊なものとして、テープ駆動部の電力消費をできるだけ減らし、リチウム電池で最大1年間（チャンネル数とサンプリング周期によって変化する）動作するものがあるが、ISO 規格でないため、専用の読取装置を必要とする。後述の試作機は ISO 規格のカセットテープ装置を間けつ動作させ、CMOS-LSI を用いて省電力化し、バッテリー動作を可能にしたものである。

最近のパーソナルコンピュータは、外部記憶として、デジタルカセットテープよりも転送速度が大きく、記憶容量も大きいフロッピーディスクを使うものが多くなっている。またパーソナルコンピュータには A/D 変換器を内蔵させることができるので、それ自体を室内用のデータ集録装置として使うことが可能である。しかしながら、フロッピーディスクは消費電力が大きく、耐久性に乏しく、また温度変化や結露に弱いので、野外観測には使えない。一部のパーソナルコンピュータではフロッピーディスクにやや似た性格の磁気バブルカセット⁴⁾が外部記憶媒体として使われている。これは記憶容量が小さい（32キロバイトのものが多い）という欠点はあるが、信頼性、耐久性、耐環境性が高く、消費電力が小さいので、野外観測用にはうってつけである。今の所は、野外観測用としては、サンプリング周期を比較的長く取ったものが市販されている。今後大容量の磁気バブルカセットが生産されるようになれば、この形式のものはさらに普及すると思われる。

最近大容量の CMOS メモリーが相ついで開発されているが、CMOS メモリーは記憶を保持するだけならば消費電力がきわめて小さいので、データを運搬するための媒体としても適している。現在の素子開発競争が一段落すれば、これを用いたすぐれた野外用データ集録装置が市販されるものと思われる。米国 Waterman 社では CMOS メモリーを用いた特色あるデータ集録システムが作られている。これはデータ集録装置と処理装置の他に CMOS メモリーを内蔵したデータ運搬装置があり、コネクタを介して集録装置

から運搬装置へ、また運搬装置から処理装置へデータを転送するようになっている。この方式は CMOS メモリーの長所（データ転送が高速、省電力）と短所（静電破壊を起しやすい）を考慮したものであり、またデータ運搬装置を通信回線によって置き換えることもできる。ただ地形学の野外観測においては数年ごとに場所を移動することが多く、また研究の進展や場所の変更に伴って観測項目も変るので、通信回線の使用はあまり適当ではない。

2. 試作の必要性

前節で述べたように、現在きわめて多種類のデータ集録装置が市販されているが、商用電力のない、劣悪な環境の野外現場で長時間（例えば1ヶ月以上）データを集録できるものは少ない。磁気バブルカセットと CMOS-LSI を用いたもの⁷⁾ はその中で最も満足できるものであるが、磁気バブルカセットの容量が小さいので、

$$\text{データ長} \times \text{チャンネル数} \times \text{サンプリング周波数} \times \text{記録期間} = \text{記憶容量}$$

の制約の中でチャンネル数、サンプリング周波数または記録期間のいずれかを犠牲にしなければならない。現在著者らが滋賀県石田川流域の小さい試験流域（約 51 ha）で用いているもの^{8,9)} は、雨量と量水堰水位を含む 5 チャンネルのデータを 1 時間ごとに取り込み、その他に特定の条件の時（過去 1 分以内に降雨が検出されたか、量水堰水位があらかじめ設定した値を越えた場合）には雨量と量水堰水位を 1 分ごとに取込むという特別仕様にして、かろうじて 1 ヶ月の記録期間（ただし 1 分ごとの記録は延べ 3 日を越えないこと）を達成している。

しかしながら、水文地形学の野外観測においては、気象要素（気温、降水量など）、水文要素（河川流量、土壌水分、地下水位など）、地形変化要素（浮流土砂量、掃流土砂量、侵食低下量、土層の変位量、土圧、間隙水圧など）を同時に測定しなければならないので、一地点で 8 チャンネル程度は必要である。サンプリング周波数は観測項目によって必要な値は異なるが、かなりのものについて 1 分に 1 回ぐらいの記録を必要とする。そうすると記録期間を 1 ヶ月とし、8 ビットの精度で観測するものとする、

$$1 \text{ バイト/チャンネル} \times 8 \text{ チャンネル} \times 1 \text{ 回/分} \times 30 \text{ 日} \approx 340 \text{ キロバイト}$$

の記憶容量が必要となる。このような記憶容量をもつ媒体としては現在の所、デジタルカセットテープが適しているように思われる。市販の装置ではカセットデッキに常時通電しているために消費電力が大きいが、必要時のみ通電するようにし、また最近市場に出廻り始めた汎用の CMOS マイクロプロセッサを用いれば、自動車用蓄電池による 1 ヶ月間の記録も可能と考えられるので、このような方式によるデータ集録装置を試作した。

3. ハードウェアの設計

データ集録装置の基本動作は、一定時間ごとにデータを入力し、内部記憶に蓄え、それがいっぱいになると外部記憶に出力するということである。これはマイクロプロセッサにとってはきわめてたやすいことであるから、いわゆるマイコン内蔵型にするのが便利である。マイクロコンピュータ応用システムはハードウェアとソフトウェアより成り、設計上これらは互いに相補的である。しかしながら、ハードウェアは LSI の発達のおかげで、配線作業だけでよいのに対して、データ集録装置用のソフトウェアは市販されていないので、基本的なプログラムから自作しなければならない。大量生産を前提にする場合や高度なシステムを設計する場合には、高価であっても高性能のシステム開発装置が使われるが、今の場合はそのどちらでもないのです、後述のようにワンボード形式のトレーニングキットを使用することとした。それに伴ってハードウェア構成もそのトレーニングキットと類似の、きわめてオーソドックスなものとし、データ集録装置に特有の周辺装置（A/D 変換器とディスプレイ）にはできるだけ高性能で使い勝手のよいものを選択した。

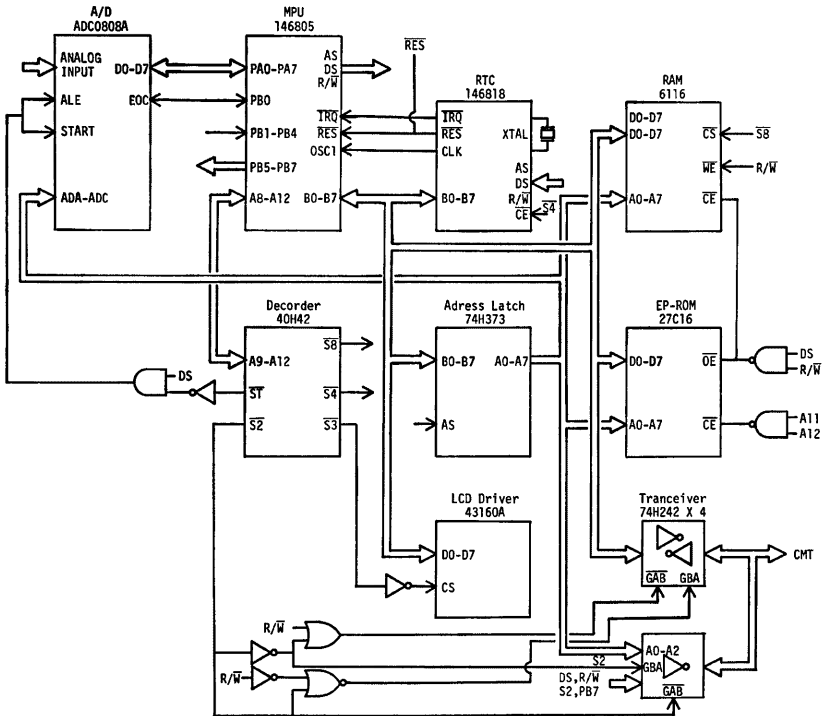


Fig. 1 Hardware construction of the MPU board shown in Photo.1

汎用の CMOS マイクロプロセッサは現在ではいろいろなものが出ているが、開発当初には RCA 社の CDP 1802 とモトローラ社の 146805 以外は入手が困難であった。これらのうち、CDP 1802 はわが国ではソフトウェア技術があまり紹介されていないのに対し、146805 の方は NMOS の 6800 系マイクロプロセッサと同じ命令体系を持ち、そのソフトウェアの入門書は何点か出版されているので、これを選んだ。

回路構成は Fig. 1 のようにした。マイクロプロセッサ（以下 MPU と略称）は 2 つの 8 ビットパラレル I/O ポートと 112 バイトの RAM、そして 1 バイトのタイマーを内蔵している。I/O ポートのひとつは A/D 変換器からのデータを入力するために、他のひとつはスイッチからコマンドを入力したり、デジタルカセットテープ（以下 CMT と略称）などの電源を制御するために用いた。RAM はプログラムの実行に必要なワークメモリおよびスタックメモリとして使用したが、CMT にデータを出力するためのバッファとしては容量が足りないため、2 キロバイトの CMOS-RAM を付加した。内蔵タイマーはもともと一定時間ごとに MPU に割り込みをかけるためのものであるが、単なるパルスカウンターとしても使えるため、転倒する雨量計のカウンターとして利用した。プログラムメモリとしては CMOS 型の EP-ROM である 27C16 を使用した。A/D 変換器には 8 チャンネルマルチプレクサー内蔵の 8 ビット型 CMOS-LSI を使用した。時間管理はプログラムによっておこなうこともできるが、ソフトウェアの負担を軽くするため、リアルタイムクロック IC (146818) を使用した。CMT には TEAC 社の MT-2 を用いたが、これは消費電力が大きいので、必要時以外は電源を切り、インターフェイスするバストランスシーバー IC をハイインピーダンス

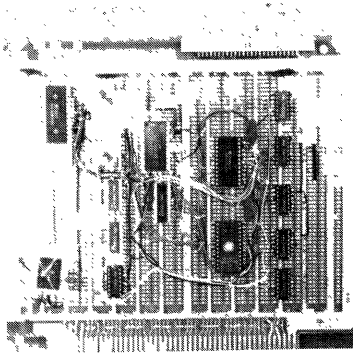


Photo.1 The MPU board

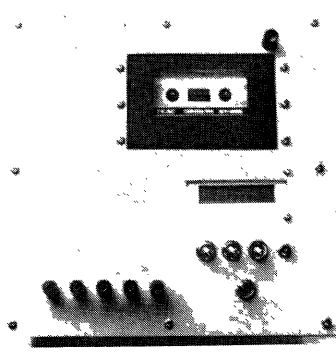


Photo.2 External appearance of the system

スにしておくこととした。システムの内部的な状態を監視するために32文字のドットマトリクス液晶ディスプレイ（以下LCDと略称）とそのドライバーLSIを使用した。電源としては+12V、+5Vおよび-5Vを必要とするが、回路を簡単にするため、蓄電池は12Vのものをうい、3端子レギュレーターによって+5Vを得ている。-5VはLCD用であって、消費電流がきわめて少ないので、別に単三乾電池を使用した。

このような回路を組み込んだワンボード形式の基板を**Photo 1**に示す。また**Photo 2**にはCMT, LCD, 入力端子, 電源端子, コマンドスイッチなどを装着し、内部に基板を収納した塩ビ製ボックスを示す。大きさは縦横共25 cm, 高さ20 cmである。

4. 開発装置

ハードウェアの学習とソフトウェアの開発をおこなうために、MPUとして6800を用いたトレーニングキット（日立、H68TR）を使用した。これはワンボード型式であるが、周辺ボードを付加してシステム化することができる。そこで入出力基板（H68TPR1）を付加し、さらにEP-ROM書き込み器を接続するためのインターフェイス基板を自作した。H68TRにはASCIIのキーと14桁の蛍光表示管を持つコンソールおよび2組のオーディオカセットを接続できる。またH68TPR1には2組のCMTと1台のプリンター、2系統のRS-232C回線を接続することができる。したがってこの構成は前述の試作装置のハードウェア構成をほぼ包含していると言える。

H68TRにはアセンブラを含むモニタープログラムが具備しており、逆アセンブラとテキストエディターもリストの形で示されているので、H68TRを使うためのプログラムを作るのには不自由はない。しかしながら、146805の命令コード⁶⁾は6800のそれとは若干異なるので、これらのソフトウェアツールをそのままでは使えない。そこで146805のためのプログラム開発は次のような手順でおこなった。

6800系のMPUは命令体系が同じで、かつきわめて規則的に作られているので、コード表を参照しながらアセンブラ言語を機械語に書きかえること（ハンド・アセンブル）はかなり容易である。このようにして作った機械語プログラムをトレーニングキットのキーボードから入力してEP-ROMに焼き付けた。このままではプログラムはいろいろな誤り（バグ）を含んでいるので、修正が必要であるが、機械語のままでは修正しにくいので、6800用の逆アセンブラを参考にして作った146805用の逆アセンブラによっていったんアセンブラ言語に戻してから修正をおこなった。修正に際しては古いプログラムを焼き付けたEP-ROMをH68TPR1のROMソケットに装着し、消去済のEP-ROMを書込器に装着しておく。逆アセンブルされたプログラムの誤りを見つけると、EP-ROMからRAMに転送された機械語プログラムをモ

ニターを用いて修正し、新しい EP-ROM に焼き付けければよい。

5. ソフトウェアの設計

ソフトウェアの設計にあたって最初に詳細な仕様を決めなければならない。本装置は雨量パルスの他に 8 チャンネルのアナログ電圧 (0~+5V) を入力できるが、CMT の容量を考慮してアナログ電圧入力は 7 チャンネルとした。サンプリング周期は性能テストという観点から 1 分とした。水文地形学の野外観測ではこれよりも周期の短いサンプリングはほとんど必要がないためである。一定周期のサンプリングをおこなうため、リアルタイムクロックが 1 秒ごとに MPU に割り込みをかけるようにハードウェア設計されている。割り込みがかかると、MPU はリアルタイムクロックの秒のレジスターを調べ、それがゼロを示していたら A/D 変換器を動作させ、データを取込む。秒のレジスターがゼロでない時も、MPU はコマンドの有無を調べてそれに対応したり、LCD に時刻や入力データを表示したりする。

一方、出力はブロック単位で CMT に記録することになる。ブロック長は標準的な値である 256 バイトとしたが、30 分ごとに $30 \times 8 \text{ バイト} = 240 \text{ バイト}$ のデータとブロック番号、記録数を CMT に記録することとした。記録数は通常は 30 に固定されるが、カセットを交換する時は 1 ブロックに満たない記録をカセットに書き込むことになるので、この時は有効な記録の数を指示する。

LCD は 32 文字を表示できるが、そのうち 16 文字 (1 行) に時計の秒の数、ブロック番号、現在メモリーにあるデータ数、および動作ステータスを表示させた。残り 16 文字には切換により、年月日時分または直前に入力された 8 チャンネルのデータ (各々 16 進で 2 桁) を表示した。

コマンドとしてはスタート、ストップ、時計合せ、ソフトウェアインタラプト要求 (記録を中断し、メモリー内容を LCD にダンプさせる)、表示切換の 5 種類を用意した。これらのコマンドは 3 個のスナップスイッチのオン・オフの組合せによって設定され、MPU が 1 秒に 1 度コマンドを読む時、押ボタンスイッチが押されていたら有効となる。時計合せ中とソフトウェアインタラプト中はスイッチは操作命令スイッチとして働く。この他にリセットスイッチがあり、プログラムが暴走した時に使用する。

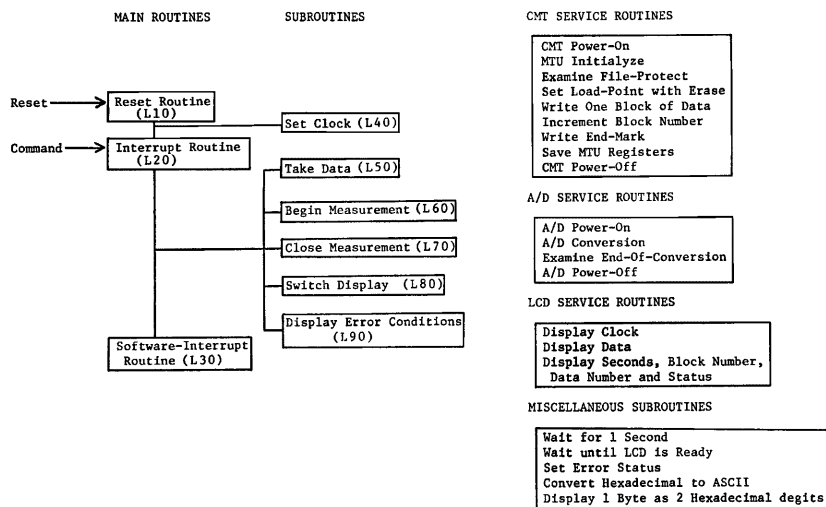


Fig. 2 Software construction of the test version of the system

市販のデータ集録装置では、切換スイッチによってデータ集録モードを切換えられるようになっているものが多いが、自作機の場合は EP-ROM 中のプログラムを書き換えることによって、自由度の大きい切換えが可能なので、その種の切換スイッチは設けなかった。

さて、上記のような仕様を満足させるためのプログラムはいくつかのルーチンより成っている。最終的に作成したルーチン構成を Fig.2 に示す。リセットルーチンは電源を入れた時またはリセットスイッチを入れた時に作動し、システムをリセットした後時計合わせをして、割込み待ちのループに入る。1秒ごとにリアルタイムクロックから割込みがかかるとインタラプトルーチンが呼ばれ、必要に応じていろいろな仕事をした後、再び割込み待ちループに戻る。インタラプトルーチンのリストとフローチャートを Fig.3 に示す。このルーチンではまず割り込み信号の発信源（リアルタイムクロックの C レジスタ）をリセットし、LCD に必要事項を出力する。次にデータの取込みが必要かどうかを調べ、必要なら L50 のサブルーチンと呼んでデータの取込み（必要場合は CMT の書き込み）をおこなう。L21 以後ではコマンドが入力されているかどうかを調べ、対応する。すでに他のコマンドが入っていたり、データ取込みや CMT の書き込みで busy 状態の時は SWI 以外のコマンドは受け付けない。その後 L22 でエラー状態がセットされていれば LCD にエラー情報を出力し、busy フラグをおろしてリターンする。ソフトウェアインタラプト・ルー

***** 146B05 DIS-ASSEMBLER *****
*596A - *59D6

Address	Machine-code	Mnemonic	
596A	C6 0B0C L20	LDA #80C	
596D	9A	CLI	
596E	B6 15	LDA #15	
5970	27 05	BEQ #5977	
5972	CD 1B7A	JSR #1B7A (Display Clock)	
5975	20 0C	BRA #597A	
5977	CD 1C09	JSR #1C09 (Display Data)	
597A	CD 1B0C	JSR #1B0C (Display Seconds etc.)	
597D	B6 17	LDA #17	
597F	A1 32	CMP #32	
5981	26 08	BNE #598B	
5983	C6 0800	LDA #800	
5986	26 03	BNE #598B	
598B	CD 1A80	JSR #1A80 (Take Data)	
598B	B6 01 L21	LDA #1	
598D	44	LSR A	
598E	44	LSR A	
598F	24 3A	BCC #59CB	
5991	A4 07	AND #7	
5993	A1 07	CMP #7	
5995	27 1F	BEQ #59B6	
5997	B7 14	STA #14	
5999	B6 18	LDA #18	
599B	26 2E	BNE #59CB	
599D	B6 19	LDA #19	
599F	26 2A	BNE #59CB	
59A1	4C	INC A	
59A2	B7 18	STA #18	
59A4	B6 14	LDA #14	
59A6	27 16	BEQ #59BE	
59A8	A1 01	CMP #1	
59AA	27 0D	BEQ #59B9	
59AC	A1 02	CMP #2	
59AE	27 13	BEQ #59C3	
59B0	A1 03	CMP #3	
59B2	27 14	BEQ #59CB	
59B4	20 15	BRA #59CB	
59B6	BC	L24 SWI	
59B7	20 12	BRA #59CB	
59B9	CD 19DA	JSR #19DA (Begin Measurement)	
59BC	20 0D	BRA #59CB	
59BE	CD 1A5B	JSR #1A5B (Close Measurement)	
59C1	20 08	BRA #59CB	
59C3	CD 1A50	JSR #1A50 (Switch Display)	
59C6	20 03	BRA #59CB	
59C8	CD 1C35	JSR #1C35 (Set Clock)	
59CB	B6 17	L22 LDA #17	
59CD	A1 45	CMP #45	
59CF	26 03	BNE #59D4	
59D1	CD 1A11	JSR #1A11 (Display Error Conditions)	
59D4	3F 18	L23 CLR #18	
59D6	80	RTI	

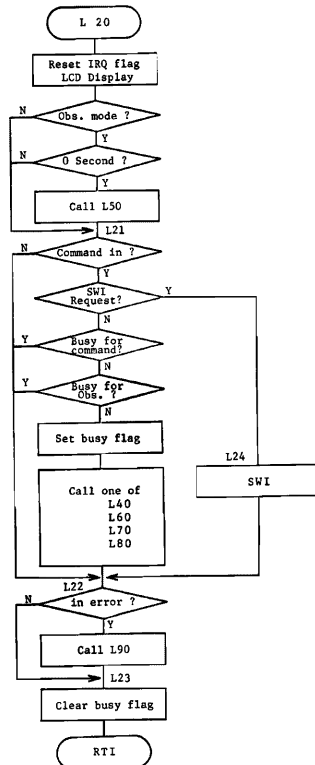


Fig. 3 List and flow chart of the most important part of the software

チンはシステムが誤動作した時のために設けたデバッグ用のもので、メモリー内容が次々に LCD に表示され、誤動作の原因を調べることができる。サービスルーチン（これもサブルーチンである）のうち CMT に関するものは、H68TPR1 に内蔵されている IOCS プログラムの中から必要なものを拾い出し、146805 用に書き直したものである。

6. デバッグ作業

ふつうはデバッグとはプログラム中の誤り（バグ）をなくする作業であるが、自作システムの場合はそれとハードウェアの動作チェックを兼ねなければならないし、エラーメッセージなどは出ないので、かなりたいへんな作業である。ただし CMT は動作や記録内容をセルフチェックするので、CMT がエラー状態になった時は、その旨とエラーの種類が LCD に表示される。

デバッグ作業は LCD が頼りであるから、最初に LCD のチェックプログラムを作り、実行させた。ところがプログラムミスと配線ミスが重なり、表示が全く出なかった。こうなるとお手上げであるが、シンクロスコープでアドレスバスの内容を吟味した結果、無限ループが形成されていることが推定でき、プログラムが修正できた。それでも表示が出ないので、こんどはハードウェアを疑い、長時間かかって、LCD ドライバーのマニュアルの読み違えから来る誤配線があることがわかった。

次に時計合せのサブルーチン（L40）のデバッグをおこなった。この段階では LCD が作動したが、SWI ルーチン（L30）が正しく作動せず、プログラムのバグとインタラプト回路の誤配線が競合していたので、上記と同じ苦労をした。これが解決した後は LCD によって誤動作の原因がかなりよくわかり、デバッグ作業は順調に進行した。テスト的に記録したカセットテープの内容は別のパーソナルコンピュータを用いてチェックした。

7. 試作装置の性能と今後の見通し

本装置を野外で使用する場合に心配なことのひとつは、CMT を間けつ動作させることによってトラブルが発生する可能性である。室内でテストした限りでは問題は全くなかったが、温湿度の変化が大きい野外の環境条件で古いカセットテープを使った場合の信頼性については実際にチェックする必要がある。第2はバッテリーがダウンした時の動作であるが、室内でそのような条件を模擬した限りでは、まず CMT の駆動が不安定になってエラー状態となり、データの取り込みが停止する。したがってそれ以降はデータが記録されなくなるが、それまでは MPU は正常に動作し、CMT に記録されているデータには誤りがない。第3は誘導ノイズなどによる誤動作の可能性である。商用電力のない野外では電源からのハムノイズや高周波ノイズの心配はないが、雷による誘導ノイズの影響はかなり大きいのではないと思われる。また CMOS 素子を用いているため、誘導電流によって素子の電氣的機能が破壊されるおそれもある。これを防ぐためには、本装置を鋼製ボックスなどのシールドの中に置き、外部に出る信号線をできるだけ短かくする必要がある。またアースのとり方にも注意が必要であろう。変換器類とバッテリーを集録装置と同じボックス内に入れ、センサー類との距離を数メートル以内にすればほとんど問題はないと考えられるが、今後野外での経験を積み上げる必要がある。

カセットテープの片面には約 900 ブロックのデータを書き込めるので、現在のプログラムでは記録期間は 18日と18時間となる。この間のバッテリーの消耗は、

MPU 基板	$25\text{mA} \times 450\text{時間} = 11.25\text{Ah}$
CMT	$2\text{A} \times 3\text{秒/回} \times 2\text{回/時} \times 450\text{時間} = 1.5\text{Ah}$

となり、合計 12.75 Ah である。バッテリーの老化や低温時の性能低下を見込んでも 40 Ah の自動車用バッテリーで十分駆動できる。また MPU 基板の消費電力のほとんどは 3 端子レギュレーターによるものであるから、電源回路を合理化することにより、さらに消費電力を減らすことができる。

当初計画では、本装置は滋賀県石田川上流の釜ヶ谷試験流域⁵⁾の量水堰地点に設置する予定であった。その場合、雨量と流量（直接的には水位）は1分間隔で取り込む必要があるが、その他の物理量（水温、地温、電気伝導度、土層変位量など）は10分以上のサンプリング周期でもよい。このような仕様は現在のプログラムを少し変更することによって満足させられる。またこれに伴って記録期間が長くなり、設計目標の1ヶ月を越えることになる。

現在の所、この地点には2.で述べた磁気バブルカセットを用いた集録装置を設置したので、本装置は今の所、流域の上流端の尾根部に設置して、土壌水分および土壌水の鉛直方向のフラックスを観測する計画である。測定法は川西⁷⁾が開発した方法を考えている。これは線状のヒーターに一定量のヒートパルスを与え、熱伝導と移流による熱の逸散をヒーターの上下に設置した温度センサーによって測定する。温度測定の継続時間は測定値に応じて可変にする必要がある。このような観測をおこなうためには、電気量を受動的に取り込むだけでなく、コントロール機能と判断機能をもったデータ集録装置を必要とするが、このような機能はマイクロプロセッサが最も得意とすることのひとつであって、本装置もプログラムの変更と入力端子の配線変更によって容易に対応できるものと考えられる。

このようなコントロール機能や判断機能は市販のアナログ型レコーダーやデータ集録装置にも付加されつつあるが、高価な特注品を別にすれば、研究者の個別的な要求にぴったり合ったものを市販品に求めることは困難であろう。この点、マイクロプロセッサを用いた自作機は、ハードウェアをある程度汎用的なものにしておけば、ソフトウェアの変更によって、かなり多様な観測上の要求に答えることができるものと考えられる。地形学の野外実験のように、観測上の要求が多様で、研究の進展に伴って変化し、しかもあまりまとまった需要が期待できない分野ではこのことは特に重要であろう。

最後に本装置の試作に際して、技術的な問題について御教示をいただいた池田計器製作所の橋本安則氏ならびに日立マイコンショップ「GAIN」の方々に感謝致します。なお本研究には主として科学研究費補助金（総合研究A、課題番号56380028、代表者 水山高幸）を使用した。

参 考 文 献

- 1) 奥西一夫：地形変化の予測のための水文解析，地形，第2巻第1号，1981，pp. 59-65.
- 2) 横河ヒューレット・パッカー（株）：3421A Data Acquisition/Control Unit 仕様書，1982，11 p.
- 3) ティアック（株）：MT-2 レファレンスマニュアル，96 p.
- 4) 赤松純平：磁気バブルメモリを用いた強震動観測装置，京大防災研年報，第25号B-1，1982，pp. 1-9.
- 5) 奥田節夫：暖地性積雪山地における流出過程の研究，昭和57年度日本生命財団特別研究助成プロジェクト研究報告書，印刷中.
- 6) モトローラ・セミコンダクターズ・ジャパン（株）：MC 6805/MC 146805 ユーザーズ・マニュアル，1981，214 p.
- 7) Kawanishi, H.: A soil-water flux sensor and its use for field studies of transfer processes in surface soil, J. Hydrology, Vol. 60, No. 1/4, 1983, pp. 357-365.