

11. 永年変化観測用超低速記録計の開発

地震研究所 { 岡田義光*
平田安広
高橋辰利

(昭和54年12月12日受理)

1. 開発の目的

地殻変動に代表されるような、直流から超低周波帯にかけての自然現象を記録するために、現在は、紙送り速度を 12.5 mm/hr, または 25 mm/hr とした打点式記録計が広く用いられている。この送り速度は、地球潮汐のように、時間～日という周期範囲の現象を見るのに最適な速度である。しかし、数日～数ヶ月といった、より長い周期帯の変化をこの原記録から見てとることは一般に困難であり、そのような目的には、従来、記録を讀取って平均操作を行い、グラフ用紙上にプロットするという手段が普通にとられてきた。ところが、このやり方では、どうしてもデータ処理に要するだけの時間遅れが生じ、今現在の永年変化進行状況を常に把握しているというわけにはいかない。

近年、地震予知への関心が高まってきているが、上記のような態勢では、長期的予報への貢献はともかく、短期的には、地震発生の数時間前からの異常を把握する直前予報にしか、せつかくのデータが役立つ恐れがある。

そこで、たとえば1ヶ月に数 cm 程度といった超低速送り速度をもった記録装置を開発し、時々刻々の永年変化を常に監視できるようにすれば、万一、よりゆっくりとした異常変化があっても遅滞なくキャッチでき、本来の意味の短期予報に役立てることができると期待される。本装置を開発した目的の第1は、この点にある。

具体的にそのような記録装置を製作する場合、紙送りの超低速化と共に、日変化より短かい周期の現象を取り除くための、データの平均化が必要となる。このことは、超超低周波のカットオフ点を有する記録計の実現を意味するものであり、目的とする信号に重畳した日周変化を取除きたいような場合に大変有効である。たとえば、油壺観測所では、海洋潮汐による日変化振幅が 10^{-6} を超えるが、これは1年間の永年の変動量に匹敵しており、地殻変動の原記録は、単に海面の昇降を記録しているといっても過言ではない。油壺ほどではないにしても、地表に近い観測点では、大きな日周ノイズに悩まされているのが常であり、そのような場合に、上記のような記録計を用いれば、日変化の中に埋もれた永年変動の信号を取出して記録することが可能となろう。ここに、本装置開発の第2の狙いがある。

2. ハードウェア

上に述べたような目的を達成するために、まず問題となるのは、いかにして超低速の紙送りを実現するかという点である。そのために特別の記録器を製作することは相当の困難

* 現在、国立防災科学技術センター

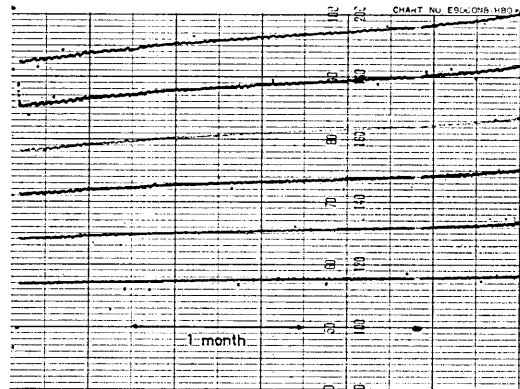


Fig. 1. A sample record of discharge characteristics of a dry cell obtained with a multichannel recorder which was driven intermittently. This record of about 15 cm length shows output of three months.

が予想され、また実際的でもないので、まず、従来から用いられている打点式記録計（横河電機製）を断続的に動かす試みを行ってみた。入力に乾電池をつなぎ、タイマーにより6時間毎に1分間だけ記録計を動作させて、3ヶ月間放置してみたところ、電池の放電特性を示す長さ15 cmほどのきれいな記録が得られた（Fig. 1）。この基礎実験により、記録計の超低速紙送り自体は、この方法で問題なく実現できることが確かめられた。

次に問題となるのは、信号の平滑操作である。生の信号には、日周変化や様々の短周期変動が乗っており、これをそのまま超低速記録させた場合には、幅を持ったバラバラとした記録になってしまう。従って、データの平滑化は是非とも必要となるが、24時間もの時定数を有するアナログ的フィルターを安定に構成することは至難であるため、デジタル的手法により、これを行うのが、現実的であろう。

装置の実際の設計に先立って、まず、次のような諸点が仕様として決定された。

(1) 入力：信号入力は6chとし、その他に、短絡入力、テスト電圧入力の2chをA/D変換器のチェック用に設ける。データ収録中以外は、任意のチャンネルを手動で選ぶことにより、その内容表示が可能にする。

(2) データ収録・平滑操作：定められた時間間隔で6chのデータを収録し、適当なデジタルフィルターによる平滑値を求める。サンプリングの方式や、デジタルフィルターの方式は、将来の変更が容易なようにする。なお、収録されたデータは、無停電方式にて、最低24時間は保持されるようにする。

(3) データ出力：信号出力は12chとし、1つの入力に対し、高感度・低感度の2出力を得られるようにする。その他に、 ± 0 出力、 \pm フルスケール出力の4chを、D/A変換器のチェック用に設ける。データ出力中は、打点式記録計のチャンネル番号に同期した出力を行い、それ以外の時には、任意のチャンネルを手動で選んで、アナログ出力を得られるようにする。信号の各チャンネル出力感度、および、打点式記録計をONさせる出力間隔は可変とする。なお、タイムマークとD/A変換器出力校正を兼ねて、月初めには、 ± 0 、 \pm フルスケールの4値を出力させる。

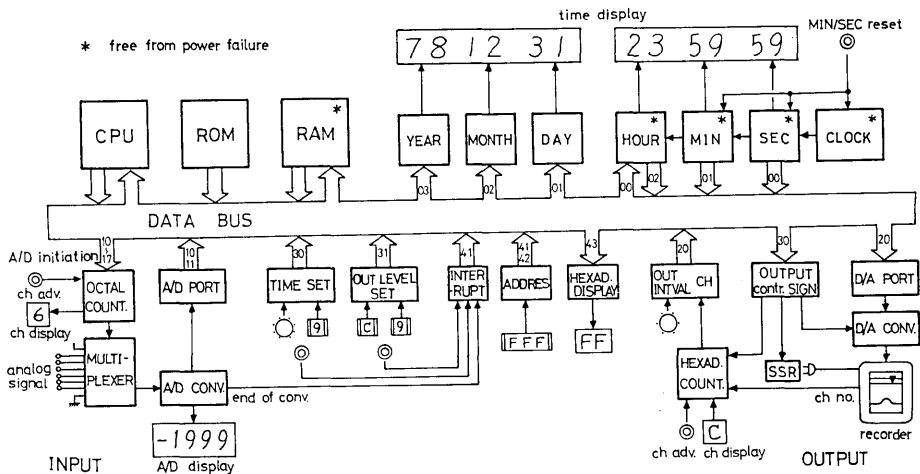


Fig. 2. The construction of the hardware system. Numbers in the data bus show I/O addresses.

(4) 時計: 万年カレンダー方式とし、年/月/日/時のプリセット、分/秒リセットの機能を備える。なお、刻時装置については、完全無停電化する。

(5) その他: システムがちゃんと動作しているかどうかのモニター機能を備えるようにする。

以上のような仕様を満足する装置をディスクリート素子で構成しようとする、相当に複雑なものとなることが予想され、また、将来の拡張・変更に際しても、柔軟性に欠ける点が問題となる。このような場合、マイクロプロセッサを用いたシステムの導入が最も適切であり、ここでは、現時点での標準的機種である 8080A を採用して、全体の構成を試みた。

Fig. 2 に、ハードウェア構成の模式図を示した。次に、この各部分について、概略的な説明を行なう。

- (i) CPU: 8080A とその周辺チップを使用。18 MHz の X' tal により、2 MHz のクロックで動作させる。
- (ii) ROM: EP-ROM 2708 (1 K バイト) を 2 個まで実装可能。占有アドレス=000~7FF。
- (iii) RAM: CMOS タイプの 5101 (256×4 ビット) を 4 個使用し、アドレス E00~FFF を占有。無停電化してある。
- (iv) 年月日: メモリー内で万年カレンダーを作成し、時分秒と共に LED にダイナミック表示する。
- (v) 時分秒: CPU とは独立の高精度 X' tal により、無停電時計を構成する。
- (vi) 分/秒リセット: 時計を時報に合わせるための押ボタンスイッチ、40~59 分の間では、時に桁上りを行なう。
- (vii) A/D 変換: データ収録時刻になると、ch 1~ch 6 をスキャンしてデータを取込む。A/D 変換器は積分型の MC 14433 を使用し、フルレンジを ±1999 mV に設定。入

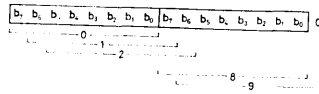


Fig. 3. Setting of output level. The position of the leading bit of selected 8 bits is appointed.

力中の ch 番号と A/D 結果は、LED に表示される。

(viii) 入力 ch 歩進: データ収録中以外の時は、自由に ch 0~ch 7 を選択して、データ確認ができる。ch 0 は短絡入力、ch 7 はテスト入力に対応し、A/D 変換器のチェックが可能。

(ix) 時刻セット: 年月日時の時刻合わせのため、必要な桁を選択し、変更値をセットして、時刻セット要求スイッチを押す。

(x) 感度セット: 出力感度を各チャンネルについてセットするためのスイッチ。ch 7~12 は ch 1~6 と対をなす。0~9 の感度数値は、Fig. 3 に示す如く、2 バイトにおさめられた該当チャンネルの平滑データから、D/A 変換器に送る 8 ビットデータの先頭位置を指定するものであり、数値が 1 違うと、出力は 2 倍異なることになる。なお、D/A 出力では、FF から 00 への移りかわりにより、記録の零点調節が自動的に行われるという利点がある。

(xi) 割込ポート: A/D 変換終了処理、時刻セット処理、感度セット処理は、割込動作により実行される。

(xii) アドレス入力: モニターのため、メモリー内部を参照して表示を要求するためのアドレス。また、プログラム次第では、特定のルーチンを命じるためのコードを入力するポートとしても使える。

(xiii) 16 進データ出力: 上記アドレスの内容を表示する。また、各種のテスト的出力にも使用できる。

(xiv) 出力間隔: 打点式記録計を 1 分間だけ ON にする時間間隔を与える。これを 6 時間にセットし、25 mm/hr に設定した記録計を動かすと、従来の 1 日分の記録長に 1 年分のデータが納まり、記録紙 1 巻に 30 年分のデータが記録できることになる。セットした出力間隔と記録速度、および 1 巻に収納できる年数の関係を、Table 1 に示した。

(xv) D/A 変換: データ出力時刻になると、打点式記録計に電源が投入され、打点番号に同期した出力 ch が読込まれる。該当する出力感度に応じてメモリー内の平滑値から取り出された 8 ビットデータにより、700 kHz の RC 発振器出力がパルス幅変調され、これに符号出力が加味されて、所定のアナログ出力が得られる。データ出力は 1 分間だけ行われ、この間に、打点番号に応じた 12 チャンネルのスキャンがなされるが、このような動作を行わせるためには、打点式記録計に小改造が必要である。同記録計の入力 ch 切替スイッチとアンプの接続点は、ショートリングでつながっているので、これを外して、Fig. 4 のような接続を行えばよい。

(xvi) 出力 ch 歩進: 打点式記録計を動かしている間は、記録計からの ch 信号 1~C を取込んでいるが、それ以外の時は、自由に ch 0~ch F を選択して、アナログ出力

Table 1. The relation between output interval, chart speed, and recording capacity in a volume of chart. (Recorder speed is assumed to be set as 25 mm/hr.).

OUTPUT INTERVAL	1 hr	2 hr	3 hr	6 hr	12 hr	24 hr
CHART SPEED/month	300 mm	150 mm	100 mm	50 mm	25 mm	12.5 mm
RECORDING CAPACITY/volume	5 yrs	10 yrs	15 yrs	30 yrs	60 yrs	120 yrs

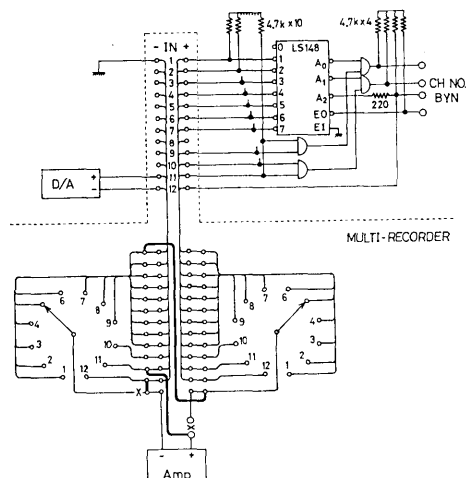


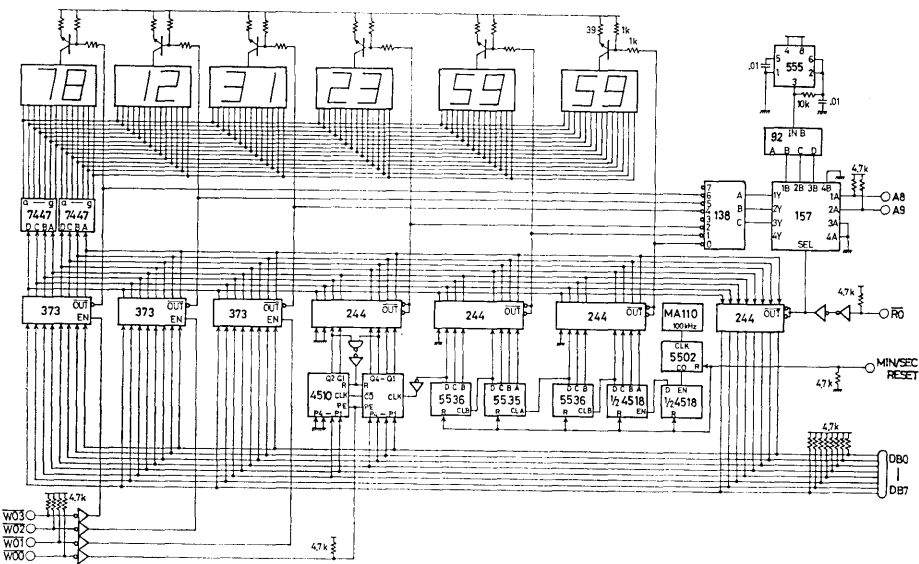
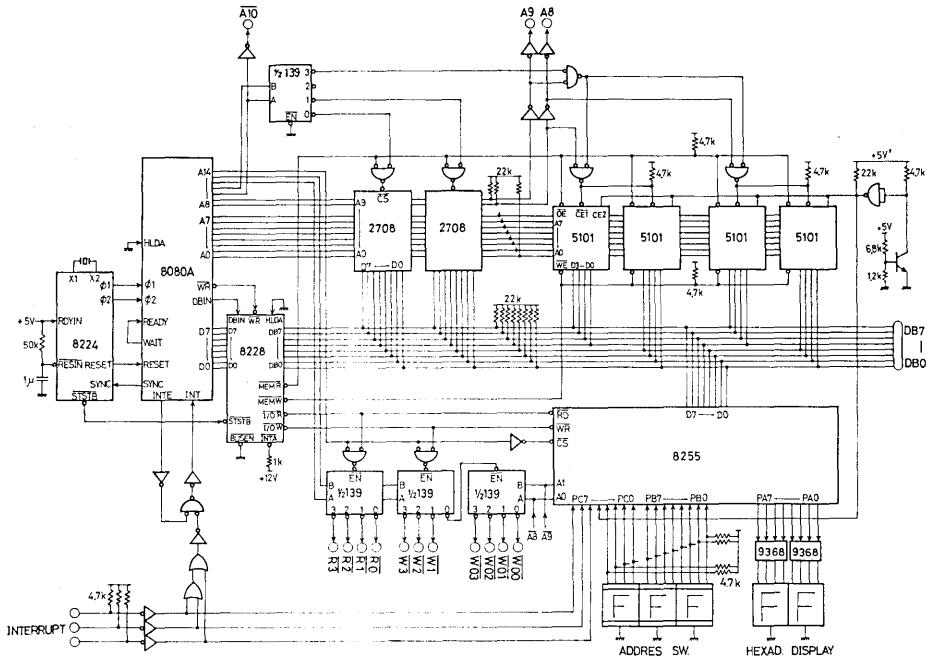
Fig. 4. Required minor modification of the multi-channel recorder circuit to conform to this system. The thick lines must be wired while the crossed points must be disconnected.

をチェックできる。ここで、ch 0 は -00 出力，ch D は -FF 出力，ch E は +00 出力，そして ch F は +FF 出力に対応している。なお，出力中の ch 番号は，LED により表示される。

製作された全装置の回路図を，CPU 周辺部，時計部，アナログ入出力周辺部に分け，Fig. 5(a)～(c) に示した。全体は，3 枚の基板と電源部，および表示パネルとで構成されており，Fig. 6 および Fig. 7 に，その外観および内部の写真を示す。また，Fig. 8 は，CPU 周辺部を納めた基板の写真であり，左上が CPU チップ，左下がプログラマブル入出力ポート，右上の 2 個が ROM スペース (2K バイト分あるが，1つは将来拡張用で，ソケット配線のみ)，そして，右下の 4 個が，512 バイトの RAM を構成している。

3. ソフトウェア

マイクロプロセッサによりシステムを構成する最大の利点は，複雑な計測・制御の目的に対して，ソフトウェアによる柔軟な対処が可能なる点である。入出力仕様の変更とか，システムの改良が必要になった場合，ROM に書込まれたプログラム (いわゆるファームウェア) の修正で事が足り，ハードウェアの手直しまでは必要とされない場合が多い。



今回作製すべきソフトウェアの中核をなすのは、収録データの平滑化計算部分である。地球潮汐の観測資料よりドリフトを消去する方法については、幾多の研究がなされており(たとえば中川, 1961, 志知, 1972), 様々のデジタルフィルターが提唱されている。それ

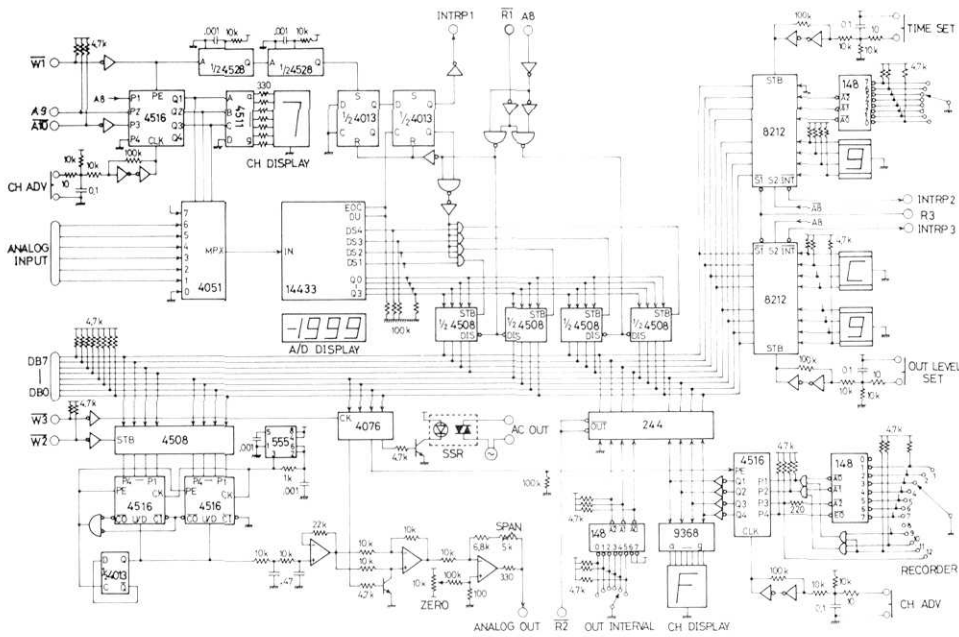


Fig. 5. (c)

- Fig. 5. (a) CPU and peripheral circuits. +5V' is failureless power supply to protect the contents of RAM.
 (b) Clock circuit. The parts from X' tal oscillator to hour counter are kept to be free from power failures.
 (c) A/D and D/A converters with additional circuits.

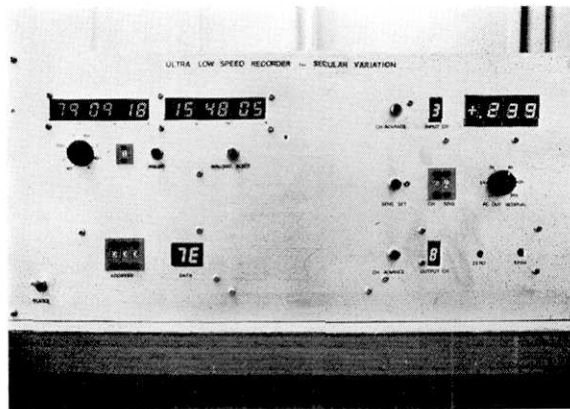


Fig. 6. Outview of the system constructed in this study.

らの各々に対して、データサンプリング間隔が定まり、アルゴリズムも決定されるわけだが、ここでは、まず手始めとして、最も単純なプログラムを組んでみた。データ収集を1時間おきに行ない、過去24時間分の移動平均を算出するだけの簡単なものである。この

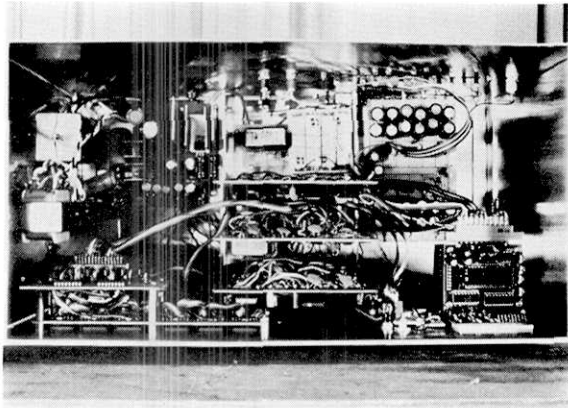


Fig. 7. Inside of the equipment constructed in this study.

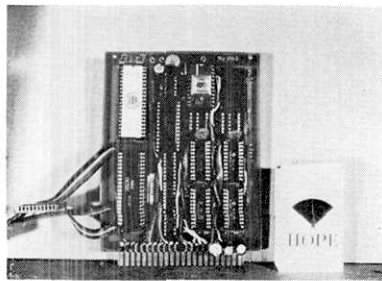


Fig. 8. CPU and memory board with programmable peripheral interface.

ためのプログラムの長さは、1K バイト内に充分おさまり、ROM も1個で済んでいる。将来、より高級なフィルターが必要であれば、プログラムの改良により、2K バイトまでは直ちに拡張が可能である。

RAM のメモリー割当は、Fig. 9 のようにしてある。メモリーの大部分は、ch1~ch6 の A/D 変換結果を 24 時間分蓄えるのに用いられている。ここでは、A/D 変換器からの BCD 4 桁がそのまま格納されているが、最上位桁だけは、符号およびオーバー/アンダー・レンジの情報が重ねられている。24 時間分のデータの和の絶対値は、最大 $1999 \times 24 = 47976$ に達するので、バイナリーで 16 ビットが必要とされる。このため、アドレス上位 F8 の行に、各チャンネルの和の絶対値が収納され、F9 の行に、その符号を示すバイトが置かれている。なお、F8C~F8E の 3 バイトは、和を計算するための作業エリアである。次の FA の行には、各チャンネルの出力感度が記憶されている。

一方、アドレス E0C~E0F には、年月日時のデータが BCD コードで置かれている。このメモリー内の年月日は、プログラムで万年カレンダーとして管理されており、外部に LED 表示されている。日付変更は、メモリー内にある前回読取った時を、今回読取った時と較べて、今回の方が減少した場合に行われる。この方式により、24 時間以内の停電であれば、日付に狂いが生じることを防止できる。なお、アドレス E1C~E1E は、A/D データ格納のための作業エリアとして使われている。

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
E0	00h													year	month	day	hour
E1	01h													store	addr.	ptr	flag
E2	02h																
E3	03h																
E4																	
E5																	
E6																	
E7																	
E8																	
E9																	
EA	A/D of ch1	A/D of ch2	A/D of ch3	A/D of ch4	A/D of ch5	A/D of ch6											
EB																	
EC																	
ED																	
EE																	
EF																	
F0																	
F1																	
F2																	
F3																	
F4																	
F5																	
F6	22 h																
F7	23 h																
F8	sum of ch1	sum of ch2	sum of ch3	sum of ch4	sum of ch5	sum of ch6	sum work	ptr									
F9	sign	sign	sign	sign	sign	sign											
FA	(ch0)	ch1	ch2	ch3	ch4	ch5	ch6	ch7	ch8	ch9	chA	chB	chC	chD	chE	chF	
FB	output level																
FC																	
FD																	
FE																	
FF																	stack ←

Fig. 9. Memory map in RAM (5101×4, 512 bytes).

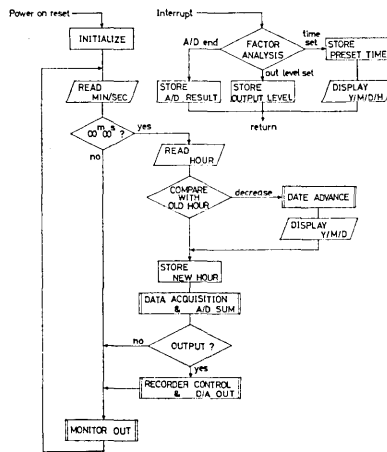


Fig. 10. General flow chart of the software system.

この他、メモリーの最終番地から 10 数バイトは、割込みやサブルーチンコールの際に、レジスタ退避等を行うためのスタックエリアとして用いられており、以上をトータルすると、メモリーの全使用量は、約 340 バイトとなる。

次に、Fig. 10 にプログラムの概略フローチャートを示した。電源投入または停電復帰がなされると、初期ルーチンを実行した後、時刻監視およびモニター出力を行う平常時ルーチンに入る。00 分 00 秒になると、必要であれば日付変更を行った後、6 チャンネルのデータ収録および平均計算を実行し、データ出力時刻であるかどうかを判断する。該当する場合には 1 分間のアナログ出力を行った後、平常時ルーチンに戻る。一方、A/D 変換終了処理、時刻セット、感度セットの各作業は、割込みによりこれを行っている。次に、これらの各部分について、簡単に説明する。

(i) 初期ルーチン: スタックポインタの初期化, プログラマブル入出力ポートのコントロールワード設定, 打点記録計への電源 OFF, 割込フラグ解除の諸作業を行う。

(ii) 時刻監視: 時計は CPU とは独立の外部クロックで非同期に動いているため, 時刻読取りは 2 回行い, 一致した時点で確定値を取込む。

(iii) モニター出力: アナログ出力要求チャンネルに対応するアナログ値の出力, メモリー内容表示要求アドレスに該当するデータの表示, およびメモリー内の年月日の表示を行う。

(iv) 日付変更: 時計から読取った時が, メモリー内の時より小さい時に, 日付を更新する。計算は万年カレンダー式に行う。

(v) アナログ入力: A/D 結果を格納すべきアドレスを算出した後, ch 1~ch 6 をスキップして A/D 変換指令を出す。結果の格納そのものは割込み処理で実行され, CPU は A/D 変換に並行して, 各チャンネルの 24 時間分の和を求める作業を行う。

(vi) アナログ出力: 打点記録計への電源供給コントロール, および, ch 番号同期を行った上, (iii) のモニター出力ルーチンを 1 分間実行する。月初めの第 1 回目の出力時には, 通常のデータの替りに, ch 番号の下位 2 ビットが 00, 01, 10, 11 なのに応じて, -00, -FF, +00, +FF のパターンを, それぞれ D/A 変換器に送出する。これにより, タイムマークを兼ねた D/A 変換器の較正が自動的に実行される。

(vii) 割込み処理: 割込み要因解析の後, (v) に述べた A/D 変換終了処理, または, 時刻セット, 出力感度セットの各処理を行う。

実際のプログラムはアセンブラで書かれ, 最終的には, 機械語で 1 K バイトの PROM に移植された。稿末にプログラムの全リストを掲げたが, 全体の長さは, ところどころに挿入してある予備スペース 35 バイトを含め, 944 バイトである。エン트리ポイントは, 電源投入および停電復帰時が 000 番地, 割込み発生時が 038 番地となっている。

4. 試験観測

今回製作された装置の試験観測が, 油壺地殻変動観測所において 1979 年 8 月より実施されている。冒頭に述べた通り, 同観測所では, 海洋潮汐による地殻歪・傾斜が非常に大きいため, 通常の観測点より 1 桁以上低い観測感度を余儀なくされている。原記録は, まさしく海面の昇降に対応しており, 地殻内部に起因する真の意味での地殻変動は全く見えないといつてよい。

本装置では, 日平均を計算しながら記録を行うので, 潮汐成分はほぼ取除かれ, 従って, 観測感度をこれまでより飛躍的に増大させることができると期待される。しかし, 当然のことながら, より長周期の半月潮とか, 海面の年周変動や永年変動による影響は, 減衰せずそのまま現われるので, これらの周期帯における地殻変動を考察する際には, やはり問題が残る。海岸に近い観測点の宿命として, 海による影響から完全に逃れることは不可能なのであろう。ここでは, とりあえず, これまで原記録からは伺い知ることのできなかつた, 短期日間の地殻変動を検出することに, 観測の目的を置いてみた。

Fig. 11 は, 同観測所に設置された石英管伸縮計およびフロート型水管傾斜計 (共にスパン長 40 m) による原記録の一例を示す。記録から直接見てとれるのは, 10^{-6} の桁に及

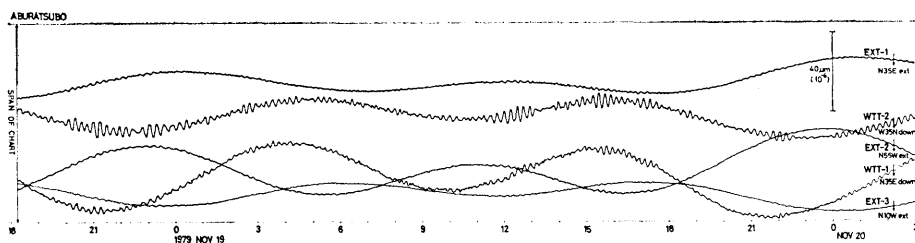


Fig. 11. A sample of original record of three components of extensometers and two components of float-type water-tube tiltmeters obtained at the Aburatsubo Crustal Movement Observatory.

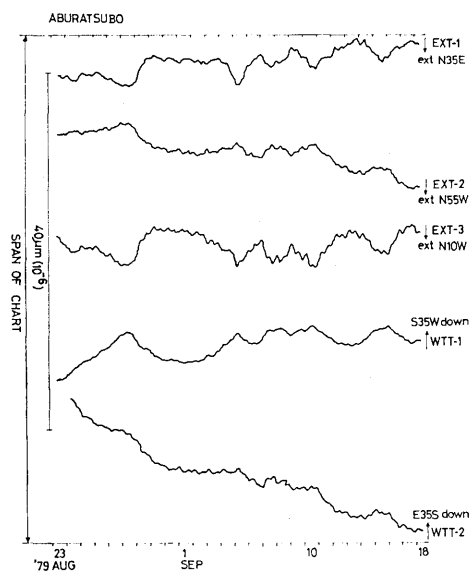


Fig. 12. A sample record obtained with this system at the Aburatsubo Crustal Movement Observatory. The data is smoothed and plotted with a chart speed of 5 mm/day.

ぶ潮汐と、その上乘ったセイシュ（湾の固有振動）のみである。一方、Fig. 12 は、この出力をここで開発された装置につなぎ、2時間に1度の出力間隔（紙送り速度 5 mm/day）で約1ヶ月間記録させたものを、トレースしたものである。Fig. 11 の原記録では、フルスケール 100 μm に感度設定された記録紙の幅（18 cm）いっぱい、1日の潮汐による変動が見られるが、Fig. 12 では、フルスケール 56.7 μm の記録感度でも、1日の間に記録線の動く範囲が 5 mm 程度と、きわめて S/N の良い、安定した記録が得られている。この程度であれば、記録の質として、山中に位置する観測所と充分比肩できる。Fig. 12 には、心配された 15 日潮の影響はあまり現われておらず、季節的・長期的な海面変動の影響は乗っているにせよ、油壺における、真の意味での地殻変動が、そのまま表

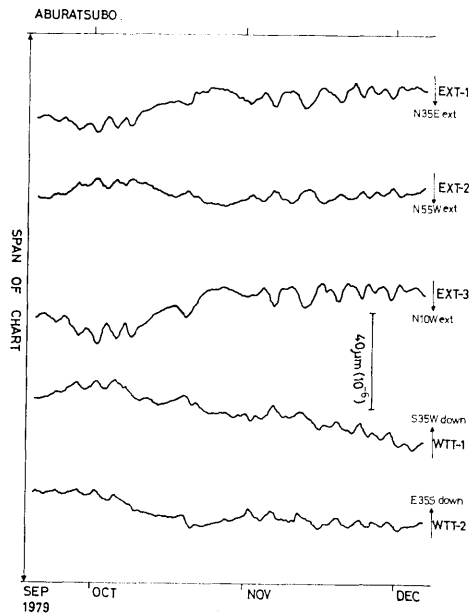


Fig. 13. Same as Fig. 12. Chart speed is taken as 50 mm/month in this case.

現されているものと思ってよからう。

Fig. 13 は、出力間隔を6時間に1度に落して（紙送り速度 5 cm/month）、約2ヶ月半やはり油壺で、記録を行った結果である。記録は大変に安定しているが、この中で、10月20日前後に見られる乱れは、台風の通過に伴う変動であって、従来の記録では、表面に現われていなかったものである。

5. まとめ

非常に緩慢に進行する自然現象に対して、その永年的変化の様子を直視する目的で、超低速（数 cm/月）の紙送り速度を持った超低周波記録装置が開発された。本装置の特徴は、以下のような諸点である。

(1) 紙送り速度が超低速のため、従来、原記録からは判読困難であった数日～数ヶ月にわたる周期帯の変動を直接読取ることができる。これは、地震の短期予知に有効である。

(2) 日周変化よりも短周期の現象はカットされるため、従来、大きな日変化の中に埋もれて見ることのできなかつた、本来の信号を検出できる。

(3) 一卷の記録紙で相当に長年月の記録ができるため、記録紙交換などの保守作業がほとんど不要である。

(4) 全体の構成は、ハードロジックでなくマイクロプロセッサ制御としたため、将来、たとえばデータ平滑方式の改良とか、入出力仕様の変更が必要になった際に、柔軟に対処することができる。

油壺における試験観測により、本装置はまず順調に作動することが確認されたが、今後、

長年月の観測を続行する上では、電子部品や記録器、そして記録紙などの耐用年数が問題となろう。特に、記録紙に関しては、湿度による変質が心配されるので、たとえばプラスチックフィルムのような素材を用いた記録媒体の検討も必要になるかもしれない。

本開発は、地震研究所昭和 53 年度プロジェクト研究費によって行われたものである。装置の製作に際しては、地殻変動部門の松本滋夫氏に御助力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。なお、稿末のプログラムリストは、東京大学大型計算機センターでサポートされている、8080 用クロスアセンブラにより出力されたものである。(課題番号 7423523001)

文 献

- 中川一郎, 1961, 地球潮汐の観測資料よりドリフトを消去する方法について, 測地学会誌, 6, 121-135.
志知龍一, 1972, 地殻変動のデジタルフィルターの改良, 測地学会誌, 18, 72-77.

11. Development of an Ultra-Low Speed Recorder for Secular Variations.

By Yoshimitsu OKADA*, Yasuhiro HIRATA and Tatsutoshi TAKAHASHI,
Earthquake Research Institute.

Typical recorders commonly used now in Japan to record low speed phenomena have chart speeds of several centimeters per hour. These chart speeds are convenient to see daily variations such as earth tides, but are not adequate for the purpose of glancing the variations of longer periods.

In order to see directly the secular variations of very slowly progressing phenomena such as crustal movements, a recording system which has ultra-low chart speed (several cm/month) and ultra-low frequency characteristics was developed. The method adopted here is to plot the sum of the data which was sampled in the past 24 hours, while the recorder is driven intermittently. The features of this system are as follows:

(1) Owing to its ultra-low chart speed, we can directly see the progress of the phenomena within a few days or a few months. This may offer useful information for the short period earthquake prediction.

(2) Owing to its ultra-low frequency characteristics, we can pick up the signals which are buried in daily disturbances of large amplitudes.

(3) Owing to the durability of the recording chart, we can be free from frequent maintenance of the system.

(4) As the system is constructed by use of a microprocessor, we will be easily able to correspond to future demands such as improvement of the data-smoothing algorithm.

* Present address: National Research Center for Disaster Prevention.

```

0000          ;### INITIALIZE          0097 77          MOV M>A          012D C34801          JMP RET2
0000          ORG 0          0098 C3D200          JMP RET1          0130 28          ; FB2: DCK H
0003          310010          LXI SP,1000H          0099 00          NOP          0131 7E          MOV A>M
0005          3E8B          MVI A,8BH          009C 00          NOP          0132 43          INX H
0007          D340          OUT 40H          ;          0133 A7          ANA A
0008          97          SUB A          ;### TIME SET          0134 CA1801          JZ M1
000A          D330          OUT 30H          TIME: IN 30H          0137 C0D002          CALL BYN1
000C          DB10          IN 10H          009D DB3D          CMA          013A E603          ANI 0E0H
000E          DB30          IN 30H          00A0 2F          MOV B>A          013C C21801          MOV A>B
0010          DB31          IN 31H          00A1 E6E0          ANI 0E0H          013F 76          RLC
0012          DB41          LOOP0: IN 41H          00A3 07          RLC          0140 FE2H          CPI 28H
0014          E610          ANI 10H          00A4 07          RLC          0142 C21801          JNZ M1
0017          CA1000          JZ LOOP0          00A5 07          RLC          0145 3C          INR A
0017          FB          EI          00A6 C60E          ADI B          0146 23          INX H
          ;          00A8 6F          MOV L>A          0147 77          MOV M>A
          ;### MAIN ROUTINE          00A9 280E          MVI H,0EH          ;
0018          DB00          LOOP1: IN 00H          00AC E60F          ANI 0FH          0148 C05100          RET2: CALL YMD
001A          47          MOV B>A          00AE 4F          MOV C>A          014B E1          POP H
001B          DB01          IN 01H          00AF 76          MOV A>B          014C F1          POP PSH
001D          80          ADD B          00B0 E610          ANI 10H          014D C9          RET
001E          4F          LOOP1: MOV C>A          00B2 7E          MOV A>M          014E 00          NOP
001F          DB00          IN 00H          00B5 CABC00          JZ L2          014F 00          NOP
0021          47          MOV B>A          ;          ;
0022          DB01          IN 01H          00B6 E60F          ANI 0FH          ;### ANALOG INPUT
0024          80          ADD B          00B8 01          ADD C          0150 1E00          SCAN: MVI E,0
0025          B9          CMP C          00B9 C3C500          JCP SET1          0152 97          SUB A
0026          C21E00          JNZ LOOP1          00BC E60F          L2: ANI 0FH          0153 321E0E          STA ADFLG
0028          A7          MOV A>A          00BE 77          MOV M>A          0156 7B          ALOOP: MOV A>E
002A          C24700          JNZ MOVIT          00BF 79          MOV A>C          0157 07          RLC
002D          DB02          IN 02H          00C0 07          RLC          0158 07          RLC
002F          47          LOOP2: MOV B>A          00C1 07          RLC          0159 07          RLC
0030          DB02          IN 02H          00C2 07          RLC          015A 83          ADD E
0032          BB          CMA          00C3 07          RLC          015B 83          ADD E
0033          8B          MOV A>B          00C4 8B          ADD B          015C C602          ADI 02H
0035          C22F00          JNZ LOOP2          00C5 77          MOV A>A          015E 6F          MOV L>A
0036          C3C000          JMP L1          00C6 70          MOV A>L          015F 2601          MVI H,01H
0039          C36000          JMP INTRP          00C7 FE0F          CPI 0FH          0161 E9          PCHL
          ;          ;
003C          210F0E          LXI H,HOUR          00CC 7E          MOV A>1
003E          BE          CMP A          00CD D30D          OUT 00H          0162 210F0E          LXI H,HOUR
0040          FC0E00          CMA          00CE C05100          L2: CALL YMD          0165 7E          MOV A>M
0043          77          MOV M>A          00D2 C1          RET1: POP B          0166 C0D002          CALL BYN1
0044          C05001          CALL SCAT          00D3 E1          POP H          0169 C3AA01          JMP ADNS
0047          C05100          MOV M>A          00D4 F1          POP PSH          016C 0312          OUT 12H
004A          97          SUB A          00D5 F0          EI          016E C0CA01          CALL FLAG
004B          C04852          CALL 0A0UT          00D6 C9          RET          0171 0312          OUT 12H
004E          C31800          JMP LOOP          00D7 00          NOP          0173 C39E01          JMP SUM
004E          ;          ;          0176 0313          OUT 13H
0051          210E0E          ;### Y/M/D DISPLAY          00E0 47          FE21: MOV B>A          0178 C0CA01          CALL FLAG
0054          7E          YMD: LXI H,DAY          00E1 47          FE21: MOV B>A          017B D313          OUT 13H
0055          D301          MOV A>H          00E2 2B          DCK H          017D C39E01          JMP SUM
0057          2B          OUT 01H          00E3 7E          MOV A>M          0180 0314          OUT 14H
0058          2B          DCK H          00E4 4F          MOV C>A          0182 C0CA01          CALL FLAG
0059          0302          OUT 02H          00E5 FE2B          CPI 28H          0185 0314          OUT 14H
005B          2B          DCK H          00E6 FE2A00          JZ 2A00          0187 C39E01          JMP SUM
005C          7E          MOV A>M          00E7 3C          INX A          018A 0315          OUT 15H
005D          D303          OUT 03H          00E8 27          DAA          018C C0CA01          CALL FLAG
005F          C9          RET          00E9 77          MOV A>A          018F 0315          OUT 15H
005F          ;          00EA 47          FE21: MOV B>A          0191 C39E01          JMP SUM
0060          ;          00EB 2B          DCK H          0194 0316          OUT 16H
0061          E5          PUSH M          00EC 7E          MOV A>M          0196 C0CA01          CALL FLAG
0062          C5          PUSH B          00ED 4F          MOV C>A          0199 0316          OUT 16H
0063          DB41          IN 41H          00EE FE02          CPI 02H          019B 00          NOP
0065          07          RLC          00EF CABC01          JZ FE02          019C 00          NOP
0066          DA7400          JC ADEAD          00F0 CABC01          JZ FE02          019D 00          NOP
0069          07          RLC          00F1 76          MOV A>B          019E 00          NOP
006A          DA8600          JC 2ENS          00F4 FE30          CPI 30H          019E 00          NOP
006D          07          RLC          00F5 76          MOV A>B          01A0 00          NOP
006E          DA9D00          JC TIME          00F6 FE30          CPI 30H          01A4 CAD701          JZ JUDGE
0071          C3D200          JMP RET1          00F9 25          JZ 2F00          01A7 C3BF01          JMP CHADV
0074          2A1C0E          ;          00FA C3E300          JZ 3E00          01A8 07          ADRS: MOV H,D>A
0077          DB10          IN 10H          00FD 79          L4: MOV A>C          01AB 07          RLC
0079          77          MOV M>A          00FE FE04          CPI 04H          01AC 07          RLC
007A          23          INX H          0100 CA1901          JZ MONTH          01AD 07          RLC
007B          DB11          IN 11H          0103 FE06          CPI 06H          01AF 6F          MOV L>A
007D          77          MOV M>A          0105 CA1901          JZ MONTH          01B0 D2B501          JNC L6
007E          3E5F          MOV A>OFFH          0108 FE09          CPI 09H          01B3 24          INR H
0080          321E0E          STA ADFLG          010A CA1901          JZ MONTH          01B4 2D          DCR L
0083          C3D200          JMP RET1          010D FE11          CPI 11H          01B5 221C0E          L6: SHLD ADWHK
0083          ;          010F CA1901          JZ MONTH          01B8 0311          OUT 11H
0086          DB31          ;### SENSITIVITY SET          0112 78          MOV A>B          01BA CDCA01          CALL FLAG
0088          2F          CMA          0113 FE30          CPI 30H          01BD 0311          OUT 11H
0089          47          MOV B>A          0115 FA2901          JZ 2A00          01BF CDCA01          CHADV: CALL FLAG
008A          E6F0          ANI 0F0H          0116 77          MOV A>A          01C2 1C          INR E
008C          0F          RRC          0117 A7          MONTH: ANA A          01C3 2B          DCK H
008D          0F          RRC          011A 3C          INR A          01C4 2B          DCK H
008E          0F          RRC          011B 27          DAA          01C5 34          INR M
008F          0F          RRC          011C FE13          CPI 13H          01C6 34          INR M
0090          C6A0          ADI 0A0H          011E 27          DAA          01C7 C35601          JMP ALOOP
0092          8F          MOV L>A          011F 27          DAA          ;
0093          260F          MVI H,0FH          0121 2B          DCK H          ;### WAIT A/D CONV
0095          78          MOV A>B          0122 7C          MOV A>M          01CA 211E0E          FLAG: LXI H,ADFLG
0096          A4          ANA H          0123 3E          INR A          01CD 7E          LOOP3: MOV A>M
0096          ;          0124 27          DAA          01CE A7          ANA A
0096          ;          0125 77          MOV M>A          01CF CACD01          JZ LOOP3
0096          ;          0126 23          INX H          01D2 3600          MVI M,0
0096          ;          0127 FE30          CPI 30H          01D4 C9          RET
0096          ;          0129 77          MOV M>A          01D5 00          NOP
0096          ;          012A 23          INX H          01D6 00          NOP
0096          ;          012B 3601          MVI H,01H          ;

```



```

0377 EE08      XRI 08H
0379 328E0F    STA WSIGN
;
037C EB        SET3: XCHG
037D 216C0F    LXI H,WORK
0380 72        MOV H,0
0381 23        INX H
0382 73        MOV M,0
0383 E1        RET3: POP H
0384 01        POP D
0385 C9        RET
;
;### BYN*100+BYN
0386 05        BYN2: PUSH D
0387 E5        PUSH H
0388 2600      MVI H,0
038A 68        MOV L,H
038B 29        DAD H
038C 29        DAD H
038D 54        MOV D,H
038E 5D        MOV E,L
038F 29        DAD H
0390 29        DAD H
0391 29        DAD H
0392 EB        XCHG
0393 19        DAD D
0394 E5        XCHG
0395 29        DAD H
0396 19        DAD D
0397 0600     MVI B,0
0399 09        DAD B
039A 44        MOV B,H
039B 4D        MOV C,L
039C E1        POP H
039D 01        POP D
039E C9        RET
;
;### READ SEC
039F DB00      SEC: IN 00H
03A1 47        LOOP8: MOV B,A
03A2 DB00      IN 00H
03A4 56        CMP B
03A5 C2A103    JNZ LOOP8
03A8 C9        RET
;
;### MEMORY DISPLAY
03A9 DB41      MEMRY: IN 41H
03AB 2F        CMA
03AC 67        MOV H,A
03AD DB42      IN 42H
03AF 2F        CMA
03B0 6F        MOV L,A
03B1 7E        MOV A,M
03B2 DB43      OUT 43H
03B4 C9        RET
;
0E0E EQU 0E0EH
0E0F EQU 0E0FH
0E1C EQU 0E1CH
0E1E EQU 0E1EH
0F8C EQU 0F8CH
0F8E EQU 0F8EH
END

```

NO PROGRAM ERRORS

8080/8085 MACRO ASSEMBLER, VER 2.1 ERRORS = 0 PAGE 15

SYMBOL TABLE

* 01

A	0007	ADEND	0074	ADFLG	0E1E	ADRS	01AA
ADSUM	0325	ADRRK	0E1C	ALDOP	0156	B	0000
BYN1	0200	BYN2	0386	C	0001	CHADV	01BF
D	0002	DAOUT	0248	DATE	0008	DAY	0E0E
DAY1	00E3	DAY2	00F9	DLOOP	0223	E	0003
FEB1	00EA	FEB2	0130	FLAG	01CA	H	0004
HIGH	029A	HOUR	0E0F	INTRP	0060	JMIN	0238
JUDGE	01D7	L	0005	L1	003C	L10	0290
L11	0286	L12	02C6	L13	030E	L14	0337
L15	0340	L16	0355	L17	0362	L2	008C
L3	00CF	L4	00FD	L5	0129	L6	0135
L7	0202	L8	0231	L9	0274	LOOP0	0010
LOOP1	001E	LOOP2	002F	LOOP3	01CD	LOOP4	0203
LOOP5	0240	LOOP6	0287	LOOP7	0300	LOOP8	03A1
M	0006	M1	0116	MEMRY	03A9	MLOOP	0018
MDWIT	0047	MONTH	0119	PDWGN	0219	PSW	0006
RET1	00D2	RET2	0148	RET3	0383	RL3	02CE
SCAN	0150	SEC	039F	SENS	0385	SET1	00C5
SET2	02A2	SET3	037C	SIGN	028D	SP	0006
SUM	019E	SUM24	02EE	TEST	02AE	TIME	009D
THARK	0210	WRK	0F8C	WSIGN	0F8E	YMD	0051